



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΟΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΑΕΡΟΝΑΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**<<Προσεγγίσεις Αξιολόγησης Χώρων Τοποθέτησης Φωτοβολταϊκών
Πάρκων>>**

“Approaches to the Evaluation of Photovoltaic Park Siting Areas”

Φοιτητής: Φραγκούλιας Νικόλαος

A.M.: 1059436

Επιβλέπων καθηγητής: Καρακαπιλίδης Νίκος

ΠΑΤΡΑ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2024

Πανεπιστήμιο Πατρών, Μηχανολόγων Μηχανικών και Αεροναυπηγών
Φραγκούλιας Νικόλαος

© 6^ο έτος – Με την επιφύλαξη παντός δικαιώματος

Τμήμα Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών Μηχανικών – Τομέας Ενέργειας,
Αεροναυτικής και Περιβάλλοντος

Η έγκριση της σπουδαστικής εργασίας δεν υποδηλώνει την αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα. Κατά τη συγγραφή τηρήθηκαν οι αρχές της ακαδημαϊκής δεοντολογίας.

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
Abstract	7
Κεφάλαιο 1 ^ο – Εισαγωγή στις ΑΠΕ.....	9
1.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή	10
1.2 Πρόσφατες και τρέχουσες εξελίξεις	12
1.3 Τρέχουσες και μελλοντικές τάσεις.....	13
1.4 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).....	14
1.4.1 Ηλιακή Ενέργεια	15
1.4.2 Υδροηλεκτρική Ενέργεια	21
1.4.3 Γεωθερμική ενέργεια	25
1.4.4 Ενέργεια από βιομάζα	28
1.4.5 Αιολική Ενέργεια	32
Κεφάλαιο 2 ^ο Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ σε Ελλάδα και ΕΕ	36
2.1 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ σε Ελλάδα και ΕΕ με έμφαση στην ηλιακή ενέργεια.....	36
2.2 Η ενεργειακή κατάσταση και το ενεργειακό πρόβλημα της ΕΕ	38
2.3 Η ενεργειακή κατάσταση της Ελλάδας και οι προοπτικές από την εκμετάλλευση των ΑΠΕ	39
2.4 Η πρόοδος και η πολιτική της Ελλάδας στη χρήση ΑΠΕ	41
2.5 Οι προοπτικές της ηλιακής ενέργειας στον τομέα των ΑΠΕ	44
Κεφάλαιο 3 ^ο Ηλιακή Ενέργεια και χρήση των γέω-πληροφοριακών συστημάτων για προσδιορισμό της κατάλληλης τοποθεσίας ηλιακού πάρκου.	46
3.1 Μέθοδος πολυκριτηριακής λήψης αποφάσεων (πολυκριτηριακή ανάλυση).....	46
3.2 Η χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) στη χωροθέτηση ΑΠΕ.....	49

3.3 Βασικές λειτουργίες των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) στη χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων	52
3.4 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών & Αλγόριθμοι	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο Σύνοψη- Συμπεράσματα	64
4.1 Σύνοψη- Συμπεράσματα	64
Βιβλιογραφία	69

<<Προσεγγίσεις Αξιολόγησης Χώρων Τοποθέτησης Φωτοβολταϊκών Πάρκων>>

Φραγκούλιας Νικόλαος

Περίληψη

Η παρούσα διατριβή εμβαθύνει στο δυναμικό τοπίο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) με ιδιαίτερη έμφαση στην ηλιακή ενέργεια και τον κεντρικό της ρόλο στα ενεργειακά χαρτοφυλάκια της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ). Το Κεφάλαιο 1 παρέχει μια ολοκληρωμένη εισαγωγή στις ΑΠΕ, ανιχνεύει μια σύντομη ιστορική αναδρομή, εξετάζει τις πρόσφατες και τρέχουσες εξελίξεις και προβλέπει τις μελλοντικές τάσεις. Το ποικίλο φάσμα των ΑΠΕ, συμπεριλαμβανομένων της ηλιακής, της υδροηλεκτρικής, της γεωθερμίας, της βιομάζας και της αιολικής ενέργειας, διερευνάται λεπτομερώς, θέτοντας το υπόβαθρο για μια εις βάθος ανάλυση.

Το Κεφάλαιο 2 εξετάζει το τοπίο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα και την ΕΕ, τονίζοντας τη σημασία της ηλιακής ενέργειας. Το κεφάλαιο αξιολογεί την ενεργειακή κατάσταση και τα προβλήματα στο πλαίσιο της ΕΕ, σκιαγραφεί το ενεργειακό σενάριο της Ελλάδας και υπογραμμίζει την πρόοδο και τις πολιτικές της χώρας στην αξιοποίηση των ΑΠΕ, με ιδιαίτερη προσοχή στις προοπτικές της ηλιακής ενέργειας.

Ο πυρήνας της διατριβής εκτυλίσσεται στο Κεφάλαιο 3, εστιάζοντας στην Ηλιακή Ενέργεια και τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) για τη διάκριση βέλτιστων θέσεων για ηλιακά πάρκα. Χρησιμοποιείται μια πολυκριτηριακή μέθοδος λήψης αποφάσεων, που υποστηρίζεται από μια ολοκληρωμένη διερεύνηση εφαρμογών GIS στη χωροταξία των ΑΠΕ. Το κεφάλαιο εμβαθύνει στις θεμελιώδεις λειτουργίες του GIS στη χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων και εξετάζει εξονυχιστικά τη διασταύρωση μεταξύ Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών και αλγορίθμων για τη βελτίωση της ακρίβειας λήψης αποφάσεων.

Συνοπτικά, η διατριβή πλοηγείται στον περίπλοκο ιστό των ΑΠΕ, μεγεθύνοντας την ηλιακή ενέργεια και χρησιμοποιεί μεθοδολογίες GIS για να εντοπίσει τις καταλληλότερες τοποθεσίες για εγκαταστάσεις ηλιακών πάρκων. Μέσω μιας πολυκριτηριακής ανάλυσης, η έρευνα στοχεύει να συνεισφέρει πολύτιμες γνώσεις στη βιώσιμη ανάπτυξη των υποδομών ηλιακής ενέργειας. Τα ευρήματα ενσωματώνουν μια ολιστική προοπτική που περιλαμβάνει ιστορικές, σύγχρονες και προοπτικές διαστάσεις των ΑΠΕ, παρέχοντας τελικά μια λεπτή κατανόηση του ενεργειακού τοπίου στην Ελλάδα και του ευρύτερου κοινωνικού πλαισίου.

Η διατριβή ολοκληρώνεται με μια περίληψη βασικών γνώσεων και συμπερασμάτων που προέκυψαν από την έρευνα, προσφέροντας μια συνεκτική αφήγηση που γεφυρώνει τις θεωρητικές και πρακτικές πτυχές που διερευνήθηκαν. Η βιβλιογραφία ενοποιεί ένα ευρύ φάσμα πηγών που στηρίζουν την επιστημονική εξερεύνηση που αναλαμβάνεται σε αυτή τη διατριβή.

Λέξεις-κλειδιά:

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), Ηλιακή Ενέργεια, Υδροηλεκτρική Ενέργεια, Γεωθερμία, Ενέργεια από Βιομάζα, Αιολική Ενέργεια, Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας, Ελλάδα, Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), Ενεργειακή Πολιτική, Λήψη Αποφάσεων πολλαπλών Κριτηρίων, Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS), Φωτοβολταϊκά Πάρκα, Ενεργειακό Τοπίο, Αειφορία, Ενεργειακή Μετάβαση, Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις, Ανάλυση Πολιτικής, Ενεργειακές Προοπτικές, Ενεργειακή Κατάσταση, Αλγόριθμοι GIS, Τοποθέτηση ηλιακού πάρκου, Χωρική Ανάλυση, Ενεργειακή Υποδομή, Μετριασμός της Κλιματικής Αλλαγής.

“Approaches to the Evaluation of Photovoltaic Park Siting Areas”**Fragkoulias Nikolaos****Abstract**

This thesis delves into the dynamic landscape of Renewable Energy Sources (RES) with a specific focus on solar energy and its pivotal role in the energy portfolios of Greece and the European Union (EU). Chapter 1 provides a comprehensive introduction to RES, tracing a brief historical review, examining recent and current developments, and forecasting future trends. The diverse spectrum of RES, including solar, hydroelectric, geothermal, biomass, and wind energy, is explored in detail, setting the stage for an in-depth analysis.

Chapter 2 scrutinizes the electricity production landscape from RES in Greece and the EU, emphasizing the significance of solar energy. The chapter evaluates the energy situation and problems within the EU context, delineates Greece's energy scenario, and underscores the nation's progress and policies in harnessing RES, with particular attention to solar energy prospects.

The core of the thesis unfolds in Chapter 3, focusing on Solar Energy and the utilization of Geographical Information Systems (GIS) to discern optimal locations for solar parks. A multi-criteria decision-making method is employed, supported by a comprehensive exploration of GIS applications in the zoning of RES. The chapter delves into the fundamental functions of GIS in siting photovoltaic parks and scrutinizes the intersection between Geographic Information Systems and algorithms to enhance decision-making precision.

In summary, the thesis navigates the intricate web of RES, zooming in on solar energy, and employs GIS methodologies to ascertain the most suitable locales for solar park installations. Through a multi-criteria analysis, the research aims to contribute valuable insights to the sustainable deployment of solar energy infrastructure. The

findings encapsulate a holistic perspective encompassing historical, contemporary, and prospective dimensions of RES, ultimately providing a nuanced understanding of the energy landscape in Greece and the broader EU context.

The thesis concludes with a summary of key insights and conclusions drawn from the research, offering a cohesive narrative that bridges the theoretical and practical aspects explored. The bibliography consolidates a diverse range of sources that underpin the scholarly exploration undertaken in this thesis.

Keywords:

Renewable Energy Sources (RES), Solar Energy, Hydroelectric Energy, Geothermal Energy, Biomass Energy, Wind Energy, Electricity Production, Greece, European Union (EU), Energy Policy, Multi-Criteria Decision-Making, Geographical Information Systems (GIS), Photovoltaic Parks, Energy Landscape, Sustainability, Energy Transition, Environmental Impact, Policy Analysis, Energy Prospects, Energy Situation, GIS Algorithms, Solar Park Siting, Spatial Analysis, Energy Infrastructure, Climate Change Mitigation.

Κεφάλαιο 1^ο – Εισαγωγή στις ΑΠΕ

Η ενέργεια είναι ζωτικής σημασίας για την ικανοποίηση των βασικών ανθρώπινων αναγκών. Είναι απαραίτητο για την ανθρώπινη υγεία, την καθημερινή ζωή, τις επικοινωνίες και την κινητικότητα και, γενικά, την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη και ευημερία. Οι ενεργειακές ανάγκες του κόσμου έχουν αυξηθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια και, καθώς οι πληθυσμοί αυξάνονται, σε συνδυασμό με την οικονομική και τεχνολογική ανάπτυξη, αναμένεται να αυξηθούν ακόμη περισσότερο. Ο παγκόσμιος πληθυσμός προβλέπεται να αυξηθεί σε περίπου 9 δισεκατομμύρια έως το 2050. Σύμφωνα με την Υπηρεσία Ενεργειακών Πληροφοριών των ΗΠΑ (ΕΙΑ), μεταξύ 2018 και 2050, η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας προβλέπεται να αυξηθεί κατά σχεδόν 50%. Από τη βιομηχανική επανάσταση και μέχρι τώρα, τα ορυκτά καύσιμα είναι η κύρια πηγή ενέργειας και η χρήση τους έχει αυξηθεί σε σχεδόν 10.000 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου. Το 2010, τα ορυκτά καύσιμα παρείχαν περίπου το 80% της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας παγκοσμίως και αναμένεται να χρησιμοποιηθούν στην ίδια σημαντική ποσότητα στο μέλλον για την κάλυψη των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών. Πιο συγκεκριμένα, τα ορυκτά καύσιμα αναμένεται να αποτελούν το 78% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας παγκοσμίως το 2040.

Η αρνητική επίδραση των ορυκτών καυσίμων στο περιβάλλον είναι γνωστή εδώ και πολύ καιρό. Η καύση και η χρήση τους οδηγούν σε μεγάλες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, γεγονός που είναι άμεση αιτία της υπερθέρμανσης του πλανήτη και της κλιματικής αλλαγής. Σύμφωνα με την EPA (United States Environmental Protection Agency), το 65% των συνολικών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG) είναι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που προέρχονται από ορυκτά καύσιμα και βιομηχανικές διεργασίες. Το Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC) το 1992 έθεσε τις βάσεις για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, δηλώνοντας ότι η μείωση είναι απαραίτητη προκειμένου να αποφευχθούν καταστροφικές συνέπειες στο περιβάλλον. Επιπλέον, τα Ηνωμένα Έθνη πρότειναν τους 17 Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης το 2015 που περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, τα θέματα της καθαρής ενέργειας, της κλιματικής

αλλαγής και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, θέτοντας ως στόχο την εφαρμογή πολιτικών και στρατηγικών μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Ένα από τα κύρια μέτρα μείωσης είναι ο περιορισμός της χρήσης των ορυκτών καυσίμων και η μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές, καθώς η ενέργεια θεωρείται βασικός παράγοντας για τη βιώσιμη ανάπτυξη. Επιπλέον, οι περιορισμένες πηγές ορυκτών καυσίμων και το υψηλό τους κόστος καθιστούν τη μετάβαση στις ανανεώσιμες πηγές πιο απαραίτητη προκειμένου να διασφαλιστεί η ενεργειακή ασφάλεια και να καλυφθεί η ενεργειακή ζήτηση. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν μέσο μερίδιο 17,5% στη συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας παγκοσμίως την περίοδο 1990–2015 και αναμένεται να είναι η ταχύτερα αναπτυσσόμενη μορφή ενέργειας στο μέλλον (Halkos and Gkampoura 2020).

1.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή

Η χρονολογία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εκτείνεται σε αιώνες, με πλούσια ιστορία τεχνολογικών προόδων και αλλαγών στις μεθόδους παραγωγής ενέργειας. Ακολουθεί μια ολοκληρωμένη ανάλυση της χρονολογίας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας:

Προ-βιομηχανική επανάσταση (Προ-18ος αιώνας):

Αιολική ενέργεια: Η παλαιότερη καταγεγραμμένη χρήση της αιολικής ενέργειας χρονολογείται από τους αρχαίους πολιτισμούς, όπου οι ανεμόμυλοι χρησιμοποιούνταν για διάφορους σκοπούς, όπως η άλεση σιτηρών και η άντληση νερού.

Υδροηλεκτρική ενέργεια: Οι τροχοί του νερού χρησιμοποιούνται από την αρχαιότητα για να αξιοποιήσουν τη δύναμη του ρέοντος νερού για διάφορες μηχανικές εργασίες.

18ος αιώνας:

Ανάπτυξη υδροηλεκτρικής ενέργειας: Οι υδρόβιες ρόδες και οι νερόμυλοι έγιναν πιο διαδεδομένοι κατά τη διάρκεια της Βιομηχανικής Επανάστασης για την τροφοδοσία μηχανημάτων και εργοστασίων.

19ος αιώνας:

Ηλιακή ενέργεια: Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο ανακαλύφθηκε από τον Alexandre-Edmond Becquerel το 1839, το οποίο έθεσε τα θεμέλια για την ανάπτυξη των ηλιακών κυψελών.

Γεωθερμία: Η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ξεκίνησε με την ανάπτυξη του πρώτου σταθμού γεωθερμίας στην Ιταλία το 1904.

Αρχές 20ου αιώνα:

Ανεμογεννήτριες: Η πρώτη ανεμογεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατασκευάστηκε στις αρχές του 20ου αιώνα, σηματοδοτώντας την αρχή της σύγχρονης αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας.

Μέσα του 20ου αιώνα:

Πυρηνική ενέργεια: Αν και δεν είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, η πυρηνική ενέργεια έγινε εξέχουσα πηγή ηλεκτρικής ενέργειας στα μέσα του 20ου αιώνα, εν μέρει ως εναλλακτική λύση στα ορυκτά καύσιμα.

Ενέργεια από βιομάζα: Η βιομάζα, κυρίως το ξύλο και τα γεωργικά υπολείμματα, συνέχισε να αποτελεί σημαντική πηγή ενέργειας σε πολλά μέρη του κόσμου.

Τέλη 20ου αιώνα:

Ηλιακά Φωτοβολταϊκά: Η ανάπτυξη αποδοτικών ηλιακών κυψελών στα τέλη του 20ου αιώνα οδήγησε στην ανάπτυξη της ηλιακής βιομηχανίας, με ευρεία χρήση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Σύγχρονη Αιολική Ενέργεια: Οι εξελίξεις στην τεχνολογία των ανεμογεννητριών και η ανάπτυξη των αιολικών πάρκων συνέβαλαν στην αυξημένη χρήση της αιολικής ενέργειας.

Τέλη 20ου αιώνα έως αρχές 21ου αιώνα:

Βιοκαύσιμα: Το βιοντίζελ και η βιοαιθανόλη έγιναν πιο εμφανή ως εναλλακτικά καύσιμα για τη μεταφορά και τη θέρμανση.

Κυματική και Παλιρροιακή Ενέργεια: Πειραματικά έργα για την αξιοποίηση της δύναμης των κυμάτων και των παλιρροιών του ωκεανού κέρδισαν την προσοχή κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου.

21ος αιώνας:

Τεχνολογικές εξελίξεις: Η συνεχιζόμενη έρευνα και ανάπτυξη έχουν οδηγήσει σε σημαντικές βελτιώσεις στις τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθιστώντας τις πιο αποτελεσματικές και οικονομικά αποδοτικές.

Αποθήκευση ενέργειας: Οι εξελίξεις στις τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας, ιδιαίτερα στις μπαταρίες, έχουν κάνει τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας πιο αξιόπιστες αντιμετωπίζοντας ζητήματα διαλείπουσας λειτουργίας.

Πολιτική και επενδύσεις: Οι κυβερνήσεις και οι φορείς του ιδιωτικού τομέα υποστηρίζουν και επενδύουν όλο και περισσότερο σε έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συμβάλλοντας στην ευρεία υιοθέτησή τους.

1.2 Πρόσφατες και τρέχουσες εξελίξεις

Υπεράκτια αιολικά πάρκα: Τα υπεράκτια έργα αιολικής ενέργειας έχουν κερδίσει έλξη σε διάφορες χώρες, αξιοποιώντας τους ισχυρούς και σταθερούς ανέμους πάνω από τους ωκεανούς.

Προηγμένες Γεωθερμικές Τεχνολογίες: Τα ενισχυμένα γεωθερμικά συστήματα (EGS) και οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής δυαδικού κύκλου έχουν βελτιώσει την απόδοση της παραγωγής γεωθερμικής ενέργειας.

Αναδυόμενες τεχνολογίες: Οι ερευνητές συνεχίζουν να εξερευνούν τεχνολογίες αιχμής, όπως ηλιακά κύτταρα περοβσκίτη και προηγμένες συσκευές κυματικής ενέργειας.

1.3 Τρέχουσες και μελλοντικές τάσεις

Αποκέντρωση: Η ανάπτυξη των κατανεμημένων συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αλλάζει τον τρόπο παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας, επιτρέποντας σε άτομα και κοινότητες να παράγουν τη δική τους ενέργεια.

Ενοποίηση δικτύου: Οι προσπάθειες για την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα υπάρχοντα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας και τη βελτίωση της ανθεκτικότητας του δικτύου συνεχίζονται.

Παγκόσμια επέκταση: Η ανανεώσιμη ενέργεια γίνεται πιο προσιτή και προσιτή σε πολλά μέρη του κόσμου, συμβάλλοντας στη μείωση των εκπομπών άνθρακα και στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής.

Συμπερασματικά, η χρονολογία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι μια ιστορία συνεχούς καινοτομίας και προσαρμογής για την αξιοποίηση βιώσιμων πηγών ενέργειας. Καθώς ο κόσμος αντιμετωπίζει τις προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής και της ενεργειακής βιωσιμότητας, η ανάπτυξη και η υιοθέτηση τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο στη διαμόρφωση του μελλοντικού μας ενεργειακού τοπίου (Sørensen 1991).

1.4 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)

Ενέργεια που μπορεί να πραγματοποιηθεί από φυσικούς πόρους όπως το φως του ήλιου, ο άνεμος, η βροχή, οι παλίρροιες, τα κύματα και η γεωθερμία ονομάζεται ανανεώσιμη ενέργεια. Όλοι οι φυσικοί πόροι ενέργειας που είναι επαναλαμβανόμενοι και συνεπείς ως προς τη διαθεσιμότητα μπορούν να ονομαστούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Προμηθεύονται και διατηρούνται από το τοπικό περιβάλλον. Με διαφορά ο ήλιος είναι η κύρια πηγή ενέργειας. Η αιολική ενέργεια είναι επίσης παράγωγο της ηλιακής ενέργειας. Επί του παρόντος, η ηλιακή και η αιολική ενέργεια αποτελούν τα κύρια συστατικά της ανανεώσιμης ενέργειας που παράγεται και χρησιμοποιείται με μεγαλύτερη επιτυχία. Χώρες σε όλο τον κόσμο εξαρτώνται όλο και περισσότερο από αυτούς τους τρόπους ενέργειας για τις μελλοντικές ανάγκες ενέργειας σε μεγάλο βαθμό. Οι λόγοι για αυτό είναι η εξάντληση των ορυκτών καυσίμων, οι περιβαλλοντικοί προβληματισμοί και η οικονομία. Στο πλαίσιο αυτό, είναι απαραίτητο να θυμόμαστε τη σημασία της αειφόρου ανάπτυξης. Για να διαφυλαχθούν τα συμφέροντα των μελλοντικών γενεών, είναι ζωτικής σημασίας η αναγέννηση της χρησιμοποιημένης ενέργειας από τη φύση. Η κατανάλωση ενέργειας πρέπει να ταιριάζει με τη φυσική αναπλήρωση. Ως αποτέλεσμα, η ενεργειακή ασφάλεια πρέπει να αξιολογείται σε συνδυασμό με όλους τους ισχύοντες περιορισμούς. Η κλιματική αλλαγή είναι ένας από τους παράγοντες που ωθούν το κυνήγι για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η μέση θερμοκρασία επιφάνειας στη Γη ανεβαίνει όλο και περισσότερο και αν αυτό επιτραπεί περαιτέρω να αυξηθεί από τις κυβερνήσεις και τα Ηνωμένα Έθνη, θα ακολουθήσουν καταστροφικές συνέπειες. Η υπερβολική αύξηση της θερμοκρασίας προκαλείται από τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου, υδροφθοράνθρακες και εξαφθοριούχο πυρίτιο). Μια άλλη σημαντική ανησυχία είναι η ετήσια αύξηση κατά 10% της τιμής του πετρελαίου τα τελευταία 15 χρόνια. Αυτό υποστηρίζεται περαιτέρω από την αύξηση της ζήτησης πετρελαίου σε σχέση με την παραγωγή. Τα ορυκτά καύσιμα είναι σπάνια και εξαντλούνται γρήγορα. Ως αποτέλεσμα, προέκυψε η ζήτηση για εναλλακτικές πηγές ενέργειας που είναι βιώσιμες, ασφαλείς και ανταγωνιστικές σε σχέση με τις παραδοσιακές πηγές. Ένα ημι-ευέλικτο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας που τροφοδοτείται από ανανεώσιμες πηγές

ενέργειας είναι ιδιαίτερα επιθυμητό. Τα πρότυπα για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αντιμετωπίζονται ειδικά στα πρότυπα της Διεθνούς Ηλεκτροχημικής Επιτροπής (Murty 2017).

1.4.1 Ηλιακή Ενέργεια

Η λέξη "Ηλιακή Ενέργεια" αναφέρεται στους πολυάριθμους τύπους ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο. Ο ήλιος, όπως όλοι γνωρίζουμε, εκπέμπει φως και θερμότητα. Αυτά τα δύο στοιχεία εκπέμπονται και απορροφώνται από το έδαφος, όπου μετατρέπονται σε διαφορετικά είδη ενέργειας. Η ηλιακή ενέργεια αναφέρεται στην ενέργεια που προέρχεται από το φως του ήλιου ή τη θερμότητά του. Παράγεται είτε σε φωτοβολταϊκά είτε σε συστήματα συμπυκνωμένης ηλιακής ενέργειας. Τα φωτοβολταϊκά είναι πάνελ που μπορούν να μετατρέψουν το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια γρήγορα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για προσωπική χρήση και σε μεγαλύτερη κλίμακα και αποτελούν μια από τις σημαντικότερες σύγχρονες τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αναμένεται να έχουν πολύ σημαντικό ρόλο στη μελλοντική παραγωγή ενέργειας και ηλεκτρικής ενέργειας. Τα συστήματα συμπυκνωμένης ηλιακής ενέργειας χρησιμοποιούν κάτοπτρα για τη συλλογή ηλιακών ακτίνων που θερμαίνουν το υγρό και ο ατμός που προκύπτει κινεί έναν στρόβιλο για να παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Ο ήλιος μπορεί να παράγει ενέργεια ατελείωτα, πράγμα που σημαίνει ότι η ηλιακή ενέργεια θα μπορούσε ενδεχομένως να εξαλείψει τη χρήση ορυκτών καυσίμων και να καλύψει όλες τις ενεργειακές απαιτήσεις. Πιο συγκεκριμένα, ο ήλιος μπορεί να παρέχει «περισσότερο από 7500 φορές τη συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας παγκοσμίως», σύμφωνα με το Παγκόσμιο Συμβούλιο Ενέργειας. Επιπλέον, η ηλιακή ενέργεια δεν ρυπαίνει και δεν βλάπτει το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία, ενώ θα μπορούσε να προσφέρει ενεργειακή ασφάλεια αφού η ηλιακή ενέργεια είναι διαθέσιμη παντού στον πλανήτη (Bandaru et al. 2021). Παρόλο που ο ήλιος παράγει άπειρη ποσότητα ενέργειας, η ενέργεια που χρησιμοποιείται που προέρχεται από ηλιακές πηγές υπολογίζεται σε περίπου 0,04%. Ο λόγος για αυτό σχετίζεται με το κόστος του, αφού η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ εξακολουθεί να είναι ακριβή, παρά τις νέες τεχνολογικές εξελίξεις και παρόλο που το κόστος έχει μειωθεί πολύ την τελευταία δεκαετία.

Παρόλο που έχει υψηλή απόδοση και χαμηλό λειτουργικό κόστος που θα ήταν οικονομικά επωφελές στο μέλλον, το αρχικό κόστος και το κόστος του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας εξακολουθούν να είναι αρκετά υψηλά.

Ο άνθρωπος ιστορικά εκμεταλλεύτηκε τον ήλιο και τη θερμότητα που απελευθερώνει για τις καθημερινές του ανάγκες αφού είναι ένα απαιτούμενο αγαθό. Η χρήση του ηλίου περιλαμβάνει την παραγωγή θερμότητας και φωτός, τη χρήση του στη γεωργία και τη συνολική συμβολή του στα φυτά και στο φυσικό περιβάλλον. Πολλή ρύπανση δημιουργείται ως συνέπεια της ανεξέλεγκτης ανθρώπινης δραστηριότητας στο φυσικό περιβάλλον μέσω ποικίλων δραστηριοτήτων, που απαιτούν γρήγορα μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος. Ένα από τα πιο σημαντικά κριτήρια είναι η χρήση αντικειμένων που μπορεί να ωφελήσουν άμεσα την κοινωνία και τα άτομα. Ως αποτέλεσμα, η μετάβαση στην ηλιακή ενέργεια σηματοδοτεί την αναγκαιότητα διατήρησης του περιβάλλοντος ενώ παράλληλα παράγεται ηλεκτρική ενέργεια. Η ενέργεια που παράγεται σήμερα στο έθνος μέσω των ορυκτών καυσίμων μολύνει την ατμόσφαιρα με διοξείδιο του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένα αποδεδειγμένο καρκινογόνο που συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και στην επικίνδυνη κλιματική αλλαγή. Η μεταλιγνιτική φάση σκοπεύει να αποτρέψει την παγκόσμια κλιματική αλλαγή μετατοπίζοντας σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κυρίως ηλιακή. Σήμερα, ένα μικρό κλάσμα της ηλιακής ενέργειας που διεισδύει στην επιφάνεια του πλανήτη χρησιμοποιείται χρησιμοποιώντας τρία είδη συστημάτων: θερμικά ηλιακά, παθητικά ηλιακά και φωτοβολταϊκά συστήματα, τα χαρακτηριστικά των οποίων συζητούνται στην επόμενη ενότητα (Bandaru et al. 2021).



Εικόνα 1. Ηλιακό Πάρκο. Πηγή (Holden 2021).

Ενεργητικά ηλιακά θερμικά συστήματα

Η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε θερμική ενέργεια για την παροχή θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης στα κτίρια είναι γνωστή ως ενεργή ηλιακή θερμική αξιοποίηση. Ο χειμώνας στην Ελλάδα είναι ψυχρός και ξηρός, με παρατεταμένη περίοδο θέρμανσης και υψηλή κατανάλωση ενέργειας. Το χειμώνα, η ενέργεια που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση κτιρίων και την παροχή ζεστού νερού κατοικιών αντιπροσωπεύει τα δύο τρίτα της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας ενός κτιρίου. Ως αποτέλεσμα, η χρήση ηλιακής ενέργειας για θέρμανση και παροχή ζεστού νερού είναι ένα ουσιαστικό βήμα προς τη μηδενική χρήση ενέργειας στα κτίρια (Lin, et al. 2020).

Οι διαφορετικοί χώροι διαβίωσης έχουν διαφορετικές απαιτήσεις θερμοκρασίας και ταχύτητας ροής για ζεστό νερό οικιακής χρήσης. Η σωστή επιλογή πηγών θερμότητας μπορεί να βοηθήσει στην αύξηση της ενεργειακής απόδοσης του συστήματος. Με τη χρήση σπατάλης γεωθερμικού νερού, αντλίας θερμότητας με πηγή αέρα και ηλιακής ενέργειας ως πηγές θερμότητας για ζεστό νερό οικιακής χρήσης σε διάφορους χώρους διαβίωσης, καλύφθηκε το 97,2% των ετήσιων αναγκών θέρμανσης, μειώνοντας αποτελεσματικά την κατανάλωση ενέργειας ζεστού νερού οικιακής χρήσης (Lin, et al. 2020).

Τα ενεργά ηλιακά θερμικά συστήματα είναι ένα υποσύνολο τεχνολογιών ηλιακής ενέργειας που αξιοποιούν την ενέργεια του ήλιου για να παράγουν θερμότητα για διάφορες εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένης της θέρμανσης χώρου, της παραγωγής ζεστού νερού, ακόμη και της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν μηχανικό εξοπλισμό, όπως αντλίες και ανεμιστήρες, για τη συλλογή, την αποθήκευση και τη διανομή της ηλιακής θερμότητας αποτελεσματικά. Ακολουθεί μια ευρεία ανάλυση των ενεργών ηλιακών θερμικών συστημάτων:

Τύποι ενεργών ηλιακών θερμικών συστημάτων:

Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης Νερού: Αυτά είναι τα πιο κοινά ενεργά ηλιακά θερμικά συστήματα και χρησιμοποιούνται για ζεστό νερό οικιακής χρήσης και θέρμανση χώρων. Συνήθως αποτελούνται από ηλιακούς συλλέκτες, ένα ρευστό μεταφοράς θερμότητας (συνήθως μείγμα νερού και γλυκόλης), έναν εναλλάκτη θερμότητας και μια δεξαμενή αποθήκευσης.

Συστήματα ηλιακής θέρμανσης χώρου: Αυτά τα συστήματα έχουν σχεδιαστεί για τη θέρμανση εσωτερικών χώρων, συχνά αντλώντας θερμαινόμενο υγρό μέσω θερμαντικών σωμάτων, συστημάτων ενδοδαπέδιας θέρμανσης ή συστημάτων εξαναγκασμένου αέρα.

Συστήματα ηλιακής ψύξης: Αυτά είναι λιγότερο κοινά, αλλά αυξάνονται σε δημοτικότητα. Χρησιμοποιούν ηλιακή θερμική ενέργεια για να τροφοδοτήσουν ψύκτες απορρόφησης ή αποξηραντικά συστήματα ψύξης για κλιματισμό.

Στοιχεία ενεργών ηλιακών θερμικών συστημάτων:

Ηλιακά Συλλέκτες: Είναι οι συσκευές που συλλαμβάνουν και απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία. Οι συνήθεις τύποι περιλαμβάνουν επίπεδους συλλέκτες και συλλέκτες συγκέντρωσης όπως παραβολικές γούρνες ή συλλέκτες πιάτων.

Ρευστό μεταφοράς θερμότητας: Τα ηλιακά θερμικά συστήματα χρησιμοποιούν ένα ρευστό μεταφοράς θερμότητας για να συλλάβουν τη θερμότητα από τους συλλέκτες και να τη μεταφέρουν στο σημείο χρήσης. Τα κοινά υγρά περιλαμβάνουν νερό, γλυκόλη ή ειδικά έλαια.

Εναλλάκτες θερμότητας: Αυτές οι συσκευές μεταφέρουν τη συλλεγόμενη θερμότητα από το ρευστό μεταφοράς στο μέσο (αέρας ή νερό) που χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρου ή άλλες εφαρμογές.

Δεξαμενές αποθήκευσης: Η θερμική ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί σε δεξαμενές, συχνά μονωμένες, για να διασφαλιστεί η συνεχής παροχή ζεστού νερού ή θέρμανσης χώρου, ακόμη και όταν ο ήλιος δεν λάμπει.

Αντλίες και ανεμιστήρες: Τα ενεργά συστήματα χρησιμοποιούν μηχανικά εξαρτήματα όπως αντλίες για την κυκλοφορία του υγρού μεταφοράς θερμότητας και ανεμιστήρες για τη διανομή του θερμού αέρα.

Συστήματα ελέγχου: Αυτά τα συστήματα διαθέτουν εξελιγμένους ελεγκτές για τη διαχείριση της λειτουργίας των αντλιών, των ανεμιστήρων και άλλων εξαρτημάτων για τη βελτιστοποίηση της δέσμευσης και διανομής ενέργειας.

Αποτελεσματικότητα και Απόδοση:

Τα ενεργά ηλιακά θερμικά συστήματα είναι γενικά πιο αποτελεσματικά από τα παθητικά συστήματα επειδή μπορούν να συλλάβουν και να μετατρέψουν υψηλότερο ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε χρήσιμη θερμότητα.

Η απόδοση αυτών των συστημάτων επηρεάζεται από παράγοντες όπως ο τύπος συλλέκτη, η γεωγραφική θέση, ο σχεδιασμός του συστήματος και η συντήρηση.

Εφαρμογές:

Θέρμανση Νερού κατοικιών και επαγγελματικών χώρων: Τα ενεργά ηλιακά θερμικά συστήματα χρησιμοποιούνται ευρέως για ζεστό νερό χρήσης σε σπίτια και επιχειρήσεις, μειώνοντας την εξάρτηση από ορυκτά καύσιμα.

Θέρμανση χώρου: Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται επίσης για θέρμανση χώρων σε κατοικίες, εμπορικούς και βιομηχανικούς χώρους, ιδιαίτερα σε ψυχρότερες περιοχές.

Βιομηχανικές Διεργασίες: Ορισμένες βιομηχανίες χρησιμοποιούν ηλιακά θερμικά συστήματα για την παροχή θερμότητας διεργασιών για την κατασκευή ή άλλες βιομηχανικές εφαρμογές.

Ηλιακή ψύξη: Τα ηλιακά θερμικά συστήματα χρησιμοποιούνται για κλιματισμό και ψύξη, με δυνατότητα μείωσης της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη.

Περιβαλλοντικά και Οικονομικά Οφέλη:

Τα ενεργά ηλιακά θερμικά συστήματα μειώνουν την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων, με αποτέλεσμα χαμηλότερες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και μειωμένο ενεργειακό κόστος για τους χρήστες.

Ανάλογα με την τοποθεσία, το μέγεθος του συστήματος και άλλους παράγοντες, τα ενεργά ηλιακά θερμικά συστήματα μπορούν να παρέχουν σχετικά γρήγορη απόδοση της επένδυσης, καθιστώντας τα οικονομικά ελκυστικά.

Προκλήσεις και προβληματισμοί:

Μεταβλητότητα: Τα ηλιακά θερμικά συστήματα εξαρτώνται από το ηλιακό φως, επομένως υπόκεινται σε καθημερινές και εποχιακές διακυμάνσεις στην παραγωγή ενέργειας.

Υψηλό αρχικό κόστος: Ενώ μπορεί να οδηγήσει σε μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση κόστους, η αρχική επένδυση σε ηλιακά θερμικά συστήματα μπορεί να είναι σχετικά υψηλή.

Συντήρηση: Η τακτική συντήρηση είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί η αποτελεσματική και απρόσκοπτη λειτουργία.

Πολιτικές και κίνητρα:

Πολλές κυβερνήσεις και δήμοι προσφέρουν κίνητρα, εκπτώσεις και φορολογικές εκπτώσεις για να ενθαρρύνουν την εγκατάσταση ενεργών ηλιακών θερμικών συστημάτων ως μέρος των πολιτικών τους για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και το περιβάλλον.

Τα ενεργά ηλιακά θερμικά συστήματα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη μετάβαση προς πιο βιώσιμες και φιλικές προς το περιβάλλον πηγές ενέργειας. Η ευελιξία, η αποτελεσματικότητά τους και η ικανότητά τους να παρέχουν καθαρή θερμότητα για διάφορες εφαρμογές τα καθιστούν πολύτιμο συστατικό του τοπίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Lin, et al. 2020).

1.4.2 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Εκτός από το γεγονός ότι είναι ένας φυσικός ανανεώσιμος πόρος, το "water power" είναι μια εκπληκτική φράση από μόνη της. Είναι ικανό να παράγει αρκετή ενέργεια για να τροφοδοτήσει εκατομμύρια σπίτια και εταιρείες σε όλο τον κόσμο, καθώς και να κόψει βαθιές κοιλάδες, σμιλεύοντας πανέμορφα βουνά, σβήνοντας τις ξεραμένες περιοχές και μεταφέροντας τόνους. Επιπλέον, μπορεί να σβήσει ξεραμένες εκτάσεις και να μεταφέρει τόνους. Η υδροηλεκτρική ενέργεια, η οποία είναι επίσης γνωστή ως υδροηλεκτρική ενέργεια, είναι ένας πόρος που είναι σταθερός, οικιακός, χωρίς εκπομπές και ανανεώσιμος μέσω του υδρολογικού κύκλου. Αξιοποιεί τη φυσική ενέργεια του ρέοντος νερού για να προσφέρει καθαρή, γρήγορη και ευέλικτη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι επίσης γνωστή ως υδροηλεκτρική ενέργεια. Μελέτες που έγιναν τον περασμένο αιώνα έδειξαν ότι ο αριθμός των υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων στις Ηνωμένες Πολιτείες έχει αυξηθεί από 45 το 1886 σε περισσότερες από 2.000 τώρα. Η υδροηλεκτρική ενέργεια θεωρείται ένας από τους σημαντικότερους ανανεώσιμους πόρους ενέργειας στη χώρα. Η ενέργεια που δημιουργείται ενώ πέφτει νερό χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία υδροηλεκτρικών σταθμών. Για να το θέσω με τα πιο απλά λόγια, η βαρύτητα προκαλεί την πτώση του νερού, με αποτέλεσμα τη μετατροπή της κινητικής

ενέργειας σε μηχανική ενέργεια, η οποία, με τη σειρά της, μπορεί να μετατραπεί σε ένα είδος μηχανικής ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμη και πριν από δύο χιλιάδες χρόνια, οι άνθρωποι στην αρχαία Ελλάδα μετέτρεπαν ήδη την κινητική ενέργεια σε μηχανική, χρησιμοποιώντας τροχούς νερού από ξύλο (Killingtveit 2014). Το 1882, οι Ηνωμένες Πολιτείες είδαν την κατασκευή του πρώτου υδροηλεκτρικού σταθμού τους, που τροφοδοτούνταν από ένα ποτάμι με ισχυρό ρεύμα. Με τον καιρό, οι άνθρωποι άρχισαν να κατασκευάζουν φράγματα για να αποθηκεύουν νερό στις πιο βολικές περιοχές, ώστε να μπορούν να κάνουν την πιο αποτελεσματική χρήση της ισχύος τους. Λόγω των επακόλουθων τεχνικών και δομικών αλλαγών, η διαδικασία ανάπτυξης ενός υδροηλεκτρικού σταθμού είναι πλέον πολύ περισσότερο εμπλεκόμενη. Η κλίμακα ενός υδροηλεκτρικού σταθμού είναι ένας παράγοντας που καθορίζει την ταξινόμησή του. Μπορούν να ταξινομηθούν είτε ως μικρο, μίνι, μικρά ή μεγάλα ανάλογα με τις συνολικές τους διαστάσεις. Ένας ορισμός μιας εγκατάστασης μικρού μεγέθους είναι αυτή που δημιουργεί λιγότερο από εκατό κιλοβάτ ενέργειας ή αρκετή για να παρέχει ενέργεια σε μόνο ένα ή δύο σπίτια. Η παραγωγή ενέργειας από 100 kW έως 1 MW από μια μικρή εγκατάσταση καθιστά δυνατή την τροφοδοσία μιας απομονωμένης πόλης ή μιας μικρής επιχείρησης. Μια μικρή μονάδα έχει δυναμικότητα παραγωγής από 1 MW έως 30 MW και μπορεί να τροφοδοτήσει μια περιοχή με ισχύ ενώ παράλληλα συμβάλλει στο περιφερειακό δίκτυο. Τέλος, ένα μεγάλο εργοστάσιο παράγει συχνά ηλεκτρική ενέργεια άνω των 30 MW (Killingtveit 2014).

Ένα σημαντικό μέρος της εργασίας ενός μηχανικού περιλαμβάνει την ανακάλυψη νέων φυσικών πηγών δυναμικής ενέργειας, τη μετατροπή αυτής της ενέργειας σε διαφορετικές μορφές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας και τη μετάδοση αυτής της ενέργειας σε διαφορετικά σημεία όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εμπορικούς σκοπούς. σκοποί. Η μηχανική της υδάτινης ενέργειας ασχολείται σε μεγάλο βαθμό με την ενέργεια που έρχεται με τη μορφή νερού που ρέει ή πέφτει. Ωστόσο, η κατανόηση πρέπει να επεκταθεί πολύ βαθύτερα λόγω των διαφορετικών τύπων ενέργειας που αντιμετωπίζουμε σε κάθε βήμα. Λόγω της τριβής που συμβαίνει κατά τη μεταφορά του νερού από και προς τον τροχό, ένα

σημαντικό μέρος της ενέργειας που μπορεί να αντληθεί από την πιθανή πηγή θα χαθεί. Μια σημαντική ποσότητα ενέργειας διαχέεται λόγω της υδραυλικής και μηχανικής τριβής στον τροχό. κατά τη διάρκεια κάθε μετασχηματισμού προκύπτουν πρόσθετες απώλειες. και εάν χρησιμοποιούνται ηλεκτρική και άλλες μορφές μετάδοσης ή εάν απαιτείται βοηθητική ισχύς για να εξασφαλιστεί ότι οι εργασίες εκτελούνται συνεχώς, ο μηχανικός θα έρθει σε επαφή με την ενέργεια σε διάφορες άλλες μορφές (Kaygusuz 2002).

Σε σύγκριση με άλλους τύπους πηγών ηλεκτρικής ενέργειας, ιδιαίτερα με θερμοηλεκτρικούς σταθμούς, η υδροηλεκτρική ενέργεια προσφέρει μια σειρά από πλεονεκτήματα που την ξεχωρίζουν από τον ανταγωνισμό. Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, είναι καθαρή, εκπέμπει σχετικά χαμηλή ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα και είναι ιδανική για ενσωμάτωση στο δίκτυο, γεγονός που βοηθά στη διατήρηση της σταθερότητας του συστήματος. Αλλά η υδροηλεκτρική ενέργεια μπορεί επίσης να έχει αρνητικές επιπτώσεις, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο, όπου φράγματα, φράγματα, εκτροπές και άλλες αλλαγές στη ροή των ποταμών μπορούν να διαταράξουν τα οικοσυστήματα και να προκαλέσουν δυσκολίες. Η ετήσια μετανάστευση του σολομού του Ατλαντικού, ενός σημαντικού είδους τόσο στην Ευρώπη όσο και στη Βόρεια Αμερική, μπορεί να αποτραπεί με την κατασκευή φραγμάτων και φραγμάτων, που δημιουργούν εμπόδια στο νερό (Kaygusuz 2002)..

Το καθεστώς ροής στους ποταμούς και το καθεστώς της στάθμης των υδάτων σε λίμνες και ταμιευτήρες συχνά αλλάζουν από έργα υδροηλεκτρικής ενέργειας, τα οποία μπορεί να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα και τη βιοποικιλότητα των περιοχών στις οποίες υλοποιούνται. Τα έργα ROR (Run off River) συνήθως δεν αλλάζουν το καθεστώς ροής, ενώ τα υδροηλεκτρικά έργα αποθήκευσης συχνά οδηγούν σε τροποποιήσεις στο ετήσιο καθεστώς ροής, όπως μείωση των καλοκαιρινών ροών και αύξηση των χειμερινών ροών. Η φυσική διέλευση των ιζημάτων μπορεί επίσης να διαταραχθεί, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει δυσκολίες στη δεξαμενή και τη λίμνη εισαγωγής, που είναι κοινές τοποθεσίες εναπόθεσης ιζημάτων, καθώς και στην περιοχή κατάντη του φράγματος, όπου οι

χαμηλότερες συγκεντρώσεις ιζημάτων μπορεί να οδηγήσουν σε μεγαλύτερες διάβρωση όχθης και κοίτης και μειωμένη σταθερότητα (Kaygusuz 2002)..

Η κατασκευή φραγμάτων και ταμιευτήρων θα έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια γης και σε ορισμένες περιπτώσεις θα χρειαστεί να μετεγκατασταθούν οι άνθρωποι που προηγουμένως διέμεναν στην περιοχή που θα καταληφθεί από τη δεξαμενή. Όχι μόνο οι χρηματικές αξίες, αλλά και η επιρροή στο περιβάλλον και την κοινωνία με την ευρεία έννοια, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την εξισορρόπηση του κόστους και των οφελών του σχεδίου. Αυτό πρέπει να γίνει στο στάδιο του σχεδιασμού, όταν θα πρέπει να αναλυθούν και να ληφθούν υπόψη όλες οι πιθανές συνέπειες. Ωστόσο, ακόμη και αν οι συνέπειες δεν μπορούν να αποφευχθούν, είναι συχνά εφικτό να μειωθεί η σοβαρότητα ορισμένων από τις δυσμενείς επιπτώσεις εάν ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα στο στάδιο του σχεδιασμού. Δίνοντας μεγάλη προσοχή στη διαδικασία σχεδιασμού, μπορεί κανείς να εξαλείψει ή να μειώσει σημαντικά την εμφάνιση πολλών αρνητικών επιπτώσεων, και σε ορισμένες περιπτώσεις ακόμη και να δημιουργήσει μια "win-win κατάσταση". Έχει γίνει εξαιρετικά δύσκολο και χρονοβόρο ο σχεδιασμός της ανάπτυξης της υδροηλεκτρικής ενέργειας στην πλειονότητα των εθνών, καθώς υπάρχουν τόσα πολλά ανταγωνιστικά συμφέροντα που πρέπει να ληφθούν υπόψη (Kaygusuz 2002).

Προκειμένου να καθοριστεί εάν ένα έργο μπορεί να διατηρηθεί ή όχι μακροπρόθεσμα, είναι ζωτικής σημασίας να διερευνηθούν όλες οι κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις του έργου. Υπό το φως της αυξανόμενης σημασίας των ανησυχιών για την αειφορία για την ανάπτυξη της υδροηλεκτρικής ενέργειας, η Διεθνής Ένωση Υδροηλεκτρικής Ενέργειας (IHA) δημιούργησε τρία «βιώσιμα εργαλεία» για να βοηθήσει τον σχεδιασμό, την εφαρμογή και τη λειτουργία της υδροηλεκτρικής ενέργειας: Κατευθυντήριες γραμμές για την αειφορία IHA, Πρωτόκολλο Αξιολόγησης Αειφορίας IHA, και Hydropower Sustainability Assessment Forum αποτελούν όλα τα μέρη της πρωτοβουλίας IHA Sustainability Initiative. Ανάλογα με το στάδιο στο οποίο βρίσκεται το έργο καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξής του, το πρωτόκολλο IHA μπορεί να καλύπτει από 19 έως 23 σχετικά θέματα που σχετίζονται με τη βιωσιμότητα. Είναι το επιστέγασμα μιας μακράς διαδικασίας

που περιελάμβανε συμμετοχή από μια μεγάλη ποικιλία μερών, συμπεριλαμβανομένων κοινωνικών και περιβαλλοντικών ΜΚΟ, κυβερνήσεων, εμπορικών οργανισμών, αναπτυξιακών τραπεζών και της βιομηχανίας υδροηλεκτρικής ενέργειας, που εκπροσωπήθηκε από την ΙΗΑ. Η βιοποικιλότητα, οι αυτόχθονες πληθυσμοί, η ασφάλεια των υποδομών, η επανεγκατάσταση, η επανεγκατάσταση, η ποιότητα των υδάτων, η διάβρωση και η καθίζηση και τα καθεστώτα ροής κατάντη είναι μερικά από τα θέματα που καλύπτονται σε αυτήν την έκθεση. Σε αυτό το σημείο, η διαδικασία έχει αξιολογηθεί σε 16 διαφορετικά έθνη (Kavgusuz 2002).

1.4.3 Γεωθερμική ενέργεια

Για αιώνες, οι ιαματικές πηγές έχουν χρησιμοποιηθεί για διάφορους σκοπούς, όπως καθαρισμό, μαγείρεμα, μπάνιο και λουτροθεραπεία. Αυτό σηματοδοτεί την πρώτη φάση χρήσης της γεωθερμικής ενέργειας σε καθημερινές δραστηριότητες. Η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας από τον άνθρωπο μπορεί να ανάγεται στην παλαιολιθική εποχή, δηλαδή στο διάστημα του Τεταρτογενούς έως το 14.000 π.Χ. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, η παρουσία της γεωθερμικής θερμότητας χρησίμευσε ως σημαντικός παράγοντας για τον προσδιορισμό των κατάλληλων οικισμών. Ορισμένες τοποθεσίες, όπως μια ηφαιστειακή τοποθεσία σε ένα ιαπωνικό νησί που κατοικήθηκε ήδη από 11.000 χρόνια π.Χ., παρέχουν ευνοϊκές συνθήκες για την ανθρώπινη κατοίκηση (Soltani et al. 2019). Η πρακτική της χρήσης ζεστού νερού πηγής για κολύμβηση μπορεί να εντοπιστεί γύρω στα 5.000 χρόνια π.Χ. στην Ασία. Κατά την εποχή από το 1.200 έως το 300 π.Χ., οι Ετρούσκοι ίδρυσαν τους οικισμούς τους στην κεντρική περιοχή της Ιταλίας, επιλέγοντας κυρίως περιοχές κοντά σε πηγές θερμού νερού και άλλες γεωθερμικές και υδροθερμικές πηγές (Soltani et al. 2019).

Η πειραματική χρήση γεωθερμικών πηγών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ξεκίνησε το 1904 και το 1905 υπό την καθοδήγηση του πρίγκιπα Τζινόρι Κόντι στην Ιταλία. Στη συνέχεια, ο πρώτος εμπορικά λειτουργικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής ιδρύθηκε το 1913 στο Larderello της Ιταλίας, με αρχική ισχύ 250 κιλοβάτ ηλεκτρικής ενέργειας (kWe). Κατά τη διάρκεια πολλών δεκαετιών, αυτός ο σταθμός ηλεκτροπαραγωγής υποβλήθηκε σε συχνές επεκτάσεις για να ενισχύσει τις

δυνατότητές του στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στη συνέχεια, κατασκευάστηκαν περισσότεροι ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί σε πολλά έθνη, όπως το Wairakei της Νέας Ζηλανδίας το 1958, το Pathé του Μεξικού το 1959 και οι Ηνωμένες Πολιτείες οι Geysers το 1960. Ο Πίνακας 8 απεικονίζει την τροχιά της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το 1940 έως το 1990. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ακρίβεια και η συνέπεια των στατιστικών που αφορούν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά την περίοδο από το 1975 έως το 1995 υπόκεινται σε κάποιο βαθμό αβεβαιότητας, με ορισμένες εκτιμήσεις να παρουσιάζουν ακόμη και αποκλίσεις (Soltani et al. 2019).

Η γεωθερμική ενέργεια είναι ένα είδος βιώσιμης ενέργειας που λαμβάνεται από τη θερμική ενέργεια που υπάρχει στο εσωτερικό της Γης. Η χρήση αυτού του πόρου μπορεί να εφαρμοστεί για διάφορους στόχους, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, της άμεσης θερμικής ενέργειας, ακόμη και της ψύξης. Η θεμελιώδης ιδέα πίσω από τη γεωθερμική ενέργεια είναι η αξιοποίηση της εσωτερικής θερμότητας της Γης, που συχνά επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης γεωθερμικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ή γεωθερμικών αντλιών θερμότητας (Simon 2020).

Τα θεμελιώδη συστατικά της γεωθερμικής ενέργειας είναι τα εξής:

Μία από τις κύριες πηγές θερμότητας είναι η ραδιενεργή αποσύνθεση, η οποία συμβαίνει μέσα στον πυρήνα της Γης. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει τη σταδιακή διάσπαση των ραδιενεργών στοιχείων, με αποτέλεσμα την παραγωγή θερμικής ενέργειας (Simon 2020). Η θερμική ενέργεια της Γης εξακολουθεί να επηρεάζεται από την υπολειπόμενη θερμότητα που παραμένει από τη γένεση του πλανήτη.

- **Αξιοποίηση Τεχνικών:** Οι γεωθερμικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής είναι εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν τη θερμική ενέργεια που αποθηκεύεται στο φλοιό της Γης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτές οι εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν συχνά ατμό ή ζεστό νερό που προέρχεται από το εσωτερικό της Γης ως μέσο για την προώθηση των τουρμπινών,

διευκολύνοντας έτσι την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούν τη σταθερή θερμοκρασία της επιφάνειας της Γης για να παρέχουν τόσο θέρμανση κατά τους χειμερινούς μήνες όσο και ψύξη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Ένα από τα βασικά οφέλη και πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι η βιωσιμότητα και η ικανότητά τους να αναπληρώνονται φυσικά (Simon 2020).

- Η γεωθερμική ενέργεια ταξινομείται ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας λόγω της πολύ μικρής εξαγωγής θερμότητας σε σχέση με την εκτεταμένη εσωτερική δεξαμενή θερμότητας της Γης.
- Οι εγκαταστάσεις γεωθερμικής ενέργειας παρουσιάζουν ένα αξιοσημείωτο πλεονέκτημα όσον αφορά τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με τις συμβατικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής που βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα, συμβάλλοντας επομένως σε παγκόσμιες πρωτοβουλίες που στοχεύουν στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής (Simon 2020).
- Σταθερή και αξιόπιστη: Σε αντίθεση με ορισμένες άλλες μορφές ανανεώσιμης ενέργειας όπως η ηλιακή ή η αιολική ενέργεια, η γεωθερμική ενέργεια παρουσιάζει έλλειψη διαλείπουσας λειτουργίας. Το δεδομένο σύστημα προσφέρει μια σταθερή και αξιόπιστη παροχή ενέργειας (Simon 2020).
- Η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη μείωση της εξάρτησης από ορυκτά καύσιμα, προάγοντας επομένως την ενεργειακή ποικιλομορφία και ενισχύοντας την ενεργειακή ασφάλεια.
- Οι γεωθερμικοί σταθμοί παρουσιάζουν σημαντική μακροζωία και, όταν αρχίσουν να λειτουργούν, συχνά συνεπάγονται μειωμένες δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης σε σύγκριση με ορισμένες άλλες πηγές ενέργειας.
- Τοπική παραγωγή ενέργειας: Οι γεωθερμικοί πόροι, οι οποίοι συχνά βρίσκονται σε κοντινή απόσταση από τα σύνορα των τεκτονικών πλακών, παρέχουν την ευκαιρία για τοπική παραγωγή ενέργειας, μετριάζοντας έτσι την ανάγκη για εκτεταμένη μετάδοση ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις (Simon 2020).
- Χωρική Μεταβλητότητα: Η κατανομή των γεωθερμικών πόρων παρουσιάζει ανομοιόμορφα μοτίβα σε παγκόσμια κλίμακα, με συγκεντρωμένο δυναμικό

που παρατηρείται συνήθως σε ορισμένα μέρη, ιδιαίτερα σε κοντινή απόσταση από τα όρια της τεκτονικής πλάκας (Soltani et al. 2019).

Η αρχική επένδυση που απαιτείται για την παραγωγή γεωθερμικής ενέργειας είναι αρκετά σημαντική λόγω των δαπανών που σχετίζονται με τη γεώτρηση και την έρευνα, παρά το επακόλουθο χαμηλό κόστος λειτουργίας.

- Περιβαλλοντικές συνέπειες: Η χρήση τεχνικών γεώτρησης και η έγχυση ρευστών σε βελτιωμένα γεωθερμικά συστήματα ενδέχεται να έχουν περιβαλλοντικές συνέπειες, όπως η επαγόμενη σεισμική δραστηριότητα και η εκπομπή ιχνο-αερίων (Soltani et al. 2019).
- Μια επίμονη δυσκολία στον τομέα της γεωθερμικής ενέργειας είναι η ανάπτυξη τεχνολογικών λύσεων που μπορούν να βελτιώσουν αποτελεσματικά τα γεωθερμικά συστήματα, επεκτείνοντας έτσι το πεδίο των οικονομικά εφικτών γεωθερμικών πόρων (Soltani et al. 2019).

Συμπερασματικά, μπορεί να συναχθεί ότι η γεωθερμική ενέργεια έχει σημαντικές δυνατότητες ως βιώσιμη και αξιόπιστη μορφή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα πλεονεκτήματα αυτού του φαινομένου περιλαμβάνουν μειωμένα επίπεδα εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, συνεπή και αδιάλειπτη παροχή, καθώς και διαρκή οικονομικά οφέλη. Ωστόσο, είναι σημαντικό να ξεπεραστούν τα ζητήματα που σχετίζονται με την αξιοπιστία της τοποθεσίας, την αρχική επένδυση και τις περιβαλλοντικές ανησυχίες. Η περαιτέρω έρευνα και οι συνεχιζόμενες τεχνικές ανακαλύψεις έχουν τη δυνατότητα να αυξήσουν σημαντικά τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας και να ενισχύσουν τη θέση της στο παγκόσμιο ενεργειακό χαρτοφυλάκιο.

1.4.4 Ενέργεια από βιομάζα

Η ενέργεια από βιομάζα αφορά τη χρήση της λανθάνουσας ενέργειας που υπάρχει στην οργανική ύλη, συμπεριλαμβανομένων πολλών πηγών όπως φυτών, υπολειμμάτων από τη γεωργία και τη δασοκομία, τα ζωικά υποπροϊόντα και τα στερεά απόβλητα από τους δήμους. Αυτή η ενέργεια αξιοποιείται για την παραγωγή θερμότητας, ηλεκτρικής ενέργειας ή βιοκαυσίμων (Chao et al. 2019). Η βασική ιδέα είναι η μετατροπή της χημικής ενέργειας που περιέχεται στη βιομάζα μέσω μιας

σειράς διαδικασιών, όπως η καύση, η ζύμωση και η αεριοποίηση. Η εξέταση της θεωρίας γύρω από την ενέργεια από βιομάζα και τις μελλοντικές της προοπτικές προσφέρει πολύτιμες γνώσεις για τη βιωσιμότητά της ως σημαντική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας.

Τα θεμελιώδη στοιχεία της ενέργειας από βιομάζα είναι τα εξής:

- Η χρήση της ξυλώδους βιομάζας περιλαμβάνει την εξόρυξη και τη χρήση οργανικής ύλης που προέρχεται από δέντρα και υπολείμματα δασοκομίας (Chao et al. 2019)
- Η γεωργική βιομάζα αναφέρεται στην οργανική ύλη που παράγεται από γεωργικές δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένων των αποβλήτων των καλλιεργειών και των ειδικών ενεργειακών καλλιεργειών.
- Το θέμα της συζήτησης αφορά και τα ζωικά απόβλητα, εστιάζοντας συγκεκριμένα στην κοπριά και άλλα συναφή υποπροϊόντα (Chao et al. 2019)
- Τα αστικά στερεά σκουπίδια (ΑΣΑ) αναφέρονται στα οργανικά συστατικά που περιλαμβάνονται τόσο στα οικιακά όσο και στα βιομηχανικά σκουπίδια.

Οι διαδικασίες μετατροπής αναφέρονται στις μεθόδους ή τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή ενός είδους ενέργειας ή ουσίας σε άλλο.

- Η καύση αναφέρεται στη διαδικασία καύσης βιομάζας με σκοπό την παραγωγή θερμότητας, η οποία χρησιμοποιείται συχνά για σκοπούς θέρμανσης ή παραγωγής ενέργειας (Chao et al. 2019)
- Η βιοχημική μετατροπή περιλαμβάνει τη χρήση μικροοργανισμών για την ενζυμική αποικοδόμηση της βιομάζας και στη συνέχεια την παραγωγή βιοκαυσίμων μέσω διεργασιών όπως η ζύμωση.
- Η θερμοχημική μετατροπή αναφέρεται στη διαδικασία χρήσης τεχνικών αεριοποίησης ή πυρόλυσης για τη μετατροπή της βιομάζας σε αέρια ή υγρά καύσιμα (Chao et al. 2019)

Πιθανές ευκαιρίες και οφέλη:

- Η έννοια των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της ουδετερότητας του άνθρακα είναι σημαντική στον τομέα των μελετών αειφορίας και περιβάλλοντος (Chao et al. 2019)
- Η αναγεννητική φύση της βιομάζας εξαρτάται από τη βιώσιμη διαχείρισή της. Επιπλέον, συχνά θεωρείται ως ουδέτερο ως προς τον άνθρακα λόγω του γεγονότος ότι ο άνθρακας που εκπέμπεται κατά τη διαδικασία της καύσης προέρχεται από το διοξείδιο του άνθρακα που αφομοιώθηκε πρόσφατα από τα φυτά κατά το στάδιο ανάπτυξής τους.
- Το θέμα της μείωσης και της ανακύκλωσης των απορριμμάτων είναι πολύ σημαντικό στη σύγχρονη κοινωνία (Chao et al. 2019)
- Η χρήση γεωργικών υπολειμμάτων και οργανικών αποβλήτων για παραγωγή ενέργειας μπορεί να συμβάλει στη μείωση των απορριμμάτων, προσφέροντας μια οικολογικά βιώσιμη προσέγγιση στη διαχείριση των οργανικών απορριμμάτων (Chao et al. 2019)
- Η έννοια της ευελιξίας αναφέρεται στην ικανότητα κάποιου ή κάποιου να προσαρμόζεται και να λειτουργεί αποτελεσματικά
- Η βιομάζα έχει την ικανότητα να μετατρέπεται σε πολλές πηγές ενέργειας, όπως θερμότητα, ηλεκτρισμός και υγρά βιοκαύσιμα, και ως εκ τούτου παρουσιάζει ποικιλία στις πιθανές χρήσεις της.

Προοπτικές της βιομάζας ώστε να γίνει μία αξιοποιήσιμη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

- Οι πρωτοβουλίες για τη βιομάζα έχουν τη δυνατότητα να προωθήσουν την περιφερειακή οικονομική ανάπτυξη μέσω της δημιουργίας ευκαιριών απασχόλησης σε τομείς όπως η γεωργία, η δασοκομία και η μεταποίηση.
- Η χρήση βιομάζας έχει τη δυνατότητα να ενισχύσει την ενεργειακή ασφάλεια μέσω της διαφοροποίησης των πηγών ενέργειας και του μετριασμού της εξάρτησης από ορυκτά καύσιμα (Chao et al. 2019)

Προκλήσεις και προβληματισμοί:

Η σχέση μεταξύ χρήσης γης και ανταγωνισμού:

- Η χρήση της βιομάζας ως πηγής ενέργειας προκαλεί ανησυχίες για πιθανές συγκρούσεις με την παραγωγή τροφίμων και άλλες χρήσεις γης, υπογραμμίζοντας έτσι την ανάγκη εφαρμογής βιώσιμων μεθοδολογιών.
- Αν και η βιομάζα συχνά θεωρείται μακροπρόθεσμα ως ουδέτερη ως προς τον άνθρακα, η πράξη της καύσης οδηγεί στην απελευθέρωση διοξειδίου του άνθρακα. Οι συνολικές εκπομπές, ωστόσο, εξαρτώνται από την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας μετατροπής (Chao et al. 2019)
- Η παρούσα μελέτη στοχεύει στη διερεύνηση των υλικοτεχνικών προκλήσεων που μπορεί να προκύψουν στο πλαίσιο του ερευνητικού έργου.
- Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα μπορεί να συναντήσει υλικοτεχνικά εμπόδια που σχετίζονται με τη μεταφορά, αποθήκευση και διαχείριση ογκωδών υλικών.
- Η παγκόσμια κατανομή των πόρων βιομάζας δεν είναι ομοιόμορφη και η διασφάλιση της βιώσιμης διαχείρισής τους είναι ζωτικής σημασίας για τη μακροπρόθεσμη επιβίωσή τους (Chao et al. 2019)

Η ενέργεια από βιομάζα προσφέρει μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση για την παραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, επιδεικνύοντας πολλά οφέλη όπως η εγγενής ανανεώσιμη δυνατότητα, οι ευέλικτες εφαρμογές και η ικανότητα μετριασμού των αποβλήτων. Εντούτοις, είναι σημαντικό να εξεταστούν σχολαστικά τα προβλήματα που σχετίζονται με τη χρήση γης, τις εκπομπές και τους υλικοτεχνικούς παράγοντες (Chao et al. 2019). Η εφαρμογή βιώσιμων πρακτικών και η ανάπτυξη τεχνολογιών μετατροπής είναι ζωτικής σημασίας προκειμένου να διασφαλιστεί η ευνοϊκή προοπτική της ενέργειας από βιομάζα ως σημαντική και βιώσιμη πηγή σε ένα ευρύτερο πλαίσιο λύσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η συνεχιζόμενη έρευνα και ανάπτυξη θα αναλάβει καθοριστικό ρόλο για την αποτελεσματική επίλυση αυτών των προβλημάτων και τη βελτιστοποίηση του πλήρους δυναμικού της ενέργειας από βιομάζα.

1.4.5 Αιολική Ενέργεια

Η διαδικασία της αιολικής ενέργειας συνεπάγεται τη χρήση της κινητικής ενέργειας που κατέχει ο άνεμος για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η βιομηχανία αιολικής ενέργειας γνώρισε σημαντική ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, καθιερώνοντας τον εαυτό της ως εξέχοντα συμμετέχοντα στη σφαίρα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η εξέταση των θεωρητικών θεμελίων της αιολικής ενέργειας και των μελλοντικών της δυνατοτήτων παρέχει πολύτιμες γνώσεις για την πιθανή συμβολή της στην παγκόσμια στροφή προς καθαρότερες και πιο βιώσιμες μορφές ενέργειας.

Τα θεμελιώδη στοιχεία της αιολικής ενέργειας:

- Οι ανεμογεννήτριες είναι συσκευές που μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανική ενέργεια, η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτές οι δομές περιλαμβάνουν
- Οι ανεμογεννήτριες είναι συσκευές που μετατρέπουν την κινητική ενέργεια που υπάρχει στον άνεμο σε μηχανική ενέργεια μέσω της περιστροφής των πτερυγίων. Η μηχανική ενέργεια στη συνέχεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική μέσω της χρήσης μιας γεννήτριας (Cheng and Zhu 2014).

Σύγκριση μεταξύ χερσαίων και υπεράκτιων αιολικών πάρκων.

Τα αιολικά πάρκα, συμπεριλαμβανομένης μιας συλλογής ανεμογεννητριών, έχουν τη δυνατότητα να βρίσκονται είτε στην ξηρά είτε στη θάλασσα. Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα επωφελούνται συχνά από βελτιωμένες ταχύτητες ανέμου που είναι πιο ισχυρές και σταθερές στη φύση τους (Cheng and Zhu 2014).

Πιθανές ευκαιρίες και οφέλη:

- Η αιολική ενέργεια θεωρείται άφθονη και περιβαλλοντικά βιώσιμη πηγή ενέργειας, καθώς αξιοποιεί την εγγενή κινητική ενέργεια που υπάρχει στη

φυσική ροή του αέρα. Σε σύγκριση με τις πηγές ενέργειας που προέρχονται από ορυκτά καύσιμα, έχει πολύ μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

- Ο μετριασμός των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση των συνολικών επιπέδων τους (Cheng and Zhu 2014).
- Η λειτουργία των συστημάτων παραγωγής αιολικής ενέργειας έχει ως αποτέλεσμα αμελητέα επίπεδα εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, συμβάλλοντας επομένως πολύτιμη σε προσπάθειες που στοχεύουν στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής.
- Τα έργα αιολικής ενέργειας περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα, που εκτείνεται από μέτριες, αποκεντρωμένες εγκαταστάσεις έως τεράστια αιολικά πάρκα που λειτουργούν από εταιρείες κοινής ωφέλειας. Αυτή η ποικιλομορφία επιτρέπει ευέλικτες και προσαρμόσιμες στρατηγικές ανάπτυξης (Cheng and Zhu 2014).

Η βιομηχανία αιολικής ενέργειας έχει τη δυνατότητα να προωθήσει ευκαιρίες απασχόλησης και να τονώσει την οικονομική ανάπτυξη, συμπεριλαμβανομένων πολλών πτυχών όπως η κατασκευή ανεμογεννητριών καθώς και η συνεχής λειτουργία και συντήρηση αιολικών πάρκων. Η συνεχής έρευνα και η πρόοδος στην τεχνολογία των ανεμογεννητριών, συμπεριλαμβανομένων των βελτιώσεων στην απόδοση και την αξιοπιστία, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην αυξανόμενη ανταγωνιστικότητα της αιολικής ενέργειας (Cheng and Zhu 2014).

Περιορισμοί στην αιολική ενέργεια

- Η παραγωγή αιολικής ενέργειας χαρακτηρίζεται από διακοπτόμενη, καθώς βασίζεται στην κυμαινόμενη φύση των ταχυτήτων του ανέμου. Τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη συσσώρευση της πλεονάζουσας ενέργειας που παράγεται σε περιόδους ισχυρού ανέμου, η οποία μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί σε περιόδους χαμηλού ανέμου.

- Η δημιουργία επεκτατικών αιολικών πάρκων απαιτεί ουσιαστική κατανομή γης, δημιουργώντας έτσι ανησυχίες για τη χρήση γης και τις πιθανές αισθητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.
- Το ζήτημα των εκπομπών θορύβου που παράγονται από τις ανεμογεννήτριες και οι πιθανές συνέπειές του σε κοντινή άγρια ζωή, συγκεκριμένα είδη πτηνών και χειροπτέρων, χρήζουν προσεκτικής προσοχής και επίλυσης σε όλα τα στάδια σχεδιασμού και σχεδιασμού των έργων αιολικών πάρκων.
- Η δημιουργία της απαραίτητης υποδομής μεταφοράς για τη σύνδεση των αιολικών πάρκων με το ηλεκτρικό δίκτυο ενδέχεται να δημιουργήσει σημαντικά υλικοτεχνικά και οικονομικά εμπόδια (Cheng and Zhu 2014).

Οι δυνατότητες για μελλοντική ανάπτυξη:

Οι τεχνολογικές εξελίξεις αναφέρονται στην πρόοδο και την ανάπτυξη που σημειώνεται στον τομέα της τεχνολογίας. Αυτές οι εξελίξεις περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα καινοτομιών και βελτιώσεων

- Η συνεχιζόμενη πρόοδος στην τεχνολογία των ανεμογεννητριών, που χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη μεγαλύτερων και πιο αποδοτικών ανεμογεννητριών, αναμένεται να ενισχύσει την εξόρυξη ενέργειας και να μειώσει το κόστος.
- Η ενσωμάτωση συσκευών αποθήκευσης ενέργειας και η εφαρμογή υβριδικών λύσεων, που περιλαμβάνουν τον συνδυασμό της αιολικής ενέργειας με άλλες ανανεώσιμες πηγές, θα βελτιώσει σημαντικά την αξιοπιστία και την ανθεκτικότητα της αιολικής ενέργειας.
- Η ανάγκη για την ενίσχυση της συνολικής αιολικής ενέργειας είναι τεράστια μέσω της ανάπτυξης υπεράκτιων αιολικών έργων, τα οποία συχνά επωφελούνται από την πρόσβαση σε ισχυρότερους και πιο τακτικούς ανέμους (Cheng and Zhu 2014).

Η Ολοκλήρωση Συστημάτων Πλέγματος και η Εφαρμογή Έξυπνων Τεχνολογιών:

- Η βελτίωση της ολοκλήρωσης του δικτύου και η χρήση της τεχνολογίας έξυπνων δικτύων θα ενισχύσει την ικανότητα αποτελεσματικού ελέγχου και εξισορρόπησης των διακοπτόμενων χαρακτηριστικών της αιολικής ενέργειας (Cheng and Zhu 2014).
- Το φαινόμενο της παγκόσμιας ανάπτυξης και επέκτασης της αγοράς έχει γίνει ένας σημαντικός τομέας μελέτης και ανάλυσης στον τομέα της οικονομίας και των επιχειρήσεων.
- Η συνεχιζόμενη παγκόσμια επέκταση της βιομηχανίας αιολικής ενέργειας αναμένεται να συνεχιστεί λόγω της αυξανόμενης ανταγωνιστικότητας κόστους της αιολικής ενέργειας και της θέσπισης φιλόδοξων στόχων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από διάφορα έθνη (Cheng and Zhu 2014).

Η αιολική ενέργεια αποτελεί ουσιαστικό και διευρυνόμενο στοιχείο του χαρτοφυλακίου ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Δεδομένης της συνεχούς προόδου στην τεχνολογία, της αυξημένης αποτελεσματικότητας και μιας συντονισμένης προσπάθειας για την αντιμετώπιση ζητημάτων που σχετίζονται με τη διακοπή και τις υποδομές, η αιολική ενέργεια είναι σε θέση να αναλάβει σημαντικό ρόλο στο μελλοντικό τοπίο καθαρής και βιώσιμης ενέργειας (Cheng and Zhu 2014). Υπό το πρίσμα της παγκόσμιας στροφής προς ένα ενεργειακό παράδειγμα χαμηλών εκπομπών άνθρακα, αναμένεται ότι η αιολική ενέργεια θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην κάλυψη της αυξανόμενης παγκόσμιας ανάγκης για ενέργεια.

Κεφάλαιο 2^ο Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ σε Ελλάδα και ΕΕ

2.1 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ σε Ελλάδα και ΕΕ με έμφαση στην ηλιακή ενέργεια

Η ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές έχει ξεπεράσει τις 15 TWh ετησίως, με την αιολική ενέργεια να αντιπροσωπεύει περίπου 5,5 TWh από το 2017. Πάνω από το 35% της συνολικής παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ προέρχεται από αιολικούς σταθμούς, με τους μεγάλους υδροηλεκτρικούς σταθμούς να αντιπροσωπεύουν το 33% και τους ηλιακούς σταθμούς να συμβάλλουν 27%. Άλλες τεχνολογίες ΑΠΕ αντιπροσωπεύουν το υπόλοιπο 5% της παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ. Επιπλέον, σημειώθηκε ουσιαστικός μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης 12% της εγκατεστημένης ισχύος αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα από το 2006 έως το 2017. Ειδικότερα, καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της δεκαετίας, νέες εγκαταστάσεις αιολικής ενέργειας συνολικής ισχύος σχεδόν 500 MW τέθηκαν σε λειτουργία. Στο κλείσιμο του 2018, η ελληνική βιομηχανία αιολικής ενέργειας έχει πάνω από 3.000 MW εγκατεστημένης ισχύος, καθιστώντας την το μεγαλύτερο ποσοστό όλων των τεχνολογιών ΑΠΕ. Η επόμενη μεγαλύτερη πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ήταν τα φωτοβολταϊκά (ΦΒ), με εγκατεστημένη ισχύ 2650 MW, ακολουθούμενα από τους μεγάλους υδροηλεκτρικούς σταθμούς ισχύος 3400 MW (συμπεριλαμβανομένων δύο (2) υδροηλεκτρικών σταθμών ισχύος 699 MW με δυνατότητα άντλησης) (Alexopoulos, et al. 2021).

Στο Ελληνικό Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ), το οποίο καταρτίστηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Διακυβέρνησης (ΕΕ) 2018/1999 και RED II (ΕΕ) 2018/2001 και έως το 2030, στόχος μεριδίου ΑΠΕ 35% στην ΑΕΠ της ενέργειας και καθορίζεται στόχος 61% για το μερίδιο ΑΠΕ στο ΑΕΠ της ηλεκτρικής ενέργειας. Το προφανές συμπέρασμα είναι ότι η Ελλάδα θα εγκαθιστά 800 επιπλέον MW κάθε χρόνο κατά μέσο όρο την επόμενη δεκαετία. Για την ίδια χρονική περίοδο, η ίδια εκτίμηση αναμένει άνοδο 400 MW από τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια λόγω της

λειτουργίας μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών και της προσθήκης ορισμένων νέων δευτερευουσών. Τέλος, προβλέπεται ότι οι ηλιακοί θερμοηλεκτρικοί σταθμοί και οι γεωθερμικοί σταθμοί θα αντιπροσωπεύουν ένα μικρό ποσοστό της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Alexopoulos, et al. 2021)..

Σε αντίθεση με την προγραμματισμένη αύξηση των λιγνιτικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από 3,9 GW το 2020 σε 0 GW το 2030, η εγκατεστημένη ισχύς των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με καύση πετρελαίου αναμένεται να μειωθεί κατά 1,6 GW μεταξύ 2020 και 2030. Ωστόσο, νέα αιολική και ηλιακή Τα έργα αναμένεται να αυξήσουν τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ των ΑΠΕ κατά 8,8 GW. Αυτή η ώθηση αντιπροσωπεύει πάνω από το 90% της πρόσθετης εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ. Μια περαιτέρω ανάλυση αποκαλύπτει ότι μεταξύ 2020 και 2030, η δυναμικότητα των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής νRE (φωτοβολταϊκών και αιολικών σταθμών) θα επεκταθεί από 6,6 GW σε 14,7 GW, αυξάνοντας σημαντικά τη συμβολή του νRES στην παραγωγή ενέργειας .

Η ζήτηση ενέργειας από τους καταναλωτές είναι ο πρωταρχικός παράγοντας στην ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας. Η τελική κατανάλωση ενέργειας στην ΕΕ το 2019 ήταν 10.879.807.319 GWh, μειωμένη κατά 5,1% από τα επίπεδα του 2005, σύμφωνα με στοιχεία της Eurostat. Το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας στη συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας είναι 22,8%, το οποίο είναι υψηλότερο από το αντίστοιχο ποσοστό από το 2005 κατά 1,6 εκατοστιαία μονάδα (π.μ.). Συνολικά, η τελική κατανάλωση ενέργειας αυξήθηκε κατά 2,1% κατά την υπό εξέταση χρονική περίοδο. Το σχέδιο Καθαρή ενέργεια για όλους τους Ευρωπαίους περιλαμβάνει μέτρα για την αύξηση του ποσοστού ηλεκτρικής ενέργειας στη συνολική κατανάλωση ενέργειας της ΕΕ. Μέχρι το 2005 περίπου, η συνολική παραγωγή ισχύος (ακαθάριστη) της ΕΕ αυξανόταν ετησίως. Το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν αυξήθηκε κατά 28,2 τοις εκατό μεταξύ 1990 και 2005. Όπως και την περίοδο 2005-2019, μπορεί κανείς να παρατηρήσει ένα γενικά σταθερό επίπεδο Gross Electricity Production στην ΕΕ. Μάλιστα, το 2019, το Gross Electricity Production μειώθηκε κατά 0,5% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 2005. Ωστόσο, κοιτάζοντας την εξέλιξη της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές αποκαλύπτεται αύξηση της παραγωγής κατά 49,2% μεταξύ

1995 και 2005 και αύξηση 110,8% μεταξύ 2005 και 2019. Σε όλο το χρονικό διάστημα (1990-2019), θα υπάρξει αύξηση 214,4%. αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Η αναλογία του GEP που παράγεται από ΑΠΕ καταδεικνύει επίσης την τεράστια ανάπτυξη. Αυτό το ποσοστό ήταν 14,1 τοις εκατό το 1990, 16,3 τοις εκατό το 2005 και 34,6 τοις εκατό το 2019. Ένας λόγος για αυτήν την άνοδο είναι ότι οι χώρες που εντάχθηκαν στην ΕΕ με τη μεγαλύτερη επέκτασή της το 2004 έκαναν πολλά βήματα για την εφαρμογή των κατευθυντήριων γραμμών μετάβασης για χαμηλές εκπομπές οικονομίες (όπως η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και άλλων επιβλαβών ουσιών και η αύξηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών για την παραγωγή ενέργειας) (Matuszewska-Janica, et al. 2021).

2.2 Η ενεργειακή κατάσταση και το ενεργειακό πρόβλημα της ΕΕ

Ο τομέας της ηλεκτρικής ενέργειας σημείωσε τη μόνη αύξηση στην κατανάλωση φυσικού αερίου πέρα από τα επίπεδα που παρατηρήθηκαν το 2021. Αυτή η ανοδική τάση μπορεί να αποδοθεί σε πολλούς αξιοσημείωτους παράγοντες.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ιδιαίτερα η αιολική και η ηλιακή ενέργεια, έχουν σημαντικό ενδιαφέρον και σημασία στον τομέα της αειφόρου ενέργειας. Η Ευρωπαϊκή Ένωση σημείωσε μια αξιοσημείωτη αύξηση στην εγκατάσταση συστημάτων αιολικής και ηλιακής ενέργειας, φθάνοντας σε υψηλό ρεκόρ περίπου 50 GW το 2022, που αποδίδεται κυρίως στη συνεχή νομοθετική υποστήριξη για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι προαναφερθείσες βελτιώσεις μετρίασαν αποτελεσματικά την ανάγκη για περίπου 11 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα (bcm) φυσικού αερίου στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, που αποτελεί τον πρωταρχικό παράγοντα που συμβάλλει στη μείωση της ζήτησης για φυσικό αέριο (Zeniewski, Molnar and Hugues 2022).

- Οι σημαντικές μειώσεις από έτος σε έτος στην παραγωγή πυρηνικής και υδροηλεκτρικής ενέργειας οδήγησαν σε αυξημένη ανάγκη για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με αέριο, προκαλώντας έτσι μια μικρή συνολική αύξηση της ζήτησης αερίου στη βιομηχανία ηλεκτρικής ενέργειας (Zeniewski, Molnar and Hugues 2022).

- Η ζήτηση ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση μειώθηκε κατά περίπου 3% το 2022. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την αποφυγή περίπου 14 δισεκατομμυρίων κυβικών μέτρων (bcm) κατανάλωσης φυσικού αερίου. Η επίδραση των καιρικών συνθηκών στην κατανάλωση ενέργειας ήταν εμφανής, παρά το γεγονός ότι οι υψηλές θερμοκρασίες του καλοκαιριού και οι ξηρές συνθήκες οδήγησαν σε αύξηση της παραγωγής ενέργειας με αέριο σε ορισμένες περιοχές της Ευρώπης (Zeniewski, Molnar and Hugues 2022).
- Ο τομέας των κτιρίων, συμπεριλαμβανομένων των οικιστικών, δημόσιων και εμπορικών χώρων, παρουσίασε σημαντική μείωση στην κατανάλωση φυσικού αερίου. Συγκεκριμένα, σημειώθηκε μείωση άνω των 28 δισεκατομμυρίων κυβικών μέτρων (bcm), που αντιπροσωπεύει μείωση σχεδόν 20% σε σύγκριση με το προηγούμενο έτος, το 2021 (Zeniewski, Molnar and Hugues 2022).
- Οι μέσες Ημέρες Βαθμού Θέρμανσης (HDD) στην Ευρωπαϊκή Ένωση παρουσίασαν μείωση 12% το 2022 σε σύγκριση με το 2021, υποδηλώνοντας μειωμένη ζήτηση ενέργειας για θέρμανση κτιρίων λόγω των ψυχρότερων καιρικών συνθηκών. Κατά συνέπεια, αυτή η μείωση στις τιμές του σκληρού δίσκου συνέβαλε στη μείωση των αναγκών θέρμανσης χώρου. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες μεθοδολογίες για να αποδοθούν οι διακυμάνσεις στη ζήτηση φυσικού αερίου σε μετεωρολογικές επιρροές και είναι εύλογο ότι αυτοί οι παράγοντες μπορεί να ευθύνονται για μείωση έως και 18 δισεκατομμυρίων κυβικών μέτρων (bcm) στη χρήση φυσικού αερίου σε οικιστικές και εμπορικές κατασκευές (Zeniewski, Molnar and Hugues 2022).
- Στον βιομηχανικό τομέα, σημειώθηκε αξιοσημείωτη μείωση στη χρήση φυσικού αερίου, ύψους 25 δισεκατομμυρίων κυβικών μέτρων (bcm), που αντιστοιχεί σχεδόν στο 25% της συνολικής χρήσης φυσικού αερίου.

2.3 Η ενεργειακή κατάσταση της Ελλάδας και οι προοπτικές από την εκμετάλλευση των ΑΠΕ

Με βάση τα στατιστικά στοιχεία της ΔΑΠΕΕΠ, φαίνεται ότι το προηγούμενο έτος, το ποσοστό της κατανάλωσης ενέργειας που προέρχεται από φυσικό αέριο αυξήθηκε

από 30% το 2018 σε 35%. Αντίθετα, η συνεισφορά του λιγνίτη μειώθηκε από 30% το προηγούμενο έτος σε 19%. Επιπλέον, το μερίδιο της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές μειώθηκε από 28% το 2018 σε 23%. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα στοιχεία αυτά περιλαμβάνουν τις σχετικές εισαγωγές (Theodoropoulos 2020).

Παρά την αυξανόμενη ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο εθνικό ενεργειακό χαρτοφυλάκιο, έχει σημειωθεί σημαντική αύξηση στις εισαγωγές ενέργειας της χώρας κατά την τελευταία δεκαετία. Με βάση τα ευρήματα του Ινστιτούτου Ενέργειας της Νοτιοανατολικής Ευρώπης (IENE), προβλέπεται ότι το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) θα φτάσει το 35,9% το 2021. Αυτό αντιπροσωπεύει μια αξιοσημείωτη αύξηση σε σύγκριση με το σχεδόν Μερίδιο 9% το 2006. Με βάση τα στοιχεία του IENE, διαπιστώνεται ότι στο πλαίσιο της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), ειδικά σε σχέση με τα μη ελεγχόμενα χαρακτηριστικά παραγωγής, όπως στην περίπτωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας Από τους φωτοβολταϊκούς και αιολικούς σταθμούς εντός του συστήματος μεταφοράς, η αιολική ενέργεια αντιπροσώπευε το 48,6% ενώ τα φωτοβολταϊκά το 25%. Επιπλέον, το ποσοστό της παραγωγής ενέργειας από υδροηλεκτρικούς σταθμούς αντιπροσώπευε το 23,9% της συνολικής παραγωγής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) το έτος 2021. Η ενεργειακή εξάρτηση της Ελλάδας σημειώνει αξιοσημείωτη άνοδο, με τη συμβολή των ΑΠΕ να παίζει σημαντικό ρόλο σε αυτή την ανοδική πορεία (Money Review 2022).

Σε σχέση με τη συνολική διαθέσιμη ποσότητα ενέργειας το 2021, το πετρέλαιο και τα προϊόντα πετρελαίου αποτελούσαν το 51,5%, ενώ το φυσικό αέριο στο 23,4%. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συνεισέφεραν 16,5%, και τα ορυκτά καύσιμα αποτελούσαν το υπόλοιπο 7,3%. Σε αντίθεση με το έτος 2010, σημειώθηκε σημαντική αύξηση 75,2% στη διαθεσιμότητα ενέργειας που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ). Ιδιαίτερα αξιοσημείωτη είναι η ταυτόχρονη μείωση κατά 78,2% στη χρήση στερεών ορυκτών καυσίμων στο ίδιο χρονικό διάστημα. Επιπλέον, υπήρξε σημαντική αύξηση στο ποσοστό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) τόσο στην

ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας όσο και στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη μεταξύ των ετών 2007 και 2021. Συγκεκριμένα, ο μέσος ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης και για τους δύο τομείς ήταν 8 % και 7% αντίστοιχα. Παρά τη σταδιακά αυξανόμενη ενσωμάτωση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στο εγχώριο ενεργειακό χαρτοφυλάκιο, ο δείκτης ενεργειακής εξάρτησης παρουσίασε αξιοσημείωτη πτώση την τελευταία δεκαετία, πριν από την εμφάνιση της ρωσικής εισβολής στην Ουκρανία. Με βάση στατιστικά στοιχεία του Ινστιτούτου Ενέργειας για τη Νοτιοανατολική Ευρώπη (IENE), παρατηρήθηκε ότι το έτος 2010, σημαντικό ποσοστό της ακαθάριστης διαθέσιμης ενέργειας της Ελλάδας, δηλαδή το 68,6%, προερχόταν από εισαγωγές. Το έτος 2021, σημειώθηκε αξιοσημείωτη άνοδος του προαναφερθέντος ποσοστού, φτάνοντας την τιμή του 73,8%. Η αύξηση αυτή μπορεί να αποδοθεί κυρίως στην αντίστοιχη αύξηση του ποσοστού του εισαγόμενου πετρελαίου και ορυκτών καυσίμων. Το 2021, το ποσοστό του πετρελαίου και των προϊόντων πετρελαίου αντιπροσώπευε το 93,1%, το φυσικό αέριο αντιπροσώπευε το 99,4%, το οποίο ήταν σε μεγάλο βαθμό σταθερό από το 2010 και τα στερεά καύσιμα αντιστοιχούσαν στο 9,6% (Money Review 2022).

2.4 Η πρόοδος και η πολιτική της Ελλάδας στη χρήση ΑΠΕ

Η Ελλάδα έχει θέσει φιλόδοξους στόχους για την ενίσχυση της αναλογίας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό της χαρτοφυλάκιο, προκειμένου να εκπληρώσει τους στόχους ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και κλίματος της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ).

1. Η Ελλάδα έχει δεσμευτεί να τηρήσει την Οδηγία για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας που ορίστηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση, η οποία απαιτεί αύξηση του ποσοστού ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας στο 35% έως το έτος 2030 (Katsaprakakis, and Christakis 2016).
2. Ηλιακή Ενέργεια: Η Ελλάδα διαθέτει τεράστιους ηλιακούς πόρους και η χρήση της ηλιακής ηλεκτρικής ενέργειας ήταν ένας εξέχων τομέας έμφασης. Η επικράτηση των επενδύσεων σε ηλιακά φωτοβολταϊκά (ΦΒ) συστήματα έχει

αυξηθεί, υποδεικνύοντας την αυξανόμενη αναγνώριση της σημασίας της ηλιακής ενέργειας για την επίτευξη των στόχων ανανεώσιμης ενέργειας (Katsaprakakis, and Christakis 2016).

3. Η αιολική ενέργεια αποτελεί σημαντικό στοιχείο του σχεδίου της Ελλάδας για την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ηλεκτρικής ενέργειας. Αιολικά πάρκα, συμπεριλαμβανομένων χερσαίων και υπεράκτιων εγκαταστάσεων, έχουν δημιουργηθεί με σκοπό την αξιοποίηση των αιολικών πόρων που είναι διαθέσιμοι στη χώρα (Katsaprakakis, and Christakis 2016).
4. Η Ελληνική Δημοκρατία έχει θεσπίσει ένα ολοκληρωμένο σύνολο πολιτικών και νόμων που στοχεύουν στην προώθηση της ανάπτυξης πρωτοβουλιών για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Διάφορα μέσα πολιτικής, όπως τιμολόγια τροφοδοσίας, δημοπρασίες και άλλοι μηχανισμοί υποστήριξης, χρησιμοποιούνται για την παροχή κινήτρων για επενδύσεις σε υποδομές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Katsaprakakis, and Christakis 2016).
5. Η Ελλάδα έχει εφαρμόσει ένα σύστημα ανταγωνιστικών δημοπρασιών για τη διευκόλυνση της ανάπτυξης έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Πρωταρχικός στόχος αυτών των δημοπρασιών ήταν η παροχή κινήτρων για ιδιωτικές επενδύσεις και η διευκόλυνση της μείωσης της τιμής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Katsaprakakis, and Christakis 2016).
6. Εκτός από την ηλιακή και την αιολική ενέργεια, η Ελλάδα έχει αναλάβει ερευνητικές και αναπτυξιακές προσπάθειες για να αξιοποιήσει τις δυνατότητες της υδροηλεκτρικής ενέργειας και της βιομάζας ως εναλλακτικών ανανεώσιμων πηγών για βιώσιμη παραγωγή ενέργειας (Katsaprakakis, and Christakis 2016).

Προκειμένου να μετριάσει το ζήτημα της διακοπτόμενης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια, η Ελλάδα διερευνά ενεργά διάφορες επιλογές αποθήκευσης ενέργειας. Οι τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας είναι υψίστης σημασίας για την εξασφάλιση συνεπούς και αξιόπιστου εφοδιασμού με ηλεκτρική ενέργεια που προέρχεται από κυμαινόμενες ανανεώσιμες πηγές (Katsaprakakis, and Christakis 2016).

Η Ελλάδα εφαρμόζει πολιτικές με στόχο την προώθηση της χρήσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) και τους δικούς της εγχώριους στόχους. Η ενεργειακή στρατηγική της Ελλάδας επικεντρώνεται στους στόχους της αύξησης του ποσοστού των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό της χαρτοφυλάκιο, τον μετριασμό της έκλυσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας (Στίγκα 2014). Ακολουθούν πολλά θεμελιώδη στοιχεία της ελληνικής πολιτικής για τη χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ):

1. Η Ελλάδα έχει θέσει φιλόδοξους στόχους με στόχο την αύξηση του ποσοστού των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη συνολική ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας. Το έθνος έχει δεσμευτεί να επιτύχει μερίδιο ανανεώσιμης ενέργειας 35% έως το έτος 2030, σύμφωνα με την Οδηγία για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας που θεσπίστηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Στίγκα 2014).
2. Η Ελλάδα έχει χρησιμοποιήσει τη χρήση των τιμολογίων και των ασφαλιστρών ως μηχανισμούς για την τόνωση της προώθησης πρωτοβουλιών για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αυτές οι διαδικασίες εξασφάλισαν μια προκαθορισμένη πληρωμή ή ασφάλιστρο για την ενέργεια που παράγεται από έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), προσφέροντας επομένως μια συνεπή ροή εσόδων για τους επενδυτές (Στίγκα 2014).
3. Η ελληνική κυβέρνηση εφάρμοσε ένα σύστημα ανταγωνιστικών πλειστηριασμών για να διευκολύνει την απόκτηση δυναμικότητας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ο πρωταρχικός στόχος αυτών των δημοπρασιών ήταν η ενίσχυση του ανταγωνισμού μεταξύ των προγραμματιστών, η μείωση των δαπανών και η παροχή βοήθειας σε έργα που επέδειξαν τα υψηλότερα επίπεδα οικονομικής και τεχνικής σκοπιμότητας.
4. Η Ελλάδα έχει δώσει προτεραιότητα στην προώθηση πρωτοβουλιών ηλιακών φωτοβολταϊκών (ΦΒ) και αιολικής ενέργειας, χρησιμοποιώντας τους σημαντικούς ηλιακούς και αιολικούς πόρους της. Εφαρμόστηκαν διάφορες πολιτικές για την αποτελεσματική υποστήριξη της επέκτασης αυτών των

βιομηχανιών, οι οποίες περιελάμβαναν την εφαρμογή διαδικασιών ταχείας αδειοδότησης (Στίγκα 2014).

5. Η εφαρμογή ενός σχεδίου net-metering στην Ελλάδα έδωσε τη δυνατότητα εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μικρής κλίμακας, όπως ηλιακούς συλλέκτες, τόσο από ανθρώπους όσο και από εταιρείες. Αυτό το πρόγραμμα επιτρέπει στους συμμετέχοντες να λάβουν πιστώσεις για οποιαδήποτε πλεονάζουσα ισχύ που τοποθετείται ξανά στο δίκτυο (Στίγκα 2014).

Η αποθήκευση ενέργειας έχει αναγνωριστεί ως μια κρίσιμη πτυχή για τον μετριασμό του απρόβλεπτου που σχετίζεται με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η Ελλάδα έχει εμπλακεί ενεργά στη διαμόρφωση πολιτικών και στην υλοποίηση έργων που στοχεύουν στην προώθηση της ανάπτυξης της τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας. Η εφαρμογή συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας μπορεί να διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο στον μετριασμό των προκλήσεων που δημιουργούνται από τα διαλείποντα χαρακτηριστικά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ενισχύοντας έτσι τη σταθερότητα του δικτύου (Στίγκα 2014).

2.5 Οι προοπτικές της ηλιακής ενέργειας στον τομέα των ΑΠΕ

Η ηλιακή ενέργεια είναι μια πιθανή εναλλακτική λύση στον κλάδο των ΑΠΕ και της ενέργειας γενικότερα. Τα τελευταία χρόνια, έχει παρατηρηθεί μια αξιοσημείωτη αύξηση της σημασίας που δίνεται στην παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά (PV) και ηλιακές θερμικές μεθόδους. Αυτή η τάση είναι ιδιαίτερα εμφανής στην Ευρώπη, καθώς και στις Ηνωμένες Πολιτείες και την Κίνα, όπου βρίσκεται τώρα υπό ανάπτυξη ένας σημαντικός κλάδος παραγωγής για την τεχνολογία φωτοβολταϊκών. Εάν κάθε κράτος παρέχει αποτελεσματική και αποδοτική βοήθεια, αναμένεται ότι η φωτοβολταϊκή ενέργεια (ΦΒ) θα αντιπροσωπεύει περίπου το 4,4% των σωρευτικών μεσοπρόθεσμων δυνατοτήτων για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε παγκόσμιο πλαίσιο (Resch, et al. 2008).

Αναμφίβολα, οι μακροπρόθεσμες προοπτικές και για τις δύο ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή την αιολική και τα φωτοβολταϊκά (ΦΒ), είναι ουσιαστικές. Ωστόσο, όπως και η αιολική ενέργεια, η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών εμφανίζει επίσης

μεταβλητή παραγωγή ενέργειας που επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις των καιρικών συνθηκών. Η επιτυχής εφαρμογή μιας μεγάλης κλίμακας εισαγωγής στην αγορά απαιτεί την αντιμετώπιση της πρόκλησης της ολοκλήρωσης του δικτύου (Resch, et al. 2008).



Εικόνα 2. Η φωτοβολταϊκή δυναμικότητα της Ελλάδας με βάση την ηλιοφάνεια ανα περιοχή χάρη στα Γεωπληροφοριακά συστήματα. Πηγή (Στίγκα 2014).

Κεφάλαιο 3^ο Ηλιακή Ενέργεια και χρήση των γέω-πληροφοριακών συστημάτων για προσδιορισμό της κατάλληλης τοποθεσίας ηλιακού πάρκου.

3.1 Μέθοδος πολυκριτηριακής λήψης αποφάσεων (πολυκριτηριακή ανάλυση)

Στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η χρήση τεχνικών λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων (MCDM) θεωρείται συχνά ως μέσο για τη διευκόλυνση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, τους υπεύθυνους ανάπτυξης έργων και πολλούς άλλους ενδιαφερόμενους. Αυτές οι μεθοδολογίες λαμβάνουν υπόψη διάφορα κριτήρια και στόχους προκειμένου να αξιολογήσουν και να επιλέξουν τα καταλληλότερα έργα, τεχνολογίες ή στρατηγικές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αυτό το έγγραφο παρέχει μια ολοκληρωμένη ανασκόπηση της χρήσης των προσεγγίσεων λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων (MCDM) στο πλαίσιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Shao, et al. 2020).

1. Το πρώτο στάδιο της λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων (MCDM) περιλαμβάνει τον προσδιορισμό και την επιλογή των σχετικών κριτηρίων για τους σκοπούς της λήψης αποφάσεων. Όταν εξετάζονται οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, μπορούν να ληφθούν υπόψη διάφοροι παράγοντες, όπως οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, η οικονομική βιωσιμότητα, η κοινωνική αποδοχή, η διαθεσιμότητα πόρων, η ενεργειακή απόδοση και η τεχνολογική πρόοδος (Shao, et al. 2020).
2. Η στάθμιση κριτηρίου είναι η διαδικασία της απόδοσης βαρών σε μεμονωμένα κριτήρια προκειμένου να αναπαραστήσουν με ακρίβεια τα αντίστοιχα επίπεδα σημαντικότητάς τους, όπως καθορίζονται από τα

ενδιαφερόμενα μέρη. Αυτό το συγκεκριμένο στάδιο χαρακτηρίζεται συχνά από υποκειμενικότητα και απαιτεί τη συμμετοχή επαγγελματιών και όσων έχουν έννομο συμφέρον στο θέμα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η σημασία της περιβαλλοντικής επίδρασης μπορεί να δοθεί προτεραιότητα πάνω από την οικονομική σκοπιμότητα (Shao, et al. 2020).

3. Η διαδικασία χρήσης προσεγγίσεων λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων (MCDM) απαιτεί τον προσδιορισμό μιας σειράς επιλογών ή έργων ανανεώσιμης ενέργειας που θα υποβληθούν στη συνέχεια σε συγκριτική ανάλυση. Πιθανά παραδείγματα τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας περιλαμβάνουν ηλιακά, αιολικά, υδροηλεκτρικά, γεωθερμικά και ενεργειακά συστήματα βιομάζας, με πιθανές συγχωνεύσεις αυτών των διαφόρων προσεγγίσεων (Shao, et al. 2020).
4. Αξιολόγηση Απόδοσης: Αυτή η αξιολόγηση στοχεύει στην αξιολόγηση της απόδοσης κάθε επιλογής σε σχέση με κάθε κριτήριο. Αυτό συχνά συνεπάγεται τη λήψη δεδομένων και την εκτέλεση ανάλυσης για τη μέτρηση της απόδοσης κάθε εναλλακτικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές σε σχέση με τα καθορισμένα κριτήρια (Shao, et al. 2020).
5. Η κανονικοποίηση είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιείται για να εγγυηθεί ότι όλα τα κριτήρια σε ένα σύνολο δεδομένων μετρώνται σε συνεπή κλίμακα. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει τη σύγκριση πολλών κριτηρίων, ανεξάρτητα από τις διαφορετικές μονάδες μέτρησής τους (Estévez, et al. 2021).
6. Οι τεχνικές συγκέντρωσης χρησιμοποιούνται σε πολλά συστήματα λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων (MCDM) για τη συγκέντρωση των κριτηρίων και των αντίστοιχων βαρών τους. Οι κοινώς χρησιμοποιούμενες τεχνικές είναι το σταθμισμένο άθροισμα, το σταθμισμένο προϊόν και η θεωρία χρησιμότητας πολλαπλών χαρακτηριστικών (MAUT) (Estévez, et al. 2021).
7. Κατάταξη και λήψη αποφάσεων: Μετά τη διαδικασία συγκέντρωσης δεδομένων, οι εναλλακτικές κατατάσσονται σύμφωνα με τις αντίστοιχες συνολικές βαθμολογίες τους. Η επιλογή που επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη βαθμολογία θεωρείται συχνά ως η βέλτιστη επιλογή. Ωστόσο, ορισμένες τεχνικές παρέχουν επίσης ανάλυση ευαισθησίας, η οποία επιτρέπει την

εξέταση του τρόπου με τον οποίο οι ποικίλες σταθμίσεις κριτηρίων επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα της επιλογής (Estévez, et al. 2021).

8. Η ανάλυση ευαισθησίας είναι ένα κοινό χαρακτηριστικό των μεθοδολογιών λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων (MCDM), η οποία παρέχει στους λήπτες αποφάσεων τη δυνατότητα να αξιολογήσουν τον αντίκτυπο των διακυμάνσεων στα βάρη των κριτηρίων στην ιεράρχηση και την επιλογή των επιλογών ανανεώσιμης ενέργειας. Αυτό μπορεί να παρέχει χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την ανθεκτικότητα της επιλογής (Estévez, et al. 2021).
9. Εργαλεία οπτικοποίησης, όπως χάρτες ραντάρ, διαγράμματα φυσαλίδων και διαγράμματα αράχνης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποτελεσματική επικοινωνία των ευρημάτων με τρόπο που είναι τόσο διαυγής όσο και εύκολα κατανοητός (Estévez, et al. 2021).
10. Η συνεχής παρακολούθηση και η ανατροφοδότηση αποτελούν βασικά στοιχεία της διαδικασίας λήψης αποφάσεων στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς προωθούν μια επαναληπτική και προσαρμοστική προσέγγιση. Σε περίπτωση που προκύψουν νέες πληροφορίες ή μετατοπιστούν οι προτεραιότητες, μπορεί να χρειαστεί να τροποποιηθούν οι σταθμίσεις που αποδίδονται στα κριτήρια και στην επιλογή των επιλογών (Estévez, et al. 2021).

Αρκετές συχνά χρησιμοποιούμενες τεχνικές λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων (MCDM) στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας περιλαμβάνουν τη Διαδικασία Αναλυτικής Ιεραρχίας (AHP), την Τεχνική για Σειρά Προτίμησης κατά Ομοιότητα με την Ιδανική Λύση (TOPSIS) και την προσέγγιση Promethee. Η επιλογή της καταλληλότερης προσέγγισης λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων (MCDM) εξαρτάται από τους συγκεκριμένους στόχους, τις περιστάσεις και τις κλίσεις των ενδιαφερομένων που συμμετέχουν στη διαδικασία λήψης αποφάσεων σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Estévez, et al. 2021). Αυτές οι μεθοδολογίες παρέχουν τη διαβεβαίωση ότι οι αποφάσεις βασίζονται σε μια ενδελεχή αξιολόγηση πολλών μεταβλητών, με αποτέλεσμα περισσότερες γνώσεις και βιώσιμες επιλογές στη βιομηχανία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

3.2 Η χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) στη χωροθέτηση ΑΠΕ

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) είναι υψίστης σημασίας στη διαδικασία χωροθέτησης και σχεδιασμού συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Η τεχνολογία του Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) ενσωματώνει χωρικά δεδομένα, γεωγραφικές πληροφορίες και αναλυτικά εργαλεία για να διευκολύνει τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων και να υποστηρίζει τον εντοπισμό κατάλληλων τοποθεσιών για πρωτοβουλίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διαδικασία εντοπισμού των Συστημάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) (Ramón 2012).

1. Η χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) χρησιμοποιείται για τον σκοπό της αξιολόγησης και της χαρτογραφικής αναπαράστασης της προσβασιμότητας των βιώσιμων ενεργειακών πόρων, συμπεριλαμβανομένων, ενδεικτικά, της ηλιακής ακτινοβολίας, της ταχύτητας του ανέμου, της βιομάζας και της γεωθερμικής ικανότητας. Με την ενσωμάτωση χωρικών δεδομένων με δεδομένα πόρων, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) έχουν τη δυνατότητα να ανακαλύπτουν γεωγραφικές περιοχές που παρουσιάζουν σημαντικές δυνατότητες για παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας. Μια απεικόνιση των δυνατοτήτων των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) έγκειται στην ικανότητά τους να δημιουργεί ηλιακούς χάρτες που οριοθετούν τις βέλτιστες τοποθεσίες για εγκατάσταση ηλιακών πάνελ, βασιζόμενοι σε μια ανάλυση της έκθεσης στην ηλιοφάνεια (Ramón 2012).
2. Η χωρική ανάλυση είναι μια θεμελιώδης πτυχή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS), η οποία επιτρέπει τον εντοπισμό βέλτιστων τοποθεσιών για πρωτοβουλίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αυτή η μελέτη μπορεί να περιλαμβάνει διάφορα στοιχεία όπως πρότυπα χρήσης γης, εγγύτητα σε καθιερωμένη υποδομή, περιβαλλοντικούς περιορισμούς και

χαρακτηριστικά εδάφους. Αυτό βοηθά στον προσδιορισμό των περιοχών όπου τα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) μπορούν να εφαρμοστούν βιώσιμα, ενώ ταυτόχρονα μετριάζονται τυχόν δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον (Ramón 2012).

3. Η χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) έχει δυνατότητες να διευκολύνει την ενσωμάτωση πρωτοβουλιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην προϋπάρχουσα υποδομή του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό το εργαλείο διευκολύνει τον εντοπισμό περιοχών όπου οι συνδέσεις στο δίκτυο είναι τόσο τεχνικά εφικτές όσο και οικονομικά λογικές. Η διασφάλιση της σωστής διανομής της ανανεώσιμης ενέργειας στους τελικούς χρήστες είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη βέλτιστων αποτελεσμάτων (Ramón 2012).
4. Η χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) στην αξιολόγηση και απεικόνιση των μελλοντικών περιβαλλοντικών συνεπειών που σχετίζονται με πρωτοβουλίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να θεωρηθεί ως τεχνική εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΕΠΕ). Αυτό περιλαμβάνει τον εντοπισμό οικολογικά εύθραυστων οικοσυστημάτων, πολιτιστικά σημαντικών ιστορικών τοποθεσιών και άλλων περιοχών που απαιτούν μέτρα προστασίας. Η χρήση αυτής της προσέγγισης βοηθά στην ανάπτυξη έργων που μετριάζουν αποτελεσματικά τις αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον (Ramón 2012).
5. Η χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) στον σχεδιασμό χρήσης γης μπορεί να διευκολύνει τη διαδικασία διασφάλισης της συμβατότητας των έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με τις επικρατούσες χρήσεις γης και τους περιορισμούς της ζώνης. Αυτή η διαδικασία βοηθά στον εντοπισμό της κατάλληλης γης για την ανάπτυξη συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), ενώ ταυτόχρονα μετριάζει πιθανές συγκρούσεις με άλλες χρήσεις γης, όπως γεωργικές ή οικιστικές περιοχές (Ramón 2012).
6. Σχεδιασμός δρομολογίων και μεταφορών: Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον σχεδιασμό διαδρομών μεταφοράς για ορισμένες κατηγορίες πρωτοβουλιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως τα αιολικά πάρκα. Αυτή η τεχνολογία

είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τον καθορισμό βέλτιστων διαδρομών για τη μεταφορά σημαντικών εξαρτημάτων, όπως πτερύγια ανεμογεννητριών. Η βελτιστοποίηση των logistics και η ελαχιστοποίηση των δαπανών που σχετίζονται με τη μεταφορά είναι βασικοί στόχοι (Stojanovic 2013).

7. Η συμμετοχή του κοινού μπορεί να διευκολυνθεί με τη χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) για την ανάπτυξη διαδραστικών χαρτών και εργαλείων οπτικοποίησης. Αυτές οι τεχνολογίες διευκολύνουν την κατανόηση και τη δέσμευση των ενδιαφερομένων και του ευρύτερου κοινού σε ό,τι αφορά την τοποθεσία και την προώθηση έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Stojanovic 2013).
8. Η χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) στην οικονομική ανάλυση επιτρέπει την ενσωμάτωση σχετικών οικονομικών δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων του κόστους εργασίας, των φορολογικών κινήτρων και των χρεώσεων μεταφοράς. Αυτή η ενοποίηση διευκολύνει την αξιολόγηση της οικονομικής σκοπιμότητας και βιωσιμότητας των πρωτοβουλιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Διευκολύνει τη διαδικασία λήψης κρίσεων που είναι οικονομικά αποδοτικές (Stojanovic 2013).
9. Οι δραστηριότητες παρακολούθησης και διαχείρισης μπορεί να διευκολυνθούν με τη χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) μετά την ολοκλήρωση έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Τα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορούν να παρακολουθούνται αποτελεσματικά για την αξιολόγηση της παραγωγής ενέργειας, των απαιτήσεων συντήρησης και της συνολικής απόδοσης (Stojanovic 2013).
10. Η αξιολόγηση κινδύνου είναι μια κρίσιμη εφαρμογή των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) που επιτρέπει την αξιολόγηση διαφορετικών κινδύνων όπως οι φυσικές καταστροφές (π.χ. τυφώνες, πλημμύρες) και οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής. Αυτή η αξιολόγηση βοηθά στην ενημερωμένη επιλογή κατάλληλων τοποθεσιών για μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, προάγοντας την ανθεκτικότητα (Stojanovic 2013).

Συμπερασματικά, τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) αποδεικνύονται ένα πολύ αποτελεσματικό εργαλείο στη διαδικασία εντοπισμού και στρατηγικής για την εφαρμογή βιώσιμων ενεργειακών συστημάτων. Αυτή η πρακτική βοηθά στην επιλογή κατάλληλων τοποθεσιών για έργα Συστημάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η άφθονη διαθεσιμότητα πόρων, οι μικρές δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και η αποτελεσματική ενσωμάτωση σε υπάρχοντα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας (Stojanovic 2013). Αυτή η τεχνολογία διευκολύνει τη διαδικασία λήψης τεκμηριωμένων αποφάσεων και προώθησης της βιώσιμης ανάπτυξης στον κλάδο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.



Εικόνα 3. Γεωπληροφοριακά συστήματα. Πηγή (Yousefi & Montazeri 2022).

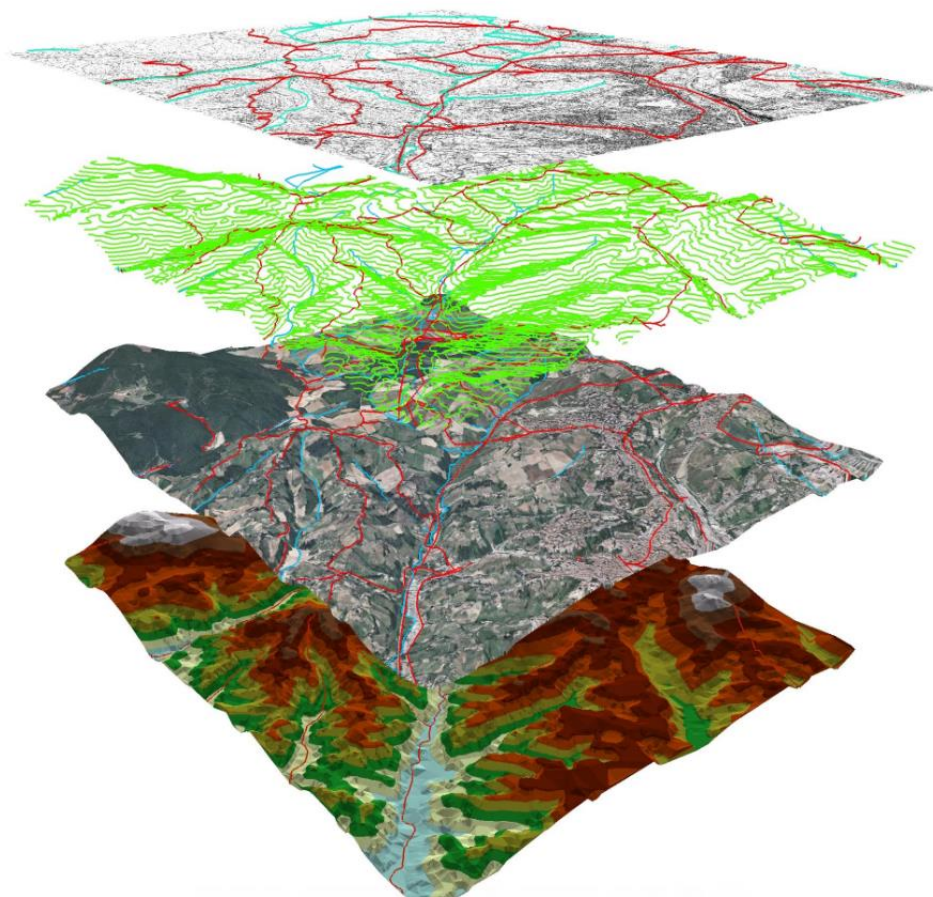
3.3 Βασικές λειτουργίες των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) στη χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων

Η χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) είναι υψίστης σημασίας στη διαδικασία εντοπισμού και ανάπτυξης φωτοβολταϊκών (ΦΒ) πάρκων. Σε αυτό το συγκεκριμένο πλαίσιο, μπορούν να εντοπιστούν πολλοί θεμελιώδεις ρόλοι των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS). Η διαδικασία επιλογής τοποθεσίας και ανάλυσης καταλληλότητας περιλαμβάνει την αξιολόγηση και τον προσδιορισμό της καταλληλότερης τοποθεσίας για έναν συγκεκριμένο σκοπό ή δραστηριότητα (Georgiou and Skarlatos 2016). Αυτό συνεπάγεται μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση πολλών παραγόντων, όπως γεωγραφικές, περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές εκτιμήσεις, για να διασφαλιστεί ότι η επιλεγμένη τοποθεσία. Η χωρική ανάλυση είναι ένα θεμελιώδες στοιχείο των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) που επιτρέπει την εξέταση και αξιολόγηση διαφόρων χωρικών παραμέτρων. Αυτά τα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν την ηλιακή ακτινοβολία, την κλίση, την όψη, τη χρήση γης και την εγγύτητα σε υπάρχουσες υποδομές (Georgiou and Skarlatos 2016). Με τη χρήση GIS, καθίσταται δυνατή η εύρεση και ο καθορισμός ιδανικών χώρων για τη δημιουργία φωτοβολταϊκών (ΦΒ) πάρκων.

- Η Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων (MCDA) είναι μια μεθοδολογία που χρησιμοποιεί Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) για να επιτρέψει τη συγχώνευση διαφορετικών κριτηρίων προκειμένου να αξιολογηθούν και να ιεραρχηθούν εναλλακτικές τοποθεσίες σύμφωνα με μια σειρά χαρακτηριστικών. Αυτή η ενσωμάτωση πολλών κριτηρίων στο GIS διευκολύνει τη διαδικασία παραγωγής καλά ενημερωμένων αποφάσεων (Georgiou and Skarlatos 2016).
- Η μοντελοποίηση ηλιακής ακτινοβολίας είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιεί τεχνολογίες του Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) για την ακριβή εκτίμηση των επιπέδων ηλιακής ακτινοβολίας λαμβάνοντας υπόψη τη χωρική μεταβλητότητα στην έκθεση στο ηλιακό φως σε διαφορετικές γεωγραφικές τοποθεσίες. Η απόκτηση αυτών των πληροφοριών είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση της ενεργειακής ικανότητας μιας τοποθεσίας και για την ενίσχυση της λειτουργικής απόδοσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων (Georgiou and Skarlatos 2016).

- Η μοντελοποίηση εδάφους είναι μια διαδικασία κατά την οποία τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση δεδομένων εδάφους με σκοπό τον εντοπισμό περιοχών που διαθέτουν ευνοϊκά χαρακτηριστικά κλίσης και όψης για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών (ΦΒ) συστημάτων. Συχνά ευνοείται η χρήση επίπεδου ή βαθμιαία επικλινούς εδάφους λόγω των πλεονεκτημάτων του όσον αφορά την ευκολία του κτιρίου και τη μεγιστοποίηση της έκθεσης στον ήλιο (Georgiou and Skarlatos 2016).
- Η χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) επιτρέπει την αξιολόγηση των επικρατούντων προτύπων κάλυψης γης, διευκολύνοντας έτσι τον μετριασμό των δυσμενών επιπτώσεων σε ευάλωτα οικοσυστήματα και γεωργικές περιοχές (Georgiou and Skarlatos 2016).
- Μία από τις εφαρμογές του GIS είναι η ικανότητα να τοποθετεί περιβαλλοντικά δεδομένα σε χάρτες, συμπεριλαμβανομένων οικολογικών ζωνών, προστατευόμενων περιοχών και υδάτινων σωμάτων, προκειμένου να εντοπιστούν και να αποφευχθούν οικολογικά ευαίσθητες τοποθεσίες (Hong, et al. 2014).
- Η ανάλυση εγγύτητας είναι μια πολύτιμη εφαρμογή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) που διευκολύνει την αξιολόγηση της χωρικής σχέσης μεταξύ πιθανών φωτοβολταϊκών (ΦΒ) τοποθεσιών και προϋπάρχουσας υποδομής, συμπεριλαμβανομένων οδικών δικτύων, γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και υποσταθμών. Η εγγύτητα στην υποδομή έχει τη δυνατότητα να μειώσει τις δαπάνες ανάπτυξης και να ενισχύσει τη βιωσιμότητα ενός έργου (Hong, et al. 2014).
- Η ανάλυση των γραμμών μεταφοράς είναι μια κρίσιμη πτυχή στον τομέα της μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της χωρητικότητας και της εγγύτητας των τρεχουσών γραμμών μεταφοράς. Η αξιολόγηση αυτή στοχεύει να εξακριβώσει τη βιωσιμότητα της δημιουργίας σύνδεσης μεταξύ του φωτοβολταϊκού (ΦΒ) πάρκου και του ηλεκτρικού δικτύου (Hong, et al. 2014).

- Δημόσια προσέγγιση: Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) έχουν τη δυνατότητα να δημιουργούν οπτικές αναπαραστάσεις και διαδραστικές χαρτογραφικές εμφανίσεις, οι οποίες μπορεί να εξυπηρετούν αποτελεσματικά το σκοπό της δημόσιας προσέγγισης και της αλληλεπίδρασης με τους ενδιαφερόμενους. Αυτό διευκολύνει τη διάδοση των λεπτομερειών του έργου και τυχόν επιπτώσεις στην κοινότητα (Hong, et al. 2014).
- Η χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) μπορεί να διευκολύνει την κατανόηση της περιφερειακής νομοθεσίας για τις ζώνες και τις προϋποθέσεις για την απόκτηση αδειών. Η χρήση αυτού του εργαλείου διευκολύνει τον εντοπισμό περιοχών όπου επιτρέπεται η ανάπτυξη φωτοβολταϊκών (ΦΒ) και εγγυάται τη συμμόρφωση με τα καθιερωμένα ρυθμιστικά πλαίσια (Hong, et al. 2014).
- Η μοντελοποίηση κόστους είναι μια πολύτιμη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) που επιτρέπει στους προγραμματιστές να κάνουν μορφωμένες επιλογές για την οικονομία του έργου. Ενσωματώνοντας δεδομένα σχετικά με το κόστος κτιρίων, την προσβασιμότητα και τις τιμές γης, το GIS διευκολύνει την ανάλυση και την αξιολόγηση του κόστους που σχετίζεται με ένα συγκεκριμένο αναπτυξιακό έργο. Αυτό επιτρέπει στους προγραμματιστές να κατανοήσουν πλήρως τις οικονομικές επιπτώσεις και να λάβουν καλά ενημερωμένες αποφάσεις με βάση αυτές τις πληροφορίες (Hong, et al. 2014).
- Η διαχείριση περιουσιακών στοιχείων περιλαμβάνει τη χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) για τη συνεχή παρακολούθηση και συντήρηση φωτοβολταϊκών (ΦΒ) πάρκων. Η χρήση αυτής της τεχνολογίας βοηθά στην παρακολούθηση της λειτουργικής αποτελεσματικότητας μεμονωμένων πάνελ, στην αξιολόγηση των απαιτήσεων συντήρησης και στη βελτίωση της συνολικής απόδοσης του συστήματος (Hong, et al. 2014).



Εικόνα 4. Γεωπληροφορικά συστήματα. Πηγή (Ramon 2012).

3.4 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών & Αλγόριθμοι

Αυτό το τμήμα της εργασίας στοχεύει να διερευνήσει τους μηχανισμούς των θεμελιωδών αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) για τη δημιουργία ενός φωτοβολταϊκού (ΦΒ) πάρκου.

Η Μοντελοποίηση της Ηλιακής Ακτινοβολίας:

- Τα μοντέλα ηλιακής ακτινοβολίας χρησιμοποιούν μαθηματικές εξισώσεις για να ποσοτικοποιήσουν το μέγεθος της ηλιακής ακτινοβολίας που λαμβάνεται σε διάφορα γεωγραφικά σημεία στην επιφάνεια της Γης. Αυτά τα μοντέλα περιλαμβάνουν διάφορες πτυχές, συμπεριλαμβανομένης της γεωγραφικής θέσης, των εποχιακών παραλλαγών, των ατμοσφαιρικών συνθηκών και της τοπογραφίας. Το πρόγραμμα Solar Analyst χρησιμοποιεί αυτές τις εισόδους

για να αξιολογήσει την ηλιακή χωρητικότητα διαφόρων περιοχών (Sánchez-Lozano, et al. 2013).

- Σκοπός αυτής της μελέτης είναι να εξετάσει τα επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας προκειμένου να διαπιστωθούν περιοχές με αυξημένη έκθεση στην ηλιοφάνεια, κρίσιμο παράγοντα για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης της παραγωγής ενέργειας από φωτοβολταϊκά πάνελ (Sánchez-Lozano, et al. 2013).

Αλγόριθμος:

$I = I_0 \cdot \cos(Z) \cdot e^{-k \cdot h}$ όπου:

- I είναι η ηλιακή ακτινοβολία σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία,
- I_0 είναι η εξωγήινη ηλιακή ακτινοβολία,
- Z είναι η ηλιακή γωνία ζενίθ,
- k είναι ο συντελεστής ατμοσφαιρικής εξαφάνισης,
- h είναι το υψόμετρο πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Επισκόπηση Μελέτης Περίπτωσης:

Στόχος: Εκτίμηση του ηλιακού δυναμικού διαφόρων τοποθεσιών για τη χωροθέτηση Φ/Β πάρκου στην Καλιφόρνια.

Πηγή δεδομένων: SolarAnywhere, παρέχοντας δεδομένα ηλιακής ακτινοβολίας.

Μεθοδολογία:

Χρήση της εξίσωσης του μοντέλου ηλιακής ακτινοβολίας: $I = I_0 \cdot \cos(Z) \cdot e^{-k \cdot h}$

Ενσωμάτωση δεδομένων από το SolarAnywhere για τον υπολογισμό της ηλιακής ακτινοβολίας (I) σε διαφορετικές τοποθεσίες.

Αποτέλεσμα: Προσδιορισμός περιοχών με βέλτιστες ηλιακές συνθήκες με βάση τις υπολογισμένες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας (Sánchez-Lozano, et al. 2013).

Ανάλυση καταλληλότητας τοποθεσίας χρησιμοποιώντας την προσέγγιση της Ανάλυσης Απόφασης Πολυκριτηρίων (MCDA).

- Η διαδικασία εργασίας περιλαμβάνει τη χρήση αλγορίθμων ανάλυσης απόφασης πολλαπλών κριτηρίων (MCDA), οι οποίοι ενσωματώνουν και αξιολογούν πολλές γεωγραφικές παραμέτρους μέσω της εφαρμογής σταθμισμένων επικαλύψεων. Ο αλγόριθμος εκχωρεί ένα βάρος σε κάθε πτυχή ανάλογα με τη σημασία της, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός χάρτη καταλληλότητας που αξιολογεί διάφορες τοποθεσίες με βάση τη συνολική καταλληλότητά τους για τη δημιουργία φωτοβολταϊκών πάρκων (Sánchez-Lozano, et al. 2013).
- Ο σκοπός αυτής της στρατηγικής είναι να πραγματοποιήσει μια διεξοδική αξιολόγηση πολλών παραγόντων, όπως η κλίση, η όψη, η χρήση γης και η εγγύτητα σε υποδομές, προκειμένου να επιλεγούν οι καταλληλότερες τοποθεσίες (Sánchez-Lozano, et al. 2013).

Αλγόριθμος:

Σχέση: Η σταθμισμένη ανάλυση επικάλυψης περιλαμβάνει την ανάθεση βαρών (w_i) σε διαφορετικά κριτήρια και το συνδυασμό τους χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$Suitability = \sum w_i \cdot (Normalized\ Criteria_i)$ όπου το καθένα $Normalized\ Criteria_i$ είναι ένα κριτήριο κανονικοποιημένο μεταξύ 0 και 1.

Επισκόπηση Μελέτης Περίπτωσης:

Στόχος: Προσδιορισμός κατάλληλων τοποθεσιών για Φ/Β πάρκα στην Ελλάδα χρησιμοποιώντας το MCDA.

Πηγές δεδομένων: Στοιχεία υψομέτρου, κλίσης, όψης, χρήσης γης και εγγύτητας υποδομής.

Μεθοδολογία: Χρήση της εξίσωσης ανάλυσης σταθμισμένης επικάλυψης: $Suitability = \sum w_i \cdot (Normalized\ Criteria_i)$ όπου το καθένα $Normalized\ Criteria_i$

- Αντιστοίχιση σταθμίσεων σε κάθε κριτήριο με βάση τη σημασία.
- Συνδυασμός κριτηρίων για να δημιουργία ενός χάρτη καταλληλότητας.

Αποτέλεσμα: Δώστε προτεραιότητα σε περιοχές για την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών πάρκων με βάση τα συνδυασμένα χωρικά κριτήρια (Sánchez-Lozano, et al. 2013).

Ανάλυση σκιάς (Ανάλυση ορίζοντα και άποψης):

- Η διαδικασία της ανάλυσης σκίασης περιλαμβάνει την αξιολόγηση της επίδρασης τοπογραφικών χαρακτηριστικών ή δομών στην ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Η ανάλυση ορίζοντα είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της έκτασης στην οποία ο ουρανός είναι ορατός, ενώ η ανάλυση οριζόντιου χώρου είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των περιοχών που μπορούν να φανούν από μια καθορισμένη τοποθεσία (Settou et al. 2022).
- Σκοπός αυτών των αξιολογήσεων είναι ο μετριασμός των επιπτώσεων σκίασης, η βελτίωση της θέσης των ηλιακών συλλεκτών και η μεγιστοποίηση της ηλιακής έκθεσης.

Αλγόριθμος:

Σχέση: Η ανάλυση ορίζοντα περιλαμβάνει τον προσδιορισμό της ορατότητας του ουρανού λαμβάνοντας υπόψη το υψόμετρο του εδάφους. Η ανάλυση Viewshed υπολογίζει τις ορατές περιοχές από μια συγκεκριμένη τοποθεσία με βάση τη γραμμή όρασης (Settou et al. 2022).

- Για ανάλυση ορίζοντα: $Elevation_{visible} = Elevation_{terrain} + Elevation_{observer}$
- Για viewshed analysis: Βασισμένο σε αλγόριθμους όπως ο αλγόριθμος Line of Sight.

Επισκόπηση Μελέτης Περίπτωσης:

Στόχος: Εκτίμηση των επιδράσεων σκίασης σε ένα Φ/Β πάρκο χρησιμοποιώντας το PVsyst.

Πηγή δεδομένων: Έδαφος και δομικά δεδομένα υψηλής ανάλυσης.

Μεθοδολογία:

- Χρήση αλγορίθμων ανάλυσης σκίασης στο PVsyst για προσομοίωση εφέ σκίασης.
- Υπολογισμός του αντίκτυπου στην απόδοση του ηλιακού πάνελ με βάση τα μοτίβα σκίασης.

Αποτέλεσμα: Βελτιστοποίηση της τοποθέτησης του πίνακα για να ελαχιστοποιηθεί η σκίαση και να μεγιστοποιηθεί η παραγωγή ενέργειας (Settou et al. 2022).

Τοπογραφική ανάλυση:

- Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται στην τοπογραφική ανάλυση αξιολογούν δεδομένα που σχετίζονται με το υψόμετρο, την κλίση και την όψη. Ένα παράδειγμα αυτού μπορεί να φανεί στην ανάλυση κλίσης, η οποία ποσοτικοποιεί τον βαθμό κλίσης του εδάφους, και στην ανάλυση όψεων, η οποία διαπιστώνει τον προσανατολισμό μιας κλίσης (Settou et al. 2022).
- Ο στόχος αυτής της μελέτης είναι να αποκτήσει μια ολοκληρωμένη κατανόηση των τοπογραφικών χαρακτηριστικών που παίζουν καθοριστικό ρόλο στον προσδιορισμό της καταλληλότητας του εδάφους για την τοποθέτηση ηλιακών συστημάτων.

Αλγόριθμος:

Σχέση: Κλίση (S) και πτυχή (A) μπορεί να προκύψει από το υψόμετρο του εδάφους (Z) ως εξής:

$$S = \tan^{-1} \left(\sqrt{\left(\frac{\partial Z}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial Z}{\partial y} \right)^2} \right)$$

$$A = \tan^{-1} \left(\frac{\partial Z}{\partial y}, \frac{\partial Z}{\partial x} \right)$$

Επισκόπηση Μελέτης Περίπτωσης:

Στόχος: Αξιολόγηση τοπογραφικών χαρακτηριστικών για τη θέση Φ/Β πάρκου στην Αριζόνα.

Πηγές δεδομένων: Δεδομένα ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου υψηλής ανάλυσης (DEM).

Μεθοδολογία:

- Χρήση των εξισώσεων ανάλυσης Κλίσης (S) και πτυχής (A):

$$S = \tan^{-1} \left(\sqrt{\left(\frac{\partial Z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial Z}{\partial y}\right)^2} \right)$$

$$A = \tan^{-1} \left(\frac{\partial Z}{\partial y}, \frac{\partial Z}{\partial x} \right)$$

- Εφαρμογή αυτών των τύπων σε δεδομένα DEM για να προσδιορισμός περιοχών με κατάλληλο έδαφος.

Αποτέλεσμα: Καθοδήγηση της επιλογή τοποθεσίας με βάση τις βέλτιστες κλίσεις και τις πτυχές για την ηλιακή έκθεση (Settou et al. 2022).

Η ανάλυση των γραμμών μεταφοράς δικτύου:

- Οι μέθοδοι ανάλυσης δικτύου χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της εγγύτητας και της χωρητικότητας των προϋπαρχουσών γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό συνεπάγεται την εξέταση και αξιολόγηση των γεωγραφικών συνδέσεων και αλληλεπιδράσεων μεταξύ πιθανών φωτοβολταϊκών (ΦΒ) τοποθεσιών και του ηλεκτρικού δικτύου (Sánchez-Lozano, et al. 2013).
- Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να αξιολογήσει τη βιωσιμότητα της δημιουργίας σύνδεσης μεταξύ του φωτοβολταϊκού (ΦΒ) πάρκου και του ηλεκτρικού δικτύου. Αυτή η αξιολόγηση λαμβάνει υπόψη πολλές πτυχές, συμπεριλαμβανομένης της απόστασης μεταξύ του φωτοβολταϊκού πάρκου και του δικτύου, της χωρητικότητας του φωτοβολταϊκού πάρκου και της πιθανής ανάγκης για αλλαγές στην υπάρχουσα υποδομή δικτύου (Sánchez-Lozano, et al. 2013).

Σχέση: Η ανάλυση δικτύου περιλαμβάνει την αξιολόγηση της εγγύτητας των πιθανών τοποθεσιών ΦΒ σε υπάρχουσες γραμμές μεταφοράς. Η ακριβής μαθηματική σχέση εξαρτάται από τους συγκεκριμένους αλγόριθμους που χρησιμοποιούνται στο λογισμικό GIS.

Επισκόπηση Μελέτης Περίπτωσης:

Στόχος: Αξιολόγηση της εγγύτητας των πιθανών εγκαταστάσεων φωτοβολταϊκών με υπάρχουσες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας για σύνδεση στο δίκτυο στη Γερμανία.

Πηγές δεδομένων: Δεδομένα GIS για τοποθεσίες γραμμών μεταφοράς, πιθανές θέσεις ΦΒ και κάλυψη γης.

Μεθοδολογία:

- Χρήση αλγορίθμων ανάλυσης δικτύου για να αξιολόγηση σκοπιμότητας σύνδεσης φωτοβολταϊκών πάρκων με το ηλεκτρικό δίκτυο.

Αποτέλεσμα: Αποφάσεις σχετικά με τις πιο αποδοτικές και εφικτές επιλογές σύνδεσης στο δίκτυο με βάση τη μαθηματική ανάλυση (Sánchez-Lozano, et al. 2013).

Ταξινόμηση της κάλυψης γης με χρήση της μεθόδου Maximum Likelihood Classification.

- Τεχνικές ταξινόμησης εικόνων, όπως η μέθοδος Maximum Likelihood Classification, χρησιμοποιούνται για την ανάλυση δορυφορικών δεδομένων με στόχο την κατηγοριοποίηση διαφόρων τύπων κάλυψης γης.
- Ο σκοπός του προσδιορισμού των κατηγοριών κάλυψης γης είναι να διευκολυνθεί η αξιολόγηση της τρέχουσας χρήσης γης, ιδιαίτερα στο πλαίσιο των διαδικασιών επιλογής τοποθεσιών, αποφεύγοντας τις οικολογικά ευαίσθητες περιοχές και τη γεωργική γη (Settou et al. 2022).

Σχέση: Η ταξινόμηση μέγιστης πιθανότητας περιλαμβάνει τον υπολογισμό της πιθανότητας ενός εικονοστοιχείου να ανήκει σε μια συγκεκριμένη κλάση. Για ένα

πρόβλημα δύο τάξεων, η πιθανότητα P_i για κάθε τάξη i υπολογίζεται το i και το pixel εκχωρείται στην κλάση με τη μέγιστη πιθανότητα.

Επισκόπηση Μελέτης Περίπτωσης:

Στόχος: Εκτίμηση των τύπων κάλυψης γης για τη θέση Φ/Β πάρκου στην Πορτογαλία.

Πηγή δεδομένων: Δορυφορικές εικόνες (Settou et al. 2022).

Μεθοδολογία:

- Εφαρμογή της Ταξινόμησης Μέγιστης Πιθανότητας για την ταξινόμηση των τύπων κάλυψης γης.

Αποτέλεσμα: Προσδιορισμός περιοχών κατάλληλων για ανάπτυξη φωτοβολταϊκών, αποφεύγοντας τις περιβαλλοντικά ευαίσθητες περιοχές με βάση τη μαθηματική ταξινόμηση.

Οι προαναφερθέντες αλγόριθμοι μαζί παρέχουν μια μεθοδολογία που βασίζεται τόσο σε δεδομένα όσο και γεωγραφικά με σκοπό την επιλογή, το σχεδιασμό και τον σχεδιασμό ενός ηλιακού πάρκου. Λαμβάνοντας υπόψη πολλά κριτήρια, όπως η αύξηση της απόδοσης του φωτοβολταϊκού συστήματος (ΦΒ) και ο περιορισμός των περιβαλλοντικών συνεπειών, αυτά τα εργαλεία δίνουν τη δυνατότητα στους σχεδιαστές και τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να λαμβάνουν καλά ενημερωμένες αποφάσεις. Τα ακριβή στοιχεία εκτέλεσης ενδέχεται να διαφέρουν ανάλογα με το πρόγραμμα και τα δεδομένα που είναι προσβάσιμα για την έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο Σύνοψη- Συμπεράσματα

4.1 Σύνοψη- Συμπεράσματα

Συνοπτικά, η χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) στην επιλογή φωτοβολταϊκών (ΦΒ) πάρκων είναι μια ουσιαστική και εξαιρετικά αποτελεσματική στρατηγική που ενσωματώνει ανάλυση χωρικών δεδομένων, μαθηματική μοντελοποίηση και εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων. Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) έχει πολλά πλεονεκτήματα σε όλα τα στάδια της διάρκειας ζωής ενός φωτοβολταϊκού (ΦΒ) έργου.

Η χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) επιτρέπει την εφαρμογή μιας προσέγγισης με επίκεντρο τα δεδομένα στη λήψη αποφάσεων στην επιλογή τοποθεσίας. Αυτή η προσέγγιση λαμβάνει υπόψη αρκετές χωρικές παραμέτρους, συμπεριλαμβανομένων, ενδεικτικά, της ηλιακής ακτινοβολίας, του εδάφους, της κάλυψης του εδάφους και της εγγύτητας σε υποδομές. Αυτό διευκολύνει τον καθορισμό ιδανικών τοποθεσιών για φωτοβολταϊκά πάρκα, με στόχο τη μέγιστη παραγωγή ενέργειας με παράλληλη αποφυγή δυσμενών επιπτώσεων στο περιβάλλον. Η Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων (MCDA) είναι μια μέθοδος που επιτρέπει την ενδελεχή αξιολόγηση πολλών κριτηρίων, όπως χαρακτηριστικά τοπογραφίας, χρήση γης και εγγύτητα σε υποδομές, μέσω της χρήσης Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS). Η χρήση αυτής της μεθοδικής τεχνικής διευκολύνει τη διαδικασία λήψης τεκμηριωμένων αποφάσεων εξετάζοντας προσεκτικά και ενσωματώνοντας πολλά στοιχεία για την επιλογή των καταλληλότερων θέσεων. Η χρήση τεχνολογιών Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) διευκολύνει την ακριβή ανάλυση σκίασης, βοηθώντας έτσι τους σχεδιαστές να βελτιστοποιήσουν τη διάταξη των φωτοβολταϊκών (PV) συστοιχιών για τη μείωση της εμφάνισης σκιών και την αύξηση της έκθεσης στον ήλιο. Αυτή η βελτιστοποίηση ενισχύει την παραγωγή ενέργειας και βελτιώνει τη συνολική απόδοση του συστήματος. Επιπλέον, η σκοπιμότητα των συνδέσεων στο δίκτυο μπορεί να αξιολογηθεί μέσω της χρήσης Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS), τα οποία επιτρέπουν την ανάλυση της εγγύτητας μεταξύ πιθανών φωτοβολταϊκών (ΦΒ) τοποθεσιών και υφιστάμενων

γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Η παρούσα έρευνα έχει σημαντική σημασία για την αξιολόγηση της οικονομικής σκοπιμότητας και των δυνατοτήτων για απρόσκοπτη ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών (ΦΒ) πάρκων στην υπάρχουσα υποδομή ηλεκτρικού δικτύου. Επιπροσθέτως, η χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) διευκολύνει την αξιολόγηση πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων μέσω κατηγοριοποίησης κάλυψης γης και πολλών άλλων περιβαλλοντικών αξιολογήσεων στο πλαίσιο της Εκτίμησης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ). Αυτή η πρακτική βοηθά στην αποφυγή αμφισβητούμενων περιοχών και στην ευθυγράμμιση της ανάπτυξης φωτοβολταϊκών πάρκων με στόχους βιωσιμότητας.

Κάτι ακόμη που αξίζει να σημειωθεί είναι πως η χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) διευκολύνει την ανάπτυξη οπτικών αναπαραστάσεων και διαδραστικών χαρτογραφικών εμφανίσεων, ενισχύοντας έτσι την αποτελεσματικότητα της επικοινωνίας με διάφορους ενδιαφερόμενους φορείς και το ευρύ κοινό. Η διαφάνεια της πρωτοβουλίας διευκολύνει την αλληλεπίδραση με την κοινότητα και ενισχύει την κατανόηση του αποτελέσματός της. Τέλος, η χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) σε συνδυασμό με την οικονομική μοντελοποίηση παρέχει ένα πολύτιμο εργαλείο για την αξιολόγηση της οικονομικής βιωσιμότητας των φωτοβολταϊκών (ΦΒ) έργων. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν στοιχεία όπως τα έξοδα που σχετίζονται με την κατασκευή, την αξία της γης και την ευκολία πρόσβασης, προσφέροντας έτσι σημαντικές προοπτικές για το σχεδιασμό του έργου. Η συνεχής παρακολούθηση και συντήρηση είναι βασικές πτυχές της διαχείρισης των φωτοβολταϊκών (ΦΒ) πάρκων. Οι τεχνολογίες του Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο για τη συνεχή παρακολούθηση αυτών των πάρκων. Παρέχουν ένα μέσο για την αξιολόγηση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων, τον προσδιορισμό των απαιτήσεων επισκευής και τη βελτιστοποίηση της συνολικής απόδοσης του έργου σε όλη τη διάρκεια ζωής του. Εν συντομία, η χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) στην επιλογή θέσεων για φωτοβολταϊκά πάρκα απλοποιεί τη διαδικασία λήψης αποφάσεων, βελτιώνει τον σχεδιασμό έργων και βοηθά στην αποτελεσματική

εγκατάσταση φιλικών προς το περιβάλλον και παραγωγικών εγκαταστάσεων ηλιακής ενέργειας. Με τη συνεχή πρόοδο της τεχνολογίας, αναμένεται ότι τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) θα αναλάβουν σταδιακά σημαντική λειτουργία για την ενίσχυση της αποδοτικότητας της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα.

Για να προχωρήσουμε περισσότερο στη διατριβή του συστήματος γεωπληροφοριών (GIS) για τον προσδιορισμό της βέλτιστης τοποθεσίας για μια εγκατάσταση ηλιακού πάρκου, μπορούν να διεξαχθούν πρόσθετες συνομιλίες και έρευνες για την εξέταση άλλων πτυχών, όπως:

1. Ενοποίηση δεδομένων τηλεπισκόπησης:

- Διερεύνηση της χρήσης δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης και άλλων δεδομένων τηλεπισκόπησης για τη βελτίωση της ακρίβειας των μοντέλων GIS.
- Εξέταση των δυνατοτήτων της τηλεπισκόπησης για την παροχή ενημερωμένων δεδομένων για μεταβλητές, συμπεριλαμβανομένων των αλλαγών στην κάλυψη της γης και την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας.

2. Ανάλυση χωρικών δεδομένων που ενσωματώνει δυναμικά στοιχεία.

- Δημιουργία μοντέλων που περιλαμβάνουν τα κυμαινόμενα χαρακτηριστικά των περιβαλλοντικών στοιχείων, συμπεριλαμβανομένων των εποχιακών διακυμάνσεων, της κλιματικής αλλαγής και των μεταβαλλόμενων προτύπων χρήσης γης.
- Εξέταση των ικανοτήτων του GIS να προσαρμόζεται σε δυναμικές συνθήκες και να παρέχει άμεση βοήθεια στη λήψη αποφάσεων για την ανάπτυξη ηλιακών πάρκων.

3. Βέλτιστη τοποθέτηση για υβριδικά ανανεώσιμα συστήματα:

- Επέκταση του πεδίου της μελέτης ώστε να συμπεριλάβει τον προσδιορισμό των πιο συμφέρουσες τοποθεσίες για υβριδικά συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως συνδυασμοί τεχνολογιών ηλιακής-αιολικής ενέργειας ή ηλιακής μπαταρίας.
- Ανάλυση των διασυνδέσεων και τους συμβιβασμούς μεταξύ των διαφόρων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας χρησιμοποιώντας το πλαίσιο GIS.

4. Βελτιστοποίηση αποθήκευσης ενέργειας με χρήση Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (GIS)

- Διερεύνηση της χρήσης του GIS για τη βελτίωση της τοποθέτησης και της αποτελεσματικότητας των συσκευών αποθήκευσης ενέργειας στην υποδομή του ηλιακού πάρκου.

5. Ανθεκτικότητα σε φυσικές καταστροφές:

- Αξιολόγηση της ευαισθησίας πιθανών τοποθεσιών ηλιακών πάρκων σε φυσικές καταστροφές με το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS).
- Δημιουργία τακτικών που ενισχύουν την ανθεκτικότητα της ηλιακής υποδομής απέναντι σε φυσικές καταστροφές όπως καταιγίδες, πλημμύρες ή πυρκαγιές.

6. Ενσωμάτωση προσεγγίσεων αξιολόγησης κύκλου ζωής στα γεω-πληροφοριακά συστήματα για την ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των εγκαταστάσεων ηλιακών πάρκων καθ' όλη τη διάρκεια ζωής τους, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής και του παροπλισμού. Πρέπει να ληφθούν υπόψη στοιχεία όπως η ποσότητα ενέργειας που χρησιμοποιείται για την παραγωγή και τη χρήση ενός προϊόντος, την ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του και την ποσότητα των απορριμμάτων που παράγονται.

7. **Εξέταση των γεωπολιτικών και γεωοικονομικών παραγόντων** που εμπλέκονται στη διαδικασία επιλογής τοποθεσιών για ηλιακά πάρκα, ιδιαίτερα σε σχέση με τη διεθνή πολιτική και τις αγορές ενέργειας.
8. **Εξέταση των τρόπων με τους οποίους τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) μπορούν να βοηθήσουν στη διαχείριση και τον μετριασμό των γεωπολιτικών κινδύνων**, καθώς και στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των αλυσίδων εφοδιασμού ενέργειας.

Βιβλιογραφία

Alexopoulos, D.K. et al. (2021) 'A review of flexibility options for high RES penetration in power systems — focusing the Greek case', *Energy Reports*, 7, pp. 33–50. doi:10.1016/j.egyr.2021.09.050.

Bandaru, S.H. et al. (2021) 'A general framework for multi-criteria based feasibility studies for solar energy projects: Application to a real-world solar farm', *Energies*, 14(8), p. 2204. doi:10.3390/en14082204.

Chao, Z. et al. (2019) 'Estimation methods developing with remote sensing information for energy crop biomass: A comparative review', *Biomass and Bioenergy*, 122, pp. 414–425. doi:10.1016/j.biombioe.2019.02.002.

Cheng, M. and Zhu, Y. (2014) 'The state of the art of Wind Energy Conversion Systems and technologies: A Review', *Energy Conversion and Management*, 88, pp. 332–347. doi:10.1016/j.enconman.2014.08.037.

Estévez, R.A. et al. (2021) 'Multi-criteria decision analysis for renewable energies: Research trends, gaps and the challenge of improving participation', *Sustainability*, 13(6), p. 3515. doi:10.3390/su13063515.

Georgiou, A. and Skarlatos, D. (2016) 'Optimal site selection for sitting a solar park using multi-criteria decision analysis and Geographical Information Systems', *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems*, 5(2), pp. 321–332. doi:10.5194/gi-5-321-2016.

Halkos, G.E. and Gkampoura, E.-C. (2020) 'Reviewing usage, potentials, and limitations of Renewable Energy Sources', *Energies*, 13(11), p. 2906. doi:10.3390/en13112906.

Holden, G. (2021) Solar Power: Planned Network Will Increase Generation eight-fold - company, RNZ. Available at: <https://www.rnz.co.nz/news/business/442354/solar-power-planned-network-will-increase-generation-eight-fold-company> (Accessed: 07 December 2023).

Hong, T. et al. (2014) 'A GIS (geographic information system)-based optimization model for estimating the electricity generation of the rooftop PV (photovoltaic) system', *Energy*, 65, pp. 190–199. doi:10.1016/j.energy.2013.11.082.

Kaygusuz, K. (2002) 'Sustainable development of hydroelectric power', *Energy Sources*, 24(9), pp. 803–815. doi:10.1080/00908310290086725.

Katsaprakakis, D.AI. and Christakis, D.G. (2016) 'The exploitation of electricity production projects from renewable energy sources for the social and economic development of remote communities. the case of greece: An example to avoid', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, pp. 341–349. doi:10.1016/j.rser.2015.10.029.

Killingtveit, Å. (2014) 'Hydroelectric Power', *Future Energy*, pp. 453–470. doi:10.1016/b978-0-08-099424-6.00021-1.

Lin, Y. et al. (2020) 'Towards Zero-energy buildings in China: A systematic literature review', *Journal of Cleaner Production*, 276, p. 123297. doi:10.1016/j.jclepro.2020.123297.

Matuszewska-Janica, A. et al. (2021) 'Changes in electricity production from renewable energy sources in the European Union countries in 2005–2019', *Energies*, 14(19), p. 6276. doi:10.3390/en14196276.

Money Review (2022) Αυξάνεται η ενεργειακή εξάρτηση της Ελλάδας – ενισχύεται η συμβολή των ΑΠΕ, Moneyreview.gr. Available at: <https://www.moneyreview.gr/green-economy/122811/ayxanetai-i-energeiaki-exartisi-tis-elladas-enischyetai-i-symvoli-ton-ape/> (Accessed: 04 November 2023).

Murty, P.S.R. (2017) 'Renewable energy sources', *Electrical Power Systems*, pp. 783–800. doi:10.1016/b978-0-08-101124-9.00024-3.

Ramón, S.C.M.J. (2012) *Multi criteria analysis in the renewable energy industry*. London: Springer.

Resch, G., Held, A., Faber, T., Panzer, C., Toro, F., & Haas, R. (2008). Potentials and prospects for renewable energies at global scale. *Energy Policy*, 36(11), 4048–4056. doi:10.1016/j.enpol.2008.06.029

Sánchez-Lozano, J.M. et al. (2013) ‘Geographical Information Systems (GIS) and Multi-criteria Decision making (MCDM) methods for the evaluation of Solar Farms locations: Case study in south-eastern Spain’, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, pp. 544–556. doi:10.1016/j.rser.2013.03.019.

Settou, B. et al. (2022) ‘Geographic information-driven two-stage optimization model for location decision of Solar Power Plant: A Case Study of an Algerian municipality’, *Sustainable Cities and Society*, 77, p. 103567. doi:10.1016/j.scs.2021.103567.

Simon, C.A. (2020) *Alternative energy: Political, economic, and social feasibility*. Lanham, MD: Rowman & Littlefield.

Sørensen, B. (1991) ‘A history of renewable energy technology’, *Energy Policy*, 19(1), pp. 8–12. doi:10.1016/0301-4215(91)90072-v.

Shao, M. et al. (2020) ‘A review of multi-criteria decision making applications for Renewable Energy Site Selection’, *Renewable Energy*, 157, pp. 377–403. doi:10.1016/j.renene.2020.04.137.

Soltani, M. et al. (2019) ‘A comprehensive review of geothermal energy evolution and development’, *International Journal of Green Energy*, 16(13), pp. 971–1009. doi:10.1080/15435075.2019.1650047.

Stojanovic, M. (2013) ‘Multi-criteria decision-making for selection of Renewable Energy Systems’, *Safety Engineering*, 3(3). doi:10.7562/se2013.3.02.02.

Theodoropoulos, G. (2020) Πως διαμορφώνεται το ενεργειακό μείγμα στην Ελλάδα, Ναυτικά Χρονικά. Available at: <https://www.naftikachronika.gr/2020/10/20/pos-diamorfonetai-to-energeiako-meigma-stin-ellada/> (Accessed: 04 November 2023).

Zeniewski, P., Molnar, G. and Hugues, P. (2022) Europe’s energy crisis: What factors drove the record fall in Natural Gas Demand in 2022? – analysis, IEA. Available at:

<https://www.iea.org/commentaries/europe-s-energy-crisis-what-factors-drove-the-record-fall-in-natural-gas-demand-in-2022> (Accessed: 04 November 2023).

Στίγκα Ε. (2014) Συμβολή στη διερεύνηση των οικονομικών και πολιτικών προοπτικών εξέλιξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ευρύτερη περιοχή της Δυτικής Ελλάδας [Preprint]. doi:10.12681/eadd/45091.

