

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΠΛΑΚΑ 70 Τ.Μ. ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ



ΦΟΙΤΗΤΕΣ: ΚΟΛΟΚΥΘΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ (Α.Μ. 6029)
ΖΩΚΑΣ ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ (Α.Μ. 5660)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΜΑΥΡΙΔΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ, 2023

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε στο τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου έχει ως σκοπό τη μελέτη της εγκατάστασης αυτόνομων φωτοβολταϊκών για τη θέρμανση αλλά και τις ανάγκες μιας μονοκατοικίας 70τ.μ., το κόστος και το χρόνο απόσβεσης της συγκεκριμένης επένδυσης.

Αρχικά, αναλύονται οι υπάρχουσες μορφές ενέργειας που έχει στη διάθεσή του και αξιοποιεί ο άνθρωπος σήμερα. Στη συνέχεια γίνεται ανάλυση των επιμέρους τμημάτων μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης και υπολογισμός των αναγκών της εγκατάστασης στο χέρι. Τέλος, χρησιμοποιήθηκε πρόγραμμα προσομοίωσης φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων για σύγκριση των αποτελεσμάτων και εξαγωγή διαγραμμάτων αλλά και λύσεων αύξησης της αποδοτικότητας του συστήματος.

Θέλουμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Μαυρίδη, Καθηγητή του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών για την εμπιστοσύνη του και τη βοήθεια του στη πραγματοποίηση της πτυχιακής εργασίας.

Κολοκύθας Παναγιώτης
Ζώκας Μιλτιάδης
Φεβρουάριος 2023

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητών: Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι Φοιτητές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Διπλωματικής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξ ίσου, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Οι Φοιτητές
(Ονοματεπώνυμο)

(Ονοματεπώνυμο)

.....
(Υπογραφή)

.....
(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία έχει ως θέμα την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ για τη θέρμανση μονοκατοικίας 70 τ.μ. με τη χρήση ενός θερμαντικού σώματος 2000 W. Εκτός από το θερμαντικό σώμα θα λειτουργούν και άλλες συσκευές, όπως πλυντήριο, ηλεκτρικός θερμοσίφωνα, τηλεόραση κλπ. Οι συσκευές αυτές δεν θα λειτουργούν ταυτόχρονα και δεν θα λειτουργούν κάθε ημέρα της εβδομάδας, όπως το πλυντήριο ή ο ηλεκτρικός θερμοσίφωνα σε περίπτωση ηλιοφάνειας.

Το θέμα αναπτύσσεται σε τέσσερα κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται οι πηγές ενέργειας που έχει στη διάθεσή του ο άνθρωπος, ποιες εκμεταλλεύεται και με πιο τρόπο. Επίσης, οι πηγές ενέργειας αναλύονται σε ανανεώσιμες και μη, δίνοντας έμφαση στην ηλιακή ενέργεια καθώς είναι η πηγή ενέργειας που μας αφορά περισσότερο. Επίσης, αναλύονται οι τεχνολογίες που έχει στη διάθεσή του ο άνθρωπος για να εκμεταλλευτεί την ηλιακή ενέργεια.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση του φωτοβολταϊκού φαινομένου που είναι η βάση της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών. Αναλύεται μία φωτοβολταϊκή διάταξη καθώς και οι τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων. Επίσης, γίνεται ανάλυση της διαδικασίας εύρεσης της κλίσης και του προσανατολισμού των πάνελ, για μεγιστοποίηση της απόδοσης ανάλογα τη χρήση που επιθυμεί ο ιδιοκτήτης. Τέλος, αναλύονται όλα τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που έχουν τα φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται ο τρόπος λειτουργίας μιας αυτόνομης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης καθώς και τα μέρη που αποτελείται. Συγκεκριμένα γίνεται ανάλυση των τεσσάρων βασικών μερών της εγκατάστασης ξεκινώντας με τα φωτοβολταϊκά πάνελ, που είναι το κυριότερο κομμάτι καθώς παράγουν όλη την ενέργεια του συστήματος. Έπειτα, γίνεται μια γενική αναφορά στους ηλεκτρικούς συσσωρευτές και στη συνέχεια αναλύονται τα βασικά χαρακτηριστικά που προσδιορίζουν έναν συσσωρευτή. Επίσης, αναλύονται όλες οι υπάρχουσες κατηγορίες συσσωρευτών που υπάρχουν αυτή τη στιγμή στην αγορά. Τέλος, αναλύεται ο τρόπος λειτουργίας του ρυθμιστή φόρτισης και του μετατροπέα τάσης και της σημαντικότητάς τους στη λειτουργία του συστήματος.

Στο τέταρτο κεφάλαιο και το πιο σημαντικό αυτής της πτυχιακής, αναλύεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και γίνεται η μελέτη της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Αρχικά, αναφέρονται τα βήματα που ακολουθούμε για τη διαστασιολόγηση ενός συστήματος και ταυτόχρονα αναλύονται οι τύποι που χρησιμοποιούμε για την εύρεση σημαντικών ποσοτήτων που χρειαζόμαστε. Επίσης καταγράφονται και μερικοί χρήσιμοι πίνακες που μας βοηθούν στη διαστασιολόγηση. Στη συνέχεια γίνεται υπολογισμός στο χέρι όλων των παραγόντων που χρειαζόμαστε για τη μελέτη. Γίνεται σχεδίαση του τρόπου εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών πάνελ σε κάτοψη αλλά και σε 3D μορφή χρησιμοποιώντας κατάλληλα σχεδιαστικά προγράμματα. Επίσης, γίνεται σχεδίαση ενός μονογραμμικού σχεδίου όλης της εγκατάστασης μαζί με το ασφαλειοδιακοπτικό υλικό. Εν συνεχεία, με τη βοήθεια προγράμματος προσομοίωσης εισάγοντας τα δεδομένα μας για διαφορετικά φορτία

είμαστε σε θέση να πάρουμε πολλά χρήσιμα αποτελέσματα. Τα διαγράμματα από τα αποτελέσματα μας βοήθησαν στη σύγκριση των δεδομένων που επιλέξαμε και στη βελτιστοποίηση του συστήματος.

Τέλος, πραγματοποιείται η τελική επιλογή των συσκευών που θα χρησιμοποιήσουμε και το κόστος της εγκατάστασης. Αναλύονται όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν τα έτη απόσβεσης της εγκατάστασης. Επίσης, γίνεται ανάλυση του τρόπου με τον οποίο επιδοτείται μία τέτοια εγκατάσταση και σε πιο ποσοστό.

Τα συμπεράσματα που καταλήξαμε είναι ότι η συγκεκριμένη εγκατάσταση έχει σχετικά χαμηλό κόστος, το οποίο μειώνεται σημαντικά εάν επιδοτηθεί και η απόσβεσή της γίνεται σε λίγα έτη σε σχέση με τη διάρκεια της σύμβασης που θα υπογραφεί.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Ηλιακή ενέργεια και φωτοβολταϊκά	1
2. Νομοθεσία και επιδότηση	2
3. Πρόγραμμα προσομοίωσης PVsyst	3

1. ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1 Γενικά	5
1.2 Μη Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	5
1.2.1 Γαιάνθρακες	5
1.2.2 Πετρέλαιο	5
1.2.3 Φυσικό αέριο.....	6
1.2.4 Πυρηνική ενέργεια	6
1.3 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	6
1.3.1 Αιολική ενέργεια.....	6
1.3.2 Υδραυλική ενέργεια.....	7
1.3.3 Βιομάζα.....	7
1.3.4 Γεωθερμική ενέργεια.....	7
1.3.5 Ενέργεια κυμάτων.....	8
1.3.6 Ηλιακή ενέργεια.....	8
1.4 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα.....	8
1.5 Παθητικά ηλιακά συστήματα.....	8
1.6 Φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα.....	9

2. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ Φ/Β

2.1 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....	9
2.2 Φωτοβολταϊκή διάταξη.....	9
2.3 Τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	10
2.3.1 Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα.....	10
2.3.2 Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα.....	10
2.4 Βασικές μονάδες.....	10
2.5 Προσανατολισμός και κλίση φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	10
2.6 Πλεονεκτήματα φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	11
2.7 Μειονεκτήματα φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	11

3. ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

3.1 Γενικά.....	12
3.2 Φωτοβολταϊκό πάνελ.....	12
3.3 Ηλεκτρικοί συσσωρευτές(μπαταρίες).....	13

3.4 Χαρακτηριστικά μπαταριών.....	13
3.4.1 Χωρητικότητα.....	13
3.4.2 Τάση μπαταρίας.....	13
3.4.3 Χρόνος ζωής.....	14
3.5 Κατηγορίες μπαταριών.....	14
3.5.1 Αλμυρού νερού.....	14
3.5.2 Ιόντων λιθίου.....	14
3.5.3 Μόλυβδου-οξέος.....	14
3.5.4 Μπαταρίες OPz(μπαταρία με ηλεκτρόδιο μόλυβδου).....	15
3.5.4.1 OPzS(μπαταρία με υγρό ηλεκτρολύτη).....	15
3.5.4.2 OPzV(μπαταρία με ζελέ).....	15
3.5.5 Μπαταρίες VRLA(μπαταρία μόλυβδου οξέος ρυθμιζόμενο με βαλβίδα).....	15
3.5.5.1 AGM(μεμβράνη απορροφητικού γυαλιού).....	15
3.5.5.2 GEL.....	15
3.6 Ρυθμιστής φόρτισης.....	15
3.7 Μετατροπείας τάσης.....	16
4. ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ Φ/Β	
4.1 Εισαγωγή.....	16
4.2 Θεωρητικοί υπολογισμοί.....	16
4.3 Υπολογισμός αυτόνομης εγκατάστασης.....	18
4.4 Αποτελέσματα από το πρόγραμμα PVsyst.....	24
4.4.1 Πρώτη προσομοίωση.....	24
4.4.2 Δεύτερη προσομοίωση.....	27
4.4.3 Τρίτη προσομοίωση.....	29
4.4.4 Τέταρτη προσομοίωση.....	29
4.5 Αυτόνομα συστήματα και εξοικονομώ.....	32
4.6 Συμπεράσματα-παρατηρήσεις.....	38
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	39

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ

Η ανάγκη του ανθρώπου να εκτελέσει τις καθημερινές εργασίες του τον οδήγησαν στην αξιοποίηση διάφορων μορφών ενέργειας. Η ενέργεια οποιασδήποτε μορφής αποτελεί πλέον αναπόσπαστο κομμάτι για τις εργασίες αλλά και για τις μετακινήσεις. Οι μορφές ενέργειας που έχει στη διάθεσή του σήμερα ο άνθρωπος χωρίζονται σε ανανεώσιμες και μη ανανεώσιμες.

Οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως το πετρέλαιο, οι γαιάνθρακες(συνήθως λιγνίτης για την Ελλάδα) κλπ. έχουν αποδειχθεί ότι είναι βλαβερές για το περιβάλλον. Τα αέρια που εκλύονται κατά τη καύση τους είναι καταστρεπτικά για την ατμόσφαιρα, όπως το διοξείδιο του άνθρακα και ευθύνονται για την αύξηση της θερμοκρασίας της γης πάνω από τα επιτρεπτά όρια. Η αλόγιστη χρήση αυτών των μορφών ενέργειας προκαλεί πια ανησυχία από μεγάλο πλήθος ατόμων. Έτσι, με τη πάροδο των χρόνων και τη κατανόηση του προβλήματος των ορυκτών καυσίμων στρεφόμαστε σε εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Σε μορφές ενέργειας φιλικές προς το περιβάλλον και πρακτικά ανεξάντλητες.

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας τη θέση των ορυκτών καυσίμων έρχονται να πάρουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η κυριότερη πηγή ενέργειας αυτή τη στιγμή στο πλανήτη είναι ο ήλιος. Ο ήλιος ευθύνεται για τη συντήρηση του φυσικού κύκλου, διατηρώντας τις λίμνες και τα ποτάμια. Ακόμα μία πηγή ενέργειας μαζί με την ηλιακή που είναι πολλά υποσχόμενη είναι η αιολική, δηλαδή η εκμετάλλευση του ανέμου με τις ανεμογεννήτριες για τη παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ο ήλιος θεωρείται μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, πράγμα που τον καθιστά την ιδανικότερη εναλλακτική πηγή ενέργειας αντί των ορυκτών καυσίμων.

Για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας από το ήλιο χρησιμοποιούμε τους ηλιακούς συλλέκτες. Ο πιο διαδεδομένος τύπος ηλιακού συλλέκτη είναι ο ηλιακός θερμοσίφωνας, ο οποίος υπάρχει σε όλες σχεδόν τις στέγες των σπιτιών, και με τη βοήθεια της ακτινοβολίας του ήλιου παράγει ζεστό νερό. Για τη παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από τον ήλιο χρησιμοποιούμε τα φωτοβολταϊκά πάνελ κατασκευασμένα συνήθως από πυρίτιο. Υπάρχουν αρκετά είδη φωτοβολταϊκών πάνελ τα οποία αναλύονται στο κεφάλαιο 3. Μία φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μπορεί να είναι μικρού μεγέθους πχ στην οροφή ενός σπιτιού, ή μεγάλου μεγέθους πχ φωτοβολταϊκό πάρκο.

Οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις συναντώνται όλο και πιο συχνά τα τελευταία χρόνια. Από τη μία αποτελούν μία βιώσιμη επένδυση που η απόσβεσή της γίνεται σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα και από την άλλη είναι μία λύση πολύ φιλική προς το περιβάλλον. Επίσης, ο μηδενισμός του λογαριασμού ρεύματος είναι ένας ακόμα δελεαστικός παράγοντας για την επιλογή των φωτοβολταϊκών. Υπάρχουν αρκετοί τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων που μπορεί να εγκαταστήσει κάποιος, όπως τα αυτόνομα, τα διασυνδεδεμένα με το δίκτυο αλλά και τα υβριδικά. Τα αυτόνομα συστήματα χρησιμοποιούν ηλεκτρικούς συσσωρευτές για να αποθηκεύουν την ηλεκτρική ενέργεια που παράγουν τα φωτοβολταϊκά κατά τη διάρκεια της ημέρας και

την αποδίδουν στο χρήστη κατά τη διάρκεια της νύχτας ή κατά τη διάρκεια παρατεταμένων ημερών συννεφιάς. Μερικά αυτόνομα συστήματα χρησιμοποιούν και ανεμογεννήτριες για υποβοήθηση του συστήματος, καθώς και ηλεκτρογεννήτριες για να φορτίζουν τους συσσωρευτές όταν χρειάζεται. Τέλος, τα διασυνδεδεμένα συστήματα εκμεταλλεύονται την ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά πάνελ κατά τη διάρκεια της ημέρας, και κατά τη διάρκεια της νύχτας χρησιμοποιούν ενέργεια από το ηλεκτρικό δίκτυο για να καλύψουν τις ανάγκες τους.

2. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΚΑΙ ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ

Στην Ελλάδα τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν μπει για τα καλά στη ζωή μας και όλο και περισσότερα άτομα εγκαθιστούν έστω και λίγα πάνελ στην οροφή του σπιτιού τους. Επίσης, φωτοβολταϊκά πάνελ εγκαθίστανται σε εξοχικές κατοικίες, σε τροχόσπιτα αλλά και σε σκάφη για τη κάλυψη των αναγκών τους σε ενέργεια τις ηλιόλουστες μέρες.

Η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος συχνά επιδοτείται από κρατικές επιδοτήσεις με στόχο να μειωθεί το κόστος εγκατάστασης τους και να βοηθήσουν στην ενεργειακή αναβάθμιση του εκάστοτε κτιρίου που εγκαθίστανται. Ενεργειακή αναβάθμιση είναι η διαδικασία στην οποία ένα κτίριο υποβάλλεται σε κατάλληλες ενεργειακές παρεμβάσεις για να καταφέρει να φθάσει σε σημείο να επιτύχει συγκεκριμένους ενεργειακούς στόχους, ώστε να είναι επιλέξιμο για επιδότηση. Οι παρεμβάσεις που μπορεί να γίνουν σε ένα κτίριο ποικίλουν και αφορούν συνήθως αναβαθμίσεις: α) σε μονώσεις αλουμινίου ή ξύλου για τα παράθυρα, β) σε θερμομονώσεις δωματίων, εξωτερικών τοίχων και στέγης, γ) σε συστήματα θέρμανσης και ψύξης, δ) σε συστήματα παροχής ζεστού νερού χρήσης και ε) λοιπές παρεμβάσεις, όπως αναβάθμιση φωτισμού κλπ.

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος δεν θεωρείται ενεργειακή παρέμβαση και επιτρέπεται η επιδότηση της αφού γίνει η ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου. Έτσι, η πρώτη ενέργεια αφού κατατεθούν οι αιτήσεις για αναβάθμιση του κτιρίου είναι να γίνει η πρώτη ενεργειακή επιθεώρηση, η οποία ανατίθεται σε ένα αρμόδιο επιθεωρητή που θα κρίνει τη κατάσταση του κτιρίου και έπειτα θα εκδοθεί το πρώτο πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης (Α' ΠΕΑ). Αφού γίνει η πρώτη επιθεώρηση καταγράφονται οι παρεμβάσεις που πρέπει να πραγματοποιηθούν. Έπειτα, πραγματοποιείται η δεύτερη ενεργειακή επιθεώρηση από διαφορετικό επιθεωρητή έτσι ώστε να αποδειχθεί ότι έγιναν οι απαραίτητες παρεμβάσεις και το κτίριο αναβαθμίστηκε κατά τρεις ενεργειακές κατηγορίες σε σχέση με τη πρώτη επιθεώρηση. Μετά τη δεύτερη επιθεώρηση εκδίδεται το δεύτερο πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης (Β' ΠΕΑ).

Αφού ολοκληρωθούν όλες οι ενεργειακές επιθεωρήσεις και το κτίριο έχει αναβαθμιστεί ενεργειακά τότε εγκρίνεται η επιδότηση για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών. Η εγκατάσταση συστήματος αποθήκευσης ενέργειας είναι συμπληρωματική της εγκατάστασης νέων φωτοβολταϊκών αυτοπαραγωγής με ενεργειακό συμφηφισμό. Ενεργειακός συμφηφισμός είναι μία σύμβαση μεταξύ του ιδιοκτήτη της εγκατάστασης με το πάροχο του ηλεκτρικού ρεύματος και έχει ως κύριο σκοπό τον συμφηφισμό της παραγόμενης ενέργειάς με τη καταναλισκόμενη για μείωση του λογαριασμού ρεύματος. Ουσιαστικά εάν η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση παρήγαγε περισσότερη ενέργεια από ότι κατανάλωσε από το δίκτυο, άρα η εγχεόμενη ενέργεια στο δίκτυο είναι μεγαλύτερη από τη καταναλισκόμενη, τότε δεν

θα υπάρξει χρέωση στο λογαριασμό ρεύματος και το πλεόνασμα της ενέργειας προσμετράτε σε επόμενη καταμέτρηση. Έτσι με αυτό το τρόπο είναι εφικτό να τοποθετηθεί ένα σύστημα φωτοβολταϊκών με μπαταρίες. Στο πίνακα 1 φαίνεται ο ελάχιστος ενεργειακός στόχος που πρέπει να επιτευχθεί.

Πίνακας 1 Ελάχιστος ενεργειακός στόχος για χορήγηση επιδότησης

Ενεργειακές κατηγορίες	Επιλέξιμη αίτηση με κατάταξη στο Α'ΠΕΑ	Ελάχιστος ενεργειακός στόχος, κατάταξη Β' ΠΕΑ	Ελάχιστος ενεργειακός στόχος, κατάταξη Β' ΠΕΑ για χορήγηση επιδότησης
A+	-	-	-
A	-	-	-
B+	-	-	-
B	-	-	-
Γ	Γ	A	-
Δ	Δ	B+	-
Ε	Ε	B	-
Z	Z	Γ	B
H	H	Δ	B

(Πηγή: Επίσημη ιστοσελίδα exoikonomo2021.gov.gr)

3. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ PVsyst

Για να καταφέρουμε να έχουμε όσο περισσότερη απόδοση του συστήματος θέλουμε θα χρησιμοποιήσουμε το πρόγραμμα προσομοίωσης φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων PVsyst. Το πρόγραμμα αφού εισάγουμε τα δεδομένα που θα βρούμε στους υπολογισμούς και επιλέξουμε τα κατάλληλα μέρη της εγκατάστασης, θα μας δώσει τα αποτελέσματα απόδοσης και κατανάλωσης ενέργειας του συστήματος.

Έτσι, έχοντας αυτά τα αποτελέσματα μπορούμε να εκτελέσουμε το πρόγραμμά αρκετές φορές με διαφορετικά φορτία της επιλογής μας αλλά και με διαφορετικές ώρες λειτουργίας από αυτές που υπολογίστηκαν. Με αυτό το τρόπο θα καταφέρουμε να εξάγουμε περισσότερες πληροφορίες για το σύστημα μας καθώς και πόσο μπορούμε να παρέμβουμε στα φορτία που έχουμε επιλέξει.

Το πρόγραμμα προσομοίωσης είναι ένα αρκετά εύχρηστο εργαλείο που θα μας βοηθήσει στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων και διαγραμμάτων. Με τη βοήθεια του θα καταλήξουμε σε χρήσιμα συμπεράσματα για την εγκατάσταση μας, καθώς και στην απόφαση της προσθήκης ή αφαίρεσης συσκευών για τη καλύτερη και αποδοτικότερη χρήση της εγκατάστασης μας.

1. ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ως πηγή ενέργειας ονομάζουμε κάθε φυσικό πόρο που μας δίνει ενέργεια. Οι πηγές ενέργειας χωρίζονται σε ανανεώσιμες και μη ανανεώσιμες. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν εξαντλούνται ποτέ και υπάρχουν σε αφθονία στο περιβάλλον, ενώ οι μη ανανεώσιμες πηγές κάποια στιγμή θα εξαντληθούν. Η ενέργεια αποτελεί μια ανάγκη της καθημερινότητας, και με την εξάντληση των ορυκτών καυσίμων είναι αναγκαίο να προσδιοριστεί η βιώσιμη ανανεώσιμη ενέργεια που μπορεί να μειώσει την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα. Η ηλιακή ενέργεια είναι η πιο άφθονη μορφή ενέργειας στο πλανήτη και θεωρείτε πρακτικά ανεξάντλητη.

1.2 ΜΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θεωρούνται τα ορυκτά καύσιμα και τα τελευταία χρόνια και η πυρηνική ενέργεια. Είναι μορφές ενέργειας που τα αποθέματα τους εξαντλούνται και η χρησιμοποίησή τους έχει βλαβερές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Ο άνθρωπος χρησιμοποιεί τα ορυκτά καύσιμα πάρα πολλά χρόνια με επικρατέστερο τα τελευταία έτη να είναι το πετρέλαιο.

1.2.1 ΓΑΙΑΝΘΡΑΚΕΣ

Οι γαιάνθρακες δημιουργούνται στο υπέδαφος από πλούσιο οργανικό υλικό. Τα είδη των γαιανθράκων είναι: ο λιγνίτης, ο γραφίτης, ο λιθάνθρακας και η τύρφη. Η εξόρυξη του γαιάνθρακα ξεκίνησε το 13ο αιώνα. Τα αρνητικά με το γαιάνθρακα είναι ότι είναι δύσκολη η εξόρυξη του, ακριβή η μεταφορά του και ρυπαίνει το περιβάλλον. Όλοι οι γαιάνθρακες περιέχουν τέφρα καθώς και ίχνη νερού. Ο άνθρακας είναι το λιγότερο καθαρό καύσιμο λόγω των εκπομπών θείου και αζώτου. Ο λιγνίτης είναι το σημαντικότερο ενεργειακό καύσιμο στην Ελλάδα για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με κύριες περιοχές εξόρυξης τη Πτολεμαΐδα και τη Μεγαλόπολη.

1.2.2 ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

Το πετρέλαιο χρειάστηκε εκατομμύρια χρόνια για να σχηματιστεί από νεκρούς φυτικούς και ζωικούς μικροοργανισμούς. Μόλις ανακαλύφθηκε η σημασία και η χρήση του, αμέσως αντικατέστησε τους γαιάνθρακες και τις ατμομηχανές. Είναι εύκολη η μεταφορά του και οι μηχανές περισσότερο αποδοτικές. Βρίσκεται σε υγρή

μορφή και αποτελείται από ένα μείγμα υδρογονανθράκων. Η άντληση του πετρελαίου γίνεται από ειδικές εγκαταστάσεις με τη μέθοδο της γεώτρησης. Τα μεγαλύτερα αποθέματα πετρελαίου βρίσκονται στη Μέση Ανατολή και στη Νότια Αμερική.

1.2.3 ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

Το φυσικό αέριο είναι ένα αέριο μείγμα κορεσμένων υδρογονανθράκων και βασικό συστατικό του είναι το μεθάνιο, περιέχει όμως και ποσότητες προπάνιου, βουτανίου, διοξειδίου του άνθρακα, αζώτου, υδρογόνου, ηλίου και υδρόθειου. Το φυσικό αέριο είναι άχρωμο, άοσμο και αόρατο. Η οσμή του δίνεται τεχνητά για να γίνεται αντιληπτό σε διαρροές. Εξορύσσετε από υπόγειες κοιλότητες στις οποίες βρίσκεται υπό υψηλή πίεση. Η καύση του φυσικού αερίου έχει λιγότερο επιβλαβείς συνέπειες για το περιβάλλον σε σχέση με άλλα καύσιμα. Οι ΗΠΑ και η Ρωσία κατέχουν τα μεγαλύτερα ποσοστά παραγωγής φυσικού αερίου με 17.4% και 21% αντίστοιχα.

1.2.4 ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η πυρηνική ενέργεια απελευθερώνεται κατά τη σχάση των πυρήνων ουρανίων, έτσι παράγεται θερμότητα για τη παραγωγή ατμού. Ο ατμός χρησιμοποιείται για τη κίνηση ατμοστροβίλων που συνδέονται σε ηλεκτρικές γεννήτριες για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η πυρηνική ενέργεια παρέχει το 14% της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας. Όμως είναι μία πολύ επικίνδυνη μορφή ενέργειας καθώς ένα ατύχημα σε πυρηνικό εργοστάσιο επιφέρει ανεπανόρθωτες ζημιές.

1.3 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή πράσινη ενέργεια είναι μορφές εκμετάλλευσης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες. Ως ενέργεια από ανανεώσιμες μη ορυκτές πηγές θεωρείται η αιολική, ηλιακή, γεωθερμική, υδροθερμική, υδροηλεκτρική, ενέργεια κυμάτων και από βιομάζα. Για την εκμετάλλευση τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση όπως άντληση, εξόρυξη ή καύση. Πρόκειται για μορφές ενέργειας πολύ φιλικές προς το περιβάλλον που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα.

1.3.1 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Είναι η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του ανέμου, δεν εκπέμπει ρύπους, δεν εκλύει αέρια και οι επιπτώσεις της στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με άλλες μορφές ενέργειας. Για τη παραγωγή αυτής της ενέργειας

χρησιμοποιούνται οι ανεμογεννήτριες που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου από κινητική σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να περιστρέφονται πάνω σε οριζόντιο ή κάθετο άξονα. Η σημερινή τεχνολογία βασίζεται σε ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα 2-3 πτερυγίων με απόδοση 200-400 kW. Στην Ελλάδα το εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύει το 13.6% του συνόλου των ηλεκτρικών αναγκών. Οι επενδύσεις στη τεχνολογία αιολικής ενέργειας ανοίγει νέες θέσεις εργασίας, καθώς χρειάζονται συντήρηση ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Αν και οι ανεμογεννήτριες δε ρυπαίνουν το περιβάλλον κάνουν αρκετό θόρυβο, πτηνά σκοτώνονται στα πτερύγια και αρκετοί ενοχλούνται από το αισθητικό αποτέλεσμα.

1.3.2 ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Το νερό όταν κινείται από κάποιο υψηλότερο σημείο προς ένα χαμηλότερο αποκτά κινητική ενέργεια. Αυτή την ενέργεια εκμεταλλεύονται τα υδροηλεκτρικά φράγματα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η κινητική ενέργεια του νερού θέτει σε λειτουργία τις τουρμπίνες που με τη σειρά τους κινούν τις γεννήτριες που παράγουν το ηλεκτρικό ρεύμα. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί μπορούν να τεθούν σε λειτουργία αμέσως μόλις ζητηθεί επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια, όμως έχουν μεγάλο κόστος κατασκευής και αλλοιώνουν σημαντικά το περιβάλλον στο οποίο δημιουργούνται. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των υδροηλεκτρικών σταθμών της ΔΕΗ στη χώρα μας ανέρχεται σε 3,217.4 MW. Η υδροηλεκτρική παραγωγή ενέργειας καλύπτει περίπου το 8-10% της συνολικής παραγωγής ενέργειας της ΔΕΗ.

1.3.3 ΒΙΟΜΑΖΑ

Βιομάζα ονομάζουμε την ύλη που έχει βιολογική προέλευση, δηλαδή περιλαμβάνεται σε αυτή οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Η βιομάζα αποτελείται από ενώσεις που έχουν ως βασικά στοιχεία τον άνθρακα, το υδρογόνο και το οξυγόνο. Η βιομάζα χρησιμοποιείται συνήθως για τη παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας και επίσης για τη παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων. Η στερεή βιομάζα χρησιμοποιείται συνήθως σε δύο μορφές: σε ακατέργαστη μορφή (όπως καυσόξυλα) και σε επεξεργασμένη μορφή (όπως pellet).

1.3.4 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Γεωθερμική ενέργεια ονομάζουμε τη θερμότητα που είναι παγιδευμένη κάτω από το φλοιό της γης. Με τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες μπορεί να παράγει είτε θερμική είτε ηλεκτρική ενέργεια. Ανάλογα με το θερμοκρασιακό επίπεδο η γεωθερμική ενέργεια χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες: α)Υψηλής θερμότητας (>150 °C), β)Μέσης θερμότητας (80 έως 150 °C) και γ)Χαμηλής θερμότητας (25 έως 80 °C). Έχει πολλές χρήσεις, όπως η θέρμανση θερμοκηπίων και υδατοκαλλιεργειών, η ξήρανση γεωργικών προϊόντων, η αφαλάτωση νερού και η τηλεθέρμανση κτιρίων. Η Ισλανδία χρησιμοποιώντας γεωθερμική εγκατάσταση καλύπτει ένα μεγάλο μέρος των

αναγκών της σε θέρμανση και ηλεκτρική ενέργεια μέχρι και 70%. Η Ελλάδα διαθέτει σημαντικές γεωθερμικές πηγές και των τριών κατηγοριών στη Μήλο και στη Νίσυρο αλλά και στη Βόρεια Ελλάδα.

1.3.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΥΜΑΤΩΝ

Είναι μία μορφή ενέργειας που εκμεταλλεύεται τις κινήσεις των κυμάτων. Αξιοποιείται σε περιοχές με μεγάλο ύψος κυμάτων, μεγάλη διάρκεια κυμάτων και με μεγάλη ταχύτητα. Συστήματα αξιοποίησης αυτής της μορφής έχουν τη δυνατότητα παραγωγής ενέργειας με ισχύ 750 kW.

1.3.6 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ο ήλιος εκπέμπει τεράστια ποσά θερμότητας προς τη γη καθημερινά. Ο άνθρωπος εκμεταλλεύεται αυτά τα ποσά θερμότητας και τα χρησιμοποιεί προς όφελός του. Η ηλιακή ενέργεια θεωρείται πρακτικά ανεξάντλητη. Η ηλιακή ενέργεια αξιοποιείται συνήθως από τους ηλιακούς συλλέκτες που τους συναντάμε στις ταράτσες των σπιτιών, σε μεγάλα ηλιακά πάρκα και σε οικόπεδα. Οι τεχνολογίες για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας χωρίζονται σε: α) ενεργητικά ηλιακά συστήματα, β) παθητικά ηλιακά συστήματα και γ) φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα. Στην Ελλάδα υπάρχουν τρία μεγάλα φωτοβολταϊκά πάρκα στη Σίφνο, στη Κύθνο και στη Κρήτη.

1.4 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια τη μετατρέπουν σε θερμότητα, τη μεταφέρουν σε κάποιο ρευστό και έπειτα την αποθηκεύουν. Το πιο διαδεδομένο ενεργητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης νερού είναι ο ηλιακός θερμοσίφωνας.

1.5 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Η λειτουργία των παθητικών ηλιακών συστημάτων βασίζεται σε τρεις μηχανισμούς: α) το φαινόμενο του θερμοκηπίου, β) τη θερμοχωρητικότητα των υλικών και γ) τις αρχές μετάδοσης της θερμότητας. Βασικός σκοπός είναι η συλλογή της ηλιακής ενέργειας και η διανομή της στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου. Συνήθως τα παράθυρα πρέπει να έχουν προσανατολισμό νότιο και να μην σκιάζονται. Επίσης προϋπόθεση σε ένα κτίριο είναι η θερμομόνωση του για την αποφυγή θερμικών απωλειών. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι τα υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας όπως: οι υαλοπίνακες, τα σκληρά πλαστικά και η διαφανής θερμομόνωση, και τα υλικά αποθήκευσης της θερμότητας όπως: το σκυρόδεμα, η πέτρα, το νερό και τα υλικά αλλαγής φάσης.

1.6 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα βασίζονται στη λειτουργία τους στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο δηλαδή τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Υλικά όπως το πυρίτιο όταν βρεθούν σε επαφή με άλλα στοιχεία γίνονται ημιαγωγοί και εν συνεχεία εκτεθούν στην ακτινοβολία του ήλιου παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Συνδέοντας πολλά μικρά τέτοια κομμάτια από αυτά τα υλικά έχουμε το φωτοβολταϊκό στοιχείο το οποίο χωρίζεται σε: α) Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο με απόδοση από 13%-18%, β) Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο με απόδοση από 10%-14%, γ) Άμορφου πυριτίου με απόδοση από 6%-8% και δ) Υβριδικά-υψηλής απόδοσης με απόδοση 18%.

2. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ Φ/Σ

2.1 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

Ο Alexandre-Edmond Becquerel ανακάλυψε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο το 1839 και αφορά τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το φωτοβολταϊκό σύστημα βασίζεται στις ιδιότητες των ημιαγωγών υλικών τα οποία έχουν τη δυνατότητα να μετατρέπουν την ενέργεια της ακτινοβολίας που δέχονται σε ηλεκτρική ενέργεια. Το χαρακτηριστικό ενός ημιαγωγού που τον διαφοροποιεί από άλλα υλικά είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων ενός ατόμου που βρίσκεται στην εξωτερική του στοιβάδα(σθένος). Ο πιο γνωστός ημιαγωγός είναι το πυρίτιο το οποίο αποκτά τις ημιαγωγές ιδιότητες του με τεχνικό τρόπο, δηλαδή με τη πρόσμειξη άλλων στοιχείων που κάνουν το κρύσταλλο δεκτικό είτε σε θετικά είτε σε αρνητικά φορτία.

2.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ

Μια φωτοβολταϊκή διάταξη αποτελείται από πλαίσια τα οποία αποτελούνται από στοιχεία. Το στοιχείο είναι ένας κατάλληλα επεξεργασμένος ημιαγωγός τοποθετημένος πάνω σε μία επιφάνεια και είναι το κομμάτι αυτό που δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με κατάλληλη σύνδεση παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Τα στοιχεία έχουν συνήθως τετράγωνο σχήμα. Τοποθετώντας πολλά στοιχεία μαζί συνδεδεμένα κατάλληλα έχουμε τα φωτοβολταϊκά πάνελ τα οποία έχουν ισχύ από 20 W έως 300 W. Τέλος για να ολοκληρωθεί ένα φωτοβολταϊκό πάνελ χρησιμοποιείται επίσης υλικό EVA για την ενθυλάκωση των φωτοβολταϊκών στοιχείων, ειδικό γυαλί στο μπροστινό μέρος, φύλλο προστασίας στο πίσω μέρος, το πλαίσιο αλουμινίου και το κουτί σύνδεσης.

2.3 ΤΥΠΟΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

2.3.1 ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα συστήματα αυτά είναι συνδεδεμένα στο ηλεκτρικό δίκτυο και υπάρχουν σε απομακρυσμένες περιοχές αλλά και στο ηπειρωτικό δίκτυο της χώρας.

2.3.2 ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα αυτόνομα συστήματα αποθηκεύουν την ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά σε μπαταρίες. Στη συνέχεια ένας αντιστροφέας μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο και το παρέχει για κατανάλωση. Συνήθως αυτά τα συστήματα εντοπίζονται σε απομακρυσμένες περιοχές που είναι δύσκολη η σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο.

2.4 ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

Οι παράμετροι των βασικών μονάδων λειτουργίας ενός φωτοβολταϊκού πάνελ αναγράφονται από τους κατασκευαστές και είναι:

- Θερμοκρασία στοιχείου 25 °C
- Φασματική κατανομή AM=1,5(AM= τυπικό ηλιακό φάσμα)
- Ηλιακή ακτινοβολία 1000 W/m²

2.5 ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΛΙΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Η εύρεση του προσανατολισμού και της γωνίας κλίσης είναι από τις πιο σημαντικές διαδικασίες στην εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Εάν επιλέγει η βέλτιστη γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας για την εγκατάσταση μας θα έχουμε και τη μέγιστη παραγωγή ρεύματος. Για το βόρειο ημισφαίριο η βέλτιστη κλίση είναι 10° – 30° με προσανατολισμό νότιο. Στην Ελλάδα η μέγιστη ετήσια ηλιακή ακτινοβολία επιτυγχάνεται σε κλίση περίπου 28° με νότιο προσανατολισμό. Επίσης από κλίση άνω των 10° ο καθαρισμός των πλαισίων από σκόνη και σταγονίδια βροχής γίνεται πιο εύκολα. Για τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά η επιλογή της κλίσης έχει να κάνει με τη χρήση που χρειαζόμαστε στην εγκατάστασή μας και όχι τόσο με την ετήσια απόδοση, δηλαδή αν θέλουμε χειμερινή χρήση τότε τοποθετούμε σε κλίση άνω των 35°, ενώ αν θέλουμε καλοκαιρινή σε κλίση κάτω των 15°. Με την ίδια λογική επιλέγουμε και το προσανατολισμό, δηλαδή εάν θέλουμε συχνότερη χρήση του συστήματος τις πρωινές ώρες τοποθετούμε το σύστημα με ανατολικό προσανατολισμό. Σε αυτόνομα φωτοβολταϊκά πολλές φορές τοποθετούνται τα πλαίσια και με ανατολικό και με δυτικό προσανατολισμό έτσι ώστε να καταναλώνεται απευθείας το ρεύμα χωρίς να χρειάζεται να φορτίζονται και να εκφορτίζονται οι μπαταρίες συνέχεια. Τέλος, προτιμάται δυτικός προσανατολισμός έτσι ώστε οι μπαταρίες να είναι περισσότερο φορτισμένες για τη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος τη νύχτα.

2.6 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

- Αθόρυβη λειτουργία

Δεν παράγουν καθόλου θόρυβο, άρα είναι ιδανικά για αστικές εγκαταστάσεις.

- Εύκολη εγκατάσταση

Μπορούν να εγκατασταθούν σε στέγες και στο έδαφος.

- Ευκολία στη παραγωγή ρεύματος

Το μόνο που χρειάζεται το φωτοβολταϊκό πάνελ για να παράγει ενέργεια είναι η ακτινοβολία του ήλιου.

- Καθαρή πηγή ενέργειας

Η παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος από τα πάνελ δεν έχει καμία επίπτωση στο περιβάλλον, δεν εκλύει βλαβερά αέρια και δεν αφήνει υπολείμματα.

- Δωρεάν πρώτη ύλη

Για τη παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος χρειάζεται μόνο η ακτινοβολία του ήλιου η οποία είναι άφθονη και πρακτικά ανεξάντλητη.

- Συντήρηση

Οι απαιτήσεις συντήρησης είναι σχεδόν μηδαμινές.

- Διάρκεια ζωής

Με τις σημερινές τεχνολογίες οι κατασκευαστές εγγυώνται από 20-30 χρόνια λειτουργίας.

- Εξοικονόμηση χρημάτων

Η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι μια επένδυση και σε βάθος χρόνου γίνεται απόσβεση του κεφαλαίου που δαπανήθηκε και μετά την απόσβεση ο ιδιοκτήτης της εγκατάστασης εξοικονομεί τα χρήματα που θα έδινε στην εκάστοτε εταιρεία παροχής ρεύματος.

- Επιδότηση

Οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις συνεχώς επιδοτούνται από κρατικά προγράμματα μειώνοντας σημαντικά το κόστος εγκατάστασης.

2.7 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

- Νυχτερινή λειτουργία

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ δε λειτουργούν τη νύχτα οπότε θα πρέπει να τοποθετηθούν μπαταρίες για να έχουμε ρεύμα και τις νυχτερινές ώρες εάν το σύστημα μας είναι τελείως αυτόνομο από το ηλεκτρικό δίκτυο.

- Καλαισθησία

Το αισθητικό αποτέλεσμα των φωτοβολταϊκών στις στέγες των κτιρίων μερικές φορές δεν είναι αρεστό.

- Χώρος εγκατάστασης
Χρειάζεται μεγάλος χώρος για να εγκατασταθούν τα φωτοβολταϊκά πάνελ για να έχουμε όσο περισσότερο αποδοτικότερο σύστημα γίνεται.

- Επιπλέον κόστη
Χρειάζεται να γίνει πρόσθετη επένδυση σε μετατροπείς τάσης για τη μετατροπή σε εναλλασσόμενο ρεύμα και σε μπαταρίες για την αποθήκευση του ηλεκτρικού ρεύματος.

3. ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν την ικανότητα να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα εκμεταλλευόμενα την ακτινοβολία του ηλίου και να την αποθηκεύουν σε μπαταρίες. Αυτός ο τρόπος κάνει τη συγκεκριμένη εγκατάσταση να είναι τελείως αποκομμένη από το ηλεκτρικό δίκτυο γι' αυτό ονομάζονται και αυτόνομα. Σε αρκετές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και ανεμογεννήτριες για να βοηθούν το όλο σύστημα καθώς και ηλεκτρογεννήτριες για τη φόρτιση των μπαταριών όταν δεν υπάρχει αρκετή ηλιακή ακτινοβολία. Τα σημαντικότερα μέρη που αποτελούν ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα είναι: α) τα φωτοβολταϊκά πάνελ, β) οι μπαταρίες, γ) ο ρυθμιστής φόρτισης και δ) ο μετατροπέας τάσης.

3.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΑΝΕΛ

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ είναι ίσως το πιο σημαντικό κομμάτι της εγκατάστασης καθώς παράγουν όλη την ενέργεια του συστήματος. Η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στην επιφάνεια του συλλέκτη και μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια, αυτό ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Το συνηθέστερο υλικό κατασκευής φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι το πυρίτιο. Ανάλογα με το τρόπο παραγωγής του χωρίζεται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- Στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου: Πρόκειται για υλικό με μεγάλο πάχος σε σχέση με τα πολυκρυσταλλικά, έχει υψηλό κόστος παραγωγής και χρώμα σκούρο μπλε. Η απόδοσή τους φτάνει το 20%.
- Στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου: Πρόκειται για υλικό με μικρότερο πάχος από τα μονοκρυσταλλικά και με λιγότερο κόστος κατασκευής. Έχουν απόδοση από 10%-14% και χρώμα γαλάζιο.
- Στοιχεία άμορφου πυριτίου: Πρόκειται για υλικό που αποτελείται από λεπτές στρώσεις πυριτίου γι' αυτό είναι οικονομικότερη η παραγωγή του. Η απόδοσή του κυμαίνεται από 6% -8%.

3.3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ (ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ)

Το φωτοβολταϊκό σύστημα παράγει ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να καταναλωθεί απευθείας ή να αποθηκευτεί για μεταγενέστερη χρήση. Η αποθήκευση του ηλεκτρικού ρεύματος γίνεται με τις μπαταρίες οι οποίες τροφοδοτούν το σύστημά μας με ηλεκτρικό ρεύμα τις βραδινές ώρες και τις ημέρες με παρατεταμένη συννεφιά. Η μπαταρία είναι στη ουσία μία χημική πηγή ρεύματος που μπορεί να μετατρέψει την ηλεκτρική ενέργεια σε χημική και να την αποθηκεύσει. Η μπαταρία για να φορτιστεί χρειάζεται συνεχές ρεύμα. Τα κύρια χαρακτηριστικά μιας μπαταρίας είναι: α) η χωρητικότητα (C) που μετράτε σε αμπερώρια (Ah), β) η τάση στους πόλους της σε Volt (V) και γ) ο χρόνος ζωής που μετράτε σε κύκλους λειτουργίας, δηλαδή τη διαδικασία φόρτισης και εκφόρτισης της μπαταρίας. Οι μπαταρίες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: α) σε μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης και β) σε μπαταρίες εκκίνησης. Σε αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούμε μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης. Για την ορθή φόρτιση των μπαταριών χρησιμοποιούμε ρυθμιστές φόρτισης τεχνολογίας MPPT(ανιχνευτής μεγίστου σημείου ισχύος) ή PWM(διαμόρφωση πλάτους παλμού). Τέλος, υπάρχουν οι μπαταρίες κλειστού τύπου και οι μπαταρίες ανοιχτού τύπου.

3.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ

3.4.1 ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

Η χωρητικότητα των μπαταριών μετριέται σε αμπερώρια (Ah), δηλαδή μία μπαταρία με χωρητικότητα 200 Ah μπορεί να τροφοδοτήσει ρεύμα 200 A για 1 ώρα. Ο χρόνος αποφόρτισης της μπαταρίας επηρεάζει σημαντικά τη χωρητικότητά της, δηλαδή όσο πιο σύντομα αποφορτίζεται η μπαταρία τόσο μειώνεται η χωρητικότητά της. Σε αυτόνομη εγκατάσταση για να έχουμε μεγαλύτερη χωρητικότητα τοποθετούμε αρκετές μπαταρίες και τις συνδέουμε παράλληλα μεταξύ τους για να το επιτύχουμε. Η χωρητικότητα μιας μπαταρίας μειώνεται όσο αυξάνονται οι κύκλοι λειτουργίας. Επίσης οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες, δηλαδή πάνω από 20 °C επηρεάζουν τη χωρητικότητά της μπαταρίας, όπως επίσης και οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες επηρεάζουν το φορτίο που μπορεί να αποθηκευτεί.

3.4.2 ΤΑΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ

Οι μπαταρίες τροφοδοτούνται και τροφοδοτούν με συνεχές ρεύμα. Οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται είναι των: 2 Volt, 6 Volt, 8 Volt και 12 Volt. Συνήθως προτιμάται η φόρτιση της μπαταρίας να γίνεται με χαμηλό ρεύμα. Εάν θέλουμε να αυξήσουμε τη συνολική τάση της εγκατάστασής μας τότε θα συνδέσουμε τις μπαταρίες σε σειρά μεταξύ τους.

3.4.3 ΧΡΟΝΟΣ ΖΩΗΣ

Ο χρόνος ζωής μιας μπαταρίας μετρείται σε κύκλους λειτουργίας. Ένας κύκλος λειτουργίας είναι μια πλήρης αποφόρτιση και φόρτιση έως το σημείο που έχει ορίσει ο κατασκευαστής. Η μπαταρία δεν πρέπει να δέχεται υψηλή τάση για μεγάλο χρονικό διάστημα ούτε να εκφορτίζεται τελείως, διότι επηρεάζεται σημαντικά ο χρόνος ζωής της και μειώνεται η χωρητικότητά της. Σε αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα οι μπαταρίες δεν πρέπει να αποφορτίζονται κάτω από το 50% με 60%.

3.5 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ

3.5.1 ΑΛΜΥΡΟΥ ΝΕΡΟΥ

Οι μπαταρίες αλμυρού νερού είναι μια νέα τεχνολογία πολύ φιλική προς το περιβάλλον και πλήρως βιώσιμη. Δεν περιέχει βαρέα μέταλλα και μπορεί εύκολα να ανακυκλωθεί. Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής με πάνω από 5.000 κύκλους λειτουργίας σε βάθος εκφόρτισης 80%. Οι μπαταρίες αυτές βασίζονται σε ηλεκτρολύτες αλμυρού νερού και αντέχουν θερμοκρασίες από -5 °C έως 50 °C.

3.5.2 ΙΟΝΤΩΝ ΛΙΘΙΟΥ

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου είναι από τους συνηθέστερους τύπους μπαταριών με ευρεία χρήση, όπως σε ηλεκτρονικές συσκευές, ηλεκτρικά αυτοκίνητα, ηλεκτρικά εργαλεία και εφαρμογές τηλεπικοινωνιών. Έχουν μεγάλο αριθμό κύκλου λειτουργίας (4.000 κύκλους σε εκφόρτιση 80%), χαρακτηρίζονται από γρήγορη φόρτιση και χαμηλή αυτοεκφόρτιση. Επίσης, έχουν μεγάλη αντοχή σε δύσκολες συνθήκες λειτουργίας και είναι πιο ελαφρές από τους άλλους τύπους μπαταριών. Έχουν υψηλή ενεργειακή πυκνότητά, δηλαδή μπορούν να αποθηκεύσουν μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Από την άλλη η κατασκευή τους είναι πιο ακριβή από τους άλλους τύπους μπαταριών και υπάρχει η πιθανότητα ανάφλεξης ακόμα και έκρηξης της μπαταρίας όμως, αυτό διορθώνετε με ένα κύκλωμα ασφαλείας που διακόπτει το ρεύμα. Τέλος, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου είναι κατάλληλες για χρήση σε αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα.

3.5.3 ΜΟΛΥΒΔΟΥ-ΟΞΕΟΣ

Οι μπαταρίες μόλυβδου-οξέος είναι από τις πιο διαδεδομένες κατηγορίες μπαταριών και χρησιμοποιούνται ευρέως σε πολλές εφαρμογές καθώς και στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα. Είναι μπαταρίες αυξημένης αντοχής που αντέχουν πολλές βαθιές εκφορτίσεις και χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: α) Μπαταρίες OPz υγρής κατάστασης ή gel και β) μπαταρίες VRLA με παχύρευστο ηλεκτρολύτη.

3.5.4 ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ OPz(μπαταρία με ηλεκτρόδιο μόλυβδου)

3.5.4.1 OPzS(μπαταρία με υγρό ηλεκτρολύτη) Είναι μπαταρίες ανοιχτού τύπου με υγρό ηλεκτρολύτη, κατασκευάζονται με ηλεκτρόδιο μόλυβδου και ηλεκτρολύτη θειικό οξύ. Χρειάζεται να συμπληρώνουμε με απιονισμένο νερό και συνιστάται να τοποθετούνται σε χώρο που αερίζεται διότι εκλύονται αέρια κατά τη φόρτιση και την αποφόρτιση. Τέλος, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής με εκτιμώμενο χρόνο μεγαλύτερο από 20 έτη.

3.5.4.2 OPzV(μπαταρία με ζελέ) Είναι μπαταρίες κλειστού τύπου με τον ηλεκτρολύτη σε κατάσταση ζελέ. Κατασκευάζονται και αυτές με ηλεκτρόδιο μόλυβδου. Δε χρειάζονται συντήρηση και δεν εκλύονται αέρια. Τέλος, έχουν και αυτές διάρκεια ζωής που ξεπερνάει τα 20 έτη.

3.5.5 ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ VRLA(μπαταρία μόλυβδου οξέος ρυθμιζόμενο με βαλβίδα)

3.5.5.1 AGM(μεμβράνη απορροφητικού γυαλιού) Είναι μπαταρίες κλειστού τύπου και περιέχουν ανάμεσα στις πλάκες του μόλυβδου μεμβράνη απορροφητικού γυαλιού εμποτισμένο με το διάλυμα του θειικού οξέος. Δε χρειάζονται συντήρηση και δεν εκλύονται αέρια. Είναι ικανές να αποδώσουν μεγάλα ρεύματα σε μικρή χρονική περίοδο, είναι κατάλληλες για εκκίνηση μηχανημάτων και για φωτοβολταϊκά συστήματα. Τέλος, είναι μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης αλλά υστερούν σε βάθος εκφορτίσης μικρότερο του 50%.

3.5.5.2 GEL Είναι μπαταρίες κλειστού τύπου, όπου το θειικό οξύ είναι αναμειγμένο με πυρογενές διοξείδιο του πυριτίου και έτσι προκύπτει ένα παχύρευστο υγρό που μοιάζει με ζελέ. Είναι μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης και μπορούν να φθάσουν μέχρι και 80% βάθος εκφόρτισης. Δε χρειάζονται συντήρηση και δεν εκλύουν αέρια.

3.6 ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Ο ρυθμιστής φόρτισης είναι ένας ανιχνευτής μέγιστης τάσης, ο οποίος συνεχώς ελέγχει το επίπεδο φόρτισης των μπαταριών. Ανάλογα με τα όρια που είναι ρυθμισμένος βοηθάει στην αποφυγή της υπερφόρτισης των μπαταριών διακόπτοντας τη διαδικασία, όπως επίσης και στη περίπτωση της υπερεκφόρτισης. Είναι συνδεδεμένος παράλληλα με το φωτοβολταϊκό σύστημα και αποτελείται από ένα σύνολο ελεγκτών που διακόπτουν τη παροχή ενέργειας όταν χρειαστεί.

3.7 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΤΑΣΗΣ

Ο μετατροπέας τάσης είναι ένα σημαντικό ηλεκτρονικό σύστημα το οποίο μετατρέπει τη τάση και την ένταση του ρεύματος από τη πηγή παραγωγής έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις συσκευές κατανάλωσης. Στα φωτοβολταϊκά συστήματα οικιακής χρήσης συνήθως χρησιμοποιούνται μετατροπείς συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο (inverter) καθώς οι περισσότερες οικιακές συσκευές λειτουργούν με εναλλασσόμενο. Οι μετατροπείς χωρίζονται σε μονοφασικούς και τριφασικούς. Η απόδοση αυτών των μετατροπέων κυμαίνεται από 96%-99%.

4. ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ Φ/Β

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για την εγκατάσταση ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος πρέπει να ακολουθήσουμε ορισμένα βήματα με τα οποία θα υπολογίσουμε τις καταναλώσεις που χρειαζόμαστε και ύστερα να επιλέξουμε τις κατάλληλες συσκευές και εξαρτήματα που θα χρειαστούμε. Επίσης θα σχεδιάσουμε το τρόπο εγκατάστασης των πάνελ για να πετύχουμε τη μέγιστη απόδοση που θέλουμε.

4.2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Το πρώτο βήμα στη μελέτη της εγκατάστασης είναι ο υπολογισμός των καταναλώσεων των φορτίων που θέλει να χρησιμοποιήσει ο χρήστης καθώς και τις ποσότητες και τις ώρες λειτουργίας αυτών των φορτίων. Από αυτούς τους υπολογισμούς θα προκύψει η ημερήσια ηλεκτρική ενέργεια που θα χρειαστεί το σύστημα. Η μελέτη θα γίνει για το χειρότερο μήνα λειτουργίας του συστήματος, δηλαδή το Δεκέμβριο.

Έπειτα με βάση τις ημερήσιες καταναλώσεις θα υπολογιστεί η ισχύς του φωτοβολταϊκού συστήματος χρησιμοποιώντας τη σχέση 4.1.

$$P = \frac{E_L \times H_t \times m}{H_0 \times n_a \times \eta_k} \times \frac{N}{N-n} \quad (4.1)$$

Όπου: P=Ισχύς φωτοβολταϊκού συστήματος σε kW.

E_L =Ημερήσια ενέργεια από πίνακα φορτίων σε kWh/ημέρα.

H_t =Ισχύς προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε πρότυπες συνθήκες (1 kW/m²).

m=συντελεστής περιθωρίου ενέργειας, συνήθως 1.2.

H_0 =Ημερήσια ενέργεια προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (περίπου 3 kW/m² για το χειμώνα και 7 kW/m² για το καλοκαίρι).

n_a =συντελεστής απωλειών φωτοβολταϊκού, περίπου 0.8.

n_k =συντελεστής απωλειών μεταφοράς καλωδίων, περίπου 0.9.
 N =αριθμός ημερών μήνα.
 n =αριθμός ημερών αυτονομίας.

Αφού υπολογίσουμε την ισχύ του συστήματος μας βρίσκουμε τη τάση που θα λειτουργεί το σύστημά μας με τη βοήθεια του πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1 Ισχύς σε kW και τάση συσσωρευτών σε Volt

Ισχύς kW	Τάση συσσωρευτών Volt
0-0.5	12
0.5-3	24
3-10	48
>10	>48

Στη συνέχεια θα διαιρέσουμε την ισχύ του συστήματος μας με την ισχύ των πάνελ που επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε, για να βρούμε τον αριθμό των πάνελ που θα τοποθετήσουμε. Επίσης θα υπολογίσουμε τον τρόπο σύνδεσης των πάνελ, δηλαδή σε σειρά και παράλληλα χρησιμοποιώντας τις σχέσεις 4.2 και 4.3 αντίστοιχα.

$$N_{\sigma} = \frac{V_{m\sigma}}{n_{\delta} \times V_{oc}} \quad (4.2)$$

Όπου: N_{σ} =αριθμός πλαισίων σε σειρά.

$V_{m\sigma}$ =μέγιστη τάση ρεύματος φωτοβολταϊκής συστοιχίας, συνήθως 100 – 200 V για συστήματα έως 3 kW, 200-400 V για συστήματα 3-10 kW και 400-700 για συστήματα άνω των 10 kW.

V_{oc} =μέγιστη τάση ρεύματος πλαισίου από το κατασκευαστή.

n_{δ} =συντελεστής διόρθωσης τάσης, από το πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.2 Συντελεστής διόρθωσης τάσης

Πιθανή θερμοκρασία σε °C	Συντελεστής διόρθωσης τάσης
10	1.08
0	1.10
-10	1.13
-20	1.17
-40	1.25

(Πηγή: Ι. Φραγκιαδάκης, Φωτοβολταϊκά Συστήματα, 2019 τέταρτη έκδοση)

$$N_{\Pi} = \frac{N}{N_{\sigma}} \quad (4.3)$$

Όπου: N_{Π} =αριθμός πλαισίων παράλληλα.

N =αριθμός πλαισίων.

N_{σ} =αριθμός πλαισίων σε σειρά.

Έτσι αφού υπολογίσουμε όλα τα προηγούμενα, από το πίνακα των φορτίων στη στήλη με τα ταυτόχρονα φορτία θα υπολογίσουμε τον μετατροπέα που θα χρησιμοποιήσουμε. Στη συνέχεια θα υπολογίσουμε τη χωρητικότητα των μπαταριών χρησιμοποιώντας την σχέση 4.4.

$$C = \frac{(n+p) \times m \times E_L}{n_\gamma \times n_\mu \times \beta_{εκφ} \times V} \quad (4.4)$$

Όπου: C=χωρητικότητα συσσωρευτών σε Ah.

n=ημέρες αυτονομίας.

p=ποσοστό φορτίων που τροφοδοτούνται από τις μπαταρίες, συνήθως

0.6.

m=συντελεστής περιθωρίου ενέργειας.

E_L=ημερήσια ενέργεια από πίνακα φορτίων σε kW/ημέρα.

n_γ=συντελεστής απωλειών γήρανσης, περίπου 0.8.

n_μ=συντελεστής απωλειών μεταφοράς, περίπου 0.9.

β_{εκφ}=βάθος εκφόρτισης.

V=τάση μπαταριών.

Τέλος, θα υπολογίσουμε τις διατομές των καλωδίων που θα χρησιμοποιήσουμε για κάθε επιμέρους τμήμα της εγκατάστασης χρησιμοποιώντας τον τύπο 4.5.

$$S = \frac{2 \times L \times I}{V \times k \times \Delta v} \quad (4.5)$$

Όπου: S=διατομή καλωδίου σε mm².

k=ειδική αγωγιμότητα αγωγού (για το χαλκό 58 m/Ω mm²).

L=μήκος καλωδίου σε m.

I=μέγιστη ένταση ρεύματος κλάδου καλωδίων σε A(αμπερ).

Δv=επιτρεπόμενη πτώση τάσης. Για κλάδο φωτοβολταϊκών: Δv=0.03, για κλάδο αντιστροφέα έως μπαταρίες: Δv=0.01, για κλάδο από αντιστροφέα έως AC καταναλώσεις: Δv=0.03.

V=μέγιστη τάση ρεύματος κλάδου σε V(βολτ).

4.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΥΤΟΝΟΜΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Ο υπολογισμός της εγκατάστασης για τη παρούσα πτυχιακή θα γίνει για τη πόλη της Πάτρας και θα χρησιμοποιηθεί ένα θερμαντικό σώμα για τη θέρμανση μίας μονοκατοικίας 70 m². Μαζί με το θερμαντικό σώμα θα υπάρχει και ένας ηλεκτρικός θερμοσίφωνας για το ζεστό νερό, ένα πλυντήριο καθώς και άλλες συσκευές. Το σύστημα θα υπολογιστεί για το χειρότερο μήνα λειτουργίας, δηλαδή το μήνα Δεκέμβριο. Επίσης το σύστημα θα υπολογιστεί για δύο ημέρες αυτονομίας με νότιο προσανατολισμό. Διάφορα χρήσιμα στοιχεία για τη πόλη της Πάτρας φαίνονται και στο πίνακα 4.3.

Πίνακας 4.3 Χρήσιμα στοιχεία για τη Πάτρα

Γεωγραφικό μήκος	Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο	Κλιματική ζώνη
21.7°	38.2°	1 m	B

Η κλίση που θα τοποθετηθούν τα πάνελ θα είναι για βέλτιστη χειμερινή χρήση καθώς θέλουμε το σύστημα μας να αποδίδει το μέγιστο το χειμώνα. Έτσι με βάση το γεωγραφικό πλάτος θα υπολογίσουμε τη βέλτιστη γωνία κλίσης με βάση το τύπο 4.6.

$$\beta = \varphi + 15 \quad (4.6)$$

$$\text{Άρα } \beta = 38 + 15 = 53^\circ$$

Τα φορτία που έχουν επιλεγεί να χρησιμοποιηθούν, οι καταναλώσεις, οι ώρες λειτουργίας καθώς και οι ποσότητες καταγράφονται στο πίνακα 4.4.

Πίνακας 4.4 Καταναλώσεις φορτίων εγκατάστασης

Φορτία	Ισχύς σε W	Πλήθος	Ώρες λειτουργίας σε h	Κατανάλωση σε W	Ταυτόχρονη λειτουργία
Λάμπες	5	3	5	75	ΝΑΙ
Τηλεόραση	41	1	2	82	ΝΑΙ
Ψυγείο	90	1	24(διακοπτόμενα)	500	ΝΑΙ
Θερμαντικό σώμα	2000	1	2	4000	ΝΑΙ
Πλυντήριο	1020	1	0.20	204	ΟΧΙ
Θερμοσίφωνας	4000	1	0.20	800	ΟΧΙ
Σύνολο	7156			5661	4657

Οπότε με βάση το πίνακα 4.4 των φορτίων η ημερήσια ενέργεια που χρειάζεται το σύστημα μας είναι 5661 Wh. Θα υπολογίσουμε την ισχύ του φωτοβολταϊκού συστήματος για 2 ημέρες αυτονομίας με τη βοήθεια της σχέσης 4.1.

$$\text{Έχουμε: } P = \frac{5661 \times 1000 \times 1,2}{3000 \times 0,8 \times 0,9} \times \frac{31}{31-2} = \frac{6793200}{2160} \times 1.068 = 3359 \text{ W}$$

Έπειτα, γνωρίζοντας την ισχύ θα διαιρέσουμε με την ισχύ των πάνελ που θα χρησιμοποιήσουμε για να βρούμε τον αριθμό των πάνελ που χρειαζόμαστε. Στο συγκεκριμένο σύστημα θα χρησιμοποιήσουμε μονοκρυσταλλικά πάνελ της εταιρείας SHARP με κωδικό NU-JD450. Οι διαστάσεις των πάνελ είναι: μήκος-2.108mm, πλάτος-1.048mm, πάχος-35 mm και βάρος-25 kg. Τα ηλεκτρολογικά στοιχεία του πάνελ φαίνονται στο πίνακα 4.5.

Πίνακας 4.5 Ηλεκτρολογικά στοιχεία πάνελ από το κατασκευαστή

Μέγιστη ισχύς P_{\max} (W)	Τάση ανοιχτού κυκλώματος V_{oc} (V)	Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_{sc} (A)	Τάση μέγιστης ισχύος V_{mpp} (V)	Ρεύμα μέγιστης ισχύος I_{mpp} (A)	Απόδοση (%)
450	49.35	11.61	41.56	10.83	20.37

$$\text{Έχουμε: } \frac{3359}{450} = 7.46 = 8$$

Άρα θα χρησιμοποιήσουμε 8 πάνελ των 450 W το καθένα, με μέγιστη ισχύ 3600 W.

Στη συνέχεια θα υπολογίσουμε το τρόπο σύνδεσης των πάνελ, σε σειρά και παράλληλα, χρησιμοποιώντας τις σχέσεις 4.2 και 4.3 αντίστοιχα, ήτοι:

$$N_{\sigma} = \frac{200}{1.10 \times 49.35} = \frac{200}{54.285} = 3.68 = 4$$

$$N_{\Pi} = \frac{8}{4} = 2$$

Από τη στήλη με τα ταυτόχρονα φορτία έχουμε υπολογίσει ισχύ 4657 W. Με βάση αυτή την ισχύ αρκεί ένας μετατροπέας (inverter) των 5000 W, όμως αν λάβουμε υπόψιν και τις εκκινήσεις των συσκευών που χρειάζονται περισσότερο ρεύμα εκκίνησης θα χρησιμοποιήσουμε ένα μεγαλύτερο μετατροπέα για να το επιτύχουμε. Έτσι επιλέγουμε να χρησιμοποιήσουμε τον Tricci 48/5000/60-80H-BL της click2save με ενσωματωμένο φορτιστή από εφεδρική πηγή και ρυθμιστή φόρτισης από φωτοβολταϊκά υψηλής τάσης mppt, καθαρού ημιτόνου και μέγιστη ισχύς 10000VA. Οι διαστάσεις του μετατροπέα είναι: ύψος-400mm, πλάτος-300mm, πάχος-115mm και βάρος-10kg.

Επόμενο βήμα είναι να υπολογίσουμε τη χωρητικότητα των συσσωρευτών χρησιμοποιώντας τη σχέση 4.4, ήτοι:

$$C = \frac{(2+0.6) \times 1.2 \times 5661}{0.8 \times 0.9 \times 0.4 \times 48} = \frac{17,662.32}{13,824} = 1,277.65 Ah$$

Η χωρητικότητα που υπολογίσαμε είναι για 2 ημέρες αυτονομίας. Για αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα προτιμάται να χρησιμοποιούνται μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης των 2V με μεγάλους κύκλους ζωής. Έτσι επιλέγουμε να χρησιμοποιήσουμε 24 μπαταρίες της Sunlight μόλυβδου-οξέος ανοιχτού τύπου με υγρά, με ημιδιάφανο ανθεκτικό περίβλημα και τύπο RES 4 SOPzS 720 με 721Ah(C120) και 2500 κύκλους ζωής στο 50% αποφόρτισης. Οι διαστάσεις της μπαταρίας είναι: ύψος-640mm, πλάτος-198mm, πάχος-101mm και βάρος-21kg. Θα τοποθετήσουμε 24 μπαταρίες σε σειρά για να επιτύχουμε τη τάση του συστήματος.

Τέλος, θα υπολογίσουμε το πάχος των καλωδίων για τα επιμέρους τμήματα της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης χρησιμοποιώντας το τύπο 4.5. Συνιστάται οι μπαταρίες και ο μετατροπέας να είναι σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους έτσι ώστε να μειώνονται οι απώλειες και οι διατομές των καλωδίων.

Φωτοβολταϊκά-μετατροπέας

$$S = \frac{2 \times 30 \times 29.025}{0.03 \times 58 \times 197.4} = \frac{1,741.5}{343.476} = 5.07 = 6 mm^2$$

Μετατροπέας-μπαταρίες

$$S = \frac{2 \times 1.5 \times 72}{0.01 \times 58 \times 48} = \frac{216}{27.84} = 7.7 = 10 mm^2$$

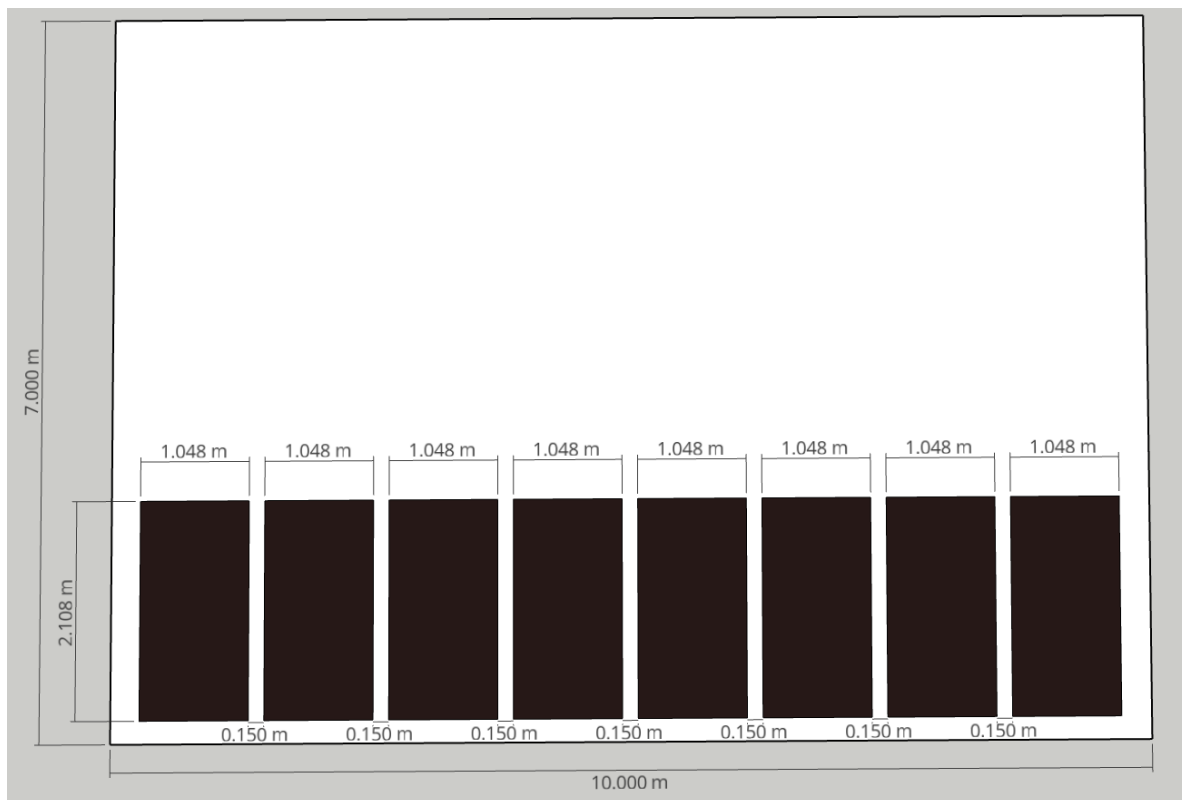
Μετατροπείας-AC καταναλώσεις

$$S = \frac{2 \times 8.5 \times 40}{0.03 \times 58 \times 48} = \frac{680}{83.52} = 8.14 = 10 \text{mm}^2$$

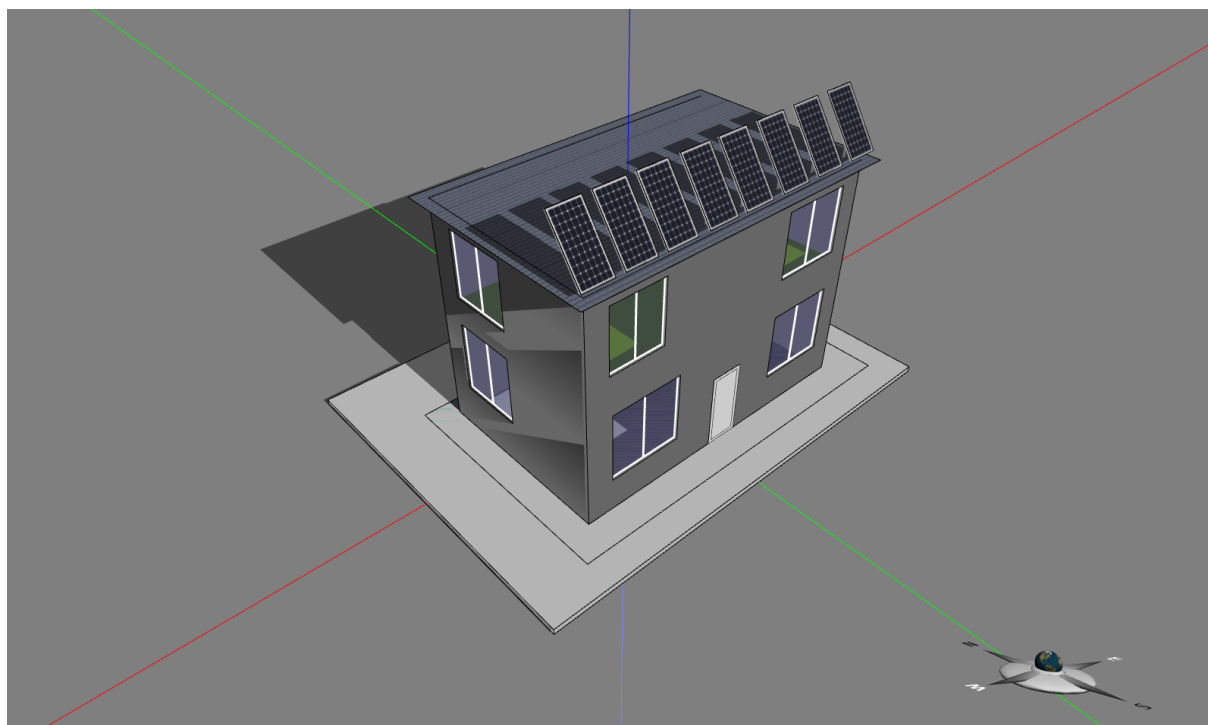
Τα καλώδια που θα χρησιμοποιηθούν είναι τύπου Solar H1Z2Z2-K με διαστάσεις 6mm² και 10mm², με μεγάλη αντοχή στη ηλιακή ακτινοβολία και διπλή μόνωση.

Επίσης για την ασφάλεια των συσκευών και για την αποφυγή πυρκαγιών από υπερφορτώσεις θα χρησιμοποιήσουμε αυτόματες ασφάλειες. Για την ακρίβεια θα χρησιμοποιήσουμε δύο ασφάλειες στις εξόδους των εν σειρά κλάδων των φωτοβολταϊκών στα 25A της Elmark διπολική στα 10kA 230V C102L 41208. Επίσης, θα χρησιμοποιήσουμε δύο ασφαλειοαποζεύκτες της Abb στα 32A διπολική E92/32A 43936. Από το μετατροπέα έως τις μπαταρίες μία ασφάλεια των 80A της Elmark στα 10kA διπολική C100M41280. Από το μετατροπέα στα AC φορτία μια ασφάλεια των 40A της Abb στα 3kA διπολική C40A70363, καθώς και έναν ασφαλειοαποζεύκτη της Legrand Lexic στα 40A μονοπολικός 005815. Επίσης θα τοποθετήσουμε και ένα αντικεραυνικό της Abb τύπου T2/T3 μονοπολικό στα 20kA. Τέλος θα τοποθετήσουμε και ένα μονοφασικό μετρητή Elgama Gama τύπου 100/G1B 152100AIP53.

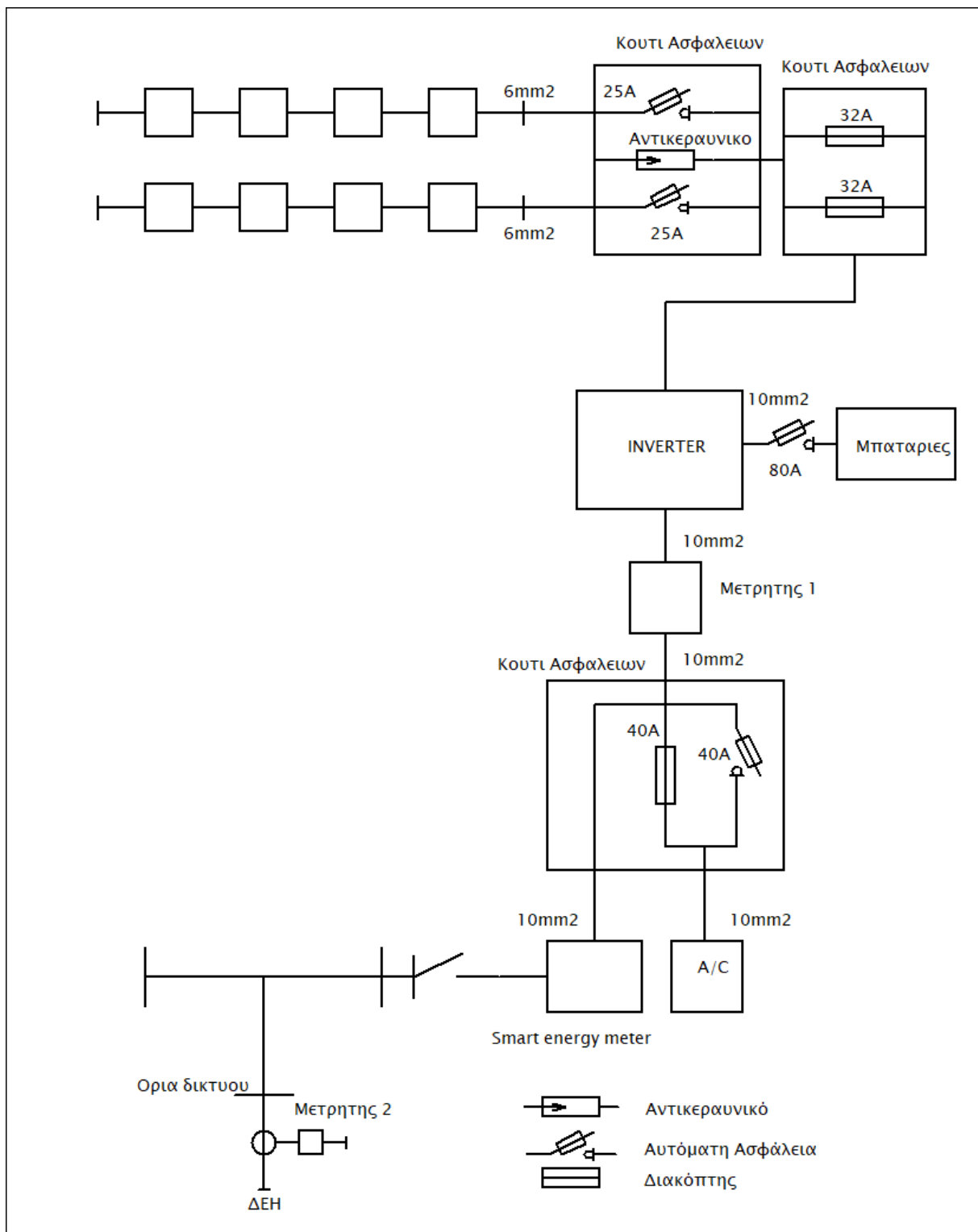
Τα πάνελ μπορούν να τοποθετηθούν με δύο τρόπους, με μονό προφίλ ή με διπλό προφίλ. Στη συγκεκριμένη εγκατάσταση επιλέχθηκε μονό προφίλ με τα πάνελ τοποθετημένα το ένα δίπλα στο άλλο. Με αυτό το τρόπο αποφεύγετε η οποιαδήποτε πιθανότητα σκίασης των πάνελ και άρα η απώλεια ενέργειας και μειώνεται το κόστος του αλουμινίου που θα χρειαστεί. Στην εικόνα 4.1 φαίνεται η κάτοψη της οροφής που θα μπουν τα πάνελ με τη βοήθεια του προγράμματος Sketchup, στην εικόνα 4.2 μία 3D απεικόνιση των πάνελ με τη βοήθεια του προγράμματος Energy3D και στο σχήμα 4.1 ένα τυπικό μονογραμμικό σχέδιο της εγκατάστασης με τη βοήθεια του προγράμματος Proficad.



Εικόνα 4.1: Κάτοψη οροφής



Εικόνα 4.2: 3D απεικόνιση των πάνελ



Σχήμα 4.1 Τυπικό μονογραμμικό σχέδιο εγκατάστασης

4.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ PVsyst

Το πρόγραμμα PVsyst είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης για φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις. Με τη βοήθεια του αφού εισάγουμε τα δεδομένα της περιοχής της εγκατάστασής μας, τα φορτία των καταναλώσεων και τα επιμέρους τμήματα που επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε θα υπολογίσει τη παραγωγή ενέργειας του συστήματος, τις απώλειες καθώς και την ενέργεια που δεν εκμεταλλευόμαστε. Επίσης, θα μας δώσει πληροφορίες για τη κατάσταση των μπαταριών και με τη βοήθειά του θα μπορέσουμε να εκτελέσουμε αρκετές προσομοιώσεις ώστε να φθάσουμε στο αποτέλεσμα που επιθυμούμε. Τα χαρακτηριστικά των επιμέρους τμημάτων της εγκατάστασης, όπως πάνελ κτλ. φαίνονται στην εικόνα 4.3.

PV Array Characteristics			
PV module		Battery	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	NU-JD450	Model	RES 4 SOPzS 720
(Original PVsyst database)		Technology	Lead-acid, vented, tubular
Unit Nom. Power	450 Wp	Nb. of units	24 in series
Number of PV modules	8 units	Discharging min. SOC	20.0 %
Nominal (STC)	3600 Wp	Stored energy	19.8 kWh
Modules	2 Strings x 4 In series	Battery Pack Characteristics	
At operating cond. (50°C)		Voltage	48 V
Pmpp	3293 Wp	Nominal Capacity	516 Ah (C10)
U mpp	149 V	Temperature	Given monthly values
I mpp	22 A		
Controller		Battery Management control	
Universal controller		Threshold commands as	SOC calculation
Technology	MPPT converter	Charging	SOC = 0.92 / 0.75
Temp coeff.	-5.0 mV/°C/Elem.	approx.	54.5 / 49.5 V
Converter		Discharging	SOC = 0.20 / 0.45
Maxi and EURO efficiencies	97.0 / 95.0 %	approx.	46.4 / 48.3 V
Total PV power			
Nominal (STC)	3.60 kWp		
Total	8 modules		
Module area	17.7 m ²		

Εικόνα 4.3 Χαρακτηριστικά τμημάτων εγκατάστασης στο PVsyst

4.4.1 ΠΡΩΤΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

Στη πρώτη προσομοίωση του προγράμματος εισάγουμε τα φορτία που χρησιμοποιήσαμε με τους υπολογισμούς στο χέρι, με τη διαφορά ότι επιλέξαμε ένα a/c για το καλοκαίρι και τροποποιήσαμε τις ώρες λειτουργίας του πλυντηρίου και του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα καθώς δεν υπήρχε δυνατότητα επιλογής για 20 λεπτά χρήσης. Επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε αρχικά το θερμαντικό σώμα για δύο ώρες λειτουργίας για να δούμε πως ανταποκρίνεται το σύστημα. Το total daily energy είναι η συνολική ημερήσια ενέργεια και τα φορτία αυτά φαίνονται στην εικόνα 4.4. Επίσης, έχουμε χωρίσει τα φορτία ανά εποχές για να έχουμε μία πιο συγκεντρωτική εικόνα των καταναλώσεων.

Detailed User's needs

Daily household consumers, Seasonal modulation, average = 3.0 kWh/day

Summer (Jun-Aug)					Autumn (Sep-Nov)				
	Number	Power	Use	Energy		Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day			W	Hour/day	Wh/day
Λαμπες	3	5W/lamp	5.0	75	Λαμπες	3	5W/lamp	5.0	75
TV	1	41W/app	2.0	82	TV	1	41W/app	2.0	82
A/C	1	1000W/app	3.0	3000	Ψυγείο	1		24	499
Ψυγείο	1		24	499	Πλυντήριο	1		1	204
Πλυντήριο	1		1	204	Θερμοσιφωνας	1	800W tot	1.0	800
Stand-by consumers			24.0	24	Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				3884Wh/day	Total daily energy				1684Wh/day

Winter (Dec-Feb)					Spring (Mar-May)				
	Number	Power	Use	Energy		Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day			W	Hour/day	Wh/day
Λαμπες	3	5W/lamp	5.0	75	Λαμπες	3	5W/lamp	5.0	75
TV	1	41W/app	2.0	82	TV	1	41W/app	2.0	82
Ψυγείο	1		24	499	Ψυγείο	1		24	499
Πλυντήριο	1		1	204	Πλυντήριο	1		1	204
Θερμοσιφωνας	1	800W tot	1.0	800	Stand-by consumers			24.0	24
Θερμαντικό σώμα	1	2000W tot	2.0	4000	Total daily energy				884Wh/day
Stand-by consumers			24.0	24					
Total daily energy				5684Wh/day					

Εικόνα 4.4 Φορτία καταναλώσεων στο PVsyst

Έπειτα αφού εκτελέσουμε το πρόγραμμα θα μας δώσει ένα συγκεντρωτικό διάγραμμα με τις ενέργειες.

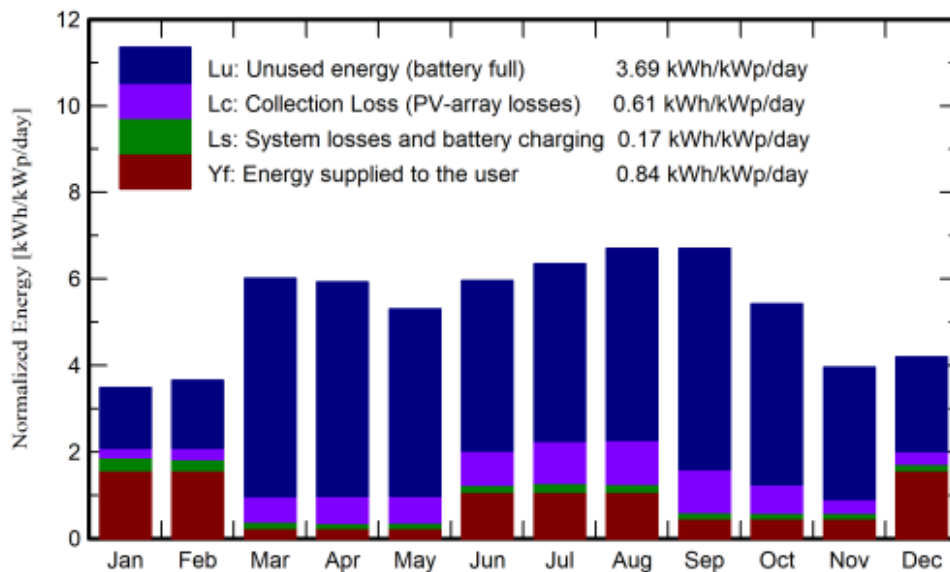
Υπάρχουν όροι στα αγγλικά που θα εξηγηθούν σε αυτή τη παράγραφο. System production=παραγωγή συστήματος, available energy=διαθέσιμη ενέργεια, used energy=ενέργεια που χρησιμοποιήθηκε, excess(unused) = περισσευούμενη (αχρησιμοποίητη), missing energy=χαμένη ενέργεια, normalized production=κανονική παραγωγή, unused energy(battery full)=αχρησιμοποίητη ενέργεια (γεμάτη μπαταρία), collection loss(pv-array losses)=απώλειες συστοιχίας(απώλειες πάνελ), system losses and battery charging=απώλειες συστήματος και φόρτιση μπαταριών, energy supplied to the user=ενέργεια που προμηθεύτηκε στο χρήστη, performance ratio PR= συντελεστής απόδοσης, solar fraction SF=ενέργεια που χρησιμοποιήθηκε προς ενέργεια που απαιτήθηκε.

Στην εικόνα 4.5 φαίνεται το διάγραμμα ενέργειων που μας έδωσε το πρόγραμμα, παρατηρούμε ότι για το μήνα Δεκέμβριο που μας ενδιαφέρει υπάρχει αρκετή ενέργεια που δεν χρησιμοποιούμε λόγο γεμάτων μπαταριών καθώς επίσης δεν έχουμε καθόλου χαμένη ενέργεια καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος. Άρα μπορούμε να αυξήσουμε και άλλο την κατανάλωση του θερμαντικού σώματος.

Επίσης, αφού εκτελέσουμε το πρόγραμμα λαμβάνουμε και άλλες χρήσιμες πληροφορίες για το σύστημα μας, όπως:

- Συνολική παραγόμενη ενέργεια: 6085 kWh/έτος
- Καταναλωθείσα ενέργεια: 1104 kWh/έτος
- Αχρησιμοποίητη ενέργεια: 4852 kWh/έτος
- Χαμένη ενέργεια: 0 kWh/έτος

Normalized productions (per installed kWp)

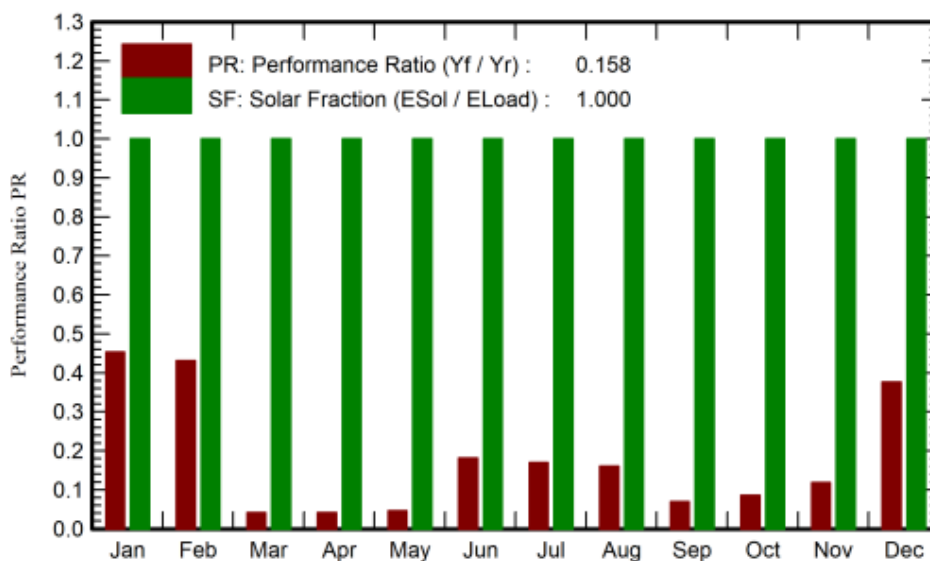


Εικόνα 4.5 Διάγραμμα ενεργειών με τη βοήθεια του PVsyst

Στην εικόνα 4.6 φαίνεται το διάγραμμα απόδοσης του συστήματος και παρατηρούμε ότι έχουμε πολλά περιθώρια να χρησιμοποιήσουμε και άλλες συσκευές την άνοιξη, το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Επίσης, λαμβάνουμε και άλλες πληροφορίες όπως:

- Απόδοση συστήματος: 15.80%
- Καταναλωθείσα ενέργεια / Απαιτούμενη ενέργεια: 100%
- Επίπεδο μπαταριών από φθορά κύκλων: 96.3%
- Επίπεδο μπαταριών λόγο ηλικίας: 94.4%

Performance Ratio PR



Εικόνα 4.6 Διάγραμμα απόδοσης συστήματος από το PVsyst

4.4.2 ΔΕΥΤΕΡΗ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗ

Στη δεύτερη προσομοίωση του προγράμματος αυξήθηκαν οι ώρες λειτουργίας του θερμαντικού σώματος, μιας και αυτό που μας απασχολεί είναι η θέρμανση του κτιρίου. Οι ώρες λειτουργίας του θερμαντικού σώματος αυξήθηκαν σε τέσσερις, ενώ τα υπόλοιπα φορτία παρέμειναν όπως ήταν. Αυτό έγινε γιατί θέλουμε να δούμε πως θα ανταποκριθεί το σύστημα όταν αναγκαστεί να τροφοδοτήσει περισσότερη ενέργεια. Η εικόνα 4.7 δείχνει τα φορτία.

Detailed User's needs				
Daily household consumers, Seasonal modulation, average = 4.0 kWh/day				
Summer (Jun-Aug)				
	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Λαμπες	3	5W/lamp	5.0	75
TV	1	41W/app	2.0	82
A/C	1	1000W/app	3.0	3000
Ψυγείο	1		24	499
Πλυντήριο	1		1	204
Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				3884Wh/day
Autumn (Sep-Nov)				
	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Λαμπες	3	5W/lamp	5.0	75
TV	1	41W/app	2.0	82
Ψυγείο	1		24	499
Πλυντήριο	1		1	204
Θερμοσιφωνας	1	800W tot	1.0	800
Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				1684Wh/day
Winter (Dec-Feb)				
	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Λαμπες	3	5W/lamp	5.0	75
TV	1	41W/app	2.0	82
Ψυγείο	1		24	499
Πλυντήριο	1		1	204
Θερμοσιφωνας	1	800W tot	1.0	800
Θερμαντικο σωμα	1	2000W tot	4.0	8000
Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				9684Wh/day
Spring (Mar-May)				
	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Λαμπες	3	5W/lamp	5.0	75
TV	1	41W/app	2.0	82
Ψυγείο	1		24	499
Πλυντήριο	1		1	204
Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				884Wh/day

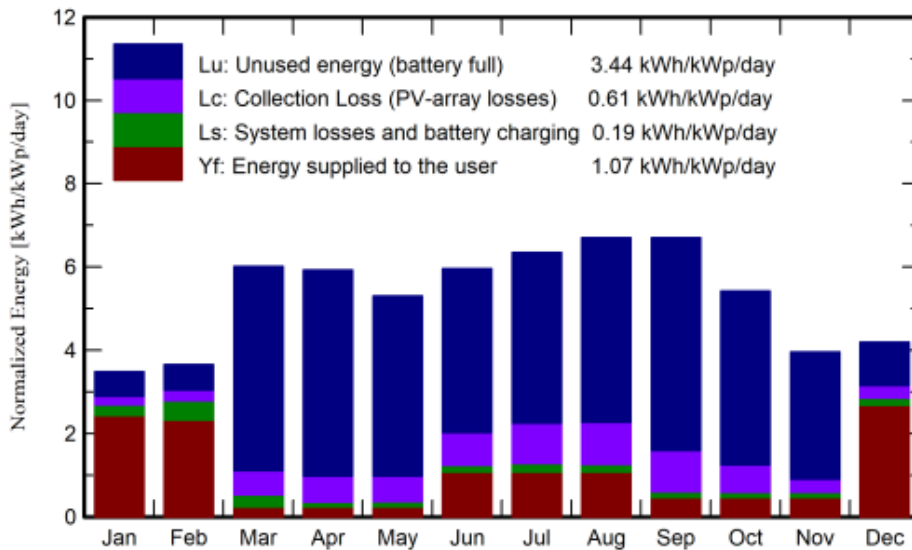
Εικόνα 4.7 Φορτία κατανάλωσης από το PVsyst

Αφού εκτελέσουμε ξανά το πρόγραμμα με τις καινούριες ώρες λειτουργίας του θερμαντικού σώματος παρατηρούμε ότι μειώσαμε την ενέργεια που δεν χρησιμοποιούσαμε και αυξήσαμε την ενέργεια που παίρνουμε από τα πάνελ. Ακόμα αυξήθηκε και η χαμένη ενέργεια ετησίως. Τα αποτελέσματα φαίνονται στην εικόνα 4.8.

Επίσης, αφού εκτελέσουμε το πρόγραμμα λαμβάνουμε και άλλες χρήσιμες πληροφορίες για το σύστημα μας, όπως:

- Συνολική παραγόμενη ενέργεια: 6079 kWh/έτος
- Καταναλωθείσα ενέργεια: 1400 kWh/έτος
- Αχρησιμοποίητη ενέργεια: 4523 kWh/έτος
- Χαμένη ενέργεια: 64 kWh/έτος

Normalized productions (per installed kWp)



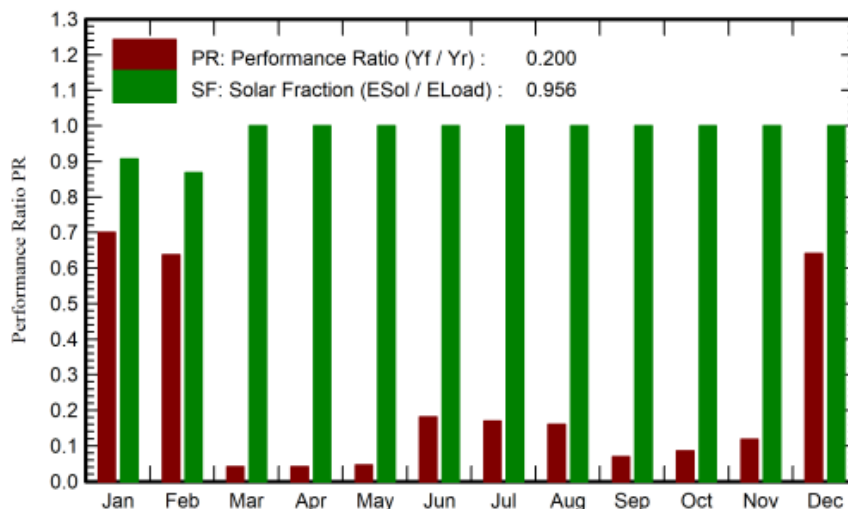
Εικόνα 4.8 Αποτελέσματα κατανάλωσης ενέργειας από το PVsyst

Με αυτό το τρόπο καταφέραμε να αυξήσουμε την απόδοση του συστήματος. Το επίπεδο φθοράς των μπαταριών παρέμεινε σε καλό επίπεδο. Μπορούμε επίσης να χρησιμοποιήσουμε και άλλες συσκευές τους μήνες από Μάρτιο μέχρι Νοέμβριο καθότι έχουμε πολύ αχρησιμοποίητη ενέργεια. Το σύστημα απ' ό,τι παρατηρούμε ανταποκρίνεται πάρα πολύ καλά στις απαιτήσεις μας και μπορούμε να το φορτώσουμε και με επιπλέον φορτία. Τα αποτελέσματα φαίνονται στην εικόνα 4.9.

. Επίσης, λαμβάνουμε και άλλες πληροφορίες όπως:

- Απόδοση συστήματος: 20.04%
- Καταναλωθείσα ενέργεια / Απαιτούμενη ενέργεια: 95.63%
- Επίπεδο μπαταριών από φθορά κύκλων: 95.5%
- Επίπεδο μπαταριών λόγο ηλικίας: 94.4%

Performance Ratio PR



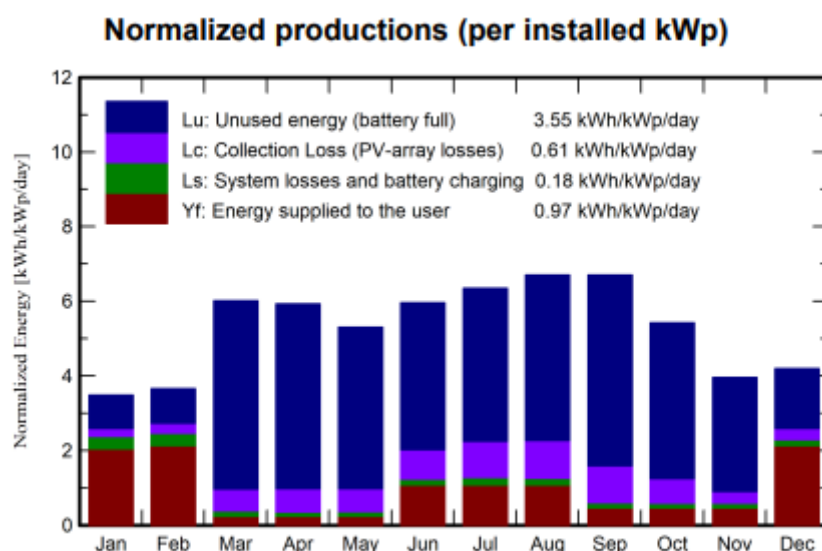
Εικόνα 4.9 Αποτελέσματα απόδοσης συστήματος από το PVsyst

4.4.3 ΤΡΙΤΗ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗ

Εκτελέσαμε το πρόγραμμα και για τρεις ώρες λειτουργίας του θερμαντικού σώματος και καταφέραμε να μειώσουμε τη χαμένη ενέργεια αλλά αυξήθηκε η αχρησιμοποίητη ενέργεια, τα αποτελέσματα φαίνονται στην εικόνα 5.0.

Επίσης, αφού εκτελέσουμε το πρόγραμμα λαμβάνουμε και άλλες χρήσιμες πληροφορίες για το σύστημα μας, όπως:

- Συνολική παραγόμενη ενέργεια: 6082 kWh/έτος
- Καταναλωθείσα ενέργεια: 1275 kWh/έτος
- Αχρησιμοποίητη ενέργεια: 4667 kWh/έτος
- Χαμένη ενέργεια: 9 kWh/έτος



Εικόνα 5.0 Αποτελέσματα κατανάλωσης ενέργειας από το PVsyst

4.4.4. ΤΕΤΑΡΤΗ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗ

Τέλος, εκτελέσαμε το πρόγραμμα για τρεις ώρες θερμαντικό σώμα και με ένα φούρνο των 2700 W για να δούμε πως ανταποκρίνεται το σύστημα. Τα φορτία φαίνονται στην εικόνα 5.1.

Detailed User's needs

Daily household consumers, Seasonal modulation, average = 6.2 kWh/day

Summer (Jun-Aug)

	Nb.	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Λαμπες	3	5/lamp	5.0	75
TV	1	41/app	2.0	82
A/C	1	1000/app	3.0	3000
Ψυγειο	1		24	499
Πλυντηριο	1		1	204
Φουρνος	1	2700 tot	1.0	2700
Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				6584

Autumn (Sep-Nov)

	Nb.	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Λαμπες	3	5/lamp	5.0	75
TV	1	41/app	2.0	82
Ψυγειο	1		24	499
Πλυντηριο	1		1	204
Θερμοσιφωνας	1	800 tot	1.0	800
Φουρνος	1	2700 tot	1.0	2700
Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				4384

Winter (Dec-Feb)

	Nb.	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Λαμπες	3	5/lamp	5.0	75
TV	1	41/app	2.0	82
Φουρνος	1	2700/app	1.0	2700
Ψυγειο	1		24	499
Πλυντηριο	1		1	204
Θερμοσιφωνας	1	800 tot	1.0	800
Θερμαντικο σωμα	1	2000 tot	3.0	6000
Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				10384

Spring (Mar-May)

	Nb.	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Λαμπες	3	5/lamp	5.0	75
TV	1	41/app	2.0	82
Ψυγειο	1		24	499
Πλυντηριο	1		1	204
Φουρνος	1	2700 tot	1.0	2700
Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				3584

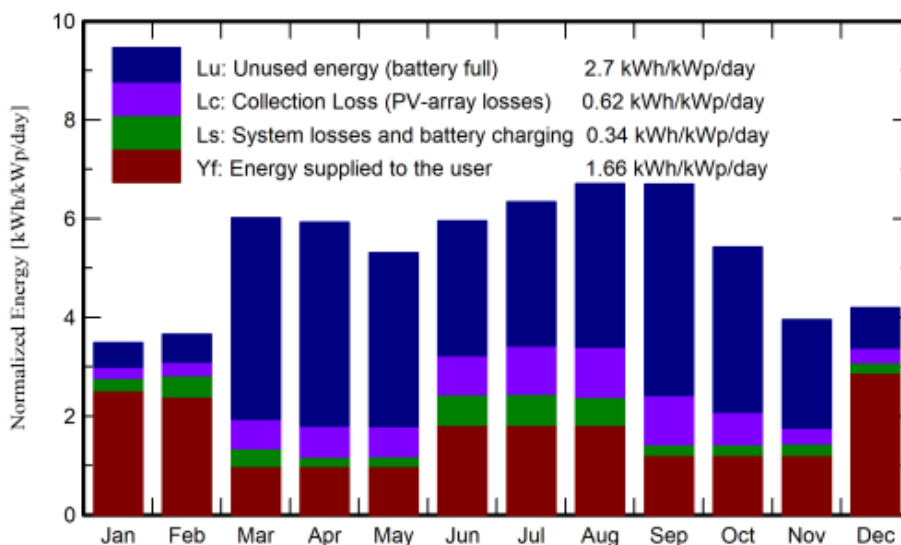
Εικόνα 5.1 Φορτία κατανάλωσης από το PVsyst

Αφού εκτελέσαμε το πρόγραμμα παρατηρήσαμε ότι μειώθηκε κατά πολύ η αχρησιμοποίητη ενέργεια τους χειμερινούς μήνες, πράγμα που το επιθυμούμε. Τα αποτελέσματα φαίνονται στην εικόνα 5.2.

Επίσης, αφού εκτελέσουμε το πρόγραμμα λαμβάνουμε και άλλες χρήσιμες πληροφορίες για το σύστημα μας, όπως:

- Συνολική παραγόμενη ενέργεια: 6040 kWh/έτος
- Καταναλωθείσα ενέργεια: 2180 kWh/έτος
- Αχρησιμοποίητη ενέργεια: 3550 kWh/έτος
- Χαμένη ενέργεια: 89 kWh/έτος

Normalized productions (per installed kWp)

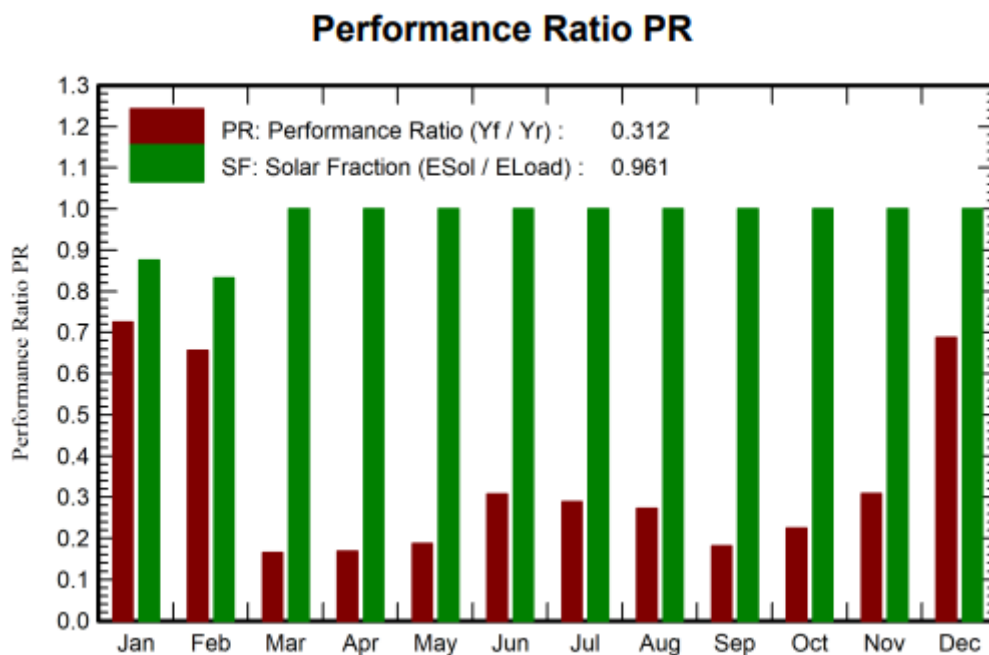


Εικόνα 5.2 Αποτελέσματα κατανάλωσης από το PVsyst

Έτσι, καταφέραμε να αυξήσουμε την απόδοση του συστήματος και να κρατήσουμε τη φθορά των μπαταριών σε καλά επίπεδα. Τα αποτελέσματα φαίνονται στην εικόνα 5.3.

Επίσης, λαμβάνουμε και άλλες πληροφορίες όπως:

- Απόδοση συστήματος: 31.22%
- Καταναλωθείσα ενέργεια / Απαιτούμενη ενέργεια: 96.08%
- Επίπεδο μπαταριών από φθορά κύκλων: 93.9%
- Επίπεδο μπαταριών λόγο ηλικίας: 94.4%



Εικόνα 5.3 Αποτελέσματα απόδοσης από το PVsyst

Το σύστημα που επιλέξαμε με τους υπολογισμούς στο χέρι είναι αρκετό για τη χρήση του θερμαντικού σώματος για δύο ώρες, με δύο ημέρες αυτονομίας. Μετά την εκτέλεση του προγράμματος PVsyst διαπιστώσαμε ότι μπορούμε να αυξήσουμε τις ώρες λειτουργίας σε τέσσερις και το σύστημα να μπορεί να ανταπεξέλθει σε αυτά τα φορτία. Η βέλτιστη χρήση του θερμαντικού σώματος είναι από 2-3 ώρες. Βέβαια, η χρήση του πλυντηρίου δεν θα είναι καθημερινή όπως επίσης και του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα. Η εγκατάσταση ενός ηλιακού θερμοσίφωνα είναι αναγκαία προϋπόθεση. Στους υπολογισμούς χρησιμοποιήσαμε έναν ηλεκτρικό φούρνο για να δούμε πως ανταποκρίνεται το σύστημα. Αν και μπορεί να ανταπεξέλθει, η χρήση ενός φούρνου καταναλώνει πολύ ενέργεια και αντ' αυτού προτείνουμε τη χρήση ενός φούρνου υγραερίου για περισσότερη εξοικονόμηση ενέργειας. Επίσης προτείνουμε την εγκατάσταση μίας εφεδρικής γεννήτριας για τη φόρτιση των μπαταριών όταν θα υπάρχουν παρατεταμένες ημέρες συννεφιάς ή εάν ο χρήστης αποφασίσει να χρησιμοποιεί περισσότερα φορτία από αυτά που έχουν επιλεγεί.

Ύστερα από τους υπολογισμούς στο χέρι και τα αποτελέσματα από το πρόγραμμα προσομοίωσης καταλήξαμε στην αγορά των προϊόντων που επιλέχθηκαν στο κεφάλαιο 4.3. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο συγκεντρωτικό πίνακα 4.6.

Πίνακας 4.6 Συγκεντρωτικός πίνακας συσκευών

Συσκευή/εξάρτημα	Τύπος	Ποσότητα	Τιμή/τεμάχιο €	Συνολικό ποσό €
Φ/Β πάνελ	NU-JD450	8	272.80	2,182.4
Μετατροπέας	TriCCi BL 48/5000/60-80H	1	1036	1,036
Μπαταρίες	2V RES4 SOPzS 720	24	154	3,696
Βάσεις για πάνελ	Αλουμινίου για 8 πάνελ μονού προφίλ	8	77.375	619
Καλώδιο	Solar 6mm ²	30 m	1.12€/m	33.6
Καλώδιο	Solar 10mm ²	10 m	2.21€/m	22.1
Μικροαυτόματη Ασφάλεια	Elmark 25A διπολική στα 10kA 230V C102L 41208	2	4.76€	9.52
Ασφαλειο-αποζεύκτης	Abb στα 32A διπολικός E92/32A 43936	2	5.35€	10.7
Μικροαυτόματη Ασφάλεια	80A της Elmark στα 10kA διπολική C100M41280	1	16.93	16.93
Μικροαυτόματη Ασφάλεια	40A της Abb 3kA διπολική C40A70363	1	9.18	9.18
Ασφαλειο-αποζεύκτης	Legrand Lexic στα 40A μονοπολικός 005815	1	3.69	3.69
Αντικεραυνικό	Abb OVR τύπου T2/T3 μονοπολικό στα 20 kA	1	21.58	21.58
Μονοφασικός μετρητής	Elgama Gama 100/G1B.152100AIP53	1	155	155
Σύνολο				7,815.7

4.5 ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ

Τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα δεν επιδοτούνται από το πρόγραμμα εξοικονομώ. Όμως μπορεί να επιδοτηθεί φωτοβολταϊκή εγκατάσταση με μπαταρίες με την προϋπόθεση να δίνει τη περισσευούμενη ενέργεια πίσω στο δίκτυο. Είναι δηλαδή μία συμφωνία ενεργειακού συμψηφισμού με μπαταρίες και έχει διάρκεια 25 έτη όπως και τα περισσότερα συμβόλαια τέτοιου τύπου. Οι εκκαθαρίσεις των λογαριασμών γίνονται ανά τετράμηνο με ζετή κύκλο. Τοποθετούνται δύο μετρητές, όπου ο ένας μετράει τις καταναλώσεις του κτιρίου και ένας την ενέργεια που πήρε και έδωσε το σύστημα στο δίκτυο. Όταν γίνεται η εκκαθάριση των λογαριασμών εάν η καταναλωθείσα ενέργεια του χρήστη είναι ίση με την ενέργεια που εγχύθηκε στο δίκτυο τότε ο χρήστης δεν πληρώνει χρήματα στο πάροχο του ηλεκτρικού ρεύματος, όπως επίσης εάν η καταναλωθείσα ενέργεια είναι μικρότερη από την ενέργεια που εγχύθηκε στο δίκτυο. Το πλεόνασμα της ενέργειας που εγχύθηκε στο δίκτυο προσμετράτε στην επόμενη καταμέτρηση μέχρι να τελειώσει ο ζετής κύκλος. Οπότε η απόσβεση μίας τέτοιας επένδυσης γίνεται με ενεργειακές απολαβές και όχι με χρήματα σε αντίθεση με το πρόγραμμα φωτοβολταϊκά σε στέγες.

Για να υπολογίσουμε τα έτη απόσβεσης της εγκατάστασης μας θα ξεκινήσουμε πρώτα υπολογίζοντας τις μηνιαίες καταναλώσεις για τρεις ώρες

θερμαντικό σώμα. Τις καταναλώσεις αυτές τις παίρνουμε από τις προσομοιώσεις του προγράμματος PVsyst. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα 4.7.

Πίνακας 4.7 Καταναλώσεις για τρεις ώρες θερμαντικό σώμα

	Καταναλωθείσα ενέργεια kWh	Αχρησιμοποίητη ενέργεια kWh	Ολική ενέργεια kWh
Ιανουάριος	229.5	98.7	351.1
Φεβρουάριος	215.2	93.2	328.8
Μάρτιος	27.4	562.3	601.7
Απρίλιος	26.5	533.5	566.5
Μάιος	27.4	482.5	516.5
Ιούνιος	116.5	424	549.8
Ιούλιος	120.4	455.5	589.9
Αύγουστος	120.4	494.6	628.8
Σεπτέμβριος	50.5	550.5	610.9
Οκτώβριος	52.2	465.4	525.6
Νοέμβριος	50.5	328.2	387
Δεκέμβριος	238.2	178.4	425.2
Σύνολο	1,247.3	4,666.8	6,081.8

Έπειτα από την επίσημη ιστοσελίδα του εξοικονομώ θα βρούμε πιο είναι το ποσοστό επιδότησης που δικαιούμαστε ανάλογα με τα εισοδηματικά κριτήρια που υπάρχουν. Τα εισοδηματικά κριτήρια φαίνονται στο πίνακα 4.8.

Πίνακας 4.8 Επιδότηση με βάση το εισόδημα

	Ατομικό εισόδημα €	Οικογενειακό εισόδημα €	Ιδιοκατοίκηση από τον αιτούντα
1	≤5000	≤10000	75%
2	>5000-10000	>10000-20000	70%
3	>10000-20000	>20000-30000	55%
4	>20000-30000	>30000-40000	45%
5	>30000	>40000	40%

(Πηγή: Επίσημη ιστοσελίδα exoikonomo2021.gov.gr)

Επίσης ένας σημαντικός παράγοντας στους υπολογισμούς είναι η τιμή της κιλοβατώρας που δεν μένει σε σταθερά επίπεδα αλλά αλλάζει συνεχώς. Στους υπολογισμούς μας θα χρησιμοποιήσουμε τιμή κιλοβατώρας ίσης με 12.3 λεπτά/kWh για να υπολογίσουμε το ποσό που θα πληρώναμε εάν δε χρησιμοποιούσαμε φωτοβολταϊκά. Είναι μια ενδεικτική τιμή και όσο αυξάνεται τόσο μειώνεται η απόσβεση της εγκατάστασης. Επίσης η συμφωνημένη ισχύς είναι στα 8 kVA. Καθώς επίσης, το κτίριο θα πρέπει να ανήκει σε υψηλή ενεργειακή κλάση για να μπορεί να λάβει την επιδότηση. Εάν δεν ανήκει σε υψηλή κλάση θα πρέπει να γίνουν παρεμβάσεις για την αναβάθμισή του, εκτός από τη τοποθέτηση φωτοβολταϊκών. Μία ενεργειακή αναβάθμιση θα είναι η τοποθέτηση ηλιακού θερμοσίφωνα που θα βοηθήσει κατά πολύ το σύστημα καθώς θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν περισσότερα φορτία τους μήνες που δεν χρειαζόμαστε τον ηλεκτρικό θερμοσίφωνα.

Έπειτα θα υπολογίσουμε το μηνιαίο ποσό που θα πληρώναμε για τη συνολική ενέργεια που παρήγαγε το σύστημα μας για τρεις ώρες θερμαντικό σώμα, για τιμή κιλοβατώρας 12.3 λεπτά/kWh. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα 4.9.

Πίνακας 4.9 Μηνιαίο ποσό ολικής ενέργειας

	Μηνιαίο ποσό ολικής ενέργειας σε € για τρεις ώρες θερμαντικό σώμα
Ιανουάριος	43.19
Φεβρουάριος	40.44
Μάρτιος	74.01
Απρίλιος	69.68
Μάιος	63.53
Ιούνιος	67.63
Ιούλιος	72.56
Αύγουστος	77.34
Σεπτέμβριος	75.14
Οκτώβριος	64.65
Νοέμβριος	47.60
Δεκέμβριος	52.30
Σύνολο	748.06

Όμως στο λογαριασμό ρεύματος υπάρχουν και άλλες χρεώσεις που πρέπει να προσθέσουμε για να βρούμε το τελικό ποσό ρεύματος που θα πληρώναμε για τις καταναλώσεις μας. Όπως επίσης θα προσθέσουμε και ΦΠΑ στο 6%. Οι ρυθμιζόμενες χρεώσεις με βάση το λογαριασμό ρεύματος χωρίζονται σε:

α) ΑΔΜΗΕ (Σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας) 0.10€/kVA και 0.005€/kWh,
β) ΔΕΔΔΗΕ (Δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας) 0.5€/kVA και 0.02€/kWh,
γ) ΥΚΩ (υπηρεσίες κοινής ωφέλειας) 0.0069€/kWh, δ) ΕΤΜΕΑΡ (Ειδικό τέλος για την ενίσχυση της παραγωγής ρεύματος από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας) 0.015€/kWh
δ) Λοιπές χρεώσεις 0.00007€/kWh. Ο ειδικός φόρος κατανάλωσης είναι: κατανάλωση x 0.022€, το ειδικό τέλος είναι στο 5% και το πάγιο είναι 3.5€/μήνα. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα 5.0 και 5.1 αντίστοιχα.

Πίνακας 5.0 Επιπλέον χρεώσεις ολικής ενέργειας για τρεις ώρες θερμαντικό σώμα

	ΑΔΜΗΕ	ΔΕΔΔΗΕ	ΥΚΩ	ΕΤΜΕΑΡ	Λοιπές χρεώσεις	Ρυθμιζόμενες χρεώσεις	ΦΠΑ
Ιανουάριος	1.85	7.84	2.42	5.27	0.02	17.41	3.68
Φεβρουάριος	1.74	7.40	2.27	4.93	0.02	16.36	3.45
Μάρτιος	3.10	12.86	4.15	9.03	0.04	29.18	6.27
Απρίλιος	2.93	12.15	3.91	8.50	0.04	27.52	5.91
Μάιος	2.68	11.15	3.56	7.75	0.04	25.18	5.39
Ιούνιος	2.84	11.82	3.79	8.25	0.04	26.74	5.73
Ιούλιος	3.04	12.62	4.07	8.85	0.04	28.62	6.15
Αύγουστος	3.24	13.40	4.34	9.43	0.04	30.45	6.55
Σεπτέμβριος	3.15	13.04	4.22	9.16	0.04	29.61	6.37
Οκτώβριος	2.72	11.33	3.63	7.88	0.04	25.60	5.48
Νοέμβριος	2.03	8.56	2.67	5.81	0.03	19.09	4.05
Δεκέμβριος	2.22	9.33	2.93	6.38	0.03	20.89	4.45
Σύνολο	31.54	131.50	41.96	91.23	0.43	296.66	63.49

Πίνακας 5.1 Πίνακας ΕΦΚ, ειδικού τέλους και παγίου ολικής ενέργειας

	ΕΦΚ	Ειδικό τέλος	Πάγιο
Ιανουάριος	0.77	0.15	3.50
Φεβρουάριος	0.72	0.14	3.50
Μάρτιος	1.32	0.27	3.50
Απρίλιος	1.25	0.25	3.50
Μάιος	1.14	0.23	3.50
Ιούνιος	1.21	0.24	3.50
Ιούλιος	1.30	0.26	3.50
Αύγουστος	1.38	0.28	3.50
Σεπτέμβριος	1.34	0.27	3.50
Οκτώβριος	1.16	0.23	3.50
Νοέμβριος	0.85	0.17	3.50
Δεκέμβριος	0.94	0.19	3.50
Σύνολο	13.38	2.69	42.00

Έτσι έχοντας υπολογίσει τις ρυθμιζόμενες χρεώσεις, το ΦΠΑ, τον ειδικό φόρο κατανάλωσης και το ειδικό τέλος θα υπολογίσουμε το τελικό ποσό του λογαριασμού ρεύματος που θα πληρώναμε για τις καταναλώσεις μας. Τα αποτελέσματα καταγράφονται στο πίνακα 5.2.

Πίνακας 5.2 Συνολικό ποσό λογαριασμού ρεύματος

	Συνολικό ποσό ολικής ενέργειας σε € για τρεις ώρες θερμαντικό σώμα
Ιανουάριος	68.70
Φεβρουάριος	64.62
Μάρτιος	114.55
Απρίλιος	108.11
Μάιος	98.96
Ιούνιος	105.05
Ιούλιος	112.39
Αύγουστος	119.51
Σεπτέμβριος	116.23
Οκτώβριος	100.63
Νοέμβριος	75.27
Δεκέμβριος	82.26
Σύνολο	1166.28

Στη συνέχεια θα υπολογίσουμε τα ποσά ενέργειας ανά τετράμηνο για να βρούμε την κατανάλωση που θα χρησιμοποιήσουμε για να υπολογίσουμε το λογαριασμό ρεύματος, γνωρίζοντας την αχρησιμοποίητη ενέργεια που θα διοχετεύουμε στο δίκτυο από τα αποτελέσματα του προγράμματος προσομοίωσης. Επειδή το σύστημα δεν θα καταναλώνει ενέργεια από το δίκτυο παρά μόνο θα διοχετεύει τη περισσευούμενη τότε το κόστος θα μειωθεί κατά πολύ. Στο πίνακα 5.3 φαίνονται οι ποσότητες ενέργειας ανά τετράμηνο.

Πίνακας 5.3 Ποσότητες ενέργειας ανά τετράμηνο

Έτος	Τετράμηνο	Απορροφώμενη (Α)	Εγγεόμεν η (Ε)	Συμψηφιζόμενη (N=A-E)	Χρεωστέα	Πιστούμενη Διαφορά	Παραγόμεν η (Π)	Κατανάλωση (K=A+Π-E)
1 ^ο έτος	A	0	1,287.7	-1,287.7	0	1,287.7	1,848.1	560.4
	B	0	1,856.6	-1,856.6	0	3,144.3	2,285	428.4
	Γ	0	1,522.5	-1,522.5	0	4,666.8	1,948.7	426.2
2 ^ο έτος	A	0	1,287.7	-1,287.7	0	5,954.5	1,848.1	560.4
	B	0	1,856.6	-1,856.6	0	7,811.1	2,285	428.4
	Γ	0	1,522.5	-1,522.5	0	9,333.6	1,948.7	426.2
3 ^ο έτος	A	0	1,287.7	-1,287.7	0	10,621.3	1,848.1	560.4
	B	0	1,856.6	-1,856.6	0	12,477.9	2,285	428.4
	Γ	0	1,522.5	-1,522.5	0	14,000.4	1,948.7	426.2
Τριετία		0	14,000.4	-14,000.4	0	0	18,245.4	4,245

Έπειτα θα υπολογίσουμε τις ρυθμιζόμενες χρεώσεις καθώς και όλες τις υπόλοιπες παραμέτρους για να βρούμε το τελικό ποσό ρεύματος ανά έτος. Η τιμή κιλοβατώρας που θα χρησιμοποιήσουμε είναι 10 λεπτά/kWh. Οι χρεώσεις που αποτελούν τις ρυθμιζόμενες χρεώσεις υπολογίζονται με βάση την απορροφηθείσα ενέργεια από το δίκτυο, γι' αυτό κάποιες από αυτές μηδενίζονται. Οι υπόλοιπες χρεώσεις υπολογίζονται με βάση την καταναλώμενη ενέργεια. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα 5.4 και στο πίνακα 5.5.

Πίνακας 5.4 Ρυθμιζόμενες χρεώσεις ανά τετράμηνο

Τετράμηνο	ΑΔΜΗΕ	ΔΕΔΔΗΕ	ΥΚΩ	ΕΤΜΕΑΡ	Λοιπές χρεώσεις	Ρυθμιζόμενες χρεώσεις	ΦΠΑ
A	0.09	0.82	3.87	0.00	0.00	4.78	4.39
B	0.09	0.82	2.96	0.00	0.00	3.87	3.37
Γ	0.09	0.82	2.94	0.00	0.00	3.86	3.35
Σύνολο	0.28	2.47	9.76	0.00	0.00	12.51	11.11

Πίνακας 5.5 Χρέωση προμήθειας και λοιπές χρεώσεις ανά τετράμηνο

Τετράμηνο	Χρέωση προμήθειας	Πάγιο	ΕΦΚ	Ειδικό τέλος
A	56.04	14.00	12.33	2.86
B	42.84	14.00	9.42	2.19
Γ	42.62	14.00	9.38	2.17
Σύνολο	141.50	42.00	31.13	7.22

Οπότε γνωρίζοντας όλες τις παραμέτρους θα υπολογίσουμε το ποσό ρεύματος ανά τετράμηνο και τελικά ανά έτος που θα πληρώναμε αφού τοποθετήσουμε τα φωτοβολταϊκά. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα 5.6.

Πίνακας 5.6 Ποσό λογαριασμού ρεύματος ανά τετράμηνο

Τετράμηνο	Ποσό λογαριασμού σε €
A	94.40
B	75.69
Γ	75.38
Σύνολο	245.47

Έπειτα θα υπολογίσουμε το τελικό κόστος εγκατάστασης και το ποσό πληρωμής. Το συνολικό κόστος των συσκευών και των εξαρτημάτων που έχουμε επιλέξει φθάνει στα 7,815.7€. Επίσης θα κάνουμε τους υπολογισμούς για 70% και για 55% επιδότηση, καθώς και με αντικατάσταση των μπαταριών και του ινβέρτερ, τουλάχιστον μία φορά κατά τη διάρκεια της σύμβασης. Οι μπαταρίες που έχουμε επιλέξει αντέχουν έως και 2500 κύκλους εφορτίσεων στο 50% αποφόρτισης αλλά μπορούν να φτάσουν και στο 40% αποφόρτισης, οπότε υπολογίζουμε ενδεικτική διάρκεια ζωής από 13.5-17 έτη ανάλογα πάντα με τη χρήση. Το τελικό κόστος εγκατάστασης καθώς και το τελικό ποσό πληρωμής μετά την επιδότηση φαίνεται στο πίνακα 5.7.

Πίνακας 5.7 Τελικό κόστος ανάλογα το ποσοστό επιδότησης

Ποσοστό επιδότησης %	Επιδοτούμενο ποσό σε €	Πληρωτέο ποσό σε €	Κόστος αντικατάστασης μπαταριών και ινβέρτερ σε €	Σύνολο πληρωτέου ποσού €
70%	5,470.99	2,344.71	4,732	7,076.71
55%	4,298.635	3,517.07	4,732	8,249.07

Στη συνέχεια θα υπολογίσουμε το συνολικό κόστος των καταναλώσεών μας για 25 έτη εάν δεν τοποθετούσαμε φωτοβολταϊκά και χρησιμοποιούσαμε την ενέργεια που χρειαζόμαστε από το δίκτυο. Από τους υπολογισμούς που κάναμε νωρίτερα βρήκαμε ότι θα πληρώναμε 1,166.28€ το χρόνο, άρα στα 25 έτη θα πληρώναμε 29,157€.

Έπειτα θα κάνουμε τον ίδιο υπολογισμό για την περίπτωση των φωτοβολταϊκών. Με φωτοβολταϊκά το ετήσιο κόστος ρεύματος είναι 245.47€. Όμως, θα προσθέσουμε και το κόστος της εγκατάστασης που είναι 7,076.71€ , καθώς επίσης και το κόστος συντήρησης του συστήματος με ενδεικτική τιμή 100€/χρόνο, άρα 2,500€ στα 25 έτη. Οπότε, καταλήγουμε σε ένα συνολικό ποσό των 15,713.46€ στα 25 έτη.

Έτσι, συμπεραίνουμε ότι σε βάθος 25ετίας με βάση τα κόστη των λογαριασμών ρεύματος που υπολογίσαμε προηγουμένως, το ποσό που εξοικονομούμε κάθε έτος αφαιρώντας τα ποσά των λογαριασμών ρεύματος είναι 1,166.28€-245.47€=922.81€. Όμως από αυτό το ποσό θα αφαιρέσουμε και την ετήσια συντήρηση του συστήματος, οπότε το ποσό που εξοικονομούμε τελικά θα είναι 822.81€/έτος.

Τέλος θα υπολογίσουμε τα έτη απόσβεσης της εγκατάστασης μας γνωρίζοντας το ποσό που εξοικονομούμε ανά έτος και το συνολικό πληρωτέο ποσό ανάλογα το ποσοστό επιδότησης. Τα αποτελέσματα καταγράφονται στο πίνακα 5.8.

Πίνακας 5.8 Έτη απόσβεσης εγκατάστασης

Ποσοστό επιδότησης %	Έτη απόσβεσης ολικής ενέργειας για τρεις ώρες θερμαντικό σώμα
70%	8.6
55%	10

4.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Φτάνοντας στο τέλος της μελέτης της εγκατάστασης μας, είμαστε σε θέση να εξάγουμε συμπεράσματα όσο αφορά τη βιωσιμότητα της συγκεκριμένης επένδυσης. Κατ' αρχάς θα εξηγήσουμε γιατί επιλέξαμε τις συγκεκριμένες συσκευές. Αρχικά επιλέξαμε τα φωτοβολταϊκά πάνελ της ιαπωνικής εταιρείας Sharp διότι είναι από τα καλύτερα στην αγορά, υψηλής ποιότητας, που μπορούν να αντέξουν δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες. Είναι πάνελ ημικυψελών(half-cells) για μικρότερη απώλεια ενέργειας λόγω μεταφοράς ρεύματος μέσα στο πάνελ. Έχουν υψηλή απόδοση έως 20.1% με 15 έτη κατασκευαστική εγγύηση και 25 έτη εγγύηση γραμμικής απόδοσης. Στη συνέχεια, επιλέξαμε μπαταρίες της Sunlight των 2V ανοιχτού τύπου με υγρά. Αυτή η επιλογή έγινε διότι θέλουμε το σύστημα να χρησιμοποιείται σε καθημερινή βάση, οπότε οι 2V μπαταρίες είναι οι καταλληλότερες, καθώς είναι ανθεκτικές στις επαναλαμβανόμενες φορτίσεις και εκφορτίσεις. Δεν επιλέξαμε μπαταρία λιθίου γιατί το κόστος είναι μεγάλο και σε περίπτωση βλάβης, η αντικατάσταση της θα ήταν πολύ κοστοβόρα. Ενώ η αντικατάσταση μιας 2V μπαταρίας είναι πιο φθηνή σε περίπτωση βλάβης. Επίσης οι συγκεκριμένες μπαταρίες που επιλέχθηκαν μπορούν να φτάσουν και τα 17 έτη ζωής. Τέλος, επιλέξαμε τον υβριδικό μετατροπέα της click2save καθαρού ημιτόνου. Η επιλογή αυτή έγινε πρώτον γιατί έχει ενσωματωμένο ρυθμιστή φόρτισης των μπαταριών, δεύτερον γιατί μπορεί άνετα να εκκινήσει φορτία με μεγάλα ρεύματα εκκίνησης και τρίτον μπορεί να φορτίσει τις μπαταρίες από ηλεκτρογεννήτρια. Έχει αυτοκατανάλωση μικρότερη από 25w και απόδοση 90%-93%.

Απ' ότι διαπιστώσαμε από τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το θερμαντικό σώμα για τρεις και περισσότερες ώρες. Επίσης, το πλυντήριο δε θα χρησιμοποιείται καθημερινά, παρά μόνο 2-3 φορές την εβδομάδα. Έχουμε περιθώρια την άνοιξη και το φθινόπωρο, επειδή δεν χρησιμοποιούμε το θερμαντικό σώμα, το air condition και τον ηλεκτρικό θερμοσίφωνα να προσθέσουμε και άλλα φορτία στο σύστημα μας, όπως ηλεκτρικά εργαλεία κλπ. ή άλλες συσκευές που επιθυμούμε, χωρίς βέβαια να υπερβαίνουμε την ισχύ που μπορεί να αποδώσει το σύστημα. Απαραίτητη προϋπόθεση του συστήματος είναι η εγκατάσταση ενός ηλιακού θερμοσίφωνα, όπως έχουμε προαναφέρει. Επίσης, απ' ότι είδαμε στο σύστημα μπορούμε να προσθέσουμε και ένα ηλεκτρικό φούρνο, όμως προτείνουμε την εγκατάσταση ενός φούρνου υγραερίου για εξοικονόμηση ενέργειας ή τη χρήση και των δύο. Ανάλογα τις ημέρες ηλιοφάνειας να χρησιμοποιείται ένας από τους δύο φούρνους, δηλαδή τις ημέρες με συννεφιά να χρησιμοποιείται ο φούρνος υγραερίου.

Το κόστος της εγκατάστασης μετά την επιδότηση είναι αρκετά χαμηλό, όμως πρέπει να υπολογίσουμε την αντικατάσταση των μπαταριών και του ινβερτερ που θα γίνει τουλάχιστον μία φορά κατά τη διάρκεια ισχύς της σύμβασης, καθώς υπάρχει πιθανότητα να μην καλύπτεται από κάποια επιδότηση όταν θα είναι για αντικατάσταση. Έτσι το κόστος ανεβαίνει, αλλά πάλι είναι σε ένα ικανοποιητικό ποσό που δε ξεπερνάει τα 8500€, ανάλογα πάντα το ποσοστό επιδότησης.

Έτσι, φθάνουμε στα έτη απόσβεσης που είναι γύρω στα 8-10 έτη, ανάλογα την επιδότηση. Είναι ένα ικανοποιητικό νούμερο, αν σκεφτεί κανείς ότι η σύμβαση θα διαρκέσει 20-25 έτη περίπου. Αφού υπολογίσαμε τα κόστη των καταναλώσεών μας και για τη περίπτωση των φωτοβολταϊκών και χωρίς φωτοβολταϊκά βρήκαμε ότι το ετήσιο όφελος από τη συγκεκριμένη επένδυση ανέρχεται στα 822.81€.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Καπλάνης Σ.Ν., Ηλιακή Μηχανική-Ήπιες Μορφές Ενέργειας II, Εκδόσεις ΙΩΝ, 2004
2. Φραγκιαδάκης Ε. Ιωάννης, Φωτοβολταϊκά συστήματα, 4^η έκδοση, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, 2019 Θεσσαλονίκη.
3. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών, Α' Έκδοση, σελ. 78, Αθήνα 2010, <https://www.helapco.gr/ims/file/installers/totee-klimatika.pdf>.
4. Κατσιγιάννης Ιωάννης, Σύστημα Εσωτερικής Διανομής Φ/Β Εγκατάστασης, σελ. 34, http://repository.edulll.gr/edulll/retrieve/11105/2426_2_2_%CE%95%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1_%CE%A3%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%B9%CF%8E%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82.pdf.
5. Εταιρεία Sunlight, Φυλλάδιο μπαταριών των 2V, <https://www.oleng.eu/wp-content/uploads/2015/08/en-sunlight-res-sopzs.pdf>.
6. Εταιρεία Sharp, Φυλλάδιο φωτοβολταϊκών πάνελ, https://www.irishellas.com/files/NUJD_450_HC-Mono_Datasheet_EN.pdf.
7. Εταιρεία click2save, Φυλλάδιο αντιστροφέα, <https://www.oleng.eu/wp-content/uploads/2018/11/TrICCI-BL-24300060-80H-.pdf>.
8. Πρόγραμμα σχεδίασης Sketchup, <https://www.sketchup.com/plans-and-pricing/sketchup-free>.
9. Πρόγραμμα σχεδίασης Energy3D, <https://energy.concord.org/energy3d/> .
10. Πρόγραμμα προσομοίωσης PVsyst, <https://www.pvsyst.com/> .
11. Πρόγραμμα σχεδίασης Proficad, <https://www.proficad.com/download.aspx>.
12. Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών, Αυτοπαραγωγή με ενεργειακό συμψηφισμό και εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό για ιδιώτες, επιχειρήσεις και ενεργειακές κοινότητες με ή χωρίς αποθήκευση, σελ. 48, Αθήνα 27 Απριλίου 2022, https://helapco.gr/pdf/HELAPCO_Net_Metering.pdf.