ΕΛΛΗΝΙΚΟ

ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΕΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΥΤΟΝΟΜΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εισηγητής: Εμμανουήλ Δρακάκης, ΑΜ=4548

Επιβλέπων: Κωνσταντίνος Κονταξάκης, Μηχανολόγος Μηχανικός

©

2025



HELLENIC MEDITERRANEAN UNIVERSITY

SCHOOL OF TECHNICAL APPLICATIONS

DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGY INDEPENDENT HOUSE STUDY

GRADUATE THESIS

Student : Emmanouel Drakakis, A.M=4548

Supervisor : Konstantinos Kontaxakis, Professor Mechanical Engineer

©

2025

Υπεύθυνη Δήλωση *: Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην πτυχιακή εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η πτυχιακή εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Διοικητικής Επιστήμης και Τεχνολογίας του ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ.*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εντάσσεται στο ευρύτερο πλαίσιο της σύγχρονης οικολογικής συνείδησης και επικεντρώνεται στον σχεδιασμό μιας κατοικίας με ενεργειακή αυτονομία. Ένα τέτοιο οικιστικό μοντέλο συνεισφέρει ουσιαστικά τόσο στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής όσο και στη μείωση της εξάρτησης από τα συμβατικά, ρυπογόνα καύσιμα. Αυτό αναδεικνύει τη σημασία και τη χρησιμότητα της συγκεκριμένης μελέτης.

Για την ολοκλήρωση του σκοπού της, η εργασία δομείται σε πέντε βασικά κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η τοποθεσία που βρίσκεται η κατοικία, η κτιριακή δομή, η υφιστάμενη ηλεκτρολογική εγκατάσταση της κατοικίας και τα στοιχεία της οικογένειας που κατοικεί. Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται οι εγκατεστημένες ηλεκτρικές συσκευές, οι απαιτούμενες καταναλώσεις των ηλεκτρικών συσκευών και το χρονοδιάγραμμα καταναλώσεων ενέργειας. Στο τρίτο κεφάλαιο είναι η μελέτη απόδοσης ενεργειακής εγκατάστασης με τη χρήση της Ηλιακής ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων. Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφονται τα συστήματα εγκατάστασης, όπου απαρτίζονται από τα φωτοβολταϊκά, τους συσσωρευτές, τα συστήματα ελέγχου και τους Αναστροφείς Ρεύματος. Στο πέμπτο κεφάλαιο είναι ο σχεδιασμός του συνολικού συστήματος, η διαστασιολόγηση του συστήματος, η συνδεσμολογία και το κόστος εγκατάστασης (υλικών και εργασιών) ώστε να καλύπτονται επαρκώς οι ανάγκες του κτιρίου, καθώς και η χωροθέτηση του συστήματος στον διαθέσιμο χώρο της κατοικίας. Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την όλη μελέτη.

Λέξεις Κλειδιά Σύστημα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, σχεδίαση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οικονομική ανάλυση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

ABSTRACT

This thesis is part of the broader context of modern ecological awareness and focuses on the design of a residence with energy autonomy.
Such a housing model contributes substantially both to addressing climate change and to reducing dependence on conventional, polluting fuels.
This highlights the importance and usefulness of this particular study.

To achieve its purpose, the work is structured into five main chapters. The first chapter presents the location of the residence, the building structure and the existing electrical installation of the residence and the details of the family that resides there. The second chapter describes the installed electrical appliances, the required consumption of the electrical appliances and the energy consumption schedule. The third chapter is the study of the efficiency of an energy installation using solar energy through photovoltaic systems. The fourth chapter describes the installation systems, which consist of photovoltaics, batteries, control systems and Power Inverters. The fifth chapter covers the design of the overall system, the sizing of the system, the wiring and the installation cost (materials and work) so that the needs of the building are adequately covered, as well as the placement of the system in the available space of the residence. The sixth and final chapter presents the conclusions arising from the entire study.

KeyWords : Renewable energy system, renewable energy system design, economic analysis of renewable energy systems

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ 5
ABSTRACT 6
Πίνακας περιεχομένων 7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 8
1. Τοποθεσία κατοικίας και τοπογραφικά στοιχεία 8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ 8
1.1. Τοποθεσία κατοικίας 9
1.2. Τοπογραφικά στοιχεία κατοικίας 10
1.3. Κάτοψη κατοικίας 13
1.4. Υφιστάμενη ηλεκτρολογική εγκατάσταση κατοικίας 14
1.5. Στοιχεία στεγαζόμενης οικογένειας 15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 16
2. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ 16
2.1. Εγκατεστημένες ηλεκτρικές συσκευές στην υπό μελέτη κατοικία 16
2.2. Περιγραφή ηλεκτρικού πίνακα της υπό μελέτη κατοικίας 18
2.3. Εκτίμηση των υπαρχουσών ενεργειακών καταναλώσεων της εξεταζόμενης κατοικίας 20
2.4. Ενδεικτική Χρονική Χρήση Συσκευών 20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 24
3. Μελέτη απόδοσης ενεργειακής εγκατάστασης 24
3.1. Πιθανή παραγωγή ενέργειας εγκατάστασης 24
3.2. Ηλιακή Ενέργεια 32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 36
4. Συστήματα εγκατάστασης 36
4.1. Φωτοβολταϊκά Συστήματα 36
4.2. Συσσωρευτές 40
4.3. Συστήματα ελέγχου 42
4.4. Αναστροφείς ρεύματος 43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 44
5. Σχεδιασμός Συστήματος 44
5.1. Διαστασιολόγηση συστήματος 44
5.2. Συσσωρευτές 44
5.3. Σύστημα ελέγχου 47

5.4. Αναστροφείς 48
5.5. Σχεδιασμός εγκατάστασης συστήματος 49
5.6. Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος 51
5.7. Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης λοιπών στοιχείων 52
5.8. Ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης συστημάτων αυτόνομης κατοικίας 53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 54
6. Συμπεράσματα 54
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 54
Α. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ 54
Β. ΕΛΛΗΝΙΚΗ 55
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α 58
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β 59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. Τοποθεσία κατοικίας και τοπογραφικά στοιχεία

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι Ασίτες είναι μια περιοχή απομακρυσμένη από την πόλη του Ηρακλείου. Είναι ένα ορεινό χωριό όπου στο μεγαλύτερο μέρος του είναι αραιοκατοικημένο. Για το λόγο αυτόν σε πολλές κατοικίες δεν υπάρχει δυνατότητα ρευματοδότησης από κάποιον πάροχο

ηλεκτρικής ενέργειας. Στις μέρες μας όμως υπάρχουν εναλλακτικές λύσεις μέσω των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Λύσεις οι οποίες είναι αρκετά οικονομικότερες και φυσικά φιλικές προς το περιβάλλον από τις συμβατικές λύσεις όπως για παράδειγμα μια γεννήτρια βενζινοκινητήρα ή πετρελαιοκινητήρα.

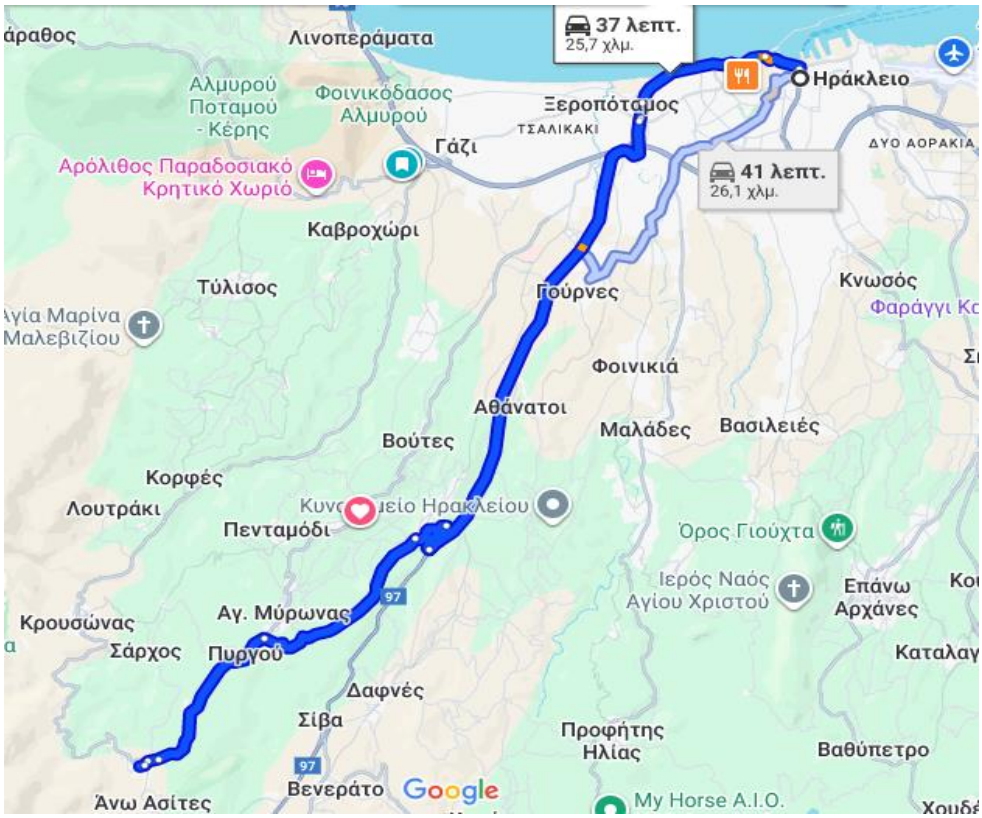
Έπειτα από μια μικρή έρευνα στην περιοχή των Ασιτών, βρέθηκε μια κατοικία όπου σε συνεννόηση με τον ιδιοκτήτη αποφασίστηκε να εφαρμοστεί η μελέτη αυτόνομης παροχής ενέργειας της παρούσας εργασίας.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά της οικίας, όπως η γεωγραφική θέση της, η κτιριακή δομή, η σύνθεση της οικογένειας που διαμένει σε αυτήν και η υφιστάμενη ηλεκτρολογική εγκατάσταση. Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται οι εγκατεστημένες ηλεκτρικές συσκευές, οι απαιτούμενες καταναλώσεις των ηλεκτρικών συσκευών και το χρονοδιάγραμμα καταναλώσεων ενέργειας. Στο τρίτο κεφάλαιο είναι η μελέτη απόδοσης ενεργειακής εγκατάστασης με τη χρήση της Ηλιακής ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων. Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφονται τα συστήματα εγκατάστασης, όπου απαρτίζονται από τα φωτοβολταϊκά, τους συσσωρευτές, τα συστήματα ελέγχου και τους Αναστροφείς Ρεύματος. Στο πέμπτο κεφάλαιο είναι ο σχεδιασμός του συνολικού συστήματος, η διαστασιολόγηση του συστήματος, η συνδεσμολογία και το κόστος εγκατάστασης (υλικών και εργασιών) ώστε να καλύπτονται επαρκώς οι ανάγκες του κτιρίου, καθώς και η χωροθέτηση του συστήματος στον διαθέσιμο χώρο της κατοικίας. Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την όλη μελέτη.

1.1. Τοποθεσία κατοικίας

Η κατοικία η οποία μελετάται στην παρούσα εργασία βρίσκεται σε ένα ιδανικό μέρος (κυρίως από πλευρά ηλιοφάνειας) για την εγκατάσταση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Βρίσκεται στην Κρήτη, στην νοτιότερη περιοχή της χώρας με την μεγαλύτερη ηλιοφάνεια εν συγκρίσει με τις άλλες. Πιο συγκεκριμένα βρίσκεται στον Νομό Ηρακλείου, στην περιοχή των Ασιτών Ηρακλείου η οποία διοικητικά ανήκει στην περιφέρεια του δήμου Μαλεβιζίου.

Είναι μια ορεινή περιοχή στη βόρεια Κρήτη, περίπου 26 χιλιόμετρα νοτιοδυτικά του Ηρακλείου. Είναι ένα τουριστικό μέρος αλλά κυρίως περιλαμβάνετε από ελαιώνες και βοσκοτόπια. Η εικόνα 1 δείχνει την διαδρομή από το Ηράκλειο προς τις Ασίτες.



Εικόνα 1. Από το Ηράκλειο στις Ασίτες (26 Χλμ).

1.2. Τοπογραφικά στοιχεία κατοικίας

Η υπό μελέτη κατοικία είναι μια εξοχική κατοικία η οποία είναι κτισμένη στην περιοχή Μετόχια μεταξύ Σάρχου και Ασιτών. Ο προσανατολισμός της είναι Νοτιοδυτικός (ΝΔ). Είναι ένα ισόγειο κτίσμα το οποίο αποτελείται από ένα ενιαίο διαμέρισμα μέσα σε ελαιώνα (εικόνα 2-4). Οι γεωγραφικές συντεταγμένες του κτιρίου είναι 35°12'37.31"N - 24°59'15.16"E.



Εικόνα 2. Τοποθεσία κτιρίου (K1).



Εικόνα 3. Τοποθεσία κτιρίου (K1).



Εικόνα 4. Τοποθεσία κτιρίου (K1).

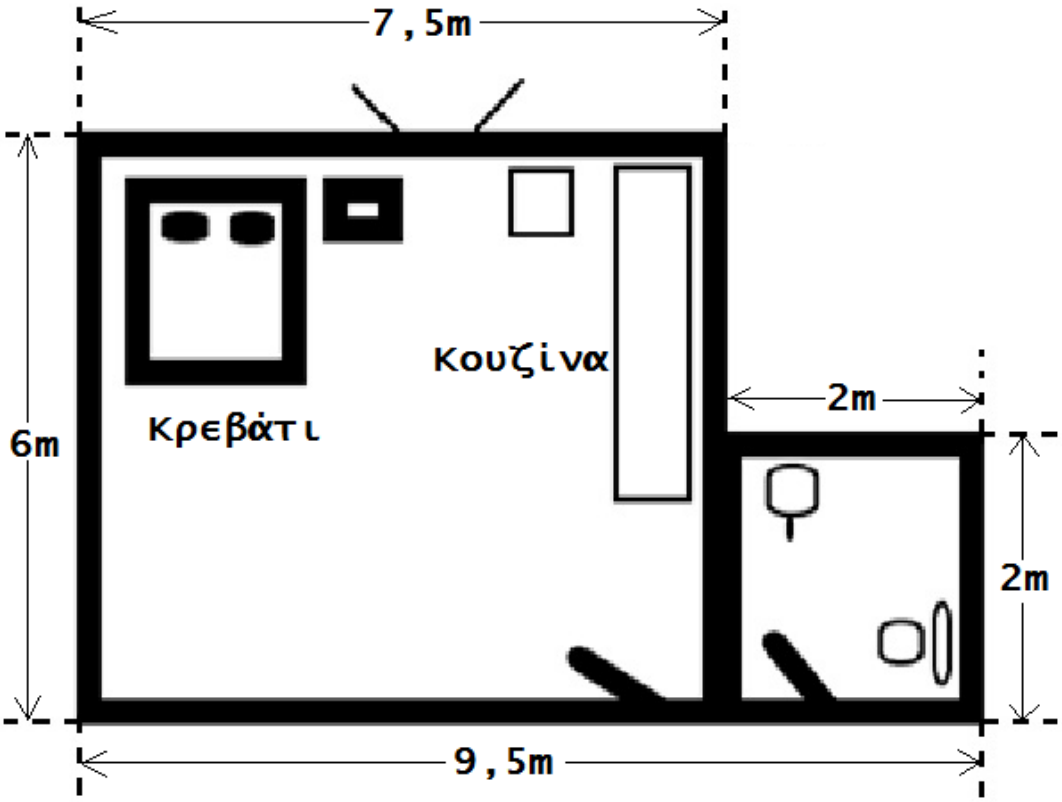
Στην παρακάτω εικόνα (5) απεικονίζεται η πρόσοψη του υπό μελέτη κτίσματος.



Εικόνα 5. Πρόσοψη της υπό μελέτη κατοικίας

1.3. Κάτοψη κατοικίας

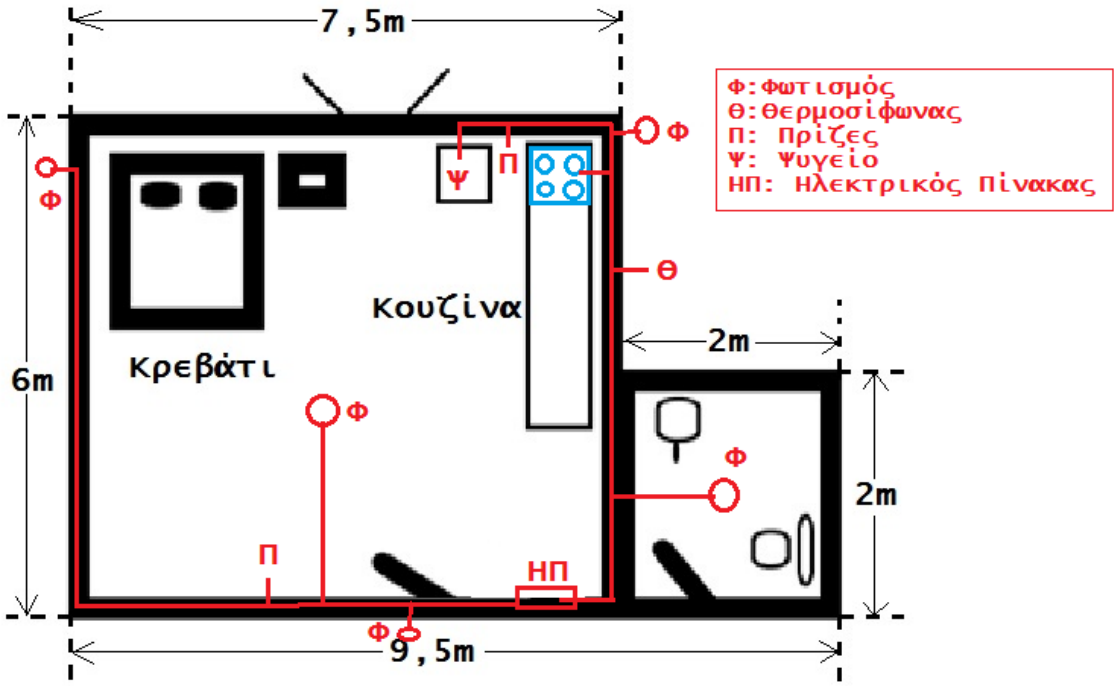
Το κτίριο είναι κατασκευασμένο ως εξής: ένας ενιαίος χώρος 45m^2 (Υπνοδωμάτιο και κουζίνα) και ακόμα ένας χώρος 4m^2 για χρήση τουαλέτας/μπάνιου. Προς το παρών το κτίριο δεν ηλεκτροδοτείται από κάποιον πάροχο ηλεκτροδότησης. Στο διάγραμμα του σχήματος 1 παρουσιάζεται η κάτοψη του κτιρίου.



Σχήμα 1 : Κάτοψη – υπό μελέτη κατοικίας

1.4. Υφιστάμενη ηλεκτρολογική εγκατάσταση κατοικίας

Στο παρακάτω σχήμα (2) είναι σχεδιασμένη η υφιστάμενη ηλεκτρολογική εγκατάσταση.



Σχήμα 2 : Ηλεκτρολογική Εγκατάσταση κτιρίου.

1.5. Στοιχεία στεγαζόμενης οικογένειας

Το επόμενο σημαντικό στοιχείο που πρέπει να καταγραφεί είναι η σύνθεση της οικογένειας που στεγάζεται στην παρούσα οικεία καθώς και τα ωράρια της καθημερινότητάς τους. Αυτά τα στοιχεία είναι κρίσιμα για να καθοριστούν οι ωριαίες καταναλώσεις ηλεκτρικού ρεύματος που απαιτούνται, για τις οποίες βασίζεται ο σχεδιασμός του συστήματος. Η οικογένεια που στεγάζεται στην οικία είναι τριμελής. Αποτελείται από τον πατέρα, την μητέρα και ένα παιδί. Ο πατέρας είναι συνταξιούχος. Η μητέρα οικιακά, απουσιάζει από την οικία συνήθως όλη η οικογένεια καθώς διαμένει στην κύρια κατοικία στο Ηράκλειο. Τέλος, το παιδί είναι προστατευόμενο μέλος και βρίσκεται πάντα με την μητέρα. Δεδομένου του ότι η οικία είναι εξοχική κατοικία, θεωρείται ότι χρησιμοποιείται κυρίως τα σαββατοκύριακα ηλιόλουστες και ήρεμες από συνθήκες καιρού μέρες. Επίσης χρησιμοποιείται και για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα όπως σε γιορτές και αργίες (Χριστούγεννα, Πάσχα κτλ). Για αυτό τον λόγο, κατά τον υπολογισμό των φορτίων, θα θεωρηθεί ότι η οικογένεια βρίσκεται συνεχώς στο σπίτι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ

2.1. Εγκατεστημένες ηλεκτρικές συσκευές στην υπό μελέτη κατοικία

Το σημαντικό στοιχείο για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ισχύος του συστήματος είναι οι εγκατεστημένες ηλεκτρικές συσκευές καθώς αυτές καθορίζουν το φορτίο που πρέπει να καλύπτεται. Σε αυτή την ενότητα γίνεται αναλυτική καταγραφή των ηλεκτρικών καταναλώσεων ανά χώρο που υπάρχουν στην υπό μελέτη οικία. Για την καταγραφή της ισχύος των ηλεκτρικών συσκευών χρησιμοποιήθηκαν διαδικτυακές πηγές και οι τεχνικοί οδηγοί των ήδη εγκατεστημένων συσκευών.

Για τον μεγάλο χώρο (45 m^2) οι καταναλώσεις ενέργειας γίνονται από το ψυγείο (ισχύος 100w), την ηλεκτρική κουζίνα (ισχύος 4000w), τον ηλεκτρικό θερμοσίφωνα 20L (ισχύος 1500w), τον ανεμιστήρα (ισχύος 50w), τον φωτισμό (ένας λαμπτήρας) ισχύος 18W, μια τηλεόραση TFT 32 ιντσών ισχύς 100W, ενώ υπάρχουν και τέσσερεις διαθέσιμες πρίζες για σύνδεση μικροσυσκευών. Η τροφοδοσία γίνεται μέσω ενός μικρού πίνακα 1 σειράς (προ εγκατεστημένος).

Ο δεύτερος χώρος είναι το μπάνιο. Υπάρχει ένας λαμπτήρας φθορίου ισχύος 7W.
Επίσης υπάρχουν υπαίθριοι χώροι οι οποίοι φωτίζονται με συνολικά 3 λαμπτήρες. Οι λαμπτήρες αυτοί είναι τύπου φθορίου, ισχύος 18W έκαστος.

Οι συσκευές που έχουν καταγραφεί έως τώρα δεν είναι οι μοναδικές ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιούνται στην οικία. Υπάρχουν και άλλες συσκευές ποιο μικρές. Πρώτη και σημαντικότερη εξ αυτών είναι το router για το internet (ισχύος 10W), τρείς κάμερες ασφαλείας 5W η κάθε μια και τέλος 2 φορτιστές τηλεφώνου 33W έκαστος.

Πίνακας 1: Ονομαστικές καταναλώσεις ισχύος της υπό μελέτη κατοικίας

Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (WATT)
1	Ψυγείο - καταψύκτης	100
2	Router internet	10
3	Φωτισμός κύριας κατοικίας	18
4	Φωτισμός εξωτερικών χώρων (3 x18w)	54
5	Φωτισμός μπάνιου	7
6	Ανεμιστήρας	50
7	Τηλεόραση 32”	100
8	Ηλεκτρική Κουζίνα	4000
9	Απορροφητήρας	146
10	Θερμοσίφωνας (20L)	1500
	Σύνολο	**5.985**

Από την ανάλυση του παραπάνω πίνακα προκύπτει η συνολική απαιτούμενη ισχύς από τις εγκατεστημένες ηλεκτρικές συσκευές. Υπάρχουν περιθώρια μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας αλλάζοντας τους λαμπτήρες φθορίου με λαμπτήρες LED.

Μια οικονομικά προσιτή ενέργεια είναι η αντικατάσταση των συμβατικών λαμπτήρων, καθώς και των λαμπτήρων φθορισμού χαμηλής κατανάλωσης, με λαμπτήρες LED. Οι τελευταίοι καταναλώνουν σημαντικά λιγότερη ενέργεια —περίπου 1/20 σε σχέση με τους κοινούς λαμπτήρες και 1/4 σε σχέση με τους ενεργειακούς λαμπτήρες φθορισμού.

Πίνακας 2: Προτεινόμενες καταναλώσεις ισχύος της υπό μελέτη κατοικίας

Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (WATT)
1	Ψυγείο - καταψύκτης	100
2	Router internet	10
3	Φωτισμός κύριας κατοικίας	6
4	Φωτισμός εξωτερικών χώρων (3 x6w)	18
5	Φωτισμός μπάνιου	6
6	Ανεμιστήρας	50
7	Τηλεόραση 32”	100
8	Ηλεκτρική Κουζίνα	4000
9	Απορροφητήρας	146
10	Θερμοσίφωνας (20L)	1500
	Σύνολο	**5.936**

2.2. Περιγραφή ηλεκτρικού πίνακα της υπό μελέτη κατοικίας

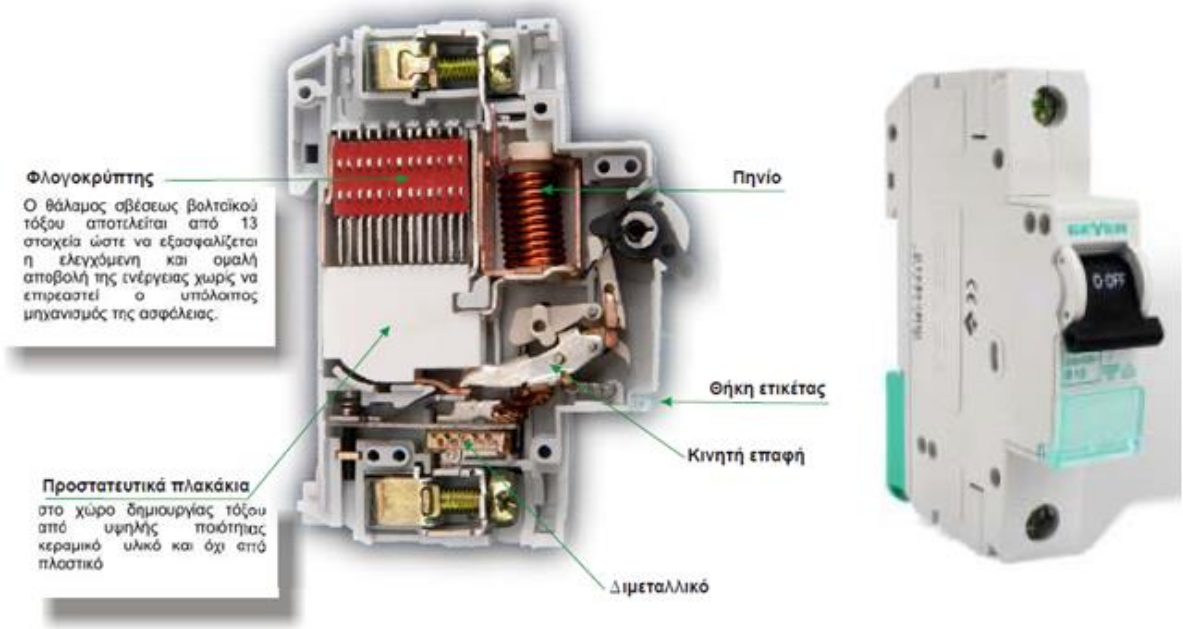
Η υπό μελέτη οικία φέρει μονοφασικό πίνακα μιάς σειράς. Αυτοί οι πίνακες ονομάζονται και πίνακες ραγοϋλικών καθώς όλα τα στοιχεία μπαίνουν σε σειρά, σε μια ράγα. Είναι ένας συνηθισμένος χωνευτός, μεταλλοπλαστικός πίνακας. Τα στοιχεία που είναι τοποθετημένα στον ηλεκτρικό πίνακα της οικίας είναι αυτόματες ασφάλειες, διακόπτες ράγας, ρελέ διαφυγής και λυχνίες.

Οι αυτόματες ασφάλειες, χρησιμοποιούνται για να ελέγχονται τα επιμέρους ηλεκτρικά κυκλώματα της οικίας όπως για παράδειγμα τα κυκλώματα φωτισμού και πριζών. Είναι εγκατεστημένες αυτόματες ασφάλειες χαρακτηριστικής C, 2X10A, 1X16A 1X20A και ο γενικός διακόπτης του πίνακα 1X40A. Τα γενικά χαρακτηριστικά των συγκεκριμένων ασφαλειών είναι η αντοχή σε βραχυκύκλωμα έως 10A, το ιδανικό σύστημα μανδάλωσης χάρις στο οποίο τοποθετούνται εύκολα στην ράγα χωρίς απαίτηση εργαλείων, η υψηλή αντοχή που παρουσιάζουν σε θραύση, χρόνο διακοπής μικρότερο της 1h ακόμη και σε φορτίο μεγέθους 1,45 φορές μεγαλύτερο από το ονομαστικό, δυνατότητα χρήσης και σε συνεχή ρεύματα τάσεως έως και 60V, παρουσιάζουν πολύ

μικρό χρόνο απόζευξης, της τάξεως του 0,1ms, η λειτουργία με αναγκαστική σβέση τόξου και περιορισμό του ρεύματος βραχυκυκλώσεως, είναι πιστοποιημένες και δύναται να χρησιμοποιηθούν ως γενικοί διακόπτες. Στο διάγραμμα της εικόνας 6 παρουσιάζεται η εσωτερική κατασκευή και λειτουργία αυτών των ασφαλειών και η εξωτερική του εμφάνιση.

Πέραν των αυτόματων ασφαλειών χρησιμοποιείται και τέσσερις διακόπτες ράγας. Οι διακόπτες αυτοί είναι διακόπτες φορτίου και με αυτούς τους ελέγχεται η ενεργοποίηση ή όχι του κυκλώματος μιας συσκευής. Χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των συσκευών με τις υψηλότερες απαιτήσεις.

Τέλος, στην άκρη της ράγας, ο πίνακας φέρει και ένα ρελέ διαφυγής τετραπολικό. Το ρελέ αυτό είναι υπεύθυνο για την διακοπή του ρεύματος σε περίπτωση που υπάρχει διαρροή του στον άνθρωπο προστατεύοντας έτσι με αυτό τον τρόπο την ζωή του. Στην εικόνα 7 παρουσιάζεται ο ηλεκτρολογικός πίνακας της υπό μελέτη οικίας όπως έχει περιγραφτεί στις προηγούμενες παραγράφους.



Εικόνα 6. Αυτόματες ασφάλειες της εταιρίας Geyer



Εικόνα 7. Ηλεκτρολογικός πίνακας υπό μελέτη οικίας

2.3. Εκτίμηση των υπαρχουσών ενεργειακών καταναλώσεων της εξεταζόμενης κατοικίας

Στο κεφάλαιο 2.1 παρουσιάστηκαν οι ηλεκτρικές συσκευές που είναι εγκατεστημένες στην υπό μελέτη κατοικία, καθώς και οι αντίστοιχες καταναλώσεις τους. Ωστόσο, στην πράξη, δεν λειτουργούν όλες οι συσκευές ταυτόχρονα. Ενδεικτικά, ο φωτισμός δεν χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Αυτό σημαίνει πως η ισχύς που καλείται να καλύψει το ενεργειακό σύστημα είναι σαφώς μικρότερη από το άθροισμα των ονομαστικών τιμών ισχύος όλων των συσκευών.

2.4. Ενδεικτική Χρονική Χρήση Συσκευών

- **Φωτισμός εξωτερικών υπαίθριων χώρων**: Χρησιμοποιείται για ασφάλεια κατά τις νυχτερινές ώρες. Καλοκαίρι: 20:00–06:00. Χειμώνας: 18:00–07:00.
- **Εσωτερικός φωτισμός**: Ενεργός τις ώρες που τα μέλη είναι ξύπνια. Καλοκαίρι: 20:00–02:00. Χειμώνας: 18:00–02:00.
- **Ψυγειοκαταψύκτης**: Συνεχής λειτουργία, 24 ώρες το 24ωρο, και στις δύο περιόδους.

- **Απορροφητήρας και συσκευές κουζίνας**: Καθημερινή χρήση 13:00–15:00 (θερινή και χειμερινή περίοδος).
- **Λοιπές συσκευές**: Δυνατότητα λειτουργίας από τις 07:00 έως τις 02:00, ώρα αφύπνισης και ώρα ύπνου των μελών.

Πίνακας 3. Ωριαία κατανάλωση ισχύος και ενέργειας της υπό μελέτη οικίας (προτεινόμενων καταναλώσεων) για την θερινή περίοδο

Ώρα	**Κατανάλωση Ισχύος [W]**	**Κατανάλωση Ενέργειας [kWh]**
00:00 - 01:00	110 (ψυγείο, Router Internet)	0,110
01:00 - 02:00	110 (ψυγείο, Router Internet)	0,110
02:00 - 03:00	110 (ψυγείο, Router Internet)	0,110
03:00 - 04:00	110 (ψυγείο, Router Internet)	0,110
04:00 - 05:00	110 (ψυγείο, Router Internet)	0,110
05:00 - 06:00	110 (ψυγείο, Router Internet)	0,110
06:00 - 07:00	110 (ψυγείο, Router Internet)	0,110
07:00 - 08:00	110 (ψυγείο, Router Internet)	0,110
08:00 - 09:00	210 (ψυγείο, Router Internet,TV)	0,210
09:00 - 10:00	210 (ψυγείο, Router Internet,TV)	0,210
10:00 - 11:00	210 (ψυγείο, Router Internet,TV)	0,210
11:00 - 12:00	210 (ψυγείο, Router Internet,TV)	0,210
12:00 - 13:00	210 (ψυγείο, Router Internet,TV)	0,210
13:00 - 14:00	4210 (ψυγείο, Router Internet,Κουζίνα, Απορροφητήρας)	4,210
14:00 - 15:00	4210 (ψυγείο, Router Internet,Κουζίνα, Απορροφητήρας)	4,210
15:00 - 16:00	210 (ψυγείο, Router Internet,TV)	0,210
16:00 - 17:00	210 (ψυγείο, Router Internet,TV)	0,210
17:00 - 18:00	210 (ψυγείο, Router Internet,TV)	0,210
18:00 - 19:00	210 (ψυγείο, Router Internet,TV)	0,210
19:00 - 20:00	210 (ψυγείο, Router Internet,TV)	0,210
20:00 - 21:00	210 (ψυγείο, Router Internet,TV)	0,210

21:00 - 22:00	234 (ψυγείο, Router Internet,TV, φωτισμός)	0,234
22:00 - 23:00	234 (ψυγείο, Router Internet,TV, φωτισμός)	0,234
23:00 - 24:00	234 (ψυγείο, Router Internet,TV, φωτισμός)	0,234
Ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας [kWh]		12.312

Πίνακας 4. Ωριαία κατανάλωση ισχύος και ηλεκτρικής ενέργειας της υπό μελέτη οικίας για την χειμερινή περίοδο

Ώρα	**Κατανάλωση Ισχύος [W]**	**Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας [kWh]**
00:00 - 01:00	110 (ψυγείο, Router Internet)	0,110
01:00 - 02:00	110 (ψυγείο, Router Internet)	0,110
02:00 - 03:00	110 (ψυγείο, Router Internet)	0,110
03:00 - 04:00	110 (ψυγείο, Router Internet)	0,110
04:00 - 05:00	110 (ψυγείο, Router Internet)	0,110
05:00 - 06:00	110 (ψυγείο, Router Internet)	0,110
06:00 - 07:00	110 (ψυγείο, Router Internet)	0,110
07:00 - 08:00	110 (ψυγείο, Router Internet)	0,110
08:00 - 09:00	210 (ψυγείο, Router Internet,TV)	0,210
09:00 - 10:00	210 (ψυγείο, Router Internet,TV)	0,210
10:00 - 11:00	210 (ψυγείο, Router Internet,TV)	0,210
11:00 - 12:00	210 (ψυγείο, Router Internet,TV)	0,210
12:00 - 13:00	210 (ψυγείο, Router Internet,TV)	0,210
13:00 - 14:00	4210 (ψυγείο, Router Internet,Κουζίνα, Απορροφητήρας)	4,210
14:00 - 15:00	4210 (ψυγείο, Router Internet,Κουζίνα, Απορροφητήρας)	4,210
15:00 - 16:00	210 (ψυγείο, Router Internet,TV)	0,210
16:00 - 17:00	210 (ψυγείο, Router Internet,TV)	0,210
17:00 - 18:00	210 (ψυγείο, Router Internet,TV)	0,210

18:00 - 19:00	210 (ψυγείο, Router Internet,TV)	0,210
19:00 - 20:00	234 (ψυγείο, Router Internet,TV, φωτισμός)	0,234
20:00 - 21:00	234 (ψυγείο, Router Internet,TV, φωτισμός)	0,234
21:00 - 22:00	234 (ψυγείο, Router Internet,TV, φωτισμός)	0,234
22:00 - 23:00	234 (ψυγείο, Router Internet,TV, φωτισμός)	0,234
23:00 - 24:00	234 (ψυγείο, Router Internet,TV, φωτισμός)	0,234
Ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας [kWh]		12.360

Σύμφωνα με τα στοιχεία του **Πίνακα 4**, η μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικής ισχύος κατά τη χειμερινή περίοδο —λαμβάνοντας υπόψη τις προτεινόμενες καταναλώσεις— καταγράφεται στο χρονικό διάστημα **13:00 έως 15:00**, με τιμή **4210 W**. Η απαίτηση αυτή θα πρέπει να καλύπτεται πλήρως από το σύστημα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που πρόκειται να εγκατασταθεί.

Ωστόσο, το αντίστοιχο μέγιστο θερινό φορτίο είναι σχεδόν ίδιο (4210 W). Συνεπώς, αν το σύστημα σχεδιαστεί ώστε να ανταποκρίνεται στην κορύφωση της καλοκαιρινής ζήτησης, θα είναι επαρκές και για τις ανάγκες του χειμώνα.

Για μεγαλύτερη ασφάλεια και προκειμένου να ληφθεί υπόψη ενδεχόμενη ταυτόχρονη λειτουργία πρόσθετης συσκευής, το φορτίο σχεδιασμού αυξάνεται ελαφρώς και ορίζεται στα **5000 W**. Το σύστημα που θα διαστασιολογηθεί και θα παρουσιαστεί στα επόμενα κεφάλαια οφείλει να έχει τη δυνατότητα να παρέχει ισχύ τουλάχιστον **5000 W**, ώστε να διασφαλίζεται πλήρης κάλυψη της ζήτησης σε κάθε σενάριο λειτουργίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. Μελέτη απόδοσης ενεργειακής εγκατάστασης

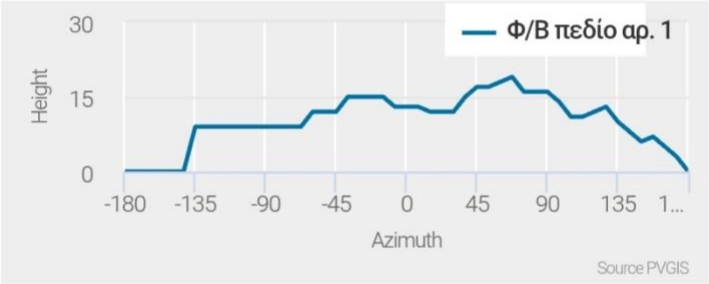
3.1. Πιθανή παραγωγή ενέργειας εγκατάστασης

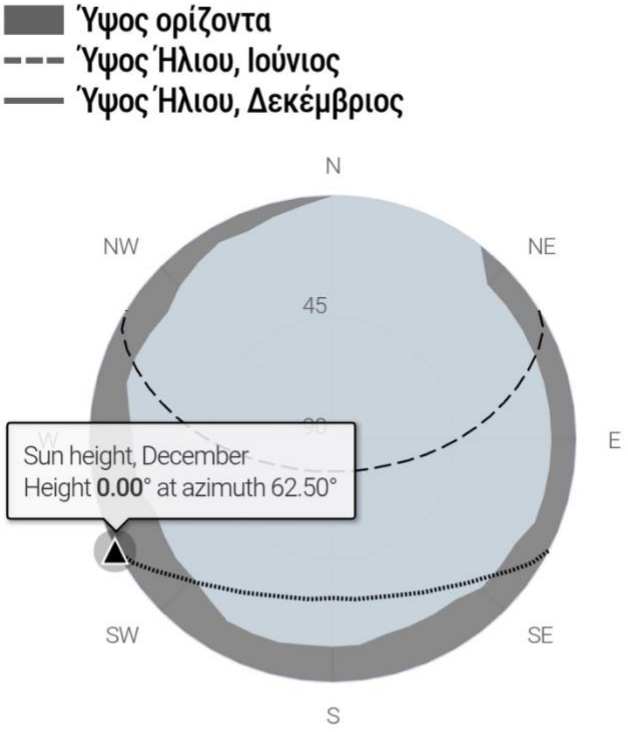
Η περιοχή των Ασιτών, που υπάγεται διοικητικά στο ευρύτερο σύνολο του Ηρακλείου Κρήτης, συγκαταλέγεται στις θερμότερες περιοχές της Ελλάδας. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται υψηλές μέσες ετήσιες θερμοκρασίες, έντονη ηλιακή ακτινοβολία και αυξημένες θερμοκρασίες στο νερό του δικτύου ύδρευσης.

18:37

Σκιές εδάφους

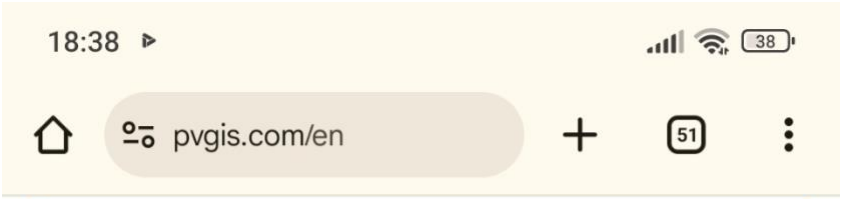
Ορίζοντας :**Υπολογισμένο (προεπιλογή PGVIS 24)**





Πληροφορίες από φωτοβολταϊκά συνδεδεμένα στο δίκτυο

- Χρησιμοποιούμενη βάση δεδομένων:**PVGIS-**



Πληροφορίες από φωτοβολταϊκά συνδεδεμένα στο δίκτυο

- Χρησιμοποιούμενη βάση δεδομένων:**PVGIS-SARAH3**
- Φωτοβολταϊκή τεχνολογία:**ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΠΥΡΙΤΙΟ**
- Σύστημα τοποθέτησης:**Επικάλυψη 1 Ενότητας**

Τμήματα	Εγκατεστημένα Φ/Β (KWp)	Κλίση	Αζιμούθιο
Τμήμα 1	1,00	0°	180° (B)

- Διαετήσια μεταβλητότητα (%): **1,90**

Απώλεια

- Αλλαγή στην παραγωγή λόγω:
  - Γωνία πρόσπτωσης (%):**-2,98**
  - Φασματικά φαινόμενα (%):**0,25**
  - Χαμηλή θερμοκρασία και ακτινοβολία (%):**-8.080**
- Συνολικές απώλειες (%):**-13,28**

- Παραγωγή ισοτιμίας (kWh):**4.36**
- Μέσος όρος ωρών παραγωγής την ημέρα:**4,40**

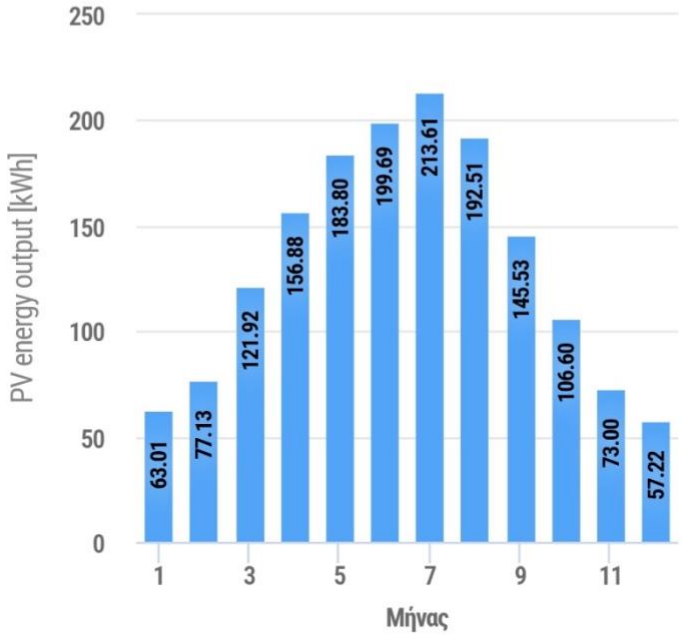


18:38

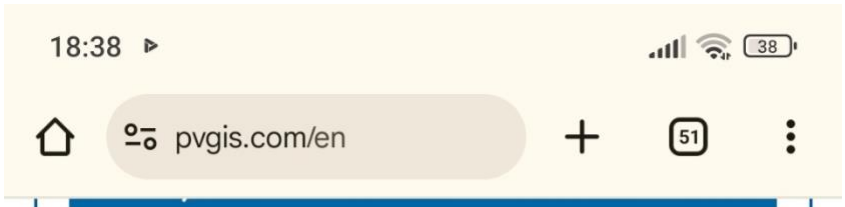
Μηνιαία παραγωγή ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα

Ετήσια παραγωγή φωτοβολταϊκής ενέργειας: 1.590,91kWh

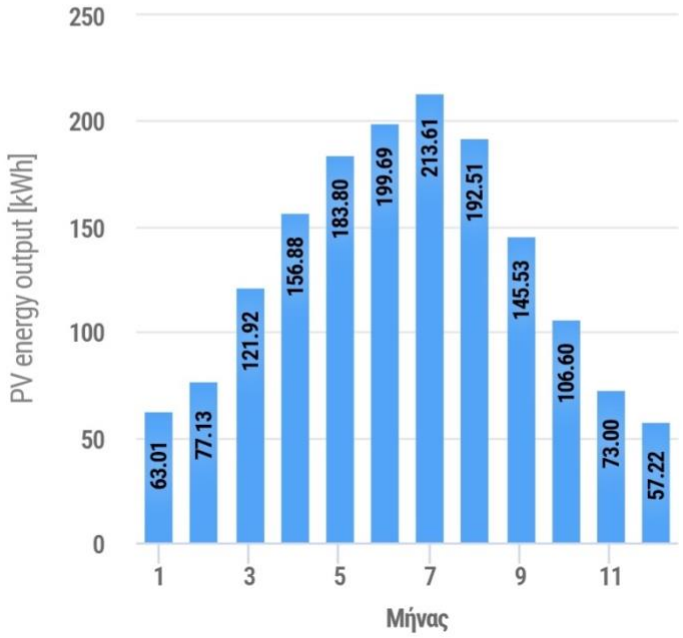
Μεταβλητότητα από έτος σε έτος: **1,90%** 30,16 (kWh)



Μήνας	kWh	%
01 - Ιανουάριος	63.01	3,96%
02 - Φεβρουάριος	77,13	4,85%
03 - Μάρτιος	121,92	7,66%
04 - Απρίλιος	156,88	9,86%
05 - Μάιος	183,80	11,55%
06 - Ιούνιος	199,69	12,55%
07 - Ιούλιος	213,61	13,43%
08 - Αύγουστος	192,51	12,10%
09 - Σεπτέμβριος	145,53	9,15%
10 - Οκτωβρίου	106,60	6,70%
11 - Νοεμβρίου	73,00	4,59%



Μεταβλητότητα από έτος σε έτος: **1,90%** 30,16 (kWh)

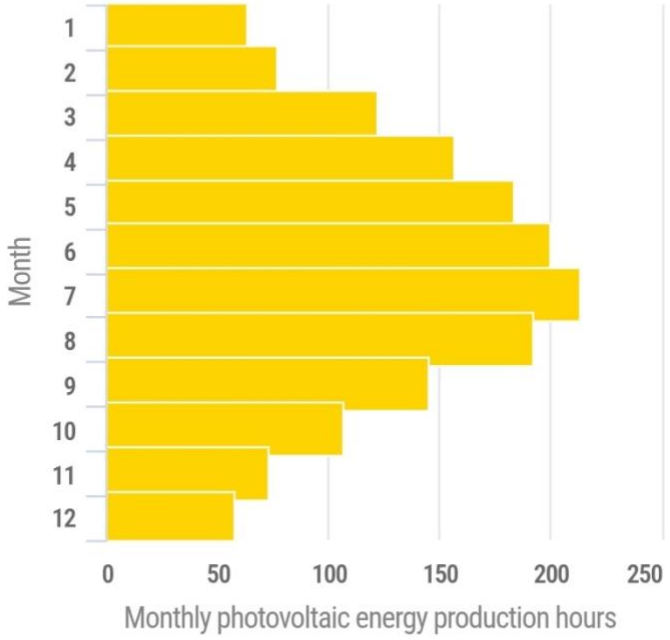


Μήνας	kWh	%
01 - Ιανουάριος	63.01	3,96%
02 - Φεβρουάριος	77,13	4,85%
03 - Μάρτιος	121,92	7,66%
04 - Απρίλιος	156,88	9,86%
05 - Μάιος	183,80	11,55%
06 - Ιούνιος	199,69	12,55%
07 - Ιούλιος	213,61	13,43%
08 - Αύγουστος	192,51	12,10%
09 - Σεπτέμβριος	145,53	9,15%
10 - Οκτωβρίου	106,60	6,70%
11 - Νοεμβρίου	73,00	4,59%
12 - Δεκεμβρίου	57,22	3,60%

18:38

Μηνιαίες ώρες παραγωγής φωτοβολταϊκής ενέργειας

Ετήσιες ώρες παραγωγής φωτοβολταϊκής ενέργειας: 1.590,91 (average 4.4 hours per day) ώρες

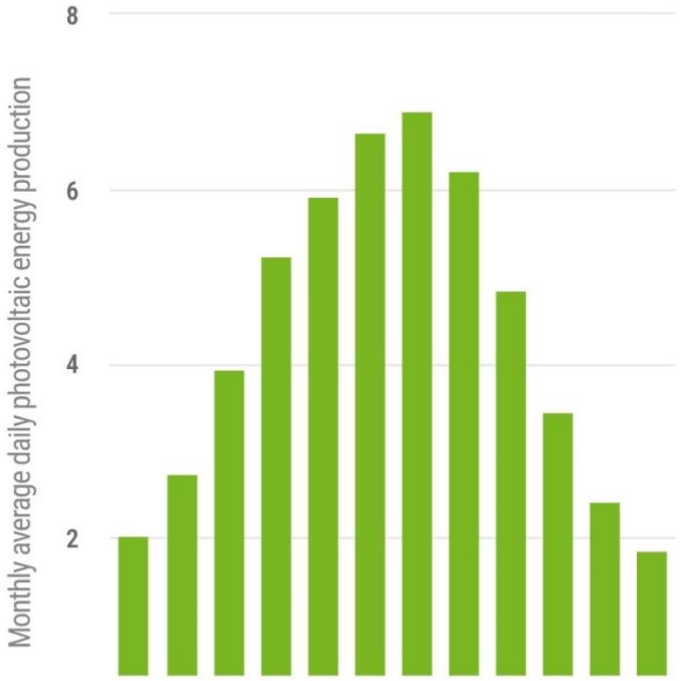


Μήνες	Ώρες/Μήνα	Ώρες/Ημέρα
01 - Ιανουάριος	63.1	2.1
02 - Φεβρουάριος	77,2	2.8
03 - Μάρτιος	122,0	4.0
04 - Απρίλιος	156,9	5.3
05 - Μάιος	183,8	6.0
06 - Ιούνιος	199,7	6.7
07 - Ιούλιος	213,7	6.9
08 - Αύγουστος	192,6	6.3
09 - Σεπτέμβριος	145,6	4.9

10 - Οκτωβρίου	106,6	3.5
11 - Νοεμβρίου	73,0	2.5
12 - Δεκεμβρίου	57,3	1.9

Μέση μηνιαία kWh παραγωγής ανά ημέρα

Μέση μηνιαία ημερήσια παραγωγή φωτοβολταϊκής ενέργειας : 4,35 kWh

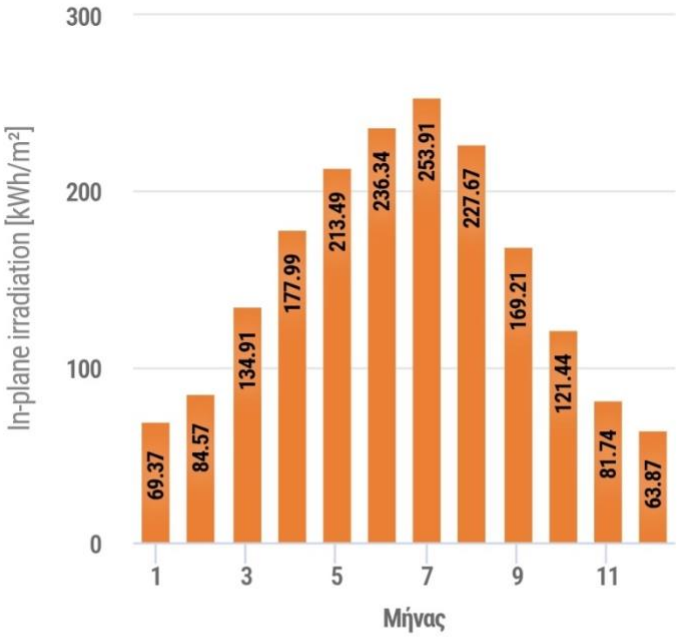


Μήνες	Ώρες/Ημέρα	kWh/Ημέρες
01 - Ιανουάριος	2.1	2.03
02 - Φεβρουάριος	2.8	2,75
03 - Μάρτιος	4.0	3,93
04 - Απρίλιος	5.3	5.23

05 - Μάιος	6.0	5,93
06 - Ιούνιος	6.7	6,66
07 - Ιούλιος	6.9	6,89
08 - Αύγουστος	6.3	6.21
09 - Σεπτέμβριος	4.9	4,85
10 - Οκτωβρίου	3.5	3.44
11 - Νοεμβρίου	2.5	2.44
12 - Δεκεμβρίου	1.9	1,85

Μηνιαία ακτινοβολία σε σταθερό επίπεδο

Ετήσια ακτινοβολία: 1.834,51kWh/ m2



Μήνας	kWh/ m2	%
01 - Ιανουάριος	69,37	3,78%
02 - Φεβρουάριος	84,57	4,61%
03 - Μάρτιος	134,91	7,35%

3.2. Ηλιακή Ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια προέρχεται από την ακτινοβολία που εκπέμπει ο Ήλιος και φτάνει στην επιφάνεια της Γης. Ο Ήλιος, κεντρικό άστρο του ηλιακού μας συστήματος, είναι μια τεράστια σφαίρα θερμού πλάσματος με διάμετρο περίπου 1,4 εκατομμύρια χιλιόμετρα και μάζα που υπερβαίνει κατά 300.000 φορές εκείνη της Γης. Η ηλιακή ακτινοβολία διανύει 150 εκατομμύρια χιλιόμετρα για να φτάσει στη Γη μέσα σε 8 λεπτά.

Η ενέργεια του Ήλιου παράγεται μέσω της πυρηνικής σύντηξης: περίπου 657 εκατομμύρια τόνοι υδρογόνου μετατρέπονται κάθε δευτερόλεπτο σε 653 εκατομμύρια τόνους ηλίου, με τη διαφορά μάζας να μετατρέπεται σε ενέργεια σύμφωνα με την εξίσωση E=mc2E = mc^2E=mc2. Η ακτινοβολούμενη ενέργεια είναι τόσο μεγάλη, που κάθε τετραγωνικό μέτρο της επιφάνειας του Ήλιου εκπέμπει περίπου 70.000 ίππους ισχύος.

Από τα περίπου 4.000 Q (όπου 1 Q ισοδυναμεί με την ενέργεια που περιέχεται σε 25.000 τόνους πετρελαίου) ηλιακής ενέργειας που φτάνουν στη Γη ετησίως, τα 1.000 Q ανακλώνται από την ανώτερη ατμόσφαιρα, ενώ τα υπόλοιπα 3.000 Q εισέρχονται στην ατμόσφαιρα, προκαλώντας διάφορες κλιματικές και βιολογικές διεργασίες. Ένα μέρος απορροφάται από την ατμόσφαιρα, ενώ το υπόλοιπο θερμαίνει την επιφάνεια της Γης. Από αυτή τη συνολική ποσότητα, μόλις το 1,2 Q αποθηκεύεται μέσω φωτοσύνθεσης και από αυτό, μόνο το 7% αξιοποιείται για βιολογικές διεργασίες.

Η συνολική ηλιακή ενέργεια που φτάνει στη Γη σε ετήσια βάση ανέρχεται σε περίπου 7×10^{17} kWh – ποσότητα τεράστια και εντελώς δωρεάν, με απεριόριστες δυνατότητες αξιοποίησης. Αυτή η ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές: ηλεκτροπαραγωγή, θέρμανση, ζεστό νερό, μαγείρεμα, απόσταξη, αφαλάτωση, κλιματισμός, ακόμα και βιομηχανικές χρήσεις όπως η τήξη υλικών.

Για να αξιοποιηθεί αποτελεσματικά η ηλιακή ενέργεια, εφαρμόζονται δύο βασικές κατηγορίες μεθόδων: **ενεργητικές** και **παθητικές**. Οι παθητικές αφορούν κυρίως τον αρχιτεκτονικό και βιοκλιματικό σχεδιασμό κτιρίων και δεν θα μας απασχολήσουν περαιτέρω. Οι ενεργητικές μέθοδοι διακρίνονται σε:

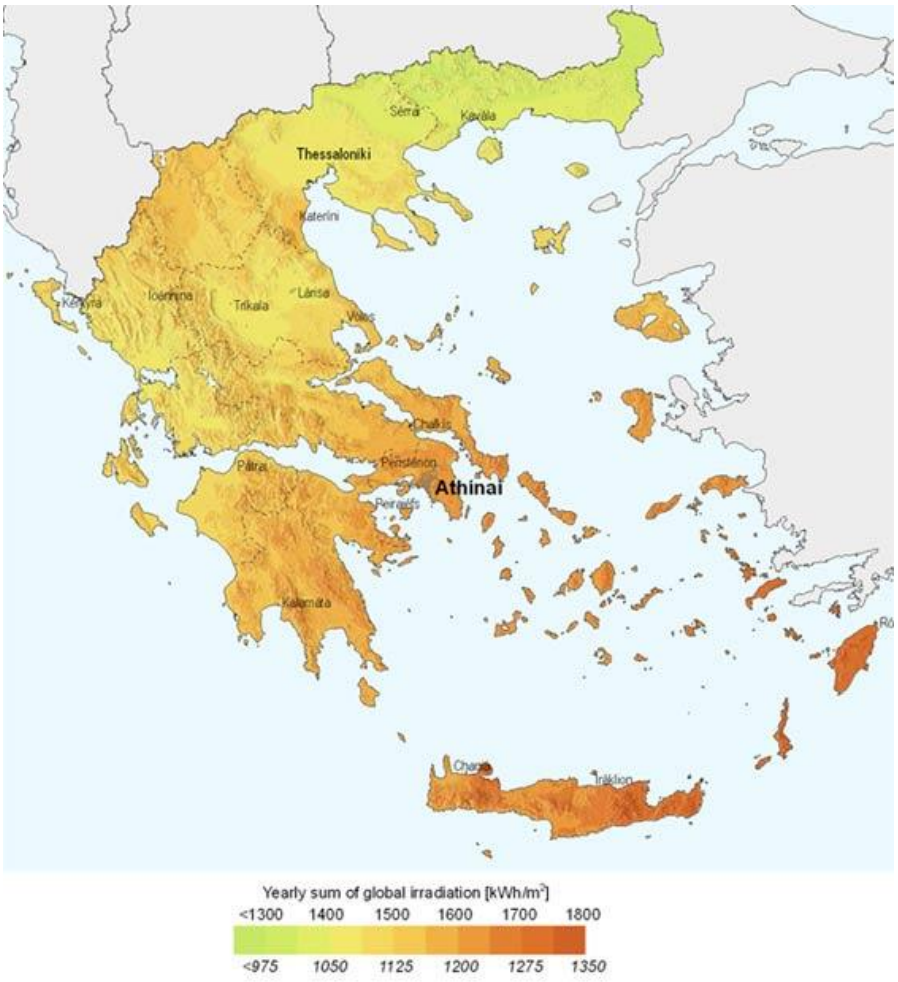
- **Φωτοχημικές μέθοδοι**: Αξιοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία για την εκκίνηση χημικών αντιδράσεων. Κύριο παράδειγμα είναι η φωτοσύνθεση, όπου η ηλιακή

ενέργεια μετατρέπεται σε χημική μέσω φυτών. Σήμερα ερευνάται εντατικά η φωτοηλεκτρόλυση του νερού για παραγωγή υδρογόνου.

- **Φωτοηλεκτρικές μέθοδοι**: Μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια απευθείας σε ηλεκτρική, χωρίς ενδιάμεσες διαδικασίες. Η πιο διαδεδομένη εφαρμογή είναι τα φωτοβολταϊκά συστήματα, τα οποία θα εξεταστούν αναλυτικά σε επόμενη ενότητα.
- **Φωτοθερμικές μέθοδοι**: Μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμική ενέργεια, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε αυτούσια είτε για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Από τους κοινούς ηλιακούς θερμοσίφωνες έως τα προηγμένα συγκεντρωτικά συστήματα (παραβολικοί συλλέκτες, πύργοι συγκέντρωσης), η ποικιλία των εφαρμογών είναι μεγάλη.

  Η ηλιακή τεχνολογία σήμερα βρίσκεται σε υψηλό επίπεδο ωριμότητας. Ιδιαίτερα τα φωτοβολταϊκά και τα θερμικά συστήματα έχουν αποδειχθεί αξιόπιστα και αποδοτικά σε μικρές και μεγάλες εγκαταστάσεις. Στην Ελλάδα, με το εξαιρετικά ευνοϊκό ηλιακό δυναμικό – και ειδικά στην Κρήτη, όπως φαίνεται και στον χάρτη της εικόνας 8 – η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας πρέπει να αποτελεί προτεραιότητα τόσο σε επίπεδο

ενεργειακής πολιτικής όσο και στην καθημερινή πράξη, μέσω της ευρείας χρήσης μικρών συστημάτων σε κατοικίες.



Εικόνα 8. Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας στην ελληνική επικράτεια σε kWh/m^2

Η Ελλάδα δεν ξεχωρίζει μόνο για τα υψηλά επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται κάθε χρόνο, αλλά και για ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα: ένα μεγάλο μέρος αυτής της ακτινοβολίας είναι άμεσο. Τι εννοούμε, όμως, όταν μιλάμε για άμεση ηλιακή ακτινοβολία;

Πρόκειται για την ακτινοβολία που φτάνει απευθείας από τον Ήλιο στην επιφάνεια της Γης, χωρίς να έχει προηγουμένως διασπαρθεί ή τροποποιηθεί από την ατμόσφαιρα. Αυτού του είδους η ακτινοβολία διατηρεί υψηλά επίπεδα ενέργειας, κάτι που την καθιστά εξαιρετικά χρήσιμη για εφαρμογές που σχετίζονται με την παραγωγή ενέργειας.

Αντίθετα, όταν η ηλιακή ακτινοβολία διασκορπίζεται καθώς διαπερνά την ατμόσφαιρα – εξαιτίας της παρουσίας σωματιδίων, υδρατμών ή νεφών – χάνει μέρος από την αρχική

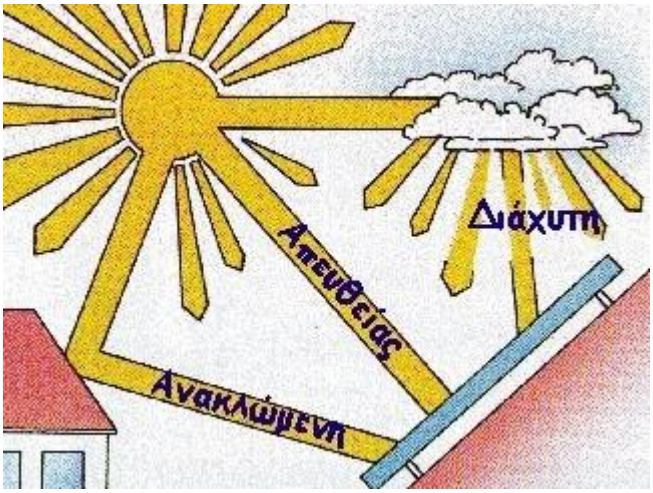
της ενέργεια. Αυτή η μορφή φωτός ονομάζεται διάχυτη ακτινοβολία και παρουσιάζει μικρότερη ενεργειακή απόδοση.

Εκτός από τις άμεσες και διάχυτες συνιστώσες, υπάρχει και μια τρίτη μορφή: η ανακλώμενη ακτινοβολία. Αυτή δημιουργείται όταν το ηλιακό φως ανακλάται σε επιφάνειες του περιβάλλοντος, όπως το έδαφος, τα κτήρια ή φυσικά εμπόδια που βρίσκονται κοντά στο σημείο συλλογής.

Στην εικόνα 9 παρακάτω, παρουσιάζεται ο διαχωρισμός αυτών των τριών μορφών ηλιακής ακτινοβολίας: άμεσης, διάχυτης και ανακλώμενης.

Σε συστήματα που αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια – όπως τα φωτοβολταϊκά ή τα ηλιοθερμικά – είναι ξεκάθαρο ότι η αυξημένη συμμετοχή της άμεσης ακτινοβολίας συνεπάγεται και καλύτερη αποδοτικότητα.

Το σύνολο της ηλιακής ενέργειας που φτάνει σε μια επιφάνεια, το οποίο προκύπτει από την άθροιση της άμεσης, της διάχυτης και της ανακλώμενης ακτινοβολίας, ονομάζεται ολική ηλιακή ακτινοβολία.



Εικόνα 9. Άμεση, διάχυτη και ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. Συστήματα εγκατάστασης

4.1. Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα λειτουργούν με βάση εξειδικευμένα ηλεκτρονικά εξαρτήματα, γνωστά ως φωτοβολταϊκά στοιχεία, τα οποία αξιοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια, χάρη στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Το φαινόμενο αυτό είναι μια φυσική διεργασία κατά την οποία τα φωτόνια του ηλιακού φωτός προσπίπτουν σε υλικά με ημιαγώγιμες ιδιότητες, προκαλώντας την απελευθέρωση ηλεκτρονίων και συνεπώς την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

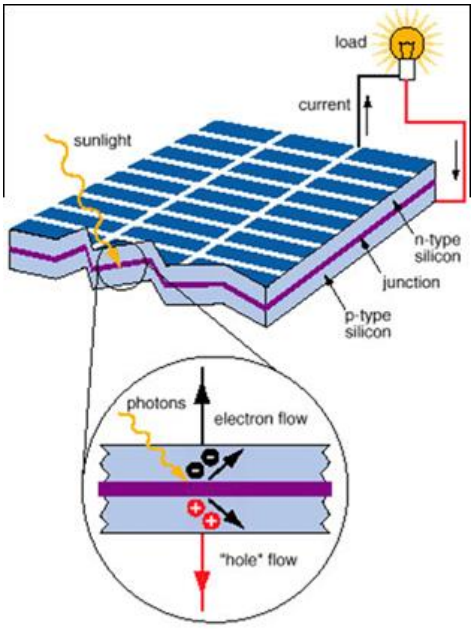
Η βασική λειτουργία ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου βασίζεται στη σύζευξη δύο τύπων ημιαγωγών – τύπου P και τύπου N – που τοποθετούνται σε επαφή. Χάρη στις ηλεκτρικές τους ιδιότητες, δημιουργείται ένα ηλεκτρικό πεδίο στη διεπαφή τους, το οποίο διευκολύνει τη δημιουργία τάσης όταν εκτεθούν στο φως. Η ικανότητα αυτών

των υλικών να μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρικό φορτίο είναι γνωστή ως φωταγωγιμότητα.

Κάθε φωτοβολταϊκή κυψέλη αποτελείται από δύο λεπτές στρώσεις των παραπάνω ημιαγωγών. Όταν το φως του Ήλιου προσπέσει στην επιφάνεια της κυψέλης, τα φωτόνια μεταδίδουν αρκετή ενέργεια ώστε να αποσπάσουν ηλεκτρόνια από τον ημιαγωγό τύπου Ν. Τα ηλεκτρόνια αυτά, υπό την επίδραση της διαφοράς δυναμικού, κινούνται προς τον ημιαγωγό τύπου Ρ, όπου υπάρχει έλλειψη ηλεκτρονίων. Αν το κύκλωμα είναι συνδεδεμένο εξωτερικά, αυτή η ροή μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η παραγόμενη ισχύς εξαρτάται από το μέγεθος της φωτοβολταϊκής επιφάνειας και από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η άμεση ακτινοβολία – δηλαδή το φως που φτάνει χωρίς να διασκορπιστεί – καθώς περιέχει περισσότερα φωτόνια και συνεπώς οδηγεί σε αυξημένη παραγωγή ηλεκτρισμού. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποδίδουν καλύτερα σε περιοχές με υψηλά ποσοστά άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας.

Η αρχή λειτουργίας των φωτοβολταϊκών αποτυπώνεται σχηματικά στην εικόνα 10, όπου παρουσιάζεται η διαδικασία μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρικό ρεύμα, μέσω της κίνησης ηλεκτρονίων στο εσωτερικό των ημιαγώγιμων υλικών.



Εικόνα 10. Λειτουργία φωτοβολταϊκού στοιχείου

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το βασικό υλικό κατασκευής των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι το πυρίτιο. Πρόκειται για ένα στοιχείο που απαντάται ευρέως στη φύση, καθώς

αποτελεί το κύριο συστατικό της άμμου – συγκεκριμένα, της μορφής της που είναι οξείδιο του πυριτίου (SiO_2).

Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων που βασίζονται στο πυρίτιο: τα στοιχεία άμορφου πυριτίου, τα στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου και εκείνα πολυκρυσταλλικού πυριτίου. Η βασική διαφορά μεταξύ αυτών των τύπων έγκειται στη δομή των κρυστάλλων του πυριτίου που περιέχουν.

Στα φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου (a-Si), το πυρίτιο δεν εμφανίζει κρυσταλλική διάταξη· τα άτομα του είναι τοποθετημένα τυχαία, γεγονός που δίνει στα στοιχεία αυτά χαρακτηριστική γκρι απόχρωση. Αυτή η μη κρυσταλλική μορφή τους προσδίδει πλεονεκτήματα σε συνθήκες διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ παράλληλα προκαλεί μικρότερη αύξηση θερμοκρασίας, περιορίζοντας τις ενεργειακές απώλειες. Επιπλέον, η ημιδιαφάνεια τους επιτρέπει την αξιοποίησή τους σε αρχιτεκτονικές εφαρμογές, όπως σε υαλοπίνακες κτηρίων. Παρόλα αυτά, το σημαντικό τους μειονέκτημα είναι ο χαμηλός βαθμός ενεργειακής απόδοσης, που κυμαίνεται γύρω στο 8%, ενώ σε ιδανικές εργαστηριακές συνθήκες μπορεί να φτάσει έως και 14%.

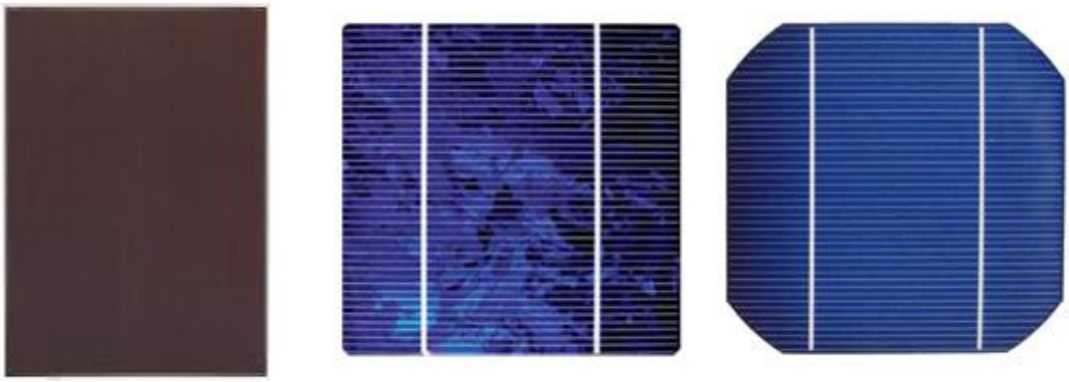
Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου αποτελούνται από πολλούς μικρούς κρυστάλλους πυριτίου. Οι διακριτές περιοχές μονοκρυσταλλικής δομής δίνουν στην επιφάνειά τους όψη που θυμίζει χάρτη. Όσο μεγαλύτερες και πιο ομοιογενείς είναι αυτές οι περιοχές, τόσο καλύτερη είναι η απόδοση του στοιχείου. Συγκριτικά με τα στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου, αυτά είναι πιο οικονομικά στην παραγωγή, καθώς η κατασκευή τους είναι λιγότερο πολύπλοκη. Ωστόσο, αυτό αντανακλάται και στον βαθμό απόδοσης, ο οποίος συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 13% και 15%.

Από την άλλη, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου κατασκευάζονται από έναν ενιαίο κρύσταλλο πυριτίου, κάτι που προσδίδει ομοιομορφία στην επιφάνειά τους και ένα χαρακτηριστικό σκούρο μπλε χρώμα. Η ενιαία κρυσταλλική δομή ελαχιστοποιεί τις απώλειες που οφείλονται σε ατέλειες ή κενά, όπως συμβαίνει στα πολυκρυσταλλικά στοιχεία, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται υψηλότερος βαθμός απόδοσης, που μπορεί να φτάσει ακόμη και το 20%.

Στην Εικόνα 11 παρουσιάζονται οι τρεις βασικοί τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων: αριστερά φαίνονται τα στοιχεία άμορφου πυριτίου, στο κέντρο τα πολυκρυσταλλικά, και δεξιά τα μονοκρυσταλλικά.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, πέρα από αυτούς τους τύπους, διεξάγονται έρευνες για την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών στοιχείων από άλλα ημιαγώγιμα υλικά, με στόχο την

αύξηση της απόδοσης. Ωστόσο, η αναφορά σε αυτά τα πιο εξειδικευμένα υλικά ξεφεύγει από το πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης.



Εικόνα 11. Φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου, πολυκρυσταλλικού και μονοκρυσταλλικού πυριτίου

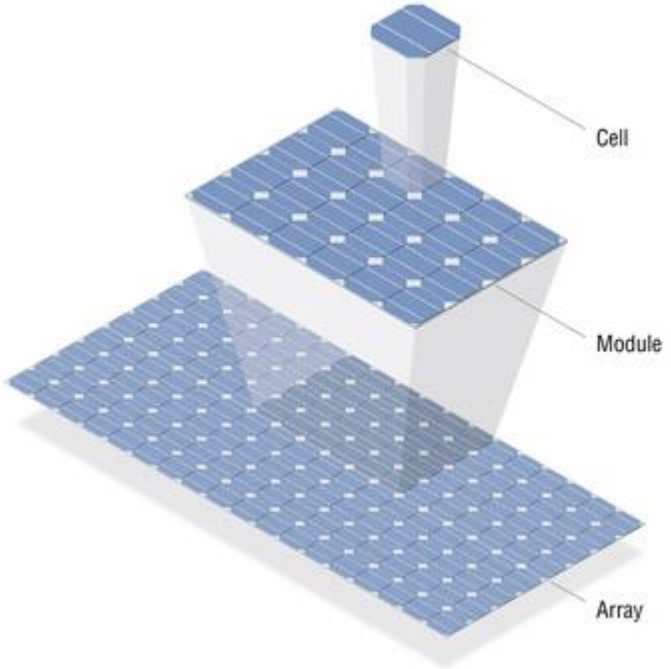
Ένα μεμονωμένο φωτοβολταϊκό στοιχείο παράγει πολύ μικρή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας, ανεπαρκή για πρακτική χρήση. Για τον λόγο αυτό, τα στοιχεία αυτά συνδέονται μεταξύ τους σε μεγαλύτερους αριθμούς, ώστε να επιτυγχάνεται παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος σε ικανοποιητικά επίπεδα. Έτσι, προκύπτουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες (ή πάνελ) και οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες.

Μια φωτοβολταϊκή μονάδα (module) προκύπτει από την ένωση πολλών φωτοβολταϊκών στοιχείων – συνήθως περίπου 30 – σε μία ενιαία κατασκευή. Στην πράξη, η ονομασία «φωτοβολταϊκό πάνελ» χρησιμοποιείται συχνά για να περιγράψει τις μονάδες αυτές. Αυτές είναι και οι τυπικές μονάδες που διατίθενται στην αγορά για εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Όταν πολλές τέτοιες μονάδες συνδεθούν μεταξύ τους, σχηματίζουν μία φωτοβολταϊκή συστοιχία (array). Οι συστοιχίες αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν δεκάδες ή και χιλιάδες φωτοβολταϊκά πάνελ, ανάλογα με τις ενεργειακές ανάγκες. Τέλος, ένα

ολοκληρωμένο φωτοβολταϊκό σύστημα συνήθως αποτελείται από μία ή περισσότερες τέτοιες συστοιχίες.

Στο διάγραμμα της Εικόνας 12 παρουσιάζεται η διαβάθμιση των φωτοβολταϊκών συστημάτων, ξεκινώντας από το επίπεδο του μεμονωμένου στοιχείου και φτάνοντας μέχρι τις μεγάλες συστοιχίες.



Εικόνα 12. Κατηγοριοποίηση φωτοβολταϊκών με βάση το μέγεθός τους

4.2. Συσσωρευτές

Οι συσσωρευτές είναι το κύριο στοιχείο που χρησιμοποιείται για αποθήκευση ενέργειας σε όλα τα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Συναντούνται σε όλα τα απομονωμένα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας τα οποία δεν είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο παροχής ηλεκτρισμού και έχουν ως σκοπό την αποθήκευση ενέργειας όταν η παραγωγή τους είναι μεγαλύτερη από τις απαιτήσεις ενέργειας. Όταν μειωθεί η ενέργεια παραγωγής και είναι χαμηλότερη από τις απαιτήσεις ενέργειας της εφαρμογής στην οποία εγκαθίστανται τότε αποδεσμεύουν ενέργεια που έχουν αποθηκεύσει για να καλύψουν το έλλειμμα. Η χωρητικότητα των συσσωρευτών σε αυτά τα συστήματα είναι ζωτικής σημασίας καθώς καθορίζει και την αυτονομία του συστήματος, δηλαδή πόσες μέρες μπορεί να παρέχεται ισχύς σε περίπτωση που οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν παράγουν ενέργεια. Ο υπολογισμός της χωρητικότητας των συσσωρευτών γίνεται από την εξίσωση 2.28 που ακολουθεί.

$$C = \frac{E.d}{DOD_{max}.f} \qquad \textbf{Εξ. 4.1}$$

Όπου:

- C: Χωρητικότητα συσσωρευτώνσε Ah.
- E:Ημερήσιο φορτίο εφαρμογής, σε Ah/ημέρα.
- d: Ο αριθμός των ημερών αυτονομίας του συστήματος.
- DOD_{max}: Το μέγιστο βάθος εκφόρτισης των συσσωρευτών σε ποσοστό επί τοις εκατό του συνολικού βάθους εκφόρτισης.
- f: Ο παράγοντας θερμοκρασίας.

Συνήθως οι συσσωρευτές που χρησιμοποιούνται μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε χημική. Είναι συσσωρευτές χημικών στοιχείων, σε κατασκευή και λειτουργία είναι της ιδίας οικογενείας με τους συσσωρευτές που χρησιμοποιούνται στα οχήματα και έχουμε όλοι συναντήσει. Βέβαια υπάρχουν και μικρές διαφορές με κυριότερη το μεγαλύτερο βάθος αποφόρτισης έτσι ώστε να έχουν την δυνατότητα να αποθηκεύσουν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας κάτι όμως που αυξάνει και το κόστος τους. Αποθηκεύουν και αποδεσμεύουν πάντα ηλεκτρική ενέργεια με την μορφή συνεχούς ρεύματος DC έτσι το εναλλασσόμενο ρεύμα που παράγεται από κάποια συστήματα (ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, πλειοψηφία ανεμογεννητριών) θα πρέπει πρώτα να μετατραπεί σε συνεχές ρεύμα και μετά να αποθηκευτεί. Συνήθως όμως, στα μικρά συστήματα, το εναλλασσόμενο ρεύμα από το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος χρησιμοποιείται για την κάλυψη των φορτίων όταν υπάρχει έλλειψη και όχι για φόρτιση των συσσωρευτών. Με αυτό τον τρόπο δεν απαιτείται η χρήση ενός ακόμη αντιστροφέα. Όπως είναι γνωστό από τους συσσωρευτές των οχημάτων απαιτείται περιοδική συντήρησή τους η οποία κυρίως εστιάζεται στην αλλαγή των υγρών τους. Αυτού του τύπου οι συσσωρευτές παρουσιάζουν μια διάρκεια ζωής της τάξεως των 15 ετών σε περίπτωση που εγκαθίστανται ως ενδείκνυται σε σκιερό μέρος για να έχουν χαμηλές θερμοκρασίες λειτουργίας και η συντήρηση τους γίνεται ανελλιπώς. Η μεταβολή άλλωστε της αποθηκευτικής τους ικανότητας και η μείωση της ζωής τους με την αύξηση της θερμοκρασίας είναι το βασικό τους μειονέκτημα.

Το σύστημα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας απαιτεί την ύπαρξη των συσσωρευτών για να καλύψει την ανομοιομορφία ηλεκτροπαραγωγής ενέργειας και να μειώσει το κόστος λειτουργίας του. Ειδικότερα, όταν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, εν προκειμένω τα συστήματα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας έχουν την δυνατότητα να παράξουν μεγαλύτερη ενέργεια (ελέω εντονότερης ηλιακής

ακτινοβολίας) σε σχέση με τις απαιτήσεις της εφαρμογής τότε το πλεόνασμα αυτής της ενέργειας οδηγείται προς αποθήκευση στους συσσωρευτές. Δεν έχει νόημα να εγκατασταθούν συστήματα συσσωρευτών μεγάλης χωρητικότητας όταν, ακόμη και υπό τις ευνοϊκότερες καιρικές συνθήκες, δεν είναι σε θέση να φορτιστούν πλήρως από το σχεδιασθέν φωτοβολταϊκό σύστημα. Έτσι η επιλογή είναι συντηρητική δεδομένου του ότι πολύ εύκολα είναι δυνατή η προσθήκη νέων συσσωρευτών σε περίπτωση που αποδειχθεί στην πράξη ότι είναι απαραίτητοι. Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την διάρκεια ζωής του συστήματος η οποία φθάνει τα 25 έτη θα πρέπει να γίνει μια φορά η αντικατάσταση των συσσωρευτών.

4.3. Συστήματα ελέγχου

Τα συστήματα ελέγχου είναι απολύτως απαραίτητα στα συστήματα καθώς αυτά καθορίζουν ποιο τμήμα του υβριδικού συστήματος θα χρησιμοποιηθεί για την τροφοδότηση με ενέργεια της εφαρμογής. Αποτελούνται από δύο τεμάχια, τους ρυθμιστές φόρτισης και τους ανορθωτές.

Οι ρυθμιστές φόρτισης είναι τα εξαρτήματα, ηλεκτρονικά εξαρτήματα, τα οποία ελέγχουν την φόρτιση των συσσωρευτών. Είναι απολύτως απαραίτητοι στα υβριδικά συστήματα, αποτελούν την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του συστήματος και στην ουσία αυτοί καθορίζουν το τμήμα του συστήματος που χρησιμοποιείται για την ηλεκτροδότηση της εφαρμογής. Ελέγχουν εάν η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι επαρκής για να καλύψει τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Εάν υπάρχει πλεονασμός ενέργειας τότε κατευθύνουν την πλεονάζουσα ποσότητα στους συσσωρευτές. Εάν οι συσσωρευτές είναι ήδη πλήρως φορτισμένοι τότε σταματούν την φόρτισή τους για να μην υπερφορτιστούν και καταστραφούν. Εάν αντίθετα υπάρχει έλλειμμα ενέργειας τότε τροφοδοτούν με επιπλέον ενέργεια το σύστημα που προέρχεται από την αποφόρτιση των συσσωρευτών. Εάν οι συσσωρευτές φτάσουν το μέγιστο βάθος αποφόρτισης τότε σταματάει η αποφόρτισή τους για να μην καταστραφούν. Βάσει των όσων έχουν αναφερθεί παραπάνω είναι κρίσιμη η λειτουργία του ρυθμιστή φόρτισης ώστε να λειτουργεί σωστά το σύστημα και να είναι ορθή η ηλεκτροδότηση της εφαρμογής. Ταυτόχρονα είναι κρίσιμη και η λειτουργία του για την αύξηση της διάρκειας ζωής των

συσσωρευτών καθώς ελέγχει εάν είναι πλήρως φορτισμένοι και σταματάει την περαιτέρω φόρτισή τους ή εάν είναι πλήρως αποφορτισμένοι και σταματάει την περαιτέρω αποφόρτισή τους για να μην υπάρχει φθορά και μείωση του χρόνου ζωής.

Ο ανορθωτής τάσης είναι το δεύτερο εξάρτημα του συστήματος ελέγχου που πρέπει απαραίτητα να εγκατασταθεί. Τα επιμέρους συστήματα του συστήματος ανανεώσιμων πηγών ενέργειας παράγουν ηλεκτρική ενέργεια χαμηλής τάσεως (συνήθως 12V ή 24V με συνηθέστερη την δεύτερη τιμή). Αντίθετα οι εφαρμογές χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια υψηλής τάσεως, 230V. Είναι προφανές ότι για να είναι συμβατά τα δύο μέρη του συστήματος πρέπει να υπάρχει ένα εξάρτημα που θα εξισορροπεί τις τάσεις. Αυτό το εξάρτημα είναι ο ανορθωτής τάσης ο οποίος ανυψώνει την ισχύ του συστήματος από την χαμηλή τάση στην τάση των 230V. Ακολούθως, το ηλεκτρικό ρεύμα υψηλής τάσεως οδηγείται στο ηλεκτρικό κύκλωμα της εφαρμογής και στον πίνακα χαμηλής τάσης που βρίσκεται εντός αυτής.

4.4. Αναστροφείς ρεύματος

Οι αναστροφείς – inverters είναι τα τελευταία εξαρτήματα που απαιτούνται για την ολοκλήρωση των υβριδικών συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Λειτουργία των αντιστροφέων είναι η μετατροπή συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο, μονοφασικό ή τριφασικό και το αντίστροφο. Η ύπαρξη τους είναι αναγκαία γιατί όπως προαναφέρθηκε μέρη του συστήματος παράγουν συνεχές ρεύμα ενώ οι καταναλώσεις χρησιμοποιούν εναλλασσόμενο ρεύμα. Όπως έγινε κατανοητό παραπάνω υπάρχουν οι μονοφασικοί και οι τριφασικοί αντιστροφείς από συνεχές σε εναλλασσόμενο ρεύμα με τους μονοφασικούς να δίδουν στην έξοδό τους εναλλασσόμενο ρεύμα 220V και τους τριφασικούς εναλλασσόμενο ρεύμα 400V. Σε μικρές εφαρμογές προτιμούνται οι μονοφασικοί αντιστροφείς καθώς παράγουν την απαιτούμενη τάση για τις καταναλώσεις χωρίς να χρειάζεται μετά μετασχηματιστής για την μείωση της τάσης.. Στα συστήματα ανανεώσιμων πηγών μικρού μεγέθους είναι απαραίτητη η χρήση τους μετά τα συστήματα παραγωγής συνεχούς ρεύματος (φωτοβολταϊκά) εάν το παραγόμενο από αυτά ρεύμα δεν θα καταλήξει στους συσσωρευτές αλλά θα μεταφερθεί κατευθείαν για κατανάλωση. Επίσης είναι απαραίτητη η χρήση τους μετά από τους συσσωρευτές. Οι τριφασικοί προτιμούνται μονάχα στα μεγάλα πάρκα

(φωτοβολταϊκά είτε αιολικά) στα οποία απαιτείται επιπλέον ανόρθωση της ισχύος πριν καταλήξει στο τοπικό δίκτυο χαμηλής τάσης.Αντίθετα οι αντιστροφείς εναλλασσόμενου σε συνεχές ρεύμα συνήθως δίδουν στην έξοδό τους τάση 12V ή 24V. Επίσης είναι απαραίτητη η χρήση τους σε περίπτωση που το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος χρησιμοποιείται και για φόρτιση των συσσωρευτών οι οποίοι αποθηκεύουν συνεχές ρεύμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. Σχεδιασμός Συστήματος

5.1. Διαστασιολόγηση συστήματος

Το τρίτο κεφάλαιο είναι το κεντρικό κεφάλαιο της παρούσας εργασίας. Σε αυτό το κεφάλαιο θα διαστασιολογηθούν και θα σχεδιαστούν όλα τα επιμέρους τμήματα του συστήματος. Τα συστήματα έχουν το περιορισμό χώρου που συνεπάγεται η έκταση της ταράτσας. Έτσι, αφού καθοριστεί με βάση το συνολικό κόστος πόσο μέγεθος πρέπει να έχουν τα συστήματα τότε θα πρέπει να ελεγχθεί και εάν τα χωράει η ταράτσα. Για να θεωρηθεί ολοκληρωμένο το σύστημα θα πρέπει βέβαια να διαστασιολογηθούν και οι συσσωρευτές, το σύστημα ελέγχου και οι αναστροφείς. Πριν από όλα αυτά όμως πρέπει να επιλεχθεί η αναλογία της ηλεκτρικής ενέργειας που θα καλύπτεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα. Η ακριβής και πλήρης οικονομική μελέτη του συστήματος θα γίνουν στο τέταρτο κεφάλαιο. Όλες οι επόμενες ενότητες αφορούν την διαστασιολόγηση κάθε επιμέρους συστήματος.

5.2. Συσσωρευτές

Η διαστασιολόγηση των συσσωρευτών είναι κρίσιμης σημασίας για το σύστημα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Υποδιαστασιολόγηση τους θα οδηγήσει σε μικρή κάλυψη των αναγκών της οικίας από τις ανανεώσιμες. Αντίθετα υπερδιαστασιολόγηση τους συνεπάγεται ότι το σύστημα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν θα έχει την

δυνατότητα να τους φορτίσει άρα θα υπάρχει αυξημένο κόστος προμήθειας και συντήρησής τους που θα είναι ουσιαστικά άχρηστο. Η επιλογή των συσσωρευτών γίνεται με στόχο να καλύπτουν ένα απαιτούμενο φορτίο. Το φορτίο αυτό δίδεται από την εξίσωση 3.5.

$$L_{bat} = \frac{L_n + N_{αυτ}.L_{tot}}{n_{bat}} = \frac{L_n + N_{αυτ}.(L_n + L_d)}{n_{bat}} \qquad \textbf{Εξ. 5.1}$$

Όπου:

- L_{bat}: Το φορτίο που πρέπει να καλύψουν οι συσσωρευτές, σε Wh.
- L_n: Το συνολικό νυκτερινό φορτίο που απαιτεί η οικία, σε Wh.
- $N_{αυτ}$: Οι ημέρες αυτοδυναμίας.
- L_{tot}: Το συνολικό φορτίο 24ώρου που απαιτεί η οικία, σε Wh.
- n_{bat}: Ο βαθμός απόδοσης των συσσωρευτών.
- L_d: Το συνολικό ημερήσιο φορτίο που απαιτεί η οικία, σε Wh.

Για τον υπολογισμό του φορτίου που πρέπει να καλύψουν οι συσσωρευτές απαιτείται ο καθορισμός των παραπάνω μεγεθών. Οι ημέρες αυτοδυναμίας εξαρτούνται από την χρήση της οικίας αλλά και τις εξωτερικές συνθήκες του χώρου εγκατάστασης. Εάν η οικία κατοικείται μόνιμα απαιτείται υψηλός αριθμός ημερών αυτοδυναμίας. Εάν η οικία είναι εξοχική απαιτείται μικρός αριθμός ημερών αυτοδυναμίας. Ο λόγος είναι γιατί στην δεύτερη περίπτωση μειώνονται αισθητά οι πιθανότητες παρατεταμένης άπνοιας και ταυτόχρονα μηδενικής ηλιοφάνειας για συνεχόμενες μέρες. Βέβαια αυτό αναιρείται εάν η οικία βρίσκεται σε περιοχή με μικρότερη ηλιοφάνεια, κάτι που δεν ισχύει στην Κρήτη. Σύμφωνα με τον κύριο Τσιλιγκιρίδη επιλέγονται έως και 5 ημέρες αυτοδυναμίας για μόνιμες οικίες ενώ για εξοχικές κατοικίες επιλέγεται το πολύ μια μέρα. Στην παρούσα μελέτη η ηλεκτρική κουζίνα που φέρει την μεγαλύτερη κατανάλωση δεν χρησιμοποιείτε όταν δεν υπάρχει ηλιοφάνεια επομένως δεν θα προσμετρήσει στην αυτονομία του συστήματος. Ο βαθμός απόδοσης των συσσωρευτών εξαρτάται από τους συσσωρευτές που θα χρησιμοποιηθούν, συνήθως παίρνει τιμές μεταξύ 80% και 90%, θα θεωρηθεί μια μέση τιμή ίση με 80%.

Για να μπορέσει να γίνει ο υπολογισμός απαιτείται και ο προσδιορισμός των ημερήσιων φορτίων. Τα φορτία αυτά διαφέρουν για την χειμερινή και την θερινή περίοδο. Ο υπολογισμός των φορτίων γίνεται πολύ εύκολα με την χρήση των πινάκων 3 και 4. Σε αυτούς τους πίνακες υπάρχει η ωριαία απαιτούμενη ισχύς ηλεκτρικής ενέργειας άρα ταυτόχρονα και η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας σε Wh. Άθροισμα των

ημερήσιων και των νυκτερινών τιμών δίδει τα ημερήσια και νυκτερινά φορτία που απαιτείται να χωράνε οι συσσωρευτές. Με δείκτη χ αναφερόμαστε στα φορτία της χειμερινής περιόδου και με δείκτη θ αναφερόμαστε στα φορτία της θερινής περιόδου. Η διάκριση στις ώρες που θεωρούνται ημέρα ή νύκτα σε κάθε εποχή γίνεται στο πρώτο κεφάλαιο. Έτσι προκύπτουν οι ακόλουθες τιμές για τα φορτία:

$$L_{n_\chi} = 1170Wh$$

$$L_{d_\chi} = 2770Wh$$

$$L_{n_\theta} = 720Wh$$

$$L_{d_\theta} = 3940Wh$$

Με όλα τα δεδομένα γνωστά μπορεί να χρησιμοποιηθεί το δεύτερο σκέλος της εξίσωσης 3.5 ώστε να υπολογιστεί το φορτίο που πρέπει να χωράνε οι συσσωρευτές.

$$L_{bat_\chi} = \frac{L_{n_\chi} + N_{\alpha\upsilon\tau.}\left(L_{n_\chi} + L_{d_\chi}\right)}{n_{bat}} = \frac{1170Wh + 1.(1170 + 2770)}{0{,}80} = 6387{,}5Wh$$

$$L_{bat_\theta} = \frac{L_{n_\theta} + N_{\alpha\upsilon\tau.}\left(L_{n_\theta} + L_{d_\theta}\right)}{n_{bat}} = \frac{720Wh + 1.(720 + 3940)}{0{,}80} = 6725Wh$$

Παρατηρείται ότι το φορτίο της χειμερινής περιόδου είναι μεγαλύτερο άρα με βάση αυτό θα γίνει η διαστασιολόγηση των συσσωρευτών. Οι συσσωρευτές έχουν ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό το οποίο έχει να κάνει με το βάθος εκφόρτισης τους. Οι συσσωρευτές δεν δύναται να εκφορτιστούν πλήρως, παρουσιάζουν ένα βάθος εκφόρτισης συνήθως της τάξης του 80%. Αυτό συνεπάγεται ότι το ονομαστικό φορτίο τους πρέπει να είναι μεγαλύτερο έτσι ώστε στο βάθος που εκφορτίζεται να καλύπτει το παραπάνω φορτίο. Ο υπολογισμός του ονομαστικού φορτίου γίνεται με χρήση της εξίσωσης 3.6.

$$L_{on} = \frac{L_{bat}}{DOD} \qquad \textbf{Εξ. 5.2}$$

Όπου:

- L_{on}:Ονομαστικό φορτίο συσσωρευτών, σε Wh.
- L_{bat}:Απαιτούμενο φορτίο συσσωρευτών, υπολογίστηκε παραπάνω ίσο με 6725Wh ή αλλιώς ίσο με 6,725kWh.
- DOD: Βάθος εκφόρτισης συσσωρευτών.

Όλα τα παραπάνω δεδομένα είναι γνωστά (το βάθος εκφόρτισης είπαμε παραπάνω ότι ισούται με 80%) έτσι μπορεί να γίνει ο υπολογισμός του ονομαστικού φορτίου που πρέπει να έχουν οι συσσωρευτές.

$$L_{on} = \frac{L_{bat}}{DOD} = \frac{6{,}725kWh}{0{,}8} = 8{,}406{,}5kWh$$

Στην αγορά όμως οι συσσωρευτές κατηγοριοποιούνται με μονάδες μέτρησης της χωρητικότητάς τους τα Ah και όχι τις kWh. Άρα πρέπει να γίνει η μετατροπή των μονάδων η οποία γίνεται με βάση την τάση των συσσωρευτών, με την βοήθεια της εξίσωσης 3.7.

$$C_N = \frac{L_{on}}{V} \qquad \textbf{Εξ. 5.3}$$

Όπου:

- C_N: Η χωρητικότητα των συσσωρευτών, σε Ah.
- L_{on}: Το ονομαστικό φορτίο των συσσωρευτών, υπολογίστηκε παραπάνω ίσο με 8,406,5 kWh.
- V: Η τάση των συσσωρευτών, σε V.

Μοναδικός άγνωστος στην εξίσωση 3.7 είναι η τάση των συσσωρευτών. Αυτή εξαρτάται από τους συσσωρευτές που υα επιλεγούν. Στην αγορά υπάρχουν συσσωρευτές που ξεκινούν από την τάση των 12V και καταλήγουν στην τάση των 24V. Στα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας πιο συχνά χρησιμοποιούνται οι συσσωρευτές τάσεως 12V, 24Vκαι 48V. Εμείς επιλέγουμε συσσωρευτές τάσης 12V. Τώρα μπορεί να υπολογιστεί η χωρητικότητα των συσσωρευτών.

$$C_N = \frac{L_{on}}{V} = \frac{8{,}406{,}5kWh}{12V} = 700{,}5417Ah \cong 800Ah$$

Επιλέγεται η χρήση των συσσωρευτών LP 12 με χωρητικότητα 200Ah έκαστος. Αυτό συνεπάγεται ότι απαιτούνται 4 συσσωρευτές αυτού του τύπου που δίδουν εν τέλει συνολική χωρητικότητα 800Ah. Εάν συνυπολογιστεί το βάθος εκφόρτισης τότε το φορτίο που καλύπτουν αυτοί οι συσσωρευτές είναι ίσο με 9600Wh. Το νούμερο αυτό είναι μεγαλύτερο από το 8406,5 Wh που απαιτείται άρα η συγκεκριμένη επιλογή καλύπτει τις απαιτήσεις μας.

5.3. Σύστημα ελέγχου

Επόμενο τμήμα του υβριδικού συστήματος που πρέπει να διαστασιολογηθεί είναι το σύστημα ελέγχου άρα ο ρυθμιστής φόρτισης. Θα επιλεχθεί η χρήση ενός ρυθμιστή φόρτισης τύπου MPPT 60. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου ρυθμιστή φαίνονται στον πίνακα 5.

Πίνακας 5. Τεχνικά χαρακτηριστικά ρυθμιστή φόρτισης

Μοντέλο	MPPT 60
Ονομαστική τάση	12/24 V
Μέγιστη ένταση ρεύματος	60 A
Κατανάλωση ρεύματος από τον ρυθμιστή	<10 mA
Θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας	από -40ºC έως 50ºC
Πλάτος	108 mm
Ύψος	150 mm
Βάθος	112 mm

5.4. Αναστροφείς

Το τελευταίο τμήμα του υβριδικού συστήματος που πρέπει να διαστασιολογηθεί είναι οι αναστροφείς. Δεδομένου του ότι οι συσσωρευτές χρησιμοποιούν συνεχές ρεύμα συνεπάγεται ότι οι αναστροφείς θα τοποθετηθούν μετά από αυτούς και πριν τον κεντρικό πίνακα της οικίας. Για λόγους ασφαλείας θα χρησιμοποιηθούν τρεις αναστροφείς ώστε σε περίπτωση που ο ένας πάθει κάποια βλάβη να λειτουργούν οι άλλοι δύο ώστε να μην μένει ανεκμετάλλευτο ολόκληρο το σύστημα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το σύστημα χρησιμοποιεί 6 συσσωρευτές. Η μέγιστη ισχύς που απαιτεί η οικία ισούται με περίπου 5kW. Αυτό συνεπάγεται συνολική ισχύς 5kW, καλύπτει όση απαιτεί η υπό μελέτη οικία. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά αυτού του αναστροφέα καταγράφονται στον πίνακα 6.

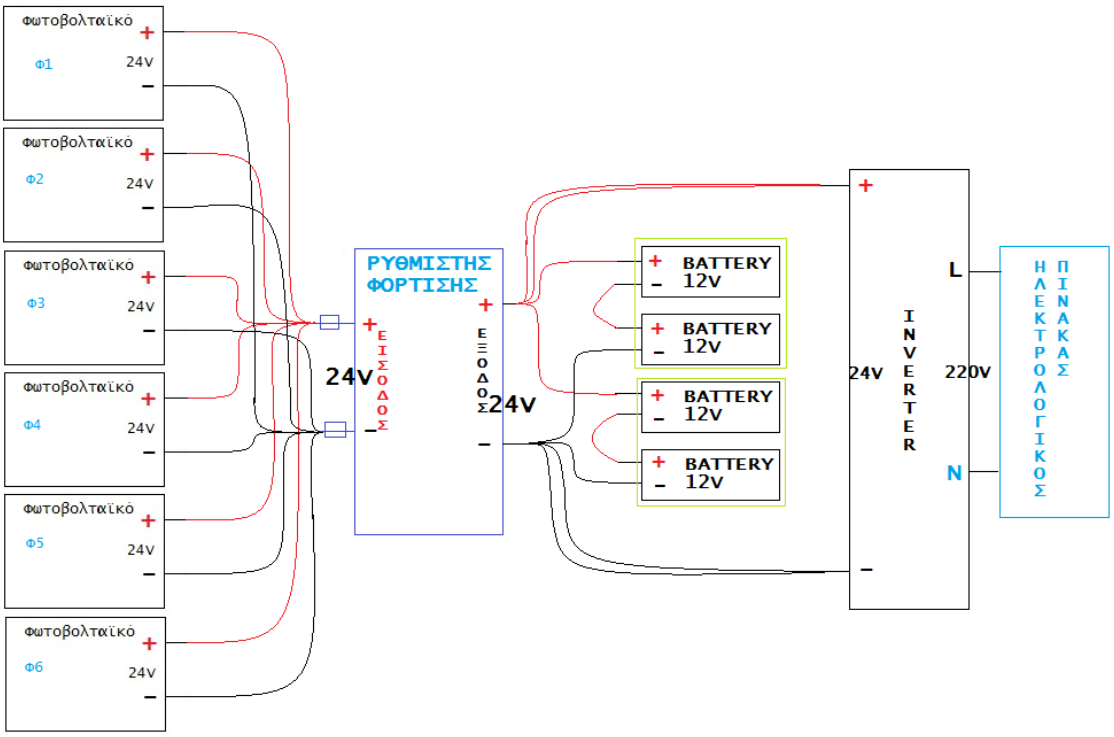
Πίνακας 6. Τεχνικά χαρακτηριστικά αναστροφέα

Μοντέλο	5000
Μέγιστη ισχύς DC	5000 W
Μέγιστη τάση DC	28 V
Μέγιστη ισχύς AC	5000 W
Μέγιστη τάση AC	220V
Τύπος αντιστροφέα	Μονοφασικός
Πλάτος	170mm
Ύψος	60mm
Βάθος	370mm
Βάρος	5 kg

Θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας	από -25^{o}C έως +60^{o}C

5.5. Σχεδιασμός εγκατάστασης συστήματος

Ο σχεδιασμός του συστήματος ανάγεται στην τοποθέτηση των ηλιακών συλλεκτών και των φωτοβολταϊκών στοιχείων στην ταράτσα της οικίας. Αρχικά θα τοποθετηθούν οι ηλιακοί συλλέκτες οι οποίοι είναι υψηλότεροι. Θα μπουν στο πιο βόρειο μέρος της ταράτσας έτσι ώστε να περιοριστεί το φαινόμενο της σκίασης. Η σκίαση από τους ηλιακούς συλλέκτες είναι μεγαλύτερη από την σκίαση που προκαλούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια για δύο λόγους. Ο πρώτος λόγος είναι γιατί οι ηλιακοί συλλέκτες έχουν μεγαλύτερες διαστάσεις. Ο δεύτερος λόγος είναι γιατί τοποθετούνται σε μεγαλύτερη κλίση με αποτέλεσμα την δημιουργία μεγαλύτερης περιοχής σκίασης στο πίσω μέρος τους. Η εικόνα 3.2 παρουσιάζει την κάτοψη της οικίας και την θέση στην οποία τοποθετούνται οι δύο ηλιακοί συλλέκτες οι οποίοι φαίνονται με το κόκκινο χρώμα.



Εικόνα 13. Διάγραμμα συνδεσμολογίας συστήματος.

Με δεδομένη την θέση των ηλιακών συλλεκτών ξέρουμε τον διαθέσιμο χώρο για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Στόχος μας είναι να τοποθετήσουμε τόσα φωτοβολταϊκά στοιχεία ώστε να μπορούν να παράξουν 4,5kWh ημερησίως ακόμη και στις δυσκολότερες συνθήκες δηλαδή την χειμερινή περίοδο. Βάσει της ενότητας 3.1.2.4 ένα φωτοβολταϊκό σύστημα ονομαστικής ισχύος 1kWp παράγει κατά μέσο όρο 4,1kWh ημερησίως. Για λόγους ασφαλείας θα διπλασιάσουμε το μέγεθος του συστήματος έτσι ώστε να είμαστε καλυμμένοι και την χειμερινή περίοδο και ας υπάρχει πλεονασμός ενέργειας την θερινή περίοδο, άλλωστε το κόστος των φωτοβολταϊκών πλέον είναι αρκετά μειωμένο. Έτσι θα εγκαταστήσουμε φωτοβολταϊκά ισχύος περίπου 1,5kWp στην ταράτσα της υπό μελέτη οικίας. Με βάση την ονομαστική ισχύ του πλαισίου που έχει επιλεχθεί (230kWp ανά πλαίσιο) θα τοποθετηθούν 6 πλαίσια με αποτέλεσμα ονομαστική ισχύ συστήματος 1,5kWp όπου μας δίνει και τον επιθυμητό πλεονασμό για λόγους ασφαλείας.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια πρέπει να έχουν νότιο προσανατολισμό, ίδιο προσανατολισμό με τους συλλέκτες, ώστε να δέχονται την μέγιστη δυνατή ηλιοφάνεια και να έχουν την μέγιστη απόδοση. Για να δέχονται όμως την μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία πρέπει οι διαδοχικές σειρές να έχουν τέτοια απόσταση έτσι ώστε να μην υπάρχει πρόβλημα σκίασης της πίσω σειράς από την μπροστινή. Η απόσταση αυτή εξαρτάται από την γωνία που σχηματίζει ο ήλιος με την γη γνωστότερη και ως ηλιακό υψόμετρο και θα πρέπει να υπολογιστεί πριν χωροθετηθούν στην ταράτσα της οικίας. Στο σχήμα 3.5 φαίνεται το ηλιακό υψόμετρο αναλόγως της εποχής για γεωγραφικό πλάτος 39 μοιρών, αντίστοιχο περίπου με το γεωγραφικό πλάτος της Κρήτης (υπάρχει μια πολύ μικρή απόκλιση).

5.6. Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος

Το φωτοβολταϊκό σύστημα που σχεδιάστηκε στο τρίτο κεφάλαιο αποτελείται από 6 φωτοβολταϊκά πλαίσια τύπου BP230W. Το συγκεκριμένο σύστημα έχει κόστος προμήθειας ίσο με 40 ευρώ ανά πλαίσιο μεταχειρισμένα. Πέρα από το κόστος προμήθειας των ιδίων των πλαισίων υπάρχει και ένα κόστος προμήθειας για τις βάσεις εγκατάστασης των συγκεκριμένων πλαισίων και τα καλώδια σύνδεσής τους. Συγκεκριμένα θα χρειαστούν δύο βάσεις για 5φωτοβολταϊκά πλαίσιαέκαστη με κόστος 100 ευρώ η κάθε μια. Στον πίνακα 33 παρουσιάζεται η ανάλυση του κόστους προμήθειας αυτών των εξαρτημάτων. Ταυτόχρονα καταγράφεται και το κόστος εργασιών που υπολογίζεται στα 300 ευρώ. Από τον πίνακα προκύπτει συνολικό κόστος του φωτοβολταϊκού συστήματος ίσο με 840 ευρώ. Το κόστος αυτό είναι μεγαλύτερο από το κόστος που είδαμε στην ενότητα 3.1.2.4, στην περίπτωση 4. Ο λόγος είναι γιατί υπερδιαστασιολογήσαμε το φωτοβολταϊκό σύστημα, το υπερδιπλασιάσαμε, για λόγους ασφαλείας, και σίγουρης κάλυψης ακόμη και την χειμερινή περίοδο.

Πίνακας 7: Συνολικό κόστος φωτοβολταϊκού συστήματος

Αιτία κόστους	**Κόστος [ευρώ]**	**Αριθμός τεμαχίων**	**Συνολικό κόστος [ευρώ]**
Κόστος προμήθειας φωτοβολταϊκού πλαισίου	40	6	240
Βάση εγκατάστασης φωτοβολταϊκών	100	2	200
Καλώδια και λοιπά παρελκόμενα	100	1	100

Κόστος εργασιών	-	-	300
Σύνολο κόστους	-	-	840
	-	-	
Συνολικό κόστος φωτοβολταϊκού συστήματος			**840**

5.7. Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης λοιπών στοιχείων

Το πρώτο τμήμα των λοιπών στοιχείων είναι οι συσσωρευτές. Στο τρίτο κεφάλαιο επιλέχθηκε η χρήση 4 συσσωρευτών τύπου GELοι οποίοι κοστολογούνται στα 330 ευρώ έκαστος.Το συνολικό κόστος των συσσωρευτών είναι ίσο με 1930 ευρώ. Το επόμενο τμήμα των λοιπών στοιχείων είναι το σύστημα ελέγχου και ο ρυθμιστής φόρτισης. Το κόστος του μοντέλου MPPT 60 που έχει επιλεχθεί είναι 140 ευρώ. Με δεδομένο ότι έχει επιλεχθεί η χρήση ενός ρυθμιστή φόρτισης τότε το συνολικό κόστος του συστήματος ελέγχου είναι 140 ευρώ. Το τελευταίο από τα λοιπά στοιχεία είναι ο αντιστροφέας. Έχει κόστος 170 ευρώ. Αφού θα χρησιμοποιηθούν ενας συνεπάγεται συνολικό κόστος 170 ευρώ. Θα θεωρηθεί και ένα κόστος εργασίας της τάξεως των 100 ευρώ για την τοποθέτηση αυτών των εξαρτημάτων. Ο πίνακας 36 δίδει το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης των λοιπών στοιχείων.

Πίνακας 8: Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης λοιπών στοιχείων συστήματος

Αιτία κόστους	**Κόστος τεμαχίου [ευρώ]**	**Αριθμός τεμαχίων**	**Συνολικό κόστος [ευρώ]**
Προμήθεια συσσωρευτών	330	4	1320
Προμήθεια ρυθμιστή φόρτισης	140	1	140
Προμήθεια αντιστροφέων	170	1	170
Κόστος εργασίας εγκατάστασης	-	-	300
Συνολικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης ανεμογεννητριών	**1930**		

Αθροίζοντας τα επιμέρους κόστη προμήθειας και εγκατάστασης του κάθε συστήματος μπορούμε να καταλήξουμε στο συνολικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης του υβριδικού συστήματος ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ο πίνακας 37 παρουσιάζει τα συνολικά αποτελέσματα κόστους κάθε επιμέρους συστήματος και εν τέλει συνολικά

του συστήματος. Από ότι παρατηρούμε το συνολικό κόστος εγκατάστασης είναι σχεδόν 2770 ευρώ.

5.8. Ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης συστημάτων αυτόνομης κατοικίας

Πέρα από το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης του συστήματος υπάρχει και ένα ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Το σύστημα φωτοβολταϊκών στοιχείων παρουσιάζουν μηδενικό κόστος λειτουργίας και συντήρησης δίνουν διάρκεια ζωης μια μια μικρή πτώση απόδοσης 90 χρόνια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6. Συμπεράσματα

Η Κρήτη ευνοεί την ύπαρξη ηλιακών συστημάτων εξαιτίας της μεγάλης έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας που συνεπάγεται μεγάλη αποτελεσματικότητα των ηλιακών συστημάτων.

Υπάρχουν και άλλες προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που μπορούν να εφαρμοστούν ώστε να εξοικονομήσουν περισσότερη ενέργεια αλλά απαιτούν κόστος αντικατάστασης των παλαιών συσκευών. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθούν ενεργειακές συσκευές, κυρίως πλυντήριο και ψυγείο, με πολύ χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Επίσης μπορεί να προκύψει μια πολύ μεγάλη εξοικονόμηση εάν γίνει πολύ καλύτερη μόνωση της οικίας ώστε να απαιτείται μικρότερη ανάγκη για κλιματισμό. Ένα τέτοιο μέτρο που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί είναι η εξωτερική μόνωση της οικίας. Ένα ακόμη μέτρο εξοικονόμησης της ενέργειας αλλά με πολύ μικρότερο κέρδος είναι η χρήση ανιχνευτών κίνησης για το άναμμα των φώτων τόσο του εξωτερικού χώρου όσο και του ανεμιστήρα έτσι ώστε αυτοί να ανάβουν μόνο όταν υπάρχει λόγος. Κάτι το οποίο είδη συμβαίνει λόγο της θέσης της κατοικίας (υψόμετρο) και του ελαιώνα που την περικλείει. Τέλος, ένα ακόμη μέτρο, είναι η χρήση εξωτερικών φώτων με φωτοβολταϊκά στοιχεία το κάθε ένα έτσι ώστε να μην απαιτείται τροφοδοσία τους από το σύστημα. Όλες αυτές οι λύσεις εξοικονόμησης ενέργειας μπορούν να μειώσουν τις διαστάσεις του σχεδιασθέντος συστήματος ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Α. ΕΛΛΗΝΙΚΗ

1. Γ. Τσιλιγκιρίδης, «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας», Διδακτικές σημειώσεις μαθήματος, Τμήμα εκδόσεων Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 2008.
2. Γ. Τσιλιγκιρίδης, «Διαχείριση Ενεργειακών Πόρων», Διδακτικές σημειώσεις μαθήματος, Τμήμα εκδόσεων Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 2008.

3. Ν. Μουσιόπουλος, «Σημειώσεις στο μάθημα Τεχνική Προστασίας Περιβάλλοντος», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα εκδόσεων, 2003.

4. Α. Μ. Παπαδόπουλος, «Οικονομική Ανάλυση Ενεργειακών Συστημάτων», Διαδικτικές σημειώσεις μαθήματος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 2002.

5. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701 – 1/2010, «Αναλυτικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης», Α΄ Έκδοση, ΤΕΕ, Αθήνα, 2010.

6. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701 – 3/2010, «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών», Α΄ Έκδοση, ΤΕΕ, Αθήνα, 2010.

7. Α. Μ. Παπαδόπουλος, «Οικονομική Ανάλυση Ενεργειακών Συστημάτων», Διδακτικές σημειώσεις μαθήματος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 2002.

Β. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

1. Santia National Laboratories, «Stand – Alone Photovoltaic Systems: A Handbook of Recommended Design Practices», National Technical Information Service, U. S. Department of Commerce, Albuqerque, New Mexico, 1995.

2. A. Goetzberger, V. U. Hoffmann, «Photovoltaic Solar Energy Generation», Springer, Berlin, 2005.

3. R. C. Neville, «Solar Energy Conversion: The Solar Cell», Second Edition, Elsevier, Amsterdam, 1995.

4. E. Hau, Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Applications, Economics, Second Edition, Springer – Verlag, Berlin, Germany, 2006.

5. J. F. Manwell, J. G. McGowan, A. L. Rogers, Wind Energy Explained: Theory, Design and Application, John Wiley & Sons, West Essex, UK, 2002.