



ΠΑΝΕΜΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΠΙΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ &

ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**"ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΙΣΧΥΟΣ 10 KW ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ"**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΚΑΡΑΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΑΙΓΑΛΕΩ

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2018

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συνεχής περιβαλλοντική υποβάθμιση έχει οδηγήσει τα τελευταία χρόνια στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων και φιλικών προς το περιβάλλον μορφών ενέργειας έναντι των συμβατικών και ρυπογόνων μεθόδων. Μια έκτων πράσινων μορφών ενέργειας αποτελεί η ηλιακή ενέργεια η οποία μας δίνει την δυνατότητα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Σε διάφορες χώρες ανά τον κόσμο έχουν θεσμοθετηθεί προγράμματα τα οποία δίνουν οικονομικά κίνητρα για τη χρήση φωτοβολταϊκών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στην χώρα μας αυτή την περίοδο έχει τεθεί σε ισχύ το πρόγραμμα του ενεργειακού συμψηφισμού το οποίο δίνει την δυνατότητα σε οικιακούς καταναλωτές εγκαθιστώντας φωτοβολταϊκά πλαίσια στην κατοικία τους να μηδενίσουν τις χρεώσεις της ηλεκτρικής ενέργειας στου λογαριασμούς των παρόχων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: πράσινη ενέργεια, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, φωτοβολταϊκό φαινόμενο, φωτοβολταϊκό πλαίσιο, ενεργειακός συμψηφισμός

Optimal design and techno-economic analysis of 10kW photovoltaic power plant

ABSTRACT

In recent years, the sustained environmental downgrade has led to the exploitation of the renewable and environmental friendly energy sources, contrary to the conventional and pollutant methods. One of the green energy forms, is solar energy which gives us the opportunity to produce energy via the photovoltaic phenomenon. Several countries around the world has already passed laws that motivate people to use photovoltaics for electricity production, through several financial incentives. At the moment, in Greece, the Net Metering procedure is being applied and gives the opportunity, to domestic consumers, to reduce their electricity bills by installing photovoltaics at their residents.

KEY WORDS: green energy, renewable energy sources, photovoltaic phenomenon, photovoltaic panel, net metering

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ.....	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο – ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	9
1.1 Ηλιακή ενέργεια.....	9
1.2 Άμεση και διάχυτη ακτινοβολία	9
1.3 Ηλιακή σταθερά.....	9
1.4 Γεωγραφικό πλάτος (φ).....	9
1.5 Γεωγραφικό μήκος (λ).....	10
1.6 Ηλιακός χρόνος	10
1.7 Βέλτιστη γωνία κλίσης	10
1.8 Ηλιακοί χάρτες	10
1.9 Φωτοβολταϊκή παραγωγή ενέργειας	11
1.10 Βασική ορολογία.....	11
1.11 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα φωτοβολταϊκών	12
1.12 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....	13
1.13 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών στοιχείων	15
1.14 Συνδεσμολογίες φωτοβολταϊκών στοιχείων	17
1.15 Σύγκριση μεταξύ φωτοβολταϊκών πλαισίων διαφορετικών τεχνολογιών	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο – ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ	19
2.1 Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα	19
2.2 Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα	19
2.3 Φωτοβολταϊκά πλαίσια.....	19
2.4 Αντιστροφείς	20
2.5 Καλωδιώσεις φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων	21
2.6 Ηλεκτρολογικοί πίνακες φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων	22
2.7 Διατάξεις γειώσεις και αντικεραυνική προστασία φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων	22
2.8 Νομοθετικό πλαίσιο.....	23
2.9 Τιμές πώλησης παραγόμενης ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα.....	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο – ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	29
3.1 Περιγραφή κατοικίας	29
3.2 Επιλογή & χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων	29
3.3 Επιλογή καλωδίωσης συνεχούς ρεύματος	34
3.4 Επιλογή αντιστροφέα.....	35
3.5 Επιλογή καλωδίου εναλλασσόμενου ρεύματος	38

3.6 Ηλεκτρολογικός πίνακας συνεχούς ρεύματος	40
3.7 Ηλεκτρολογικός πίνακας εναλλασσόμενου ρεύματος	40
3.8 Μονογραμμικό ηλεκτρολογικό διάγραμμα	42
3.9 Διατάξεις γείωσης	43
3.10 Κατάθεση δικαιολογητικών για την αδειοδότηση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.....	43
3.11 Μελέτη ενεργειακής απολαβής με τη βοήθεια του προγράμματος PVsyst.....	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο	75
ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ.....	75
ΣΧΟΛΙΑ –ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	94
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	95

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

AM	αέρια μάζα
HX	ηλιακός χρόνος
I	ένταση ρεύματος
λ	γεωγραφικό μήκος
μs	μίλι second
TX	τοπικός χρόνος
φ	γεωγραφικό πλάτος
A	αμπέρ
AC	εναλλασσόμενο ρεύμα
°C	βαθμοί Κελσίου
dBa	ντεσιμπέλ
DC	συνεχές ρεύμα
Et	εξίσωση χρόνου
G _{sc}	ηλιακή σταθερά
Hz	χερτζ
I _{max}	μέγιστη ένταση ρεύματος
I _{max} dc - inverter	μέγιστο ρεύμα εισόδου αντιστροφέα
I _{mp}	ρεύμα μέγιστης ισχύος
I _{pV_{max}}	ρεύμα φωτοβολταϊκού πλαισίου μέγιστης ισχύος
I _{sc}	ρεύμα κλειστού κυκλώματος
kA	κίλο αμπέρ
L _{στ}	μεσημβρινός για τη ζώνη χρόνου μιας περιοχής
L _τ	τοπικός μεσημβρινός
m	μέτρα
m ²	τετραγωνικά μέτρα
mA	μίλι αμπέρ
mm ²	τετραγωνικά χιλιοστά
mW	μίλι βατ
MW	μέγα βατ
N	αριθμός φωτοβολταϊκών πλαισίων

P_{max}	μέγιστη ισχύ
s	δευτερόλεπτα
V	βολτ
V	τάση ρεύματος
V_{mp}	τάση μέγιστη ισχύος
V_{oc}	Τάση ανοιχτού κυκλώματος
W	βατ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αφορά την μελέτη και οικονομοτεχνική ανάλυση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης ισχύος 10 kW σε κατοικία για σύνδεση στο διασυνδεδεμένο σύστημα.

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων στις στέγες των κτιρίων καθώς επίσης και στην ύπαιθρο με την δημιουργία φωτοβολταϊκών πάρκων. Η φωτοβολταϊκή παραγωγή ενέργειας αποτελεί μέλος της οικογένειας των ήπιων και ανανεώσιμων μορφών ενέργειας.

Χρησιμοποιώντας τις τεχνολογίες των ήπιων και ανανεώσιμων μορφών ενέργειας έχουμε περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη. Τα περιβαλλοντικά οφέλη βασίζονται στο γεγονός ότι για την παραγωγική διαδικασία δεν απαιτείτε η χρήση ορυκτών ή υγρών καυσίμων με αποτέλεσμα να μην έχουμε εκπομπή καυσαερίων που είναι επιβλαβή για το περιβάλλον. Σαν πρώτη ύλη χρησιμοποιούνται για παράδειγμα ο άνεμος και η ηλιακή ακτινοβολία που αποτελούν μορφές ενέργειας που είναι ανεξάντλητες στο περιβάλλον.

Εκτός από τα περιβαλλοντικά οφέλη με τη χρήση των φιλικών προς το περιβάλλον μορφών ενέργειας έχουμε και οικονομικά οφέλη. Αποδεδειγμένα από την αγορά καυσίμων όπως του πετρελαίου και του φυσικού αερίου από άλλες χώρες, εξοικονομώντας κατά αυτό τον τρόπο χρήματα τα οποία μπορούν να δαπανηθούν σε άλλους τομείς όπως η υγεία και η παιδεία.

Επιπλέον ένα σημαντικό πλεονέκτημα που μας δίνουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι η δυνατότητα για δημιουργία ενεργειακά αυτόνομων κοινοτήτων. Για παράδειγμα σε περιοχές που είναι απομακρυσμένες και βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από τα αστικά κέντρα μπορούν να εγκατασταθούν κατά τύπου φωτοβολταϊκά πλαίσια και ανεμογεννήτριες έτσι ώστε να υπάρχει απεξάρτηση από το κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης.

Αντικείμενο μελέτης και έρευνας των μηχανικών όσο αναφορά τις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις αποτελεί η επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού με τεχνικά και οικονομικά κριτήρια. Τα υλικά και εξαρτήματα που θα απαρτίζουν τις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις θα πρέπει να είναι κατασκευασμένα σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς ασφαλείας. Οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις θα πρέπει να σχεδιάζονται με βασικό γνώμονα την μέγιστη ενεργειακή απολαβή και

συνεπώς την μέγιστη δυνατή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όλα τα αναφερόμενα θα πρέπει να συνδυάζονται με όσο το δυνατό χαμηλότερο κόστος της αρχικής εγκατάστασης έτσι ώστε να προκύπτουν οικονομικά οφέλη για τον ιδιοκτήτη.

Θα πρέπει να γίνει συλλογική προσπάθεια από την πολιτεία και τους αρμόδιους φορείς έτσι ώστε το ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα να αυξηθεί. Αυτή την περίοδο βρίσκετε σε ισχύ το πρόγραμμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ενεργειακού συμψηφισμού για το οποίο θα πραγματοποιηθεί στην παρούσα πτυχιακή εργασία μια μελέτη εφαρμογής καθώς και η οικονομοτεχνική ανάλυση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο – ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1 Ηλιακή ενέργεια

Ηλιακή ενέργεια είναι η ενέργεια που διοχετεύεται από την επιφάνεια του ήλιου προς την επιφάνεια της γης μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας. Η μελέτη της ηλιακής ακτινοβολίας είναι σημαντική διότι μας δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού της έντασης (W/m^2) της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται μία επιφάνεια στη γη με δεδομένη κλίση και προσανατολισμό για καθορισμένη τοποθεσία και χρονικό διάστημα. Ακολουθούν οι βασικοί ορισμοί και οι έννοιες για την κατανόηση του φαινομένου της ηλιακής ακτινοβολίας .[1]

1.2 Άμεση και διάχυτη ακτινοβολία

Η ηλιακή ακτινοβολία διακρίνεται στην άμεση ακτινοβολία και στην διάχυτη ακτινοβολία. Άμεση είναι η ακτινοβολία η οποία φτάνει στην επιφάνεια της γης απευθείας από τον ήλιο. Διάχυτη είναι η ακτινοβολία την οποία δέχεται μια επιφάνεια αφού πρώτα έχει αλλάξει η διεύθυνσή της δεχόμενη ανάκλαση εντός της ατμόσφαιρας. Το άθροισμα της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας αποτελεί την ολική ακτινοβολία.[2]

1.3 Ηλιακή σταθερά

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται μια επιφάνεια στην μέση ετήσια απόσταση γης ήλιου ονομάζεται ηλιακή σταθερά (G_{sc}) και η τιμή της έχει καθορισθεί στα $1367 W/m^2$.[3]

1.4 Γεωγραφικό πλάτος (φ)

Γεωγραφικός πλάτος (φ) ενός σημείου ορίζεται η απόσταση σε μοίρες μεταξύ του σημείου αυτού και του ισημερινού της γης. Για το βόρειο ημισφαίριο το γεωγραφικό πλάτος (φ) οριοθετείται από 0° έως 90° και για το νότιο ημισφαίριο από 0° έως -90° .[4]

1.5 Γεωγραφικό μήκος (λ)

Γεωγραφικό μήκος (λ) ενός σημείου είναι η απόσταση σε μοίρες του σημείου αυτού με το μεσημβρινό του Greenwich. Το γεωγραφικό μήκος (λ) οριοθετείται από 0° (θέση του μεσημβρινού Greenwich) έως 180° ανατολικά και από 0° μέχρι 180° δυτικά. Η γη χωρίζεται σε 24 μεσημβρινούς, η απόσταση μεταξύ δυο μεσημβρινών είναι 15° .[4]

1.6 Ηλιακός χρόνος

Για την μελέτη της ηλιακής ακτινοβολίας χρησιμοποιούμε τον ηλιακό χρόνο ο οποίος διαφοροποιείται από την τοπική ώρα. Για να υπολογίσουμε τον ηλιακό χρόνο με βάση την τοπικό χρόνο χρησιμοποιούμε την παρακάτω εξίσωση 1.1. [5]

$$HX = TX \pm 4 * (L_{στ} - L_t) + Et \quad [5] - (\text{Εξίσωση 1.1})$$

Όπου (+) στο δυτικό ημισφαίριο, (-) στο ανατολικό ημισφαίριο, $L_{στ}$ είναι ο μεσημβρινός για τη ζώνη χρόνου της περιοχής, L_t είναι ο τοπικός μεσημβρινός, και Et είναι η εξίσωση του χρόνου σε λεπτά, χρησιμοποιώντας τη σχέση του Watt (εξισώσεις 1.2 & 1.3): [5]

$$Et = 9.87 * \sin(2*B) - 7.53 * \cos(B) - 1.5 * \sin(B) \quad [5] - (\text{Εξίσωση 1.2})$$

$$\text{Όπου } B = (360 * (D - 81)) / 364 \quad [5] - (\text{Εξίσωση 1.3})$$

1.7 Βέλτιστη γωνία κλίσης

Βέλτιστη γωνία κλίσης μιας επιφάνειας είναι η κλίση για την οποία έχουμε την μέγιστη συλλογή ηλιακής ενέργειας. Η βέλτιστη γωνία κλίσης θα πρέπει να είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Συγκεκριμένα κατά τη διάρκεια του χειμώνα θα πρέπει να είναι 10 – 15° μεγαλύτερη από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, ενώ κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού θα πρέπει να είναι 10 – 15° μικρότερη από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Η βέλτιστη γωνία κλίσης προϋποθέτει νότιο προσανατολισμό της επιφάνειας για όλη τη διάρκεια του έτους.[6]

1.8 Ηλιακοί χάρτες

Για την διευκόλυνση των μελετητών των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων έχουν συσταθεί ηλιακοί χάρτες στους οποίους καταγράφεται η αναμενόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

από φωτοβολταϊκά για διάφορες περιοχές. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στους ηλιακούς χάρτες βασίζονται στο ηλιακό δυναμικό της εκάστοτε περιοχής.

Ακόμα υπάρχουν υπολογιστικά προγράμματα τα οποία έχουν βιβλιοθήκες με μετρήσεις ηλιακής ενέργειας τις οποίες χρησιμοποιούν για να εξάγουν αποτελέσματα σχετικά με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις. Ένα από αυτά τα προγράμματα αποτελεί το πρόγραμμα PVsyst το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα πτυχιακή εργασία.

1.9 Φωτοβολταϊκή παραγωγή ενέργειας

Φωτοβολταϊκή παραγωγή ενέργειας είναι η διεργασία κατά την οποία έχουμε αξιοποίηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στην συνέχεια γίνεται ανάλυση της τεχνολογίας και παρουσίαση του εξοπλισμού που χρησιμοποιείτε στις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις.

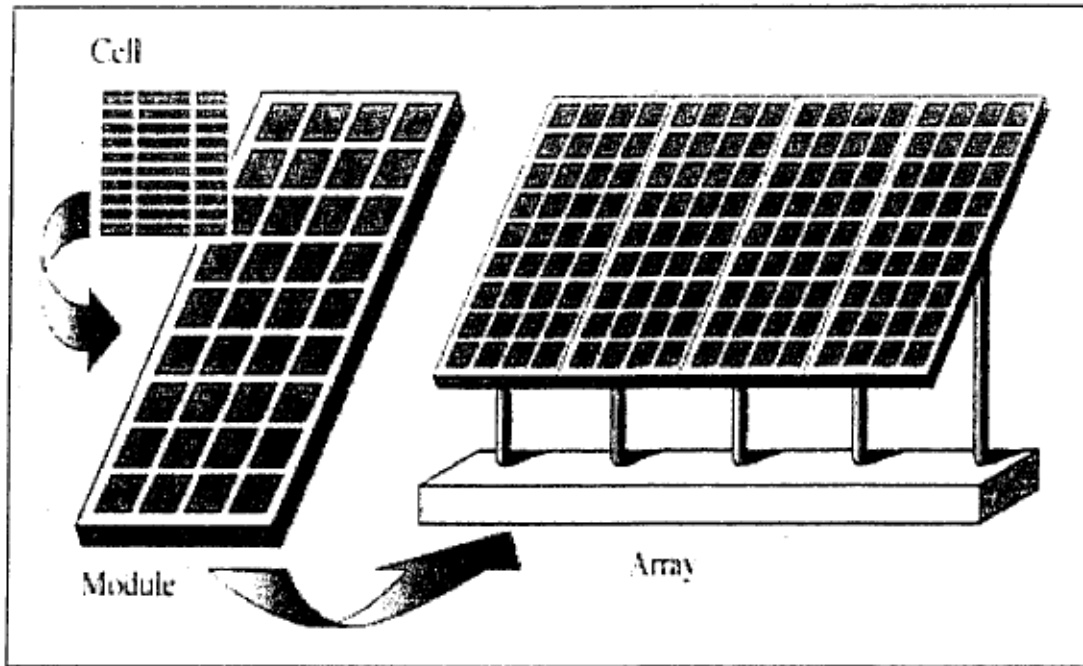
1.10 Βασική ορολογία

Ακολουθεί η ορολογία που είναι απαραίτητη για την κατανόηση της λειτουργίας των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων.

Φωτοβολταϊκό στοιχείο (εικόνα 1.1): Η ηλεκτρονική διάταξη που παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν δεχτεί στην επιφάνεια της ηλιακή ενέργεια. Χρησιμοποιείτε ακόμα ο όρος Φ/Β κύτταρο ή Φ/Β κυψέλη (PV cell).[7]

Φωτοβολταϊκό πλαίσιο (εικόνα 1.1): Ένα σύνολο φωτοβολταϊκών στοιχείων που είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένα μεταξύ τους (PV module).[7]

Φωτοβολταϊκή συστοιχία (εικόνα 1.1): Μια ομάδα φωτοβολταϊκών πλαισίων ή πανέλων που έχουν αλληλοσυνδεθεί ηλεκτρικά και συνήθως τοποθετούνται σε ενιαία βάση στήριξης (PV array).[7]



Εικόνα 1.1: Φωτοβολταϊκό στοιχείο (PV cell) – Φωτοβολταϊκό πλαίσιο (PV module) – Φωτοβολταϊκή συστοιχία (PV array)

Πηγή: Δρ.Ι.Κ.Καλδέλλης, Επιμέλεια Κ.Α. Καββαδίας, Διδακτικές σημειώσεις για το μάθημα ήπιες μορφές ενέργειας Ι, Τεύχος Γ΄ - Φωτοβολταϊκά Συστήματα, Πειραιάς Δεκέμβριος 2007.

1.11 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα φωτοβολταϊκών

Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των φωτοβολταϊκών πλασιών.

Πλεονεκτήματα φωτοβολταϊκών

- Αθόρυβη λειτουργία.[8]
- Φιλικά προς το περιβάλλον. Από τη λειτουργία τους δεν δημιουργούνται κατάλοιπα επιβλαβή για το περιβάλλον. [8]
- Ο εξοπλισμός τους δεν απαρτίζεται από εξαρτήματα με κινητά μέρη. Χρειάζονται ελάχιστη συντήρηση. [8]
- Δεν χρειάζονται για τη λειτουργία τους ορυκτά, υγρά ή αέρια καύσιμα. [8]
- Σαν πρώτη ύλη για την κατασκευή τους χρησιμοποιείτε το πυρίτιο ένα υλικό που αφθονεί στη φύση. [8]

- Αποδίδουν ενεργειακά σε χαμηλές θερμοκρασίες. [8]
- Από την τοποθέτηση τους δίνετε η δυνατότητα για την δημιουργία εγκαταστάσεων με μεγάλο εύρος ισχύος (από μιλιβάτ (mW) μέχρι μεγαβάτ (MW)). [8]
- Η τοποθέτηση τους είναι ιδανική σε τοποθεσίες όπου δεν υπάρχει ή δε συμφέρει οικονομικά η επέκταση του κεντρικού δικτύου ηλεκτροδότησης. [8]
- Έχουν μεγάλο λόγο ισχύος/βάρους γεγονός που δίνει την δυνατότητα για την εγκατάστασή τους σε στέγες κτιρίων. [8]

Μειονεκτήματα φωτοβολταϊκών

- Οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις προϋποθέτουν υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης. Τα επόμενα χρόνια αναμένετε να μειωθεί το κόστος των φωτοβολταϊκών πλαισίων λόγω της μείωσης του κόστους παραγωγής. [9]
- Για να έχουμε μεγάλο επίπεδο ισχύος από φωτοβολταϊκά πλαίσια απαιτούνται μεγάλες εκτάσεις. [9]
- Η παραγωγή ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια επηρεάζεται αρνητικά σε περιπτώσεις που έχουμε νεφώσεις ή ρύπανση του αέρα. [9]
- Κατά τις νυχτερινές ώρες όπου έχουμε έλλειψη ηλιοφάνειας δεν υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής ενέργειας. Επομένως για τα αυτόνομα συστήματα χρειάζεται η χρήση συσσωρευτών για την αποθήκευση της ενέργειας που παράγεται κατά τη διάρκεια της ημέρας. [9]
- Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια παράγουν συνεχές ρεύμα (DC) το οποίο για να μετατραπεί σε εναλλασσόμενο (AC) χρειάζεται τη χρήση αντιστροφέα. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της παραγόμενης ενέργειας κατά 4 – 12 %. [9]

1.12 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

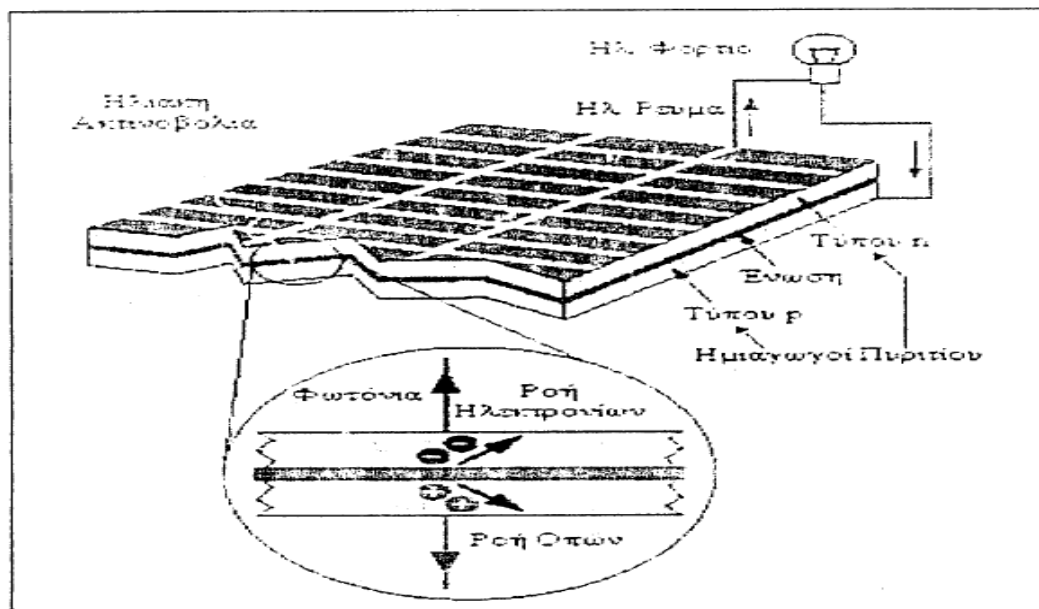
Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία απαρτίζονται από ένα λεπτό στρώμα πυριτίου που έχει ενισχυθεί με φώσφορο και από ένα λεπτό στρώμα από πυρίτιο που έχει ενισχυθεί με βόριο (εικόνα 1.2), τα δύο αυτά στρώματα έρχονται σε επαφή μεταξύ τους. Όταν το φωτοβολταϊκό

στοιχείο δεχτεί την προσπίπτουσα ακτινοβολία τότε έχουμε απορρόφηση των φωτονίων και ελευθέρωση των ηλεκτρονίων. [5]

Δημιουργούνται πρόσθετα ηλεκτρόνια από το στρώμα πυριτίου – φωσφόρου τα οποία έχουν αρνητικό φορτίο . Εάν συνδέσουμε τα δύο στρώματα πυριτίου μεταξύ τους με ένα αγωγό τότε ηλεκτρόνια από το στρώμα πυριτίου – φωσφόρου θα κατευθυνθούν προς το στρώμα πυριτίου – βορίου διότι το φορτίο του είναι θετικό. [5]

Στην επιφάνεια επαφής των δύο στρωμάτων πυριτίου έχουμε διέλευση ελεύθερων ηλεκτρονίων από το αρνητικά φορτισμένο στρώμα πυριτίου προς το θετικά φορτισμένο στρώμα πυριτίου. Η κίνηση αυτή των ηλεκτρονίων δημιουργείται από τις οπές που υπάρχουν στο θετικά φορτισμένο στρώμα. [5]

Τα άτομα του φωσφόρου στο θετικά φορτισμένο στρώμα μένουν χωρίς αρκετά ηλεκτρόνια για να ισορροπήσουν τα θετικά φορτία στα μόρια του, ενώ αρκετά ηλεκτρόνια βρίσκονται στο θετικά φορτισμένο στρώμα γύρω από τα άτομα του βορίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία ενός στρώματος ηλεκτρικού φορτίου κατά μήκος της επιφάνειας επαφής των δύο στρωμάτων πυριτίου. [5]

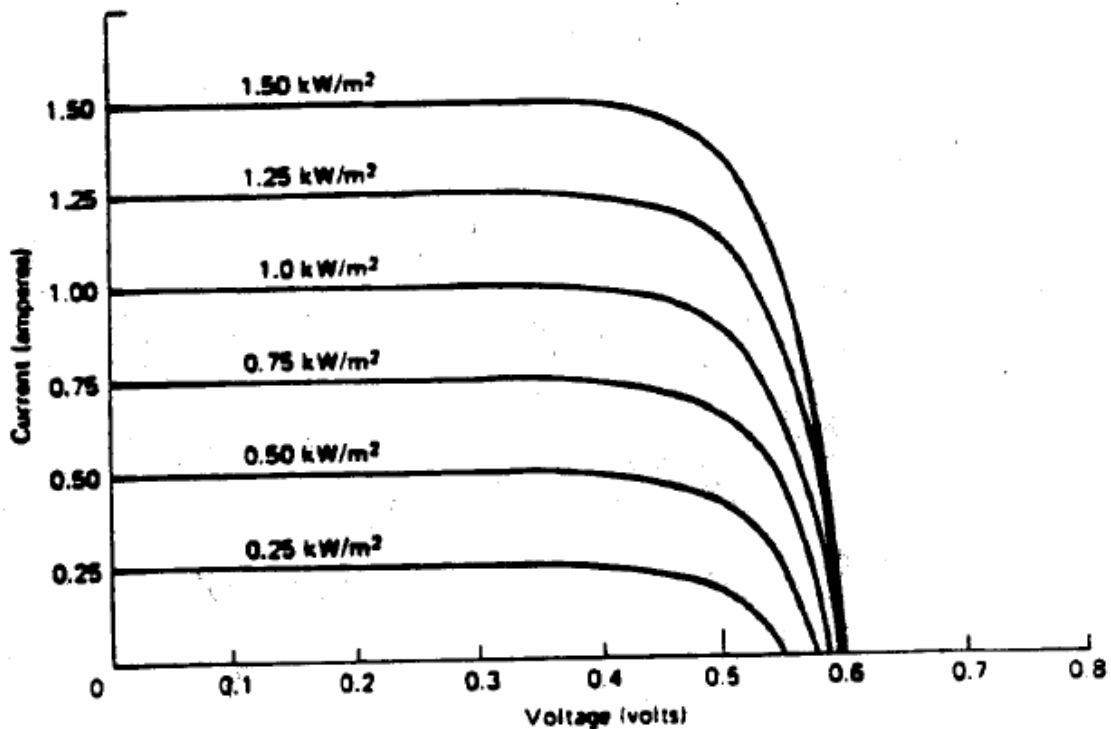


ΕΙΚΟΝΑ 1.2: Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Πηγή: Δρ.Ι.Κ.Καδέλλης, Επιμέλεια Κ.Α. Καββαδίας, Διδακτικές σημειώσεις για το μάθημα ήπιες μορφές ενέργειας Ι, Τεύχος Γ΄ - Φωτοβολταϊκά Συστήματα, Πειραιάς Δεκέμβριος 2007

1.13 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών στοιχείων

Χαρακτηριστική καμπύλη ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου αποτελεί η καμπύλη έντασης ρεύματος (I) – τάσης (V) (εικόνα 1.3). Από την μελέτη της καμπύλης τάσης – ρεύματος παρατηρούμε ότι όσο αυξάνετε η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας τόσο αυξάνετε και η ένταση του ρεύματος.



ΕΙΚΟΝΑ 1.3: Καμπύλη έντασης ρεύματος – τάσης φωτοβολταϊκού στοιχείου

Πηγή: Ι.Κ Καλδέλλης, Κ.Α Καββαδίας, Ήπιες μορφές ενέργειας II, Τεύχος πρώτο, Αυτόνομες υβριδικές εγκαταστάσεις ήπιων μορφών ενέργειας, Μέρος Γ, Εφαρμογές φωτοβολταϊκών, Πειραιάς – Νοέμβριος 2005.

Ένας παράγοντας που επιδρά αρνητικά στην απόδοση των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι η αύξηση της θερμοκρασίας. Με την αύξηση της θερμοκρασίας έχουμε ταυτόχρονη μείωση της μέγιστης ισχύος του πλαισίου καθώς και της δημιουργούμενης τάσης στα άκρα του. Οι κατασκευαστές των φωτοβολταϊκών πλαισίων δίνουν ένα ποσοστό μείωσης (π.χ. – 0,43%/°C) τόσο για την μέγιστη ισχύ (P_{max}) όσο και για την δημιουργούμενη τάση. [10]

Επίσης ένας παράγοντας που επιδρά αρνητικά στην απόδοση των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι η ρύπανση της επιφάνειας συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας που προκαλείτε

από επικαθήσεις σκόνης. Για αυτό το λόγο υπάρχουν ειδικά συνεργεία καθαρισμού που αναλαμβάνουν τον καθαρισμό των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Με την πάροδο του χρόνου παρουσιάζετε γήρανση στα υλικά κατασκευής των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της απόδοσης τους. Στα τεχνικά φυλλάδια των φωτοβολταϊκών πλαισίων αναφέρετε το ποσοστό μείωσης της απόδοσης τους συνάρτηση των ετών λειτουργίας για 25 έτη. Τυπικές τιμές είναι η μείωση 10% της απόδοσης για 10 έτη λειτουργίας και 20% για 25έτη λειτουργίας. [10]

Τα κυριότερα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών πλαισίων τα οποία αναφέρονται στα τεχνικά φυλλάδια των εταιριών κατασκευής είναι τα παρακάτω:

- Μέγιστη ισχύς (P_{max}). [11]
- Βαθμός απόδοσης (%). [11]
- Ρεύμα μέγιστης ισχύος (I_{mp}): Είναι το ρεύμα που διαρρέει το φωτοβολταϊκό πλαίσιο όταν αυτό λειτουργεί στη μέγιστη ισχύ. [11]
- Τάση μέγιστης ισχύος (V_{mp}): Είναι η τάση που δημιουργείται στα άκρα του φωτοβολταϊκού πλαισίου όταν αυτό λειτουργεί στην μέγιστη ισχύ. [11]
- Ρεύμα κλειστού κυκλώματος (I_{sc}): Είναι το ρεύμα που διαρρέει το φωτοβολταϊκό πλαίσιο όταν τα δύο άκρα του βραχυκυκλωθούν. [12]
- Τάση ανοιχτού κυκλώματος (V_{oc}): Είναι η τάση που δημιουργείτε στα άκρα του φωτοβολταϊκού πλαισίου όταν αυτά δεν συνδέονται μεταξύ τους.[12]

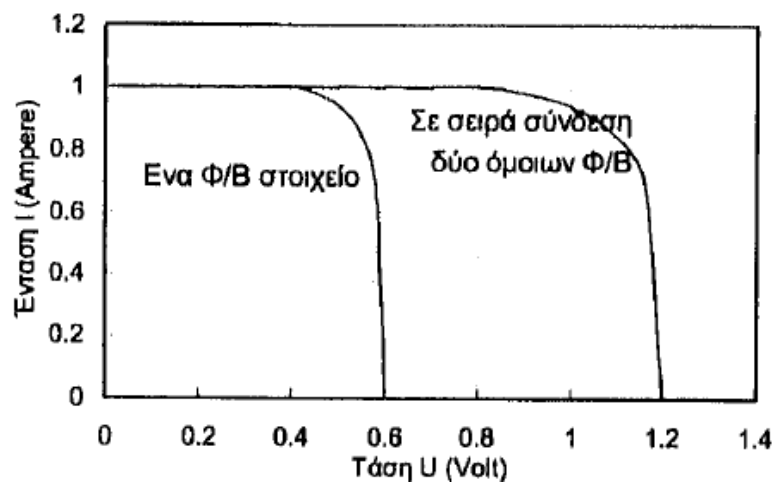
Στα τεχνικά φυλλάδια των φωτοβολταϊκών πλαισίων αναφέρονται τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τους σε δύο διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας, στις πρότυπες συνθήκες λειτουργίας (STC – Standard Test Conditions) και στις κανονικές συνθήκες λειτουργίας (NOCT – Normal Operating Cell Temperature). [11]

Οι πρότυπες συνθήκες λειτουργίας αναφέρονται για συνθήκες λειτουργίας με αέρια μάζα (AM)= 1.5, ένταση ηλιακής ακτινοβολίας 1000 W/m^2 και θερμοκρασία κελίου $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Οι κανονικές συνθήκες λειτουργίας αναφέρονται για συνθήκες λειτουργίας με ένταση ηλιακής ακτινοβολίας 800 W/m^2 , αέρια μάζα (AM) = 1.5, θερμοκρασία περιβάλλοντος 20°C και ταχύτητα ανέμου 1 m/s . [11]

1.14 Συνδεσμολογίες φωτοβολταϊκών στοιχείων

Υπάρχουν δύο τρόποι σύνδεσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Η σύνδεση των φωτοβολταϊκών στοιχείων σε σειρά (εικόνα 1.4) και η σύνδεση των φωτοβολταϊκών στοιχείων παράλληλα (εικόνα 1.5). [13]

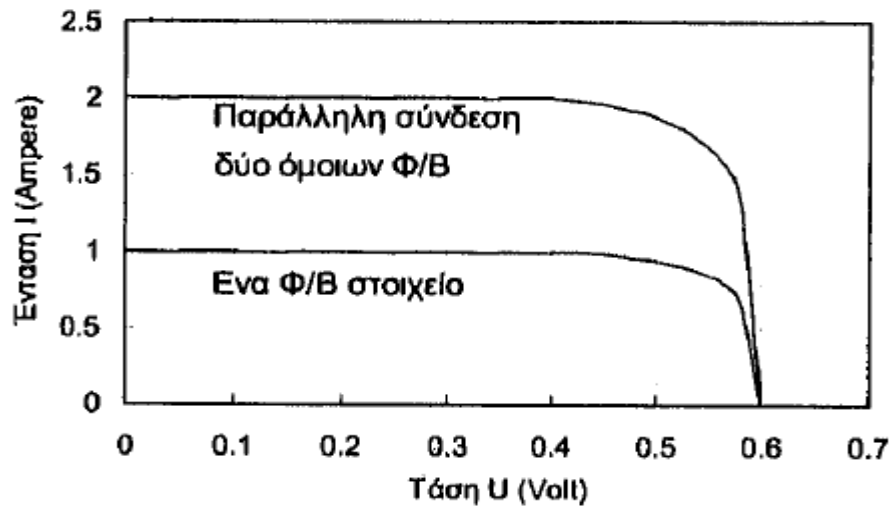
Όταν συνδεθούν φωτοβολταϊκά στοιχεία σε σειρά μεταξύ τους τότε η συνολική τάση προκύπτει από το άθροισμα των τάσεων του κάθε φωτοβολταϊκού στοιχείου ξεχωριστά. Σε αυτή την περίπτωση το συνολικό ρεύμα ισούται με το ρεύμα που διαρρέει το φωτοβολταϊκό στοιχείο που έχει την μικρότερη τιμή έντασης ρεύματος. [13]



ΕΙΚΟΝΑ 1.4: Χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας (I – U) για σύνδεση σε σειρά φωτοβολταϊκών στοιχείων.

ΠΗΓΗ: **Ιωάννης Κ. Καλδέλλης, Κοσμάς Καββαδίας**, Εργαστηριακές Εφαρμογές Ήπιων Μορφών Ενέργειας, Εκδόσεις. ΑΘ. ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ - Αθήνα 2001.

Όταν συνδεθούν φωτοβολταϊκά στοιχεία παράλληλα τότε το συνολικό ρεύμα προκύπτει από το άθροισμα των ρευμάτων του κάθε φωτοβολταϊκού στοιχείου ξεχωριστά. Η συνολική τάση ισούται με την τάση του ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου και συγκεκριμένα του φωτοβολταϊκού στοιχείου με την μικρότερη τιμή τάσης. [13]



ΕΙΚΟΝΑ 1.5: Χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας (I – U) για παράλληλη σύνδεση φωτοβολταϊκών στοιχείων.

ΠΗΓΗ: Ιωάννης Κ. Καδέλλης, Κοσμάς Καββαδίας, Εργαστηριακές Εφαρμογές Ήπιων Μορφών Ενέργειας, Εκδόσεις, ΑΘ. ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ - Αθήνα 2001.

1.15 Σύγκριση μεταξύ φωτοβολταϊκών πλαισίων διαφορετικών τεχνολογιών

Παρακάτω αναφέρονται οι κυριότερες κατηγορίες φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Φωτοβολταϊκά πλαίσια μονοκρυσταλλικού πυριτίου: Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μονοκρυσταλλικού πυριτίου αποτελούνται από φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Η ονομασία τους έχει προέλθει από την σύσταση της κρυσταλλικής τους δομής. Το κόστος παραγωγής είναι ιδιαίτερα υψηλό και ο βαθμός απόδοσης κυμαίνεται από 13% έως 16%. [14]

Φωτοβολταϊκά πλαίσια πολυκρυσταλλικού πυριτίου: Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια πολυκρυσταλλικού πυριτίου αποτελούνται από φωτοβολταϊκά στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου. Η ονομασία τους έχει προέλθει από την σύσταση της κρυσταλλικής τους δομής. Το κόστος παραγωγής τους είναι χαμηλότερο από των μονοκρυσταλλικών στοιχείων και ο βαθμός απόδοσης τους κυμαίνεται από 11% έως 16%. [15]

Φωτοβολταϊκά πλαίσια άμορφου πυριτίου – λεπτών επιστρώσεων: Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια άμορφου πυριτίου κατασκευάζονται από την διοχέτευση άμορφου πυριτίου πάνω σε βάση από γυαλί ή αλουμίνιου. Ονομάζεται άμορφο πυρίτιο διότι τα άτομα του πυριτίου δεν

είναι κατανεμημένα ομοιόμορφα στην σύσταση του. Ο βαθμός απόδοσης τους κυμαίνεται από 6% έως 8%. Πλεονεκτήματα τους αποτελούν το χαμηλό κόστος τους και η καλύτερη αξιοποίηση της διάχυτης ακτινοβολίας συγκριτικά με τα κρυσταλλικά πλαίσια. [15]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο – ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ

Στο παρών κεφάλαιο θα γίνει παρουσίαση των κατηγοριών των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού από τον οποίο απαρτίζεται ένα φωτοβολταϊκό σύστημα. Επίσης θα γίνει αναφορά στην νομοθεσία για τα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα.

2.1 Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα

Στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποθηκεύεται σε μπαταρίες έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί τις ώρες που υπάρχει ανάγκη για κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Η εγκατάστασή τους εξυπηρετεί σε απομακρυσμένες περιοχές όπου δεν υπάρχει κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης.

2.2 Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα

Στα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα η ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά συστήματα διοχετεύεται απευθείας στο κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης. Η καταμέτρηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας πραγματοποιείται από ένα μετρητή και στην συνέχεια προκύπτουν οικονομικά οφέλη για τον ιδιοκτήτη σύμφωνα με το πρόγραμμα στο οποίο έχει ενταχθεί.

2.3 Φωτοβολταϊκά πλαίσια

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία που δέχονται στην επιφάνεια τους σε ηλεκτρική ενέργεια και συγκεκριμένα σε ρεύμα συνεχούς τάσης. Το κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο χαρακτηρίζεται από την ισχύ του που δίνεται σε βατ (W). Το

άθροισμα της ισχύος των φωτοβολταϊκών πλαισίων αποτελεί την συνολική ισχύ της εγκατάστασης.

Στο πίσω μέρος τους έχουν ένα ηλεκτρικό κιβώτιο από το οποίο αναχωρούν δύο σιλικονούχα καλώδια που έχουν συνήθως μήκος 1m. Η μία καλωδίωση αποτελεί το θετικό πόλο του φωτοβολταϊκού πλαισίου και η άλλη τον αρνητικό πόλο. Οι δύο καλωδιώσεις έχουν στα άκρα τους ταχυσύνδεσμους έτσι ώστε η ηλεκτρική σύνδεση μεταξύ των φωτοβολταϊκών πλαισίων να γίνεται εύκολα και γρήγορα.

Για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων στις στέγες των κτιρίων χρησιμοποιούνται μεταλλικές βάσεις οι οποίες καθορίζουν τη θέση τοποθέτησης και την κλίση των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Στο εμπόριο διατίθενται δύο κατηγορίες βάσεων, μία για οριζόντια τοποθέτηση των πλαισίων και μια για κατακόρυφη τοποθέτηση.

2.4 Αντιστροφείς

Οι αντιστροφείς χρησιμοποιούνται στις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις για να μετατρέπουν το συνεχές ρεύμα που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια σε εναλλασσόμενο έτσι ώστε να διοχετευθεί στο κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης. Οι αντιστροφείς ανάλογα με την τάση λειτουργίας τους διακρίνονται σε μονοφασικούς και τριφασικούς.

Χαρακτηριστικό των αντιστροφέων είναι ο αριθμός των εισόδων συνεχούς ρεύματος. Συνήθως οι αντιστροφείς που χρησιμοποιούνται στις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις κατοικιών έχουν έως τέσσερις εισόδους και κάθε συστοιχία φωτοβολταϊκών πλαισίων συνδέεται σε ξεχωριστή είσοδο. Ανάλογα με τις ηλεκτρικές απώλειες του αντιστροφέα προκύπτει και ο βαθμός απόδοσης του. Μια τυπική τιμή του βαθμού απόδοσης ενός τριφασικού αντιστροφέα ισχύος 10 kW είναι 98 %. [32]

Σύμφωνα με τον διαχειριστή του ελληνικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ) όσες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις έχουν συνολική ισχύ έως 100 kW θα πρέπει να συνδεθούν στο δίκτυο χαμηλής τάσης. Συγκεκριμένα για φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις έως 5 kW θα γίνεται σύνδεση σε μονοφασική παροχή και επομένως θα χρησιμοποιείτε μονοφασικός αντιστροφέας. Ενώ για φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις ισχύος μεγαλύτερης των 5 kW θα γίνεται σύνδεση σε τριφασική παροχή και χρήση τριφασικού αντιστροφέα. [16]

Οι αντιστροφείς θα πρέπει να διαθέτουν ασφαλιστικές διατάξεις οι οποίες θα πρέπει να ελέγχουν τα όρια διακύμανσης της τάσης και της συχνότητας του ρεύματος και σε περίπτωση που αυτά δεν τηρούνται τότε να γίνετε αποσύνδεση του αντιστροφέα από το κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης. Τα όρια της τάσης (230V) ορίζονται από – 20% έως + 15%. Τα όρια της συχνότητας (50 Hz) ορίζονται από – 0,5 Hz έως + 0,5 Hz για την ηπειρωτική χώρα και τα νησιά που έχουν συνδεθεί στο κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης, ενώ για τα νησιά που δεν έχουν συνδεθεί στο κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης από -2,5 Hz έως 1,5 Hz. [16]

Σε περίπτωση που τα όρια για την τάση και την συχνότητα που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο δεν τηρούνται θα πρέπει οι αντιστροφείς να αποσυνδέονται σε 0,5 δευτερόλεπτο και να επανασυνδέονται μετά από τρία λεπτά. Επίσης οι αντιστροφείς θα πρέπει να είναι κατασκευασμένοι έτσι ώστε η ολική παραμόρφωση του ρεύματος να μην ξεπερνάει το 5%. [16]

Εαν ένας αντιστροφέας δεν ανήκει στην κατηγορία των αντιστροφέων οι οποίοι περιλαμβάνουν μετασχηματιστή απομόνωσης τότε θα πρέπει να εξασφαλίζεται ότι δεν θα υπάρξει έγχυση συνεχούς ρεύματος η οποία θα ξεπερνάει το ποσοστό 0,5% της ονομαστικής τιμής του ρεύματος. [16]

Οι αντιστροφείς που επιλέγονται για χρήση σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις θα πρέπει να έχουν προστασία έναντι του φαινομένου της νησιδοποίησης, δηλαδή να αποτρέπεται η τροφοδοσία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης προς ένα κομμάτι του κεντρικού δικτύου ηλεκτροδότησης. Η αποσύνδεση του αντιστροφέα σε αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει να γίνετε σε χρονικό διάστημα με μέγιστη διάρκεια τα 5 δευτερόλεπτα. [17]

2.5 Καλωδιώσεις φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων

Οι καλωδιώσεις των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων διαχωρίζονται στην καλωδίωση του συνεχούς ρεύματος και στην καλωδίωση του εναλλασσόμενου ρεύματος. Η καλωδίωση του συνεχούς ρεύματος συνδέει τις στοιχειοσειρές των φωτοβολταϊκών πλαισίων με τον αντιστροφέα και η καλωδίωση του εναλλασσόμενου ρεύματος συνδέει την έξοδο του αντιστροφέα με το κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης.

Το μεγαλύτερο μέρος του συνολικού μήκους των καλωδιώσεων των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων βρίσκεται σε εξωτερικό χώρο. Για αυτό το λόγο θα πρέπει να επιλέγονται τύποι καλωδίων που να έχουν προστασία για την ηλιακή ακτινοβολία καθώς και για την υγρασία που μπορεί να προκληθεί από βροχοπτώσεις. Οι κατασκευάστριες εταιρείες που παράγουν καλωδιώσεις προτείνουν τον τύπο καλωδίου H07RN – F για εξωτερική εγκατάσταση. Ο συγκεκριμένος τύπος καλωδίου έχει καθιερωθεί για χρήση σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις.

Οι καλωδιώσεις του συνεχούς και του εναλλασσόμενου ρεύματος θα πρέπει να διαστασιοποιηθούν έτσι ώστε να πληρούν τα κριτήρια για την μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση του ρεύματος που μπορεί να διαπεράσει μια διατομή καλωδίου καθώς και για την μέγιστη επιτρεπόμενη πτώση τάσης. Αναλυτικά οι υπολογισμοί υποδεικνύονται στο επόμενο κεφάλαιο όπου πραγματοποιείτε η μελέτη εφαρμογής φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

2.6 Ηλεκτρολογικοί πίνακες φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων

Σε μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση κτιρίου διακρίνουμε τον ηλεκτρολογικό πίνακα συνεχούς ρεύματος και τον ηλεκτρολογικό πίνακα εναλλασσόμενου ρεύματος. Στους δύο πίνακες τοποθετείται ηλεκτρολογικό υλικό ράγας για την προστασία και τον έλεγχο των δύο κυκλωμάτων (συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος).

Οι πίνακες που επιλέγονται για να χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να είναι κατάλληλοι για εξωτερική τοποθέτηση επιπλέον θα πρέπει να έχουν προστασία για την ηλιακή ακτινοβολία και υψηλό δείκτη προστασίας για την στεγανότητά τους. Συνηθίζεται στις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις οι ηλεκτρολογικοί πίνακες να τοποθετούνται μέσα σε μεταλλικά ερμάρια για επιπλέον προστασία.

Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται επιλογή και αναφορά του ηλεκτρολογικού υλικού ράγας για φωτοβολταϊκή εγκατάσταση κτιρίου ισχύος 10 kW.

2.7 Διατάξεις γειώσεις και αντικεραυνική προστασία φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων

Το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας σε μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση σε συνεργασία με την εγκατάσταση γείωσης έχει σκοπό την προστασία των ανθρώπων αλλά και του εξοπλισμού της εγκατάστασης από το καιρικό φαινόμενο του κεραυνού. Σε

περίπτωση που ένας κεραυνός πλήξει την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας αναλαμβάνει την διοχέτευση του στη γη μέσω της εγκατάστασης γείωσης.[18]

Το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας διαχωρίζεται ανάλογα με το χώρο τοποθέτησης του εξοπλισμού του σε εξωτερικό και σε εσωτερικό. Το εξωτερικό σύστημα αντικεραυνικής προστασίας αποτελείται από το συλλεκτήριο σύστημα το οποίο απαρτίζεται από ακίδες λήψης του κεραυνού. Το κεραυνικό πλήγμα διοχετεύεται από τις ακίδες λήψεις στους αγωγούς καθόδου οι οποίοι αποτελούν το δεύτερο στοιχείο του εξωτερικού συστήματος αντικεραυνικής προστασίας. Το τρίτο στοιχείο αποτελεί η εγκατάσταση γείωσης η οποία παραλαμβάνει το κεραυνικό πλήγμα από τους αγωγούς καθόδου και το διοχετεύει με ασφάλεια στο έδαφος.[19]

Το εσωτερικό σύστημα αντικεραυνικής προστασίας αποτελείται από υλικό ράγας που τοποθετείται στους ηλεκτρολογικούς πίνακες. Συγκεκριμένα τοποθετούνται απαγωγοί υπέρτασης στο ηλεκτρολογικό πίνακα συνεχούς ρεύματος καθώς επίσης και στον ηλεκτρολογικό πίνακα εναλλασσόμενου ρεύματος.

Όσο αναφορά το σύστημα γείωσης, η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μπορεί να συνδεθεί στην εγκατάσταση θεμελιακής γείωσης του κτιρίου σε περίπτωση που η θεμελιακή γείωση πληρεί τις προϋποθέσεις σύμφωνα με τους κανονισμούς. Διαφορετικά εάν στο κτίριο στο οποίο βρίσκεται η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση δεν υπάρχει θεμελιακή γείωση λόγω παλαιότητας του κτιρίου ή για οποιοδήποτε άλλο λόγο τότε κατασκευάζεται τρίγωνο γείωσης για να συνδεθεί η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση σε αυτό.

2.8 Νομοθετικό πλαίσιο

Αυτή την περίοδο βρίσκετε σε ισχύ το πρόγραμμα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα με ενεργειακό συμπληφισμό. Στις 27/3/2015 ο διαχειριστής του ελληνικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ) με ανακοίνωση στην ιστοσελίδα του στο διαδίκτυο ενημέρωσε το κοινό ότι στις 8/5/2015 θα ξεκινήσουν οι αιτήσεις για σύνδεση στο δίκτυο χαμηλής τάσης. Οι αιτήσεις θα κατατίθενται στα τοπικά υποκαταστήματα και μαζί θα παρατίθενται όλα τα απαραίτητα έγγραφα που θα αναφερθούν στη συνέχεια.[20]

Επτά μήνες αργότερα και συγκεκριμένα στις 23/10/2015 ο διαχειριστής του ελληνικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ανακοίνωσε ότι στις 30/10/2015 θα ξεκινήσουν οι αιτήσεις για την σύνδεση φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων στο δίκτυο μέσης τάσης μέσω του προγράμματος του ενεργειακού συμψηφισμού.[21]

Στο πρόγραμμα μπορούν να ενταχθούν αιτούντες που βρίσκονται στο διασυνδεδεμένο σύστημα, δηλαδή περιοχές της ηπειρωτικής χώρας και νησιών που είναι διασυνδεδεμένα στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο καθώς επίσης και αιτούντες από νησιά που δεν είναι συνδεδεμένα με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο.[22]

Η μέγιστη ισχύς της κάθε φωτοβολταϊκής εγκατάστασης για το διασυνδεδεμένο δίκτυο για το δίκτυο χαμηλής τάσης έχει οριστεί στα 20 kW. Σε περίπτωση που υπάρχει ανάγκη για δημιουργία φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων ισχύος μεγαλύτερης των 20 kW τότε σαν μέγιστη ισχύ λαμβάνεται το 50% της ισχύος (kVA) που έχει συμφωνηθεί για την εγκατάσταση όπου καταναλώνεται η ηλεκτρική ενέργεια. Για τις εγκαταστάσεις που συμπεριλαμβάνονται στην περίπτωση που προαναφέρθηκε η τιμή μέγιστης ισχύος των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων ορίζεται στα 100 kW. [22]

Για τα νησιά που δεν είναι συνδεδεμένα στο κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης η μέγιστη τιμή ισχύος των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων για το δίκτυο χαμηλής τάσης έχει οριστεί στα 10 Kw, εκτός από το νησί της Κρήτης που έχει οριστεί στα 20 kW. Σε περίπτωση που υπάρχει ανάγκη για δημιουργία φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων μεγαλύτερης ισχύος σε σύγκριση με τις δύο προαναφερθείσες τιμές, τότε η μέγιστη τιμή ισχύος της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης ορίζεται το 50% της ισχύος (kVA) που έχει συμφωνηθεί για την εγκατάσταση όπου καταναλώνεται η ηλεκτρική ενέργεια.[22]

Οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν σε κτίρια ή στο έδαφος εγκαθιστώντας φωτοβολταϊκά πλαίσια με τη χρήση βάσεων για σταθερή τοποθέτηση. Στο έδαφος επιπλέον μπορούν να πραγματοποιηθούν φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις στις οποίες μπορεί να γίνει χρήση βάσεων οι οποίες μετακινούν κατά τη διάρκεια της ημέρας τα φωτοβολταϊκά πλαίσια έτσι ώστε οι ακτίνες του ήλιου να προσπίπτουν κάθετα στην επιφάνεια των πλαισίων με σκοπό την μέγιστη ενεργειακή απολαβή.[23]

Όσο αναφορά τους μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να πραγματοποιείται μέτρηση τόσο της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα καθώς επίσης και της ηλεκτρικής ενέργειας που απορροφάτε από το κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης. [24]

Σε περίπτωση που ο μετρητής που είναι ήδη εγκατεστημένος δεν έχει την δυνατότητα να μετράει και την παραγόμενη ενέργεια από το φωτοβολταϊκό και την καταναλισκόμενη ενέργεια από το δίκτυο τότε αντικαθίσταται από ένα μετρητή που έχει αυτή την δυνατότητα. Ο συγκεκριμένος μετρητής τοποθετείτε από τον ΔΕΔΔΗΕ και το κόστος του συμπεριλαμβάνεται στα έξοδα της σύνδεσης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης με το δίκτυο. [24]

Επιπλέον θα πρέπει να τοποθετηθεί ένας δεύτερος μετρητής για να καταγράφει την ενέργεια που παράγεται από τη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Ο μετρητής αυτός αγοράζεται και εγκαθίσταται με έξοδα του ιδιοκτήτη της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. [24]

Ο διαχειριστής του ελληνικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας έχει αναρτήσει στην ιστοσελίδα του στο διαδίκτυο λίστα με τους τύπους των μετρητών από τους οποίους θα πρέπει να επιλεγεί ο μετρητής για την καταγραφή της παραγόμενης ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα. [25]

Ο ενεργειακός συμψηφισμός πραγματοποιείται βασιζόμενος στους λογαριασμούς χρέωσης της ηλεκτρικής ενέργειας που εκδίδει ο εκάστοτε πάροχος ηλεκτρικής ενέργειας με τον οποίο έχει συμφωνήσει ο ιδιοκτήτης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Η έκδοση των λογαριασμών χρέωσης ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτουν από τις μετρήσεις που έχει κάνει ο διαχειριστής του ελληνικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ). [23]

Σε κάθε λογαριασμό που εκδίδεται για παράδειγμα κάθε τέσσερις μήνες συμψηφίζεται η παραγόμενη ενέργεια με την ενέργεια που απορροφήθηκε από το δίκτυο. Σε περίπτωση που το ποσό της ενέργειας που καταναλώθηκε είναι μεγαλύτερο από το ποσό της ενέργειας που παράχθηκε τότε ο ιδιοκτήτης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης πληρώνει την διαφορά που προκύπτει στις κιλοβατώρες (kWh). [23]

Εάν το ποσό της ενέργειας που παράχθηκε από την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση είναι μεγαλύτερο από το ποσό της ενέργειας που απορροφήθηκε από το δίκτυο τότε δεν

προκύπτει κάποιο ποσό για πληρωμή για τον ιδιοκτήτη του φωτοβολταϊκού συστήματος. Το ποσό των επιπλέον κιλοβατώραν που παράχθηκαν προστίθεται στο ποσό της παραγόμενης ενέργειας στον επόμενο προς έκδοση λογαριασμό.[23]

Με την πάροδο των τριών ετών γίνεται ένας συνολικός συμψηφισμός της καταναλισκόμενης και της παραχθείσας ηλεκτρικής ενέργειας. Εάν προκύψει περίσσεια παραγόμενης ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα τότε αυτό το ποσό των κιλοβατώραν διαγράφεται και δεν προστίθεται στον επόμενο λογαριασμό ως παραγόμενη ενέργεια. Ο συμψηφισμός που μόλις αναφέρθηκε επαναλαμβάνεται κάθε τριετία για τα 25 έτη που είναι η διάρκεια του προγράμματος.[23]

Για να συμμετάσχει ένας καταναλωτής στο πρόγραμμα θα πρέπει να έχει δηλωμένη στο όνομα του μια ενεργή παροχή ηλεκτρικού ρεύματος χαμηλής τάσης. Επίσης θα πρέπει ο χώρος όπου θα γίνετε η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας και θα εγκατασταθεί η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση να είναι κατοχυρωμένη νόμιμα στον καταναλωτή που θέλει να ενταχθεί στο πρόγραμμα. [16]

Αρχικά ο ενδιαφερόμενος καταναλωτής θα πρέπει να καταθέσει στο τοπικό υποκατάστημα του διαχειριστή του ελληνικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ), αίτηση σύνδεσης για ένταξη στο πρόγραμμα του ενεργειακού συμψηφισμού. Η αίτηση βρίσκεται διαθέσιμη στην επίσημη ιστοσελίδα του ΔΕΔΔΗΕ στο διαδίκτυο. [16]

Στην αίτηση σύνδεσης αναγράφονται όλα τα έγγραφα που κατατίθενται μαζί με αυτήν. Τα κυριότερα έγγραφα είναι η κάτοψη της κατοικίας με απεικόνιση των φωτοβολταϊκών πλαισίων καθώς και τα πιστοποιητικά και τα τεχνικά φυλλάδια του αντιστροφέα και των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Επίσης κατατίθενται μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχεδιάγραμμα της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης καθώς και ένα αντίγραφο λογαριασμού ηλεκτρικής ενέργειας.[26]

Ο διαχειριστής του ελληνικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ) αφού παραλάβει την αίτηση σύνδεσης εκδίδει προσφορά η οποία έχει διάρκεια τρεις μήνες και στην οποία αναγράφονται το κόστος των εργασιών και η περιγραφή αυτών. [16]

Στη συνέχεια εφόσον το πρόσωπο που κατέθεσε την αίτηση σύνδεσης συμφωνεί με τους όρους της και το χρηματικό ποσό που πρέπει να καταβληθεί τότε προχωρά στην

συμπλήρωση και κατάθεση της αίτησης κατάρτισης της σύμβασης σύνδεσης. Η συγκεκριμένη αίτηση βρίσκεται αναρτημένη στην ιστοσελίδα του διαχειριστή του ελληνικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ) στο διαδίκτυο. [16]

Ακολούθως η διαδικασία συνεχίζεται με την υπογραφή της σύμβασης σύνδεσης. Σε αυτό το στάδιο θα πρέπει να καταβληθεί το χρηματικό ποσό για την εγκατάσταση των μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας η οποία ολοκληρώνεται σε χρονική διάρκεια έως 30 ημέρες.[16]

Στο επόμενο στάδιο κατατίθενται η αίτηση κατάρτισης της σύμβασης συμψηφισμού στο πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας με το οποίο θα πραγματοποιείται ο ενεργειακός συμψηφισμός. Η υπογραφή της σύμβασης συμψηφισμού ολοκληρώνεται σε χρονική διάρκεια έως 15 ημέρες.[16]

Στο τελικό στάδιο της διαδικασίας σύνδεσης συμπληρώνεται και κατατίθενται στον διαχειριστή του ελληνικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ) η αίτηση ενεργοποίησης της σύνδεσης η οποία έχει αναρτηθεί στην ιστοσελίδα του στο διαδίκτυο. [16]

Μαζί με την αίτηση ενεργοποίησης κατατίθενται αντίγραφο της σύμβασης συμψηφισμού καθώς και υπεύθυνες δηλώσεις του ιδιοκτήτη της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης και του μηχανικού που είναι υπεύθυνος για την εγκατάσταση της.[26]

Τέλος, ο ιδιοκτήτης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης ενημερώνεται από τον διαχειριστή του ελληνικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ) για την ημερομηνία ελέγχου της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Εφόσον από τον έλεγχο που θα πραγματοποιηθεί δεν προκύψουν ελλείψεις και δυσλειτουργία στην φωτοβολταϊκή εγκατάσταση τότε πραγματοποιείται η σύνδεση της στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο.[16]

2.9 Τιμές πώλησης παραγόμενης ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα

Για τις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις κτιρίων εκτός από το πρόγραμμα του ενεργειακού συμψηφισμού που παρουσιάστηκε στην παράγραφο 2.8 υπάρχει και η δυνατότητα ένταξης σε πρόγραμμα για πώληση και διοχέτευση στο κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης όλης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα.[33]

Για την ένταξη στο πρόγραμμα οι ενδιαφερόμενοι θα πρέπει να αιτηθούν και να παραλάβουν από τις κατά τόπου περιφέρειες έγκριση περιβαλλοντικών όρων καθώς και έγκριση από την πολεοδομία για την πραγματοποίηση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Στη συνέχεια οι ενδιαφερόμενοι θα πρέπει να υπογράψουν την προσφορά του διαχειριστή του ελληνικού δικτύου ηλεκτροδότησης (ΔΕΔΔΗΕ) στον οποίο περιγράφονται οι όροι σύνδεσης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.[33]

Η διαδικασία ολοκληρώνεται με την υπογραφή της συμβάσης διάρκειας 25 ετών με τον διαχειριστή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και εγγυήσεων προέλευσης (ΔΑΠΕΕΠ) για την πώληση της παραγόμενης ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα.[33]

Στο παρακάτω πίνακα (πίνακας 2.1) αναγράφονται οι τιμές πώλησης της κιλοβατώρας για φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις ισχύος έως 10 κιλοβάτ που πραγματοποιούνται σε δώματα κατοικιών και κτιρίων που χρησιμοποιούνται για εμπορική χρήση.[33]

Τιμές πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας	
Χρονική περίοδος	Ευρώ ανά κιλοβατώρα
Αύγουστος 2018	0,090
Φεβρουάριος 2019	0,085
Αύγουστος 2019	0,080

Πίνακας 2.1: Τιμές πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα σε στέγες κτιρίων με ισχύ έως 10 κιλοβάτ.[33]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο – ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

3.1 Περιγραφή κατοικίας

Η μελέτη εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού σταθμού ισχύος 10 kW αφορά μια ιδιόκτητη διώροφη κατοικία στη Θεσσαλονίκη, στην περιοχή της Μίκρας. Η συνολική επιφάνεια του δώματος της κατοικίας είναι 133 m², η οποία είναι ελεύθερη σκιάσεων. Στη κατοικία διαμένει μια επταμελής οικογένεια η οποία καταναλώνει 12000 kWh ετησίως για τις ανάγκες της σε ηλεκτρική ενέργεια.

3.2 Επιλογή & χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων

Αρχικά θα προβούμε στον υπολογισμό του συνολικού αριθμού των φωτοβολταϊκών πλαισίων που απαιτούνται για την κάλυψη της εγκατεστημένης ισχύος που θέλουμε να έχει η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Η συνολική ισχύς της εγκατάστασης ανέρχεται στα 10 kW και η ισχύς του κάθε φωτοβολταϊκού πλαισίου στα 260 W. Ο συνολικός αριθμός προκύπτει από το πηλίκο της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος της εγκατάστασης προς την ονομαστική ισχύ του κάθε πλαισίου (εξίσωση 3.1).

Υπολογισμός συνολικού αριθμού πλαισίων:

Συνολικός αριθμός πλαισίων = τιμή εγκατεστημένης ισχύος/ονομαστική τιμή ισχύος πλαισίου.

Συνολικός αριθμός πλαισίων = 10000 W / 260 W = 38 πλαίσια (Εξίσωση 3.1).

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια πολυκρυσταλλικού πυριτίου και ονομαστικής ισχύος 260W που θα χρησιμοποιηθούν κατασκευάζονται από τον κινέζικο οίκο Upsolar. Κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελείται από 60 φωτοβολταϊκά κελία πολυκρυσταλλικού πυριτίου. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τύπου UP – M260P διαθέτουν πιστοποίηση CE και κατασκευάζονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές ασφαλείας του πρότυπου IEC 61215 σχετικά με τα μηχανικά και τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τους.[10]

Η κατασκευάστρια εταιρεία δίνει δεκαετή εγγύηση λειτουργίας καθώς και εικοσιπενταετή εγγύηση απόδοσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων η οποία δίνεται μέσω διαγράμματος πτώσης της απόδοσης συνάρτηση των ετών λειτουργίας των πλαισίων. Η

υψηλή απόδοση των φωτοβολταϊκών πλαισίων και η προσιτή τους τιμή τα καθιστούν ιδανικά για την εγκατάσταση μας. Ακολουθως στους παρακάτω πίνακες (πίνακας 3.1 & πίνακας 3.2) αναφέρονται αναλυτικά τα ηλεκτρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών πλαισίων. [10]

Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά STC*	
Μέγιστη ισχύς Pm (W)	260
Τάση μέγιστης ισχύος Vm (V)	31
Ρεύμα μέγιστης ισχύος Im (A)	8.39
Τάση ανοιχτού κυκλώματος Voc (V)	38.4
Ρεύμα βραχυκύκλωσης Isc (A)	8.70
Βαθμός απόδοσης πλαισίου	16 %
Μέγιστη τάση (V)	1000 (IEC)
Διακύμανση ισχύος	0/+3%
Ρεύμα ασφάλειας σειρών	20 A

Πίνακας 3.1: Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών πλαισίων UP-SOLAR UP – M260P [10]

* Πρότυπες συνθήκες ελέγχου (Standard Test Conditions, STC), ένταση ηλιακής ακτινοβολίας 1000 W/m^2 , αέρια μάζα 1.5 και θερμοκρασία φωτοβολταϊκού στοιχείου $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Μηχανικά χαρακτηριστικά	
Μπροστινό γυαλί	Υψηλής διαφάνειας σκληρυμένο γυαλί
Κουτί σύνδεσης	Προστασίας IP65 ή μεγαλύτερης
Δίοδοι παράκαμψης (by pass)	3 δίοδοι
Καλώδια εξόδου	1.0 m/ 4 mm ² πιστοποιημένα κατά IEC
Σύνδεσμοι καλωδίων	Τύπου MC4, Προστασίας IP 67 πιστοποιημένα κατά IEC
Πλαίσιο	Ανοδιωμένο κράμα αλουμινίου τύπου 6063 – T5
Εύρος θερμοκρασίας	- 40 °C – 90 °C
Μέγιστο φορτίο	5400 Pa
Κελιά	Πολυκρυσταλλικού πυριτίου (156 mm x 156

	mm)
Αριθμός κελιών	60 (6 x10)
Διαστάσεις (mm)	1640 x 992 x 35
Βάρος (kg)	18.5

Πίνακας 3.2: Μηχανικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών πλαισίων UP-SOLAR UP – M260P [10]

Τα πλαίσια θα τοποθετηθούν με νότιο προσανατολισμό σε σταθερές μεταλλικές βάσεις με κλίση 30 μοίρες ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη ενεργειακή απολαβή για όλη τη διάρκεια του έτους.

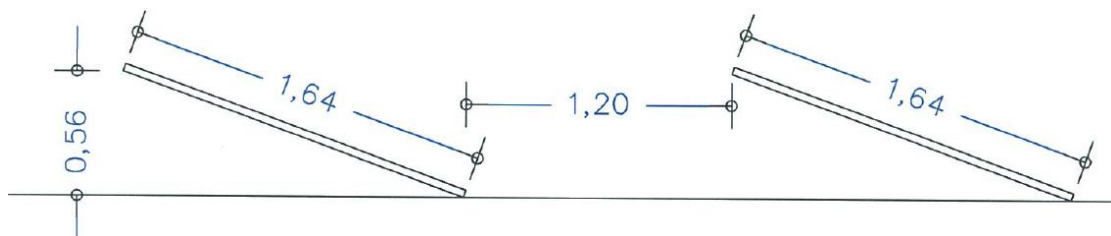
Στη συνέχεια θα πρέπει να υπολογίσουμε την ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σειρών φωτοβολταϊκών πλαισίων έτσι ώστε να μην υπάρχει σκίαση μεταξύ τους. Ισχύει ότι η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σειρών θα πρέπει να είναι κατά ελάχιστο η διπλάσια του ύψους της εγκατάστασης και προκύπτει από την εξίσωση 3.2. [28]

Για την εγκατάσταση μας έχουμε:

Ύψος εγκατάστασης = 0,56 m

Ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σειρών φωτοβολταϊκών πλαισίων = $0,56\text{m} \times 2 = 1,12\text{m}$. (Εξίσωση 3.2)

Αξιοποιώντας όλο το διαθέσιμο χώρο του δώματος της κατοικίας για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πλαισίων, η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σειρών (εικόνα 3.1) επιλέγεται να είναι ίση με 1,20m.

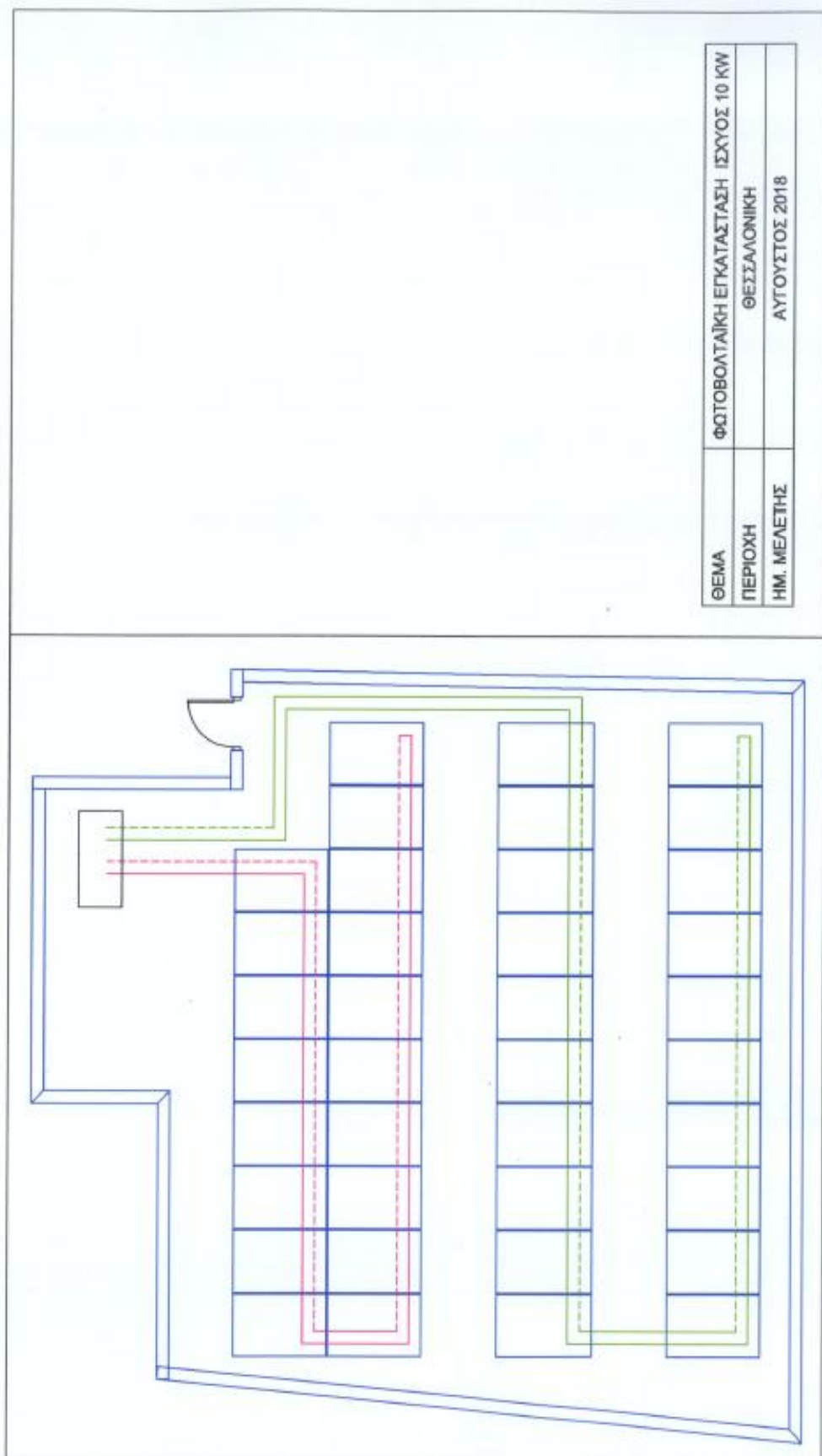


ΕΙΚΟΝΑ 3.1: Απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σειρών φωτοβολταϊκών πλαισίων

Έχοντας υπολογίσει το συνολικό αριθμό των πλαισίων (38 πλαίσια) βάση της ζητηθείσας συνολικής ισχύος της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης καθώς και της ελάχιστης

απόστασης μεταξύ δύο διαδοχικών σειρών φωτοβολταϊκών πλαισίων για να αποφευχθεί η σκίαση τους, συνεχίζουμε με τη χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων στο δώμα του κτιρίου.

Από την χωροθέτηση προκύπτουν δύο συστοιχίες φωτοβολταϊκών πλαισίων, η μία αποτελείται από δύο διαδοχικές σειρές των 10 πλαισίων και η δεύτερη από μια διπλή σειρά που αριθμεί 18 πλαίσια. Οι δύο στοιχειοσειρές απεικονίζονται στην παρακάτω κάτοψη (εικόνα 3.2).



ΕΙΚΟΝΑ 3.2: Κάτοψη φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

3.3 Επιλογή καλωδίωσης συνεχούς ρεύματος

Οι καλωδιώσεις που θα χρησιμοποιηθούν διακρίνονται στις καλωδιώσεις του συνεχούς ρεύματος (DC) και στις καλωδιώσεις του εναλλασσόμενου ρεύματος (AC). Η καλωδίωση του συνεχούς ρεύματος (DC) συμπεριλαμβάνει την σύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων μεταξύ τους και στην συνέχεια των δημιουργούμενων στοιχειοσειρών με τον αντιστροφέα ενώ η καλωδίωση του εναλλασσόμενου ρεύματος συνδέει τον αντιστροφέα με το ηλεκτρικό δίκτυο.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια θα συνδεθούν μεταξύ τους με τις καλωδιώσεις διατομής 4 mm² που αναχωρούν από το κουτί σύνδεσης του κάθε πλαισίου, οι οποίες συμπεριλαμβάνουν στα άκρα τους ταχυσύνδεσμους για την σύνδεση των καλωδιώσεων. Η σύνδεση των φωτοβολταϊκών πραγματοποιείται μεταξύ του θετικού πόλου ενός πλαισίου με το αρνητικό πόλο του επόμενου.

Προκειμένου να ελαχιστοποιήσουμε την πιθανότητα επαγωγής υπερτάσεων στα άκρα των δύο στοιχειοσειρών, όλα τα καλώδια συνεχούς ρεύματος (+,-) θα ακολουθούν την ίδια διαδρομή για να ελαχιστοποιηθεί η επιφάνεια του βρόγχου που περιλαμβάνεται.

Για να διαστασιολογήσουμε τη διατομή του καλωδίου του συνεχούς ρεύματος θα πρέπει να υπολογίσουμε τη μέγιστη τιμή της έντασης του ρεύματος που αναμένουμε στην στοιχειοσειρά των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Η μέγιστη τιμή της έντασης του ρεύματος υπολογίζεται από το γινόμενο της έντασης του ρεύματος βραχυκύκλωσης του ενός πλαισίου και του συντελεστή ασφαλείας 1,25 (εξίσωση 3.3). Ο συντελεστής ασφαλείας 1,25 αναφέρεται για λειτουργία των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε περιβάλλον με μεγάλη ένταση ηλιακής ακτινοβολίας. Για την εγκατάσταση μας έχουμε: [29]

$$I_{max} = I_{sc} \times 1,25 = 1,25 \times 8,70 = 10,87 \text{ A [29]} - (\text{Εξίσωση 3.3})$$

Σύμφωνα με τον πίνακα 52 – K1 του ελληνικού προτύπου ΕΛΟΤ HD384 για τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, έχουμε μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση ρεύματος 54 A για χάλκινο αγωγό διατομής 6 mm² με μόνωση EPR ή XLPE. Η τιμή της μέγιστης επιτρεπόμενης έντασης του ρεύματος του πίνακα 52 – K1 διορθώνεται (εξίσωση 3.4) με το συντελεστή διόρθωσης (0,41) για 80°C του πίνακα 52 – Δ1. Επομένως έχουμε: [30]

$$I_{max} = 54 \text{ A} \times 0,41 = 22,14 \text{ A. [30]} - (\text{Εξίσωση 3.4})$$

Λαμβάνοντας υπόψη την αναμενόμενη μέγιστη τιμή του ρεύματος επιλέγουμε καλώδιο για την πλευρά του συνεχούς ρεύματος ονομαστικής διατομής 6 mm², παρόλο που θα μας κάλυπτε και καλώδιο μικρότερης διατομής (2,5 mm² ή 4 mm²) επιλέγετε η διατομή των 6 mm² για την εξάλειψη των ωμικών απωλειών.

Το καλώδιο διατομής 6 mm² που θα χρησιμοποιηθεί είναι ειδικού τύπου, κατάλληλο για φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις. Η μόνωση του είναι κατασκευασμένη από υλικά τα οποία παρουσιάζουν υψηλή αντοχή έναντι των καιρικών συνθηκών και των υψηλών θερμοκρασιών. Για την καλύτερη διάκριση των καλωδίων θα χρησιμοποιηθούν διαφορετικοί χρωματισμοί ανάλογα με την πολικότητα τους, συγκεκριμένα μαύρο για το θετικό πόλο και κόκκινο για τον αρνητικό.

3.4 Επιλογή αντιστροφέα

Ο αντιστροφέας που θα χρησιμοποιηθεί είναι της εταιρείας SIEMENS, ο τύπος SINVERT PVM10. Είναι τριφασικός και διαθέτει 4 εισόδους συνεχούς ρεύματος για σύνδεση στοιχειοσειρών φωτοβολταϊκών πλαισίων. Επίσης διαθέτει συσκευή αυτόματης αποσύνδεσης από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο χαμηλής τάσης σύμφωνα με το πρότυπο DIN V VDE V 0126 – 1 – 1: 2006 – 02. [32] – [31]

Ακολουθούν πίνακες των τεχνικών χαρακτηριστικών (πίνακας 3.3 έως πίνακα 3.6) του μετατροπέα τόσο για την πλευρά εισόδου (συνεχές ρεύμα – DC) όσο και για την πλευρά εξόδου (εναλλασσόμενο ρεύμα - AC). Η αξιοπιστία και ο υψηλός βαθμός απόδοσης του αντιστροφέα αποτελούν χαρακτηριστικά τα οποία τον καθιστούν ιδανική επιλογή για την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μας.

Τεχνικά χαρακτηριστικά πλευράς εισόδου (Συνεχές ρεύμα – DC)	
Μέγιστη ισχύ συνεχούς ρεύματος	10.2 kW
Εύρος τιμών τάσης για το σημείου μέγιστης ισχύος (για μέγιστη ισχύ (P _{max}))	380 V έως 850 V
Μέγιστη τάση συνεχούς ρεύματος	1000 V
Μέγιστη ένταση συνεχούς ρεύματος	29 A
Μέγιστη ένταση συνεχούς ρεύματος	25 A

για κάθε είσοδο	
Αριθμός εισόδων	4
Εσωτερική προστασία για την υπέρταση	Τύπος 3

Πίνακας 3.3:Τεχνικά χαρακτηριστικά πλευράς εισόδου αντιστροφέα SINVERT PVM10[32]

Τεχνικά χαρακτηριστικά πλευράς εξόδου (Εναλλασσόμενο ρεύμα – AC)	
Ονομαστική Ισχύς εξόδου (AC)	10 kW
Μέγιστη Ισχύς εξόδου (AC)	10 kW
Ηλεκτρική σύνδεση	400 V 3 AC + N,50.....60 Hz
Συντελεστής ισχύος, cos phi	1
Μέγιστη ένταση ρεύματος	18 A
Ολική αρμονική παραμόρφωση ρεύματος – THDI	< 2,5%
Μέγιστος Βαθμός Απόδοσης	98%
Ευρωπαϊκός Βαθμός Απόδοσης	97.4%
Ιδιοκατανάλωση	60 W
Ιδιοκατανάλωση τη νύχτα	< 0,5 W
Εσωτερική προστασία για την υπέρταση	Τύπος 3

Πίνακας 3.4:Τεχνικά χαρακτηριστικά πλευράς εξόδου αντιστροφέα SINVERT PVM10[32]

Ψύξη, συνθήκες περιβάλλοντος	
Τρόπος Ψύξης	Με φυσική ροή
Θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και τη μεταφοράς	- 25 °C έως + 70 °C
Θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της λειτουργίας (με μείωση της απόδοσης)	- 25 °C ως + 55 °C
Θερμοκρασία περιβάλλοντος για την ονομαστική ισχύ	50 °C
Υψόμετρο τοποθέτησης	Μέχρι 2000m πάνω από το υψόμετρο της θάλασσας

Στάθμη θορύβου	< 45 dBa
----------------	----------

Πίνακας 3.5: Ψύξη και συνθήκες περιβάλλοντος αντιστροφέα SINVERT PVM10 [32]

Μηχανικά χαρακτηριστικά	
Επίπεδο προστασίας	IP65 σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60529
Διαστάσεις Πλάτος/Υψος/Βάθος	530 mm/ 601 mm / 270 mm
Ελάχιστες αποστάσεις Πλευρικά/Κορυφή/Κάτω μέρος	50 mm / 500 mm / 500mm
Βάρος	Περίπου 40 kg

Πίνακας 3.6:Μηχανικά χαρακτηριστικά αντιστροφέα SINVERT PVM10 [32]

Στη συνέχεια θα πραγματοποιήσουμε ελέγχους για να διαπιστώσουμε εάν είναι συμβατά τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των δύο στοιχειοσειρών των φωτοβολταϊκών πλαισίων με τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του αντιστροφέα.

Αρχικά θα ελέγξουμε εάν η μέγιστη τάση στα άκρα των δυο στοιχειοσειρών είναι μικρότερη από την μέγιστη επιτρεπόμενη τάση του συνεχούς ρεύματος του αντιστροφέα. Στην περίπτωση μας η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση συνεχούς ρεύματος του αντιστροφέα είναι 1000 V.

Η μέγιστη τάση στα άκρα μιας στοιχειοσειράς προκύπτει από το γινόμενο του αριθμού των πλαισίων (N) και της τάσης ανοιχτού κυκλώματος (V_{oc}) του ενός πλαισίου (εξίσωση 3.5 & 3.6). [34]

$$V_{\max_{\text{στοιχ.1}}} = N \times V_{oc} = 20 \times 38,4 \text{ V} = 768 \text{ V} < 1000 \text{ V} \quad [34] - (\text{Εξίσωση 3.5})$$

$$V_{\max_{\text{στοιχ.2}}} = N \times V_{oc} = 18 \times 38,4 \text{ V} = 691,2 \text{ V} < 1000 \text{ V} \quad [34] - (\text{Εξίσωση 3.6})$$

Και για τις δύο στοιχειοσειρές η μέγιστη αναμενόμενη τάση στα άκρα τους είναι μικρότερη από την μέγιστη επιτρεπόμενη τάση συνεχούς ρεύματος του αντιστροφέα.

Στη συνέχεια θα εξετάσουμε εάν η δημιουργούμενη τάση στα άκρα των δυο στοιχειοσειρών βρίσκεται εντός του εύρους τιμών του αντιστροφέα για το σημείο μέγιστης ισχύος (MPP). Η τάση στα άκρα μιας στοιχειοσειράς για το σημείο μέγιστης ισχύος (MPP)

υπολογίζετε πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό (N) των πλαισίων μιας στοιχειοσειράς με την τάση μέγιστης ισχύος (V_{mp}) του ενός πλαισίου (εξίσωση 3.7 & 3.8). [35]

$$V_{mp,στοιχ.1} = N \times V_{mp} = 20 \times 31 \text{ V} = 620 \text{ V} \quad [35] - (\text{Εξίσωση 3.7})$$

$$V_{mp,στοιχ.2} = N \times V_{mp} = 18 \times 31 \text{ V} = 558 \text{ V} \quad [35] - (\text{Εξίσωση 3.8})$$

Από τα αποτελέσματα διαπιστώνουμε ότι και για τις δύο στοιχειοσειρές η τάση στο σημείο μέγιστης ισχύος (MPP) βρίσκεται εντός των ορίων του αντιστροφέα ($380\text{V} < V_{mp,στοιχ.1-2} < 850 \text{ V}$).

Επιπλέον θα πρέπει να διαπιστώσουμε εάν η μέγιστη ένταση ρεύματος της κάθε στοιχειοσειράς ξεπερνά την μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση συνεχούς ρεύματος του αντιστροφέα για τις εισόδους του. [29]

Λαμβάνοντας υπόψη την παράγραφο 1.14 γνωρίζουμε ότι σε μια στοιχειοσειρά που έχουν συνδεθεί μεταξύ τους σε σειρά φωτοβολταϊκά πλαίσια το ρεύμα που διαρρέει την στοιχειοσειρά ισούται με το ρεύμα που διαρρέει το ένα πλαίσιο. Στην περίπτωση μας έχουμε $I_{pv,max} (8,39 \text{ A}) < I_{max, dc - inverter} (29 \text{ A})$. Επομένως η μέγιστη αναμενόμενη ένταση ρεύματος της κάθε στοιχειοσειράς είναι μικρότερη από την μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση ρεύματος στις εισόδους του αντιστροφέα.

3.5 Επιλογή καλωδίου εναλλασσόμενου ρεύματος

Για την επιλογή της διατομής του καλωδίου του εναλλασσόμενου ρεύματος θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας δύο παράγοντες. Ο πρώτος παράγοντας είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση του ρεύματος του καλωδίου, η οποία θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη αναμενόμενη ένταση ρεύματος ανά φάση (εξίσωση 3.9). Ο δεύτερος παράγοντας είναι η συνολική πτώση τάσης κατά μήκος του καλωδίου η οποία δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 4% της συνολικής τάσης του ρεύματος. [30]

Έχουμε λοιπόν: Συνολική ισχύς φωτοβολταϊκής εγκατάστασης 9880W.

$$9880\text{W}/3_{\text{φάσεις}} = 3293 \text{ W ανά φάση.}$$

$$3293\text{W}/230\text{V} = 14,3 \text{ A ανά φάση. (Εξίσωση 3.9)}$$

Έχουμε λοιπόν μέγιστο ρεύμα ανά φάση 14,3 A.

Το καλώδιο που επιλέγεται για το κύκλωμα του εναλλασσόμενου ρεύματος είναι διατομής $5 \times 10 \text{ mm}^2$. Από τον πίνακα 52 – K1 του ελληνικού προτύπου ΕΛΟΤ HD 384 για τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, έχουμε μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση ρεύματος 60 A για χάλκινο αγωγό διατομής 10 mm^2 με μόνωση EPR ή XLPE. Η τιμή της μέγιστης επιτρεπόμενης έντασης του ρεύματος του πίνακα 52 – K1 διορθώνεται με το συντελεστή διόρθωσης 0,41 (εξίσωση 3.10) για $80 \text{ }^\circ\text{C}$ του πίνακα 52 – Δ1. [30]

$$\text{Επομένως έχουμε: } I_{\max} = 60 \text{ A} \times 0,41 = 24,6 \text{ A. [30]} \text{ – (Εξίσωση 3.10)}$$

Από τους υπολογισμούς που πραγματοποιήθηκαν διαπιστώνουμε ότι η επιλεχθείσα διατομή ($5 \times 10 \text{ mm}^2$) του καλωδίου του εναλλασσόμενου ρεύματος επιτρέπει διέλευση μεγαλύτερης έντασης ρεύματος από την μέγιστη αναμενόμενη ένταση ρεύματος ανά φάση. Παρόλο που θα μας κάλυπτε και μικρότερης διατομής καλώδιο επιλέγεται η συγκεκριμένη διατομή ($5 \times 10 \text{ mm}^2$) για την μείωση των ωμικών απωλειών.

Στην συνέχεια θα υπολογίσουμε την πτώση τάσης για το καλώδιο του εναλλασσόμενου ρεύματος που δίνετε από την εξίσωση 3.11.

$$\Delta V = \rho \times l \times I / A \text{ [36]}$$

Όπου: ρ η ειδική αντίσταση του αγωγού (για χάλκινο αγωγό $\rho = 0,01786 \text{ } \Omega\text{mm}^2$)

l το μήκος της γραμμής σε m

I η απορροφημένη ένταση σε A

A η διατομή του αγωγού σε mm^2 [36]

Έχουμε λοιπόν:

$$\Delta V = 0,01786 \times 25 \times 14,3 / 10 = 0,6 \% \text{ [36]} \text{ – (Εξίσωση 3.11)}$$

Από τον υπολογισμό που πραγματοποιήθηκε για την εύρεση της πτώσης τάσης στο καλώδιο του εναλλασσόμενου ρεύματος διαπιστώνουμε ότι η πτώση τάσης (0,6%) είναι μικρότερη από το ποσοστό (4%) που προδιαγράφει το ελληνικό πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384. [30]

Όσο αναφορά τον τύπο του καλωδίου του εναλλασσόμενου ρεύματος που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να επιλεγεί τύπος καλωδίου που να είναι κατάλληλο για

εξωτερική τοποθέτηση ώστε οι ιδιότητες του να μην μεταβάλλονται με τις καιρικές συνθήκες όπως η βροχή και οι υψηλές θερμοκρασίες.

Για αυτό το λόγο επιλέγεται τύπος καλωδίου H07RN – F το οποίο διαθέτει μόνωση και μανδύα από ελαστικό υλικό και ενδείκνυται για εγκατάσταση σε ξηρούς και υγρούς χώρους. [37]

3.6 Ηλεκτρολογικός πίνακας συνεχούς ρεύματος

Στον ηλεκτρολογικό πίνακα συνεχούς ρεύματος θα τοποθετηθεί υλικό ράγας το οποίο θα αποτελέσει τις διατάξεις ελέγχου και προστασίας για το κύκλωμα του συνεχούς ρεύματος. Σαν διάταξη ελέγχου μπορούμε να ορίσουμε για παράδειγμα ένα διακόπτη ο οποίος θα δίνει την δυνατότητα στον εγκαταστάτη να απομονώνει το κύκλωμα του συνεχούς ρεύματος από την υπόλοιπη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση έτσι ώστε να μπορεί να προβεί σε έλεγχο και αντικατάσταση εξοπλισμού σε περίπτωση βλάβης. Στην συνέχεια περιγράφονται τα υλικά τα οποία θα τοποθετηθούν στον ηλεκτρολογικό πίνακα του συνεχούς ρεύματος.

Διακόπτης φορτίου: Σε κάθε ένα από τα δύο κυκλώματα συνεχούς ρεύματος των στοιχειοσειρών θα τοποθετηθεί ένας διακόπτης φορτίου συνεχούς ρεύματος και ονομαστικής έντασης 32 A, έτσι ώστε να δίνετε η δυνατότητα για διακοπή των δύο ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Απαγωγός Υπερτάσης: Για την προστασία των δύο κυκλωμάτων των στοιχειοσειρών από κρουστικά ρεύματα και υπερτάσεις, θα χρησιμοποιηθούν δύο απαγωγοί υπερτάσεων με μέγιστη ένταση ρεύματος για τα κρουστικά φορτία 40 kA και κυματομορφής 8/20 μs. [39]

3.7 Ηλεκτρολογικός πίνακας εναλλασσόμενου ρεύματος

Στον ηλεκτρολογικό πίνακα εναλλασσόμενου ρεύματος θα τοποθετηθεί υλικό ράγας το οποίο θα αποτελεί τις διατάξεις ελέγχου και ασφάλειας για το κύκλωμα του εναλλασσόμενου ρεύματος. Το υλικό ράγας που θα χρησιμοποιηθεί περιγράφεται παρακάτω.

Διακόπτης διαφυγής έντασης: Για την προστασία από την ηλεκτροπληξία θα χρησιμοποιηθεί ένας τριφασικός τετραπολικός διακόπτης διαφυγής έντασης (αντιηλεκτροπληξιακός διακόπτης) ονομαστικής έντασης 40 A και ευαισθησίας 30 mA. Ο διακόπτης διαφυγής έντασης μόλις ανίχνευσης διαρροή ρεύματος ίση ή μεγαλύτερη των 30 mA τότε διακόπτει την τροφοδοσία του ηλεκτρικού ρεύματος. Τα 30 mA είναι το όριο της έντασης που όταν ξεπεραστεί δημιουργούνται αρνητικές επιπτώσεις και κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία. [38]

Αυτόματες ασφάλειες: Για την προστασία των 3 φάσεων από βραχυκύκλωμα και από ένταση ρεύματος μεγαλύτερης τιμής από την μέγιστη αναμενόμενη, θα τοποθετηθούν τρεις αυτόματες ασφάλειες ονομαστικής έντασης 25 A. [38]

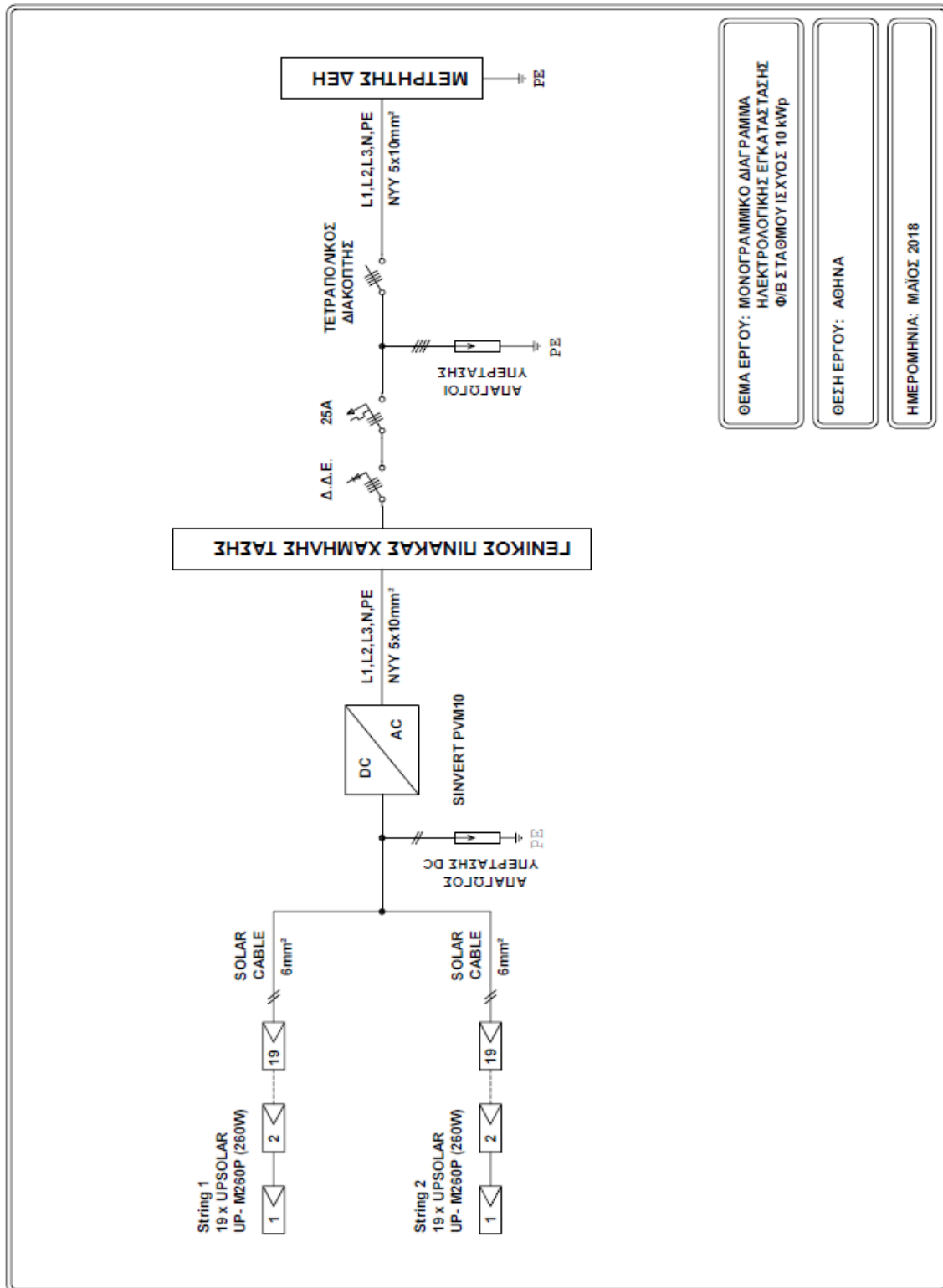
Απαγωγός υπέρτασης: Για την προστασία των τριών φάσεων και του ουδέτερου από κρουστικά ρεύματα και υπερτάσεις που μπορούν να προκληθούν από κεραυνούς, θα χρησιμοποιηθεί ένας τετραπολικός απαγωγός υπέρτασης. Χαρακτηριστικό του απαγωγού υπέρτασης είναι η μέγιστη ένταση ρεύματος για τα κρουστικά φορτία που είναι 65 kA και η κυματομορφή της των 8/20 μs. [39]

Τετραπολικός διακόπτης: Για την διακοπή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων των τριών φάσεων και του ουδέτερου θα χρησιμοποιηθεί ένας τετραπολικός διακόπτης ονομαστικής έντασης 40 A. [38]

Λυχνία ενδείξεων: Για να είναι εφικτός ο οπτικός έλεγχος των τριών φάσεων θα εγκατασταθεί μια τριφασική λυχνία. Η τριφασική λυχνία διαθέτει τρεις ξεχωριστές λυχνίες, μία για κάθε φάση. Οι λυχνίες διαθέτουν διαφορετικούς χρωματισμούς. Οι χρωματισμοί επεξηγούν εάν η κάθε φάση είναι ενεργή και την πιθανή ύπαρξη βλαβών.

3.8 Μονογραμμικό ηλεκτρολογικό διάγραμμα

Στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 3.3) απεικονίζεται το μονογραμμικό ηλεκτρολογικό διάγραμμα της εγκατάστασης.



Εικόνα 3.3: Μονογραμμικό ηλεκτρολογικό διάγραμμα

3.9 Διατάξεις γείωσης

Η κατοικία δεν διαθέτει θεμελιακή γείωση, για αυτό το λόγο η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση θα γειωθεί ξεχωριστά σε τρίγωνο γείωσης το οποίο θα τοποθετηθεί εντός του οικοπέδου της κατοικίας.

Το τρίγωνο γείωσης που θα κατασκευαστεί αποτελείται από τρεις ράβδους γείωσης χαλύβδινους επιχαλκωμένους διαμέτρου 14,2 mm και μήκους 1500 mm. Οι ράβδοι γείωσης θα τοποθετηθούν στις γωνίες ισόπλευρου τριγώνου σε απόσταση μεγαλύτερη ή ίση από το διπλάσιο μήκος τους.

Από το τρίγωνο γείωσης οδηγούμαστε στην γείωση του κατανεμητή της Δ.Ε.Η με καλώδιο χαλκού διατομής 25 mm² με επένδυση PVC. Αντίστοιχα από το τρίγωνο γείωσης οδεύουμε άλλο ένα καλώδιο διατομής 25 mm² στην πιο κοντινή βάση στήριξης του φωτοβολταϊκού συστήματος, επιπρόσθετα γειώνουμε ισοδυναμικά όλες τις βάσεις του φωτοβολταϊκού συστήματος και κατ' επέκταση κάθε πλαίσιο του φωτοβολταϊκού συστήματος γειώνετε και αυτό στην βάση του με καλώδιο γείωσης 16 mm².

Στους πίνακες συνεχούς ρεύματος (DC) και εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) θα τοποθετηθούν εξισωτικοί ζυγοί γειώσεων για την ισοδυναμική σύνδεση τους στο σύστημα γείωσης της εγκατάστασης στο οποίο θα συμπεριληφθεί και το μεταλλικό περίβλημα του μετατροπέα. Η ισοδυναμικότητα των γειώσεων είναι απαραίτητη για την αποφυγή βηματικών τάσεων μεταξύ διαφόρων σημείων της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

3.10 Κατάθεση δικαιολογητικών για την αδειοδότηση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

Ο φάκελος που θα κατατεθεί στην υπηρεσία του διαχειριστή του ελληνικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ) θα περιλαμβάνει τα παρακάτω έγγραφα:

- Πιστοποιητικό των φωτοβολταϊκών πλαισίων, το οποίο υπάρχει διαθέσιμο στην ιστοσελίδα της κατασκευάστριας εταιρείας στο διαδίκτυο. [27]
- Φυλλάδιο τεχνικών χαρακτηριστικών των φωτοβολταϊκών πλαισίων, το οποίο υπάρχει διαθέσιμο στην ιστοσελίδα της κατασκευάστριας εταιρείας στο διαδίκτυο.[10]

- Πιστοποιητικό του αντιστροφέα, το οποίο υπάρχει διαθέσιμο στην ιστοσελίδα της κατασκευάστριας εταιρείας στο διαδίκτυο. [31]
- Φυλλάδιο οδηγιών και τεχνικών χαρακτηριστικών του αντιστροφέα, το οποίο υπάρχει διαθέσιμο στην ιστοσελίδα της κατασκευάστριας εταιρείας στο διαδίκτυο.[32]
- Η κάτοψη της κατοικίας με την χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων (εικόνα 3.2).
- Το μονογραμμικό ηλεκτρολογικό διάγραμμα της εγκατάστασης (εικόνα 3.3).
- Αντίγραφο πρόσφατου λογαριασμού κατανάλωσης ρεύματος.
- Τίτλος κυριότητας του ακινήτου όπου θα εγκατασταθεί η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση.
- Αίτηση σύνδεσης (εικόνα 3.4 έως εικόνα 3.8) της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης στο δίκτυο χαμηλής τάσης η οποία παραθέτετε στις επόμενες σελίδες. [26]



Περιοχή: Θεσσαλονίκη

Αριθ.Πρωτ.:
Ημερομηνία: 27/8/2017

**Αίτηση για τη σύνδεση Φωτοβολταϊκού Σταθμού από Αυτοπαραγωγό
με Ενεργειακό Συμφηφισμό στο Δίκτυο ΧΤ
(Net metering)**

Στοιχεία του Αυτοπαραγωγού	
Ιδιότητα του αυτοπαραγωγού	<input checked="" type="checkbox"/> Φυσικό πρόσωπο (μη επιτηδεύματίας) <input type="checkbox"/> Φυσικό πρόσωπο επιτηδεύματίας <input type="checkbox"/> Ν.Π.Ι.Δ. <input type="checkbox"/> Ν.Π.Ι.Δ κοινωφελούς σκοπού / δημοσίου ενδιαφέροντος <input type="checkbox"/> Ν.Π.Δ.Δ.
Όνομα/επωνυμία φυσικού/νομικού προσώπου	
Εκπρόσωπος διαχειριστής	ΚΑΡΑΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
Κατοικία/έδρα φυσικού/νομικού προσώπου	
ΑΦΜ και ΔΟΥ φυσικού/νομικού προσώπου	
Εκπρόσωπος επικοινωνίας	ΚΑΡΑΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
Ταχυδρομική διεύθυνση	
Ηλεκτρονική διεύθυνση (E-mail)	
Τηλέφωνο	
Fax	

Εικόνα 3.4: Πρώτη σελίδα της αίτησης σύνδεσης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. [26]

Στοιχεία Εγκατάστασης	
Αριθμός Παροχής της υφιστάμενης εγκατάστασης κατανάλωσης επ' ονόματι του αυτοπαραγωγού, όπου συνδέεται ο ΦΒ σταθμός	
Συμφωνημένη Ισχύς παροχής (kVA)	25
Χρήση	ΟΙΚΙΑΚΟ
Διεύθυνση Εγκατάστασης	
Θέση φωτοβολταϊκού σταθμού	<input checked="" type="checkbox"/> Δώμα <input type="checkbox"/> Στέγη <input type="checkbox"/> Στέγαστρο <input type="checkbox"/> Πρόσοψη <input type="checkbox"/> Σκίαστρο <input type="checkbox"/> Αποθήκη <input type="checkbox"/> Χώρος στάθμευσης <input type="checkbox"/> Επί εδάφους <input type="checkbox"/>
Ισχύς σταθμού αυτοπαραγωγής (kWp)	38 x 260W = 9880W
Στοιχεία του υπεύθυνου μελέτης και εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού σταθμού (επωνυμία, ειδικότητα, διεύθυνση, τηλέφωνο)	ΚΑΡΑΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
Στοιχεία φωτοβολταϊκών πλαισίων	
Κατασκευαστής, προέλευση	UP SOLAR (ΚΙΝΑ)
Τύπος - μοντέλο	Σταθερά συστήματα <input checked="" type="checkbox"/>
	Συστήματα ηλιακής ιχνηλάτησης (tracker) <input type="checkbox"/>
Ονομαστική ισχύς πλαισίου	260 W
Αριθμός πλαισίων	38
Πιστοποιήσεις	EN 61215:2005 EN 61730 – 1:2007 EN61730 – 2: 2007

Εικόνα 3.5: Δεύτερη σελίδα της αίτησης σύνδεσης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. [26]

Στοιχεία αντιστροφών (inverters)	
Κατασκευαστής, προέλευση	SIEMENS (ΓΕΡΜΑΝΙΑ)
Τύπος - Μοντέλο	SINVERT PVM10
Ονομαστική ισχύς εξόδου	10000 W
Μέγιστη ισχύς εξόδου	10000 W
Μέγιστος βαθμός απόδοσης	98%
Συντελεστής ισχύος	1
Διακύμανση τάσης εξόδου (προεπιλεγμένη και δυνατό εύρος ρύθμισης)	(εύρος ρύθμισης) + 15% - 20%
	(προεπιλεγμένη) 230 V
Διακύμανση συχνότητας εξόδου (προεπιλεγμένη και δυνατό εύρος ρύθμισης)	(εύρος ρύθμισης)
	(προεπιλεγμένη) 50 Hz
Ολική αρμονική παραμόρφωση ρεύματος (THD)	< 2,5%
Έγχυση DC	Όχι - <0,5%
Μετασχηματιστής απομόνωσης	Όχι
Προστασία έναντι του φαινομένου της νησιδοποίησης (Islanding) κατά VDE 0126 ή ισοδύναμης μεθόδου	Ναι
Πλήρης περιγραφή τρόπου προστασίας: Ο αντιστροφέας εφαρμόζοντας τις μεθόδους ελέγχου και προστασίας του προτύπου DIN V VDE V 0126 – 1 – 1:2006 – 02 διασφαλίζει την εξάλειψη του φαινομένου της νησιδοποίησης καθώς επίσης και την αυτόματη αποσύνδεση του από το δίκτυο σε περίπτωση υπέρβασης των τιθέμενων ορίων τάσης και συχνότητας.	
Πιστοποιήσεις	DIN V VDE V 0126 – 1 – 1: 2006 – 02

Εικόνα 3.6: Τρίτη σελίδα της αίτησης σύνδεσης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. [26]

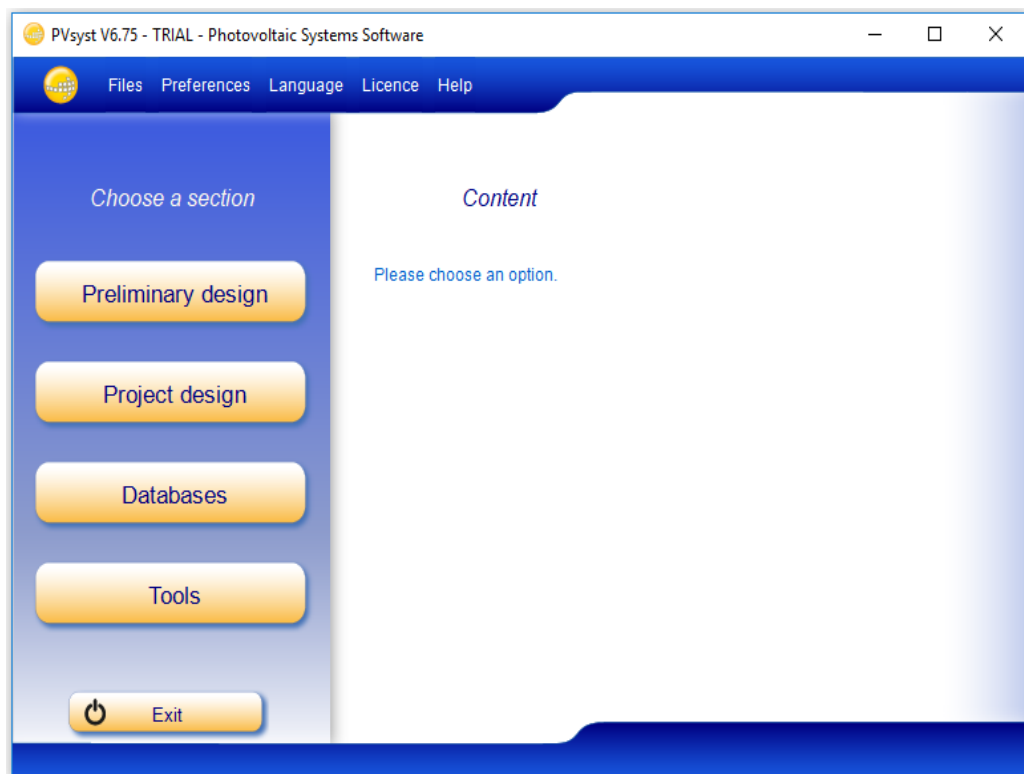
Έγγραφα και στοιχεία που συνοποβάλλονται κατά την αρχική αίτηση	
1. Τεχνικά εγχειρίδια φωτοβολταϊκών στοιχείων	■
2. Τεχνικά εγχειρίδια και πιστοποιητικά αντιστροφών	■
3. Μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο του φωτοβολταϊκού σταθμού (υπογεγραμμένο από μηχανικό κατάλληλης ειδικότητας)	■
4. Αντίγραφο πρόσφατου λογαριασμού κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος (για τον μετρητή κατανάλωσης μέσω του οποίου θα διενεργείται ο ενεργειακός συμψηφισμός)	■
5. Τοπογραφικό της θέσης εγκατάστασης (προκειμένου για εγκαταστάσεις εκτός σχεδίου πόλεως)	<input type="checkbox"/>
6. Κάτοψη του χώρου εγκατάστασης όπου θα αποτυπώνεται η ακριβής θέση τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών πλαισίων	■
7. Αποδεικτικό δικαιώματος χρήσης του χώρου εγκατάστασης, κατά περίπτωση, ως ακολούθως:	
α) <u>Για εγκατάσταση του σταθμού αυτοπαραγωγής σε ιδιόκτητο χώρο από τον κύριο του χώρου αυτού:</u> Τίτλος κυριότητας (αντίγραφο συμβολαιογραφικής πράξης και πιστοποιητικού μεταγραφής της στο υποθηκοφυλακείο) του ακινήτου που αντιστοιχεί στην εγκατάσταση κατανάλωσης εφόσον ταυτίζεται με το χώρο εγκατάστασης του σταθμού.	■
β) <u>Για εγκατάσταση του σταθμού σε ιδιόκτητο χώρο από άλλον, πλην του ιδιοκτήτη, έχοντα τη νόμιμη χρήση του χώρου.</u> - Αποδεικτικό νόμιμης χρήσης (αντίγραφο του μισθωτήριου συμβολαίου ή του ιδιωτικού συμφωνητικού μίσθωσης ή του παραχωρητήριου) μεταξύ του αιτούντος και του ιδιοκτήτη του ακινήτου που αντιστοιχεί στην εγκατάσταση κατανάλωσης εφόσον ταυτίζεται με το χώρο εγκατάστασης του σταθμού <input type="checkbox"/> - Έγγραφο συναίνεσης του ιδιοκτήτη του χώρου για την εγκατάσταση σταθμού αυτοπαραγωγής <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
γ) <u>Για εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού σταθμού σε κοινόχρηστο ή κοινόκτητο χώρο</u> - Πρακτικό απόφασης της γενικής συνέλευσης ή έγγραφη συμφωνία του συνόλου των συνιδιο-κτητών του ακινήτου για τη χρήση του χώρου από τον αιτούντα. <input type="checkbox"/> - Τίτλος κυριότητας ή αποδεικτικό νόμιμης χρήσης της οριζόντιας ιδιοκτησίας που αντιστοιχεί στην εγκατάσταση κατανάλωσης του αιτούντα <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
δ) <u>Για εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού σταθμού σε όμορο χώρο της εγκατάστασης κατανάλωσης του αιτούντα</u> - Τίτλος κυριότητας ή αποδεικτικό νόμιμης χρήσης του ακινήτου της εγκατάστασης κατανάλωσης ως τα (α) και (β) και επιπρόσθετα <input type="checkbox"/> - Τίτλος κυριότητας ή αποδεικτικό νόμιμης χρήσης του χώρου εγκατάστασης του σταθμού <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Προκειμένου για νομικά πρόσωπα δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου που επιδιώκουν κοινωφελείς ή άλλου δημοσίου ενδιαφέροντος σκοπούς γενικής ή τοπικής εμβέλειας, τα νομιμοποιητικά έγγραφα (ΦΕΚ σύστασης και εκπροσώπησης, ή αντίγραφο καταστατικού, με τυχόν τροποποιήσεις)	<input type="checkbox"/>
9. Υπεύθυνη Δήλωση του ν. 1599/1986 στην οποία ο αιτών θα δηλώνει ότι όλα τα στοιχεία που υποβάλλει με την αίτησή του είναι αληθή	■
Έγγραφα και στοιχεία που θα πρέπει να προσκομιστούν προ της υπογραφής της Σύμβασης Σύνδεσης	

Εικόνα 3.7: Τέταρτη σελίδα της αίτησης σύνδεσης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. [26]

3.11 Μελέτη ενεργειακής απολαβής με τη βοήθεια του προγράμματος PVsyst

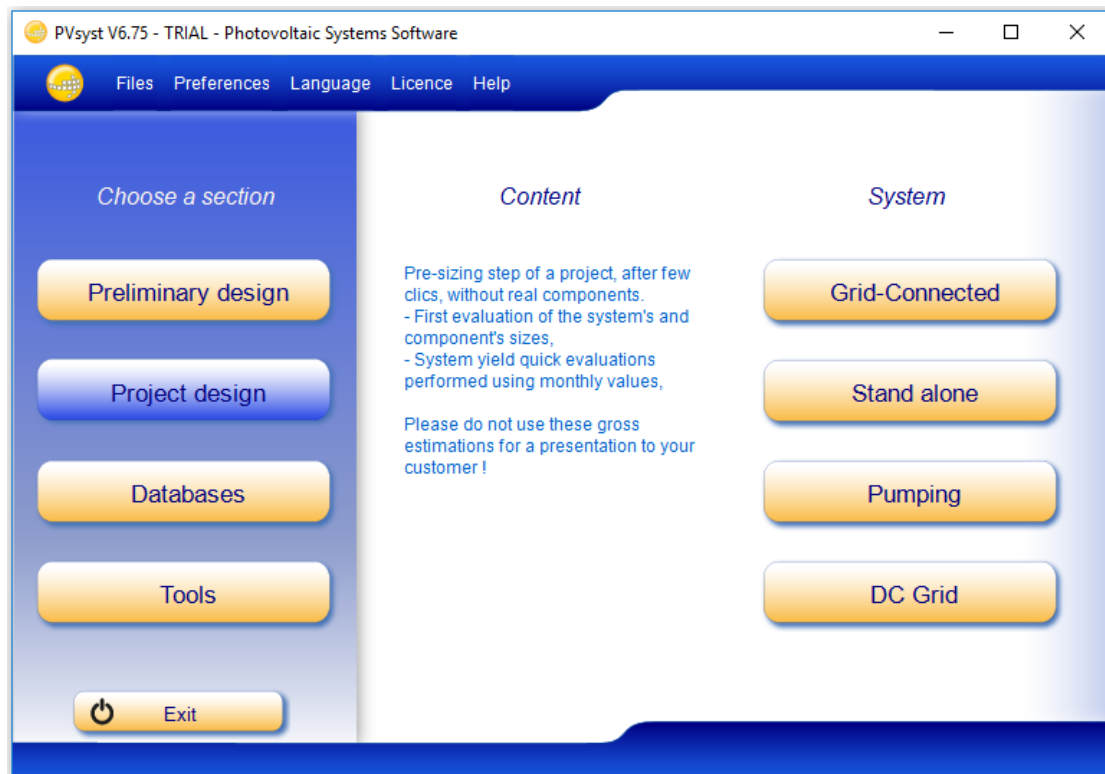
Για τον υπολογισμό της αναμενόμενης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα θα χρησιμοποιήσουμε το πρόγραμμα PVsyst V6.75, το οποίο διαθέτει μετρήσεις ηλιακής ακτινοβολίας για διάφορες περιοχές ανά τον κόσμο καθώς και βιβλιοθήκη με τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών πλαισίων και αντιστροφένων. Επίσης δίνετε η δυνατότητα για σχεδιασμό και προσομοίωση της εγκατάστασης, σχεδιάζοντας τον χώρο τοποθέτησης και τις στοιχειοσειρές των φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Στο πρώτο πλαίσιο διαλόγου επιλέγουμε στα αριστερά το εικονίδιο "Project design" (εικόνα 3.9) ώστε να ακολουθήσει αναλυτικός σχεδιασμός της εγκατάστασης και υπολογισμός της αναμενόμενης προς παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



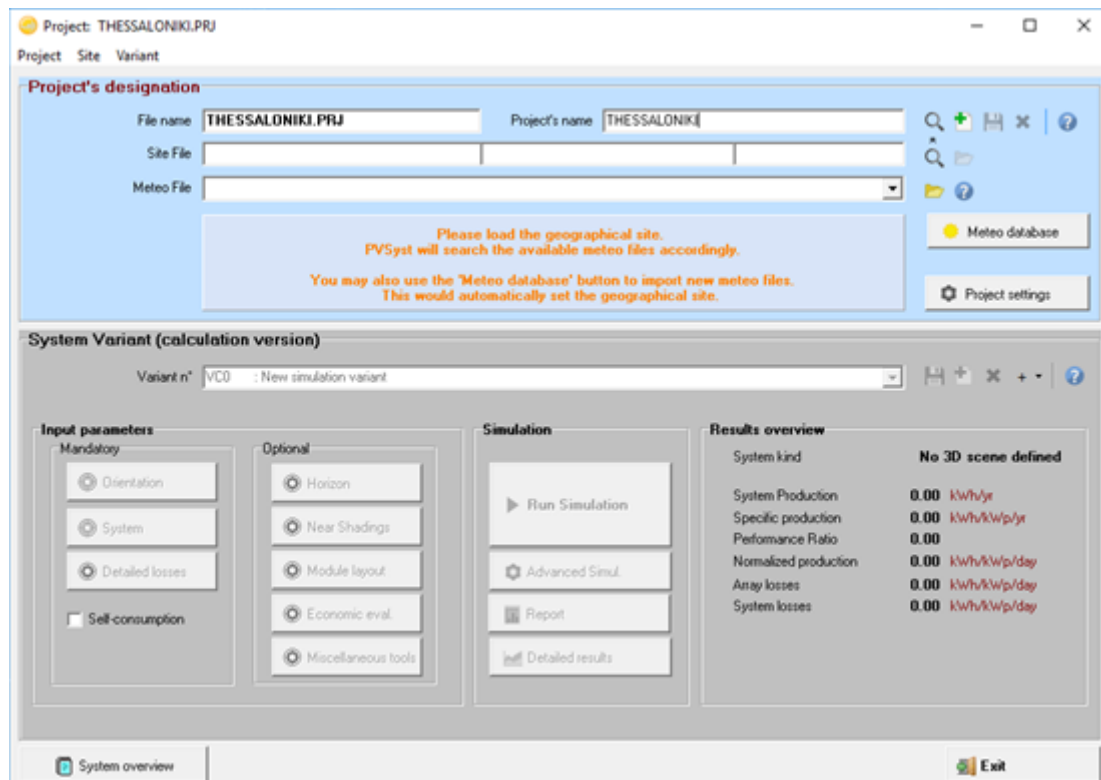
Εικόνα 3.9: Επιλογή αναλυτικού υπολογισμού της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Στη συνέχεια επιλέγουμε στη δεξιά μεριά του πλαισίου διαλόγου το εικονίδιο "Grid Connected" (εικόνα 3.10) επειδή πρόκειται για φωτοβολταϊκή εγκατάσταση διασυνδεδεμένου συστήματος.



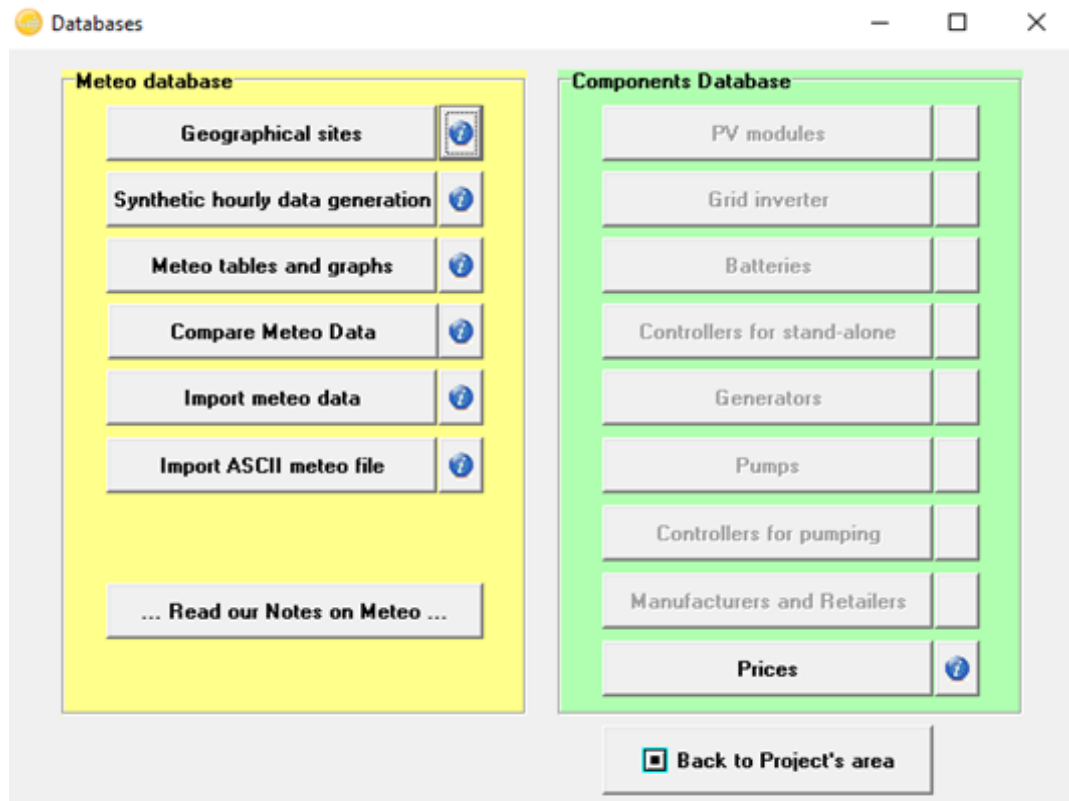
Εικόνα 3.10: Επιλογή φωτοβολταϊκής εγκατάστασης διασυνδεδεμένου συστήματος.

Στο δεύτερο πλαίσιο διαλόγου (εικόνα 3.11) ονοματίζουμε την μελέτη που θα γίνει με το όνομα της πόλης που θα πραγματοποιηθεί η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Στην δεξιά μεριά του πλαισίου επιλέγουμε το εικονίδιο που αναγράφει "Meteo database" έτσι ώστε να γίνει εισαγωγή των κλιματικών δεδομένων.



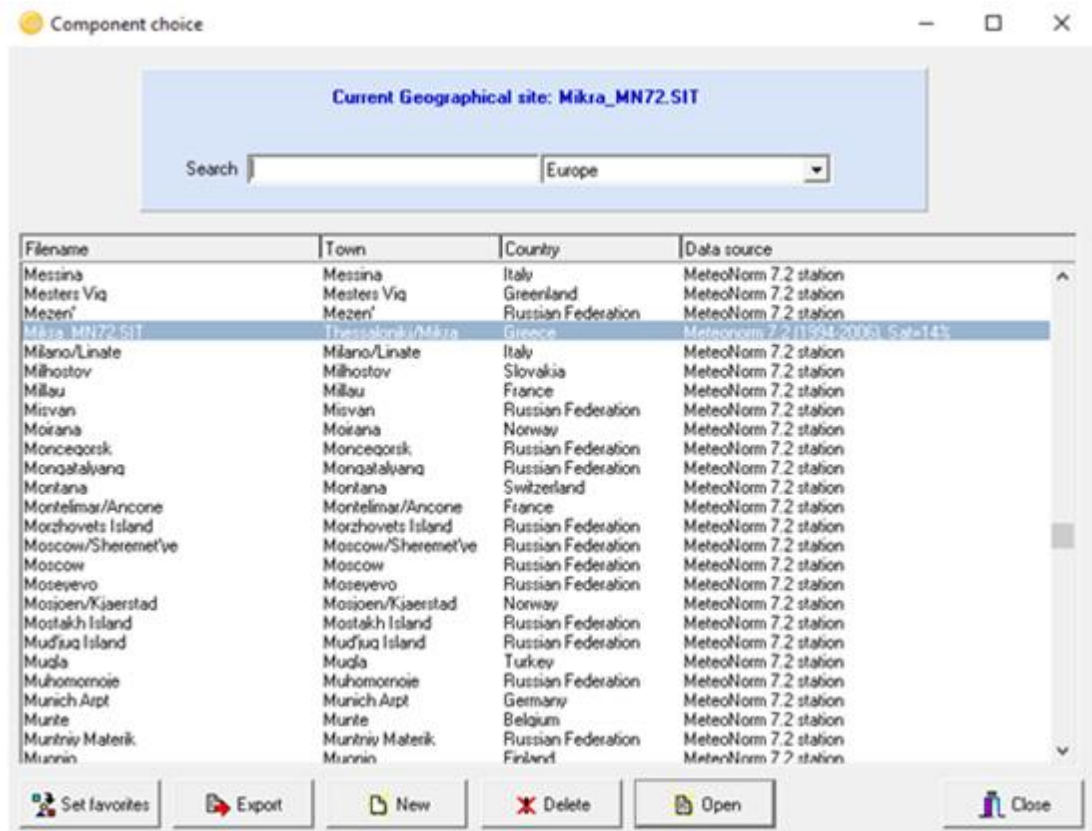
Εικόνα 3.11: Δεύτερο πλαίσιο διαλόγου.

Στο τρίτο πλαίσιο διαλόγου (εικόνα 3.12) επιλέγουμε το εικονίδιο στην αριστερή μεριά "Geographical sites" έτσι ώστε να γίνει εισαγωγή των κλιματικών δεδομένων με βάση την γεωγραφική τοποθεσία της εγκατάστασης.



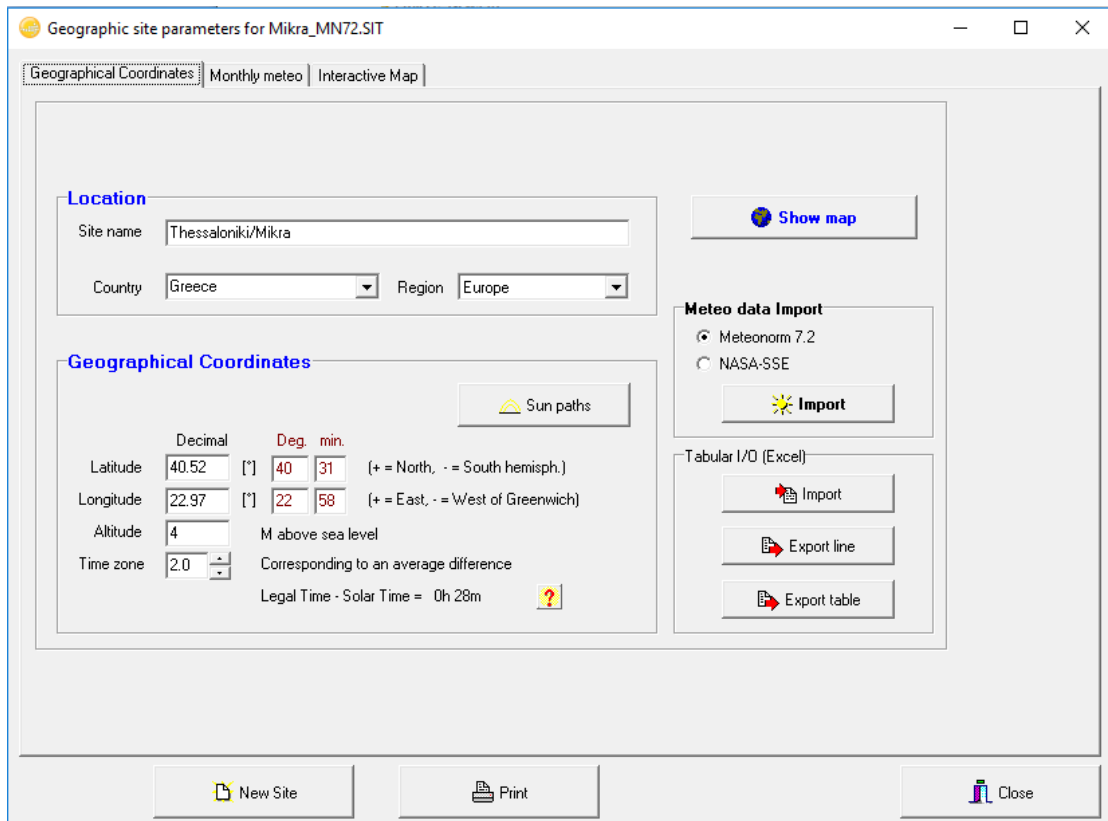
Εικόνα 3.12: Τρίτο πλαίσιο διαλόγου.

Στο τέταρτο πλαίσιο διαλόγου (εικόνα 3.13) επιλέγουμε από την λίστα των περιοχών που διατίθενται, την περιοχή της Μίκρας στην Θεσσαλονίκη.



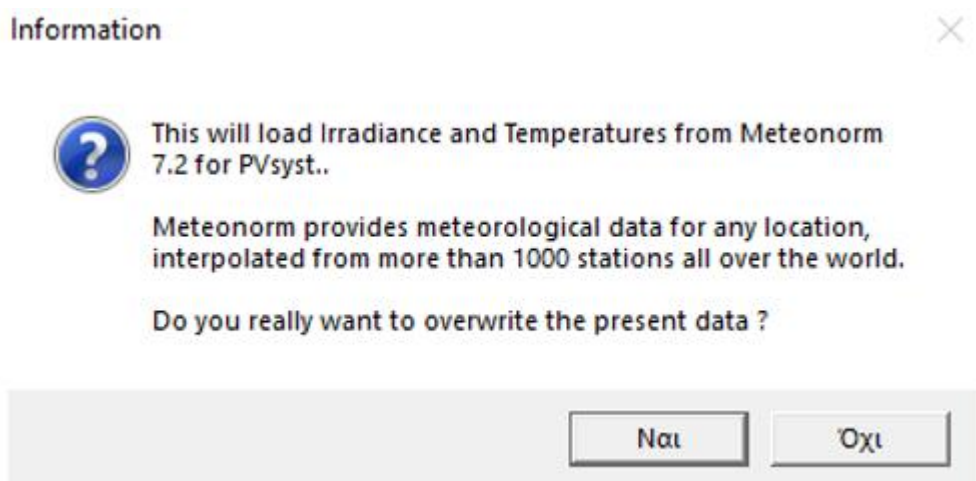
Εικόνα 3.13: Τέταρτο πλαίσιο διαλόγου.

Στο πέμπτο πλαίσιο διαλόγου (εικόνα 3.14) επιλέγουμε το εικονίδιο "Import" στην δεξιά μεριά με την ένδειξη του ήλιου. Κατά αυτό τον τρόπο θα εισαχθούν κλιματικά δεδομένα από το πρόγραμμα Meteonorm 7.2



Εικόνα 3.14: Πέμπτο πλαίσιο διαλόγου.

Ακολούθως εμφανίζεται μήνυμα (εικόνα 3.15) για επιβεβαίωση των κλιματικών δεδομένων από το πρόγραμμα Meteonorm 7.2. Επιβεβαιώνουμε για να προχωρήσουμε στο επόμενο στάδιο της μελέτης.



Εικόνα 3.15: Μήνυμα για επιβεβαίωση των κλιματικών δεδομένων.

Στη συνέχεια εμφανίζετε το έβδομο πλαίσιο διαλόγου (εικόνα 3.16) όπου αναγράφονται τα κλιματικά δεδομένα που εισάχθηκαν από το πρόγραμμα Meteonorm. 7.2.

Geographic site parameters, new site

Geographical Coordinates | Monthly meteo | Interactive Map

Site: **Thessaloniki/Mikra (Greece)**

Data source:

	Horizontal global irradiation kWh/m ² .mth	Horizontal diffuse irradiation kWh/m ² .mth	Temperature °C	Wind Velocity m/s	Linke Turbidity [-]	Relative Humidity %
January	51.8	25.3	4.2	2.00	2.580	79.6
February	77.1	33.9	5.7	2.09	2.964	72.8
March	117.5	54.9	10.1	2.00	3.108	66.8
April	150.1	73.9	14.2	1.40	3.376	66.4
May	195.0	82.4	20.1	1.70	3.503	62.1
June	219.9	72.1	24.6	2.10	3.623	54.9
July	217.2	71.2	27.2	2.19	3.564	52.2
August	195.2	70.2	26.6	1.99	3.846	55.0
September	145.3	53.2	20.7	1.79	3.376	65.4
October	94.4	42.9	16.3	1.40	2.964	72.7
November	58.3	25.5	10.6	1.71	2.815	77.5
December	42.9	24.3	5.9	1.79	2.580	81.3
Year	1564.8	629.9	15.5	1.8	3.191	67.2

Horizontal global irradiation year-to-year variability **3.9%**

Required Data:

- Horizontal global irradiation
- Average Ext. Temperature

Extra data:

- Horizontal diffuse irradiation
- Wind velocity
- Linke Turbidity
- Relative Humidity

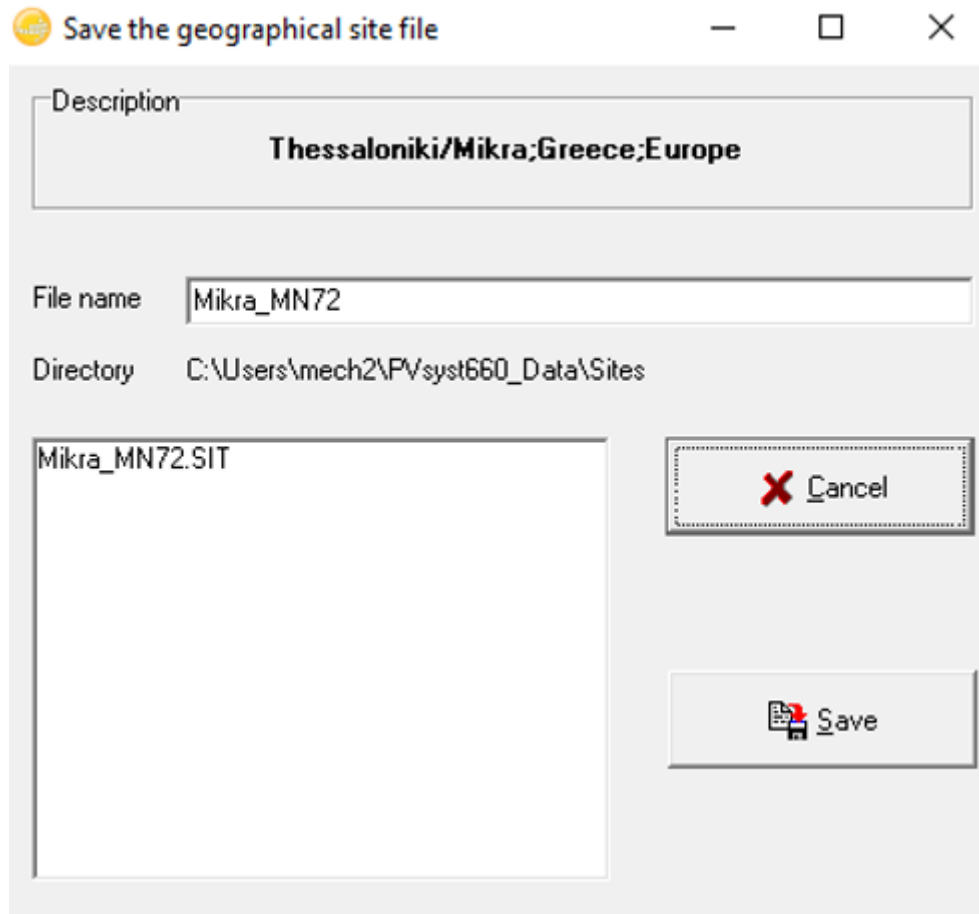
Irradiation units:

- kWh/m².day
- kWh/m².mth
- MJ/m².day
- MJ/m².mth
- W/m²
- Clearness Index Kt

Buttons: New Site, Print, Cancel, OK

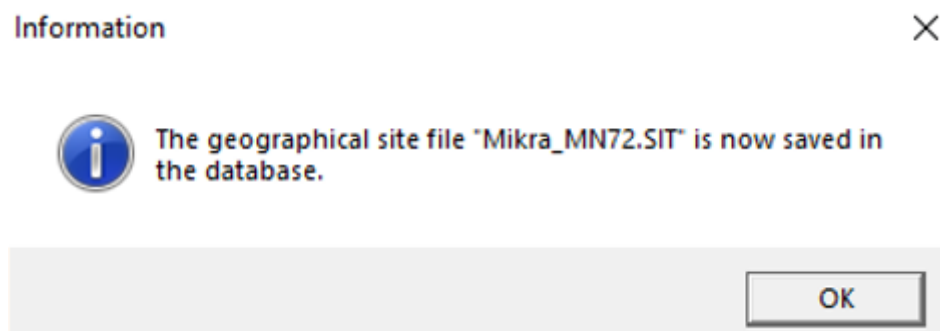
Εικόνα 3.16: Έχτο πλαίσιο διαλόγου.

Το πρόγραμμα μας εμφανίζει το παρακάτω μήνυμα (εικόνα 3.17) το οποίο μας ζητά να αποθηκεύσουμε τα κλιματικά δεδομένα για την περιοχή της Μίκρας στη Θεσσαλονίκη.



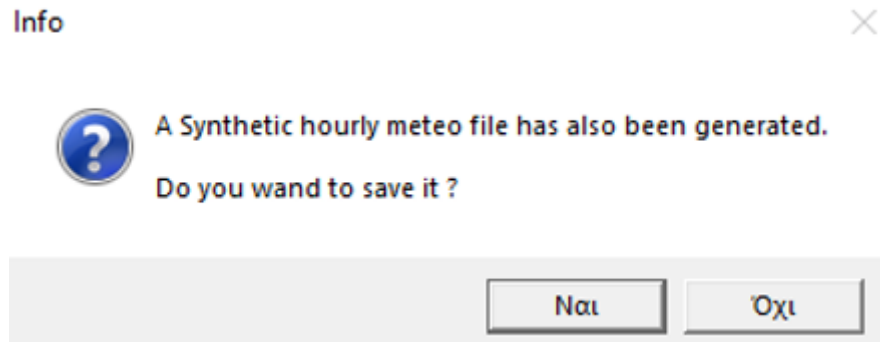
Εικόνα 3.17: Μήνυμα για αποθήκευση των κλιματικών δεδομένων.

Αναδύεται μήνυμα (εικόνα 3.18) που μας επιβεβαιώνει ότι τα κλιματικά δεδομένα που επιλέξαμε αποθηκεύτηκαν.



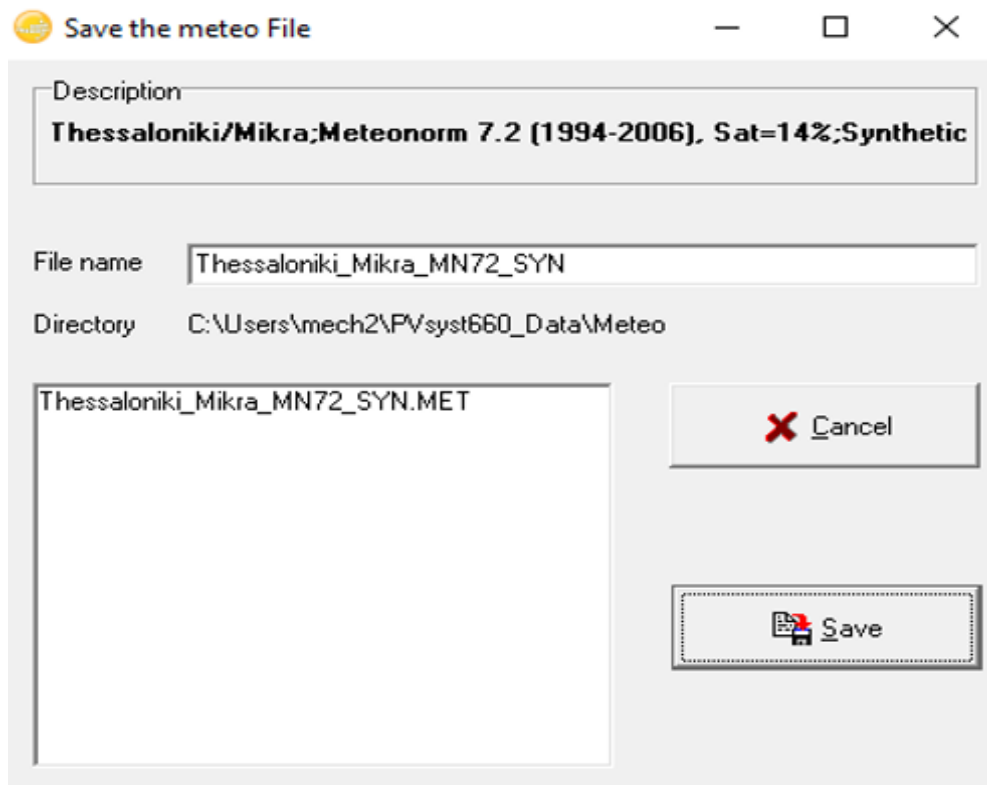
Εικόνα 3.18: Μήνυμα επιβεβαίωσης για την αποθήκευση των κλιματικών δεδομένων.

Μέσω μηνύματος (εικόνα 3.19) ενημερωνόμαστε για την δημιουργία αρχείου με ωριαία κλιματικά δεδομένα. Το πρόγραμμα μας ρωτά εάν επιθυμούμε να αποθηκεύσουμε το αρχείο των κλιματικών δεδομένων.



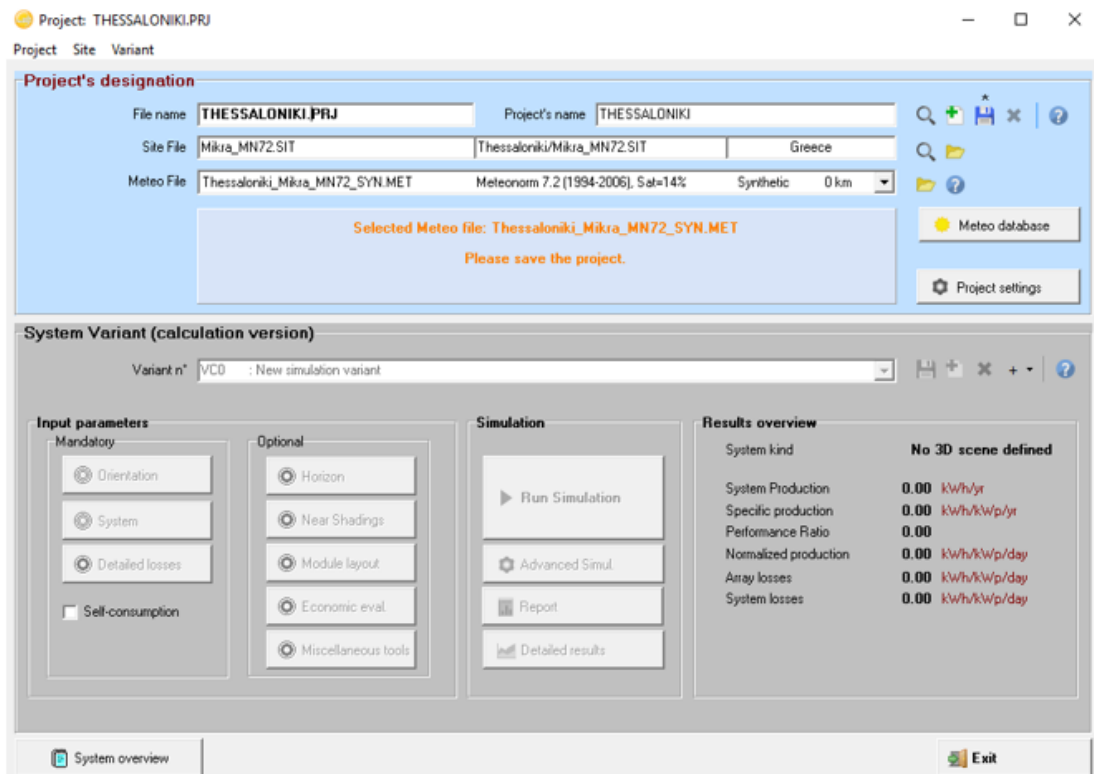
Εικόνα 3.19: Μήνυμα για ενημέρωση της δημιουργίας αρχείου με ωριαία κλιματικά δεδομένα.

Συνεχίζουμε με την αποθήκευση του αρχείου (εικόνα 3.20) με τις ωριαίες τιμές των κλιματικών δεδομένων.



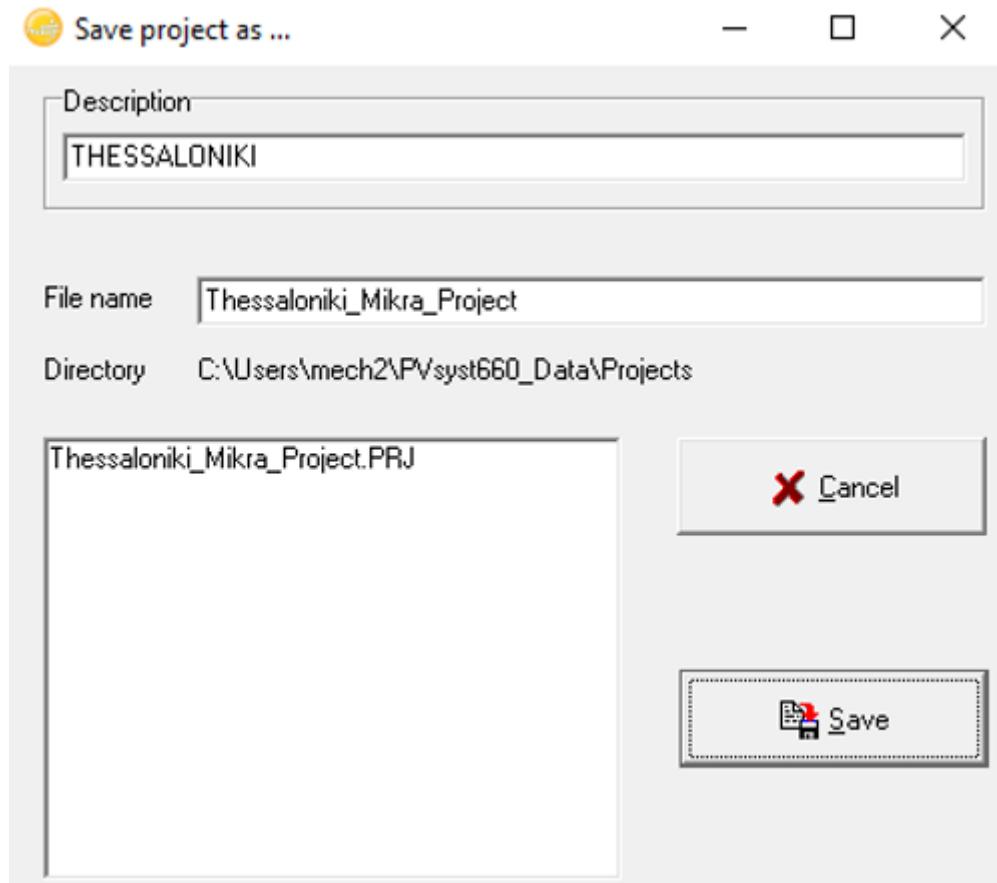
Εικόνα 3.20: Αποθήκευση του αρχείου των κλιματικών δεδομένων με τις ωριαίες τιμές.

Με το έβδομο πλαίσιο διαλόγου (εικόνα 3.21) οδηγούμαστε στην αρχική καρτέλα της μελέτης που πραγματοποιούμε. Παρατηρούμε ότι έχει γίνει φόρτωση των κλιματικών δεδομένων για την περιοχή της Μίκρας στην Θεσσαλονίκη. Μας ζητείτε να γίνει αποθήκευση της μελέτης που πραγματοποιούμε.



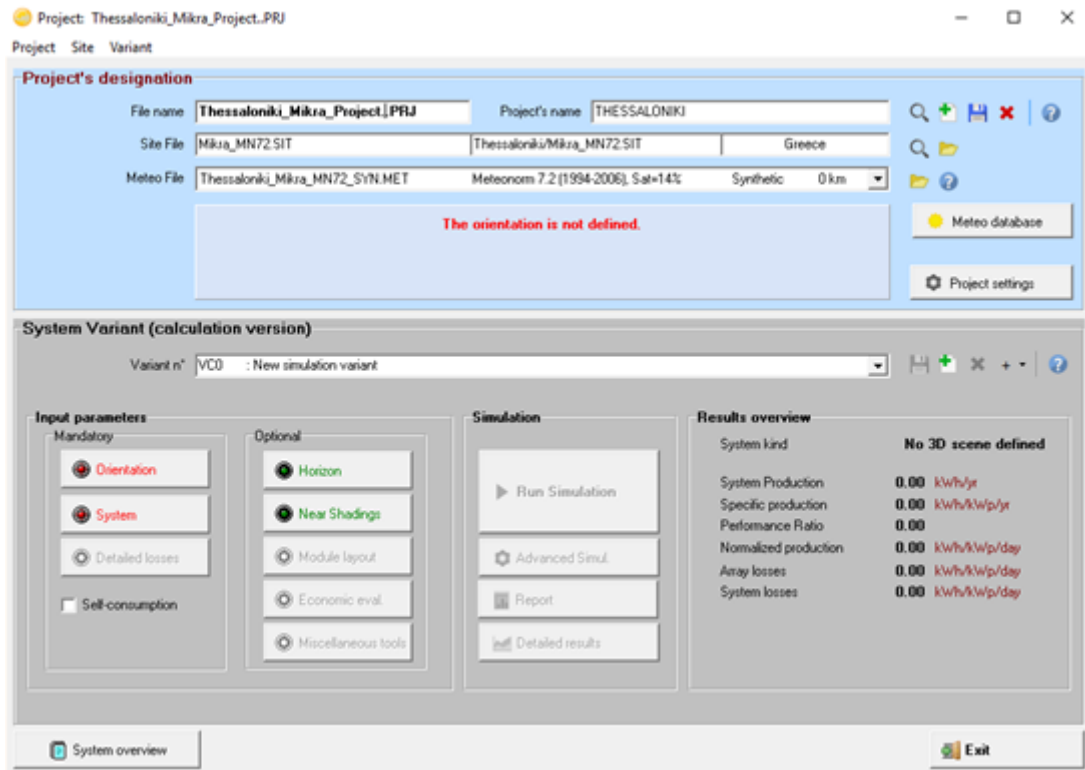
Εικόνα 3.21: Έβδομο πλαίσιο διαλόγου.

Συνεχίζουμε με την αποθήκευση της μελέτης εγκατάστασης (εικόνα 3.22).



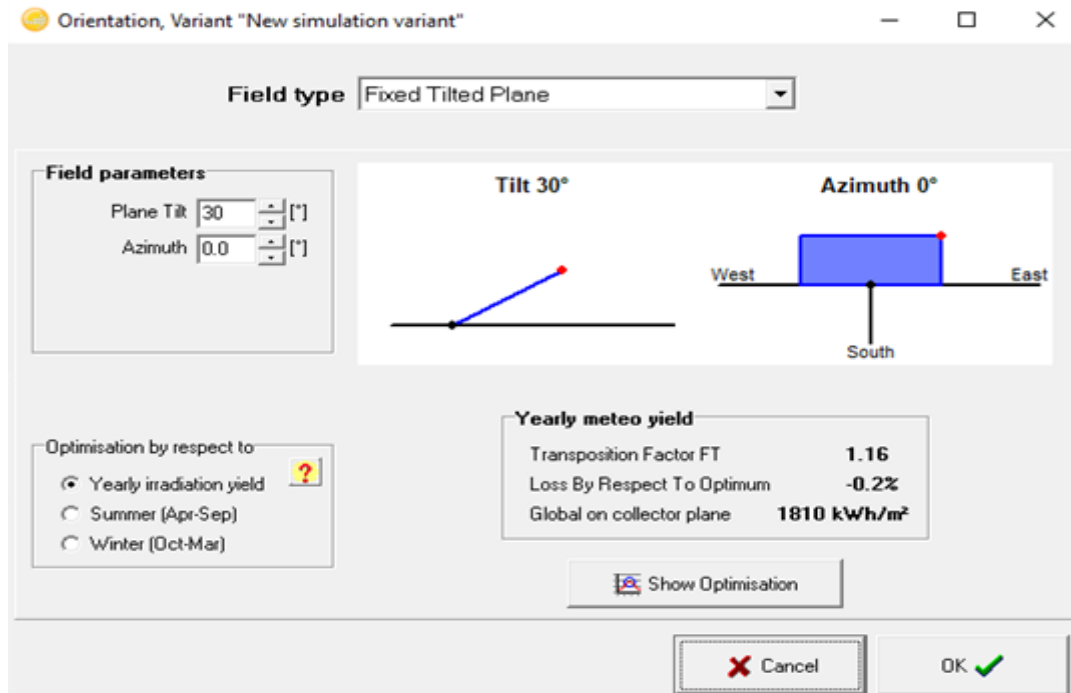
Εικόνα 3.22: Αποθήκευση της μελέτης εγκατάστασης.

Με το όγδοο πλαίσιο διαλόγου (εικόνα 3.23) οδηγούμαστε στην αρχική καρτέλα της μελέτης. Ενημερωνόμαστε πως δεν έχουμε ορίσει τον προσανατολισμό της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Επιλέγουμε το εικονίδιο "Orientation" στην αριστερή μεριά έτσι ώστε να καθορίσουμε τον προσανατολισμό της εγκατάστασης.



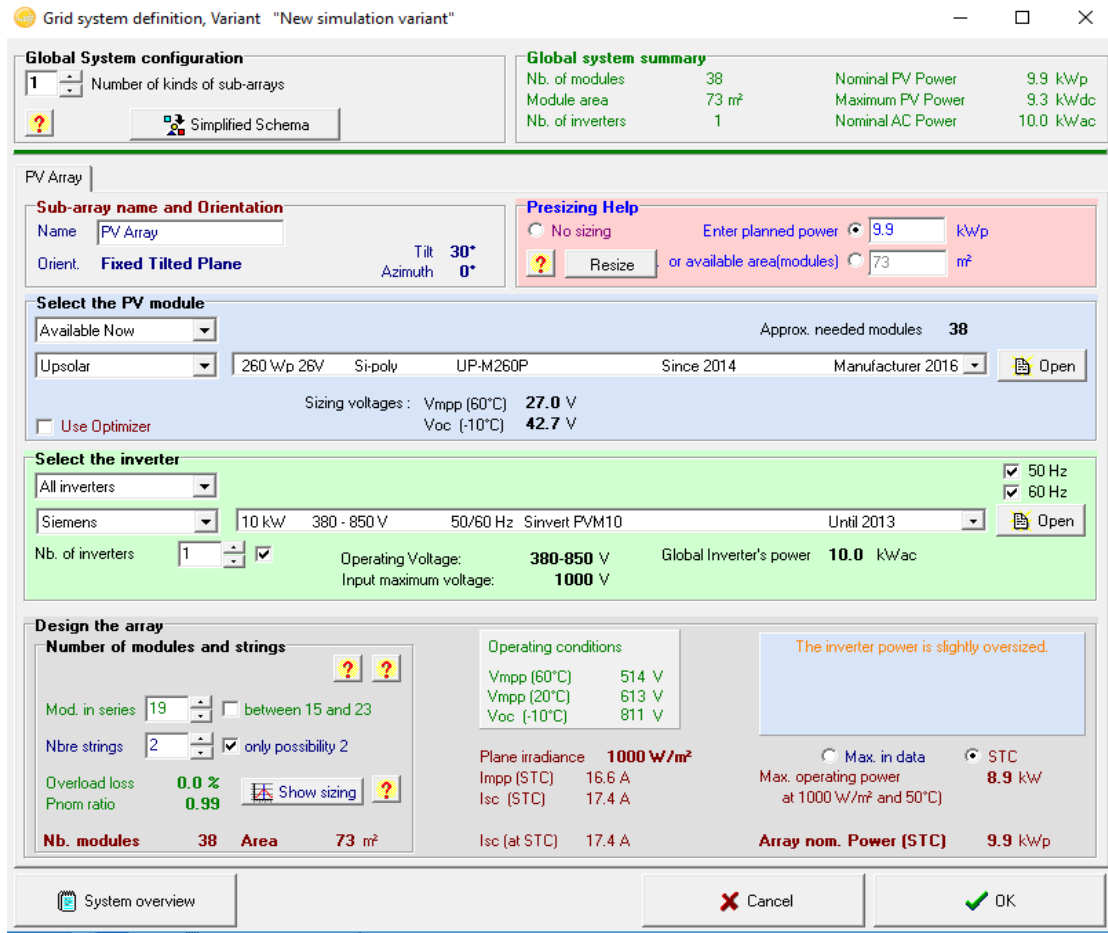
Εικόνα 3.23: Όγδοο πλαίσιο διαλόγου.

Στο ένατο πλαίσιο διαλόγου (εικόνα 3.24) ορίζουμε την κλίση των φωτοβολταϊκών πλαισίων στις 30° . Η κατοικία όπου θα τοποθετηθούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια δεν έχει απόκλιση από το νότο. Για αυτό το λόγο ορίζουμε την αζιμούθια γωνία στις 0° .



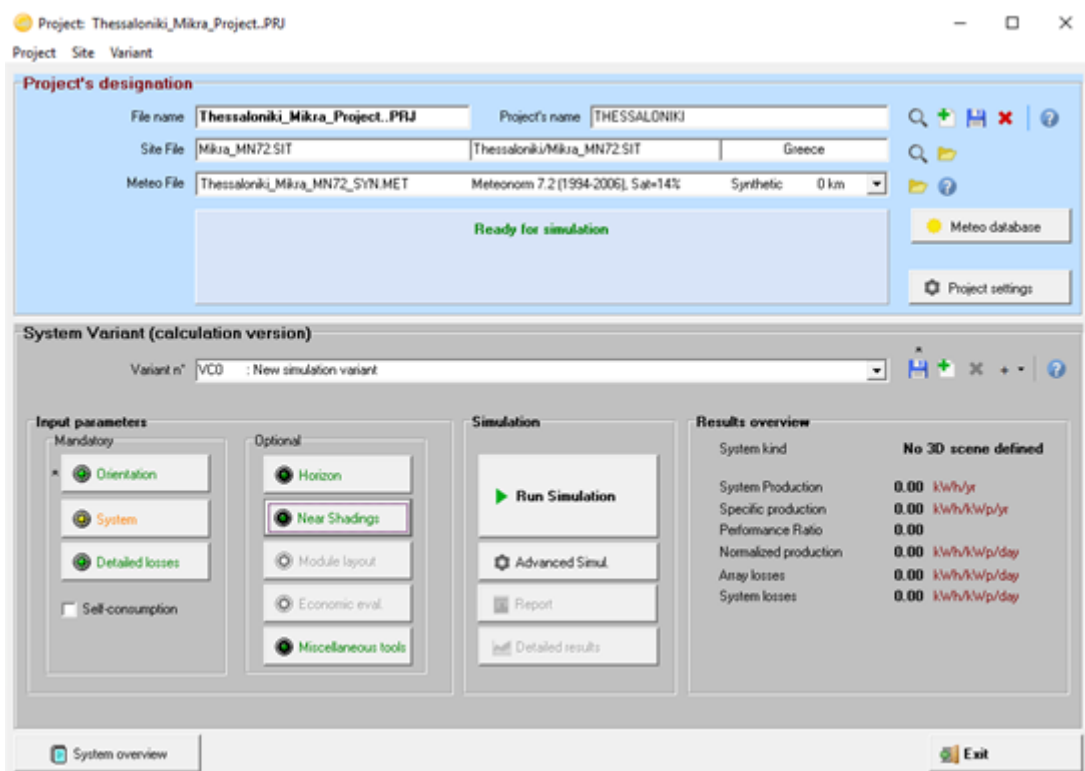
Εικόνα 3.24: Ένατο πλαίσιο διαλόγου.

Στη συνέχεια από το όγδοο πλαίσιο διαλόγου επιλέγουμε στην αριστερή μεριά το εικονίδιο "System". Αναδύεται το δέκατο πλαίσιο διαλόγου (εικόνα 3.25). Εισάγουμε τον τύπο του αντιστροφέα καθώς και τον αριθμό και τον τύπο των φωτοβολταϊκών πλαισίων που θα χρησιμοποιηθούν καθώς και την συνολική ισχύ της εγκατάστασης.



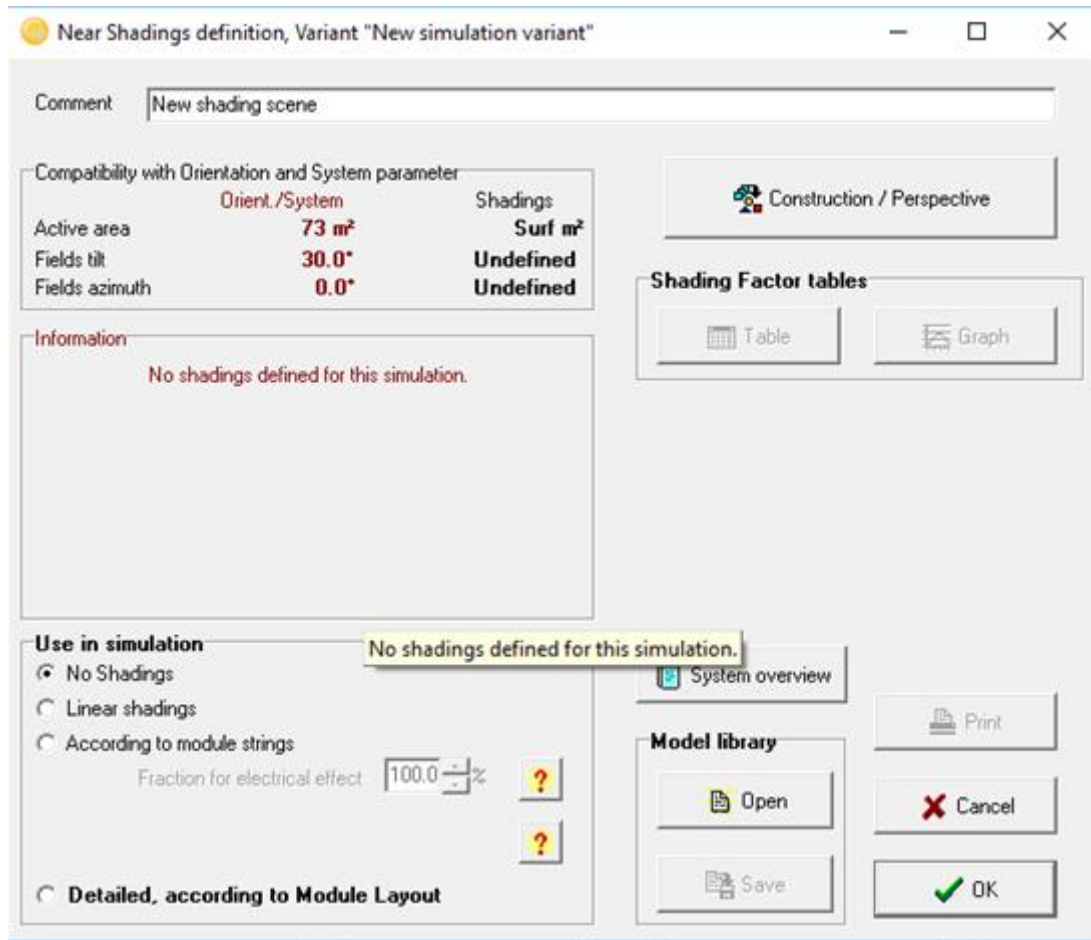
Εικόνα 3.25: Δέκατο πλαίσιο διαλόγου.

Έχοντας επιλέξει τον εξοπλισμό της εγκατάστασης διαπιστώνουμε από το ενδέκατο πλαίσιο διαλόγου (εικόνα 3.26) ότι μπορεί να πραγματοποιηθεί η προσομοίωση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Προτού πραγματοποιήσουμε την προσομοίωση θα σχεδιάσουμε την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Επιλέγουμε το εικονίδιο "Near Shadings".



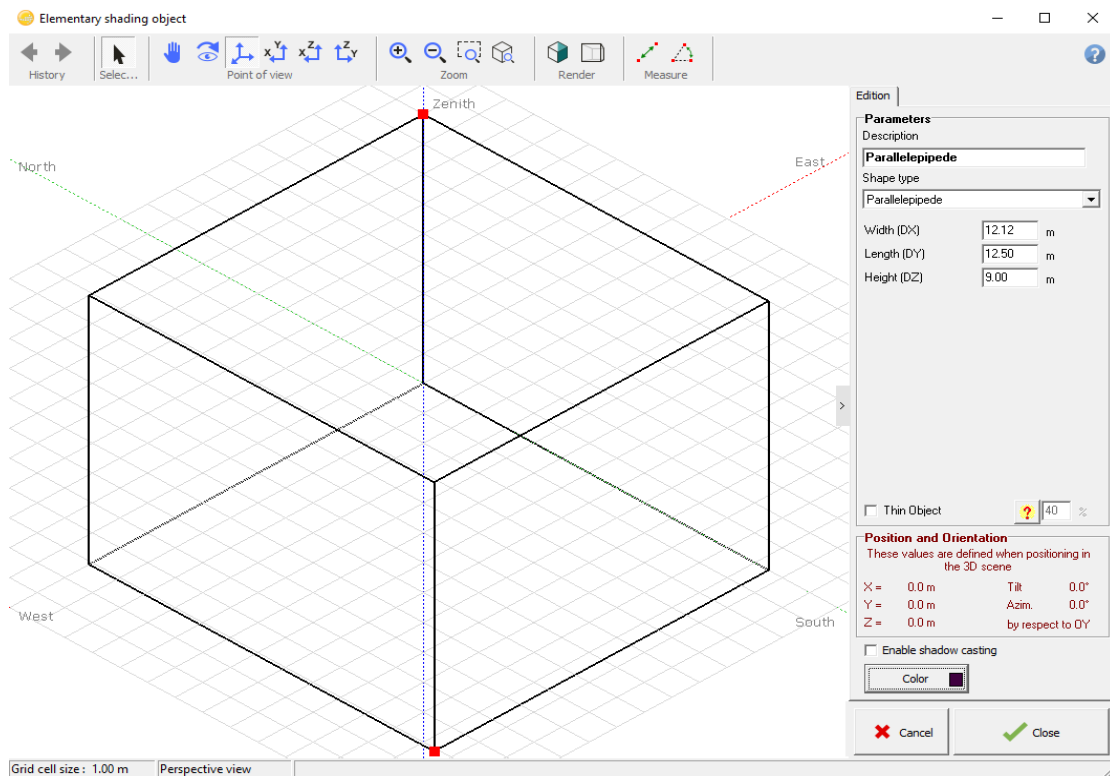
Εικόνα 3.26:Ενδέκατο πλαίσιο διαλόγου.

Στο δωδέκατο πλαίσιο διαλόγου (εικόνα 3.27) διαλέγουμε την επιλογή "No Shadings" επειδή το δώμα της κατοικίας που θα τοποθετηθούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια δεν σιάζετε από άλλα κτίρια. Επιλέγουμε το εικονίδιο "Construction/Perspective" στη δεξιά μεριά του πλαισίου διαλόγου.



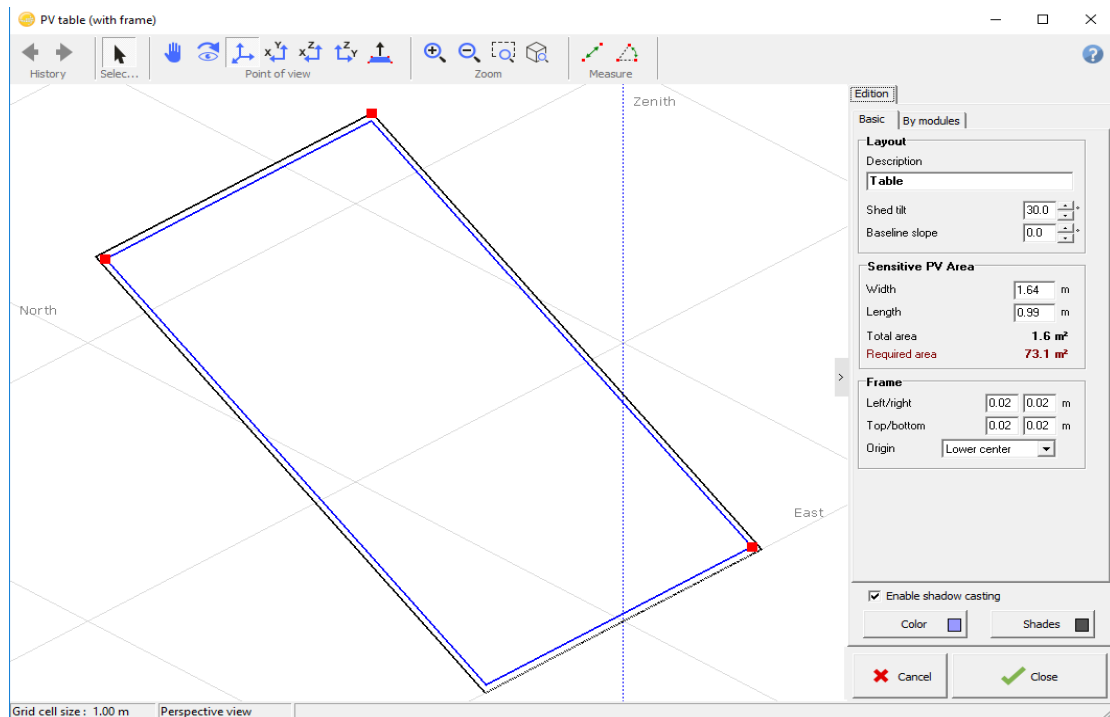
Εικόνα 3.27: Δωδέκατο πλαίσιο διαλόγου.

Στο δέκατο τρίτο πλαίσιο διαλόγου (εικόνα 3.28) σχεδιάζουμε την κατοικία. Εισάγουμε το μήκος, το πλάτος και το ύψος της κατοικίας.



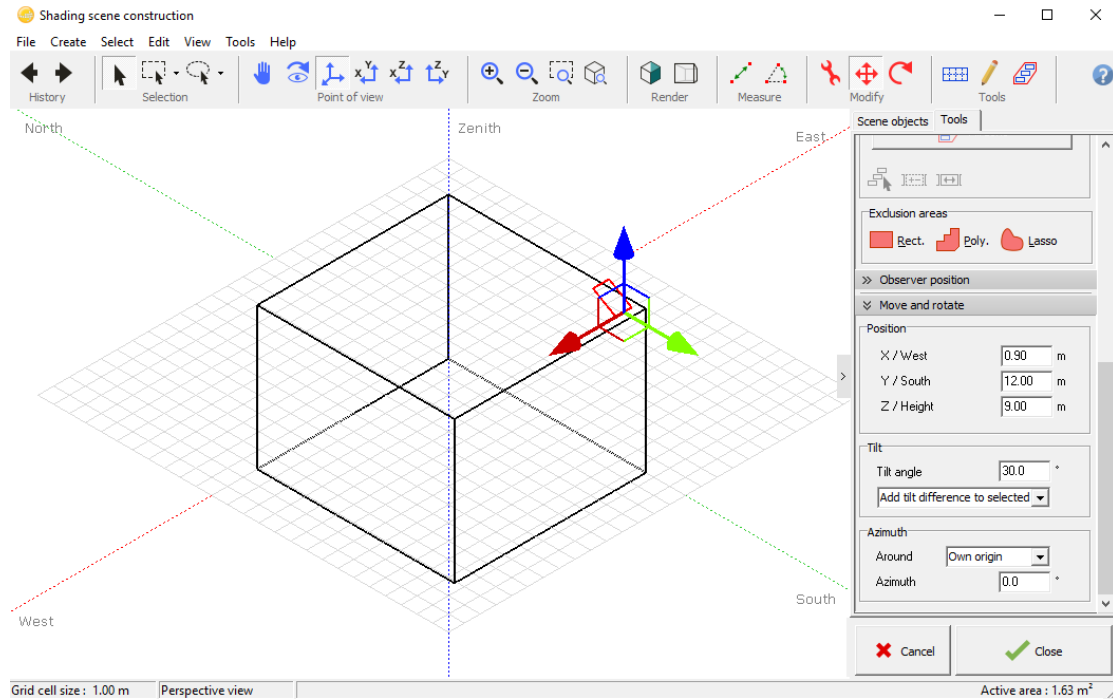
Εικόνα 3.28: Δέκατο τρίτο πλαίσιο διαλόγου.

Στο δέκατο τέταρτο πλαίσιο διαλόγου (εικόνα 3.29) εισάγουμε τις διαστάσεις (μήκος και πλάτος) του φωτοβολταϊκού πλαισίου.



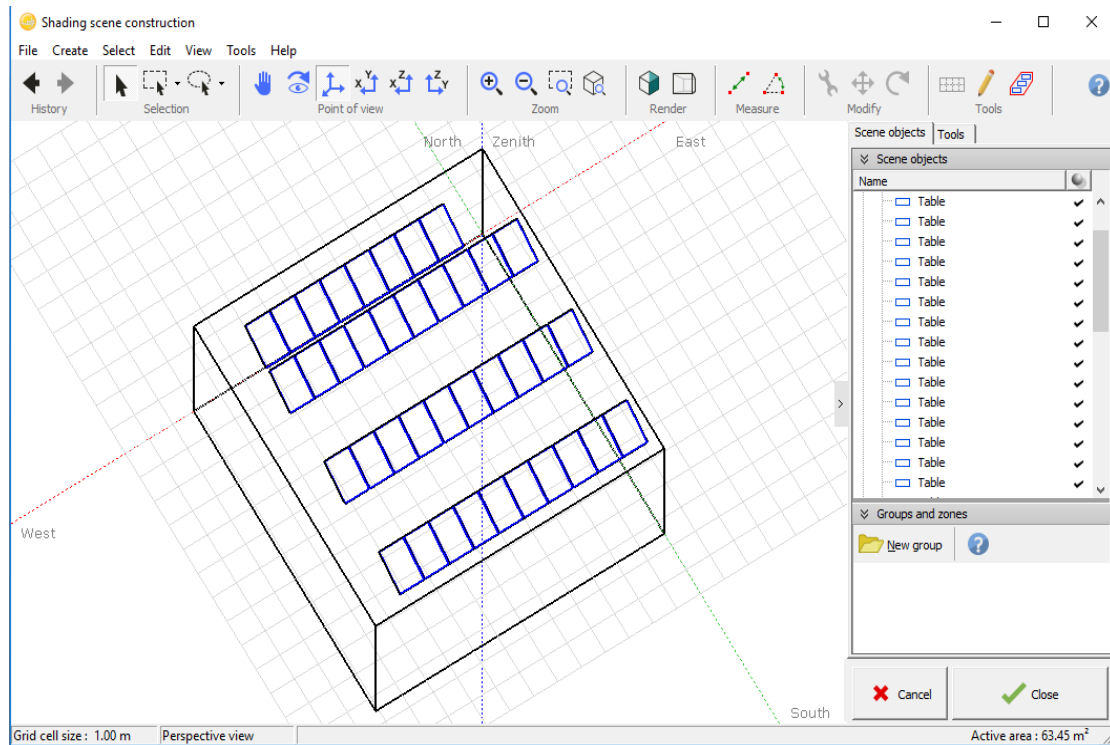
Εικόνα 3.29: Δέκατο τέταρτο πλαίσιο διαλόγου.

Στο δέκατο πέμπτο πλαίσιο διαλόγου (εικόνα 3.30) χωροθετούμε τα φωτοβολταϊκά πλαίσια στο δώμα της κατοικίας. Εισάγουμε για κάθε ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο ξεχωριστά τις συντεταγμένες (x,y,z).



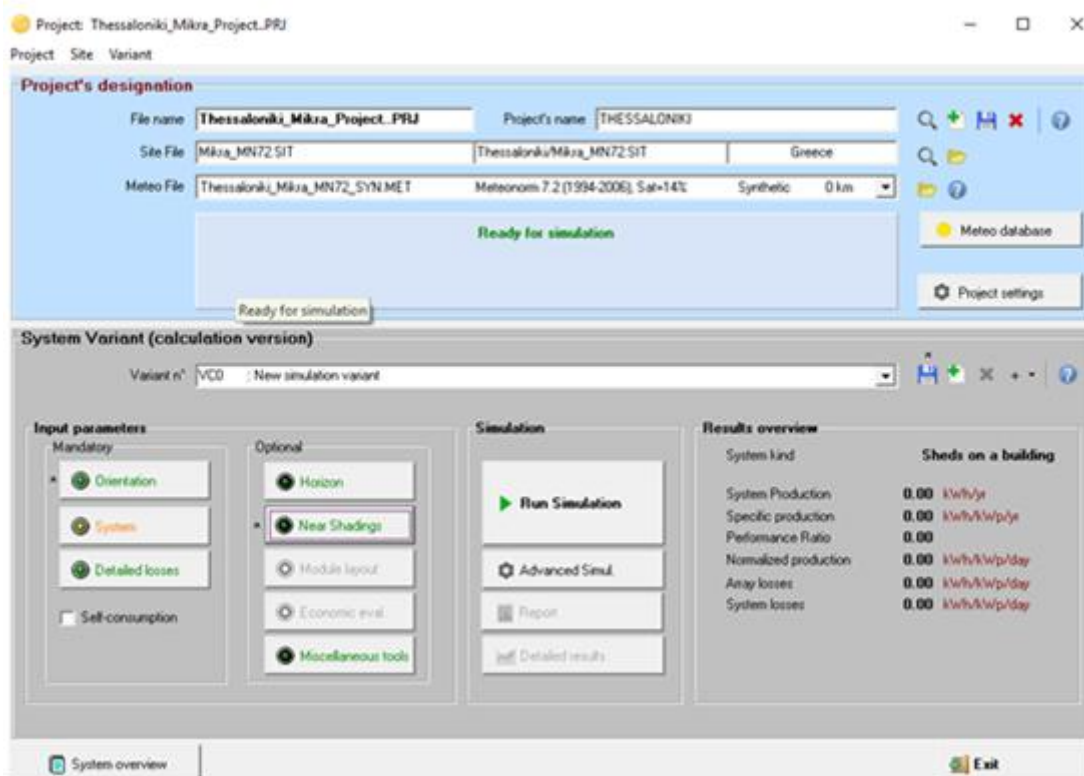
Εικόνα 3.30: Δέκατο πέμπτο πλαίσιο διαλόγου.

Στο δέκατο έβδομο πλαίσιο διαλόγου (εικόνα 3.31) απεικονίζετε το δώμα της κατοικίας μετά την ολοκλήρωση της χωροθέτησης των φωτοβολταϊκών πλαισίων.



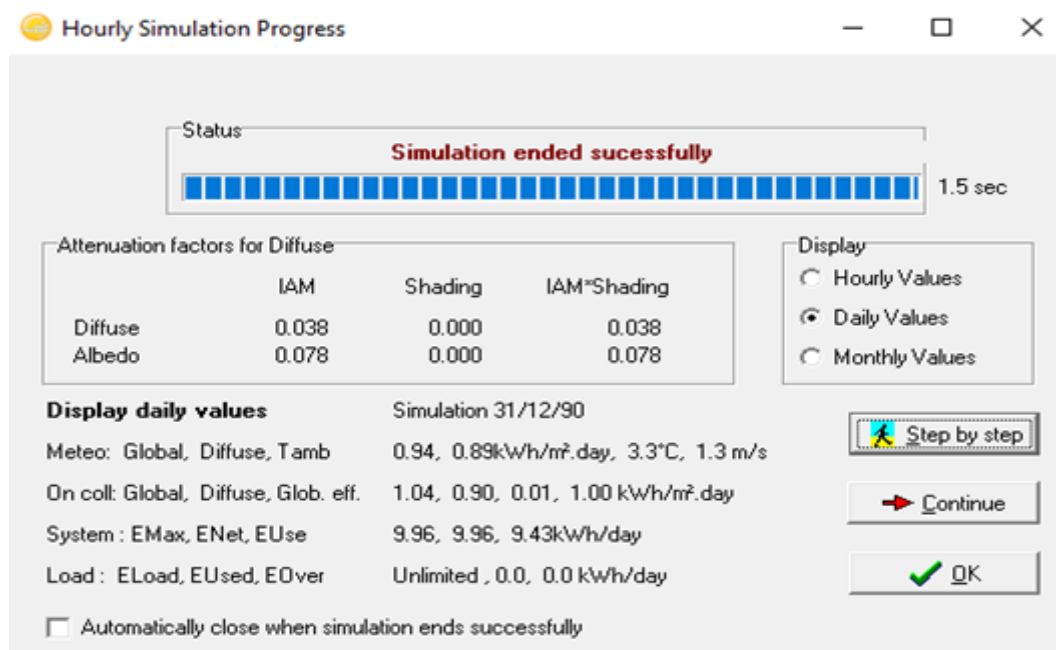
Εικόνα 3.31: Δέκατο έχτο πλαίσιο διαλόγου.

Έχοντας ολοκληρώσει την χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων ενημερωνόμαστε από το δέκατο έβδομο πλαίσιο διαλόγου (εικόνα 3.32) ότι μπορούμε να ξεκινήσουμε την προσομοίωση. Επιλέγουμε το εικονίδιο "Run Simulation".



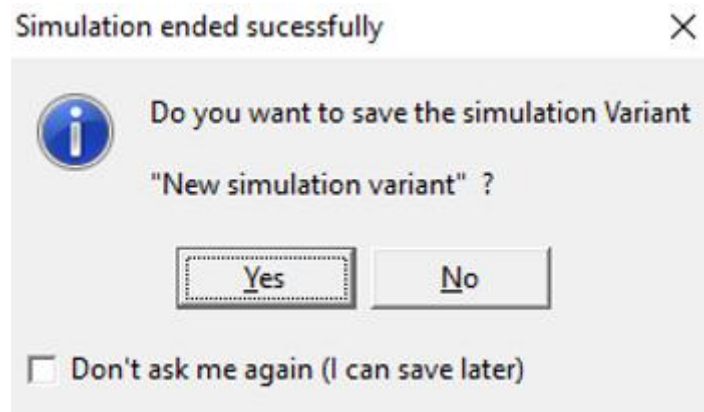
Εικόνα 3.32: Δέκατο έβδομο πλαίσιο διαλόγου.

Στο δέκατο όγδοο πλαίσιο διαλόγου (εικόνα 3.33) αναφέρεται ότι η προσομοίωση τελείωσε με επιτυχία.



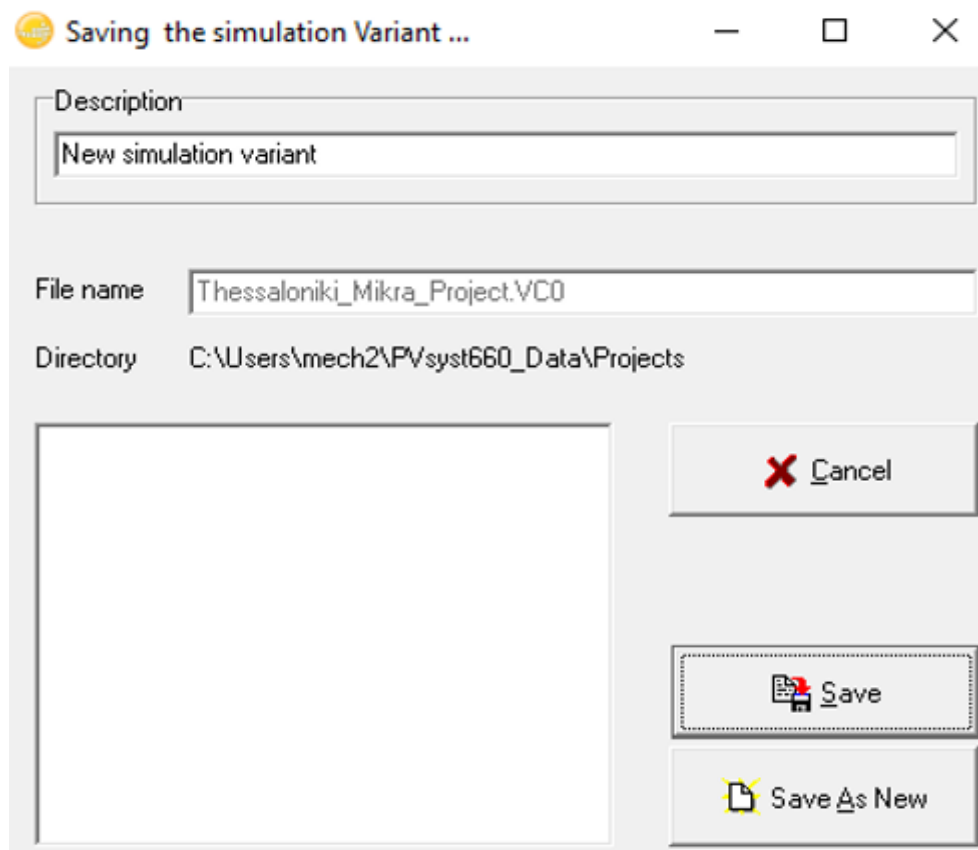
Εικόνα 3.33: Δέκατο όγδοο πλαίσιο διαλόγου.

Ακολουθώντας με ειδοποίηση (εικόνα 3.34) το πρόγραμμα μας ρωτάει ένα θέλουμε να αποθηκεύσουμε την προσομοίωση που πραγματοποιήθηκε με επιτυχία.



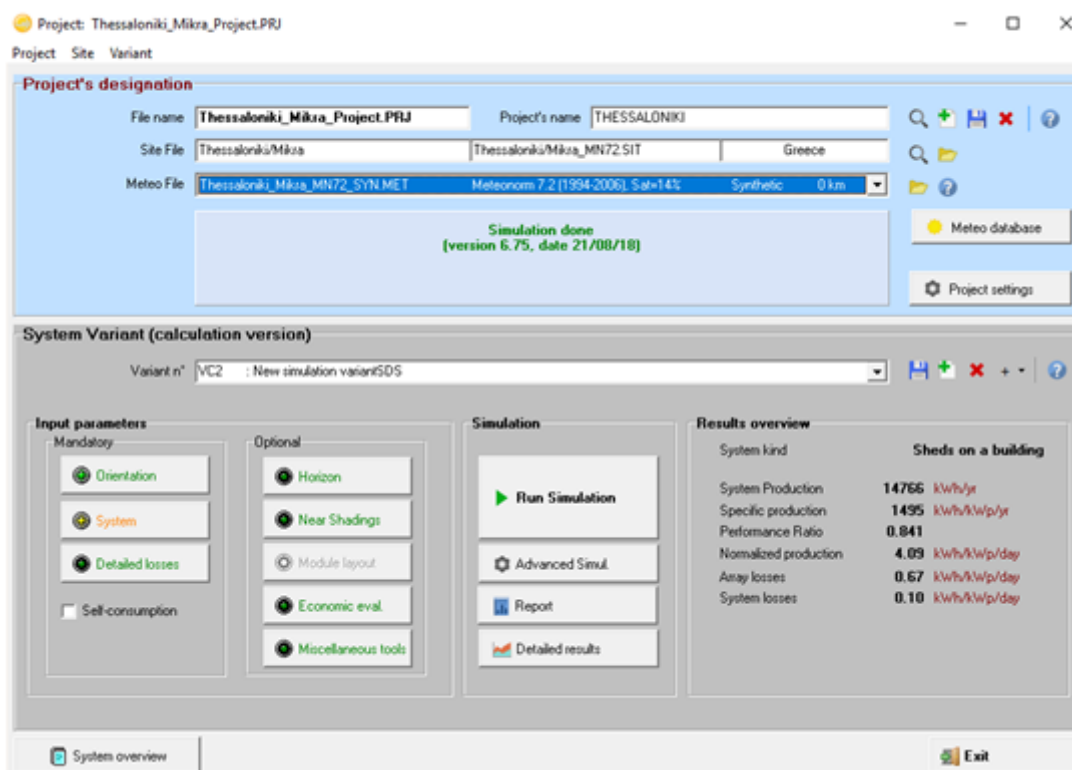
Εικόνα 3.34: Ειδοποίηση για αποθήκευση της προσομοίωσης.

Συνεχίζουμε με αποθήκευση (εικόνα 3.35) της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε.



Εικόνα 3.35: Αποθήκευση της προσομοίωσης.

Από το δέκατο ένατο πλαίσιο διαλόγου (εικόνα 3.36) επιλέγουμε το εικονίδιο "Report" έτσι ώστε να εξαχθεί ένα αρχείο αναφοράς της μελέτης που πραγματοποιήθηκε.



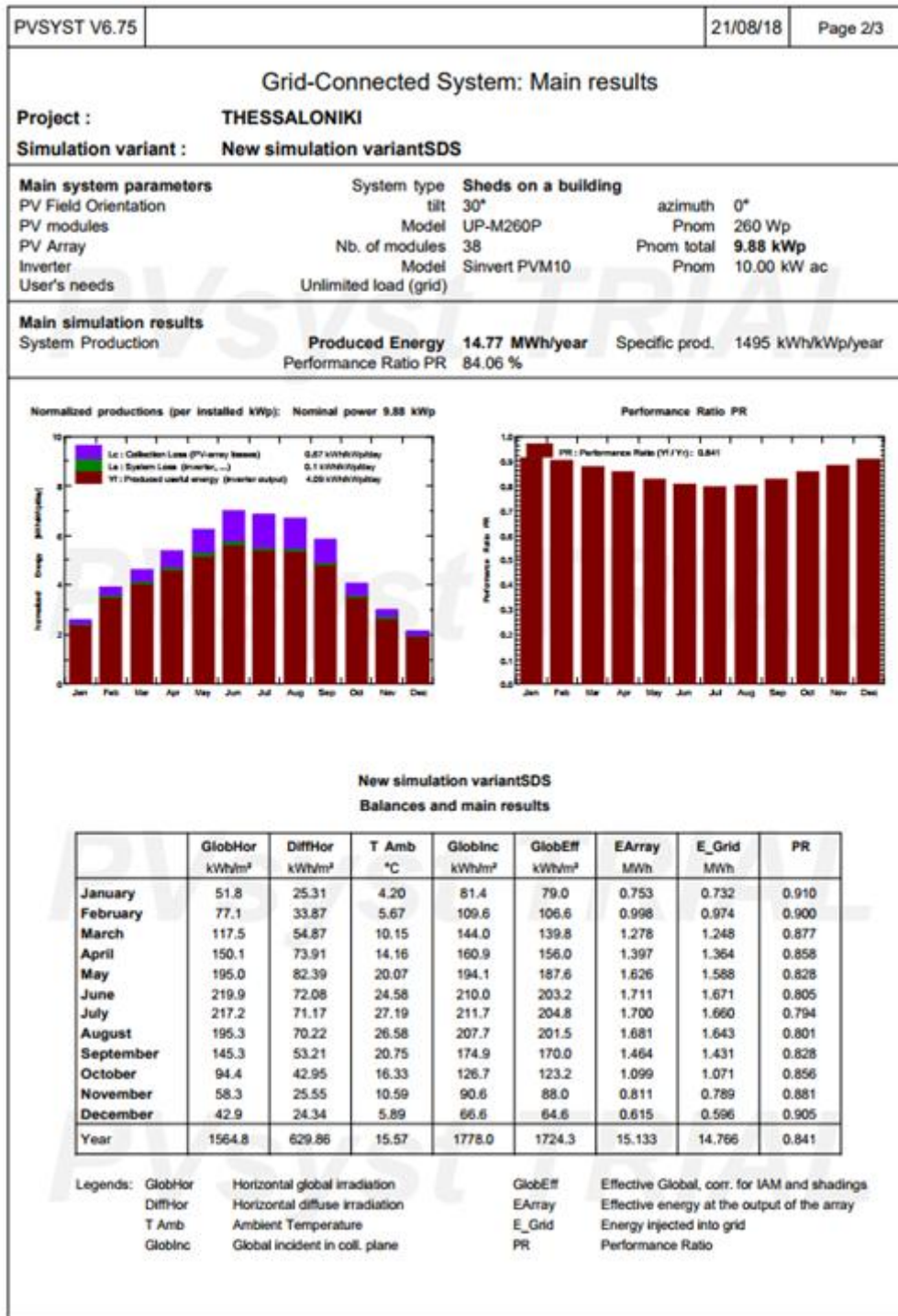
Εικόνα 3.36: Δέκατο ένατο πλαίσιο διαλόγου.

Στην πρώτη σελίδα του αρχείου αναφοράς (εικόνα 3.37) αναφέρονται στοιχεία για την τοποθεσία εγκατάστασης καθώς και τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών πλαισίων και του αντιστροφέα. Στη δεύτερη σελίδα του αρχείου αναφοράς (εικόνα 3.38) αναφέρεται η ενεργειακή παραγωγή της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης που ανέρχεται στις 14766 kWh. Στην τρίτη σελίδα (εικόνα 3.39) του αρχείου αναφοράς απεικονίζεται το διάγραμμα απωλειών της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

PVSYST V6.75		21/08/18		Page 1/3	
Grid-Connected System: Simulation parameters					
Project : THESSALONIKI					
Geographical Site		Thessaloniki/Mikra		Country Greece	
Situation		Latitude 40.52° N		Longitude 22.97° E	
Time defined as		Legal Time Time zone UT+2		Altitude 4 m	
		Albedo 0.20			
Meteo data:		Thessaloniki/Mikra Meteonorm 7.2 (1994-2006), Sat=14% - Synthetic			
Simulation variant : New simulation variantSDS					
		Simulation date 21/08/18 15h43			
Simulation parameters		System type Sheds on a building			
Collector Plane Orientation		Tilt 30°		Azimuth 0°	
Models used		Transposition Perez		Diffuse Perez, Meteonorm	
Horizon		Free Horizon			
Near Shadings		No Shadings			
PV Array Characteristics					
PV module		Si-poly Model UP-M260P			
Original PVsyst database		Manufacturer Upsolar			
Number of PV modules		In series 19 modules		In parallel 2 strings	
Total number of PV modules		Nb. modules 38		Unit Nom. Power 260 Wp	
Array global power		Nominal (STC) 9.88 kWp		At operating cond. 8.93 kWp (50°C)	
Array operating characteristics (50°C)		U mpp 539 V		I mpp 17 A	
Total area		Module area 73.1 m²		Cell area 55.5 m²	
Inverter					
Original PVsyst database		Model Sinvert PVM10			
Characteristics		Manufacturer Siemens			
		Operating Voltage 380-850 V		Unit Nom. Power 10.0 kWac	
Inverter pack		Nb. of inverters 1 units		Total Power 10.0 kWac	
				Pnom ratio 0.99	
PV Array loss factors					
Thermal Loss factor		Uc (const) 20.0 W/m²K		Uv (wind) 0.0 W/m²K / m/s	
Wiring Ohmic Loss		Global array res. 545 mOhm		Loss Fraction 1.5 % at STC	
LID - Light Induced Degradation				Loss Fraction 1.5 %	
Module Quality Loss				Loss Fraction -0.8 %	
Module Mismatch Losses				Loss Fraction 1.0 % at MPP	
Strings Mismatch loss				Loss Fraction 0.10 %	
Incidence effect, ASHRAE parametrization		IAM = 1 - bo (1/cos i - 1)		bo Param. 0.05	
User's needs :		Unlimited load (grid)			

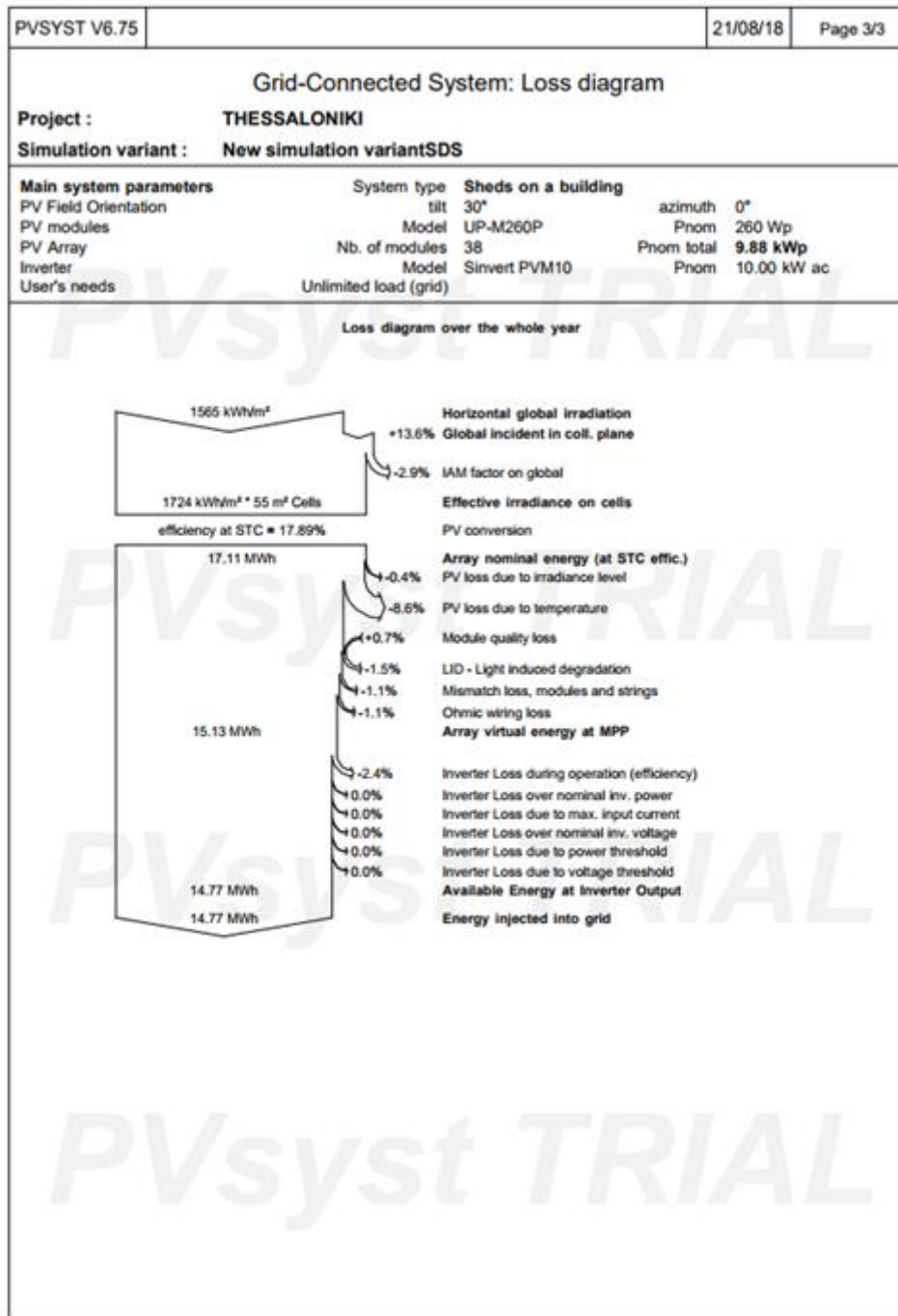
PVsyst Evaluation mode

Εικόνα 3.37: Πρώτη σελίδα του αρχείου αναφοράς.



Pvsyst Evaluation mode

Εικόνα 3.38: Δεύτερη σελίδα του αρχείου αναφοράς.



Εικόνα 3.39: Τρίτη σελίδα του αρχείου αναφοράς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

Στο παρών κεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί η οικονομοτεχνική αξιολόγηση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης και ο υπολογισμός του οικονομικού οφέλους για τον ιδιοκτήτη. Η ιδιόκτητη κατοικία στην οποία θα πραγματοποιηθεί η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση κατοικείται από μία επταμελή οικογένεια η οποία καταναλώνει 4000 κιλοβατώρες ηλεκτρικού ρεύματος το τετράμηνο δηλαδή 12000 κιλοβατώρες το έτος.

Αρχικά θα προβούμε στην εκτίμηση του συνολικού κόστους της εγκατάστασης. Στο παρακάτω πίνακα (πίνακας 4.1) αναγράφονται αναλυτικά τα ποσά που θα πρέπει να καταβάλει ο ιδιοκτήτης για να υλοποιηθεί η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Το συνολικό ποσό ανέρχεται στα 13102 ευρώ.

ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	
Περιγραφή	Κόστος (ευρώ)
Φωτοβολταϊκά πλαίσια	3640
Βάσεις στήριξης	2000
Αντιστροφέας και ερμάριο αντιστροφέα	3600
Πίνακες συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος	125
Υλικό ράγας, καλωδιώσεις & διατάξεις γείωσης	1900
Αμοιβή μηχανικού και συνεργείου εγκατάστασης	1080
Μετρητής παραγόμενης ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα	273
Τέλη σύνδεσης	484
Συνολικό Ποσό	13102

Πίνακας 4.1: Κόστος φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

Για να μπορέσουμε να προσδιορίσουμε το οικονομικό όφελος που θα προκύψει για τον ιδιοκτήτη της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης με την ένταξη του στο πρόγραμμα του ενεργειακού συμψηφισμού θα πρέπει πρώτα να υπολογίσουμε το χρηματικό ποσό που θα πρέπει να καταβάλει για την χρέωση της ηλεκτρικής ενέργειας εκτός προγράμματος. Κατά αυτόν τον τρόπο θα γίνουν οι απαραίτητες συγκρίσεις ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την επένδυση για την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση.

Συνεχίζουμε με τον υπολογισμό του συνολικού ποσού των χρημάτων για την χρέωση της ηλεκτρικής ενέργειας για την ετήσια κατανάλωση της κατοικίας (πίνακας 4.2), λαμβάνοντας τις τιμές χρεώσεις από την επίσημη σελίδα στο διαδίκτυο του διαχειριστή ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗ). Αρχικά υπολογίζουμε το χρηματικό ποσό για ένα τετράμηνο και στη συνέχεια το πολλαπλασιάζουμε επί 3 για να προκύψει το χρηματικό ποσό για ένα έτος. Υπενθυμίζεται ότι η κατανάλωση ενέργειας στην κατοικία για ένα τετράμηνο είναι 4000 κιλοβατώρες. [40]

Τετραμηνιαία χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας – Οικιακό τιμολόγιο Γ1	
Χρέωση	Σύνολο
Οι πρώτες 800 κιλοβατώρες ανά τετράμηνο: 0,08981€/κιλοβατώρα	71,85€
Οι επόμενες 800 κιλοβατώρες ανά τετράμηνο: 0,11443€/κιλοβατώρα	91,54€
Οι επόμενες 400 κιλοβατώρες ανά τετράμηνο: 0,14045€/κιλοβατώρα	56,18€
Οι επόμενες 1000 κιλοβατώρες ανά τετράμηνο: 0,18790€/κιλοβατώρα	187,90€
Οι επόμενες 1000 κιλοβατώρες ανά τετράμηνο: 0,18971€/κιλοβατώρα	189,71€
Πάγιο για τριφασική παροχή για τέσσερις μήνες	64,44€
Χρηματικό ποσό για χρέωση τεσσάρων μηνών	661,62€
Χρηματικό ποσό για χρέωση ενός έτους	1984,86€

Πίνακας 4.2: Συνολικό ποσό χρέωσης ηλεκτρικής ενέργειας για ένα έτος [40]

Ακολούθως υπολογίζουμε το χρηματικό ποσό που θα πρέπει να καταβάλει ο ιδιοκτήτης της κατοικίας σε βάθος 25 ετών (πίνακας 4.3) σε περίπτωση που δεν θα ενταχτεί στο πρόγραμμα του ενεργειακού συμψηφισμού. Διαπιστώνουμε ότι συνολικό ποσό για την χρέωση της ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται στα 61530,64 ευρώ. Στους υπολογισμούς έχουμε λάβει υπόψη ότι η χρέωση της ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται 2% κάθε έτος. [22]

ΕΤΟΣ	ΑΥΞΗΣΗ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟ
1 ^ο	0	1984,86
2 ^ο	2%	2024,56
3 ^ο	4%	2064,25
4 ^ο	6%	2103,95
5 ^ο	8%	2143,65
6 ^ο	10%	2183,35
7 ^ο	12%	2223,04
8 ^ο	14%	2262,74
9 ^ο	16%	2302,44
10 ^ο	18%	2342,13
11 ^ο	20%	2381,83
12 ^ο	22%	2421,53
13 ^ο	24%	2461,23
14 ^ο	26%	2500,92
15 ^ο	28%	2540,62
16 ^ο	30%	2580,32
17 ^ο	32%	2620,01
18 ^ο	34%	2659,71
19 ^ο	36%	2699,41
20 ^ο	38%	2739,11
21 ^ο	40%	2778,8
22 ^ο	42%	2818,5
23 ^ο	44%	2858,2
24 ^ο	46%	2897,89

25°	48%	2937,59
ΣΥΝΟΛΟ		61530,64

Πίνακας 4.3: Χρηματικό ποσό για την χρέωση της ηλεκτρικής ενέργειας για διάρκειες 25 ετών

Έπειτα θα πραγματοποιηθούν οι υπολογισμοί για να εξαχθούν τα οικονομικά αποτελέσματα που αφορούν την ένταξη της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης στο πρόγραμμα του ενεργειακού συμψηφισμού για διάρκεια 25 ετών. Στους πίνακες 4.4 έως 4.12 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας που θα παραχθούν από την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση καθώς και τις ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας που θα απορροφηθούν από το κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης. [22]

Στην στήλη 1 και την στήλη 2 αναγράφονται το έτος και το τετράμηνο υπολογισμού αντίστοιχα. Στην στήλη 3 αναγράφεται το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που απορροφάται από το δίκτυο ηλεκτροδότησης για να καλυφθούν οι ανάγκες της κατοικίας σε ηλεκτρική ενέργεια. Στην τελευταία γραμμή της στήλης 3 αναφέρεται το συνολικό ποσό που απορροφήθηκε από το δίκτυο ηλεκτροδότησης σε βάθος τριετίας. [22]

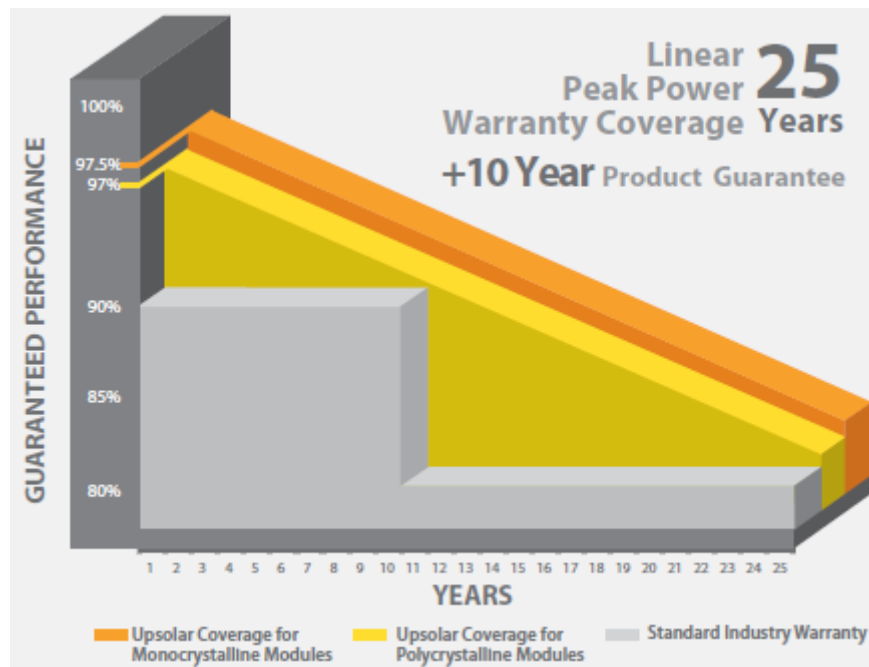
Στην τέταρτη στήλη αναγράφονται τα ποσά ενέργειας τα οποία παράχθηκαν από την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση και διοχετεύθηκαν στο κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης. Στην τελευταία σειρά της τέταρτης στήλης αναφέρεται το συνολικό ποσό ηλεκτρικής ενέργειας που διοχετεύθηκε στο δίκτυο ηλεκτροδότησης για διάρκεια τριών ετών.[22]

Στην πέμπτη στήλη αναγράφονται τα ποσά της συμψηφιζόμενης ενέργειας τα οποία προκύπτουν εάν αφαιρέσουμε την εγχεόμενη ενέργεια (στήλη 4) από την απορροφημένη ενέργεια (στήλη 3). Στην τελευταία σειρά της στήλης 5 αναφέρεται το συνολικό ποσό της συμψηφιζόμενης ενέργειας που προκύπτει σε βάθος τριετίας.[22]

Στην στήλη 6 αναγράφεται η χρεωστέα ενέργεια, δηλαδή το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας για το οποίο θα πρέπει να χρεωθεί το ανάλογο χρηματικό ποσό. Στην περίπτωση μας αφού τα ποσά της εγχεόμενης ηλεκτρικής ενέργειας είναι μεγαλύτερα από τα ποσά της απορροφημένης ηλεκτρικής ενέργειας δεν προκύπτει κάποιο ποσό χρεωστέας ηλεκτρικής ενέργειας προς πληρωμή.[22]

Στην έβδομη στήλη αναγράφεται η πιστούμενη διαφορά. Υπενθυμίζεται ότι εάν μετά τον ενεργειακό συμψηφισμό προκύψει ποσό ηλεκτρικής ενέργειας με θετικό πρόσημο τότε αυτό το ποσό λαμβάνεται σαν πρόσθετη εγχεόμενη ενέργεια στην επόμενη καταμέτρηση. Στη τελευταία γραμμή της έβδομης στήλης όπου αναφέρεται το αριθμητικό σύνολο της στήλης αναγράφεται μηδενικό υπόλοιπο επειδή με την πάροδο μια τριετίας πραγματοποιείται ο συγκεντρωτικός συμψηφισμός της και τυχόν ποσό ηλεκτρικής ενέργειας με θετικό πρόσημο δεν λαμβάνεται σαν πρόσθετη εγχεόμενη ενέργεια στον επόμενο εκκαθαριστικό λογαριασμό.[22]

Στην όγδοη στήλη αναγράφεται η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια. Για το πρώτο έτος λαμβάνουμε και καταχωρούμε τις τιμές της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από την δεύτερη σελίδα του αρχείου αναφοράς (εικόνα 3.38) της προσομοίωσης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης που πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του προγράμματος PVsyst. Για τα επόμενα είκοσι τέσσερα χρόνια συμβουλευόμαστε το διάγραμμα μείωσης της απόδοσης συνάρτηση των ετών λειτουργίας το οποίο βρίσκουμε στο τεχνικό φυλλάδιο των φωτοβολταϊκών πλαισίων που επιλέχθηκαν για την εγκατάσταση μας στο προηγούμενο κεφάλαιο. [10]



Εικόνα 4.1: Σχεδιάγραμμα μείωσης της απόδοσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων Upsolar UP – M260P συνάρτηση των ετών λειτουργίας.

Πηγή: http://www.upsolar.com/products_pdf/UP-EN-US-062015_V3_ALL.pdf

Όπως όλα τα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έτσι και τα φωτοβολταϊκά συστήματα παρουσιάζουν μείωση της απόδοσης τους με την πάροδο των ετών λειτουργίας τους. Συγκεκριμένα για την εγκατάσταση μας παρατηρώντας την καμπύλη του βαθμού απόδοσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων (εικόνα 4.1) αντιλαμβανόμαστε ότι η απόδοση τους μειώνεται αναλογικά με την πάροδο των ετών. Λαμβάνοντας υπόψη την ποσοστιαία μείωση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων, υπολογίζουμε και συμπληρώνουμε την όγδοη στήλη. Στην τελευταία σειρά της όγδοης στήλης αναγράφεται η συνολικά παραγόμενη ενέργεια της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης για διάρκεια τριών ετών.[10]

Στην ένατη στήλη αναγράφεται η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας της κατοικίας για κάθε τετράμηνο η οποία προκύπτει αφαιρώντας την εγχεόμενη στο δίκτυο ηλεκτρική ενέργεια (τέταρτη στήλη) από το άθροισμα της απορροφημένης και της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (τρίτη και όγδοη στήλη). Στην τελευταία γραμμή της ένατης στήλης αναγράφεται το άθροισμα της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται στην κατοικία για διάρκεια τριών ετών.[22]

Ποσότητες ενέργειας (kWh)								
Στήλη 1	Στήλη 2	Στήλη 3	Στήλη 4	Στήλη 5	Στήλη 6	Στήλη 7	Στήλη 8	Στήλη 9
Έτος	Τετράμηνο	Απορροφημένη (Α)	Εγχεόμενη (Ε)	Συμψηφισζόμενη (N=A-E)	Χρεωστέα	Πιστούμενη διαφορά	Παραγόμενη (Π)	Κατανάλωση (K=A+Π-E)
1 ^ο	A	1990	3105	-1115	0	1115	4318	3203
	B	1800	2897	-1097	0	2212	6562	5465
	Γ	2452	3007	-555	0	2767	3887	3332
2 ^ο	A	1996,09	3093,5	-1097,41	0	3864,41	4292,83	3195,42
	B	1840	2914,5	-1074,5	0	4938,91	6523,74	5449,24
	Γ	2490	2999	-509	0	5447,91	3864,34	3355,34
3 ^ο	A	2246	2849	-603	0	6050,91	4267,65	3664,65
	B	1646,18	2745	-1098,82	0	7149,73	6485,49	5386,67
	Γ	2008	2901	-893	0	8042,73	3841,68	2948,68
ΤΡΙΕΤΙΑ		18468,27	27021	-8042,73	0	0	44042	36000

Πίνακας 4.4: Αποτελέσματα πρώτου, δεύτερου και τρίτου έτους [22]

Ποσότητες ενέργειας (kWh)								
Στήλη 1	Στήλη 2	Στήλη 3	Στήλη 4	Στήλη 5	Στήλη 6	Στήλη 7	Στήλη 8	Στήλη 9
Έτος	Τετράμηνο	Απορροφημένη (A)	Εγχεόμενη (E)	Συμψηφιζόμενη (N=A-E)	Χρεωστέα	Πιστούμενη διαφορά	Παραγόμενη (Π)	Κατανάλωση (K=A+Π-E)
4 ^ο	A	2020	2980	-960	0	960	4242,48	3282,48
	B	1988,27	2801	-812,73	0	1772,73	6447,23	5634,5
	Γ	2163	2899	-736	0	2508,73	-3819,02	3083,02
5 ^ο	A	1994,73	3054	-1059,63	0	3568,36	-4217,3	3157,67
	B	2110	2944	-834	0	4402,36	6408,97	5574,97
	Γ	2376	2905	-529	0	4931,36	3796,36	3267,36
6 ^ο	A	2142	3022	-880	0	5811,36	4192,13	3312,13
	B	2015	2999	-984	0	6795,36	6370,72	5386,72
	Γ	2450,46	2923	-472,54	0	7627,9	3773,69	3301,15
ΤΡΙΕΤΙΑ		19259,10	26527	-7267,9	0	0	43267,9	36000

Πίνακας 4.5: Αποτελέσματα τέταρτου, πέμπτου και έχτου έτους [22]

Ποσότητες ενέργειας (kWh)								
Στήλη 1	Στήλη 2	Στήλη 3	Στήλη 4	Στήλη 5	Στήλη 6	Στήλη 7	Στήλη 8	Στήλη 9
Έτος	Τετράμηνο	Απορροφημένη (A)	Εγχεόμενη (E)	Συμψηφιζόμενη (N=A-E)	Χρεωστέα	Πιστούμενη διαφορά	Παραγόμενη (Π)	Κατανάλωση (K=A+Π-E)
7 ^ο	A	1916,55	2875	-958,45	0	958,45	4166,96	3208,51
	B	2050	2801	-751	0	1709,45	6332,46	5581,46
	Γ	2480	3021	-541	0	2250,45	3751,03	3210,03
8 ^ο	A	2290	2689	-399	0	2649,45	4141,78	3742,78
	B	2100	2846	-746	0	3395,45	6294,2	5548,2
	Γ	1995,65	3015	-1019,35	0	4414,8	3728,37	2709,02
9 ^ο	A	2336	3027	-691	0	5105,8	4116,61	3425,61
	B	1800,73	2969	-1168,27	0	6274,07	6255,95	5087,68
	Γ	2794	3013	-219	0	6493,07	3705,71	3486,71
ΤΡΙΕΤΙΑ		19762,93	26256	-6493,07	0	0	42493,07	36000

Πίνακας 4.6: Αποτελέσματα έβδομου, όγδοου και ένατου έτους [22]

Ποσότητες ενέργειας (kWh)								
Στήλη 1	Στήλη 2	Στήλη 3	Στήλη 4	Στήλη 5	Στήλη 6	Στήλη 7	Στήλη 8	Στήλη 9
Έτος	Τετράμηνο	Απορροφημένη (A)	Εγχεόμενη (E)	Συμψηφιζόμενη (N=A-E)	Χρεωστέα	Πιστούμενη διαφορά	Παραγόμενη (Π)	Κατανάλωση (K=A+Π-E)
10°	A	2381	2755	-374	0	374	4091,43	3717,43
	B	1804,83	2553	-748,17	0	1122,17	6217,69	5469,52
	Γ	2107	2977	-870	0	1992,17	3683,05	2813,05
11°	A	2205	2889	-684	0	2676,17	4066,26	3382,26
	B	2230	2972	-742	0	3418,17	6179,44	5437,44
	Γ	2450,91	2931	-480,09	0	3898,26	3660,39	3180,3
12°	A	2190	2797	-607	0	4505,26	4041,09	3434,09
	B	1918	2799	-881	0	5386,26	6141,18	5260,18
	Γ	2650	2982	-332	0	5718,26	3637,73	3305,73
ΤΡΙΕΤΙΑ		19936,74	25655	-5718,26	0	0	41718,26	36000

Πίνακας 4.7: Αποτελέσματα δέκατου, ενδέκατου και δωδέκατου έτους [22]

Ποσότητες ενέργειας (kWh)								
Στήλη 1	Στήλη 2	Στήλη 3	Στήλη 4	Στήλη 5	Στήλη 6	Στήλη 7	Στήλη 8	Στήλη 9
Έτος	Τετράμηνο	Απορροφημένη (A)	Εγχεόμενη (E)	Συμψηφιζόμενη (N=A-E)	Χρεωστέα	Πιστούμενη διαφορά	Παραγόμενη (Π)	Κατανάλωση (K=A+Π-E)
13°	A	2345,1	2643	-297,9	0	279,9	4015,91	3718,01
	B	1796	2741	-945	0	1242,9	6102,92	5157,92
	Γ	2450	2941	-491	0	1733,9	3615,07	3124,07
14°	A	2376,19	2522	-145,81	0	1879,71	3990,74	3844,93
	B	1886	2902	-1016	0	2895,71	6064,67	5048,67
	Γ	2450	2936	-486	0	3381,71	3592,4	3106,4
15°	A	1923	2497	-574	0	3955,71	3965,56	3391,56
	B	1794	2652	-858	0	4813,71	6026,41	5168,41
	Γ	1731,29	1861	-129,71	0	4943,42	3569,74	3440,03
ΤΡΙΕΤΙΑ		18751,58	23695	-4943,42	0	0	40943,42	36000

Πίνακας 4.8: Αποτελέσματα δέκατου τρίτου, δέκατου τέταρτου και δέκατου πέμπτου έτους [22]

Ποσότητες ενέργειας (kWh)								
Στήλη 1	Στήλη 2	Στήλη 3	Στήλη 4	Στήλη 5	Στήλη 6	Στήλη 7	Στήλη 8	Στήλη 9
Έτος	Τετράμηνο	Απορροφημένη (A)	Εγχεόμενη (E)	Συμψηφιζόμενη (N=A-E)	Χρεωστέα	Πιστούμενη διαφορά	Παραγόμενη (Π)	Κατανάλωση (K=A+Π-E)
16°	A	1966	2416	-450	0	450	3940,39	3490,39
	B	1799	2803	-1004	0	1454	5988,15	4984,15
	Γ	1937,38	1959	-21,62	0	1475,62	3547,08	3525,46
17°	A	1922	2157	-235	0	1710,62	3915,22	3680,22
	B	1804	2840	-1036	0	2746,62	5949,9	4913,9
	Γ	2075,46	2194	-118,54	0	2865,16	3524,42	3405,88
18°	A	2129,56	2331	-201,44	0	3066,6	3890,04	3688,6
	B	1799	2714	-915	0	3981,6	5911,64	4996,64
	Γ	2153	2340	-187	0	4168,6	3501,76	3314,76
ΤΡΙΕΤΙΑ		17585,4	21754	-4168,6	0	0	40168,6	36000

Πίνακας 4.9: Αποτελέσματα δέκατου έχτου, δέκατου έβδομου και δέκατου όγδοου έτους [22]

Ποσότητες ενέργειας (kWh)								
Στήλη 1	Στήλη 2	Στήλη 3	Στήλη 4	Στήλη 5	Στήλη 6	Στήλη 7	Στήλη 8	Στήλη 9
Έτος	Τετράμηνο	Απορροφημένη (A)	Εγχεόμενη (E)	Συμψηφιζόμενη (N=A-E)	Χρεωστέα	Πιστούμενη διαφορά	Παραγόμενη (Π)	Κατανάλωση (K=A+Π-E)
19°	A	2174,32	2355	-180,68	0	180,68	3864,87	3984,19
	B	1824	2751	-927	0	1107,68	5873,38	4946,38
	Γ	2801,33	2911	-109,67	0	1217,35	3479,1	3369,43
20°	A	2335,37	2464	-128,63	0	1345,98	3839,7	3711,07
	B	1805	2745	-940	0	2285,98	5835,13	4895,13
	Γ	2919,36	2982	-62,64	0	2348,62	3456,44	3393,8
21°	A	1933	2043	-110	0	2458,62	3814,52	3704,52
	B	1904	2755	-851	0	3309,62	5796,87	4945,87
	Γ	2057,83	2142	-84,17	0	3397,79	3433,78	3349,61
ΤΡΙΕΤΙΑ		19754,21	23148	-3393,79	0	0	39393,79	36000

Πίνακας 4.10: Αποτελέσματα δέκατου ένατου, εικοστού και εικοστού πρώτου έτους [22]

Ποσότητες ενέργειας (kWh)								
Στήλη 1	Στήλη 2	Στήλη 3	Στήλη 4	Στήλη 5	Στήλη 6	Στήλη 7	Στήλη 8	Στήλη 9
Έτος	Τετράμηνο	Απορροφημένη (Α)	Εγγεόμενη (Ε)	Συμψηφιζόμενη (N=A-E)	Χρεωστέα	Πιστούμενη διαφορά	Παραγόμενη (Π)	Κατανάλωση (K=A+Π-E)
22°	A	2107	2164,54	-57,54	0	57,54	3789,35	3731,81
	B	1856	2700	-844	0	901,54	5758,61	4914,61
	Γ	2797,47	2855	-57,53	0	959,07	3411,11	3353,58
23°	A	1922	2189	-267	0	1226,07	3764,17	3497,17
	B	1888	2440,98	-552,98	0	1779,05	5720,36	5167,38
	Γ	2900	2953	-53	0	1832,05	3388,45	3335,45
24°	A	1966	1974	-8	0	1840,05	3739	3731
	B	1824	2508	-684	0	2524,05	5682,1	4998,1
	Γ	2205,11	2300	-94,89	0	2618,94	3365,79	3270,9
ΤΡΙΕΤΙΑ		19465,58	22084,52	-2618,94	0	0	38618,94	36000

Πίνακας 4.11: Αποτελέσματα εικοστού δεύτερου, εικοστού τρίτου και εικοστού τέταρτου έτους [22]

Ποσότητες ενέργειας (kWh)								
Στήλη 1	Στήλη 2	Στήλη 3	Στήλη 4	Στήλη 5	Στήλη 6	Στήλη 7	Στήλη 8	Στήλη 9
Έτος	Τετράμηνο	Απορροφημένη (Α)	Εγγεόμενη (Ε)	Συμψηφιζόμενη (N=A-E)	Χρεωστέα	Πιστούμενη διαφορά	Παραγόμενη (Π)	Κατανάλωση (K=A+Π-E)
25°	A	1756	1780	-24	0	24	3713,83	3689,83
	B	1766	2337,8	-571,8	0	595,8	5643,84	5072,04
	Γ	1800	1905	-105	0	700,8	3343,13	3238,13
ΣΥΝΟΛΟ		5322	6022,8	-700,8	0	0	12700	9933

Πίνακας 4.12: Αποτελέσματα εικοστού πέμπτου έτους [22]

Στη συνέχεια θα υπολογίσουμε το χρηματικό ποσό που θα προκύψει στους λογαριασμούς του ηλεκτρικού ρεύματος και θα πρέπει να καταβάλει ο ιδιοκτήτης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης σε βάθος είκοσι πέντε ετών του προγράμματος του ενεργειακού συμψηφισμού.

Όπως προαναφέρθηκε στην παρούσα παράγραφο δεν προκύπτει ποσό χρεωστέας ηλεκτρικής ενέργειας. Επομένως ο ιδιοκτήτης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης δεν καλείται να πληρώσει κάποιο χρηματικό ποσό για χρεωστέα ηλεκτρική ενέργεια.

Στους παρακάτω πίνακες (πίνακας 4.13 έως 4.21) αναφέρονται αναλυτικά τα ποσά που θα προκύψουν στους λογαριασμούς για την χρέωση του ηλεκτρικού ρεύματος.

Αρχικά θα υπολογίσουμε τα χρηματικά ποσά για την χρέωση των ρυθμιζόμενων χρεώσεων για τις υπηρεσίες κοινής ωφέλειας (στήλη 3) οι οποίες υπολογίζονται με βάση τις κιλοβατώρες της κατανάλωσης. [23]

Τα αναγραφόμενα ποσά στην στήλη 3 προκύπτουν από τον πολλαπλασιασμό των κιλοβατώραν κατανάλωσης με την χρέωση για την μία κιλοβατώρα που είναι 0,04488 ευρώ. [41]

Έπειτα υπολογίζουμε τα χρηματικά ποσά για τις ρυθμιζόμενες χρεώσεις για τη χρήση του ηλεκτρικού δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (στήλη 4) τα οποία βασίζονται στις κιλοβατώρες της απορροφημένης από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.[23]

Η χρέωση για τη χρήση του ελληνικού δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται από την εξίσωση 4.1:

[κιλοβατώρες συμφωνημένης ισχύς x ημέρες καταμέτρησης/365 x Μοναδιαία πάγια χρέωση] + [κιλοβατώρες χρέωσης x Μοναδιαία μεταβλητή χρέωση].[42] – (Εξίσωση 4.1)

Η μοναδιαία πάγια χρέωση για τη χρήση του ελληνικού δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας είναι 0,16 ευρώ για κάθε κιλοβολταμπέρ συμφωνημένης ισχύος παροχής της εγκατάστασης. Η μοναδιαία μεταβλητή χρέωση για τη χρήση του ελληνικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας είναι 0,563 λεπτά για κάθε κιλοβατώρα.[41]

Ακολούθως υπολογίζουμε τα χρηματικά ποσά για τις ρυθμιζόμενες χρεώσεις για τη χρήση του ελληνικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (στήλη 5) τα οποία βασίζονται στις κιλοβατώρες της απορροφημένης ενέργειας από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.[23]

Η χρέωση για τη χρήση του ελληνικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται από την εξίσωση 4.2.

[κιλοβατώρες συμφωνημένης ισχύς x ημέρες καταμέτρησης/365 x Μοναδιαία πάγια χρέωση] + κιλοβατώρες χρέωσης x Μοναδιαία μεταβλητή χρέωση/συντελεστή ισχύος.[42] – (Εξίσωση 4.2)

Η μοναδιαία πάγια χρέωση για τη χρήση του ελληνικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας είναι 0,56 ευρώ για κάθε κιλοβολταμπέρ συμφωνημένης ισχύος παροχής της εγκατάστασης. Η μοναδιαία μεταβλητή χρέωση για τη χρήση του ελληνικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας είναι 2,14 λεπτά για κάθε κιλοβατώρα.[41]

Στη συνέχεια υπολογίζουμε τα χρηματικά ποσά για τις ρυθμιζόμενες χρεώσεις σχετικά με το ειδικό τέλος εκπομπών αέριων ρύπων (στήλη 6) το οποίο υπολογίζεται με βάση τις κιλοβατώρες της απορροφημένης ηλεκτρικής ενέργειας από το κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης.[23]

Για να υπολογίσουμε τη χρέωση για το ειδικό τέλος εκπομπών αέριων ρύπων λαμβάνουμε υπόψη την χρέωση της μίας κιλοβατώρας που είναι 0,02477 ευρώ.[41]

Επίσης στην κατηγορία των ρυθμιζόμενων χρεώσεων συμπεριλαμβάνονται και οι λοιπές ρυθμιζόμενες χρεώσεις (στήλη 7) τις οποίες θα υπολογίσουμε με βάση τις κιλοβατώρες της απορροφημένης ηλεκτρικής ενέργειας από το κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης. [23]

Στους υπολογισμούς μας για το χρηματικό ποσό των λοιπών ρυθμιζόμενων χρεώσεων λαμβάνουμε υπόψη μας την τιμή χρέωσης για την μια κιλοβατώρα που είναι 0,00046 ευρώ. [43]

Έπειτα υπολογίζουμε τον ειδικό φόρο κατανάλωσης (στήλη 8). Το αναμενόμενο ποσό προκύπτει εάν πολλαπλασιάσουμε τις κιλοβατώρες κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος με τη μοναδιαία χρέωση της κιλοβατώρας που είναι 0,0022 ευρώ.[43]

Στη συνέχεια υπολογίζουμε την χρέωση για το ειδικό τέλος 5% (στήλη 9) που δίνεται από την εξίσωση 4.3 . Το ειδικό τέλος 5% δεν υπάγεται σε χρέωση φόρου προστιθέμενης αξίας. [44]

Αξία ηλεκτρικού ρεύματος – Ειδικό τέλος εκπομπών αέριων ρύπων + Αξία ειδικού φόρου κατανάλωσης x 0,005. [44] – [Εξίσωση 4.3]

Στη δέκατη στήλη αναγράφονται συνολικά τα ποσά των χρεώσεων της ηλεκτρικής ενέργειας συμπεριλαμβανομένου του φόρου προστιθέμενης αξίας 13 %.[43]

Από την πρόσθεση των χρεώσεων προκύπτει το ποσό των 26210,24 ευρώ προς πληρωμή για τα είκοσι πέντε έτη που διαρκεί το πρόγραμμα του ενεργειακού συμφηφισμού.

Χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας (ευρώ)									
Στήλη 1	Στήλη 2	Στήλη 3	Στήλη 4	Στήλη 5	Στήλη 6	Στήλη 7	Στήλη 8	Στήλη 9	Στήλη 10
Έτος	Τετράμηνο	Χρέωση για υπηρεσίες κοινής ωφέλειας	Χρέωση για χρήση του συστήματος μεταφοράς	Χρέωση για χρήση του δικτύου διανομής	Ειδικό τέλος μείωσης εκπομπών αέριων ρύπων	Λοιπές ρυθμιζόμενες χρεώσεις	Ειδικός φόρος κατανάλωσης	Ειδικό τέλος 5%	Συνολικό ποσό χρέωσης
1 ^ο	A	143,75	12,51	47,18	49,29	0,91	7,04	10,92	305,52
	B	245,26	11,44	43,12	44,58	0,82	12,02	16,23	419,96
	Γ	149,54	15,11	57,07	60,73	1,12	7,33	11,87	340,59
2 ^ο	A	143,41	12,54	47,31	49,44	0,91	7,02	10,91	305,46
	B	244,56	11,66	43,97	45,57	0,84	11,98	16,24	421,48
	Γ	150,58	15,32	57,88	61,67	1,14	7,38	11,98	344,17
3 ^ο	A	164,46	13,95	52,66	55,63	1,03	8,06	12,41	346,67
	B	241,75	10,57	39,82	40,77	0,75	11,85	15,82	406,30
	Γ	132,33	12,61	47,57	49,73	0,92	6,48	10,31	292,44
ΤΡΙΕΤΙΑ		1615,68	115,76	436,62	457,45	8,49	79,2	116,73	3182,63

Πίνακας 4.13: Χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας για το πρώτο, δεύτερο και τρίτο έτος.

Χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας (ευρώ)									
Στήλη 1	Στήλη 2	Στήλη 3	Στήλη 4	Στήλη 5	Στήλη 6	Στήλη 7	Στήλη 8	Στήλη 9	Στήλη 10
Έτος	Τετράμηνο	Χρέωση για υπηρεσίες κοινής ωφέλειας	Χρέωση για χρήση του συστήματος μεταφοράς	Χρέωση για χρήση του δικτύου διανομής	Ειδικό τέλος μείωσης εκπομπών αέριων ρύπων	Λοιπές ρυθμιζόμενες χρεώσεις	Ειδικός φόρος κατανάλωσης	Ειδικό τέλος 5%	Συνολικό ποσό χρέωσης
4 ^ο	A	147,31	12,68	47,82	50,03	0,92	7,22	11,15	311,74
	B	252,87	12,50	47,14	49,24	0,91	12,39	16,91	440,74
	Γ	138,36	13,48	50,88	53,57	0,99	6,78	10,86	309,27
5 ^ο	A	141,71	12,53	47,27	49,40	0,91	6,94	10,81	303,24
	B	250,2	13,18	49,75	52,26	0,97	12,26	16,93	444,80
	Γ	146,63	14,68	55,44	58,85	1,09	7,18	11,61	332,39
6 ^ο	A	148,64	13,36	50,43	53,05	0,98	7,28	11,39	320,75
	B	241,75	12,65	47,72	49,91	0,92	11,85	16,33	428,59
	Γ	148,15	15,10	57,03	60,69	1,12	7,26	11,79	338,77
ΤΡΙΕΤΙΑ		1615,68	120,21	405,71	477,04	8,85	79,2	117,81	3230,34

Πίνακας 4.14: Χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας για το τέταρτο, πέμπτο και έβδομο έτος.

Χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας (ευρώ)									
Στήλη 1	Στήλη 2	Στήλη 3	Στήλη 4	Στήλη 5	Στήλη 6	Στήλη 7	Στήλη 8	Στήλη 9	Στήλη 10
Έτος	Τετράμηνο	Χρέωση για υπηρεσίες κοινής ωφέλειας	Χρέωση για χρήση του συστήματος μεταφοράς	Χρέωση για χρήση του δικτύου διανομής	Ειδικό τέλος μείωσης εκπομπών αέριων ρύπων	Λοιπές ρυθμιζόμενες χρεώσεις	Ειδικός φόρος κατανάλωσης	Ειδικό τέλος 5%	Συνολικό ποσό χρέωσης
7 ^ο	A	143,99	12,1	45,61	47,47	0,88	7,05	8,46	245,38
	B	250,49	12,85	48,47	50,77	0,94	12,27	14,32	381,63
	Γ	144,06	15,27	57,67	61,42	1,14	7,06	8,54	263,02
8 ^ο	A	167,97	14,20	53,60	56,72	1,05	8,23	9,82	286,75
	B	249	13,13	49,54	52,01	0,96	12,20	14,25	381,33
	Γ	121,58	12,54	47,30	49,43	0,91	5,95	7,24	220,02
9 ^ο	A	153,74	14,46	54,59	57,86	1,07	7,53	9,05	270,54
	B	228,33	11,44	43,13	44,60	0,82	11,19	13,07	346,36
	Γ	156,48	17,04	64,39	69,20	1,28	7,67	9,26	288,21
ΤΡΙΕΤΙΑ		1615,68	123,05	464,32	489,52	9,09	79,2	94,04	2683,28

Πίνακας 4.15: Χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας για το έβδομο, όγδοο και ένατο έτος.

Χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας (ευρώ)									
Στήλη 1	Στήλη 2	Στήλη 3	Στήλη 4	Στήλη 5	Στήλη 6	Στήλη 7	Στήλη 8	Στήλη 9	Στήλη 10
Έτος	Τετράμηνο	Χρέωση για Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας	Χρέωση για χρήση του συστήματος μεταφοράς	Χρέωση για χρήση του δικτύου διανομής	Ειδικό τέλος μείωσης εκπομπών αέριων ρύπων	Λοιπές ρυθμιζόμενες χρεώσεις	Ειδικός φόρος κατανάλωσης	Ειδικό τέλος 5%	Συνολικό ποσό χρέωσης
10 ^ο	A	166,83	14,71	55,55	58,97	1,09	8,17	12,72	357,75
	B	245,47	11,47	43,22	44,70	0,83	12,03	16,25	420,52
	Γ	126,24	13,17	49,68	52,19	0,96	6,18	10,12	290,86
11 ^ο	A	151,79	13,72	51,78	54,61	1,01	7,44	11,65	328,47
	B	244,03	13,86	52,32	55,23	1,02	11,96	16,75	444,39
	Γ	142,73	15,10	57,04	60,70	1,12	6,99	11,49	332,06
12 ^ο	A	154,12	13,63	51,46	54,24	1	7,55	11,76	330,45
	B	236,07	12,10	45,64	47,50	0,88	11,57	15,89	415,67
	Γ	148,36	16,22	61,31	65,64	1,21	7,27	12,08	351,09
ΤΡΙΕΤΙΑ		1615,68	124,03	468,04	493,83	9,17	79,2	118,75	3271,29

Πίνακας 4.16: Χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας για το δέκατο, ενδέκατο και δωδέκατο έτος.

Χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας (ευρώ)									
Στήλη 1	Στήλη 2	Στήλη 3	Στήλη 4	Στήλη 5	Στήλη 6	Στήλη 7	Στήλη 8	Στήλη 9	Στήλη 10
Έτος	Τετράμηνο	Χρέωση για Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας	Χρέωση για χρήση του συστήματος μεταφοράς	Χρέωση για χρήση του δικτύου διανομής	Ειδικό τέλος μείωσης εκπομπών αέριων ρύπων	Λοιπές ρυθμιζόμενες χρεώσεις	Ειδικός φόρος κατανάλωσης	Ειδικό τέλος 5%	Συνολικό ποσό χρέωσης
13°	A	166,86	14,51	54,78	58,08	1,07	8,17	12,67	355,61
	B	231,48	11,42	43,03	44,48	0,82	11,34	15,47	402,62
	Γ	140,20	15,10	57,03	60,68	1,12	6,87	11,35	328,9
14°	A	172,56	14,68	55,45	58,85	1,09	8,45	13,03	364,57
	B	226,58	11,92	44,96	46,71	0,86	11,10	15,32	401,97
	Γ	139,41	15,10	57,03	60,68	1,12	6,83	11,31	327,92
15°	A	152,21	12,13	45,75	47,63	0,88	7,46	11,29	311,97
	B	231,95	11,41	42,99	44,43	0,82	11,37	15,49	403,09
	Γ	154,38	11,05	41,64	42,88	0,79	7,56	11,14	303,07
ΤΡΙΕΤΙΑ		1615,68	117,36	442,68	464,47	8,62	79,2	117,12	3199,75

Πίνακας 4.17: Χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας για το δέκατο τρίτο, δέκατο τέταρτο και δέκατο πέμπτο έτος

Χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας (ευρώ)									
Στήλη 1	Στήλη 2	Στήλη 3	Στήλη 4	Στήλη 5	Στήλη 6	Στήλη 7	Στήλη 8	Στήλη 9	Στήλη 10
Έτος	Τετράμηνο	Χρέωση για Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας	Χρέωση για χρήση του συστήματος μεταφοράς	Χρέωση για χρήση του δικτύου διανομής	Ειδικό τέλος μείωσης εκπομπών αέριων ρύπων	Λοιπές ρυθμιζόμενες χρεώσεις	Ειδικός φόρος κατανάλωσης	Ειδικό τέλος 5%	Συνολικό ποσό χρέωσης
16°	A	156,64	12,37	46,67	48,69	0,90	8,10	11,63	320,58
	B	223,68	11,43	43,09	44,56	0,82	10,88	15,03	393,01
	Γ	158,22	12,21	46,05	47,98	0,89	7,41	11,60	319,86
17°	A	165,16	12,13	45,73	47,60	0,88	8,16	12,01	328,06
	B	220,53	11,46	43,20	44,68	0,82	10,76	14,87	389,45
	Γ	152,85	12,99	49,01	51,40	0,95	7,46	11,53	321,93
18°	A	165,54	13,29	50,17	52,74	0,97	8,14	12,31	341
	B	224,24	11,43	43,09	44,56	0,82	10,88	15,06	393
	Γ	148,76	13,43	50,67	53,32	0,99	7,36	11,42	321
ΤΡΙΕΤΙΑ		1615,68	110,79	417,72	435,59	8,08	79,2	115,51	3129

Πίνακας 4.18: Χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας για το δέκατο έβδομο, δέκατο όγδοο και δέκατο ένατο έτος.

Χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας (ευρώ)									
Στήλη 1	Στήλη 2	Στήλη 3	Στήλη 4	Στήλη 5	Στήλη 6	Στήλη 7	Στήλη 8	Στήλη 9	Στήλη 10
Έτος	Τετράμηνο	Χρέωση για Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας	Χρέωση για χρήση του συστήματος μεταφοράς	Χρέωση για χρήση του δικτύου διανομής	Ειδικό τέλος μείωσης εκπομπών αέριων ρύπων	Λοιπές ρυθμιζόμενες χρεώσεις	Ειδικός φόρος κατανάλωσης	Ειδικό τέλος 5%	Συνολικό ποσό χρέωσης
19°	A	165,34	13,55	51,13	53,85	1	8,20	12,37	343,56
	B	221,99	11,57	43,63	45,18	0,83	10,81	14,98	392,46
	Γ	151,22	17,08	64,54	69,38	1,28	7,37	12,44	363,71
20°	A	166,55	14,45	54,57	57,84	1,07	7,69	12,6	354,07
	B	219,69	11,47	43,22	44,70	0,83	11,36	14,89	389,27
	Γ	152,31	17,74	67,07	72,31	1,34	7,33	12,65	372,09
21°	A	166,25	12,19	45,96	47,88	0,88	8,20	12,08	330,05
	B	221,97	12,02	45,34	47,16	0,87	10,99	15,10	397,48
	Γ	150,33	12,89	48,63	50,97	0,94	7,19	11,35	317,56
ΤΡΙΕΤΙΑ		1615,68	123	464,14	489,31	9,08	79,2	118,5	3260,29

Πίνακας 4.19: Χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας για το δέκατο ένατο, εικοστό και εικοστό πρώτο έτος.

Χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας (ευρώ)									
Στήλη 1	Στήλη 2	Στήλη 3	Στήλη 4	Στήλη 5	Στήλη 6	Στήλη 7	Στήλη 8	Στήλη 9	Στήλη 10
Έτος	Τετράμηνο	Χρέωση για Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας	Χρέωση για χρήση του συστήματος μεταφοράς	Χρέωση για χρήση του δικτύου διανομής	Ειδικό τέλος μείωσης εκπομπών αέριων ρύπων	Λοιπές ρυθμιζόμενες χρεώσεις	Ειδικός φόρος κατανάλωσης	Ειδικό τέλος 5%	Συνολικό ποσό χρέωσης
22°	A	167,48	13,17	49,68	52,19	0,96	8,20	12,38	342
	B	220,56	11,75	44,31	45,97	0,85	10,81	14,95	392,7
	Γ	150,50	17,05	64,46	69,29	1,28	7,37	12,4	362,63
23°	A	156,95	12,13	45,73	47,60	0,88	7,69	11,55	317,79
	B	231,91	11,93	45	46,76	0,86	11,36	15,62	408,69
	Γ	149,69	17,63	66,66	71,83	1,33	7,33	12,49	367,83
24°	A	167,44	12,37	46,67	48,69	0,90	8,20	12,18	333,45
	B	224,31	11,57	43,63	45,18	0,83	10,99	15,11	395,41
	Γ	146,79	13,72	51,78	54,62	1,01	7,19	11,38	322,28
ΤΡΙΕΤΙΑ		1615,68	121,38	457,96	482,16	8,95	79,2	118,10	3242,82

Πίνακας 4.20: Χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας για το εικοστό δεύτερο, εικοστό τρίτο και εικοστό τέταρτο έτος.

Χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας (ευρώ)									
Στήλη 1	Στήλη 2	Στήλη 3	Στήλη 4	Στήλη 5	Στήλη 6	Στήλη 7	Στήλη 8	Στήλη 9	Στήλη 10
Έτος	Τετράμηνο	Χρέωση για Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας	Χρέωση για χρήση του συστήματος μεταφοράς	Χρέωση για χρήση του δικτύου διανομής	Ειδικό τέλος μείωσης εκπομπών αέριων ρύπων	Λοιπές ρυθμιζόμενες χρεώσεις	Ειδικός φόρος κατανάλωσης	Ειδικό τέλος 5%	Συνολικό ποσό χρέωσης
25 ^ο	A	165,59	11,19	42,17	43,49	0,80	8,11	11,79	318,48
	B	227,63	11,25	42,39	43,74	0,81	11,15	15,21	396,04
	Γ	145,32	11,44	43,12	44,58	0,82	7,12	10,74	296
Σύνολο		538,56	33,89	127,69	131,82	2,44	26,4	37,76	1010,53

Πίνακας 4.21:Χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας για το εικοστό πέμπτο έτος.

Στο επόμενο στάδιο θα υπολογίσουμε το ετήσιο λειτουργικό κόστος της εγκατάστασης (πίνακας 4.22). Για το πρώτο έτος το λειτουργικό κόστος υπολογίζεται το 1,5% του αρχικού ποσού που δαπανήθηκε για να πραγματοποιηθεί η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Για τα επόμενα έτη υπολογίζεται ετήσια αύξηση 2% για κάθε έτος με βάση το λειτουργικό κόστος του πρώτου έτους. [22]

ΛΕΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	
Έτος	Χρηματικό ποσό (ευρώ)
1 ^ο	196,53
2 ^ο	200,46
3 ^ο	204,39
4 ^ο	208,32
5 ^ο	212,25
6 ^ο	216,18
7 ^ο	220,11
8 ^ο	224,04
9 ^ο	227,97
10 ^ο	231,90
11 ^ο	235,83
12 ^ο	239,76
13 ^ο	243,69
14 ^ο	247,62
15 ^ο	251,55
16 ^ο	255,48
17 ^ο	259,41
18 ^ο	263,35
19 ^ο	267,28
20 ^ο	271,21
21 ^ο	275,14
22 ^ο	279,07

23°	283
24°	286,93
25°	290,86
Σύνολο	6092,43

Πίνακας 4.22: Λειτουργικό κόστος εγκατάστασης

Σε αυτό το σημείο έχουμε την δυνατότητα να υπολογίσουμε το συνολικό ποσό που θα πρέπει να καταβάλει ο ιδιοκτήτης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης συνολικά για τα είκοσι πέντε έτη που διαρκεί το πρόγραμμα του ενεργειακού συμψηφισμού (πίνακας 4.23).

Συνολικό ποσό χρεώσεων	
Αρχικό κόστος εγκατάστασης	13102 ευρώ
Χρεώσεις λογαριασμών ηλεκτρικού ρεύματος	26210,24 ευρώ
Κόστος λειτουργίας εγκατάστασης	6092,43 ευρώ
Συνολικό ποσό	45404,67

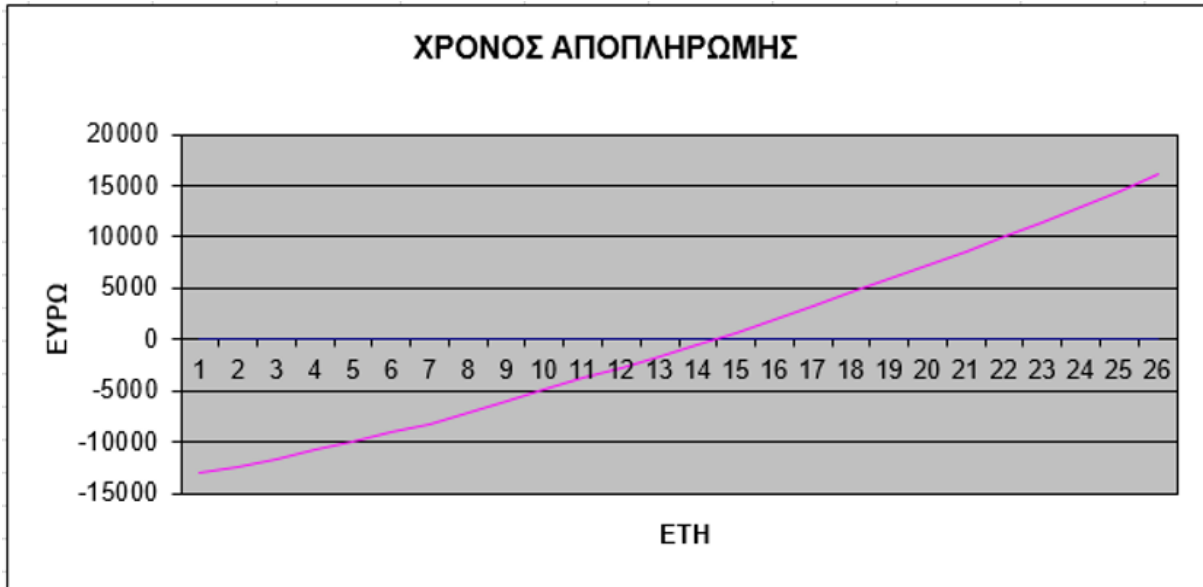
Πίνακας 4.23: Συνολικό ποσό χρεώσεων με το πρόγραμμα του ενεργειακού συμψηφισμού

Στο παρών κεφάλαιο υπολογίσαμε ότι σε περίπτωση που δεν πραγματοποιηθεί η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση και δεν ενταχθεί στο πρόγραμμα του ενεργειακού συμψηφισμού θα προκύψει το ποσό των 61530,64 ευρώ για την χρέωση της ηλεκτρικής ενέργειας που θα καταναλώσει η κατοικία σε διάρκεια 25 ετών. Αφαιρώντας από το προαναφερθέντα χρηματικό ποσό το συνολικό ποσό του πίνακα 4.23 προκύπτει το οικονομικό όφελος των 16125,97 ευρώ για την κατοικία της μελέτης μας με την ένταξη της στο πρόγραμμα του ενεργειακού συμψηφισμού.

Τέλος, θα υπολογίσουμε το χρόνο αποπληρωμής του αρχικού κόστους της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης (πίνακας 4.24). Χρόνος αποπληρωμής είναι το χρονικό διάστημα στο οποίο ο ιδιοκτήτης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης αποκτά ξανά το χρηματικό ποσό που είχε διαθέσει αρχικά για να πραγματοποιηθεί η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. [45]

Ο χρόνος αποπληρωμής υπολογίζεται στα 14 χρόνια (σχεδιάγραμμα 4.1). Στον ιδιοκτήτη της φωτοβολταϊκής δεν θα καταβληθεί κάποιο χρηματικό ποσό για την ηλεκτρική ενέργεια που θα παραχθεί από το φωτοβολταϊκό σύστημα και θα διοχετευθεί στο κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης.

Ετήσιο οικονομικό όφελος θεωρείται το χρηματικό ποσό που εξοικονομείται σε ετήσια βάση από την ένταξη στο πρόγραμμα του ενεργειακού συμψηφισμού. Συγκεκριμένα η διαφορά του χρηματικού ποσού που πρέπει να καταβληθεί για την περίπτωση της μη ένταξης στο ενεργειακό συμψηφισμό ετησίως με το άθροισμα του ετήσιου κόστους συντήρησης και του χρηματικού ποσού που προκύπτει στους λογαριασμούς του ηλεκτρικού ρεύματος με ένταξη στο πρόγραμμα του ενεργειακού συμψηφισμού σε ετήσια βάση.



Σχεδιάγραμμα 4.1: Χρόνος αποπληρωμής φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

ΣΧΟΛΙΑ –ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι ότι με τη χρήση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας στις στέγες των κτιρίων απορρέουν τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά οφέλη.

Η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή φωτοβολταϊκών πλαισίων με μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης και με παραγωγικές διεργασίες που μειώνουν το κόστος τους. Λαμβάνοντας υπόψη τα προαναφερθέντα σε συνδυασμό με την ανεξάντλητη ποσότητα ηλιακής ενέργειας που υπάρχει διαθέσιμη προς αξιοποίηση, γίνετε αντιληπτό ότι η περαιτέρω ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων αποτελεί πρωταρχικό σκοπό.

Όσο μεγαλύτερη είναι η διείσδυση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας τόσο θα μειώνετε η χρήση των συμβατικών και ρυπογόνων καυσίμων που τα αποθέματα τους εξαντλούνται. Κατά αυτόν τον τρόπο συμβάλουμε στην αιεφόρο και βιώσιμη ανάπτυξη της κοινωνίας καθώς και στην ενεργειακή ανεξαρτησίας της.

Η πολιτεία θεσμοθετώντας νέα προγράμματα και δίνοντας οικονομικά κίνητρα και επιδοτήσεις θα ενθαρρύνει το ενδιαφέρον των καταναλωτών ώστε να εγκαταστήσουν φωτοβολταϊκά στις κατοικίες τους. Τέλος, τα εκπαιδευτικά ιδρύματα της χώρας οργανώνοντας ειδικά προγράμματα εκπαίδευσεως μπορούν να αναλάβουν την κατάρτιση των μηχανικών σχετικά με την τεχνολογία των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων και την εξέλιξη τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Ιωάννης Κ. Καλδέλλης, Κοσμάς Καββαδίας**, Εργαστηριακές Εφαρμογές Ήπιων Μορφών Ενέργειας, Εκδόσεις. ΑΘ. ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ, Αθήνα 2001.
2. **Βασίλης Μαλάμης**, Αυτόνομες Εφαρμογές Ηλιακής Ενέργειας Μικρού & Μεσαίου Μεγέθους, 1999: Εκδόσεις ΙΩΝ Στέλλα Παρίκου & ΣΙΑ Ο.Ε.
3. **Ι.Ε. Φραγκιαδάκης**, Φωτοβολταϊκά Συστήματα. Τρίτη έκδοση 2009, Α΄ ανατύπωση Μάρτιος 2011, Εκδόσεις ΖΗΤΗ – ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ.
4. **Βασίλειος Δ. Μπιτζιώνης, Δημήτριος Β. Μπιτζιώνης**, Εναλλακτικές Μορφές Ενέργειας, 2011 – ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ.
5. **Δρ Ι.Κ. Καλδέλλης – Επιμέλεια Κ.Α. Καββαδίας**, Διδακτικές σημειώσεις για το μάθημα ήπιες μορφές ενέργειας Ι, τεύχος Α΄ - Ηλιακή ακτινοβολία, Πειραιάς Δεκέμβριος 2007.
6. **Κ. Καγκαράκης**, Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1987.
7. **Greenpeace**, Ηλιακός ηλεκτρισμός στο σπίτι σας, Ένας πρακτικός οδηγός από την Greenpeace για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων – Μάιος 2005.
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKewiO7OWi3JjeAhWCqlsKHW1pBUUQFjAAegQIABAC&url=http%3A%2F%2Fwww.solarwind.gr%2Fgreenpeace.doc&usq=AOvVaw3YmMZNp6zCK9mlenC9vjgY>
8. **Πράσινη αντίληψη**, Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα φωτοβολταϊκών συστημάτων.
<http://greenmindset.cti.gr/advantages-and-disantadvantages>
9. **ΒΙΚΙΒΙΒΛΙΑ**, Χρήση Φωτοβολταϊκών συστημάτων και παραγωγή ενέργειας στην Ευρώπη.
https://el.wikibooks.org/wiki/%CE%A7%CF%81%CE%AE%CF%83%CE%B7_%CE%A6%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CF%8E%CE%BD_%CE%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD_%CE%BA%CE%B1%CE%B9_%CE%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82_%CE%83%CF%84%CE%B7%CE%BD_%CE%95%CF%85%CF%81%CF%8E%CF%80%CE%B7#%CE%A0%CE%BB%CE%B5%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1_%CE%A6%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%BD
10. **Τεχνικό φυλλάδιο φωτοβολταϊκών πλαισίων Upsolar**
http://www.upsolar.com/products_pdf/UP-EN-US-062015_V3_ALL.pdf
11. **Τεχνικό φυλλάδιο φωτοβολταϊκών πλαισίων ReneSola**
[http://www.renesola.com/file/Global/product/pdf/Virtus%20II\(5bb\)315W-335W\(1100mm\).pdf](http://www.renesola.com/file/Global/product/pdf/Virtus%20II(5bb)315W-335W(1100mm).pdf)

12. Α.Νεοκλέους M.Sc. – Σ.Π. Κωνσταντινίδη M.Sc., M. Ed, Μετατροπή της Ηλιακής Ενέργειας σε Ηλεκτρική με Φωτοβολταϊκά Συστήματα – ΕΚΔΟΣΕΙΣ “ΙΩΝ”.

13. Ι.Κ Καλδέλλης, Κ.Α Καββαδίας, Ήπιες μορφές ενέργειας II, Τεύχος πρώτο, Αυτόνομες υβριδικές εγκαταστάσεις ήπιων μορφών ενέργειας, Μέρος Γ, Εφαρμογές φωτοβολταϊκών, Πειραιάς – Νοέμβριος 2005.

14. Τεχνική εκλογή, Μηνιαίο περιοδικό για τον μηχανικό & τεχνικό εγκαταστάτη – Σεπτέμβριος 2010, τεύχος 518.

15. Δρ. Πέτρος Καραϊσάς, Φωτοβολταϊκά συστήματα & ανανεώσιμες πηγές ενέργειας – Ινστιτούτο μικρών επιχειρήσεων, Γενική συνομοσπονδία επαγγελματιών βιοτεχνών εμπόρων
Ελλάδας. https://imegsevee.gr/wp-content/uploads/2018/01/fotovoltaika_systimata.pdf

16. ΔΕΔΔΗΕ, Πληροφοριακό Δελτίο – Για τη σύνδεση φωτοβολταϊκού σταθμού από αυτοπαραγωγό με ενεργειακό συμψηφισμό στο Δίκτυο ΧΤ (Net metering).
<https://www.deddie.gr/Documents2/Fotovoltaika/FV%20net%20metering/%CE%A0%CE%BB%CE%B7%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%20CE%94%CE%B5%CE%BB%CF%84%CE%AF%CE%BF%20CE%A7%CE%A4%20CE%B3%CE%B9%CE%B1%20CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%20CF%83%CF%85%CE%BC%CF%88%CE%B7%CF%86%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%2023.06.2017.pdf>

17. ΔΕΔΔΗΕ, Ενημερωτικό σημείωμα για τη σύνδεση ΦΒ συστημάτων αυτοπαραγωγής με ενεργειακό συμψηφισμό σε εγκαταστάσεις Χρηστών του Δικτύου ΜΤ.
[https://www.deddie.gr/Documents2/net%20metering/%CE%95%CE%BD%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CF%81%CF%89%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%20CF%83%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%AF%CF%89%CE%BC%CE%B1%20CE%B3%CE%B9%CE%B1%20CF%84%CE%B7%20CF%83%CF%8D%CE%BD%CE%B4%CE%B5%CF%83%CE%B7%20CE%A6%CE%92%20CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE%CF%82%20CF%83%CE%B5%20CE%A7%CF%81%CE%AE%CF%83%CF%84%CE%B5%CF%82%20CE%9C%CE%A4%20CE%93%CE%A4%20CE%9A%CE%9C%20v4%20\(3\).pdf](https://www.deddie.gr/Documents2/net%20metering/%CE%95%CE%BD%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CF%81%CF%89%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%20CF%83%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%AF%CF%89%CE%BC%CE%B1%20CE%B3%CE%B9%CE%B1%20CF%84%CE%B7%20CF%83%CF%8D%CE%BD%CE%B4%CE%B5%CF%83%CE%B7%20CE%A6%CE%92%20CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE%CF%82%20CF%83%CE%B5%20CE%A7%CF%81%CE%AE%CF%83%CF%84%CE%B5%CF%82%20CE%9C%CE%A4%20CE%93%CE%A4%20CE%9A%CE%9C%20v4%20(3).pdf)

18. Κυριάκος Γ.Σιδεράκης, Επίκουρος Καθηγητής ΤΕΙ Κρήτης - «Αντικεραυνική προστασία και γειώσεις σε φωτοβολταϊκά συστήματα» - Πρόγραμμα επικαιροποίησης γνώσεων αποφοίτων
«ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ».
<https://www.openbook.gr/antikerayniki-prostasia-kai-geiwseis-se-fwtovoltaika-systimata/>

19. Ανδρέας Δημητρίου – Χαράλαμπος Α. Χαραλάμπους, Πανεπιστήμιο Κύπρου – Τεχνικό Εγχειρίδιο Αντικεραυνικής Προστασίας & Προστασίας από Υπερτάσεις για Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις Επί Οροφής.

https://www.eac.com.cy/EL/AssociatesServices/Documents/Book%20RoofPV_Mones_HIGH.pdf

20. ΔΕΔΔΗΕ, Φ/Β από αυτοπαραγωγούς με ενεργειακό συμψηφισμό (net metering)- Ανακοινώσεις. <https://www.deddie.gr/el/upiresies/fwtovoltaika-kai-alles-ape/fv-apo-autoparagwgous-me-energeiako-sumpsifismo-ne/enarksi-upodoxis-aitimatwn-sundesis-fwtovoltaikwnJun5201594437320AMJul7201724448767PM>

21. ΔΕΔΔΗΕ, Φ/Β από αυτοπαραγωγούς με ενεργειακό συμψηφισμό (net metering) – Ανακοινώσεις. <https://www.deddie.gr/el/upiresies/fwtovoltaika-kai-alles-ape/fv-apo-autoparagwgous-me-energeiako-sumpsifismo-ne/anakoinoseis-net-metering/enarksi-upodoxis-aitimatwn-sundesis-fwtovoltaikwnj>

22. Σύνδεσμος εταιριών φωτοβολταϊκών, Net metering, Αυτοπαραγωγή με ενεργειακό συμψηφισμό και εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό για ιδιώτες, επιχειρήσεις και ενεργειακές κοινότητες με ή χωρίς αποθήκευσης - Τελευταία ενημέρωση 4 Μαΐου 2018. http://helapco.gr/pdf/HELAPCO_Net_Metering_4May2018.pdf

23. Εφημερίδα της κυβερνήσεως της ελληνικής δημοκρατίας, 5 Μαΐου 2017, Αρ.Φύλλου 1547 – ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ. https://www.deddie.gr/Documents2/Fotovoltaika/FV%20virtual%20metering/YA_%CE%91%CE%A0%CE%95%CE%97%CE%9B_%CE%91_%CE%A61_%CE%BF%CE%B9%CE%BA175067-%CE%A6%CE%95%CE%9A%201547%CE%92_5.5.2017.pdf

24. ΔΕΔΔΗΕ, Συχνές Ερωτήσεις – Απαντήσεις – Στο πλαίσιο της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών σταθμών από αυτοπαραγωγούς με ενεργειακό συμψηφισμό (net metering) – 2^η Αναθ.236.2017.

https://www.deddie.gr/Documents2/Fotovoltaika/FV%20net%20metering/%CE%A3%CF%85%CF%87%CE%BD%CE%AD%CF%82%20%CE%B5%CF%81%CF%89%CF%84%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%20%CE%B1%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%CE%B3%CE%B9%CE%B1%20%20%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%20%CF%83%CF%85%CE%BC%CF%88%CE%B7%CF%86%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C_23.06.2017.pdf

25. ΔΕΔΔΗΕ, Πίνακας 1: Εγκεκριμένοι από το ΔΕΔΔΗΕ τύποι μετρητών. <https://www.deddie.gr/Documents2/net%20metering/%CE%A0%CE%B9%CE%BD%CE%B1%CE%BA%CE%B5%CF%82%20%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CE%B5%CE%BA%CF%81%CE%B9%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CF%89%CE%BD%20%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%B7%CF%84%CF%89%CE%BD%CE%B1%CF%80%CF%8C%20%CE%94%CE%95%CE%94%CE%94%CE%97%CE%95%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%CF%83%CF%85%CE%BC%CE%B2%CE%B1%CF%84%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%20%CE%BC%CE%B5%20%CE%BC%>

[CE%AD%CF%83%CE%B1%20%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CF%89%CE%BD%CE%AF%CE%B1%CF%82\(%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%B8%204%CE%BF%CF%82%20%202016\).pdf](#)

26. ΔΕΔΔΗΕ, Φ/Β από αυτοπαραγωγούς με ενεργειακό συμψηφισμό (net metering) – Έντυπα και Υποδείγματα. <https://www.deddie.gr/el/upiresies/fwtovoltaika-kai-alles-ape/fv-apo-autoparagwous-me-energeiako-sumpsifismo-ne/entipa-ipodeigmata>

27. Πιστοποιητικό φωτοβολταϊκών πλαισίων Upsolar – UP – M260P.
http://www.upsolar.com/uploads/UploadFile/Upsolar%20-CE-%20DoC%20-%202016_20170309.pdf

28. Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας, Τμήμα κεντρικής Μακεδονίας, Μόνιμη Επιτροπή Ενέργειας, Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων. Μέλη Ομάδας Εργασίας: Μωυσής Δαμιανίδης, Η.Μ. – Γεώργιος Κατσαρός, Δρ Η.Μ. – Ματθαίος Τόλης, Μ.Μ. – Φώτιος Στεργίopoulos, Η.Μ. – Θεσσαλονίκη - Απρίλιος 2011.
http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/OMADESERGASIAS/fwtovoltaika_ergwn.pdf

29. Κέντρο ανανεώσιμων πηγών και εξοικονόμησης ενέργειας, Τμήμα φωτοβολταϊκών συστημάτων και διεσπαρμένης παραγωγής, Διεύθυνση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας – Οδηγίες για της εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων σε κτηριακές εγκαταστάσεις – Αύγουστος 2009. http://www.cres.gr/kape/pdf/odigos_pv_systimaton.pdf

30. 1ο Επάλ Σερρών – ΕΛΟΤ HD 384 Έκδοση 2^η.
<http://1epalserron.ser.sch.gr/yliko/elothd384.pdf>

31. Πιστοποιητικό αντιστροφέα Siemens Sinvert PVM10.
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/006/52641006/att_33781/v1/sinvert_certificaties_ENS_PVM10_13_17_20_G59-2_en_2011-08-19.pdf

32. Τεχνικό φυλλάδιο αντιστροφέα Siemens Sinvert PVM10.
http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/rozvod_energie/fotovoltaicke-stridace/opi_sinvert-pvm_2010-07_en.pdf

33. Σύνδεσμος εταιριών φωτοβολταϊκών, Ένας πρακτικός οδηγός για επενδύσεις στα φωτοβολταϊκά – Μάιος 2018 - Τελευταία ενημέρωση : 3.5.2018
https://helapco.gr/pdf/HELAPCO_PV_Investment_Guide_May2018.pdf

34. Διονύσης Ασημακόπουλος, Γεώργιος Αραμπατζής, Αθανάσιος Αγγελής-Δημάκης, Αβραάμ Καρταλίδης, – Γεώργιος Τσιλιγκιρίδης, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας – ΔΥΝΑΜΙΚΟ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ, 2015 Εκδόσεις “σοφία”.

35. Βασίλης Δ. Μπιζιώνης, Δημήτρης Β. Μπιζιώνης, Ηλιακή & Αιολική Ενέργεια – Θεωρία & Εφαρμογές, 2015 ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ

36. Θεόδωρος Μπέκας – Ηλεκτρολόγος Μηχ. & Μηχ.Υπολογιστών, Msc Σημειώσεις ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, Ανώτατο τεχνολογικό εκπαιδευτικό ίδρυμα Πειραιά – Σχολή τεχνολογικών εφαρμογών – Αθήνα, Απρίλιος 2009.

- 37. Εφημερίς της κυβερνήσεως (τεύχος δεύτερο)** - ΕΛΟΤ ΤΠ 1501 – 04 – 20 -02 – 01 :2009 – Ελληνική τεχνική προδιαγραφή – Αγωγοί – καλώδια διανομής ενέργειας.
<http://sate.gr/html/pdfDocuments/04-20-02-01.pdf>
- 38. Τεχνικά επαγγελματικά εκπαιδευτήρια**, Στοιχεία Ηλεκτρολογίας,1^{ος} κύκλος - Α τάξη, Τομέας Μηχανολογικός, Οργανισμός εκδόσεως διδακτικών βιβλίων – Αθήνα.
- 39. Φιλίππου Δημόπουλου – Ηλ/γου – Μηχ/γου Ε.Μ.Π**, Εκδόσεις Φ.Ι.Δημόπουλος Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις, Τόμος Α´ – Αθήνα 2010.
- 40. Δημόσια επιχείρηση ηλεκτρισμού** ,Τιμές πωλήσεως ηλεκτρικής ενέργειας υπό χαμηλή τάση (ΧΤ). <https://www.dei.gr/Documents/xt.tim.1.7.08.pdf>
- 41 . Ρυθμιστική αρχή ενέργειας.**
http://www.rae.gr/site/categories_new/consumers/faq/electricity.csp
- 42. Δημόσια επιχείρηση ηλεκτρισμού.**<https://www.dei.gr/el/oikiakoi-pelates/xrisimes-plirofories-gia-to-logariasmo-sas/logariasmos-kai-xrewseis/giati-stous-logariasmous-sas-uparxoun-duo-kategori/ruthmizomenes-xrewseis>
- 43.Δημόσια επιχείρηση ηλεκτρισμού**, Χρήσιμες πληροφορίες για το λογαριασμό ρεύματος χαμηλής τάσης.
<https://www.dei.gr/documents2/customer%20service/%CE%A4%CE%99%CE%9C%CE%9F%CE%9B%CE%9F%CE%93%CE%99%CE%912013/%CE%91%CE%BD%CE%AC%CE%BB%CF%85%CF%83%CE%B7%20%CE%B1%CE%BE%CE%AF%CE%B1%CF%82%20%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D%20%CF%81%CE%B5%CF%8D%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%82.pdf>
- 44. Δημόσια επιχείρηση ηλεκτρισμού**, <https://www.dei.gr/el/oikiakoi-pelates/xrisimes-plirofories-gia-to-logariasmo-sas/logariasmos-kai-xrewseis/ti-afroun-oi-xrewseis-uper-tritwn-efk-eidtelos-5/eidiko-telos-5-eidtel-5-n-209392>
- 45. Δρ. Αιμιλία Κονδύλη**, ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ – Τμήμα Μηχανολογίας, Εργαστήριο Αριστοποίησης Παραγωγικών Συστημάτων, Οργάνωση – Οικονομοτεχνική Ανάλυση και Διοίκηση Έργου – Μέρος Α´: Οικονομοτεχνική Ανάλυση, Σημειώσεις Θεωρίας – Ασκήσεις Πράξης, Χειμερινό Εξάμηνο 2010 – 11.