



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Οικονομική Μελέτη Τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Διπλωματική Εργασία

Ιωάννης Μπάτζος

Επιβλέπων: Γεώργιος Σταμούλης

Ιούλιος 2025



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Οικονομική Μελέτη Τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Διπλωματική Εργασία

Ιωάννης Μπάτζος

Επιβλέπων: Γεώργιος Σταμούλης

Ιούλιος 2025



UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

Economic Study of Renewable Energy Resources Technologies

Diploma Thesis

Ioannis Mpatzos

Supervisor: Georgios Stamoulis

July 2025

Εγκρίνεται από την Επιτροπή Εξέτασης:

Επιβλέπων

Γεώργιος Σταμούλης

Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος

Δημήτριος Μπαργιώτας

Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος

Νέστωρ Ευμορφόπουλος

Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ρητά ότι η παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας, αποτελούν αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλουν οποιασδήποτε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχουν έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή/και πηγές άλλων συγγραφέων αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Δηλώνω επίσης ότι τα αποτελέσματα της εργασίας δεν έχουν χρησιμοποιηθεί για την απόκτηση άλλου πτυχίου. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Ο Δηλών

Μπάτζος Ιωάννης

DISCLAIMER ON ACADEMIC ETHICS AND INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS

Being fully aware of the implications of copyright laws, I expressly state that this diploma thesis, as well as the electronic files and source codes developed or modified in the course of this thesis, are solely the product of my personal work and do not infringe any rights of intellectual property, personality and personal data of third parties, do not contain work / contributions of third parties for which the permission of the authors / beneficiaries is required and are not a product of partial or complete plagiarism, while the sources used are limited to the bibliographic references only and meet the rules of scientific citing. The points where I have used ideas, text, files and / or sources of other authors are clearly mentioned in the text with the appropriate citation and the relevant complete reference is included in the bibliographic references section. I also declare that the results of the work have not been used to obtain another degree. I fully, individually and personally undertake all legal and administrative consequences that may arise in the event that it is proven, in the course of time, that this thesis or part of it does not belong to me because it is a product of plagiarism.

The Declarant

Mpatzos Ioannis

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς όλες και όλους αυτούς που με στήριξαν κατά τη διάρκεια της φοίτησης μου και της συγγραφής αυτής της διπλωματικής εργασίας. Τους γονείς μου, τον αδερφό μου και τη σύντροφό μου για την αμέριστη στήριξη και συμπαράσταση ώστε να φέρω εις πέρας τους στόχους μου. Τους καθηγητές μου και το τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών για τις γνώσεις και τις εμπειρίες. Τους συναδέλφους μου, για την στήριξή τους στα τεχνικά θέματα αυτής της εργασίας.

Σας ευχαριστώ ειλικρινά

Ιωάννης Μπάτζος

Οικονομική Μελέτη Τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Ιωάννης Μπάτζος

Περίληψη

Αυτή η εργασία πραγματεύεται την τεχνική και οικονομική μελέτη για τη δημιουργία ενός πάρκου με φωτοβολταϊκούς συλλέκτες. Αρχικά αναφερόμαστε σε όλες τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και εμβαθύνουμε στην ηλιακή ενέργεια, αναφερόμενοι στην πηγή της και τα χαρακτηριστικά της. Κατόπιν, θα απαριθμήσουμε τους τρόπους συλλογής της ηλιακής ενέργειας και κάποιες χρήσεις αυτών στην καθημερινότητα. Τέλος, πραγματοποιούμε μία μελέτη για τη δημιουργία ενός πάρκου με φωτοβολταϊκούς συλλέκτες, με εκτενή αναφορά στην κατασκευή του αλλά και στα οικονομικά δεδομένα που προκύπτουν από την ανάλυση με υπάρχοντα δεδομένα της αγοράς συλλογής ηλιακής ενέργειας. Φτάνουμε σε συμπέρασμα με κοστολόγηση με γνώμονα τα συλλεχθέντα δεδομένα, όπου αποδεικνύεται η αποπληρωμή του δανείου κινήσεως για την κατασκευή του πάρκου αποπληρώνεται σε 16 χρόνια, χρονικό διάστημα σύνηθες για μία τέτοιου είδους επένδυση, και τα κέρδη κάθε χρόνο μέχρι και την αποπληρωμή του δανείου αρκούν για να καλύψουν όποια αιφνίδια ζημιά στο πάρκο μας. Παρόλα αυτά, για την συνολική διάρκεια εκμετάλλευσης του πάρκου, τα καθαρά έσοδα είναι σε πολύ καλό επίπεδο και φαίνεται ότι αξίζει να προχωρήσουμε σε μία τέτοια επένδυση.

Economic Study of Renewable Energy Resources Technologies

Ioannis Mpatzos

Abstract

This thesis deals with the technical and economic study for the creation of a photovoltaic park with panels. To start with, all renewable energy sources are mentioned, and we focus more on solar energy, its source and its characteristics. We also number down known means of collecting solar energy and some of their daily usage. Finally, we conduct a study on the development of a photovoltaic park with solar panels with an in-depth analysis of its construction as well as the financial data derived from the existing solar energy collection market.

We arrive at a conclusion with a cost assessment based on collected data, showing that the loan taken for the photovoltaic park's construction will be repaid within 16 years – a typical timeframe for this type of investment. Moreover, the annual profits up until the loan is paid off are sufficient to cover any unexpected damages to the park. Despite any unexpected damages throughout the full operational lifespan of the park, the net revenues remain at a very satisfactory level, indicating that proceeding with such an investment is worthwhile.

Πίνακας περιεχομένων

<i>Ευχαριστίες.....</i>	<i>xiii</i>
<i>Περίληψη.....</i>	<i>xv</i>
<i>Abstract</i>	<i>xvii</i>
<i>Πίνακας περιεχομένων.....</i>	<i>xix</i>
<i>Κατάλογος εικόνων</i>	<i>xxi</i>
<i>Κατάλογος πινάκων</i>	<i>xxii</i>
Κεφάλαιο 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΥ ΤΟΜΟΥ	1
Κεφάλαιο 2 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	2
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2
2.2 ΚΥΡΙΕΣ ΠΗΓΕΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	2
2.2.1 Ηλιακή Ενέργεια	2
2.2.2 Αιολική Ενέργεια.....	3
2.2.3 Γεωθερμική Ενέργεια.....	3
2.2.4 Υδροηλεκτρισμός	4
2.2.5 Ενέργεια Ωκεανών	4
2.2.6 Βιοενέργεια.....	4
2.3 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΠΕΡΑΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ	5
2.4 ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	6
Κεφάλαιο 3 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	8
3.1 ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	8
3.2 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	8
3.3 ΗΛΙΟΣ – Η ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	10
3.3.1 Χαρακτηριστικά του Ήλιου	11
3.3.2 Φυσικοχημικές Ιδιότητες του Ήλιου.....	11
Κεφάλαιο 4 ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ.....	13

4.1 ΕΙΔΗ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ.....	14
4.1.1 Συλλέκτες Επίπεδων Πλακών.....	14
4.1.2 Συλλέκτες Εκκενωμένων Σωλήνων	14
4.1.3 Συλλέκτες Γραμμικής Εστίας.....	15
4.1.4 Συλλέκτες Σημειακής Εστίασης.....	15
4.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ	16
Κεφάλαιο 5 ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ -	
ΕΝΝΟΙΕΣ.....	18
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	18
5.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ	18
5.3 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ.....	19
5.3.1 Γνωριμία με τον ηλιακό συλλέκτη	19
5.3.2 Υπολογισμός γωνίας εγκατάστασης ηλιακών συλλεκτών	21
5.3.3 Συνδεσμολογία	22
5.3.4 Βάσεις στήριξης ηλιακών συλλεκτών	24
5.4 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ.....	25
5.4.1 Εισαγωγή	25
5.4.2 Λίγα λόγια για τους αντιστροφείς	25
5.4.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά του αντιστροφέα.....	26
5.4.4 Συνδεσμολογία	26
5.5 ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ	29
5.5.1 Υποσταθμός παραγωγής.....	29
5.5.2 Υποσταθμός διασύνδεσης	33
Κεφάλαιο 6 ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ	
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ.....	36
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	36
6.2 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΑΡΚΟΥ	36
6.3 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΑΘΜΩΝ.....	36
Κεφάλαιο 7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	41
Βιβλιογραφία.....	42

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 5.1 Γωνία ηλιακών συλλεκτών	21
Εικόνα 5.2 Παράλληλη σύνδεση συλλεκτών	22
Εικόνα 5.3 Σύνδεση σε σειρά ηλιακών συλλεκτών.....	23
Εικόνα 5.4 Πίνακας Μέσης Τάσης ABB τύπου Unisec Air	30
Εικόνα 5.5 Κυψέλη προστασίας με αυτόματο διακόπτη ισχύος SBC.....	31
Εικόνα 5.6 Κυψέλη με διακόπτη φορτίου για σύνδεση στον υποσταθμό διασύνδεσης SDC	32
Εικόνα 5.7 Πίνακας Μέσης Τάσης Safeplus της ABB	34
Εικόνα 5.8 Κυψέλη Μ	34
Εικόνα 5.9 Κυψέλη V	34
Εικόνα 5.10 Κυψέλη F	35
Εικόνα 6.1 Οικόπεδο εγκατάστασης	37
Εικόνα 6.2 Χωροθέτηση εξοπλισμού.....	37
Εικόνα 6.3 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά τον πρώτο χρόνο	40

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 5.1 Χαρακτηριστικά ηλιακών συλλεκτών	21
Πίνακας 5.2 Χαρακτηριστικά αντιστροφέα	26
Πίνακας 5.3 Χαρακτηριστικά Unisec Air	32
Πίνακας 6.1 Παραδοχές.....	38
Πίνακας 6.2 Κόστη και Χρηματοδότηση	38
Πίνακας 6.3 Αναλυτικές χρηματικές ροές.....	39
Πίνακας 6.4 Έξοδα και Υποθέσεις βλαβών	40

Κεφάλαιο 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν το μέλλον της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Με την ανάγκη για όλο και περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια, κυρίως για σκοπούς επιβίωσης του πληθυσμού αλλά και για την κάλυψη τρίτων αναγκών, είναι επιτακτικό να βρούμε καλύτερους τρόπους συλλογής και εκμετάλλευσης της ενέργειας από τις ανανεώσιμες πηγές καθώς οι συμβατικές πηγές ενέργειας, για παράδειγμα τα ορυκτά καύσιμα, μειώνονται δραματικά. Τα τελευταία χρόνια έχουμε, ως σύνολο, φτάσει σε ικανοποιητικό επίπεδο ανάπτυξης αυτών των τρόπων αλλά βλέπουμε πως, σε περίπτωση συρράξεων, η εξάρτηση μας στις συμβατικές πηγές ενέργειας είναι εκτεταμένη. Φαίνεται πως τα περισσότερα κράτη, θέλουν και μπορούν, να κάνουν βήματα προς το μέλλον της πράσινης ενέργειας.

1.1 ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΥ ΤΟΜΟΥ

Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται μια εισαγωγή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της καθεμιάς, το παρελθόν και το μέλλον τους

Στο Κεφάλαιο 3 αναφερόμαστε εκτεταμένα στην ηλιακή ενέργεια, στον ήλιο και τις ιδιότητες αυτού.

Στο Κεφάλαιο 4 αναφερόμαστε στα τεχνικά χαρακτηριστικά που είναι απαραίτητα για τη δημιουργία ενός φωτοβολταϊκού πάρκου.

Στο Κεφαλαίο 5 παρουσιάζεται η μελέτη για το φωτοβολταϊκό πάρκο που επιλέξαμε με οικονομικά και τεχνικά δεδομένα.

Στο Κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που έχουν προκύψει από την ανάλυση των δεδομένων και των αποτελεσμάτων της μελέτης.

Κεφάλαιο 2 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας προέρχονται από απεριόριστους, φυσικά αναπληρωμένους πόρους, όπως ο ήλιος, η παλίρροια και ο άνεμος. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τη θέρμανση και ψύξη χώρων και νερού και τη μεταφορά [\[1\]](#).

Παραδείγματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας περιλαμβάνουν την αιολική ενέργεια, την ηλιακή ενέργεια, τη βιοενέργεια (οργανική ύλη που καίγεται ως καύσιμο) και την υδροηλεκτρική, συμπεριλαμβανομένης της παλιρροιακής ενέργειας. Οι ιδιοκτήτες και οι ενοικιαστές σπιτιού μπορούν να χρησιμοποιούν καθαρή ενέργεια στο σπίτι αγοράζοντας πράσινη ενέργεια, εγκαθιστώντας συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές για νερό και θέρμανση και ψύξη χώρων.

Η καύση ορυκτών καυσίμων για τη δημιουργία ηλεκτρικής ενέργειας διαδραματίζει εδώ και καιρό έναν σημαντικό παράγοντα στην εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρά μας, επομένως αυτές οι ανανεώσιμες πηγές θεωρούνται ζωτικής σημασίας στον αγώνα για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής [\[2\]](#), [\[3\]](#).

2.2 ΚΥΡΙΕΣ ΠΗΓΕΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι κύριες πηγές ανανεώσιμης ενέργειας είναι: η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια, η γεωθερμική ενέργεια, η υδροηλεκτρική ενέργεια, η ενέργεια των ωκεανών καθώς και η βιοενέργεια [\[1\]](#), [\[3\]](#).

2.2.1 Ηλιακή Ενέργεια

Το φως του ήλιου είναι ένας από τους πιο ελεύθερα διαθέσιμους ενεργειακούς πόρους του πλανήτη, που θα υποθέσετε ότι θα τον καθιστούσε την νούμερο ένα πηγή ανανεώσιμης ενέργειας. Αλλά φυσικά, η ποσότητα του ηλιακού φωτός που λαμβάνουμε μπορεί να ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με την τοποθεσία, την εποχή και την ώρα της ημέρας. Η ηλιακή ενέργεια παράγει ηλεκτρική ενέργεια συλλαμβάνοντας το ηλιακό φως σε ηλιακούς

συλλέκτες σε μια κοινή χημική και φυσική αντίδραση, γνωστή ως «φωτοβολταϊκό φαινόμενο» (ή Φ/Β).

Η ηλιακή ενέργεια λειτουργεί μετατρέποντας την ενέργεια από τον ήλιο σε ενέργεια. Υπάρχουν δύο μορφές ενέργειας που παράγεται από τον ήλιο για τη χρήση μας – ηλεκτρισμός και θερμότητα. Και τα δύο παράγονται μέσω της χρήσης ηλιακών συλλεκτών, τα οποία κυμαίνονται σε μέγεθος από στέγες κατοικιών έως «ηλιακά αγροκτήματα» που εκτείνονται σε στρέμματα αγροτικής γης [\[4\]](#), [\[5\]](#).

2.2.2 Αιολική Ενέργεια

Η αιολική ενέργεια είναι ενέργεια που λαμβάνεται από τη δύναμη του ανέμου μέσω ανεμογεννήτριας που μετατρέπει την κινητική ενέργεια των ρευμάτων αέρα σε ηλεκτρική ενέργεια. Η ενέργεια εξάγεται κυρίως με τον ρότορα, ο οποίος μετατρέπει την κινητική ενέργεια σε μηχανική ενέργεια, και με τη γεννήτρια, που μετατρέπει αυτή τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική. Μιλάμε για μια ανανεώσιμη, αποδοτική, ώριμη και ασφαλή ενέργεια που είναι το κλειδί για την ενεργειακή μετάβαση και την απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές της οικονομίας [\[5\]](#).

Η αιολική ενέργεια προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, γεγονός που εξηγεί γιατί είναι μια από τις ταχύτερα αναπτυσσόμενες πηγές ενέργειας στον κόσμο. Για να επεκτείνουν περαιτέρω τις δυνατότητες της αιολικής ενέργειας και τα οφέλη της κοινότητας, οι ερευνητές εργάζονται για να αντιμετωπίσουν τεχνικές και κοινωνικοοικονομικές προκλήσεις για να υποστηρίξουν ένα μέλλον ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας [\[6\]](#).

2.2.3 Γεωθερμική Ενέργεια

Η γεωθερμική ενέργεια είναι η θερμότητα που παράγεται στη Γη. Είναι ένας ανανεώσιμος πόρος που μπορεί να συλλεχθεί για ανθρώπινη χρήση. Περίπου 2.900 χιλιόμετρα (1.800 μίλια) κάτω από τον φλοιό ή την επιφάνεια της Γης, είναι το θερμότερο μέρος του πλανήτη μας: ο πυρήνας. Ένα μικρό μέρος της θερμότητας του πυρήνα προέρχεται από την τριβή και τη βαρυτική έλξη που σχηματίστηκε όταν δημιουργήθηκε η Γη πριν από περισσότερα από τέσσερα δισεκατομμύρια χρόνια. Η ραδιενεργή διάσπαση που συντελεί στη παραγωγή γεωθερμικής ενέργειας είναι μια συνεχής διαδικασία στον πυρήνα της Γης. Οι θερμοκρασίες εκεί ανεβαίνουν σε περισσότερους από 5.000 βαθμούς Κελσίου. Η θερμότητα από τον πυρήνα ακτινοβολεί συνεχώς προς τα έξω και θερμαίνει πετρώματα, νερό, αέρια και άλλο γεωλογικό υλικό [\[5\]](#), [\[7\]](#).

2.2.4 Υδροηλεκτρισμός

Η υδροηλεκτρική ενέργεια, που ονομάζεται επίσης υδροηλεκτρισμός, είναι μια μορφή ενέργειας που αξιοποιεί τη δύναμη του νερού σε κίνηση - όπως το νερό που ρέει πάνω από έναν καταρράκτη - για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι άνθρωποι έχουν χρησιμοποιήσει αυτή τη δύναμη για χιλιετίες. Πάνω από 2.000 χρόνια πριν, οι αρχαίοι Ελλάδα χρησιμοποιούσαν τρεχούμενο νερό για να μετατρέψουν τον τροχό του μύλου τους για να αλέσουν το σιτάρι σε αλεύρι.

Οι περισσότεροι υδροηλεκτρικοί σταθμοί έχουν μια δεξαμενή νερού, μια πύλη ή μια βαλβίδα για τον έλεγχο της ποσότητας νερού που ρέει έξω από τη δεξαμενή και μια έξοδο ή μέρος όπου το νερό καταλήγει αφού ρέει προς τα κάτω. Το νερό αποκτά δυναμική ενέργεια λίγο πριν χυθεί πάνω από την κορυφή ενός φράγματος ή ρέει κάτω από έναν λόφο. Η δυναμική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια καθώς το νερό ρέει κατηφορικά. Το νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την περιστροφή των πτερυγίων μιας τουρμπίνας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία διανέμεται στους πελάτες της μονάδας παραγωγής ενέργειας [\[4\]](#), [\[7\]](#).

2.2.5 Ενέργεια Ωκεανών

Η ωκεάνια ενέργεια αναφέρεται σε όλες τις μορφές ανανεώσιμης ενέργειας που προέρχεται από τη θάλασσα. Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι ωκεάνιας τεχνολογίας: η κυματική, η παλιρροιακή και η ωκεάνια θερμική. Όλες οι μορφές ενέργειας από τον ωκεανό βρίσκονται ακόμη σε πρώιμο στάδιο εμπορευματοποίησης. Η κυματική ενέργεια παραμένει πιο δαπανηρή από τις άλλες τεχνολογίες των ωκεανών. Το παλιρροιακό εύρος (βλ. επεξήγηση παρακάτω) έχει αναπτυχθεί σε τοποθεσίες παγκοσμίως όπου υπάρχει ισχυρός παλιρροϊκός πόρος (για παράδειγμα La Rance στη Γαλλία, Sihwa στη Νότια Κορέα), ενώ το παλιρροιακό ρεύμα έχει αποδειχθεί σε πιλοτική κλίμακα [\[7\]](#).

2.2.6 Βιοενέργεια

Η βιοενέργεια είναι μια μορφή ανανεώσιμης ενέργειας που παράγεται όταν καίμε καύσιμο βιομάζας. Τα καύσιμα βιομάζας προέρχονται από οργανικά υλικά, όπως υπολείμματα συγκομιδής, καλλιέργειες που καλλιεργούνται ειδικά και οργανικά απόβλητα από τα σπίτια, τις επιχειρήσεις και τις φάρμες μας [\[7\]](#).

Η βιοενέργεια είναι απαραίτητη πλέον για την ανθρωπότητα λόγω των υψηλών ποσοστών σε ορυκτούς ρύπους. Τα κύρια πλεονεκτήματά της είναι: [\[7\]](#)

- Ανανεώσιμη πηγή: Η βιοενέργεια είναι μια ανανεώσιμη ενέργεια χαμηλών εκπομπών άνθρακα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αντικατάστατο των ορυκτών καυσίμων υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα.
- Τομείς εφαρμογής: Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμα βιομάζας σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν λίγες επιλογές ανανεώσιμης ενέργειας, όπως καύσιμα για αεροπλάνα, πλοία και φορτηγά.
- Δέσμευση άνθρακα: Μπορεί να χρησιμοποιηθεί βιοενέργεια με τεχνολογία δέσμευσης άνθρακα για την απομάκρυνση του CO₂ από την ατμόσφαιρα. Πολλά από τα μελλοντικά σενάρια για φιλικά προς το κλίμα ενεργειακά συστήματα βασίζονται στη χρήση αυτής της τεχνολογίας.

2.3 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΠΕΡΑΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

Στον κόσμο της απαλλαγής από τον άνθρακα και της αυξανόμενης εστίασης σε βιώσιμες λύσεις, οι λύσεις ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχουν αυξηθεί παγκοσμίως. Καλώς ήρθατε στο ταξίδι στην ιστορία και το μέλλον των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Εξερευνήστε τις αρχαίες ρίζες και τις σύγχρονες καινοτομίες που διαμορφώνουν τη δέσμευση για ένα βιώσιμο μέλλον με χαμηλές εκπομπές άνθρακα. Ελάτε μαζί μας καθώς περιηγούμαστε στο δυναμικό τοπίο της καθαρής ενέργειας, συνδυάζοντας την αρχαία σοφία με την τεχνολογία αιχμής.

Η ιστορία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να αναχθεί στους αρχαίους πολιτισμούς, οι οποίοι χρησιμοποιούσαν τη δύναμη του ήλιου, του ανέμου και του νερού για διάφορους σκοπούς. Οι αρχαίοι Έλληνες και οι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν αντλίες νερού με αιολική ενέργεια για να ποτίζουν τις καλλιέργειές τους, και οι αρχαίοι Κινέζοι και Πέρσες χρησιμοποιούσαν ρόδες νερού για να αλέσουν τα σιτηρά. Ωστόσο, η ευρεία χρήση των ορυκτών καυσίμων και η Βιομηχανική Επανάσταση τον 18ο και 19ο αιώνα οδήγησαν σε μείωση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας [\[7\]](#).

Στη δεκαετία του 1970, η πετρελαϊκή κρίση οδήγησε σε μια εκ νέου εστίαση στην ενεργειακή ανεξαρτησία και στην ανάπτυξη εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Οι κυβερνήσεις σε όλο τον κόσμο άρχισαν να επενδύουν στην έρευνα και την ανάπτυξη τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τον 20ο αιώνα, με την άνοδο του περιβαλλοντικού κινήματος και τις αυξανόμενες ανησυχίες για τις αρνητικές επιπτώσεις των ορυκτών καυσίμων στον πλανήτη, το ενδιαφέρον για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας άρχισε να αυξάνεται ξανά.

Σήμερα, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι μια εδραιωμένη και αναπτυσσόμενη βιομηχανία, με πολλές διαφορετικές τεχνολογίες διαθέσιμες. Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (ΔΟΕ), το 2022, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αντιπροσώπευαν περίπου το 26% της παγκόσμιας παραγωγής ενέργειας. Το μερίδιό τους στο μείγμα ενέργειας προβλέπεται να αυξηθεί κατά 10 ποσοστιαίες μονάδες στο 38% το 2027. Από την άλλη πλευρά, τα ορυκτά καύσιμα εξακολουθούν να είναι η κυρίαρχη πηγή ενέργειας. Το 2019, ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο αντιπροσώπευαν μαζί περίπου το 78% της παγκόσμιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας [\[7\]](#).

Ωστόσο, η χρήση ορυκτών καυσίμων μειώνεται τα τελευταία χρόνια και το 2019 οι εκπομπές CO₂ από τα ορυκτά καύσιμα μειώθηκαν κατά 2%. Ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας αναμένει ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα μεταμορφώσουν το παγκόσμιο μείγμα ενέργειας μέχρι το 2027, καθιστώντας τη μεγαλύτερη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας. Κατά την περίοδο 2022–2027, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αυξάνονται κατά σχεδόν 2.400 GW, ίσο με τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ ισχύος της Κίνας. Ο ΔΟΕ αναμένει ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα αντιπροσωπεύουν πάνω από το 90% της παγκόσμιας επέκτασης της ισχύος της ηλεκτρικής ενέργειας κατά την πενταετία [\[7\]](#).

2.4 ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Το μέλλον των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας φαίνεται λαμπρό, με πολλές χώρες και εταιρείες να επενδύουν στην έρευνα και ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και να δεσμεύονται για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η ΙΕΑ αναμένει ότι η κατανάλωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για σκοπούς θέρμανσης θα αυξηθεί σχεδόν κατά ένα τρίτο κατά την περίοδο 2022-2027, αυξάνοντας τη σύγχρονη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη θερμότητα από 11% σε 14% έως το 2027.

Τα επόμενα χρόνια, μπορούμε να περιμένουμε να δούμε συνεχή ανάπτυξη στη χρήση ηλιακής και αιολικής ενέργειας, καθώς και ανάπτυξη νέων τεχνολογιών όπως η υπεράκτια αιολική ενέργεια, η κυματική και παλιρροιακή ενέργεια και η προηγμένη βιομάζα. Μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που αντιμετωπίζει η βιομηχανία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι η αποθήκευση [\[6\]](#).

Επειδή ο ήλιος δεν λάμπει πάντα και ο άνεμος δεν φυσάει πάντα, μπορεί να είναι δύσκολο να αποθηκευτεί η ενέργεια που παράγεται από αυτές τις πηγές, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν χρειάζεται. Ωστόσο, υπάρχουν πολλές διαφορετικές τεχνολογίες αποθήκευσης υπό ανάπτυξη, όπως μπαταρίες, κυψέλες καυσίμου υδρογόνου και συστήματα

πεπιεσμένου αέρα, που μπορεί να βοηθήσουν στην επίλυση αυτού του προβλήματος στο μέλλον [\[8\]](#).

Μια άλλη πρόκληση είναι το κόστος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αν και έχει μειωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, εξακολουθεί να είναι πιο ακριβό από τα ορυκτά καύσιμα σε πολλές περιπτώσεις. Ωστόσο, προβλέπεται ότι το κόστος θα συνεχίσει να μειώνεται καθώς βελτιώνεται η τεχνολογία και επιτυγχάνονται οικονομίες κλίμακας. Επιπλέον, το περιβαλλοντικό και το υγειονομικό κόστος των ορυκτών καυσίμων δεν συμπεριλαμβάνεται πάντα στην τιμή, επομένως, όταν ληφθούν υπόψη αυτές οι εξωτερικές επιπτώσεις, η ανανεώσιμη ενέργεια είναι συχνά πιο οικονομική. Η στρατιωτική σύγκρουση Ρωσίας-Ουκρανίας το 2022 πυροδότησε πρωτοφανή ώθηση για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, καθώς προκάλεσε μια πραγματικά παγκόσμια ενεργειακή κρίση και επιτάχυνε τη μετάβαση της Ευρώπης στην καθαρή ενέργεια [\[3\]](#).

Σήμερα, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι μια αναπτυσσόμενη βιομηχανία, με πολλές διαφορετικές τεχνολογίες διαθέσιμες. Το μέλλον των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας φαίνεται λαμπρό, με πολλές χώρες και εταιρείες να επενδύουν στην έρευνα και την ανάπτυξη και να δεσμεύονται να χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι νέες τεχνολογίες και οι οικονομίες κλίμακας υποστηρίζουν τη συνεχή ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο μέλλον.

Η ηλιακή ενέργεια είναι μια από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες μορφές ανανεώσιμης ενέργειας, με ηλιακά φωτοβολταϊκά πάνελ και ηλιακά θερμικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και γι αυτό θα αναλυθεί στα επόμενα κεφάλαια [\[3\]](#), [\[8\]](#)

Κεφάλαιο 3 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η ηλιακή ενέργεια είναι ενέργεια που παρέχεται από τον Ήλιο με τη μορφή ηλιακής ακτινοβολίας. Κάθε μέρα ο Ήλιος ακτινοβολεί, ή εκπέμπει, μια τεράστια ποσότητα ενέργειας. Αυτή η ενέργεια ακτινοβολίας έχει τροφοδοτήσει τη ζωή στη γη για εκατομμύρια χρόνια και είναι μια από τις πιο σημαντικές πηγές ενέργειας για τις μορφές ζωής. Η ηλιακή ενέργεια είναι ένας ανανεώσιμος πόρος και γίνεται ολοένα και πιο σύνηθες ότι αυτή η ενέργεια μετατρέπεται και χρησιμοποιείται ως εναλλακτική λύση στα ορυκτά καύσιμα. Πολλές τεχνολογίες μπορούν να το συλλέξουν απευθείας για την παραγωγή ηλιακής ενέργειας για χρήση σε σπίτια και επιχειρήσεις παγκοσμίως. Έχει πλέον γίνει ένα αντικείμενο μελέτης από πολλούς επιστήμονες-ερευνητές ειδικά από τις αρχές του 21^{ου} αιώνα κι έπειτα [\[9\]](#).

3.1 ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η ηλιακή ενέργεια οδηγεί και επηρεάζει αμέτρητες φυσικές διεργασίες στη Γη. Για παράδειγμα, η φωτοσύνθεση από φυτά, φύκια και κυανοβακτήρια βασίζεται στην ενέργεια από τον Ήλιο και είναι σχεδόν αδύνατο να υπερεκτιμηθεί η σημασία αυτής της διαδικασίας για τη διατήρηση της ζωής στη Γη. Εάν η φωτοσύνθεση σταματούσε, σύντομα θα υπήρχαν λίγα τρόφιμα ή άλλη οργανική ύλη στη Γη. Οι περισσότεροι οργανισμοί θα εξαφανίζονταν και με τον καιρό η ατμόσφαιρα της Γης θα στερούσε σχεδόν αέριο οξυγόνο. Η ηλιακή ενέργεια είναι επίσης απαραίτητη για την εξάτμιση του νερού στον κύκλο του νερού, τις θερμοκρασίες του εδάφους και του νερού και το σχηματισμό του ανέμου, τα οποία είναι βασικοί παράγοντες στα κλιματικά πρότυπα που διαμορφώνουν τη ζωή στη Γη [\[9\]](#), [\[10\]](#).

3.2 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η παγκόσμια ζήτηση ενέργειας αυξάνεται γρήγορα λόγω της πληθυσμιακής έκρηξης και της τεχνολογικής προόδου. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να αναζητήσουμε αξιόπιστη, οικονομικά αποδοτική και διαρκή ανανεώσιμη πηγή ενέργειας για τη ζήτηση ενέργειας που θα προκύψει στο μέλλον. Η ηλιακή ενέργεια, μεταξύ άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, είναι μια πολλά υποσχόμενη και ελεύθερα διαθέσιμη πηγή ενέργειας για τη διαχείριση μακροπρόθεσμων θεμάτων σε ενεργειακή κρίση. Η ηλιακή βιομηχανία αναπτύσσεται

σταθερά σε όλο τον κόσμο λόγω της υψηλής ζήτησης ενέργειας, ενώ η κύρια πηγή ενέργειας, τα ορυκτά καύσιμα, είναι περιορισμένη και άλλες πηγές είναι ακριβές.

Η ηλιακή ενέργεια θα μπορούσε να είναι η καλύτερη επιλογή για τον μελλοντικό κόσμο για τους εξής λόγους: [\[11\]](#)

Πρώτον, η ηλιακή ενέργεια είναι η πιο άφθονη πηγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ο ήλιος την εκπέμπει με ρυθμό $3,8 \times 10^{23}$ kW, εκ των οποίων περίπου τα $1,8 \times 10^{14}$ kW αναχαιτίζονται από τη γη. Η ηλιακή ενέργεια φτάνει στη γη με διάφορες μορφές όπως θερμότητα και φως. Καθώς αυτή η ενέργεια ταξιδεύει, το μεγαλύτερο μέρος του τμήματός της χάνεται από τη διασπορά, την ανάκλαση και την απορρόφηση από τα σύννεφα. Μελέτες αποκάλυψαν ότι η παγκόσμια ενεργειακή ζήτηση μπορεί να εκπληρωθεί με τη χρήση της ηλιακής ενέργειας ικανοποιητικά, καθώς είναι άφθονη στη φύση και δωρεάν διαθέσιμη πηγή ενέργειας χωρίς κόστος.

Δεύτερον, είναι μια πολλά υποσχόμενη πηγή ενέργειας στον κόσμο, επειδή δεν εξαντλείται, παρέχοντας σταθερή και αυξανόμενη απόδοση απόδοσης από άλλες πηγές ενέργειας. Η κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας και η έντασή της είναι δύο βασικοί παράγοντες που καθορίζουν την απόδοση της βιομηχανίας ηλιακών φωτοβολταϊκών. Αυτές οι δύο παράμετροι ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό μεταξύ των χωρών.

Οι ασιατικές χώρες για παράδειγμα, έχουν το υψηλότερο δυναμικό να δέχονται ηλιακή ακτινοβολία σε σύγκριση με άλλες εύκρατες χώρες, καθώς η διάρκεια της ηλιοφάνειας σε αυτές τις χώρες είναι υψηλή σε ένα χρόνο. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας δεν χρησιμοποιείται και βασικά σπαταλάται. Σε πολλές χώρες, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες, η ηλιακή ακτινοβολία είναι εγγενής σε ποσότητα, γεγονός που καθιστά ευεργετική [\[12\]](#).

Τρίτον, η χρήση και η παρακολούθηση της ηλιακής ενέργειας δεν έχουν καμία επιβλαβή επίδραση στο οικοσύστημα στο οποίο διατηρείται η φυσική ισορροπία για τη βελτίωση των ζωντανών οργανισμών. Η εκμετάλλευση των ορυκτών καυσίμων οδηγεί σε καταστροφή των οικοσυστημάτων που με τη σειρά τους βλάπτουν τη φυσική ισορροπία.

Τέταρτον, το ηλιακό σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για συστήματα χωριών, βιομηχανικές λειτουργίες και σπίτια, καθώς είναι εύκολα προσιτό και εφαρμόσιμο. Επιπρόσθετα, ο κόσμος βρίσκεται τώρα σε ένα κύμα αναζήτησης για ηλιακή ενέργεια λόγω της αυξανόμενης ανεξαρτησίας του παγκόσμιου πληθυσμού από ορυκτά καύσιμα για ανάκτηση ενέργειας προκειμένου να εκτελούνται διάφορες δραστηριότητες. Η χρήση της αναπτυσσόμενης τεχνολογίας με τον κατάλληλο τρόπο θα ήταν η καλύτερη επιλογή για τον

μελλοντικό κόσμο για την αποφυγή ανεπιθύμητων συνεπειών που προκύπτουν από την ενεργειακή κρίση [\[8\]](#).

Πολλές έρευνες πραγματοποιούνται τώρα προκειμένου να αυξηθεί η αποδοτικότητα της ηλιακής βιομηχανίας για να καταστεί ο μελλοντικός κόσμος παραγωγικός όσον αφορά τη χρήση της ενέργειας. Έχει αναφερθεί ότι τέτοια αποθέματα θα εξαντληθούν το 2300 λόγω της αυξανόμενης ζήτησης ενέργειας. Ωστόσο, η χρήση του έχει ήδη δημιουργήσει σημαντικές εκπομπές CO₂ με μια αυξανόμενη τάση από το 1980 έως το 2010 λόγω της αυξημένης ζήτησης ενέργειας [\[8\]](#).

Ως εκ τούτου, υπάρχει ανάγκη για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης. Η ηλιακή ενέργεια έχει εμφανές σημάδι ανάπτυξης. Όσον αφορά την πολλά υποσχόμενη φύση της για ανάκτηση ενέργειας. Έχει αναφερθεί ότι τα ηλιακά φωτοβολταϊκά και οι συγκεντρωμένοι ηλιακοί συλλέκτες και οι ηλιακοί θερμοσίφωνες είχαν τον υψηλότερο ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης το 2013 σε σύγκριση με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας [\[13\]](#).

3.3 ΗΛΙΟΣ – Η ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ο Ήλιος είναι το μεγαλύτερο αντικείμενο στο Ηλιακό Σύστημα, αντιπροσωπεύοντας το 99,86% της μάζας. Ο Ήλιος είναι στην πραγματικότητα ένα μεσαίου μεγέθους, ακόμη και μικρό αστέρι. Τα αστέρια με πολύ μεγαλύτερη μάζα μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερα από τον Ήλιο. Για παράδειγμα, ο κόκκινος γίγαντας Betelgeuse, στον αστερισμό του Ωρίωνα πιστεύεται ότι είναι 1.000 φορές μεγαλύτερος από τον Ήλιο. Και το μεγαλύτερο γνωστό αστέρι είναι το VY Canis Majoris, με μέγεθος περίπου 2.000 φορές μεγαλύτερο από τον Ήλιο [\[10\]](#).

Το μέγεθος του Ήλιου αλλάζει. Στο μέλλον, όταν τελειώσει το χρησιμοποιήσιμο καύσιμο υδρογόνου στον πυρήνα, θα γίνει επίσης κόκκινος γίγαντας. Θα καταπιεί τις τροχιές του Ερμή και της Αφροδίτης, και πιθανώς ακόμη και την τροχιά της Γης. Για μερικά εκατομμύρια χρόνια, ο Ήλιος θα είναι περίπου 200 φορές μεγαλύτερος από το σημερινό του μέγεθος. Αφού ο Ήλιος γίνει ένας κόκκινος γίγαντας, θα συρρικνωθεί για να γίνει ένα λευκό αστέρι νάνος. Τότε το μέγεθος του Ήλιου θα είναι μόνο περίπου στο μέγεθος της Γης [\[10\],\[12\]](#).

3.3.1 Χαρακτηριστικά του Ήλιου

Η διάμετρος του Ήλιου πλησιάζει τα 1.4×10^6 4 εκατομμύρια χιλιόμετρα. Η μάζα του Ήλιου είναι $1,98892 \times 10^{30}$ κιλά. Όταν οι αστρονόμοι προσπαθούν να μετρήσουν τη μάζα ενός άλλου αντικειμένου που μοιάζει με αστέρι, χρησιμοποιούν τη μάζα του Ήλιου για σύγκριση. Αυτό είναι γνωστό ως «ηλιακή μάζα». Έτσι, η μάζα των αντικειμένων, όπως οι μαύρες τρύπες, θα μετρηθεί σε ηλιακές μάζες. Ένα τεράστιο αστέρι μπορεί να έχει 5-10 ηλιακές μάζες. Μια υπερμεγέθης μαύρη τρύπα θα μπορούσε να έχει εκατοντάδες εκατομμύρια ηλιακές μάζες [\[11\]](#), [\[12\]](#).

Ο Ήλιος έχει τεράστια ποσότητα μάζας και επομένως έχει πολλή βαρύτητα. Στην πραγματικότητα, η μάζα του Ήλιου είναι 333.000 φορές μεγαλύτερη από τη μάζα της Γης. Για παράδειγμα, αν ένα αντικείμενο ζυγίζει 100 κιλά στη Γη, θα ζύγιζε 2.800 κιλά. Η βαρύτητα του Ήλιου έλκει όλη τη μάζα του (κυρίως υδρογόνο και ήλιο) σε μια σχεδόν τέλεια σφαίρα. Κάτω στον πυρήνα του Ήλιου, οι θερμοκρασίες και οι πιέσεις είναι τόσο υψηλές που είναι πιθανές αντιδράσεις σύντηξης. Η τεράστια ποσότητα φωτός και ενέργειας που εκρέει από τον Ήλιο εξουδετερώνει την έλξη της βαρύτητας που προσπαθεί να τον καταρρεύσει [\[11\]](#).

Ο όγκος του Ήλιου είναι $1.412 \times 10^{18} \text{ km}^3$. Είναι πολλά κυβικά χιλιόμετρα. Ο όγκος του Ήλιου είναι τόσο μεγάλος που θα χρειαστούν 1.3 εκατομμύρια πλανήτες στο μέγεθος της Γης για να τον γεμίσουν. Ή θα μπορούσε να γεμίσει με σχεδόν 1000 πλανήτες στο μέγεθος του Δία. Σε μια σύγκριση μεγεθών θα ήταν:

- Όγκος Ήλιου σε κυβικά χιλιόμετρα: $1.412 \times 10^{18} \text{ km}^3$
- Όγκος Ήλιου σε σύγκριση με τη Γη: 1.300.000

3.3.2 Φυσικοχημικές Ιδιότητες του Ήλιου

Το πιο καυτό μέρος του Ήλιου είναι ο πυρήνας του, όπου οι θερμοκρασίες ξεπερνούν τα 15 εκατομμύρια °C. Το τμήμα του Ήλιου που ονομάζουμε επιφάνειά του - η φωτόσφαιρα - είναι σχετικά δροσερό 5.500 °C. Σε ένα από τα μεγαλύτερα μυστήρια του Ήλιου, η εξωτερική ατμόσφαιρα του Ήλιου, το στέμμα, θερμαίνεται όσο πιο μακριά εκτείνεται από την επιφάνεια. Το στέμμα φτάνει έως και τους 2 εκατομμύρια °C) - πολύ πιο ζεστό από τη φωτόσφαιρα [\[11\]](#).

Η πυκνότητα του Ήλιου είναι 1,4 γραμμάρια ανά κυβικό εκατοστό. Για να σας δώσω μια σύγκριση, η πυκνότητα του νερού είναι 1 g/cm³. Με άλλα λόγια, αν βρισκόταν μια πισίνα αρκετά μεγάλη ώστε να χωρέσει τον ήλιο, ο Ήλιος θα βυθιζόταν και δεν θα επέπλεε.

Όσον αφορά τον αριθμό των ατόμων, αποτελείται από 91,0% υδρογόνο και 8,9% ήλιο. Κατά μάζα, ο Ήλιος είναι περίπου 70,6% υδρογόνο και 27,4% ήλιο. Σε πολύ μικρότερες ποσότητες, ο Ήλιος περιέχει επίσης οξυγόνο, άνθρακα, άζωτο, μαγνήσιο, νέον, σίδηρο, θείο, αλουμίνιο, ασβέστιο, νάτριο, νικέλιο και αργό [\[10\]](#), [\[11\]](#).

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι η ενέργεια που εκπέμπεται από τον Ήλιο μέσω των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων και η ζωή στη Γη εξαρτάται από αυτήν. Εκτός από τον προσδιορισμό της ατμοσφαιρικής και κλιματολογικής δυναμικής και τάσεων, καθιστά δυνατή τη φωτοσύνθεση των φυτών, μεταξύ άλλων διεργασιών [\[14\]](#).

Χώρες όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες, που βρίσκονται στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη, λαμβάνουν περισσότερη ηλιακή ενέργεια το καλοκαίρι, όχι μόνο επειδή οι μέρες είναι μεγαλύτερες, αλλά και επειδή ο ήλιος είναι σχεδόν από πάνω. Οι ακτίνες του ήλιου είναι πολύ πιο “λοξές” κατά τις λιγότερο ηλιόλουστες ημέρες των χειμερινών μηνών. Πόλεις όπως το Ντένβερ, Κολοράντο, (κοντά στις 40° γεωγραφικό πλάτος) λαμβάνουν σχεδόν τρεις φορές περισσότερη ηλιακή ενέργεια τον Ιούνιο από ό,τι τον Δεκέμβριο.

Κεφάλαιο 4 ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ

Θεωρητικά, η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιήθηκε από τους ανθρώπους ήδη από τον 7ο αιώνα π.Χ. όταν η ιστορία μας λέει ότι οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν το φως του ήλιου για να ανάψουν φωτιές με υλικά μεγεθυντικού φακού. Αργότερα, τον 3ο αιώνα π.Χ., οι Έλληνες και οι Ρωμαίοι ήταν γνωστό ότι αξιοποιούσαν την ηλιακή ενέργεια με καθρέφτες για να ανάβουν δάδες για θρησκευτικές τελετές. Αυτοί οι καθρέφτες έγιναν ένα κανονικοποιημένο εργαλείο που αναφέρεται ως «καΐσιμοι καθρέφτες». Ο κινεζικός πολιτισμός τεκμηρίωσε τη χρήση κατόπτρων για τον ίδιο σκοπό αργότερα το 20 μ.Χ. [\[16\]](#).

Μια άλλη πρόιμη χρήση της ηλιακής ενέργειας που είναι ακόμα δημοφιλής σήμερα ήταν η έννοια των "ηλιόλουστων αιθουσών" στα κτίρια. Αυτές οι ηλιόλουστες αίθουσες χρησιμοποιούσαν τεράστια παράθυρα για να κατευθύνουν το ηλιακό φως σε μια συγκεντρωμένη περιοχή. Μερικά από τα εμβληματικά ρωμαϊκά λουτρά, συνήθως αυτά που βρίσκονταν στη νότια πλευρά των κτηρίων, ήταν ηλιόλουστες αίθουσες. Αργότερα, το 1200 μ.Χ., οι πρόγονοι των Ιθαγενών Αμερικανών Pueblo, γνωστοί ως Anasazi, βρίσκονταν σε κατοικίες με νότιο προσανατολισμό σε βράχους για να αιχμαλωτίσουν τη ζεστασιά του ήλιου κατά τους κρύους χειμερινούς μήνες [\[16\]](#).

Στα τέλη του 1700 και του 1800, ερευνητές και επιστήμονες είχαν επιτυχία χρησιμοποιώντας το ηλιακό φως για να τροφοδοτήσουν τους φούρνους για μεγάλα ταξίδια. Εκμεταλλεύτηκαν επίσης τη δύναμη του ήλιου για να παράγουν ατμόπλοια με ηλιακή ενέργεια. Τελικά, είναι σαφές ότι ακόμη και χιλιάδες χρόνια πριν από την εποχή των ηλιακών συλλεκτών, η ιδέα του χειρισμού της δύναμης του ήλιου ήταν μια κοινή πρακτική. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της ηλιακής ενέργειας σε σύγκριση με άλλες μορφές ενέργειας είναι ότι είναι καθαρή και μπορεί να παρέχεται χωρίς καμία περιβαλλοντική ρύπανση. Και για αυτόν τον λόγο, έχουν εφευρεθεί πολλοί τρόποι ανά τους αιώνες ώστε να αξιοποιείται. Ένας από αυτούς τους τρόπους είναι οι ηλιακοί συλλέκτες.

Ο ηλιακός συλλέκτης είναι μια συσκευή που συλλέγει και/ή συγκεντρώνει την ηλιακή ακτινοβολία από τον Ήλιο. Αυτές οι συσκευές χρησιμοποιούνται κυρίως για ενεργή ηλιακή θέρμανση και επιτρέπουν τη θέρμανση νερού για προσωπική χρήση. Αυτοί οι συλλέκτες είναι γενικά τοποθετημένοι στην οροφή και πρέπει να είναι πολύ στιβαροί καθώς εκτίθενται σε μια ποικιλία διαφορετικών καιρικών συνθηκών [\[15\]](#).

Η χρήση αυτών των ηλιακών συλλεκτών παρέχει μια εναλλακτική λύση για την παραδοσιακή θέρμανση νερού οικιακής χρήσης χρησιμοποιώντας θερμοσίφωνα,

μειώνοντας δυνητικά το κόστος ενέργειας με την πάροδο του χρόνου. Όπως και σε οικιακά περιβάλλοντα, ένας μεγάλος αριθμός από αυτούς τους συλλέκτες μπορούν να συνδυαστούν σε μια συστοιχία και να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε ηλιακούς θερμοηλεκτρικούς σταθμούς [\[16\]](#).

4.1 ΕΙΔΗ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι ηλιακών συλλεκτών, αλλά όλοι είναι κατασκευασμένοι με την ίδια βασική προϋπόθεση. Γενικά, υπάρχει κάποιο υλικό που χρησιμοποιείται για τη συλλογή και εστίαση ενέργειας από τον Ήλιο και τη χρήση του για τη θέρμανση του νερού. Η απλούστερη από αυτές τις συσκευές χρησιμοποιεί ένα μαύρο υλικό που περιβάλλει σωλήνες μέσα από τους οποίους ρέει νερό. Το μαύρο υλικό απορροφά πολύ καλά την ηλιακή ακτινοβολία και καθώς το υλικό θερμαίνει το νερό που το περιβάλλει. Αυτό είναι ένα πολύ απλό σχέδιο, αλλά οι συλλέκτες μπορεί να γίνουν πολύ περίπλοκοι. Οι απορροφητικές πλάκες μπορούν να χρησιμοποιηθούν εάν δεν απαιτείται αύξηση της υψηλής θερμοκρασίας, αλλά γενικά οι συσκευές που χρησιμοποιούν ανακλαστικά υλικά για την εστίαση του ηλιακού φωτός έχουν ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας.

4.1.1 Συλλέκτες Επίπεδων Πλακών

Αυτοί οι συλλέκτες είναι απλά μεταλλικά κουτιά που έχουν κάποιο είδος διαφανούς υαλοπίνακα ως κάλυμμα πάνω από μια σκουρόχρωμη πλάκα απορρόφησης. Οι πλευρές και το κάτω μέρος του συλλέκτη συνήθως καλύπτονται με μόνωση για να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες θερμότητας σε άλλα μέρη του συλλέκτη. Η ηλιακή ακτινοβολία διέρχεται από το διαφανές υλικό του υαλοπίνακα και χτυπά την πλάκα απορρόφησης.

Αυτή η πλάκα θερμαίνεται, μεταφέροντας τη θερμότητα είτε στο νερό είτε στον αέρα που συγκρατείται μεταξύ του υαλοπίνακα και της πλάκας απορρόφησης. Μερικές φορές αυτές οι απορροφητικές πλάκες βάφονται με ειδικές επιστρώσεις σχεδιασμένες να απορροφούν και να διατηρούν τη θερμότητα καλύτερα από την παραδοσιακή μαύρη βαφή. Αυτές οι πλάκες είναι συνήθως κατασκευασμένες από μέταλλο που είναι καλός αγωγός - συνήθως χαλκός ή αλουμίνιο [\[17\]](#).

4.1.2 Συλλέκτες Εκκενωμένων Σωλήνων

Αυτός ο τύπος ηλιακού συλλέκτη χρησιμοποιεί μια σειρά από σωλήνες εκκένωσης για τη θέρμανση του νερού για χρήση. Αυτοί οι σωλήνες χρησιμοποιούν ένα κενό ή χώρο εκκένωσης, για να συλλάβουν την ενέργεια του ήλιου, ελαχιστοποιώντας παράλληλα την

απώλεια θερμότητας στο περιβάλλον. Έχουν έναν εσωτερικό μεταλλικό σωλήνα που λειτουργεί ως πλάκα απορρόφησης, η οποία συνδέεται με έναν σωλήνα θερμότητας για να μεταφέρει τη θερμότητα που συλλέγεται από τον Ήλιο στο νερό.

Αυτός ο σωλήνας θερμότητας είναι ουσιαστικά ένας σωλήνας όπου τα περιεχόμενα του υγρού βρίσκονται υπό μια πολύ συγκεκριμένη πίεση. Σε αυτή την πίεση, το "καυτό" άκρο του σωλήνα έχει βραστό υγρό μέσα του ενώ το "κρύο" άκρο έχει ατμούς συμπύκνωσης. Αυτό επιτρέπει στη θερμική ενέργεια να μετακινείται πιο αποτελεσματικά από το ένα άκρο του σωλήνα στο άλλο. Μόλις η θερμότητα από τον Ήλιο μετακινηθεί από το καυτό άκρο του σωλήνα θερμότητας στο άκρο συμπύκνωσης, η θερμική ενέργεια μεταφέρεται στο νερό που θερμαίνεται για χρήση [\[16\]](#), [\[17\]](#).

4.1.3 Συλλέκτες Γραμμικής Εστίας

Αυτοί οι συλλέκτες, μερικές φορές γνωστοί ως παραβολικές κοιλότητες, χρησιμοποιούν υλικά υψηλής ανακλαστικότητας για τη συλλογή και τη συγκέντρωση της θερμικής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία. Αυτοί οι συλλέκτες αποτελούνται από παραβολικά διαμορφωμένα ανακλαστικά τμήματα συνδεδεμένα σε μια μεγάλη γούρνα.

Ένας σωλήνας που μεταφέρει νερό τοποθετείται στο κέντρο αυτής της γούρνας, έτσι ώστε το ηλιακό φως που συλλέγεται από το ανακλαστικό υλικό να εστιάζεται στον σωλήνα, θερμαίνοντας το περιεχόμενο. Πρόκειται για συλλέκτες πολύ υψηλής ισχύος και επομένως χρησιμοποιούνται γενικά για την παραγωγή ατμού για ηλιακούς θερμοηλεκτρικούς σταθμούς και δεν χρησιμοποιούνται σε οικιακές εφαρμογές. Αυτές οι γούρνες μπορούν να είναι εξαιρετικά αποτελεσματικές στη δημιουργία θερμότητας από τον Ήλιο, ιδιαίτερα εκείνων που μπορούν να περιστρέφονται, παρακολουθώντας τον Ήλιο στον ουρανό για να εξασφαλίσουν τη μέγιστη συλλογή ηλιακού φωτός.

4.1.4 Συλλέκτες Σημειακής Εστίασης

Αυτοί οι συλλέκτες είναι μεγάλα παραβολικά πιάτα που αποτελούνται από κάποιο ανακλαστικό υλικό που εστιάζει την ενέργεια του Ήλιου σε ένα μόνο σημείο. Η θερμότητα από αυτούς τους συλλέκτες χρησιμοποιείται γενικά για την οδήγηση κινητήρων Stirling. Αν και πολύ αποτελεσματικά στη συλλογή του ηλιακού φωτός, πρέπει να παρακολουθούν ενεργά τον Ήλιο στον ουρανό για να έχουν οποιαδήποτε αξία. Αυτά τα πιάτα μπορούν να λειτουργήσουν μόνα τους ή να συνδυαστούν σε μια συστοιχία για να συγκεντρώσουν ακόμη περισσότερη ενέργεια από τον Ήλιο.

Οι συλλέκτες σημειακής εστίασης και παρόμοιες συσκευές μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη συγκέντρωση ηλιακής ενέργειας για χρήση με συμπυκνωμένα φωτοβολταϊκά. Σε αυτή την περίπτωση, αντί να παράγει θερμότητα, η ενέργεια του Ήλιου μετατρέπεται απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια με φωτοβολταϊκά κύτταρα υψηλής απόδοσης που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να αξιοποιούν τη συγκεντρωμένη ηλιακή ενέργεια.

4.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ

Η κύρια χρήση αυτής της τεχνολογίας είναι σε κτίρια κατοικιών όπου η ζήτηση για ζεστό νερό έχει μεγάλο αντίκτυπο στους λογαριασμούς ενέργειας. Αυτό σημαίνει γενικά μια κατάσταση με μεγάλη οικογένεια ή μια κατάσταση στην οποία η ζήτηση ζεστού νερού είναι υπερβολική λόγω συχνού πλυσίματος ρούχων. Οι εμπορικές εφαρμογές περιλαμβάνουν πλυντήρια, πλυντήρια αυτοκινήτων, στρατιωτικές εγκαταστάσεις πλυντηρίων και εστιατόρια. Η τεχνολογία μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση χώρων εάν το κτίριο βρίσκεται εκτός δικτύου ή εάν η ηλεκτροδότηση του δικτύου υπόκειται σε συχνές διακοπές λειτουργίας.

Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού είναι πολύ πιθανό να είναι οικονομικά αποδοτικά για εγκαταστάσεις με συστήματα θέρμανσης νερού που είναι ακριβά στη λειτουργία τους ή με λειτουργίες όπως πλυντήρια ή κουζίνες που απαιτούν μεγάλες ποσότητες ζεστού νερού. Οι συλλέκτες υγρών χωρίς τζάμια χρησιμοποιούνται συνήθως για τη θέρμανση νερού για πισίνες, αλλά μπορούν επίσης να εφαρμοστούν σε μεγάλης κλίμακας προθέρμανση νερού [\[17\]](#).

Όταν τα φορτία είναι μεγάλα σε σχέση με τη διαθέσιμη περιοχή συλλέκτη, το μεγαλύτερο μέρος της θέρμανσης του νερού μπορεί να γίνει σε χαμηλή θερμοκρασία, χαμηλότερη από τις θερμοκρασίες της πισίνας όπου οι συλλέκτες χωρίς τζάμια είναι καλά εδραιωμένοι στην αγορά ως η σωστή επιλογή. Επειδή αυτοί οι συλλέκτες δεν χρειάζεται να αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες, μπορούν να χρησιμοποιήσουν λιγότερο ακριβά υλικά όπως πλαστικό ή καουτσούκ. Πολλοί συλλέκτες χωρίς υαλοπίνακες είναι κατασκευασμένοι από πολυπροπυλένιο και πρέπει να αποστραγγίζονται πλήρως για να αποφευχθεί η ζημιά από το πάγωμα όταν οι θερμοκρασίες του αέρα πέφτουν κάτω από τους 7 °C τις καθαρές νύχτες. Ένα μικρότερο αλλά αυξανόμενο ποσοστό συλλεκτών χωρίς υαλοπίνακες είναι εύκαμπτοι που σημαίνει ότι μπορούν να αντέξουν το παγωμένο νερό μέσα στον απορροφητή τους. Το πρόβλημα κατάψυξης πρέπει να είναι μόνο οι σωλήνες με νερό και οι συλλεκτικές

πολλαπλές σε κατάσταση σκληρής κατάψυξης. Τα ηλιακά συστήματα ζεστού νερού χωρίς τζάμια θα πρέπει να εγκαθίστανται για να «αποστραγγίζονται» σε μια δεξαμενή αποθήκευσης όποτε η ηλιακή ακτινοβολία είναι ανεπαρκής. Δεν υπάρχουν ανησυχίες για θερμικό σοκ με συστήματα χωρίς τζάμια. Χρησιμοποιούνται συνήθως στη θέρμανση πισίνας από την αρχή της ηλιακής ενέργειας, οι ηλιακοί συλλέκτες χωρίς τζάμια θερμαίνουν απευθείας το νερό της πισίνας χωρίς την ανάγκη αντιψυκτικού ή εναλλάκτη θερμότητας.

Τα ηλιακά συστήματα ζεστού νερού απαιτούν εναλλάκτες θερμότητας λόγω των δυνατοτήτων μόλυνσης και στην περίπτωση των συλλεκτών χωρίς υαλοπίνακες, τη διαφορά πίεσης μεταξύ του ηλιακού ρευστού λειτουργίας (νερό) και του φορτίου (κρύο νερό πόλης υπό πίεση). Μεγάλης κλίμακας ηλιακοί θερμοσίφωνες χωρίς τζάμια λειτουργούν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες από τα συστήματα συλλεκτών με εκκενωμένο σωλήνα ή με κουτί και τζάμια.

Αν και απαιτούν μεγαλύτερους, ακριβότερους εναλλάκτες θερμότητας, όλα τα άλλα εξαρτήματα, συμπεριλαμβανομένων αεριζόμενων δεξαμενών αποθήκευσης και μη μονωμένων πλαστικών σωληνώσεων PVC, μειώνουν δραματικά το κόστος αυτής της εναλλακτικής λύσης σε σύγκριση με τους τύπους συλλεκτών υψηλότερης θερμοκρασίας. Όταν θερμαίνουμε ζεστό νερό, στην πραγματικότητα ζεσταίνουμε κρύο σε ζεστό και ζεστό σε ζεστό. Μπορούμε να ζεστάνουμε κρύο σε ζεστό τόσο αποτελεσματικά με συλλέκτες χωρίς υαλοπίνακες, όπως ακριβώς μπορούμε να ζεστάνουμε ζεστό προς ζεστό με συλλέκτες υψηλής θερμοκρασίας [\[18\]](#).

Τα πλεονεκτήματα στη χρήση ηλιακών συλλεκτών είναι: [\[17\]](#)

- Μηδενικό κόστος καυσίμων
- Ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας
- Διαθεσιμότητα ηλεκτρικής ενέργειας όλο το εικοσιτετράωρο
- Μηδενικές εκπομπές άνθρακα

Κεφάλαιο 5 ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ - ΕΝΝΟΙΕΣ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρακάτω οικονομική και τεχνική μελέτη αφορά τη δημιουργία ενός φωτοβολταϊκού πάρκου στην ευρύτερη περιοχή της Μαγνησίας, ισχύος 3,3 MW. Η μελέτη αυτή θα γίνει για ένα διάστημα 25 ετών, χρόνο που είναι τυπικός για την εκμετάλλευση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου. Επέλεξα να προχωρήσω με ηλιακούς συλλέκτες λόγω της ευρείας χρήσης τους σε τέτοια έργα και της μειωμένης σχέσης τιμής-απόδοσης σε σύγκριση με άλλους τρόπους συλλογής ηλιακής ενέργειας, βλ. ηλιακός πύργος.

Όσον αφορά τη μελέτη, αυτή θα γίνει δίνοντας βάση στα τεχνικά χαρακτηριστικά του πάρκου και όχι σε λεπτομέρειες που αφορούν την κατασκευή του, παραδείγματος χάρι το μήκος καλωδίων. Στην προκειμένη περίπτωση των καλωδίων που θα χρησιμοποιηθούν, θα υπολογιστεί ένα γενικό κόστος για τις εργασίες που θα εκτελεστούν στο πάρκο ώστε αυτό να καταστεί λειτουργικό.

5.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ

Η παρούσα μελέτη βασίζεται σε τεχνικά στοιχεία που προκύπτουν από την παραμετροποίηση στο πρόγραμμα System Advisor Model (SAM) του National Renewable Energy Laboratory (NREL), που βρίσκεται στις ΗΠΑ. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα δίδεται δωρεάν για χρήση, μετά από την εγγραφή μου στην ιστοσελίδα τους. Το πρόγραμμα αυτό δίνει την δυνατότητα να παραμετροποιήσουμε το έργο μας απόλυτα, είτε να επιλέξουμε τα συστατικά από μια προεγκατεστημένη λίστα. Παρέχονται αρχεία που αφορούν τις καιρικές συνθήκες για την τοποθεσία που θα επιλέξουμε σε όλο τον κόσμο και για παρελθόντα χρόνια. Παρέχεται, επίσης, η δυνατότητα και για οικονομική μελέτη ενός έργου, αλλά παρόλα αυτά, δεν επιλέχθηκε αυτή η δυνατότητα καθώς το σύστημα χρησιμοποιεί οικονομικούς όρους από το οικονομικό σύστημα των ΗΠΑ και δεν έχουν κάποια βάση στο Ελληνικό οικονομικό σύστημα. Έτσι, η οικονομική ανάλυση θα γίνει εκτός του SAM με βάση τα ελληνικά δεδομένα [\[22\]](#).

Το SAM παρέχει μια πληθώρα πληροφοριών όσον αφορά το τεχνικό κομμάτι αυτής της μελέτης. Επιδέχεται μεγάλης παραμετροποίησης, όσον αφορά όλα τα συστατικά που συνθέτουν ένα φωτοβολταϊκό πάρκο, από τις διαστάσεις των πλαισίων μέχρι τις ηλεκτρικές

διαστάσεις των αντιστροφών και από την χωροθέτηση των πλαισίων μέχρι την διαστασιοποίηση των σειρών πλαισίων που αρμόζουν σε κάθε αντιστροφή, στην περίπτωση που χρησιμοποιείται πάνω από ένας αντιστροφής. Υπολογίζονται επίσης οι απώλειες κάθε συστατικού του πάρκου που προκαλούνται είτε από τις καιρικές συνθήκες, είτε από την πτώση της απόδοσης του εξοπλισμού σε βάθος χρόνου.

Όλος ο εξοπλισμός που θα συνθέσει το φωτοβολταϊκό πάρκο, θα προέρχεται από αναγνωρισμένους κατασκευαστές και θα συνοδεύεται από τα έγγραφα για την καλή λειτουργία, τη συντήρηση και την εγγύηση αυτών. Για το κάθε υλικό θα παρέχονται επίσης έγγραφα από αναγνωρισμένα εργαστήρια για την πιστοποίηση της λειτουργίας τους [\[22\]](#).

5.3 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που θα χρησιμοποιηθούν στο πάρκο θα είναι της εταιρίας JA SOLAR. Ο τύπος τους είναι ο JAM72D42 LB n-type Double Glass Bifacial Module. Η ονομαστική ισχύς τους ανέρχεται σε 625W έκαστο με την απόδοσή τους να είναι 22,4%, τιμή που είναι τυπική για τους διπρόσωπους ηλιακούς συλλέκτες (bifacial panels).

5.3.1 Γνωριμία με τον ηλιακό συλλέκτη

Ο όρος bifacial ή διπρόσωπος αναφέρεται στην ύπαρξη δύο όψεων συλλογής ηλιακής ενέργειας. Η πίσω όψη του συλλέκτη δεν αυξάνει την απόδοσή του αλλά συμβάλλει στην συλλογή ηλιακής ενέργειας που δεν προκύπτει από την απευθείας πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας, δηλαδή από την έμμεση διάχυτη ακτινοβολία που προκαλείται από αιωρούμενα σωματίδια, από νεφώσεις κ.τ.λ. και από τον αντικατοπτρισμό της ηλιακής ακτινοβολίας από επιφάνειες κοντά στον συλλέκτη. Δεν μιλάμε για μεγάλα μεγέθη των δύο αυτών πηγών καθώς οι ηλιακοί συλλέκτες κατά γενική ομολογία τοποθετούνται με τέτοια κλίση έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί η συλλογή ηλιακής ενέργειας στην κύρια τους πλευρά. Αυτό όμως προκαλεί την μείωση της συλλογής στην πίσω τους πλευρά. Αυτό γίνεται εσκεμμένα καθώς ο κύριος όγκος συλλογής ηλιακής ακτινοβολίας γίνεται από την κύρια μπροστινή τους πλευρά.

Οι συγκεκριμένου τύπου ηλιακοί συλλέκτες επιλέχθηκαν για τα παρακάτω πλεονεκτήματα τους

- **Αυξημένη απόδοση**

Σε σύγκριση με τους αντίστοιχους ηλιακούς συλλέκτες μονής όψης, αυτοί έχουν καλύτερη απόδοση κατά 50%, του τέστιν 22,4% απόδοση έναντι περίπου 15%. Σε αυτό συμβάλλει και η συλλογή της διάχυτης ακτινοβολίας.

- **Μειωμένος χώρος εγκατάστασης**

Για να πετύχουμε την ίδια απόδοση στο πάρκο χρησιμοποιούμε σχεδόν 30% λιγότερο χώρο χρησιμοποιώντας τους συλλέκτες διπλής όψης

- **Αυξημένη ανθεκτικότητα**

Τα διπλής όψης πλαίσια είναι κατασκευασμένα από ανθεκτικό γυαλί και στις δύο επιφάνειες. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στο πλαίσιο να είναι πιο ανθεκτικό τις καιρικές συνθήκες και στην ταλαιπωρία από την ηλιακή ακτινοβολία σε βάθος χρόνου.

Αντίστοιχα, υπάρχουν και μειονεκτήματα στην χρήση τους, που συνυπολογίστηκαν στην επιλογή τους.

- **Αυξημένη τιμή**

Επειδή η συγκεκριμένη τεχνολογία δεν έχει ωριμάσει ακόμα, η τιμή τους είναι αυξημένη σε σχέση με τα συμβατικά πλαίσια μονής όψης.

- **Αυξημένες απαιτήσεις συντήρησης**

Λόγω της διπλής όψης και της χρήσης γυαλιού, είναι επιτακτικός ο καθαρισμός και των δύο όψεων τακτικά σε αντίθεση με τα πλαίσια μονής όψης που ο καθαρισμός αφορά μόνο την μπροστινή τους πλευρά.

Στον Πίνακα 5.1 ακολουθεί το datasheet των συγκεκριμένων ηλιακών συλλεκτών

Πίνακας 5.1 Χαρακτηριστικά ηλιακών συλλεκτών

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM72D42 -625/LB	JAM72D42 -630/LB	JAM72D42 -635/LB	JAM72D42 -640/LB	JAM72D42 -645/LB	JAM72D42 -650/LB
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	625	630	635	640	645	650
Open Circuit Voltage (Voc) [V]	52.27	52.47	52.67	52.87	53.07	53.27
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	43.71	43.90	44.10	44.29	44.49	44.67
Short Circuit Current(Isc) [A]	15.16	15.21	15.26	15.31	15.36	15.41
Maximum Power Current(Imp) [A]	14.30	14.35	14.40	14.45	14.50	14.55
Module Efficiency [%]	22.4	22.5	22.7	22.9	23.1	23.3
Power Tolerance	0~+3%					
Temperature Coefficient of Isc(α_{Isc})	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of Voc (β_{Voc})	-0.250%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ_{Pmp})	-0.290%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

5.3.2 Υπολογισμός γωνίας εγκατάστασης ηλιακών συλλεκτών

Για να υπολογίσουμε την γωνία εγκατάστασης των ηλιακών συλλεκτών, υπάρχουν ιστοσελίδες που, δίνοντας την τοποθεσία του πάρκου, μας υπολογίζει βάσει καιρικών συνθηκών τη γωνία αυτή.

<https://sunsolartilt.com/pages/calculator>

Εισάγοντας τον ταχυδρομικό κώδικα της τοποθεσίας μας, υπολογίζει η παραπάνω σελίδα την βέλτιστη γωνία τοποθέτησης κατά τη διάρκεια του έτους και ανά εποχή, οι οποίες παρουσιάζονται στην Εικόνα 5.1.

Your optimal year-round tilt angle:
31.3°

Your optimal tilt angles by season:
Spring: 31.3°
Summer: 16.3°
Fall: 31.3°
Winter: 46.3°

Εικόνα 5.1 Γωνία ηλιακών συλλεκτών

5.3.3 Συνδεσμολογία

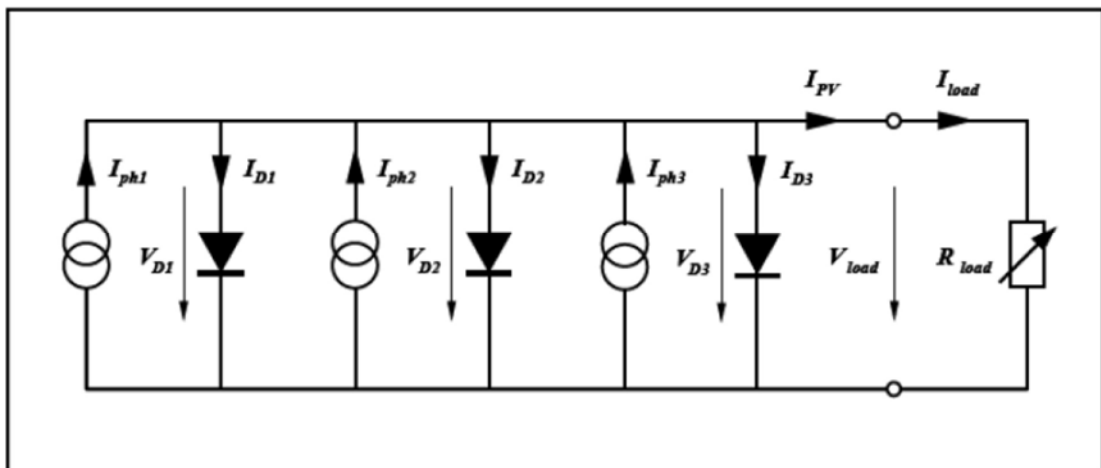
Σπάνια θα βρούμε σε εγκαταστάσεις μεμονωμένους ηλιακούς συλλέκτες. Η συνήθης πρακτική είναι να συνδέονται μεταξύ τους ώστε να καταφέρουμε να πάρουμε είτε μεγαλύτερη τάση ή μεγαλύτερη ένταση από τη συστοιχία τους. Παρακάτω θα δούμε τις δύο βασικές διατάξεις.

- **Παράλληλη σύνδεση**

Στην παράλληλη σύνδεση ηλιακών συλλεκτών αυξάνεται η ένταση του παραγόμενου ρεύματος, όπως βλέπουμε στην Εικόνα 5.2.

Στην προκειμένη περίπτωση η τάση της συστοιχίας μένει η ίδια με την τάση ενός συλλέκτη και αυξάνεται η ένταση της συστοιχίας πολλαπλάσια του αριθμού των συλλεκτών.

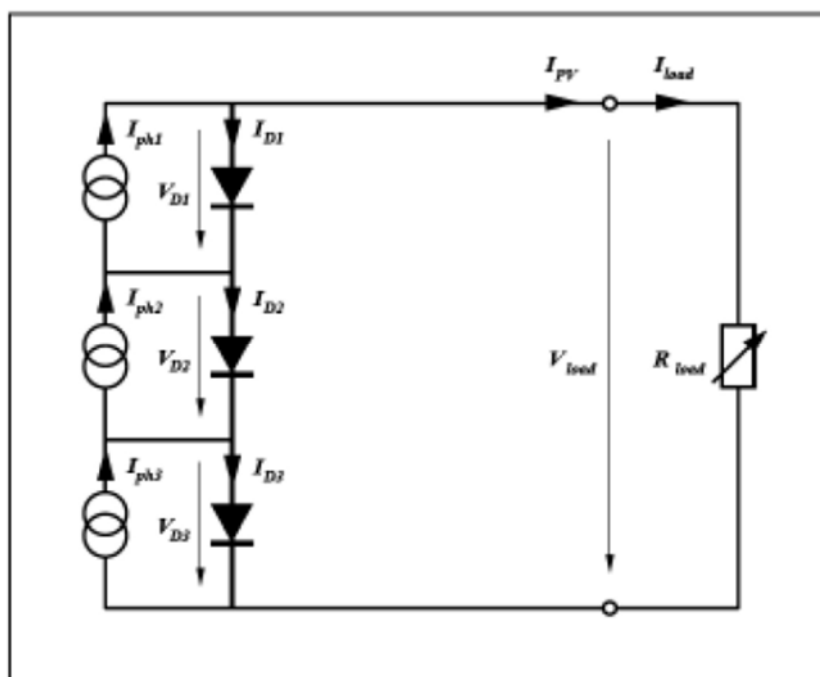
Δεν επιλέγεται η συγκεκριμένη διάταξη καθώς όσο αυξάνεται η ένταση στο κύκλωμα, τόσο μεγαλύτερης διατομής καλώδια θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν με αποτέλεσμα τις μεγαλύτερες απώλειες ισχύος στο σύστημα μας [\[23\]](#).



Εικόνα 5.2 Παράλληλη σύνδεση συλλεκτών Πηγή: TEETKM, 2011.

- **Σύνδεση σε σειρά**

Στην σύνδεση σε σειρά ηλιακών συλλεκτών αυξάνεται η τάση του παραγόμενου ρεύματος. Στην προκειμένη περίπτωση η ένταση της συστοιχίας παραμένει η ίδια καθώς έχουμε έναν κλάδο και αυξάνεται η τάση της συστοιχίας. Η ένταση, που παραμένει σε χαμηλά επίπεδα, μας επιτρέπει να χρησιμοποιούμε καλώδια μικρής διατομής και δεν έχουμε τις απώλειες που θα είχαμε αν πηγαίναμε στην προηγούμενη διάταξη. Μία τέτοια σύνδεση βλέπουμε στην Εικόνα 5.3



Εικόνα 5.3 Σύνδεση σε σειρά ηλιακών συλλεκτών Πηγή: TEETKM, 2011

Επιλέξαμε λοιπόν να συνδέσουμε τους ηλιακούς μας συλλέκτες σε σειρά για να εκμεταλλευτούμε τη χαμηλή ένταση και την υψηλή τάση που θα προκύψει. Άλλωστε, αυτό είναι κάτι σύμφωνο και με τη λειτουργία των αντιστροφέων που επιλέξαμε για το πάρκο μας [\[23\]](#).

Συνδέοντας 23 συλλέκτες σε σειρά σε μία συστοιχία έχουμε μέγιστη ονομαστική τάση ανοιχτοκυκλώματος $V_{oc} = 23 \cdot 52.27 = 1202.21V$ και μέγιστη τάση ισχύος $V_{mp} = 23 \cdot 43.71 = 1005.3V$, μεγέθη που συνάδουν με τα χαρακτηριστικά του αντιστροφέα μας, ο οποίος έχει εύρος τάσης 500 – 1500V με ιδανική τάση εισόδου τα 1080V, κάτι που μας είναι απολύτως ταιριαστό.

Η ένταση που θα προκύψει από μία συστοιχία 23 συλλεκτών θα είναι ίση με $I_{mp} = 14.30A$ και με τη μέγιστη τιμή της (ένταση βραχυκυκλώματος) να ανέρχεται στα $I_{sc} = 15.16A$. Στην

περίπτωση μας, ο αντιστροφείας μας επιτρέπει να συνδέσουμε δύο συστοιχίες σε κάθε είσοδο του, όπου η καθεμία έχει σαν μέγιστη ένταση τα 40A σε επίπεδο ονομαστικής λειτουργίας και τα 60A σε επίπεδο βραχυκυκλώματος. Οι υπολογισμοί μας συμφωνούν καθώς η ονομαστική ένταση ανέρχεται στα $2 \cdot 14,30 = 28.60\text{A}$ και η ένταση βραχυκυκλώματος στα $2 \cdot 15.16 = 30.32\text{A}$.

5.3.4 Βάσεις στήριξης ηλιακών συλλεκτών

Για την τοποθέτηση των ηλιακών συλλεκτών χρειάζεται προσεκτική μελέτη, δηλαδή την χωροταξική τοποθέτηση των πλαισίων ώστε να αποφευχθεί η σκίαση ενός από ένα άλλο και της διατήρησης χώρου για την ασφαλή τους λειτουργία, που αφορά δύο στάδια:

1. Την κατασκευή των βάσεων και τη συναρμολόγηση τους.
2. Τη στήριξη των συλλεκτών πάνω στις βάσεις.

Υπάρχουν διάφορα είδη βάσεων στήριξης [\[23\]](#)

1. Βάσεις σταθερού προσανατολισμού με δυνατότητα χειροκίνητης αυξομείωσης της κλίσης

Είναι η πιο συνηθισμένη επιλογή για φωτοβολταϊκό πάρκο και η πιο οικονομική επίσης. Υπάρχει δυνατότητα για χειροκίνητη αλλαγή στην κλίση τους, η οποία ενδείκνυται για να έχουμε τη μέγιστη απόδοση των ηλιακών συλλεκτών. Η αλλαγή στην κλίση μπορεί να γίνεται ανά μέρα, κάτι που μπορεί να είναι κουραστικό ή ανά εποχή που είναι και το πιο σύνηθες καθώς η γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων αλλάζει κατά το μέγιστο ανά εποχή.

2. Βάσεις με αυτόματη πορεία από ανατολικά προς δυτικά και με χειροκίνητη αυξομείωσης της κλίσης

Είναι μια λίγο πιο ακριβή λύση από την προηγούμενη αλλά πιο αποδοτική. Οι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται πάνω σε ένα ειδικά κατασκευασμένο μονοαξονικό σύστημα το οποίο ακολουθεί την πορεία του ήλιου από την ανατολή έως τη δύση του. Και εδώ η κλίση αλλάζει χειροκίνητα ανάλογα με την γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων. Η παρακολούθηση της διαδρομής του ήλιου γίνεται με αισθητήρες και η κίνηση των βάσεων γίνεται με κινητήρα σύμφωνα με την διαδρομή του ήλιου. Μπορεί να πετυχαίνουμε μεγαλύτερη και ποιοτικότερη συλλογή ηλιακής ενέργειας αλλά το κόστος είναι μεγαλύτερο και χρειάζεται περισσότερη συντήρηση στα κινούμενα μέρη καθώς και μεγαλύτερο χώρο εγκατάστασης.

3. Βάσεις με αυτόματη πορεία προς όλες τις κατευθύνσεις

Αποτελούν την πιο ακριβή λύση αλλά και την αποδοτικότερη ως προς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται πάνω σε μία ειδική βάση η οποία περιστρέφεται προς όλες τις κατευθύνσεις για να καταφέρνει την βέλτιστη κλίση σε κάθε στιγμή της ημέρας. Υπάρχουν δυο αισθητήρες και δύο κινητήρες που εξασφαλίζουν τη βέλτιστη κλίση. Το όλο σύστημα είναι προγραμματισμένο ώστε να περιστρέφεται με γωνιακή ταχύτητα ίση με την ωριαία γωνία του ήλιου. Αντίστοιχα αυτό το σύστημα χρειάζεται ακόμα μεγαλύτερη συντήρηση και ακόμα μεγαλύτερο χώρο εγκατάστασης.

5.4 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ

5.4.1 Εισαγωγή

Στο φωτοβολταϊκό μας πάρκο θα χρησιμοποιήσουμε αντιστροφείς της εταιρίας Sungrow, το μοντέλο SG350HX, με ονομαστική ισχύ στα 320kVA. Επιλέχθηκε η συγκεκριμένη εταιρία καθώς διατηρεί εξέχουσα θέση στη βιομηχανία κατασκευής εξοπλισμού για φωτοβολταϊκά πάρκα. Τα τελευταία χρόνια, η Sungrow και η Huawei κρατάνε τα σκήπτρα στην κατηγορία του αναφερθέντος εξοπλισμού και της αξιοπιστίας αυτών και η επιλογή μιας εκ των δύο αποτελεί μονόδρομο στην καλή λειτουργία του δικού μας πάρκου.

Σημαντικό σημείο επίσης είναι το ότι επιλέγουμε αντιστροφείς με βάση την μέγιστη ισχύ τους καθώς υπάρχουν ημέρες που το φωτοβολταϊκό πάρκο θα έχει τη μέγιστη απόδοση λόγω αυξημένης ηλιοφάνειας. Έτσι, θα ήταν εγκληματικό να επιλέξουμε κάποιον αντιστροφέα με χαμηλότερη ισχύ βάσει της μέσης απόδοσης του πάρκου.

5.4.2 Λίγα λόγια για τους αντιστροφείς

Ως αντιστροφέας ή inverter ονομάζουμε τη συσκευή που μετατρέπει το ρεύμα DC που παίρνει στην είσοδο του σε ρεύμα AC στην έξοδο του. Με τη μετατροπή αυτή έχουμε τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε το παραγόμενο ρεύμα είτε για δική μας χρήση, είτε για να το τροφοδοτήσουμε στο δίκτυο. Επιλέγουμε το μέγεθος του αντιστροφέα έτσι ώστε να μην προκύψει ψαλίδισμα στην παραγωγή από τους ηλιακούς συλλέκτες. Για παράδειγμα αν οι ηλιακοί συλλέκτες παράγουν 350kVA DC ρεύμα και ο αντιστροφέας έχει ισχύ 320kVA, τότε θα χάσουμε 30kVA σε παραγωγή λόγω της υποδιαστασιολόγησης του εξοπλισμού μας.

5.4.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά του αντιστροφέα

Στον Πίνακα 5.2 παρουσιάζονται τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των επιλεγμένων αντιστροφέων, βάσει των οποίων συνθέτουμε το πάρκο μας.

Πίνακας 5.2 Χαρακτηριστικά αντιστροφέα



Type designation	SG350HX
Input (DC)	
Max. PV input voltage	1500 V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	500 V / 550 V
Nominal PV input voltage	1080 V
MPP voltage range	500 V – 1500 V
No. of independent MPP inputs	12 (Optional: 14 / 16)
Max. number of input connector per MPPT	2
Max. PV input current	12 * 40 A (Optional: 14 * 30 A / 16 * 30 A)
Max. DC short-circuit current per MPPT	60 A
Output (AC)	
AC output power	352 kVA @ 30°C / 320 kVA @ 40 °C / 295 kVA @ 50°C
Max. AC output current	254 A
Nominal AC voltage	3 / PE, 800 V
AC voltage range	640 – 920 V
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
THD	< 3 % (at nominal power)
DC current injection	< 0.5 % In
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging
Feed-in phases / Connection phases	3 / 3
Efficiency	
Max. efficiency / European efficiency	99.02 % / 98.8 %

5.4.4 Συνδεσμολογία

Η συνδεσμολογία του συστήματος μας πρέπει να γίνεται πάντα με γνώμονα τα τεχνικά χαρακτηριστικά που θέλουμε για το πάρκο. Πρέπει, δηλαδή να δούμε τα χαρακτηριστικά των ηλιακών συλλεκτών για να επιλέξουμε τον κατάλληλο αντιστροφέα και κατ' επέκταση τα χαρακτηριστικά του αντιστροφέα για να επιλέξουμε τον κατάλληλο μετασχηματιστή και τους διάφορους διακόπτες για τον υποσταθμό μας.

Στην περίπτωση μας επιλέξαμε τα συγκεκριμένα πλαίσια έχουν μέγιστη ονομαστική τάση τα 625W. Αυτά θα τοποθετηθούν σε συστοιχίες των 23 , όπου όπως υπολογίσαμε παρακάτω, είμαστε μέσα στα όρια λειτουργίας του αντιστροφέα. Επιλέγουμε τη χρήση 10 αντιστροφέων αντί του ενός κεντρικού αντιστροφέα ή ενός μικροαντιστροφέα ανά συστοιχία λόγω κόστους και συντήρησης. Έτσι επιλέξαμε τη χρήση περισσότερων από έναν και λιγότερους από 230 αντιστροφείς με τον αριθμό 10 να είναι αποδεκτός και να μας προτείνεται από το SAM.

A. Κεντρικοί μετατροπείς

Ένας κεντρικός μετατροπέας, που συνήθως αναφέρεται ως μετατροπέας σειράς, είναι μια συσκευή που μετατρέπει την έξοδο DC μιας σειράς ηλιακών πάνελ σε AC. Αυτοί οι μετατροπείς είναι συνήθως μεγαλύτεροι και εγκαθίστανται σε κεντρική τοποθεσία, συχνά κοντά στον κύριο ηλεκτρικό πίνακα του σπιτιού ή σε εξωτερικό τοίχο.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης κεντρικών μετατροπέων περιλαμβάνουν:

- **Αποδοτικότητα κόστους :** Οι κεντρικοί μετατροπείς είναι γενικά λιγότερο ακριβοί ανά watt σε σύγκριση με τους μικρομετατροπείς, καθιστώντας τους πιο οικονομικούς για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις.
- **Καθιερωμένη τεχνολογία :** Έχοντας εμπειρία μεγαλύτερη από τους μικρομετατροπείς, οι κεντρικοί μετατροπείς έχουν αποδεδειγμένο ιστορικό και εμπιστεύονται πολλοί εγκαταστάτες.
- **Λιγότερος εξοπλισμός :** Με μόνο έναν μετατροπέα που απαιτείται για πολλαπλά πάνελ, υπάρχει λιγότερος εξοπλισμός για εγκατάσταση και συντήρηση στην οροφή.
- **Εύκολη Συντήρηση :** Δεδομένου ότι συνήθως εγκαθίστανται σε προσβάσιμες τοποθεσίες, οι κεντρικοί μετατροπείς είναι πιο εύκολοι στη συντήρηση ή την αντικατάσταση από τους πολλαπλούς μικρομετατροπείς στέγης.
- **Απόδοση σε ιδανικές συνθήκες:** Σε σενάρια όπου δεν υπάρχει σκίαση και όλα τα πάνελ έχουν σταθερό προσανατολισμό και κλίση, οι κεντρικοί μετατροπείς μπορούν να αποδώσουν εξαιρετικά καλά.

Από την άλλη πλευρά, τα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν:

- **Επίδραση Σκίασης :** Εάν ένα πάνελ σε μια συστοιχία δεν αποδίδει σωστά λόγω σκίασης ή υπολειμμάτων, η απόδοση ολόκληρης της συστοιχίας μπορεί να επηρεαστεί.
- **Περιορισμένη παρακολούθηση :** Οι κεντρικοί μετατροπείς δεν προσφέρουν λεπτομερή παρακολούθηση σε επίπεδο πίνακα. Εάν υπάρχει κάποιο πρόβλημα, μπορεί να είναι πιο δύσκολο να προσδιοριστεί ποιος συγκεκριμένος πίνακας δεν αποδίδει σωστά.

- **Μικρότερη Διάρκεια Ζωής:** Οι κεντρικοί μετατροπείς έχουν συχνά μικρότερη διάρκεια ζωής από τους μικρομετατροπείς, συνήθως χρειάζονται αντικατάσταση μετά από 10-15 χρόνια.
- **Λιγότερη ευελιξία :** Εάν θέλετε να επεκτείνετε το σύστημα αργότερα, ενδέχεται να χρειαστείτε έναν μεγαλύτερο μετατροπέα ή πρόσθετους μετατροπείς, ειδικά εάν ο αρχικός μετατροπέας λειτουργεί κοντά στην χωρητικότητά του.
- **Πιθανό Μοναδικό Σημείο Βλάβης :** Εάν ο κεντρικός μετατροπέας παρουσιάσει βλάβη, ολόκληρο το ηλιακό σύστημα σταματά να παράγει ηλεκτρική ενέργεια, ενώ τα συστήματα με μικρομετατροπείς ή βελτιστοποιητές ισχύος ενδέχεται να παρουσιάσουν μόνο μειωμένη απόδοση.

B. Μικρομετατροπείς

Όπως υποδηλώνει το όνομα, είναι μικρότεροι από έναν τυπικό μετατροπέα ηλιακής ενέργειας, περίπου στο μέγεθος ενός δρομολογητή WiFi. Οι μικρομετατροπείς συνήθως τοποθετούνται κάτω από κάθε ηλιακό πάνελ, σε αναλογία ενός μικρομετατροπέα για κάθε 1-4 πάνελ.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης μικρομετατροπέων περιλαμβάνουν:

- **Υψηλότερη απόδοση :** Η έξοδος των μετατροπέων συστοιχίας περιορίζεται από τον πίνακα με τη χαμηλότερη απόδοση στη συστοιχία. Αντίθετα, οι μικρομετατροπείς χρησιμοποιούν παράλληλο κύκλωμα, επομένως δεν περιορίζονται στον πίνακα με τη χαμηλότερη απόδοση.
- **Ακριβέστερη παρακολούθηση :** Δεδομένου ότι οι μικρομετατροπείς είναι συνδυασμένοι με μεμονωμένα ή ομαδοποιημένα ηλιακά πάνελ, οι χρήστες έχουν λεπτομερή πρόσβαση στην παρακολούθηση της παραγωγής ανά πάνελ αντί για ολόκληρο το σύστημα.
- **Ευκολότερη επέκταση :** Η κλιμάκωση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι τόσο εύκολη όσο η προσθήκη ενός μικρομετατροπέα για κάθε 1-4 νέα πάνελ που προστίθενται στο σύστημα.

- **Ταχεία απενεργοποίηση :** Οι μικρομετατροπείς μπορούν να απενεργοποιηθούν γρήγορα, κάτι που αποτελεί σημαντική απαίτηση στους νέους ηλεκτρικούς κώδικες σε περίπτωση ατυχήματος ή επείγουσας συντήρησης.
- **Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής:** Οι μικρομετατροπείς μπορούν να έχουν έως και 25 χρόνια εγγύηση έναντι 8-12 ετών για τους τυπικούς μετατροπείς.

Από την άλλη πλευρά, τα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν:

- **Υψηλότερο κόστος κτήσης:** Κατά μέσο όρο, οι μικρομετατροπείς μπορεί να είναι πάνω από 1.000 δολάρια ακριβότεροι από τους μετατροπείς συστοιχιών για μια τυπική οικιακή εγκατάσταση 5kW.
- **Πιο δύσκολη η συντήρηση ή η αντικατάσταση :** Η επισκευή ή η αντικατάσταση ενός ελαττωματικού μικρομετατροπέα είναι πιο δύσκολη, καθώς θα χρειαστεί να ανεβείτε στην οροφή, να εργαστείτε με τη σχάρα και να ξεβιδώσετε τον πίνακα για να αποκτήσετε πρόσβαση στη μονάδα.

5.5 ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ

Για τη σύνδεση του πάρκου με το δίκτυο μέσης τάσης της ΔΕΗ, θα χρειαστούμε υποσταθμούς με μετασχηματιστές ανύψωσης τάσεως από τα 800V που έχουν στην έξοδο τους οι αντιστροφείς στα 20kV που δέχεται το δίκτυο. Στη περίπτωση μας, επιλέγουμε έναν υποσταθμό παραγωγής όπως ονομάζεται και έναν υποσταθμό διασύνδεσης. Επιλέχθηκε ο υποσταθμός διασύνδεσης καθώς στα μελλοντικά σχέδια θεωρούμε ότι υπάρχει η επέκταση του φωτοβολταϊκού πάρκου γεωμετρικά, δηλαδή με τη δημιουργία μίας ή και δύο πανομοιότυπων διατάξεων 3,2MW έκαστην. Ο πίνακας μέσης τάσης στον υποσταθμό διασύνδεσης μας δίνει αυτή τη δυνατότητα καθώς είναι αρθρωτός και μπορούμε να προσθέσουμε εισόδους από γειτονικά πάρκα.

5.5.1 Υποσταθμός παραγωγής

Ο υποσταθμός παραγωγής του πάρκου θα είναι μέγιστης ισχύος 3,2MW και αποτελείται από τα ακόλουθα:

Α. Γενικός Πίνακας Μέσης Τάσης

Ο πίνακας μέσης τάσης του υποσταθμού είναι τύπου Unisec Air της εταιρίας ABB, όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.4 και τα χαρακτηριστικά του στον Πίνακα 5.3. Επιλέχθηκε

αυτός ο τύπος καθώς μετά από οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, κάθε φωτοβολταϊκό πάρκο που ηλεκτρίζεται έπειτα της 1/1/2026 πρέπει να έχει ως αέριο στον αυτόματο διακόπτη ισχύος καθαρό αέρα ή μείγμα αερίων που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα και όχι το εξαφθοριούχο θείο (SF6) που χρησιμοποιείται μέχρι στιγμής. Αυτό αποφασίστηκε καθώς το SF6, το οποίο είναι συνθετικό αέριο και το οποίο έχει άριστες μονωτικές ιδιότητες, είναι το πιο ζημιογόνο αέριο του θερμοκηπίου, με περίπου 24000 φορές μεγαλύτερο δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (GWP) σε περίοδο 100 ετών (["2.10.2 Direct Global Warming Potentials". Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. Archived](#)) [20].



Εικόνα 5.4 Πίνακας Μέσης Τάσης της ABB τύπου Unisec Air

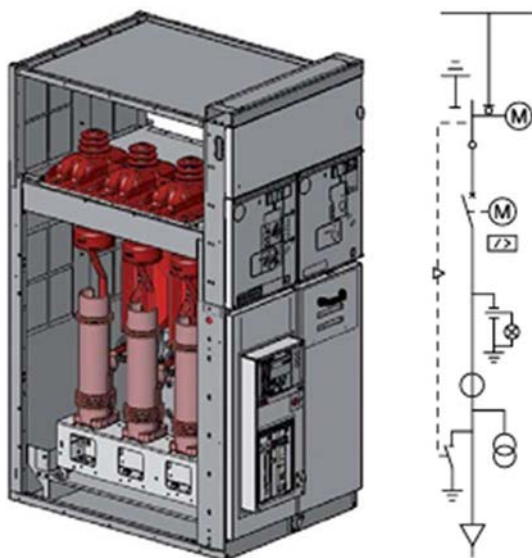
Πίνακας 5.3 Χαρακτηριστικά Unisec Air

Switchgear electrical characteristics		
Rated voltage	kV	12
Test voltage (50-60 Hz x 1 min)	kV	28
Impulse withstand voltage	kV	75
Rated frequency	Hz	50-60
Rated main busbar current	A	630/800/1250
Rated current of apparatus:		
VD4/R-Sec - VD4/L-Sec - HD4/R-Sec - HD4/RE-Sec removable circuit-breaker	A	630/800/1250 ⁽¹⁾
VD4/R-Sec - HD4/R-Sec withdrawable circuit-breaker	A	630
ConVac removable vacuum contactor	A	400
HySec multi-function apparatus	A	630
GSec gas load break switch	A	630/800/1250 ⁽²⁾
AirD air disconnecter	A	1250
VD4/P withdrawable circuit-breaker	A	630/1250
VD4/Sec withdrawable circuit-breaker	A	-
HD4/Sec withdrawable circuit-breaker	A	630/1250
VSC/P withdrawable vacuum contactor	A	400
Rated short time withstand current	kA (3s)	12.5/16/20 ⁽³⁾ / 25 ⁽³⁾
Peak current	kA	31.5/40/50 ⁽²⁾ / 62.5 ⁽³⁾
Internal arc withstand current (up to IAC AFLR)	kA (1s)	12.5/16/20 ⁽²⁾ / 25 ⁽⁴⁾

Ο πίνακας μέσης τάσης θα αποτελείται από τις παρακάτω κυψέλες:

- Κυψέλη προστασίας του μετασχηματιστή **SBC** (Εικόνα 5.5)

SBC – Feeder with circuit-breaker and load break switch

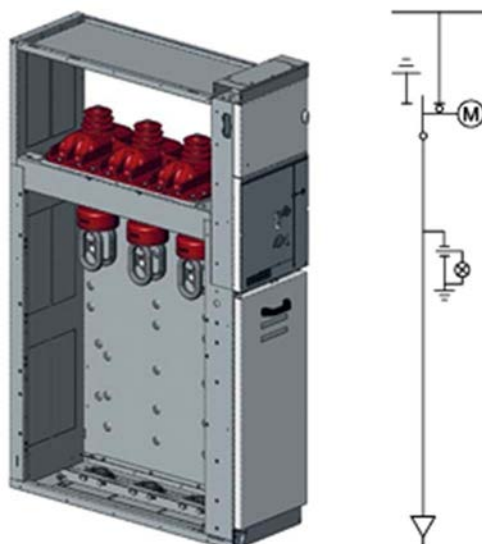


Εικόνα 5.5 Κυψέλη προστασίας με αυτόματο διακόπτη ισχύος SBC

Η κυψέλη αυτή έχει αυτόματο διακόπτη ισχύος κενού για την προστασία του μετασχηματιστή. Επίσης έχει έναν διακόπτη φορτίου και έναν ηλεκτρονόμο ο οποίος δέχεται μετρήσεις από διάφορα σημεία του πίνακα, τις οποίες ελέγχει και αποφασίζει για την καλή λειτουργία του. Για τις μετρήσεις θα χρησιμοποιηθούν μετασχηματιστές εντάσεως και τάσεως μικρής ισχύος της τάξης των 10VA. Αυτή η κυψέλη είναι υπεύθυνη για την προστασία του πίνακα και συνάμα όλου του πάρκου από δυσλειτουργία του μετασχηματιστή και αντίστροφα, δηλαδή της προστασίας του μετασχηματιστή από δυσλειτουργία του πίνακα [\[20\]](#).

- Κυψέλη σύνδεσης του υποσταθμού παραγωγής με τον υποσταθμό διασύνδεσης **SDC** (Εικόνα 5.6)

SDC – Feeder with load break switch



Εικόνα 5.6 Κυψέλη με διακόπτη φορτίου για σύνδεση στον υποσταθμό διασύνδεσης SDC

Η κυψέλη αυτή προορίζεται για τη διασύνδεση των δύο υποσταθμών. Περιέχει αλεξικέραυνα για την προστασία του υπόλοιπου υποσταθμού από κεραυνικά φαινόμενα και έναν διακόπτη φορτίου. Στον Πίνακα 5.3 βρίσκονται τα χαρακτηριστικά των κυψελών Unisec Air.

B. Μετασχηματιστής

Ο μετασχηματιστής του υποσταθμού παραγωγής θα έχει τις ακόλουθες προδιαγραφές

- Ανύψωση τάσης από τα 800V από την έξοδο των αντιστροφών στα 20kV στο δίκτυο μέσης τάσης της ΔΕΗ.
- Ισχύς 3200kVA στους 40°C βυθισμένος σε έλαιο για την ψύξη του, με διάταξη Dyn11 και στην κατηγορία απωλειών EcoTier2.
- Τάση βραχυκυκλώσεως V_{sc} ίση με 6%.
- Προστασία από υπερθέρμανση του μετασχηματιστή, με σήμα αυτού να πηγαίνει στον ηλεκτρονόμο προστασίας για την απενεργοποίηση του πάρκου με σκοπό την προστασία όλου του εξοπλισμού.

Γ. Γενικός Πίνακας Χαμηλής Τάσης

Ο γενικός πίνακας χαμηλής τάσης θα αποτελείται από έναν γενικό αυτόματο διακόπτη ισχύος 2500A για την προστασία του πίνακα.

Επίσης υπάρχουν στον πίνακα:

- 10 ασφαλειοδιακόπτες 315A για την προστασία κάθε αντιστροφέα
- 1 αλεξικέραυνο για την προστασία του πίνακα από κεραυνικά φαινόμενα
- Βοηθητικός μετασχηματιστής 5kVA 0,8/0,4kV για την λειτουργία του βοηθητικού πίνακα που θα παρέχει ενέργεια σε άλλα συστήματα του υποσταθμού, τα οποία δουλεύουν σε τάση 400V(τριφασική)/230V(μονοφασική)
- Βοηθητικός πίνακας χαμηλής τάσης
- Μετρητικά και συσκευές επιτήρησης

5.5.2 Υποσταθμός διασύνδεσης

Ο υποσταθμός διασύνδεσης αποτελείται από το διαμέρισμα για τον γενικό πίνακα μέσης τάσης, ένα διαμέρισμα για τον δικό του βοηθητικό μετασχηματιστή που θα καλύπτει τις ανάγκες του υποσταθμού και ένα διαμέρισμα για τον βοηθητικό πίνακα χαμηλής τάσης, για τα συστήματα επιτήρησης και προστασίας του υποσταθμού και γενικά του πάρκου και χώρο για γραφείο.

Α. Γενικός Πίνακας Μέσης Τάσης

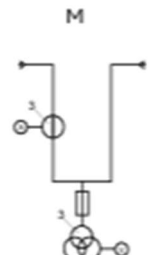
Ο γενικός πίνακας μέσης τάσης θα είναι της εταιρίας ABB τύπου Safeplus, διατάξεως MVVF και θα αποτελείται από 4 κυψέλες σε αρχικό στάδιο, καθώς εκ κατασκευής του θα είναι αρθρωτός με δυνατότητα επέκτασης στο μέλλον για αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ίδιας διάταξης φωτοβολταϊκά πάρκα, όπως φαίνεται ενδεικτικά στην Εικόνα 5.7 [\[20\]](#).



Εικόνα 5.7 Πίνακας Μέσης Τάσης Safeplus της ABB

- Κυψέλη μετρήσεων M

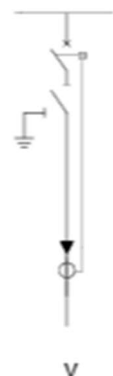
Η κυψέλη αυτή θα περιέχει όλους τους απαραίτητους μετασχηματιστές εντάσεως και τάσεως μικρής ισχύος της τάξεως των 10VA που χρειάζονται για όλες τις μετρήσεις που χρειαζόμαστε για την παρακολούθηση του πίνακα (Εικόνα 5.8) [\[20\]](#).



Εικόνα 5.8 Κυψέλη M

- Κυψέλη εξόδου προς δίκτυο ΔΕΗ V

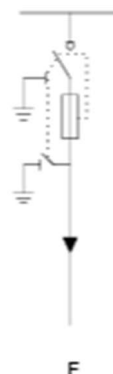
Η κυψέλη αυτή αποτελείται από ένα αυτόματο διακόπτη ισχύος, μετασχηματιστές εντάσεως και έναν ηλεκτρονόμο, ο οποίος επιτηρεί και διατηρεί την καλή λειτουργία της κυψέλης και σε περίπτωση σφάλματος βγάζει εκτός λειτουργίας τον πίνακα (Εικόνα 5.9) [\[20\]](#).



Εικόνα 5.9 Κυψέλη V

- Κυψέλη εισόδου από υποσταθμό παραγωγής V

Η κυψέλη αυτή δέχεται την ισχύ που παράγει ο υποσταθμός παραγωγής του πάρκου μας. Αυτής της διάταξης θα είναι και κάθε άλλη, όταν αποφασίσουμε να επεκτείνουμε τον πίνακα και να αυξήσουμε την παραγόμενη ισχύ με την δημιουργία συγγενούς πάρκου. Αποτελείται από ένα αυτόματο διακόπτη ισχύος, μετασχηματιστές εντάσεως και έναν ηλεκτρονόμο, ο οποίος επιτηρεί και διατηρεί την καλή λειτουργία της κυψέλης και σε περίπτωση σφάλματος βγάζει εκτός λειτουργίας τον πίνακα (Εικόνα 5.9)[20].



- Κυψέλη προστασίας βοηθητικού μετασχηματιστή F

Η κυψέλη αυτή αποτελείται από έναν ασφαλειοδιακόπτη που ασφαλίζει τον βοηθητικό μετασχηματιστή του υποσταθμού (Εικόνα 5.10).

B. Βοηθητικός Μετασχηματιστής

Ο μετασχηματιστής αυτός είναι ισχύος 50kVA ξηρού τύπου με φυσική ή εξαναγκασμένη μέθοδο αερισμού, υποβάθμισης τάσεως 0,8/0,4kV, απωλειών EcoTier2 και θα παρέχει ηλεκτρική ενέργεια στον βοηθητικό πίνακα χαμηλής τάσης του υποσταθμού διασύνδεσης.

Εικόνα 5.10 Κυψέλη F

Γ. Βοηθητικός Πίνακας Χαμηλής Τάσης

Ο πίνακας αυτός θα αποτελείται από μικροαυτόματους διακόπτες για την ασφάλιση όλων των βοηθητικών κυκλωμάτων που θα τοποθετηθούν στο διαμέρισμα της χαμηλής τάσης. Αυτά είναι

- Σύστημα SCADA για την επιτήρηση καλής λειτουργίας του εξοπλισμού του πάρκου και απομακρυσμένου ελέγχου λειτουργίας του.
- Σύστημα CCTV για την απομακρυσμένη εποπτεία του πάρκου με κάμερες
- Ανεμιστήρες για τον εξαναγκασμένο αερισμό των διαμερισμάτων του υποσταθμού.
- Φωτισμός και λοιπό ηλεκτρολογικό υλικό για τις ανάγκες του υποσταθμού
- Σύστημα κλιματισμού

Κεφάλαιο 6 ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην μελέτη που διεξήχθη θα χρησιμοποιηθούν 5290 ηλιακοί συλλέκτες συνολικά και χωροθετούνται ως εξής: 23 συλλέκτες ανά συστοιχία και 230 συστοιχίες παράλληλα στην διάταξη. Για αυτή τη διάταξη επιλέχθηκε αριθμός 10 αντιστροφών. Οι 230 συστοιχίες θα μοιραστούν ισάξια στους 10 αντιστροφείς.

Με τη βοήθεια του SAM δημιουργήθηκαν οι συγκεκριμένες πλειάδες και έγινε η ηλεκτρολογική διάταξη βάσει των ηλεκτρολογικών χαρακτηριστικών των ηλιακών συλλεκτών και των αντιστροφών.

6.2 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

Οι ηλιακοί συλλέκτες έχουν ισχύ 625Wp στην μέγιστη στιγμή συλλογής ηλιακής ενέργειας. Οι αντιστροφείς έχουν ονομαστική ισχύ 320kVA στους 40 βαθμούς Κελσίου.

Ο υποσταθμός παραγωγής έχει ισχύ 3200kVA στην μέση κατάσταση λειτουργίας

Συνολική έκταση εγκατάστασης 50 στρέμματα όπου θα εγκατασταθούν οι φωτοβολταϊκοί συλλέκτες σε σειρές, ο υποσταθμός παραγωγής και ο υποσταθμός διασύνδεσης με το δίκτυο.

Τοποθετήθηκε περίφραξη στο πάρκο για την προστασία από διαρρήξεις και κλοπές και τοποθετήθηκε επίσης σύστημα ασφαλείας με κάμερες για την παρακολούθησή του.

Όλη η καλωδίωση του πάρκου λήφθηκε υπόψιν στο κόστος του εργολάβου που ανέλαβε την κατασκευή του.

6.3 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΑΘΜΩΝ

Στην Εικόνα 6.1 παρουσιάζεται στιγμιότυπο από την εφαρμογή Google Maps όπου φαίνεται η τοποθεσία του πάρκου με δρόμους του εθνικού δικτύου παραπλεύρως. Οι συντεταγμένες του οικοπέδου είναι 39.47464697690583, 22.7562510275443 και βρίσκεται στο Στεφανοβίκειο Μαγνησίας. Στην Εικόνα 6.2 παρουσιάζεται και η χωροθέτηση του εξοπλισμού μας.



Εικόνα 6.1 Οικόπεδο εγκατάστασης [\[19\]](#)



Εικόνα 6.2 Χωροθέτηση ηλιακών συλλεκτών (κόκκινο), αντιστροφών (μπλε) και των υποσταθμών (πράσινο παραγωγή και κίτρινο διασύνδεση) [\[19\]](#)

Παρουσιάζονται αναλυτικά στους παρακάτω πίνακες και συγκεκριμένα, στον Πίνακα 6.1 οι παραδοχές για την μελέτη που εκπονούμε, στον Πίνακα 6.2 το κόστος και η χρηματοδότηση ενός τέτοιου εγχειρήματος, στον Πίνακα 6.3 τα αναλυτικά στοιχεία των χρηματικών ροών και τέλος στον Πίνακα 6.4 τα έξοδα για το πάρκο και κάποιες υποθέσεις που κάνουμε για τις βλάβες που μπορεί να προκύψουν [\[21\]](#).

Πίνακας 6.1 Παραδοχές

Τρέχουσα τιμή ανά μονάδα	0,06 ευρώ/kWh
Μέση ετήσια απόδοση περιοχής ανά εγκατεστημένη ισχύ	1.679 kWh/kWp
Επιτόκιο δανείου	4,5%
Ποσοστό φόρου εισοδήματος	22% λόγω ένταξης του πάρκου σε Ανώνυμη Εταιρία
Ποσοστό δανειοδότησης	80%
	1.779.120 ευρώ
Ιδία κεφάλαια	444.780 ευρώ
Ενοικίαση οικοπέδου	60.000/έτος
100 ευρώ/στρέμμα/έτος	

Πίνακας 6.2 Πίνακας κόστους και χρηματοδότησης

Μέγεθος επένδυσης	3200 kWp
Κόστος κατασκευής ανά kWp	593 ευρώ
Σημείωση: Στο κόστος κατασκευής περιέχονται • Το κόστος των 5290 ηλιακών συλλεκτών • Το κόστος των 10 αντιστροφών • Το κόστος της περίφραξης και του λοιπού εξοπλισμού ασφαλείας • Το κόστος καλωδίωσης του εξοπλισμού • Το κόστος των βάσεων στήριξης των συλλεκτών • Το κατασκευαστικό κόστος	
Συνολικό κόστος επένδυσης	1.897.600,00 ευρώ
Σύνδεση με το δίκτυο	15.000 ευρώ
Κόστος υποσταθμού παραγωγής	95.000 ευρώ
Κόστος υποσταθμού διασύνδεσης	75.000 ευρώ
Μεταφορικά 2% επί του εξοπλισμού	41.300 ευρώ
Διάφορα απρόβλεπτα κόστη	100.000 ευρώ
Συνολικό κόστος	2.223.900 ευρώ

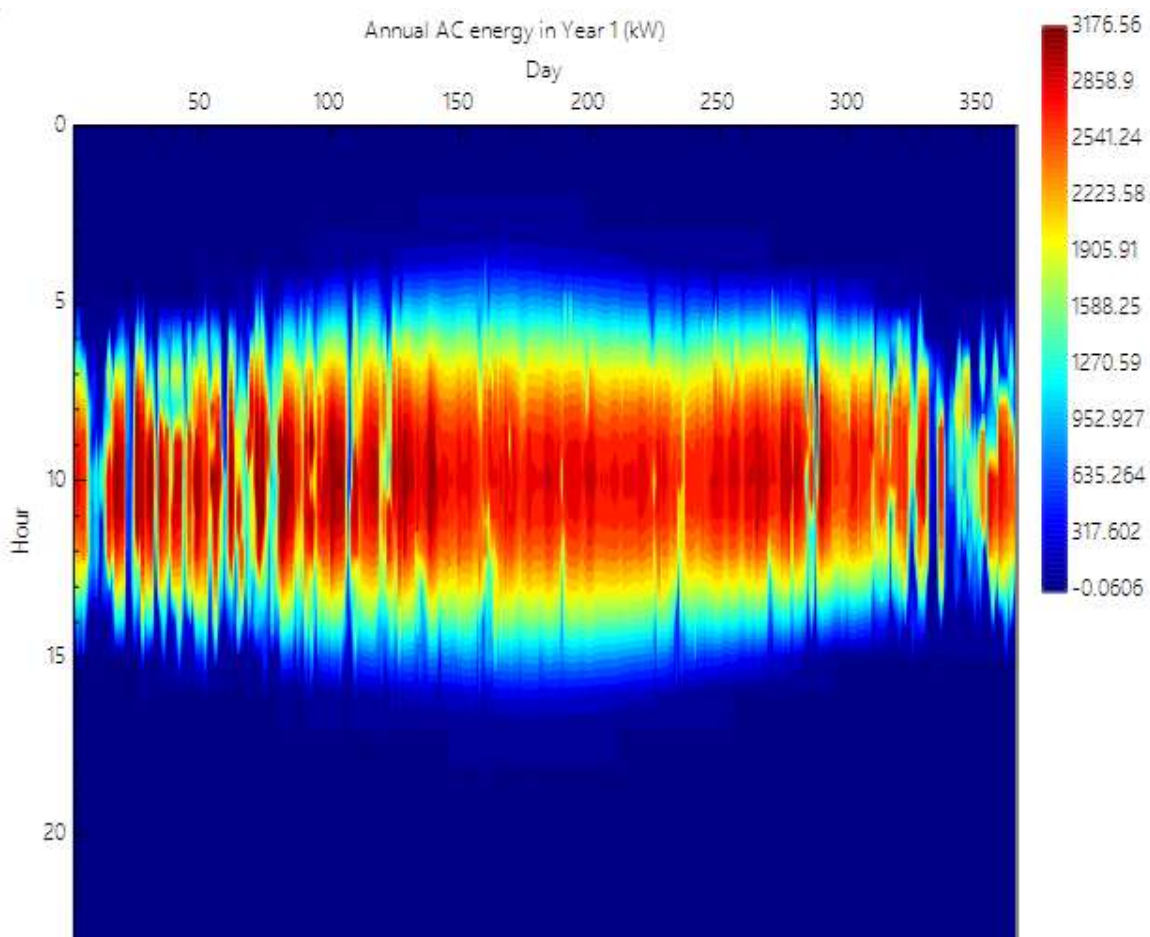
Λαμβάνεται υπόψιν μείωση στις τιμές πώλησης ενέργειας 0,5% ανά έτος ώστε συνολικά να συμμορφώνεται με τις τιμές του χρηματιστηρίου ενέργειας.

Πίνακας 6.3 Αναλυτικές χρηματικές ροές

Έτος	Παραγωγή ή σε kWh	Έσοδα σε ευρώ	Ετήσιο ενοίκιο	Δόση δανείου σε ευρώ	Υπόλοιπο δανείου σε ευρώ	Καθαρά έσοδα προ φόρων σε ευρώ	Φορολογί α 22%	Τελικό κέρδος σε ευρώ τέλος του χρόνου
0	0	0	0	0	1.779.120,00	0	0	0
1	5.551.570	333.077	60.000	156.000	1.696.245,45	177.077,40	25.757,03	91.320,37
2	5.540.340	330.742	60.000	156.000	1.609.565,90	174.741,58	25.243,15	89.498,43
3	5.529.100	328.420	60.000	156.000	1.518.976,37	172.420,20	24.732,44	87.687,76
4	5.517.870	326.114	60.000	156.000	1.424.310,30	170.114,36	24.225,16	85.889,20
5	5.506.630	323.823	60.000	156.000	1.325.384,27	167.822,77	23.721,01	84.101,76
6	5.495.390	321.546	60.000	156.000	1.222.006,56	165.545,95	23.220,11	82.325,84
7	5.484.150	319.284	60.000	156.000	1.113.976,85	163.283,80	22.722,44	80.561,37
8	5.472.910	317.036	60.000	156.000	1.001.085,81	161.036,24	22.227,97	78.808,26
9	5.461.660	314.803	60.000	156.000	883.114,67	158.802,59	21.736,57	77.066,02
10	5.450.420	312.584	60.000	156.000	759.834,83	156.583,92	21.248,46	75.335,46
11	5.439.170	310.379	60.000	156.000	631.007,40	154.379,00	20.763,38	73.615,62
12	5.427.920	308.188	60.000	156.000	496.382,73	152.188,32	20.281,43	71.906,89
13	5.416.670	306.012	60.000	156.000	355.699,96	150.011,78	19.802,59	70.209,19
14	5.405.420	303.849	60.000	156.000	208.686,45	147.849,30	19.326,85	68.522,46
15	5.394.170	301.701	60.000	156.000	55.057,35	145.700,80	18.854,18	66.846,63
16	5.382.920	299.566	60.000	55.057	0	244.508,84	40.591,94	143.916,90
17	5.371.660	297.445	60.000	0	0	297.444,83	52.237,86	185.206,96
18	5.360.400	295.337	60.000	0	0	295.337,19	51.774,18	183.563,01
19	5.349.140	293.243	60.000	0	0	293.243,19	51.313,50	181.929,69
20	5.337.890	291.163	60.000	0	0	291.163,29	50.855,92	180.307,37
21	5.326.630	289.096	60.000	0	0	289.096,32	50.401,19	178.695,13
22	5.315.360	287.042	60.000	0	0	287.042,20	49.949,28	177.092,92
23	5.304.100	285.002	60.000	0	0	285.001,93	49.500,42	175.501,51
24	5.292.830	282.974	60.000	0	0	282.974,35	49.054,36	173.920,00
25	5.281.570	280.960	60.000	0	0	280.960,46	48.611,30	172.349,16
Συνολικά Καθαρά Έσοδα							2.936.177,89 ευρώ	

Πίνακας 6.4 Έξοδα και Υποθέσεις βλαβών

Έξοδα για εκμετάλλευση 25 χρόνων	Σε ευρώ
Εξυπηρέτηση δανείου	2.395.057,00
Μίσθωση οικοπέδου	1.500.000,00
Φορολογία εισοδήματος	828.152,74
Υποθέσεις	
Κάθε 5 χρόνια χρειάζονται αλλαγή 200 ηλιακοί συλλέκτες λόγω φθοράς, καταστροφής κ.τ.λ.	5 πενταετίες * 200 συλλέκτες/πενταετία * 75 ευρώ = 75.000
Κάθε 5 χρόνια χρειάζεται αλλαγή 1 αντιστροφέας λόγω φθοράς, καταστροφής κ.τ.λ.	5 πενταετίες * 1 αντιστροφέας/πενταετία * 6.950 ευρώ = 34.750



Εικόνα 6.3 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά τον πρώτο χρόνο

Κεφάλαιο 7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο τέλος αυτής της μελέτης έβγαλα το συμπέρασμα ότι ένα φωτοβολταϊκό πάρκο αυτού του μεγέθους χρειάζεται μεγάλη αρχική επένδυση. Δεδομένου ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της επένδυσης θα καλυφθεί από ένα επαγγελματικό δάνειο, το δικό μας αναλογούν κόστος παραμένει υψηλό, αλλά όχι δυσθεώρητο καθώς φαίνεται ότι η επένδυση μας επιστρέφεται σε μερικά χρόνια και η ολική αποπληρωμή του δανείου γίνεται κάποια χρόνια μετά το μέσο της χρονικής διάρκειας εκμετάλλευσης του πάρκου. Θεώρησα δεδομένο τα 25 χρόνια εκμετάλλευσης καθώς είναι το τυπικό χρονικό διάστημα εκμεταλλεύσεως ενός πάρκου. Μετά το πέρας αυτού, ο εξοπλισμός έχει αρκετά μεγάλη πτώση απόδοσης που μας ωθεί στην, σε μεγάλο ποσοστό αν όχι ολική, αντικατάσταση του.

Προκύπτει ότι η επένδυση μας έχει αρκετά μεγάλο ποσοστό επιστροφής. Μπορεί κάποια ποσά να φαίνονται πολύ μικρά ή πολύ μεγάλα, αλλά θεωρήθηκε σκόπιμο η επιλογή ενός μέσου ποσού σε όλες τις ποσότητες για την διενέργεια αυτής της μελέτης. Παρόλα αυτά, τα μεγέθη, αναλογικά, συμβαδίζουν με την πραγματικότητα. Επιπλέον σε εξαιρετικές περιπτώσεις, θα προκύψουν εκτεταμένες βλάβες στον εξοπλισμό, που δεν έχουν υπολογιστεί καθώς και θα υπάρξουν δυσλειτουργίες των επιμέρους κομματιών που θα αντικατασταθούν εντός εγγύησης που παρέχει ο προμηθευτής-κατασκευαστής. Τέλος, στο κόστος του εξοπλισμού προβλέφθηκε κλοπή κάποιου εξοπλισμού και το κόστος αντικατάστασης αυτού.

Συμπερασματικά, η μεγάλη αυτή επένδυση θα επιφέρει αρκετά μεγάλο κέρδος σε μικρό χρονικό διάστημα σε σύγκριση με την περίοδο εκμετάλλευσης του φωτοβολταϊκού μας πάρκου και βλέπουμε ότι αυτή ξεπερνάει σαν ποσό αυτό της αρχικής μας επένδυσης.

Βιβλιογραφία

- [1] N. Armaroli, V. Balzani. (2011). *"Towards an electricity-powered world". Energy and Environmental Science.*
- [2] H. Ritchie, M. Roser, P. Rosado. (2024). *"Renewable Energy". Our World in Data.*
- [3] R. Ehrlich, H. A. Geller, H. Geller, (2018). *Renewable energy: a first course (2nd ed.). Boca Raton London New York: Taylor & Francis, CRC Press.*
- [4] J. Timperley. (2021). *"Why fossil fuel subsidies are so hard to kill". Nature. 598 (7881): 403–405.*
- [5] Y. H Wan. (2012). *Long-term wind power variability.*
- [6] I. Dincer (2000). *Renewable energy and sustainable development: a crucial review.*
- [7] N.L. Panwar, S.C. Kaushik, S. Kothari. (2011). *Role of renewable energy sources in environmental protection: A review.*
- [8] N. Kannan, D. Vakeesan. (2016). *Solar energy for future world: - A review.*
- [9] M. V. Zombeck. (1990). *Handbook of Space Astronomy and Astrophysics 2nd edition.*
- [10] E. V. Pitjeva, E. M. Standish. (2009). *Proposals for the masses of the three largest asteroids, the Moon–Earth mass ratio and the Astronomical Unit*
- [11] D. F. Gray. (1992). *The Inferred Color Index of the Sun.*
- [12] M. Woolfson. (2000). *The origin and evolution of the solar system.*
- [13] V. Devabhaktuni. (2013). *Solar energy: trends and enabling technologies.*
- [14] A. M. Sayigh. (1981). *Characteristics of Solar Radiation.*
- [15] C. A. Gueymard. (2015). *Uncertainties in Transposition and Decomposition Models: Lesson Learned.*
- [16] S. A. Kalogirou. (2004). *Solar thermal collectors and applications.*
- [17] H. Fu, X. Zhao, L. Ma, T. Zhang, Q. Wu, H. Sun. (2017). *A comparative study on three types of solar utilization technologies for buildings: Photovoltaic, solar thermal and hybrid photovoltaic/thermal systems.*
- [18] M. K. Gupta, S. C. Kaushik, K. R. Ranjan, N. L. Panwar, V. Siva-Reddy, S. K. Tyagi. (2015). *Thermodynamic performance evaluation of solar and other thermal power generation systems: A review.*
- [19] Google, Google Maps (www.google.com/maps/)

- [20] ABB Unisec Air and Safeplus MV Switchgear (<https://new.abb.com/medium-voltage/switchgear/air-insulated/iec-and-other-standards/iec-indoor-secondary-distribution-ais-unisec>)
- [21] ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. Συχνές ερωτήσεις για φωτοβολταϊκά πάρκα και διασύνδεση (<https://deddie.gr/el/themata-stathmon-ape-sithia/>)
- [22] NREL System Advisory Model (SAM) Tutorials page (<https://sam.nrel.gov/>)
- [23] Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας – Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας: Οδηγός μελέτης και υλοποίησης Φωτοβολταϊκών έργων (<https://tkm.tee.gr/>)