



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ ΜΕ
ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ»**

**MSc: “ENVIRONMENT AND HEALTH. MANAGEMENT OF
ENVIRONMENTAL HEALTH EFFECTS”**

Διευθυντής ΠΜΣ

Νικόλαος Καβαντζάς, Καθ. Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

Τίτλος ΜΔΕ

*Ανάπτυξη και Περιβαλλοντική Υγεία: Ο ρόλος των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
Development and Environmental Health: The Role of Renewable Energy Sources*

Ονοματεπώνυμο: Ιωάννης Κωστέτσος

Αρ. μητρώου: 20200926

Επάγγελμα ή Ιδιότητα: Αρχιτέκτονας - Μηχανικός

Επιβλέπων ΜΔΕ

Σωτήριος Μάιπας, Φυσικός, Δρ., Εντεταλμένος Διδάσκων, Ιατρική Σχολή ΕΚΠΑ

ΑΘΗΝΑ 2024



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ ΜΕ
ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ»**

**MSc: "ENVIRONMENT AND HEALTH. MANAGEMENT OF
ENVIRONMENTAL HEALTH EFFECTS"**

Διευθυντής ΠΜΣ

Νικόλαος Καβαντζάς, Καθ. Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

Τίτλος ΜΔΕ

*Ανάπτυξη και Περιβαλλοντική Υγεία: Ο ρόλος των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
Development and Environmental Health: The Role of Renewable Energy Sources*

Ονοματεπώνυμο: **Ιωάννης Κωστέτσος**

Αρ. μητρώου: **20200926**

Επάγγελμα ή Ιδιότητα: **Αρχιτέκτονας - Μηχανικός**

Τριμελής επιτροπή

Επιβλέπων ΜΔΕ:

Σωτήριος Μάιπας, Φυσικός, Δρ., Εντεταλμένος Διδάσκων, Ιατρική Σχολή ΕΚΠΑ

Μέλος ΜΔΕ: Νικόλαος Καβαντζάς, Καθηγητής, Ιατρική Σχολή ΕΚΠΑ

Μέλος ΜΔΕ: Ιωάννα Γιαννοπούλου, Δρ., Βιολόγος, ΕΔΙΠ, Ιατρική Σχολή ΕΚΠΑ

ΑΘΗΝΑ 2024

Δήλωση μη λογοκλοπής

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστικός συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Περιεχόμενα

Δήλωση μη λογοκλοπής	1
Περίληψη.....	4
Abstract	5
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	6
1.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	7
1.2 Η έννοια της ανάπτυξης.....	8
1.3 Η έννοια της περιβαλλοντικής υγείας	11
1.4 Οικονομική ανάπτυξη από την εφαρμογή των ΑΠΕ	12
Κεφάλαιο 2: Ηλιακή Ενέργεια	14
2.1 Ηλιακή ενέργεια και Περιβάλλον	14
2.1.1 Επίδραση στη γη και τη βλάστηση	15
2.1.2. Επίδραση στην άγρια ζωή.....	16
2.1.3 Τοξικά υλικά	16
2.2 Ηλιακή ενέργεια και Υγεία	17
2.2.1. Μειωμένη ατμοσφαιρική ρύπανση	17
2.2.2 Καταπολέμηση της υπερθέρμανσης του πλανήτη	17
2.2.3 Βελτίωση της Παγκόσμιας Υγείας	18
2.2.4 Περιβαλλοντικές Προκλήσεις της Ηλιακής Ενέργειας	18
2.3 Παραδείγματα εφαρμογών	20
Κεφάλαιο 3: Αιολική ενέργεια.....	21
3.1 Αιολική ενέργεια και Περιβάλλον	21
3.1.1 Θόρυβος και αναστάτωση	22
3.1.2 Θάνατοι σε πτηνά.....	22
3.1.3 Αντανάκλαση ηλιακού φωτός.....	23
3.1.4 Επίδραση στον υδάτινο βιότοπο	23
3.2 Αιολική ενέργεια και Υγεία	24
3.3 Παραδείγματα Εφαρμογών.....	25
Κεφάλαιο 4: Ενέργεια από Βιομάζα.....	26
4.1 Ενέργεια από Βιομάζα και Περιβάλλον	26
4.1.1 Αποψίλωση δασών και γεωργία.....	27
4.1.2 Χρήση νερού.....	27
4.1.3 Αέριες εκπομπές	27
4.2 Ενέργεια από Βιομάζα και Υγεία.....	28

4.3 Παραδείγματα Εφαρμογών	29
4.3.1 Καύση ξύλου.....	29
4.3.2 Καύση απορριμμάτων	30
4.3.3 Βιοαέριο.....	30
4.3.4 Υγρά βιοκαύσιμα.....	30
Κεφάλαιο 5: Υδροηλεκτρική ενέργεια	31
5.1 Υδροηλεκτρική ενέργεια και Περιβάλλον	31
5.1.1 Απαιτήσεις γης	32
5.1.2 Επιπτώσεις στην άγρια ζωή	33
5.1.3 Εκπομπές	33
5.1.4 Μορφολογική επίδραση	34
5.2 Υδροηλεκτρική ενέργεια και Υγεία.....	34
5.3 Παραδείγματα Εφαρμογών.....	35
Κεφάλαιο 6: Γεωθερμική ενέργεια	36
6.1 Γεωθερμική ενέργεια και Περιβάλλον	36
6.1.1 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου	37
6.1.2 Οξίνιση και τοξικότητα	37
6.2 Γεωθερμική ενέργεια και Υγεία.....	38
Κεφάλαιο 7: Άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	41
7.1 Άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και Περιβάλλον	41
7.1.1 Παραγωγή ενέργεια στους ωκεανούς.....	41
7.1.1.1 Χημικές επιδράσεις	42
7.1.1.2 Ακουστικά εφέ.....	43
Κεφάλαιο 8: Ο ρόλος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ανάπτυξη	47
Κεφάλαιο 9: Οι ΑΠΕ και η υγεία.....	51
Κεφάλαιο 10: Συζήτηση.....	57
Κεφάλαιο 11: Συμπεράσματα.....	60
Βιβλιογραφία.....	63

Περίληψη

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, γίνεται εκτενής ανάλυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και περιγράφονται οι επιπτώσεις της χρήσης τους στην περιβαλλοντική υγεία και στην ανάπτυξη. Προκειμένου να επιτευχθεί ο συγκεκριμένος στόχος, γίνεται χρήση βιβλιογραφικής ανασκόπησης όσον αφορά στα ακόλουθα είδη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας: ηλιακή ενέργεια, αιολική ενέργεια, βιομάζα, υδροηλεκτρική ενέργεια και γεωθερμική ενέργεια. Η ανάλυση των παραπάνω ΑΠΕ γίνεται σε συνάρτηση με τις επιπτώσεις που έχει η χρήση τους στον ανθρώπινο παράγοντα καθώς και στα οικοσυστήματα. Επίσης, είναι σημαντική και η οικονομική παράμετρος, καθώς σε κάποιες περιπτώσεις ευνοεί συγκεκριμένες μεθόδους και άλλες τις περιορίζει, ανάλογα με το κόστος κατασκευής και την αποδοτικότητα της παραγωγής ενέργειας. Συμπληρωματικά, γίνεται επιγραμματική αναφορά και σε άλλες ΑΠΕ, όπως η παλιρροιακή ενέργεια, η οποία συνδέεται με τη χρήση γεννητριών και παλιρροϊκών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Περαιτέρω, αναφέρεται και εξηγείται η έννοια της αειφόρου ανάπτυξης καθώς και ο ρόλος της στους Ευρωπαϊκούς και Παγκόσμιους Οργανισμούς (όπως ο ΟΗΕ) που πρεσβεύουν τις αξίες της και διαφυλάσσουν τη συμμετοχή των κρατών σε αυτήν με Συνόδους Κορυφής και σχέδια δράσης όπως η Ατζέντα 21 και οι συμβάσεις για τη βιοποικιλότητα και την κλιματική αλλαγή. Επίσης, αναλύεται η έννοια της περιβαλλοντικής υγείας και του πλαισίου που την περιβάλλει. Εν κατακλείδι, σε επίπεδο κριτικής ανάλυσης, οι ΑΠΕ επιταχύνουν τη μετάβαση σε έναν πιο βιώσιμο κόσμο στο γενικότερο πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης. Ωστόσο, απαιτείται προσεκτικός σχεδιασμός από ιδιωτικούς και δημόσιους φορείς, αλλά και να προσδιοριστεί μία ενιαία πολιτική για τη μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας στην αξιοποίηση των ΑΠΕ.

Λέξεις κλειδιά: υδροηλεκτρική ενέργεια, φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, βιομάζα, γεωθερμία, αειφόρος ανάπτυξη, υγεία, περιβαλλοντική υγεία

Abstract

In this particular thesis, renewable energy sources (RES) are extensively analysed and the effects of their use on environmental health and development are described. In order to achieve this objective, a literature review is used regarding the following types of renewable energy sources: solar energy, wind energy, biomass, hydroelectric energy and geothermal energy. The analysis of the above RES is performed in relation to the effects that their use has on the human factor as well as on the ecosystems. The economic parameter is also important as in some cases it favours specific methods and in others it limits them depending on the cost of construction and the efficiency of energy production. In addition, epigrammatic reference is also made to other RES such as tidal energy which is associated with the use of generators and tidal power plants. Furthermore, the concept of sustainable development is mentioned and explained, as well as its role, in European and World Organizations (such as the UN) that advocate its values and safeguard the participation of states in it through summits such as Agenda 21, and the conventions on biodiversity and climate change. Also, the concept of environmental health is described in detail as well as the context that surrounds it. In conclusion, at the level of critical analysis, RES accelerate the transition to a more sustainable world in the general context of sustainable development. However, careful planning by private and public actors is required and a common policy should be identified, in order to maximize efficiency in the utilization of RES.

Keywords: hydroelectric power, photovoltaics, wind turbines, biomass, geothermal energy, sustainable development, health, environmental health

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Ο ενεργειακός τομέας είναι βασικός για τον περιορισμό της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η συνεπής παροχή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελεί κεντρικό στόχο των εννοιών της βιώσιμης ενέργειας, παράλληλα με την ενεργειακή απόδοση και επάρκεια. Ωστόσο, η επέκταση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) θεωρείται επί του παρόντος αμφιλεγόμενη όσον αφορά τον ανταγωνισμό χρήσης γης και την κοινωνική αποδοχή, και συνεπάγεται συμβιβασμούς με τη διατήρηση της φύσης και της βιοποικιλότητας. Η παρέμβαση στα φυσικά τοπία, η υποβάθμιση οικοσυστήματος σε ποτάμια που σχετίζονται με την υδροηλεκτρική ενέργεια, η εντατικοποίηση της χρήσης γης και ο ανταγωνισμός για την παραγωγή τροφίμων που προκαλείται από την παραγωγή βιοκαυσίμων είναι μερικά μόνο παραδείγματα πιθανών ζητημάτων που υπογραμμίζουν την ανάγκη συστηματικής ανάλυσης των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων των εναλλακτικών μορφών ενέργειας, προκειμένου να βρεθεί η καλύτερη δυνατή λύση για μια συγκεκριμένη τοποθεσία (Hastik et al., 2015).

Η βιωσιμότητα των ΑΠΕ συνήθως αξιολογείται μέσω αναλύσεων κύκλου ζωής, οι οποίες αξιολογούν για παράδειγμα, τις εκπομπές άνθρακα, τις απαιτήσεις σε ενέργεια, νερό και σε άλλα υλικά. Υπάρχουν επίσης βιβλιογραφικές πηγές που συνοψίζουν τις τεχνολογίες, τις δυνατότητες, τις οικονομικές επιπτώσεις και τα περιβαλλοντικά ζητήματα των ΑΠΕ σε παγκόσμια κλίμακα (Hastik et al., 2015).

Στόχος της παρούσας μελέτης είναι η βιβλιογραφική ανασκόπηση του ρόλου των ΑΠΕ στην Ανάπτυξη και την Περιβαλλοντική Υγεία. Πιο συγκεκριμένα, αναλύεται η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια, η ενέργεια από βιομάζα, η υδροηλεκτρική ενέργεια, η γεωθερμική ενέργεια και άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ως προς το περιβάλλον και την υγεία. Ακόμη, αναλύεται ο ρόλος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ανάπτυξη και τα οφέλη στην περιβαλλοντική υγεία.

1.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Η ανάπτυξη των ΑΠΕ είναι σε μεγάλο βαθμό μια διαδικασία καθοδηγούμενη από πολιτικές που στοχεύουν στη βελτίωση της ενεργειακής ασφάλειας, στην προστασία του κλίματος και στην ενθάρρυνση της οικονομικής ανάπτυξης. Η Συνθήκη της Λισαβόνας πρόσθεσε δύο νέες προτεραιότητες στην πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), δηλαδή την ενέργεια και την εδαφική συνοχή, συμπληρώνοντας τους πυλώνες της οικονομικής και κοινωνικής συνοχής της προηγούμενης Συνθήκης του Μάαστριχτ (Santos, 2018). Αν και οι δεσμοί μεταξύ εδαφικής συνοχής και βιώσιμης ενέργειας περιγράφονται περαιτέρω στο έγγραφο «Προς μια νέα ενεργειακή στρατηγική για την Ευρώπη 2011–2020», η επιστημονική εργασία στον τομέα αυτό παραμένει σπάνια (Medvedieva, 2019). Σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28/ΕΚ, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο στις 23 Απριλίου 2009, όσον αφορά την προώθηση των ΑΠΕ, η Επιτροπή και τα κράτη μέλη υποστήριξαν μέτρα περιφερειακής ανάπτυξης στον τομέα αυτόν, με σκοπό να ενθαρρύνουν την ακαδημαϊκή έρευνα και τη μεταφορά των αποτελεσμάτων της επιστημονικής έρευνας στις επιχειρήσεις (Medvedieva, 2019). Η πρωτοβουλία των Ηνωμένων Εθνών (UN's Sustainable Energy for All (SE4All)) του 2012 εστιάζει στην ενεργειακή πολιτική και κινητοποιεί δράσεις για την επίτευξη καθολικής πρόσβασης σε σύγχρονες ενεργειακές υπηρεσίες έως το 2030 (Mulyana, 2016).

Ως εκ τούτου, η εδαφική εξισορρόπηση της παραγωγής και η κατανάλωση στον ενεργειακό τομέα είναι ζωτικής σημασίας για την περιφερειακή ανάπτυξη. Η Γενική Συνέλευση του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) κήρυξε το 2014 την αρχή της «Δεκαετίας της Βιώσιμης Ενέργειας για Όλους», συμβολίζοντας την αυξημένη δυναμική και την έκκληση για μια συνεκτική, ολοκληρωμένη προσέγγιση στα ενεργειακά ζητήματα και συνέργεια στο παγκόσμιο ενεργειακό πλαίσιο (Benedek et al., 2018). Ωστόσο, αυτοί οι φιλόδοξοι παγκόσμιοι στόχοι δεν θα επιτευχθούν εύκολα. Οι προοπτικές του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας για το 2012 υποδείκνυαν ότι, παρά τη μείωση του ποσοστού των ανθρώπων χωρίς πρόσβαση σε ηλεκτρική ενέργεια κατά 20%, σχεδόν 1 δισεκατομμύριο άνθρωποι θα παραμένουν χωρίς σύνδεση στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας το 2030 (Benedek et al., 2018).

Εν τω μεταξύ, συνήθως αναφέρεται ότι οι ΑΠΕ συμβάλλουν στη βιωσιμότητα συγκεκριμένων περιοχών (Benedek et al., 2018). Πριν από το 2000, η αειφόρος ενεργειακή ανάπτυξη αναλύθηκε σε επτά τομείς: ενεργειακούς πόρους και ανάπτυξη, αξιολόγηση απόδοσης, τεχνολογίες καθαρού αέρα, τεχνολογίες πληροφοριών, νέοι πόροι και πόροι ΑΠΕ, περιβαλλοντικές δυνατότητες και μετριασμός της απειλής της πυρηνικής ενέργειας για το περιβάλλον (Singh, 2023). Αργότερα, ο γενικός δείκτης βιωσιμότητας εκπονήθηκε για τις ΑΠΕ (Pejić, 2021). Η χρήση των ΑΠΕ, ειδικά σε αγροτικές περιοχές, η τοπική ανάπτυξη της ενεργειακής αλυσίδας αξίας και οι θετικές επιπτώσεις τους έχουν επισημανθεί μέσω μελετών και ανασκοπήσεων (Benedek et al., 2018). Επιπλέον, οι ΑΠΕ παρέχουν μια μεγάλη ποικιλία κοινωνικο-οικονομικών και περιβαλλοντικών οφελών, όπως η τοπική απασχόληση και η ευημερία, η δημιουργία εισοδήματος, η διαφοροποίηση των αγροτικών οικονομικών δραστηριοτήτων, η αύξηση της κοινωνικής συνοχής, η χρήση ενδογενών πόρων, ο μετριασμός της κλιματικής αλλαγής και η δημιουργία πιο υγιεινού περιβάλλοντος μέσω της χρήσης τεχνολογιών καθαρής ενέργειας (Benedek et al., 2018).

Οι πρόσφατες πρωτοβουλίες για την ανάπτυξη ομάδων ΑΠΕ αντιπροσωπεύουν μια άλλη προσέγγιση για την υποστήριξη της ιδέας ότι η αποκεντρωμένη παραγωγή με βάση τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορεί να συμβάλει επιτυχώς στην περιφερειακή ανάπτυξη και την εδαφική συνοχή, παρέχοντας πηγές εισοδήματος, δημιουργώντας παράλληλα ευκαιρίες απασχόλησης (Pejić, 2021). Ωστόσο, φαίνεται ότι η δημιουργία αυτών των ομάδων από έναν συνδυασμό γνώσης, δραστηριοτήτων υψηλής τεχνολογίας και παραδοσιακών βιομηχανιών, αντιμετωπίζει πολυάριθμες προκλήσεις, συμπεριλαμβανομένης της έλλειψης κοινών συμφερόντων, του χαμηλού επιπέδου συνεργασίας, και την αποτυχία διεθνοποίησης (Benedek et al., 2018).

1.2 Η έννοια της ανάπτυξης

Η έννοια της ανάπτυξης, και μάλιστα της αειφόρου ανάπτυξης, απασχολεί εδώ και καιρό τους ειδικούς. Ο ίδιος ο όρος της αειφόρου ανάπτυξης εμφανίστηκε μόλις πριν από μερικές δεκαετίες, αν και η προσοχή στη βιωσιμότητα άρχισε από τον Malthus

το 1798 (Solarz, 2018). Ο στόχος της ανάπτυξης είναι ουσιαστικά η βελτίωση της ευημερίας των ανθρώπων. Η αειφόρος ανάπτυξη είναι η ανάπτυξη που ανταποκρίνεται στις ανάγκες της τρέχουσας γενιάς χωρίς να μειώνει την ικανότητα των μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις ανάγκες τους. Για να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι χρειάζεται μια στρατηγική υλοποίησης, η οποία θα πρέπει να εστιάσει σε τρεις παραμέτρους: ισότητα, συμμετοχή και ποικιλομορφία. Η ανάπτυξη και η αειφόρος ανάπτυξη καλύπτουν διάφορες πτυχές της ζωής και πιο συγκεκριμένα: οικολογική, οικονομική, κοινωνικο-πολιτιστική, πολιτική βιωσιμότητα, άμυνα και ασφάλεια (Hickel, 2019).

Αν και η σκέψη της αειφόρου ανάπτυξης, όπως είναι ευρέως αναγνωρισμένο έχει τις ρίζες της στη Διάσκεψη του ΟΗΕ (Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών) για το Ανθρώπινο Περιβάλλον το 1972, η αειφόρος ανάπτυξη ως έννοια άρχισε να δυναμώνει μετά την Έκθεση Brundtland του 1987, και τη Διάσκεψη του ΟΗΕ για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (UNCED) του 1992, επίσης γνωστή ως Σύνοδος Κορυφής της Γης. Για πρώτη φορά, η έκθεση Brundtland εισήγαγε την ανάγκη για ενσωμάτωση της οικονομικής ανάπτυξης, της προστασίας του περιβάλλοντος και της κοινωνικής δικαιοσύνης και ένταξης (Whitfield, 2015).

Τα κύρια αποτελέσματα της Συνόδου Κορυφής για τη Γη ήταν τα κάτωθι:

- ✓ Η Διακήρυξη του Ρίο, η οποία αναγνώριζε το δικαίωμα των κρατών στην οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη και περιείχε 27 αρχές βιώσιμης ανάπτυξης, συμπεριλαμβανομένων των γνωστών προφυλακτικών προσεγγίσεων.
- ✓ Έγκριση των δασικών αρχών, οι οποίες αναγνώρισαν τη σημασία των δασών για την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη, τις αυτόχθονες κοινότητες, τη βιοποικιλότητα και τη διατήρηση των οικολογικών διαδικασιών.
- ✓ Υπογραφή της Σύμβασης για τη Βιοποικιλότητα και της Σύμβασης Πλαισίου για την Κλιματική Αλλαγή.
- ✓ Η Ατζέντα 21, η οποία ήταν ένα εθελοντικό σχέδιο δράσης αειφόρου ανάπτυξης, για εφαρμογή από εθνικές, περιφερειακές και τοπικές κυβερνήσεις (Whitfield, 2015).

Η Ατζέντα 21 περιείχε ένα ευρύ φάσμα τομέων προγράμματος που εστίαζαν στην κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη (United Nations, 1992), την προστασία και βελτίωση του περιβάλλοντος και την ενθάρρυνση της συμμετοχής από κοινότητες, μη κυβερνητικές οργανώσεις (ΜΚΟ) και ομάδες που προσδιορίστηκαν από τον ΟΗΕ ως υποεκπροσωπούμενες στη λήψη αποφάσεων, συμπεριλαμβανομένων των γυναικών, των παιδιών και των αυτόχθονων κοινοτήτων (Grubb et al., 2019). Το Κεφάλαιο 28 της Ατζέντας 21 αναγνώρισε ότι πολλά από τα ζητήματα που επιδίωξε να αντιμετωπίσει η Ατζέντα 21 είχαν τις ρίζες τους σε τοπικές δραστηριότητες και απαιτούσε από τις τοπικές αρχές σε κάθε χώρα να συμμετέχουν σε ενέργειες για την αντιμετώπιση τους. Το Κεφάλαιο 28 πρότεινε ότι οι τοπικές αρχές σε κάθε χώρα θα πρέπει να «πάνε σε διάλογο» με τους «πολίτες, τους τοπικούς οργανισμούς και τις ιδιωτικές επιχειρήσεις» και να υιοθετήσουν μια «Τοπική Ατζέντα 21» (Whitfield, 2015).

Από τη Σύνοδο Κορυφής για τη Γη, τα Ηνωμένα Έθνη έχουν δημιουργήσει ένα ευρύ φάσμα προγραμμάτων, θεσμών και διεθνών συμφωνιών με στόχο την επίτευξη παγκόσμιας αειφόρου ανάπτυξης. Ένας κατάλογος σημαντικών συμφωνιών και συμβάσεων από το 1992 είναι διαθέσιμος στην Πλατφόρμα Γνώσης του ΟΗΕ για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη (UN Knowledge Platform, 2023). Τα πιο σημαντικά ορόσημα σε αυτή τη διαδικασία ήταν τα εξής:

- 1993 – δημιουργία της Επιτροπής για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη για την παρακολούθηση και την προώθηση της εφαρμογής της Ατζέντας 21 (Chasek, 1997).
- 1997 – Earth Summit +5, η οποία αναθεώρησε και ανανέωσε τη δέσμευση για την εφαρμογή της Ατζέντας 21.
- 2000 – Διάσκεψη Κορυφής της Χιλιετίας στη Νέα Υόρκη, η οποία κατέληξε στη Διακήρυξη της Χιλιετίας των Ηνωμένων Εθνών, ένα σύνολο στόχων που έπρεπε να επιτευχθούν έως το 2015, που περιλάμβανε την περιβαλλοντική βιωσιμότητα, την εξάλειψη της ακραίας φτώχειας και την ισότητα για τις γυναίκες, γνωστούς πλέον ως Αναπτυξιακούς Στόχους της Χιλιετίας.
- 2002 – Παγκόσμια Σύνοδος Κορυφής για την Αειφόρο Ανάπτυξη στο Γιοχάνεσμπουργκ, η οποία ανανέωσε τη διεθνή δέσμευση για την επιδίωξη

της αειφόρου ανάπτυξης με το Σχέδιο Εφαρμογής του Γιοχάνεσμπουργκ (Najam and Cleveland, 2005).

- 2012 – Rio+20, το οποίο κατέληξε σε ένα έγγραφο έκβασης, το *The Future We Want*, στο οποίο τα κράτη επιβεβαίωσαν εκ νέου τις δεσμεύσεις τους σε όλες τις προηγούμενες συμφωνίες, σχέδια και στόχους αειφόρου ανάπτυξης. Δεσμεύτηκαν επίσης να αναπτύξουν μια σειρά από Στόχους Αειφόρου Ανάπτυξης (SDGs) που θα βασίζονται στις προτεραιότητες που προσδιορίζονται στην Ατζέντα 21 και αποφάσισαν να αντικαταστήσουν την Επιτροπή για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη με ένα «πολιτικό φόρουμ υψηλού επιπέδου» για την πρόοδο της υλοποίησης της Ατζέντας 21 (Whitfield, 2015).

1.3 Η έννοια της περιβαλλοντικής υγείας

Η περιβαλλοντική υγεία είναι ένας κλάδος της δημόσιας υγείας που ασχολείται με όλες τις πτυχές του φυσικού και δομημένου περιβάλλοντος που μπορεί να επηρεάσουν την ανθρώπινη υγεία. Άλλοι όροι που αναφέρονται στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής υγείας περιλαμβάνουν την περιβαλλοντική δημόσια υγεία και την περιβαλλοντική υγεία και προστασία (NEHA, 2022).

Η περιβαλλοντική υγεία είναι ένα πεδίο της επιστήμης που μελετά πώς το περιβάλλον επηρεάζει την ανθρώπινη υγεία και τις ασθένειες. Ακόμη, είναι ένας πολύ διαφορετικός τομέας όπου οι επαγγελματίες εκτελούν μια ποικιλία εργασιών, όπως έρευνα, ενημέρωση και εκπαίδευση, περιβαλλοντικούς καθαρισμούς και άλλα (NEHA, 2022) με τις ηθικές αρχές να έχουν σημαντικό ρόλο στη λήψη αποφάσεων (βλ. Matouskova and Vandenberg, 2022).

Οι επαγγελματίες της περιβαλλοντικής υγείας είναι μεταξύ άλλων ευρέως γνωστοί για τις προσπάθειές τους να διασφαλίσουν την ασφάλεια τροφίμων, καλής ποιότητας αέρα και νερού. Οι επαγγελματίες αυτοί, είναι τα άτομα που παρακολουθούν την ποιότητα του αέρα, τη ρύπανση των υδάτων, τον θόρυβο, τις τοξικές ουσίες και τα φυτοφάρμακα, διενεργούν έλεγχο των φορέων και προωθούν την υγιεινή χρήση γης και στέγασης. Οι επαγγελματίες της περιβαλλοντικής υγείας πραγματοποιούν επίσης έρευνες σε διάφορα θέματα, όπως περιβαλλοντικές τοξίνες, κρούσματα μεταδοτικών ασθενειών, επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από περιβαλλοντικές καταστροφές, όπως οι τυφώνες για παράδειγμα. Τα συστήματα λυμάτων, ο ιός του Δυτικού Νείλου,

η βιο/αγροτρομοκρατία (σκόπιμη μόλυνση των τροφίμων) και οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από τρομοκρατικές επιθέσεις και περιβαλλοντικές καταστροφές, καταδεικνύουν την ανάγκη για περισσότερο εκπαιδευμένους επαγγελματίες στον τομέα της περιβαλλοντικής υγείας (NEHA, 2022).

Υπάρχει άμεσος συσχετισμός μεταξύ ενέργειας και περιβαλλοντικών προβλημάτων, διότι δεν είναι εφικτή η παραγωγή, μεταφορά και η κατανάλωση ενέργειας χωρίς να υπάρξουν σημαίνουσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η κλιματική αλλαγή, η ρύπανση υδάτων και ατμόσφαιρας, η διάθεση στερεών αποβλήτων, καθώς και η θερμική ρύπανση είναι κάποια από τα περιβαλλοντικά προβλήματα που έχουν άμεσο συσχετισμό με την παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας. Μία από τις βασικότερες αιτίες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που εκπέμπονται διαμέσου της καύσης ορυκτών καυσίμων. Επίσης, η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου οφείλεται κατά κύριο λόγο στην καύση ορυκτών καυσίμων (Matouskova and Vandenberg, 2022).

Το πλαίσιο ενέργειας-περιβαλλοντικής υγείας περιστρέφεται γύρω από τους τρεις τύπους καυσίμων που αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας: (α) οικιακά καύσιμα, τα οποία έχουν τους μεγαλύτερους πιθανούς κινδύνους και είναι το πεδίο όπου ο ρόλος του ενεργειακού τομέα φαίνεται να είναι μεγαλύτερος, β) ηλεκτρική ενέργεια, η οποία έχει τα μεγαλύτερα πιθανά οφέλη και (γ) καύσιμα μεταφορών, τα οποία θέτουν κινδύνους σε περιοχές έντονης συγκέντρωσης αυτοκινήτων, ορισμένα από τα οποία μπορεί να συμβάλλουν στη ρύπανση του αέρα και σε εσωτερικούς χώρους (Matouskova and Vandenberg, 2022).

1.4 Οικονομική ανάπτυξη από την εφαρμογή των ΑΠΕ

Οι πιο αποτελεσματικοί μοχλοί οικονομικής ανάπτυξης είναι οι συμβατικές πηγές ενέργειας που βασίζονται στον άνθρακα, το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο. Ωστόσο τόσο η χρήση τους όσο και οι μέθοδοι εξόρυξης έχουν αρνητικές επιπτώσεις για το περιβάλλον και την υγεία του ανθρώπου. Συμπληρωματικά, οι επιπτώσεις του ολιγοπωλίου τόσο στην παραγωγή όσο και στη διανομή διαμορφώνουν κλειστής φύσεως οικονομίες οι οποίες βασίζονται στα ορυκτά καύσιμα. Υπάρχει όλο και περισσότερη πίεση σε διάφορα περιβαλλοντικά μέτωπα, στις παραδοσιακές πηγές ενέργειας οι οποίες έχουν κατά κύρια βάση τα ορυκτά καύσιμα. Για παράδειγμα, οι

στόχοι μείωσης των αερίων θερμοκηπίου του Πρωτοκόλλου του Κιότο αποτελεί τη μεγαλύτερη πρόκληση για τη χρήση άνθρακα μελλοντικά (Adedoyin et al., 2020). Συνεπώς, για να γίνει εφικτό να διατηρηθούν τα ατμοσφαιρικά επίπεδα CO₂ κάτω ακόμη και από 550 ppm, η θεμελιώδης βάση της παγκόσμιας οικονομίας, που κινείται με πετρέλαιο και άνθρακα πρέπει να αναδιαμορφωθεί (Etoakpan et al., 2020).

Εν συνεχεία, η χρήση και η εφαρμογή των ΑΠΕ έχει τεράστιες δυνατότητες, καθώς είναι εφικτό να καλυφθεί σε πολλαπλάσιο βαθμό η παγκόσμια ενεργειακή ανάγκη. Συγκεκριμένες ΑΠΕ όπως η ηλιακή, η αιολική, η γεωθερμία, η βιομάζα και η υδροηλεκτρική ενέργεια, έχουν τη δυνατότητα παροχής βιώσιμης ενέργειας με κύρια βάση τη χρησιμοποίηση των τακτικά διαθέσιμων, εγχώριων πόρων. Επίσης κατά τη διάρκεια των τελευταίων τριάντα ετών υπήρξε σημαντική μείωση του κόστους των συστημάτων αιολικής και ηλιακής ενέργειας το οποίο συνεχίζει να μειώνεται σε αντίθεση με τις τιμές του πετρελαίου και του φυσικού αερίου οι οποίες κυμαίνονται σε διαφορετικά επίπεδα (Horobet et al., 2021). Εκ διαμέτρου αντίθετη είναι η κίνηση των τιμών των ΑΠΕ με το περιβαλλοντικό και κοινωνικό κόστος της χρήσης ορυκτών καυσίμων. Επίσης παρατηρείται ταχεία εξέλιξη των οικονομικών μηχανισμών και των μηχανισμών πολιτικής που είναι χρήσιμοι για την ευρεία διάδοση και τη βιωσιμότητα των αγορών για τα συστήματα ΑΠΕ. Συνεπώς, πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι ο ενεργειακός τομέας και η μελλοντική του ανάπτυξη έγκειται κατά κύριο λόγο στο νέο καθεστώς των ανανεώσιμων πηγών (και μέχρι ενός βαθμού αυτές που έχουν τη βάση τους στο φυσικό αέριο) και όχι στις συμβατικές πηγές άνθρακα και πετρελαίου. Περαιτέρω, οι χρηματοπιστωτικές αγορές έχουν εστιάσει το ενδιαφέρον τους στο μελλοντικό δυναμικό ανάπτυξης των ΑΠΕ καθώς και άλλων καινούργιων ενεργειακών τεχνολογιών και αυτό σηματοδοτεί μια νέα οικονομική πραγματικότητα των ανταγωνιστικών ΑΠΕ (Piłatowska and Geise, 2021).

Τα συστήματα ΑΠΕ βασίζονται συνήθως σε ένα μικρής κλίμακας, αποκεντρωμένο παράδειγμα που ευνοεί εγγενώς, αντί να έρχεται σε αντίθεση με, πολλά ζητήματα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, συμπαραγωγής (συνδυασμένης θερμότητας και ενέργειας), περιβαλλοντικού και κεφαλαιακού κόστους. Εναλλακτικά έναντι του συνηθισμένου, η επιτόπια κατασκευή κεντρικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής,

ανανεώσιμων πηγών συστημάτων που βασίζονται σε φωτοβολταϊκές συστοιχίες, ανεμόμυλους, βιομάζα ή μικρές εγκαταστάσεις υδροηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να θεωρηθούν ως «ενεργειακές συσκευές» μαζικής παραγωγής που μπορούν να κατασκευαστούν με χαμηλό κόστος και προσαρμοσμένο για να ανταποκρίνεται σε συγκεκριμένα ενεργειακά φορτία και συνθήκες εξυπηρέτησης. Αυτά τα συστήματα μπορεί να έχουν δραματικά μειωμένες, αλλά και ευρέως διασκορπισμένες, περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αντί για μεγαλύτερες, πιο συγκεντρωτικές επιπτώσεις που σε ορισμένες περιπτώσεις συμβάλλουν σοβαρά στη ρύπανση του αέρα, του περιβάλλοντος γενικότερα, την όξινη βροχή και την παγκόσμια κλιματική αλλαγή (Bello and Solarin, 2022).

Κεφάλαιο 2: Ηλιακή Ενέργεια

2.1 Ηλιακή ενέργεια και Περιβάλλον

Η ηλιακή ενέργεια θεωρείται ότι είναι καθαρή ενέργεια καθώς δεν προκαλεί εκπομπές θερμοκηπικών αερίων (Hernandez et al., 2014). Η πλανητική επιφάνεια λαμβάνει περίπου 140 PW ισχύ από τον ήλιο εκ των οποίων μόνο τα 36 PW δύναται να χρησιμοποιηθούν (Rahman et al., 2022). Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα και η συγκεντρωμένη ηλιακή ενέργεια είναι οι πιο αξιόλογες τεχνικές συλλογής ενέργειας από τον ήλιο. Τα τελευταία αναφέρονται συνήθως ως «Συγκεντρωμένα ηλιακά θερμικά συστήματα» (Chu and Meisen, 2011). Ωστόσο, έρευνες αποκαλύπτουν ότι η ηλιακή ενέργεια δεν είναι τόσο καθαρή (Aman et al., 2015). Η διαλείπουσα φύση της ηλιακής ενέργειας αποτελεί το μεγαλύτερο μειονέκτημα της καθώς κατά τη διάρκεια της νύχτας δεν είναι διαθέσιμη ή όταν υπάρχει συννεφιά (Maradin, 2021). Επίσης υπάρχουν και άλλα μειονεκτήματα που επηρεάζουν το οικοσύστημα (Hernandez et al., 2014; Guangul and Chala, 2019).

Ένα Φ/Β σύστημα μετατρέπει το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια χωρίς να χρησιμοποιεί κινούμενα μέρη. Συγκριτικά με άλλες ΑΠΕ, έχει πολύ χαμηλότερο κόστος συντήρησης. Επίσης, η σχεδιαστική του δομή είναι απλή. Την παρούσα χρονική περίοδο τα ηλιακά Φ/Β συστήματα παρουσιάζουν συνολική εγκατεστημένη ισχύ 627 GW, ως αποτέλεσμα να αποτελούν την τρίτη υψηλότερη παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα ηλιακά Φ/Β κύτταρα έχουν υποστεί

εκτεταμένες φάσεις έρευνας και ανάπτυξης. Τα κύτταρα πρώτης γενιάς είναι κατασκευασμένα από κρυσταλλικό πυρίτιο. Επί του παρόντος, επικρατούν οι εκδόσεις μονοκρυσταλλικού πυριτίου (mono c-Si) και πολυκρυσταλλικού πυριτίου (poly c-Si). Τα ηλιακά κύτταρα λεπτής μεμβράνης θεωρούνται ως η δεύτερη γενιά ηλιακών φωτοβολταϊκών κυψελών. Το σεληνιούχο χαλκοινδίο γαλλίου (CIGS), το τελλουρίδιο του καδμίου (CdTe) και το άμορφο πυρίτιο (a-Si) βρίσκονται κάτω από την ομπρέλα των ηλιακών Φ/Β κυψελών λεπτής μεμβράνης. Τα κύτταρα τρίτης γενιάς κατασκευάζονται επίσης από λεπτές μεμβράνες που συχνά χρησιμοποιούν ανόργανο υλικό με οργανομεταλλική ένωση. Αν και υπάρχουν πολλά ευεργετικά χαρακτηριστικά των Φ/Β συστημάτων, έρευνες δείχνουν ότι υπάρχουν ορισμένες επιζήμιες πτυχές που μπορούν να βλάψουν το περιβάλλον (Celik et al., 2017).

2.1.1 Επίδραση στη γη και τη βλάστηση

Στα ηλιακά αγροκτήματα, προκειμένου τα Φ/Β να είναι τοποθετημένα και να διατηρούν τη σωστή γωνία, χρειάζεται μία δομή η οποία είναι κατασκευασμένη από σκυρόδεμα προκειμένου να εδραιωθεί σωστά μέσα στο έδαφος. Ένας περιορισμός ωστόσο είναι η άνιση κατανομή του νερού και της θερμότητας εντός του εδάφους. Με το πέρας της διάρκειας ζωής των Φ/Β συστημάτων, παρατηρείται μείωση της εδαφικής αποτελεσματικότητας και επιβράδυνση της βλαστικής αποκατάστασης. Επίσης απαιτούνται μεγάλες εκτάσεις για την εγκατάσταση των Φ/Β συστημάτων. Κατά μέσο όρο 3,5 – 10 στρέμματα γης απαιτούνται για να εγκατασταθεί ένα Φ/Β σύστημα κοινής χρήσης. Η χρήση αυτών των περιοχών θα μπορούσε ενδεχομένως να μειώσει τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Ωστόσο, θα ήταν μια αποτελεσματική επιλογή η χρήση παραμελημένων περιοχών εξόρυξης, εκτάσεων και διαδρόμων μεταφοράς αντί για καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Επίσης παρατηρούνται βλάβες στη βλάστηση καθώς και σε μικρούς θάμνους λόγω της εξαγωγής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία. Συνεπώς τα επίπεδα σκόνης αυξάνονται λόγω της μειωμένης βλάστησης. Εάν η σκόνη συσσωρεύεται στην κοντινή ατμόσφαιρα, τότε μειώνει την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας στα πάνελ ή στους καθρέφτες του συμπυκνωτή. Η εναπόθεση σκόνης μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την απόδοση των συστημάτων παραγωγής ηλιακής ενέργειας. Επιπλέον, η αύξηση της σκόνης υποβαθμίζει την

ποιότητα του αέρα προκαλώντας δυνητικά διάφορα προβλήματα υγείας (Ruther et al., 2017).

2.1.2. Επίδραση στην άγρια ζωή

Τα ηλιακά Φ/Β συστήματα επηρεάζουν τον βióτοπο των ειδών που ζουν στις περιοχές εγκατάστασης τους. Στην έρημο Μοχάβε της Καλιφόρνια, οι χελώνες σκάβουν λαγούμια για το καταφύγιό τους, τα οποία χρησιμοποιούνται και από κουκουβάγιες. Όταν τα ζώα απομακρύνονται από τον βióτοπό τους για να κατασκευαστούν οι σχετικές εγκαταστάσεις, δεν μπορούν πάντα να προσαρμοστούν εύκολα. Σε γενικές γραμμές, η χλωρίδα και η πανίδα δεν βρίσκουν τον διαταραγμένο βióτοπό τους βιώσιμο. Επιπλέον, πολλά πουλιά αποβιώνουν λόγω της θερμότητας που προκαλείται από ηλιακές μονάδες ή καθρέφτες (Celik et al., 2017).

2.1.3 Τοξικά υλικά

Κατά τη διαδικασία κατασκευής των Φ/Β πάνελ, υπάρχει παραγωγή τοξικών και εύφλεκτων υλικών τα οποία δημιουργούν κινδύνους άμεσα συνδεδεμένους με την ασφάλεια και την υγεία. Σε φυσιολογικές λειτουργίες, τα Φ/Β δεν εκπέμπουν ραδιενεργά υλικά και δεν απελευθερώνουν υγρούς ή αέριους ρύπους. Ωστόσο, στη μεγάλη ενσωμάτωση Φ/Β μονάδων, η απελευθέρωση τοξικών υλικών μπορεί να προκαλέσει σημαντικές επιπτώσεις στη δημόσια υγεία. Εάν οι Φ/Β μονάδες δεν λειτουργούν σωστά, τότε υπάρχει κίνδυνος να πιάσουν φωτιά λόγω της παρουσίας κάποιων εύφλεκτων αερίων. Στην περίπτωση μεγάλων εγκαταστάσεων όπου τοποθετούνται τεράστιοι αριθμοί Φ/Β συστοιχιών, μια ελαφρά κακή λειτουργία μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλη πυρκαγιά. Επιπλέον, το υγρό που μεταφέρει θερμότητα μπορεί να ρυπάνει τις κοντινές υδάτινες οδούς σε περίπτωση που διαρρεύσει. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας παροπλισμού των Φ/Β μονάδων, ορισμένα τοξικά υλικά όπως το πυρίτιο, το αρσενικό και η σκόνη καδμίου, εάν δεν χρησιμοποιηθούν σωστά, θα μπορούσαν να επηρεάσουν αρνητικά τη δημόσια υγεία. Εάν η σκόνη διοξειδίου του πυριτίου εισπνέεται για μεγάλο χρονικό διάστημα, τότε προκαλεί πυριτίαση στους πνεύμονες (Ruther, et al., 2017).

Στην πιο εξέχουσα τεχνολογία για την αξιοποίηση ηλιακής ενέργειας, ο κρυσταλλικός ορυκτός χαλαζίας, γνωστός και ως διοξείδιο του πυριτίου, χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ηλιακών κυψελών. Η απόκτηση μεγάλων ποσοτήτων χαλαζία που

χρειάζονται είναι δύσκολη καθώς το ορυκτό βρίσκεται κυρίως σε ορυχεία και οι ανθρακωρύχοι έχουν μεγάλες πιθανότητες να πάθουν πυριτιάση (Ali et al., 2019; Liu and Sayes, 2022). Μετά από μια διαδικασία εξευγενισμού, δημιουργείται πυρίτιο μεταλλουργικής ποιότητας από χαλαζία. Αυτή η μέθοδος απαιτεί μεγάλους φούρνους που χρειάζονται τεράστιες ποσότητες ενέργειας για να διατηρηθούν θερμαινόμενοι. Αυτή η θερμότητα παράγεται από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που εκπέμπουν CO₂ (Mmereki and Brouwer, 2022).

2.2 Ηλιακή ενέργεια και Υγεία

Με την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, οι αποκλίσεις από πηγές ενέργειας που βασίζονται στην καύση μπορούν να δημιουργήσουν μια θετική αλλαγή τόσο για τον πλανήτη όσο και για τους κατοίκους του. Στο σημείο αυτό θα αναλυθούν τα βασικά περιβαλλοντικά οφέλη της ηλιακής ενέργειας (Palmetto Solar LLC, 2022).

2.2.1. Μειωμένη ατμοσφαιρική ρύπανση

Σύμφωνα με την Υπηρεσία Ενεργειακών Πληροφοριών των ΗΠΑ (EIA), το 2021, πάνω από το 60% της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στις Ηνωμένες Πολιτείες παράγεται από ορυκτά καύσιμα που εκπέμπουν άνθρακα (US EIA, 2022). Ταυτόχρονα, μόνο το 20% της ηλεκτρικής ενέργειας των ΗΠΑ παρήχθη από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική, η υδροηλεκτρική και η ηλιακή ενέργεια. Εδώ, μια εθνική στροφή σε φιλικές προς το περιβάλλον ηλιακές και άλλες πράσινες ενέργειες μπορεί να μειώσει δραματικά τις τοπικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), υποξειδίου του αζώτου (N₂O), διοξειδίου του θείου (SO₂) και σωματιδίων. Σε μια έρευνα που διεξήχθη από το Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (NREL) στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, ένας συνδυασμός ανάπτυξης ηλιακής ενέργειας και εκτεταμένης ηλεκτροδότησης είναι μια αποδεδειγμένη, εφικτή πορεία προς σημαντικά βελτιωμένη ποιότητα του οικιακού αέρα (Palmetto Solar LLC, 2022).

2.2.2 Καταπολέμηση της υπερθέρμανσης του πλανήτη

Οι εκπομπές άνθρακα και άλλα αέρια θερμοκηπίου συμβάλλουν σημαντικά στην αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας. Αν και ορισμένες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου μπορεί να υπάρχουν κατά την κατασκευή και τη μεταφορά, τα ηλιακά Φ/Β πάνελ δεν παράγουν αέρια θερμοκηπίου ενώ παράγουν ηλεκτρική ενέργεια,

καθιστώντας τα μια ιδανική πηγή καθαρής ενέργειας. Γνωρίζοντας αυτό, κάθε κιλοβατώρα ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ένα ηλιακό πάνελ, αντί για ένα ορυκτό καύσιμο όπως το φυσικό αέριο, μπορεί να μειώσει το αποτύπωμα άνθρακα του τελικού χρήστη. Με τη διεθνή υιοθέτηση της ηλιακής ενέργειας, λιγότερα αέρια θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα θα συμβάλουν στον περιορισμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής από την υπερθέρμανση του πλανήτη (Palmetto Solar LLC, 2022).

2.2.3 Βελτίωση της Παγκόσμιας Υγείας

Πέρα από τις επιπτώσεις στην υπερθέρμανση του πλανήτη, οι εκπομπές άνθρακα μπορεί να έχουν σοβαρό αντίκτυπο στην ανθρώπινη υγεία, επηρεάζοντας ζωτικά όργανα, όπως η καρδιά και οι πνεύμονες. Με τη μείωση της ποσότητας άνθρακα και άλλων ρύπων που εισέρχονται στην ατμόσφαιρα, ο καθαρότερος αέρας που παράγεται από την υιοθέτηση της ηλιακής ενέργειας μπορεί να μειώσει τους κινδύνους καρδιακών παθήσεων, κρίσεων άσθματος και πρόωρων θανάτων, που αποτελούν μείζονα προβλήματα υγείας παγκοσμίως (Palmetto Solar LLC, 2022).

2.2.4 Περιβαλλοντικές Προκλήσεις της Ηλιακής Ενέργειας

Με βελτιωμένα αποτελέσματα για την υγεία, επιβράδυνση της υπερθέρμανσης του πλανήτη, μειωμένη ρύπανση και μειωμένη χρήση στους πόρους, τα περιβαλλοντικά οφέλη των ηλιακών συλλεκτών είναι ξεκάθαρα και η ηλιακή ενέργεια είναι ένας εξαιρετικός πόρος για τη μελλοντική τροφοδότηση ενέργειας έχοντας κατά νου το περιβάλλον. Ωστόσο, η ηλιακή ενέργεια δεν είναι τέλεια, καθώς συνοδεύεται από ορισμένα περιβαλλοντικά μειονεκτήματα. Οι οικολογικές ανησυχίες για την ηλιακή ενέργεια περιστρέφονται γύρω από τις διαδικασίες εξόρυξης και κατασκευής. Ωστόσο, η ηλιακή βιομηχανία έχει δεσμευτεί να αντιμετωπίσει αυτές τις προκλήσεις (Bakhiyi et al., 2014). Ενώ τα ηλιακά πάνελ δεν χρησιμοποιούν νερό κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας τόσο η διαδικασία κατασκευής όσο και η διαδικασία ανακύκλωσης χρησιμοποιούν νερό. Επιπλέον, ορισμένοι σταθμοί ηλιακής ενέργειας σε κλίμακα κοινής ωφέλειας χρησιμοποιούν νερό στη διαδικασία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Για να καταπολεμηθεί αυτό σήμερα, οι ηλιακές θερμικές εγκαταστάσεις (CSP) χρησιμοποιούν τεχνολογία υβριδικής και υγρής ανακυκλοφορίας με στόχο τη μείωση της συνολικής κατανάλωσης νερού (Gasa et al., 2021). Επίσης, τα Φ/Β συστήματα δεν απαιτούν νερό για ψύξη και διερευνώνται

συνεχώς νέες κατασκευαστικές πρακτικές που θα μειώσουν την ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή νέων ηλιακών συλλεκτών (Bosnjakovic et al., 2023).

Διάφορες οργανώσεις για την προστασία του περιβάλλοντος έχουν εκφράσει ανησυχίες σχετικά με την υποβάθμιση της γης και την απώλεια οικοτόπων που προκαλείται από την ανάπτυξη μεγάλων ηλιακών πάρκων. Σε αντίθεση με τις αιολικές εγκαταστάσεις που μπορούν να μοιράζονται χώρο με καλλιέργειες, οι εγκαταστάσεις ηλιακών συστημάτων αφήνουν περιορισμένο χώρο για τη γεωργία (Gasa et al., 2021). Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να παράγει ενέργεια οπουδήποτε επικρατεί ηλιοφάνεια, επομένως οι ερευνητές μελετούν πώς να ελαχιστοποιήσουν τις επιπτώσεις στις εκτάσεις γης τοποθετώντας ηλιακά αγροκτήματα σε τοποθεσίες χαμηλότερης ποιότητας, όπως φαινομενικά εγκαταλελειμμένα χωράφια, ορυχεία ή υπάρχοντες διαδρόμους μεταφοράς και μετάδοσης (Zehner, 2012). Οι υποστηρικτές της ηλιακής ενέργειας δηλώνουν επίσης ότι αυτή η «σπατάλη» γης θα μπορούσε να μειωθεί με την αύξηση της χρήσης ηλιακών συλλεκτών στις στέγες εμπορικών και οικιστικών κτιρίων (Chel and Kaushik, 2018). Ορισμένα κράτη χρησιμοποιούν εξέχουσες στρατηγικές για να προετοιμαστούν για το μέλλον. Για παράδειγμα, η Καλιφόρνια σχεδιάζει να τοποθετήσει ηλιακούς συλλέκτες πάνω από κανάλια ύδρευσης για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τη διατήρηση του νερού και τη διαχείριση των εδαφών με πιο βιώσιμο τρόπο (Pringle et al., 2017; Hernandez et al., 2015).

Για να δημιουργηθούν ηλιακά πάνελ που μπορούν να συλλάβουν το φως του ήλιου και να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια, η πλούσια σε χαλαζία άμμος πρέπει να μετατραπεί σε πολυπυρίτιο. Δυστυχώς, η χημική αντίδραση που δημιουργεί αυτό το πολυπυρίτιο παράγει ένα επιβλαβές υποπροϊόν γνωστό ως τετραχλωριούχο πυρίτιο. Εάν δεν απορριφθεί σωστά, το τετραχλωριούχο πυρίτιο μπορεί να προκαλέσει οξίνιση του εδάφους και να εκπέμψει επιβλαβείς αναθυμιάσεις (Ullah et al., 2023).

Ωστόσο, το τετραχλωριούχο πυρίτιο μπορεί να ανακυκλωθεί ξανά σε πολυπυρίτιο, μειώνοντας την ποσότητα των υπολειπόμενων αποβλήτων. Οι κατασκευαστές ηλιακών συλλεκτών στην Κίνα υποχρεούνται νομικά να ανακυκλώνουν τουλάχιστον το 98,5% των αποβλήτων τετραχλωριούχου πυριτίου που δημιουργούν και το Εθνικό

Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας του Υπουργείου Ενέργειας των ΗΠΑ (National Renewable Energy Laboratory - NREL) ερευνά εναλλακτικές μεθόδους παραγωγής που αποφεύγουν εντελώς το τετραχλωριούχο πυρίτιο (Vu, 2021).

Τα ηλιακά κύτταρα μονού τοιχώματος με βάση νανοσωλήνες άνθρακα προσφέρουν σημαντικά οφέλη. Ωστόσο, υπάρχουν πιθανά μειονεκτήματα που μπορούν να γίνουν αιτία πολλών ανθρώπινων ασθενειών. Ένα σημαντικό ζήτημα είναι ότι αυτά τα ηλιακά κύτταρα δημιουργούν αναπνευστικές διαταραχές στον άνθρωπο. Κατά τη φάση της παραγωγής, δημιουργούνται σωματίδια που ευθύνονται για αυτήν την ασθένεια (Singh and Jen, 2021). Με την αυξημένη χρήση αυτών των νανοσωματιδίων, οι πιθανότητες έκθεσης σε αυτά γίνονται επίσης μεγαλύτερες. Εάν το μέγεθος των σωματιδίων μειωθεί, τότε η επιφάνεια θα αυξηθεί για την ίδια ποσότητα μάζας. Το οξειδίο του κασσιτέρου με πρόσμιξη ινδίου (ITO) χρησιμοποιείται για την επιστροφή του γυαλιού του ηλιακού πάνελ και ζυγίζει επίσης περίπου το 87% του συνολικού ηλιακού γυαλιού. Το κύριο στοιχείο του ITO είναι το ίνδιο που παίζει ζωτικό ρόλο στην ανθρώπινη τοξικότητα κυρίως λόγω της χρήσης εκπλυμάτων θειικού οξέος στο στάδιο ανάκτησής του (Mulvaney et al., 2009). Μπορεί επίσης να προκαλέσει καταστροφή της στιβάδας του όζοντος, οξίνιση του περιβάλλοντος και ευτροφισμό (Masanet et al., 2020, Atwoli et al., 2021).

2.3 Παραδείγματα εφαρμογών

Το δυναμικό ενεργειακό ισοζύγιο στη γη διέπεται από τη συλλογή ηλιακής ενέργειας και την ακτινοβολία διαδικασία της ψύξης. Οι κύριες τεχνολογίες ηλιακής ενέργειας, όπως η φωτοβολταϊκή μετατροπή (PV), η φωτοθερμική μετατροπή (PT) και η φωτοβολταϊκή/θερμική μετατροπή (PV/T), καθώς και η παραγωγή συγκεντρωμένης ηλιακής ενέργειας (CSP), έχουν σημειώσει σημαντική πρόοδο μετά από δεκαετίες εξέλιξης. Πρόσφατα, η ψύξη με ακτινοβολία σημείωσε επίσης σημαντικές προόδους που αποδίδονται σε καινοτομίες στις επιστήμες και τις τεχνολογίες των υλικών (Hu et al., 2023).

Μεταξύ των διαφόρων τύπων χρήσης ηλιακής ενέργειας, η ηλιακή φωτοβολταϊκή μετατροπή (PV) και η φωτοθερμική μετατροπή (PT) και η συνδυασμένη τους μορφή, η τεχνολογία ηλιακής φωτοβολταϊκής/θερμικής μετατροπής (PV/T), είναι οι πιο δημοφιλείς και ανεπτυγμένοι τρόποι. Επιπλέον, η ηλιακή θερμική ενέργεια είναι

επίσης μια τυπική τεχνολογία, στην οποία η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται πρώτα σε θερμική ενέργεια με τη διαδικασία PT και στη συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω ενός θερμοδυναμικού κύκλου (Celik et al., 2017).

Κεφάλαιο 3: Αιολική ενέργεια

3.1 Αιολική ενέργεια και Περιβάλλον

Η αιολική ενέργεια χαρακτηρίζεται φιλική για το περιβάλλον και θεωρείται καθαρή. Στο παρελθόν, έχουν πραγματοποιηθεί πολλές σχετικές έρευνες και είναι μία από τις παλαιότερες ΑΠΕ. Συστήματα συλλογής αιολικής ενέργειας όπως οι ανεμογεννήτριες μπορούν να τοποθετηθούν σε χερσαίο έδαφος, καθώς και σε υδάτινο περιβάλλον (Rehman et al., 2018). Η ταχύτητα του ανέμου χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση τουρμπίνας. Με τη προϋπόθεση να είναι διαθέσιμη επαρκής ταχύτητα ανέμου, τα πτερύγια των ανεμογεννητριών περιστρέφονται. Ένας στρόβιλος συνδέεται με τον ρότορα μιας ηλεκτρικής ενέργειας με αποτέλεσμα την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εξαιτίας των περιστροφικών κινήσεων των πτερυγίων (Smith, 2021). Με βάση τον άξονα περιστροφής τους, οι ανεμογεννήτριες ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες, στις ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα (Vertical Axis Wind Turbine -VAWT) και στις ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα (Horizontal Axis Wind Turbine- HAWT) (Sadrehaghighi, 2020). Τα HAWT χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον για τη χρήση αιολικής ενέργειας λόγω της υψηλότερης χωρητικότητας ισχύος τους, ενώ τα VAWT τυγχάνουν προσοχής λόγω της ικανότητάς τους να συλλαμβάνουν τον άνεμο από οποιαδήποτε κατεύθυνση (Li, 2021). Σε παγκόσμιο επίπεδο, παράγονται 651 GW ηλεκτρικής ενέργειας από τις ανεμογεννήτριες, με αποτέλεσμα οι ανεμογεννήτριες να καθίστανται στη δεύτερη θέση στην παγκόσμια παραγωγή μετά την υδροηλεκτρική ενέργεια (Azam et al., 2021). Συνεπώς, οι εκπομπές άνθρακα μειώνονται σημαντικά λόγω αυτής της μεγάλης παραγωγής ΑΠΕ (Rahman et al., 2022). Ωστόσο, υπάρχουν κάποιες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον από τη χρήση τους βάσει έγκυρων αναφορών από έρευνες και μελέτες που έχουν διεξαχθεί (Baron et al., 2013).

3.1.1 Θόρυβος και αναστάτωση

Ο θόρυβος αποτελεί το πιο σημαντικό μειονέκτημα που σχετίζεται με τις ανεμογεννήτριες. Ο αεροδυναμικός και ο μηχανικός θόρυβος είναι οι δύο διαφορετικοί τύποι θορύβου που υπάρχουν. Η τοποθέτηση ηχομόνωσης είναι μία λύση προκειμένου να μειωθεί ο μηχανικός θόρυβος (Keegan, 2014). Μερικές από τις παρενέργειες του αεροδυναμικού θορύβου είναι οι διαταραχές ύπνου, οι πονοκεφάλοι καθώς και η απώλεια ακοής. Ο αεροδυναμικός θόρυβος είναι πιο έντονος στη βάση της ανεμογεννήτριας (Rahman et al., 2022). Ένα άλλο μειονέκτημα των ανεμογεννητριών είναι η πρόκληση οπτικών επιπτώσεων με αποτέλεσμα να επηρεάζεται αρνητικά ο τοπικός τουρισμός και να αλλοιώνεται η φυσική αισθητική (Mahdy and Bahaj, 2018). Ακόμη, τα αιολικά πάρκα είναι εξαιρετικά ευάλωτα όταν ο καιρός είναι θυελλώδης, καθώς η τοποθέτηση ανεμογεννητριών γίνεται σε μεγάλο υψόμετρο. Πολλά από τα ατυχήματα που προκαλούνται από μεγάλες ανεμογεννήτριες είναι καταστροφικά (Gardiner et al., 2013; Furness et al., 2012).

3.1.2 Θάνατοι σε πτηνά

Ένα επιπλέον πρόβλημα που προκύπτει από τη χρήση ανεμογεννητριών σχετίζεται με τα πουλιά και την αναστάτωση που προκαλείται στον βιότοπο τους. Υπάρχει σοβαρός κίνδυνος τα πτηνά να τραυματιστούν ή ακόμη και να σκοτωθούν σε περίπτωση σύγκρουσης με τα πτερύγια των ανεμογεννητριών. Συμπληρωματικά, η πιθανότητα σύγκρουσης αυξάνεται λόγω των φώτων που υπάρχουν κοντά στα αιολικά πάρκα τα οποία προσελκύουν τα πτηνά σε κοντινή απόσταση (May et al., 2020). Ωστόσο αυτό είναι ένα θέμα προς συζήτηση καθώς περισσότερα πτηνά σκοτώνονται λόγω της αστικοποίησης και των δασών που αποφιλώνονται. Σύμφωνα με μελέτες, σε ετήσια βάση πεθαίνουν είκοσι πτηνά λόγω εγκατεστημένων ανεμογεννητριών με ισχύ 1000 MW (Erdiwansyah et al., 2022). Αντιθέτως, 1.500 θάνατοι πτηνών σε ετήσια βάση οφείλονται στο κυνήγι, ενώ 2.000 πτηνά ανά έτος σκοτώνονται λόγω σύγκρουσης με οχήματα και κατά τη διάρκεια εργασιών ηλεκτροδότησης. Συνεπώς για κάθε 250 θανάτους που προκαλούνται από ανθρώπους μόνο ένα πτηνό πεθαίνει λόγω ανεμογεννητριών (Baron et al., 2013).

Η μείωση πολλών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλούνται από τις ανεμογεννήτριες συζητείται στη βιβλιογραφία. Στη μελέτη των May et al. (2020), ένα

στα τρία πτερύγια ενός στροβίλου ήταν χρωματισμένο μαύρο για να διαπιστωθεί εάν τα πουλιά μπορούν να ανιχνεύσουν την παρουσία αυτού του πιο ορατού εμποδίου. Τα ποσοστά θνησιμότητας πτηνών σε διαφορετικές εποχές αναλύθηκαν για τους εν λόγω οκτώ στροβίλους. Για τις βαμμένες τουρμπίνες, τα ποσοστά θνησιμότητας μειώθηκαν σημαντικά την άνοιξη και το φθινόπωρο, ενώ το αντίθετο παρατηρήθηκε το καλοκαίρι. Αναφέρεται ότι τα ποσοστά εποχικής θνησιμότητας είναι μειωμένα κατά 70%. Οι βαμμένοι στροβίλοι μείωσαν σημαντικά τον αριθμό των θανάτων των πτηνών (May et al., 2020).

3.1.3 Αντανάκλαση ηλιακού φωτός

Κατά τη λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας, το ηλιακό φως μπορεί να αντανακλάται από τα πτερύγια. Αυτό το φαινόμενο που αναβοσβήνει μπορεί να προκαλέσει αναστάτωση στους κατοίκους των κοντινών περιοχών. Η χρήση μιας μη ανακλαστικής επίστρωσης βαφής στις λεπίδες μπορεί να μειώσει αυτό το πρόβλημα. Παρόμοιο πρόβλημα προκαλούν οι σκιές των λεπίδων όταν ρίχνονται σε στατικά αντικείμενα. Αυτό είναι γνωστό ως εφέ το οποίο τρεμοπαίζει σαν <<ντίσκο>>. Απαιτείται περισσότερη έρευνα για την πλήρη κατανόηση των δυσμενών αυτών επιπτώσεων, μεταξύ άλλων και στα υδρόβια πλάσματα (Nazir et al., 2020).

3.1.4 Επίδραση στον υδάτινο βίοτο

Κατά τη διάρκεια κατασκευής ανεμογεννητριών σε υπεράκτιες περιοχές παρατηρείται αύξηση της θολότητας του νερού διότι το ηλιακό φως εμποδίζεται να φτάσει στο βυθό της θάλασσας. Αυτό έχει επίδραση στα βενθικά φυτά που έχει ως αποτέλεσμα την αλλοίωση των βενθικών περιβαλλόντων. Η βάση της υπεράκτιας ανεμογεννήτριας λειτουργεί ως τεχνητός ύφαλος που επηρεάζει τη βιοποικιλότητα. Κοντά στην περιοχή της βάσης των υπεράκτιων ανεμογεννητριών, η βιοποικιλότητα της κοινότητας των πρωτοζώων βρέθηκε να μην είναι τόσο μεγάλη όσο αυτή της βενθικής κοινότητας. Επιπλέον, η επικοινωνία θαλάσσιων θηλαστικών όπως τα δελφίνια μπορεί να παρεμποδιστεί λόγω της παρουσίας ηλεκτρομαγνητικών πεδίων σε υπεράκτια αιολικά πάρκα. Ακόμη, ο θόρυβος που σχετίζεται με την κατασκευή μπορεί επίσης να ενοχλήσει τους οργανισμούς που διαβιώνουν σε κοντινά περιβάλλοντα. Κατά τη φάση συντήρησης, το λιπαντικό υγρό και άλλα υπολείμματα υλικών μπορούν να ρυπάνουν το υδάτινο περιβάλλον (Nazir et al., 2020).

3.2 Αιολική ενέργεια και Υγεία

Κατά την αξιολόγηση των δυσμενών επιπτώσεων των ανεμογεννητριών, είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη τι συνιστά την ανθρώπινη υγεία. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) ορίζει την υγεία ως «μια κατάσταση πλήρους σωματικής, ψυχικής και κοινωνικής ευεξίας και όχι απλώς την απουσία ασθένειας ή αναπηρίας». Παρά το γεγονός ότι είναι ευρέως αποδεκτός, ο ορισμός του ΠΟΥ για την υγεία συχνά παραβλέπεται κατά την αξιολόγηση των επιπτώσεων των ανεμογεννητριών στην υγεία. Ανασκοπήσεις βιβλιογραφίας που σχολιάζουν τις επιπτώσεις των ανεμογεννητριών στην υγεία έχουν παραχθεί με διάφορους βαθμούς πληρότητας, ακρίβειας και αντικειμενικότητας. Ορισμένοι από αυτούς τους ερευνητές αποδέχονται την αληθοφάνεια των αναφερόμενων επιπτώσεων στην υγεία από τη χρήση των ανεμογεννητριών και αναγνωρίζουν ότι ο θόρυβος των ανεμογεννητριών μπορεί να προκαλέσει ενόχληση, άγχος, ή διαταραχή ύπνου, η οποία μπορεί να έχει άλλες δυσμενέστερες συνέπειες. Ωστόσο, αυτές οι επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων συχνά απορρίπτονται επειδή δεν έχουν τεκμηριωθεί οι «άμεσες παθολογικές επιδράσεις» ή η «άμεση αιτιακή σύνδεση» (Jeffery et al., 2013).

Η εστίαση σε «άμεσες» αιτιώδεις συνδέσεις περιορίζει τη συζήτηση σε ένα μικρό κομμάτι των πιθανών επιπτώσεων στην υγεία από τη χρήση των ανεμογεννητριών. Μία δικαστική απόφαση περιβαλλοντικής αναθεώρησης του 2011, επισήμανε ότι η σοβαρή βλάβη στην ανθρώπινη υγεία περιλαμβάνει «έμμεσες επιπτώσεις (π.χ. ένα άτομο που εκτίθεται σε θόρυβο και στη συνέχεια παρουσιάζει άγχος, αναπτύσσει άλλα σχετικά συμπτώματα)» (Nazir et al., 2020).

Πειράματα σε ανθρώπους έδειξαν ότι ο θόρυβος μέτριου επιπέδου δρα μέσω μιας έμμεσης οδού και έχει αποτελέσματα για την υγεία παρόμοια με εκείνα που προκαλούνται από υψηλή έκθεση σε θόρυβο στην άμεση οδό. Η έμμεση οδός ξεκινά με διαταραχές δραστηριοτήτων που προκαλούνται από θόρυβο, όπως η επικοινωνία ή ο ύπνος. Έχουν καταγραφεί συμπτώματα που αναφέρθηκαν από άτομα που εκτέθηκαν σε ανεμογεννήτριες, τα οποία περιλαμβάνουν διαταραχές ύπνου, πονοκέφαλο, εμβοές, πίεση στο αυτί, ζάλη, ίλιγγο, ναυτία, θόλωση όρασης, ταχυκαρδία, ευερεθιστότητα, προβλήματα συγκέντρωσης και μνήμης και επεισόδια πανικού που σχετίζονται με παθήσεις εσωτερικών αισθήσεων, παλμούς ή τρέμουλο

όταν είναι ξύπνια ή κοιμούνται. Η Αμερικανική Ένωση Αιολικής Ενέργειας και η Καναδική Ένωση Αιολικής Ενέργειας πραγματοποίησαν μια βιβλιογραφική ανασκόπηση που προσδιόρισε ότι αυτά τα συμπτώματα είναι οι «γνωστές επιπτώσεις στρες της έκθεσης στον θόρυβο» ή με άλλα λόγια, είναι ένα υποσύνολο αντιδράσεων ενόχλησης (Nazir et al., 2020).

Η ενόχληση που προκαλείται από τον θόρυβο αναγνωρίζεται ως αρνητική επίδραση στην υγεία. Η χρόνια σοβαρή ενόχληση θορύβου θα πρέπει να ταξινομηθεί ως σοβαρός κίνδυνος για την υγεία. Σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές του ΠΟΥ για τον θόρυβο της κοινότητας, η ικανότητα ενός θορύβου να προκαλεί ενόχληση εξαρτάται από τα φυσικά χαρακτηριστικά του, συμπεριλαμβανομένου του επιπέδου ηχητικής πίεσης και των φασματικών χαρακτηριστικών, καθώς και από τις διακυμάνσεις αυτών των ιδιοτήτων με την πάροδο του χρόνου και τα επίπεδα πίεσης (Jeffery et al., 2013).

Οι βιομηχανικές ανεμογεννήτριες μπορούν να βλάψουν την ανθρώπινη υγεία εάν τοποθετηθούν σε κοντινή απόσταση από κατοικημένες περιοχές. Η βλάβη μπορεί να αποφευχθεί εάν οι ανεμογεννήτριες βρίσκονται σε κατάλληλη απόσταση από τους κατοίκους. Λόγω της έλλειψης επαρκών προστατευτικών κατευθυντήριων γραμμών για την τοποθεσία, τα άτομα που εκτίθενται σε ανεμογεννήτριες αναμένεται να παρουσιάζονται στους οικογενειακούς τους γιατρούς σε αυξανόμενους αριθμούς. Τα τεκμηριωμένα συμπτώματα είναι συνήθως ασθένειες τύπου διαταραχής και στρες που δρουν μέσω έμμεσων οδών και μπορεί να προκαλέσουν σοβαρή βλάβη στην ανθρώπινη υγεία. Οι οικογενειακοί γιατροί είναι σε θέση να αναγνωρίζουν αποτελεσματικά τις παθήσεις και να παρέχουν μια ουσιαστική βοήθεια. Επιπλέον, οι συνεισφορές τους σε κλινικές μελέτες χρειάζονται οπωσδήποτε για να αποσαφηνιστεί η σχέση μεταξύ της έκθεσης σε ανεμογεννήτριες και της ανθρώπινης υγείας και για τη θέσπιση κανονισμών που θα προστατεύουν τη σωματική, ψυχική και κοινωνική ευημερία (Jeffery et al., 2013).

3.3 Παραδείγματα Εφαρμογών

Το Wind-FESS είναι ένα σύστημα που παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον στις μέρες μας. Η αιολική ενέργεια είναι μια από τις πιο ευνοϊκές πηγές που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ υπάρχει πάντα ένα κοινό πρόβλημα

που αντιμετωπίζεται που είναι η αναντιστοιχία μεταξύ προσφοράς και ζήτησης. Αυτό οφείλεται στις διακυμάνσεις τόσο του ανέμου όσο και του διαθέσιμου φορτίου που μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στο δίκτυο. Αυτό απαιτεί αποθήκευση ενέργειας γρήγορης απόκρισης που κάνει τη χρήση του FESS πιο ευνοϊκή. Το FESS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξομάλυνση της αιολικής ενέργειας και για την παροχή ενέργειας στους χρήστες με διαφορετικές απαιτήσεις για την επίτευξη καλύτερης ποιότητας ισχύος (Mahmoud et al., 2020).

Το Wind-PHES είναι ένας συνδυασμός που χρησιμοποιείται συνήθως σε νησιά όπου μπορούν να βρεθούν δίκτυα διασύνδεσης στα οποία η αιολική ενέργεια αντιπροσωπεύει την κύρια πηγή ενέργειας. Στοχεύει στην αύξηση της διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και στη μείωση της συνολικής έλλειψης ενέργειας και της ποσότητας ενέργειας που παράγεται από συμβατικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Προκειμένου να εκτιμηθούν οι οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις του Wind-PHES, είναι απαραίτητο να μελετηθούν οι κύριες παράμετροι που είναι η ταχύτητα του ανέμου και το ηλεκτρικό φορτίο. Ο μη γραμμικός προγραμματισμός μικτού ακέραιου είναι ένας στοχαστικός προγραμματισμός που επιτρέπει να διερευνηθεί κατάλληλα η επίδραση αυτών των παραμέτρων (Daneshvar et al., 2017).

Κεφάλαιο 4: Ενέργεια από Βιομάζα

4.1 Ενέργεια από Βιομάζα και Περιβάλλον

Μία από τις παλαιότερες πηγές ενέργειας είναι η βιομάζα. Οι άνθρωποι εδώ και αιώνες χρησιμοποιούν ξύλο για τη μαγειρική των γευμάτων τους, καθώς και για τη θέρμανση των σπιτιών τους. Η προέλευση της βιομάζας εντοπίζεται σε οργανικά υλικά, για παράδειγμα αιθανόλη, χόρτο, ανθρώπινα απόβλητα, υπολείμματα ξύλου, κοπριά καθώς και άχυρο σιταριού τα οποία συνηθίζεται να απορρίπτονται σε χωματερές ή να καίγονται. Ωστόσο υπάρχει η δυνατότητα καλλιέργειας της βιομάζας, όπως για παράδειγμα το καλαμπόκι, προκειμένου να παραχθεί ενέργεια. Γίνεται μετατροπή της αποθηκευμένης χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια. Ο υδρογονάνθρακας αποτελεί τη βασική χημική ένωση της βιομάζας. Προκειμένου να

επιτευχθεί παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, υπάρχει η δυνατότητα καύσης της βιομάζας από τους παραδοσιακούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας από άνθρακα. Λαμβάνοντας υπόψιν ότι η παροχή της δεν είναι περιορισμένης φύσης, μπορεί να χαρακτηριστεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Σύμφωνα με ορισμένες έρευνες ωστόσο, έχουν παρατηρηθεί περιβαλλοντικές επιπτώσεις οι οποίες σχετίζονται με τη λειτουργία σταθμών παραγωγής ενέργειας από βιομάζα (Usman et al., 2020).

4.1.1 Αποψύλωση δασών και γεωργία

Οι καλλιέργειες τροφίμων, καθώς και οι ενεργειακές καλλιέργειες, εμφανίζουν παρόμοιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις οι οποίες σχετίζονται με τη διάβρωση και τον έλεγχο των παρασίτων καθώς και με το πότισμα. Προκειμένου να αναπτυχθούν μαζικά ενεργειακές καλλιέργειες πρέπει να καταστραφούν πολλές δασικές εκτάσεις. Συνεπώς η αποψύλωση των δασών θα δημιουργήσει αύξηση των αερίων των θερμοκηπίων. Επίσης προκειμένου αυτές οι καλλιέργειες να μεταφερθούν στις αντίστοιχες ενεργειακές μονάδες χρησιμοποιούνται βαρέα οχήματα τα οποία για να κινηθούν χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα (Popp et al., 2014).

4.1.2 Χρήση νερού

Σχετικά με τις μονάδες βιομάζας, η χρήση νερού και οι αντίστοιχες απαιτήσεις μπορούν να συγκριθούν με άλλες μονάδες ηλεκτρικής ενέργειας. Τα οικοσυστήματα επηρεάζονται αρνητικά διότι τα θερμαινόμενα νερά απορρίπτονται πίσω στις πηγές. Επίσης, στις πηγές νερού, ρέει το πλεόνασμα των θρεπτικών ουσιών από τις ενεργειακές καλλιέργειες. Ο αντίκτυπος των ανωτέρω είναι η δημιουργία ευτροφισμού σε αυτές τις πηγές νερού. Επίσης σε μέρη όπου η συχνότητα βροχοπτώσεων είναι χαμηλή, η χρήση ενεργειακών καλλιεργειών απαιτεί μεγαλύτερες ποσότητες νερού (Dilthey, 2020).

4.1.3 Αέριες εκπομπές

Παρά το γεγονός ότι η βιομάζα χαρακτηρίζεται ως καθαρή ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, κατά τη διάρκεια της καύσης απελευθερώνονται επιβλαβείς τοξικές ουσίες. Τα επίπεδα εκπομπών διαφέρουν ανάλογα με τις πρώτες ύλες. Τα κοινά χαρακτηριστικά τους ωστόσο είναι το διοξείδιο του θείου, το οξείδιο του αζώτου και το μονοξείδιο του άνθρακα. Επίσης, τα απόβλητα βιομάζας έχουν δυσάρεστη οσμή.

Προκειμένου αυτά τα φαινόμενα να μειωθούν, είναι απαραίτητη η ενσωμάτωση ηλεκτροστατικών κατακρημνιστών, φίλτρων καθώς και συστημάτων αεριοποίησης. Συμπληρωματικά, είναι εφικτή η χρήση καθαρότερων πηγών βιομάζας, προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές στην ατμόσφαιρα. Ακόμη, παρατηρείται η δημιουργία σημαντικών αποτυπωμάτων άνθρακα κατά τη διάρκεια μεταφοράς των απόβλητων από τοποθεσίες που είναι απομακρυσμένες στις ενεργειακές μονάδες (Dilthey, 2020).

4.2 Ενέργεια από Βιομάζα και Υγεία

Η χρήση παραδοσιακών εστιών μαγειρικής συμβάλλει στη ρύπανση του νοικοκυριού και του περιβάλλοντος, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε αρνητικά αποτελέσματα για την υγεία των ατόμων που είναι ευάλωτα στην έκθεση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι παραδοσιακές εστίες μαγειρέματος βασίζονται κυρίως στη χρήση ενέργειας από βιομάζα, όπως ξύλο, κάρβουνο και κοπριά που παράγουν αυξημένες εκπομπές στην ατμόσφαιρα. Συγκεκριμένα, αυτό μπορεί να επηρεάσει την αναπνευστική υγεία όχι μόνο των χρηστών, αλλά και των ενοίκων του οικοπέδου γενικότερα. Ορισμένα από τα περιστατικά νοσηρότητας και θνησιμότητας αποδίδονται στην εισπνοή λεπτών σωματιδίων που προέρχονται από τη ρύπανση που σχετίζεται με τις εστίες μαγειρέματος (Kyayesimira et al., 2021).

Μια σειρά από επιπλοκές στην υγεία αποδίδονται στον καπνό της φωτιάς και επηρεάζουν κυρίως γυναίκες και παιδιά (Jagger and Shively, 2014). Για παράδειγμα, οι γυναίκες, τα κορίτσια και τα παιδιά στην Ουγκάντα διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο επειδή αφιερώνουν περισσότερο χρόνο παραμένοντας κοντά στα σημεία μαγειρέματος ενώ εκπληρώνουν τους ρόλους των οικιακών δουλειών στην προετοιμασία φαγητού για το νοικοκυριό χρησιμοποιώντας αναποτελεσματικές εστίες μαγειρέματος (Bede-Ojimadu and Orisakwe, 2020).

Μερικά από τα αρνητικά αποτελέσματα υγείας από αυτήν την έκθεση περιλαμβάνουν χρόνιες ασθένειες και οξείες επιπτώσεις στην υγεία, όπως οξείες λοιμώξεις του κατώτερου αναπνευστικού στην πρώιμη παιδική ηλικία (συμπεριλαμβανομένης της πνευμονίας), που οδηγούν σε θνησιμότητα, χαμηλό βάρος γέννησης και μακροπρόθεσμες δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία. Για τους ενήλικες, ο καπνός μπορεί να οδηγήσει σε μακροπρόθεσμους κινδύνους και

θνησιμότητα από καρκίνο του πνεύμονα, εμφύσημα, χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια, βρογχίτιδα, καταρράκτη, και δυσμενή έκβαση εγκυμοσύνης. Επιπλέον, μικρές παθήσεις από την καθημερινή εισπνοή καπνού μπορεί να περιλαμβάνουν ερεθισμό των ματιών και πονοκεφάλους (Tamire Awono, 2020). Ενώ τα προβλεπόμενα αποτελέσματα για την υγεία αποδίδονται στην έκθεση στη ρύπανση που προκαλείται από τη χρήση ενέργειας από βιομάζα, υπάρχουν και άλλες επιπτώσεις για την υγεία πέρα από τη ρύπανση (Kyayesimira et al., 2021).

Άλλες επιπτώσεις που σχετίζονται με την υγεία είναι οι περιορισμοί στην ενεργειακή προσβασιμότητα. Σε περιοχές με μειωμένη δασική κάλυψη όπου τα δέντρα εξαντλούνται, αυτό μπορεί να έχει αρνητικό αντίκτυπο στην ποσότητα, την ποιότητα και τη θρεπτική αξία των τροφίμων που καταναλώνονται στα νοικοκυριά. Ορισμένοι αγρότες μπορεί να καταφεύγουν σε μη μαγειρεμένα γεύματα (ανεπαρκής προετοιμασία φαγητού) για να χρησιμοποιούν λιγότερα καύσιμα, μειώνοντας την ποιότητα των τροφίμων που θα μπορούσε να οδηγήσει σε λιγότερο υγιεινά τρόφιμα και κακή διατροφή. Αυτό μπορεί να συμβάλει μεταξύ άλλων και στην ενδοοικογενειακή βία λόγω αποτυχίας προετοιμασίας έγκαιρων γευμάτων και λόγω ανεπαρκών ενεργειακών πόρων (Amadu et al., 2023). Η παράλειψη μερικών γευμάτων ή ακόμη και η επιλογή τροφών με λιγότερο χρόνο για μαγείρεμα μπορεί να είναι μια άλλη απόφαση που λαμβάνεται και μπορεί να αποτελεί εμπόδιο για πιο υγιεινές δίαιτες. Η εξάρτηση από ενεργειακούς φυσικούς πόρους συμβάλλει στην εξάντληση των φυσικών πόρων και στην καταστροφή του περιβάλλοντος, γεγονός που συμβάλλει στην κλιματική αλλαγή που επηρεάζει τη γεωργία, με αποτέλεσμα να διακυβεύεται η θρεπτική ποσότητα και ποιότητα των τροφίμων που καταναλώνουν τα νοικοκυριά (Ang'u, 2023).

4.3 Παραδείγματα Εφαρμογών

4.3.1 Καύση ξύλου

Προκειμένου να μειωθεί η χρήση ορυκτών καυσίμων στο μαγείρεμα και τη θέρμανση, μπορεί να υιοθετηθεί ο ξυλάνθρακας, το ξύλο, καθώς και υπολείμματα ξύλου. Οι εκπομπές CO₂ μειώνονται με τη χρήση ξύλου, ωστόσο εκπέμπονται ρύποι όπως για παράδειγμα μονοξείδιο του άνθρακα λόγω του καπνού από την καύση του ξύλου. Χρησιμοποιείται κάρβουνο και ξύλο για τη μαγειρική και τη θέρμανση κατά

βάση σε υπανάπτυκτες χώρες. Σε περίπτωση που γίνεται ταχεία κατανάλωση δέντρων υπάρχει ο κίνδυνος τα δάση να αποψιλωθούν. Για αυτόν τον λόγο, κρίνεται αναγκαία η χρήση σύγχρονων θερμαντικών μέσων, όπως για παράδειγμα σύγχρονες σόμπες καύσης πέλλετ ή ξύλου, προκειμένου να μειωθούν οι τοξικές εκπομπές στην ατμόσφαιρα. Επίσης, είναι πολύ σημαντική η φύτευση ταχέων αναπτυσσόμενων δέντρων προκειμένου να αποτραπεί η αποψίλωση των δασών (Kyagesimira et al., 2021).

4.3.2 Καύση απορριμμάτων

Η καύση των στερεών αστικών απόβλητων δίνει τη δυνατότητα παραγωγής ενέργειας, κάτι το οποίο μειώνει δραστικά την ποσότητα σκουπιδιών που κατακλύζουν τους χώρους υγειονομικής ταφής. Κατά τη διάρκεια της καύσης ωστόσο, παράγονται χημικές ουσίες οι οποίες είναι επιζήμιες για τη φύση. Προκειμένου οι ρύποι του αέρα να παγιδευτούν, υπάρχουν διαθέσιμες συσκευές ελέγχου των εκπομπών, όπως τα υφασμάτινα φίλτρα και οι ηλεκτροστατικοί κατακρημνιστές. Η θερμοκρασία στην οποία καίγονται τα απόβλητα στις περισσότερες μονάδες παραγωγής ενέργειας κυμαίνεται στους 1800°F έως 2000°F (982°C–1093°C) όπου τα απόβλητα μετατρέπονται σε χημικές ουσίες οι οποίες είναι λιγότερο επιβλαβείς (Grieco and Poggio, 2009). Επίσης με τη χρήση υγρών χημικών ψεκασμού επιτυγχάνεται η εξουδετέρωση οξέων που υπάρχουν στις εκπομπές (Quina et al., 2010; Zhu et al., 2022).

4.3.3 Βιοαέριο

Δύο βασικά συστατικά του βιοαερίου είναι το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα το οποίο εντοπίζεται σε μονάδες επεξεργασίας λυμάτων, χωματερές απορριμμάτων καθώς και σε συστήματα επεξεργασίας κοπριάς ζώων (Tshemese et al., 2023). Επίσης, στο βιοαέριο περιλαμβάνεται μεθάνιο του οποίου η καύση εξάγει ενέργεια και εν συνεχεία μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Η παραγωγή βιοαερίου συντελεί στη μείωση των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Benavides et al., 2024).

4.3.4 Υγρά βιοκαύσιμα

Δύο είδη βιοκαυσίμων τα οποία χρησιμεύουν ως εναλλακτικές λύσεις στα συμβατικά καύσιμα μεταφορών είναι το βιοντίζελ και η αιθανόλη. Συνήθως, τα ζαχαροκάλαμα και τα καλαμπόκια χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοκαυσίμων (Singh et al.,

2023). Το 2007, η κυβέρνηση των ΗΠΑ ξεκίνησε ένα σχέδιο για τη χρήση 136 δισεκατομμυρίων λίτρων βιοκαυσίμων μέχρι το 2022 (Chen et al., 2011). Ως εκ τούτου, το μεγαλύτερο μέρος του πετρελαίου που πωλείται στις ΗΠΑ έχει μια ορισμένη ποσότητα αιθανόλης. Τα βιοκαύσιμα όσον αφορά στον άνθρακα θεωρούνται ουδέτερα ως προς την κατανάλωση CO₂ στη διάρκεια της ανάπτυξης και κατά την απελευθέρωση τους όταν πραγματοποιείται η καύση (Antunes et al., 2022). Για την επιτυχημένη παραγωγή αυτών των ενεργειακών καλλιέργειών, μεγάλες εκτάσεις γης απαιτούνται, με αποτέλεσμα να υπάρχει πίεση στις καλλιέργειες τροφίμων. Επίσης, προκειμένου να αποθηκευτούν αυτές οι καλλιέργειες απαιτείται μεγάλος χώρος πριν το στάδιο μετατροπής τους σε ενέργεια. Ωστόσο, από τις δεξαμενές καυσίμων εκπέμπονται όζον και δημιουργείται αιθαλομίχλη, λόγω των εξατμίσεων, τα οποία είναι επιβλαβή για τη φύση. Ως αποτέλεσμα είναι αναγκαία η κατάλληλη επεξεργασία του πετρελαίου πριν από την ανάμιξη της αιθανόλης, προκειμένου να μειωθούν αυτές οι εκπομπές. Αντιθέτως, από το βιοντίζελ εκπέμπονται μικρότερες ποσότητες άκαυστων υδρογονανθράκων, σωματιδίων, οξειδίων του θείου και μονοξειδίου του άνθρακα. Ωστόσο, παράγεται υψηλότερο ποσοστό οξείδιο του αζώτου συγκριτικά με το πετρέλαιο ντίζελ (Vickram et al., 2023).

Κεφάλαιο 5: Υδροηλεκτρική ενέργεια

5.1 Υδροηλεκτρική ενέργεια και Περιβάλλον

Η παραγωγή της υδροηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνεται όταν ένα φράγμα κατασκευάζεται εντός ενός ποταμού ελεύθερης ροής. Γίνεται απελευθέρωση νερού από μεγάλο υψόμετρο το οποίο πέφτει σε έναν υδροστρόβιλο με πτερύγια ο οποίος παράγει ηλεκτρική ενέργεια (Kougiass et al., 2019). Η υδροηλεκτρική ενέργεια θεωρείται μία από τις καλύτερα μελετημένες και πιο παλαιές ΑΠΕ. Σε παγκόσμιο επίπεδο, από το 2019, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς της υδροηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται κατά προσέγγιση στα 1150 GW και αυτό την καθιστά την υψηλότερη μεταξύ όλων των ΑΠΕ (Uría-Martínez et al., 2021; Gemechu and Kumar, 2022). Κατά τη διάρκεια λειτουργίας των υδροηλεκτρικών σταθμών δεν εκπέμπονται αέρια θερμοκηπίου. Παρόλο αυτά, σύμφωνα με διάφορες μελέτες, υπάρχουν

περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Morrison et al., 2021). Η διαδικασία μετανάστευσης των ψαριών εμποδίζεται σε περιπτώσεις όπου οι δεξαμενές σχηματίζουν φράγματα για τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Επίσης λόγω των φραγμάτων, δημιουργούνται αλλαγές στη ροή και τη θερμοκρασία του νερού (Pora, 2022). Μία ακόμη επίπτωση είναι οι αλλαγές στις χημικές ιδιότητες του περιβάλλοντος και του νερού. Κατά αυτόν τον τρόπο, τα οικολογικά και φυσικά χαρακτηριστικά των ποταμών διαφοροποιούνται με επιζήμιο τρόπο. Επίσης υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις και για τα ζώα καθώς και για τα φυτά επειδή επηρεάζεται αρνητικά η διαβιωσή τους από τη μετεγκατάσταση των γηγενών κατοίκων (Tomczyk and Wiatkowski, 2020). Άλλες αρνητικές επιπτώσεις είναι ότι οι πλημμύρες, η διάβρωση και οι λάσπες πλήττουν τους αρχαιολογικούς χώρους και προκαλούν ξήρανση σε φυσικές και αγροτικές περιοχές. Για την κατασκευή των δεξαμενών, χρησιμοποιείται χάλυβας και σκυρόδεμα, καθώς και εξοπλισμός ο οποίος κατά τη διάρκεια της κατασκευής ενδέχεται να προκαλέσει εκπομπές άνθρακα εξαιτίας της ενσωμάτωσης ορυκτών καυσίμων. Παρόλο αυτά, λόγω της διάρκειας ζωής των υδροηλεκτρικών σταθμών η οποία υπολογίζεται μεταξύ 50-100 ετών καθιστά μη βαρύνουσας σημασίας αυτές τις εκπομπές (Quaranta et al., 2023). Ακόμη, λόγω των υδροστρόβιλων, το ποσοστό θνησιμότητας των ψαριών διαμορφώνεται κατά προσέγγιση στο 5 -10% το οποίο σχεδιάζεται να μειωθεί στο 2% από το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ (Morisson et al., 2021).

5.1.1 Απαιτήσεις γης

Μικρότερες εκτάσεις γης απαιτούνται σε περιοχές με λόφους για τη δημιουργία υδροηλεκτρικών σταθμών, καθώς οι δεξαμενές μπορούν να έχουν μεγάλο βάθος προκειμένου να γίνει εφικτή η αποθήκευση μεγάλου όγκου νερού. Σε περιοχές με επίπεδη μορφολογία οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί απαιτούν τεράστιες εκτάσεις γης. Σε περίπτωση πλημμύρας ειδικότερα σε μεγάλες εκτάσεις γης, θα υπάρξουν καταστροφικές συνέπειες σε καλλιέργειες, αρχαιολογικούς χώρους, δάση και ενδιαιτήματα άγριας ζωής. Επίσης οι γηγενείς κάτοικοι θα πρέπει να μετεγκατασταθούν προκειμένου να κατασκευαστούν οι δεξαμενές που απαιτούν τεράστιες εκτάσεις γης (Singh et al., 2021).

5.1.2 Επιπτώσεις στην άγρια ζωή

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, τα φράγματα προκαλούν πλημμύρες οι οποίες μπορεί να είναι καταστροφικές για τους βιότοπους της άγριας ζωής. Επίσης τα υδρόβια πλάσματα κινδυνεύουν από τη κατασκευή και λειτουργία αυτών των φραγμάτων. Τεχνολογίες όπως οι ιχθυοκαλλιέργειες οι οποίες ενισχύουν την αναπαραγωγή ψαριών δεν επαρκούν για την προστασία τους καθώς τα πτερύγια των στροβίλων συνεχίζουν να προκαλούν δυσμενείς επιρροές σε αρκετά θαλάσσια είδη (Kemp, 2015). Επίσης παρατηρείται υπερβολική συσσώρευση θρεπτικών συστατικών, καθώς και ιζημάτων και ζιζανίων, γεγονός που οφείλεται στη στάσιμη φύση του νερού της δεξαμενής. Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί η σημασία λήψης μέτρων προκειμένου να εξαλειφθούν αυτά τα επικύνδινα ζιζάνια (McCartney, 2009).

Το νερό εξατμίζεται με αυξημένους ρυθμούς κατά τη διάρκεια τοποθέτησης του σε δεξαμενές και όχι σε ποταμούς με φυσιολογική ροή (Olsson, 2015). Επίσης σε περιπτώσεις που υπάρχει υπερβολική παρακράτηση νερού, κάποια σημεία του ποταμού ενδέχεται να ξερθούν και αυτό να επηρεάσει τα φυτά και τα ζώα. Για να μειωθεί αυτό το φαινόμενο, είναι επιτακτική ανάγκη να ελευθερώνονται ορισμένες ποσότητες νερού. Επίσης, στη δεξαμενή υπάρχει χαμηλή στάθμη του διαλυμένου οξυγόνου του νερού στο κατώτερο επίπεδο, συνεπώς στην καθοδική διοχετεύσή του, υπάρχει πιο δροσερό νερό συγκριτικά με το νερό στους ποταμούς (Baron et al., 2013). Ωστόσο το αποξυγονωμένο και κρύο νερό ενδέχεται να έχει αρνητικές επιπτώσεις για τα φυτά και τα ζώα. Συνεπώς γίνεται χρήση τουρμπινών αερισμού προκειμένου να αυξηθεί το ποσοστό διαλυμένου οξυγόνου στο νερό (Rahmati, 2024; Guangul and Chala, 2022). Επίσης είναι πολύ σημαντική η διασφάλιση της λήψης νερών από διαφορετικά επίπεδα προκειμένου να υπάρξει αύξηση της συνολικής θερμοκρασίας.

5.1.3 Εκπομπές

Κατά τη διαδικασία εγκατάστασης αλλά και παροπλισμού των υδροηλεκτρικών σταθμών, δημιουργούνται εκπομπές αέριων θερμοκηπίου. Ωστόσο βάσει πρόσφατων μελετών, υπάρχουν στοιχεία που υποδεικνύουν την έμμεση εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια λειτουργίας των μονάδων αυτών. Δύο παράγοντες που επηρεάζουν τις εκπομπές αυτές είναι το μέγεθος των μονάδων και η μορφολογία της κοντινής γης. Έχουν παρατηρηθεί πολύ αυξημένες εκπομπές σε

ήπιους τυφώνες καθώς και σε τροπικές περιοχές. Σε περιπτώσεις πλημμυρών, επικρατεί αποσύνθεση της φυτικής ζωής, καθώς και του κοντινού εδάφους (Shi and Qin, 2023).

5.1.4 Μορφολογική επίδραση

Η λειτουργία των υδροηλεκτρικών σταθμών δημιουργεί σημαντικές αλλαγές στη μορφολογία των ποταμών, στον κύκλο ζωής των υδρόβιων οργανισμών, καθώς και στη συγκέντρωση των θρεπτικών συστατικών τα οποία υπάρχουν διαλυμένα στα νερά. Συνεπώς, το νερό καθιστάται ακατάλληλο και για πόση αλλά και για άρδευση, καθώς όταν μειώνεται το νερό αυξάνεται η συγκέντρωση θρεπτικών συστατικών σε αυτό. Επίσης υπάρχουν εκπομπές CH₄ και CO₂ λόγω της βλάστησης των φυτών τα οποία παραμένουν στις δεξαμενές και αποσυντίθενται. Ακόμη, συσσωρεύονται στις δεξαμενές τοξικά μέταλλα τα οποία προέρχονται από πλημμυρισμένα εδάφη. Λαμβάνοντας υπόψιν ότι στις δεξαμενές παγιδεύονται ιζήματα, παρεμποδίζεται η ομαλή λειτουργία των ποταμών, με συνέπεια να επηρεάζονται οι παράκτιες λιμνοθάλασσες κατά την θαλάσσια εκροή τους (McCartney et al., 2001). Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, τα υδροηλεκτρικά φράγματα την παρούσα χρονική περίοδο, προκαλούν αλλαγές στη ροή του νερού των ποταμών, με συνέπεια την υποχώρηση τριάντα τριών γιγάντιων δέλτα (Pora, 2022).

5.2 Υδροηλεκτρική ενέργεια και Υγεία

Τα τελευταία χρόνια, η επαγγελματική υγεία και ασφάλεια στους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής έχει σημειώσει σημαντική βελτίωση λόγω της αυξημένης εποπτείας και των κυβερνητικών κανονισμών για την ασφάλεια. Για παράδειγμα στη Νότια Αφρική, ένας νόμος για την υγεία και την ασφάλεια στην εργασία που θεσπίστηκε το 1993, δηλώνει ότι τα γενικά καθήκοντα των εργοδοτών προς τους εργαζομένους τους είναι να διασφαλίζουν ότι παρέχουν και διατηρούν όσο είναι εφικτό, ένα εργασιακό περιβάλλον ασφαλές και χωρίς κίνδυνο για την υγεία οποιουδήποτε εργαζόμενου (Acakroni and Dzamikumah, 2016). Επιπλέον, πρέπει να αναφερθεί ότι ο υδροηλεκτρικός σταθμός Taum Sauk, στο Μιζούρι στις ΗΠΑ, γνώρισε μια αστοχία με αποτέλεσμα να τραυματιστούν πέντε άτομα και να προκληθεί μόνιμη ζημιά στον περιβάλλοντα χώρο, ακολουθούμενη από μια περίοδο διακοπής

παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που διήρκεσε περίπου 5 χρόνια. Η αιτία αυτής της αποτυχίας μπορεί να αποδοθεί σε τεχνικά σφάλματα που παραμελήθηκαν ή κακοδιαχειρίστηκαν. Παρατηρήθηκε ότι το σύστημα μέτρησης ήταν ελαττωματικό, αλλά το εργοστάσιο εξακολουθούσε να λειτουργεί. Το περιστατικό οδήγησε στην αποστράγγιση πάνω από ένα δισεκατομμύριο γαλονιών νερού (4 εκατομμύρια m³) σε λιγότερο από μία ώρα (Acaikroni and Dzamikumah, 2016).

Επιπλέον, τον Ιούνιο του 2013, η βλάβη του υδροηλεκτρικού σταθμού Dhauliganga (280 MW) στην Ινδία προκάλεσε μια άνευ προηγουμένου πλημμύρα που οδήγησε στην πλήρη βύθιση ενός εργοστασίου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Μερικές ακόμη δυσμενείς επιπτώσεις ήταν η μαζική συσσώρευση συντριμμίων, η ανάγκη για αντικατάσταση ηλεκτρικού εξοπλισμού και η απώλεια της συνολικής ικανότητας παραγωγής για περισσότερους από έξι μήνες (Acaikroni and Dzamikumah, 2016).

Επομένως, απαιτείται ιδιαίτερα υψηλό επίπεδο ασφάλειας για τέτοιες εγκαταστάσεις. Αν και οι περισσότεροι κανονισμοί σε αυτόν τον τομέα παρέχονται από διεθνείς οργανισμούς, όπως ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO), με τη μορφή προτύπων, πολλές εταιρείες και χώρες, συμπεριλαμβανομένης της Γκάνας στην Αφρική, δεν ανταποκρίθηκαν στις απαιτήσεις αυτών των προτύπων (Acaikroni and Dzamikumah, 2016). Αυτό εξηγεί το κίνητρο για την αξιολόγηση του επιπέδου μη συμμόρφωσης με τους κανονισμούς από σταθμούς παραγωγής ενέργειας στην Γκάνα. Τα πρότυπα ISO και Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγιεινής (OSH) θα υιοθετηθούν για τη διεξαγωγή Ελέγχου Υγείας και Ασφάλειας στο συγκεκριμένο σταθμό ηλεκτροπαραγωγής στη Γκάνα, προκειμένου να υπάρξει εξακρίβωση και να καθοριστεί αν υπάρχει συμμόρφωση των δραστηριοτήτων και των σχετικών αποτελεσμάτων με τις προγραμματισμένες ρυθμίσεις όπως και αν υπάρχει αποτελεσματική εφαρμογή αυτών των ρυθμίσεων. Επίσης θα προσδιοριστεί η καταλληλότητα αυτών των ρυθμίσεων για την επίτευξη της πολιτικής, καθώς και των στόχων του οργανισμού (Acaikroni and Dzamikumah, 2016).

5.3 Παραδείγματα Εφαρμογών

Για μεγάλης κλίμακας παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, υπάρχουν δύο κύριοι τύποι υδραυλικών στροβίλων που είναι γνωστοί σύμφωνα με τις διαφορετικές συνθήκες κεφαλής νερού και ταχύτητας ροής που χρησιμοποιούνται: ο παλμικός

στρόβιλος και ο στρόβιλος αντίδρασης. Ο παλμικός στρόβιλος είναι ένας οριζόντιος ή κατακόρυφος τροχός που κινείται από ισχυρούς πίδακες νερού που παράγονται από μια υψηλή κεφαλή νερού που χτυπά τα πτερύγια στον τροχό, προκαλώντας έτσι περιστροφή. Ο κύριος τύπος παλμικού στρόβιλου που χρησιμοποιείται είναι ο στρόβιλος Pelton για υψηλές κεφαλές και χαμηλούς ρυθμούς ροής. Αντίθετα, ο στρόβιλος αντίδρασης ενεργοποιείται από νερό του οποίου η πίεση αλλάζει καθώς ρέει μέσα από τον στρόβιλο και απελευθερώνει ενέργεια. Ένας συχνά χρησιμοποιούμενος τύπος τουρμπίνας αντίδρασης είναι ο στρόβιλος με έλικα για χαμηλές κεφαλές και υψηλούς ρυθμούς ροής (Bao et al., 2021).

Κεφάλαιο 6: Γεωθερμική ενέργεια

6.1 Γεωθερμική ενέργεια και Περιβάλλον

Η λειτουργία των γεωθερμικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής (GPPs) βασίζεται στη χρήση θερμικής ενέργειας και στη διαδικασία αποθηκεύσεώς της στον εξωτερικό φλοιό της γης. Υπάρχουν ταμιευτήρες εντός 300–8000m της γης όπου διάφορα γεωθερμικά ρευστά καθώς και το νερό είναι χρήσιμα προκειμένου να δεσμευτεί γεωθερμική ενέργεια (Manzella, 2017; Stober and Bucher, 2013). Στη συνέχεια, μπορεί να γίνει χρήση αυτής της ενέργειας για να θερμενθούν χώροι. Παρόμοιοι τύποι σταθμών ηλεκτροπαραγωγής έχουν χαμηλές εκπομπές (Zarrouk and Moon, 2014). Συγκεκριμένα, από το 2019, μέσω GPPs, αξιοποιούνται περίπου 95 TWh ηλεκτρικής ενέργειας (Lund and Toth, 2021). Επίσης, η άμεση χρήση της γεωθερμικής ενέργειας έχει αυξηθεί κατά 8% τα τελευταία χρόνια όπου η θέρμανση χώρων κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της ενέργειας (Lund and Toth, 2021). Ωστόσο, συγκεκριμένα μόνο μέρη στη γη προσφέρουν τη δυνατότητα εξόρυξης γεωθερμικής ενέργειας παρά το γεγονός ότι είναι συνεχώς διαθέσιμη. Κάποιες από τις χώρες στις οποίες έχουν εγκατασταθεί πρόσφατα GPPs είναι η Τουρκία, η Κένυα και η Ινδονησία (Aghahosseini and Breyer, 2020; Moya et al., 2018).

6.1.1 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου

Βάσει αποτελεσμάτων από συγκεκριμένες έρευνες και μελέτες, στα απόβλητα των GPPs εμφανίζονται αρκετά αέρια θερμοκηπίου, για παράδειγμα CH₄, H₂S και CO₂ (Sondakh, 2022; Ungemach and Andritsos, 2019). Μέσω των GPPs, παράγονται κατά προσέγγιση 380–1045kg CO₂ eq/MWh τα οποία έχουν καθοριστική συμβολή στην υπερθέρμανση του πλανήτη (Hadiyanto et al., 2022; Paulillo et al., 2020). Επίσης παρατηρείται οξίνιση του περιβάλλοντος καθώς η παραγωγή των GPPs κυμαίνεται στα 0,1–44,8 kg SO₂ eq/MWh (Zuffi et al., 2022). Ακόμη, πρέπει να τονιστεί η συμβολή των GPPs στην τοξικότητα που σχετίζεται με τον ανθρώπινο παράγοντα και υπολογίζεται στα 1,1–31,6 kg 1,4 dichlorobenzene (DB) eq/MWh (Li et al., 2023). Επίσης, σε ορισμένους GPPs έχουν εντοπιστεί ίχνη αρσενικού, χρωμίου, υδράργυρου, σεληνίου και αντιμονίου (Soltani et al., 2021). Το εύρος του δυναμικού υπερθέρμανσης του πλανήτη για τους GPPs είναι περίπου 380–1045kg CO₂ eq/MWh με μέσο όρο 693kg CO₂ eq/MWh. Ωστόσο, οι μέσες τιμές στην περίπτωση των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με φυσικό αέριο και άνθρακα είναι 640 και 1068kg CO₂ eq/MWh, αντίστοιχα (Hertwich et al., 2016).

Υπάρχει στενή συσχέτιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων με την τεχνολογία γεώτρησης, καθώς και με τη διάρκεια χρήσης της. Ανάλογα με την τοποθεσία, οι ιδιότητες του υπεδάφους είναι διαφορετικές. Συνεπώς, κάθε τοποθεσία έχει διαφορετικό χρόνο διάτρησης και βάθος. Επίσης, μία άλλη ανησυχία είναι ο κίνδυνος σχετικά με τη σεισμικότητα. Αναφέρεται ότι, μετά από έξι ημέρες υδραυλικής διέγερσης σε προγραμματισμένους GPPs στη Βασιλεία, παρατηρήθηκαν σεισμικά φαινόμενα μεγέθους 3,4 Ρίχτερ. Συνιστάται η γεώτρηση με πιο φιλικούς για το περιβάλλον τρόπους αντί για γεώτρηση με βάση το ντίζελ. Ο αριθμός των πρόσθετων γεωτρήσεων θα πρέπει να καθοριστεί πριν από την εγκατάσταση, έτσι ώστε οι εκπομπές να μετριάζονται με βιώσιμη παραγωγή ενέργειας. Μήκη γεωτρήσεων έως 90km δημιουργούν λιγότερες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις (Menberg et al., 2016).

6.1.2 Οξίνιση και τοξικότητα

Οι επιπτώσεις της οξίνισης που προκαλούνται από τους GPPs είναι ανησυχητικές. Όσον αφορά το δυναμικό τοξικότητας στον άνθρωπο, η μέση τιμή για ένα GPP είναι 5,9 kg 1,4 DB eq/MWh (Zuffi et al., 2022; Paulillo et al., 2020). Συμπληρωματικά, το

μέσο δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας για σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής που εξαρτώνται από φυσικό αέριο και άνθρακα είναι 69,4 kg και 87,1 kg 1,4 DB eq/MWh, αντίστοιχα (Bayer et al., 2013).

Διάφορες τοξικές ουσίες, για παράδειγμα το αρσενικό και το αντιμόνιο που είναι επιβλαβείς για την ανθρώπινη υγεία υπάρχουν στο γεωθερμικό νερό. Για την απομάκρυνση του αρσενικού από το γεωθερμικό νερό, χρησιμοποιείται η μέθοδος μαγνητικού διαχωρισμού υψηλής βαθμίδας. Με διάμετρο 50μm, σιδηρομαγνητικά σύρματα χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ενός μαγνήτη με βάση Bi-2223 που έχει εξωτερική και εσωτερική διάμετρο 306mm και 240mm, αντίστοιχα (Yoshizuka and Nishihama, 2016; Liu et al., 2021). Το πηνίο έχει ύψος 352mm με αυτεπαγωγή 1,6H. Το πηνίο χρειάζεται 1 λεπτό για να φτάσει τους 1,7 T ενώ λειτουργεί στα 180A. Ένας κρυστούκτης χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας στους 20 K (-253,15 °C) (Yoshizuka and Nishihama, 2016; Okada et al., 2004; Liu et al., 2021). Τρεις διαφορετικές μέθοδοι προεπεξεργασίας υιοθετούνται για τον διαχωρισμό του αρσενικού. Περίπου το 40% του αρσενικού αφαιρείται μετά τον μαγνητικό διαχωρισμό. Επιπλέον, αναλύεται η επίδραση των σιδηρομαγνητικών σωματιδίων και των σωματιδίων α-αιματίτη στην απομάκρυνση του αρσενικού. Μετά τη λήψη πέντε δειγμάτων για κάθε περίπτωση, παρατηρείται ότι το 99,9% των σωματιδίων αφαιρείται και στις δύο περιπτώσεις (Al Radi et al., 2022). Ως εκ τούτου, αυτή η μέθοδος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση του γεωθερμικού νερού ώστε να μην ρυπαίνει το περιβάλλον. Επιπλέον, αυτό το νερό μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί σε χωράφια (Yoshizuka and Nishihama, 2016).

6.2 Γεωθερμική ενέργεια και Υγεία

Αν και η γεωθερμική ενέργεια θεωρείται γενικά καθαρή και βιώσιμη πηγή ενέργειας, η γεωθερμική βιομηχανική ανάπτυξη έχει αντίκτυπο τόσο στο περιβάλλον όσο και στην ανθρώπινη υγεία. Μεταξύ άλλων επιπτώσεων, τα παραγόμενα γεωθερμικά υγρά μπορεί να περιέχουν ρυπογόνα στοιχεία και σε περίπτωση που δεν περιορίζονται πλήρως και δεν υποβάλλονται σε επεξεργασία, ενδέχεται να μην αποφευχθεί η επαφή με τον αέρα, το νερό και το έδαφος. Οι πιθανές εκπομπές στον αέρα περιλαμβάνουν διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), υδρόθειο (H₂S), υδρογόνο, αμμωνία και μεθάνιο, ραδόνιο (Rn), πτητικά μέταλλα, πυριτικά άλατα, ανθρακικά,

θειούχα και θειικά άλατα μετάλλων και ίχνη υδραργύρου (Hg), αρσενικό (As), αντιμόνιο, σελήνιο και χρώμιο (Bustaffa et al., 2020). Οι πιθανοί ρυπαντές στο γεωθερμικό νερό περιλαμβάνουν χλωρίδια και σουλφίδια ή μέταλλα. Στα υγρά που περιέχουν μη συμπυκνωμένα αέρια, το CO₂ είναι το πιο άφθονο και η εκπομπή του από ορισμένες μονάδες γεωθερμικής ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι αμελητέα (Bustaffa et al., 2020).

Ωστόσο, η εκπομπή H₂S είναι η μόνη που πιθανώς προκαλεί τη μεγαλύτερη ανησυχία για την ανθρώπινη υγεία λόγω της δυσάρεστης μυρωδιάς και της τοξικότητάς της σε μέτριες συγκεντρώσεις. Στην πραγματικότητα, περίπου το 90% του συνολικού εκπεμπόμενου H₂S προέρχεται από φυσικές πηγές, όπως βάλτους, θειούχες πηγές και ηφαίστεια, αν και μπορεί επίσης να απελευθερωθεί από ανθρωπογενείς διεργασίες, όπως αυτές που εντοπίζονται στο φυσικό αέριο, σε πετροχημικές και στις γεωθερμικές εγκαταστάσεις, σε δημοτικές αποχετεύσεις και σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων καθώς και στη βυρσοδεψεία (Bustaffa et al., 2020).

Η διερεύνηση των προβλημάτων υγείας που προκύπτουν από τη χρήση γεωθερμικών ρευστών έχει ξεκινήσει μετά από μια δημοσίευση το 1981 από την Ομάδα Εργασίας του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ) σχετικά με τα περιβαλλοντικά κριτήρια υγείας για το υδρόθειο, που αναφέρει ότι θα πρέπει να ξεκινήσουν μελέτες μεταξύ του συνόλου του πληθυσμού σε μια γεωθερμική περιοχή, εκμεταλλευόμενοι τις φυσικές συνθήκες που παρέχονται (Bustaffa et al., 2020).

Μια αναφορά για το εργοστάσιο ηλεκτροπαραγωγής Olkaria στην Κένυα αποκαλύπτει ότι η γειτονική κοινότητα των Μασάι επηρεάζεται αρνητικά από το εργοστάσιο γεωθερμίας. Λόγω της έλλειψης ειδικευμένων εργαζομένων, πολλοί αλλοδαποί εργαζόμενοι προσλαμβάνονται για να εγκαταστήσουν, να λειτουργήσουν και να παροπλίσουν αυτές τις εγκαταστάσεις. Η επέκταση αυτών των εγκαταστάσεων θα απαιτήσει περισσότερους ειδικευμένους εργάτες να εγκατασταθούν σε περιοχές όπου κατοικούνται ήδη από αυτόχθονες ιθαγενείς (Rotich et al., 2024). Επίσης η σκόνη και η μυρωδιά επηρεάζουν αρνητικά τους κατοίκους καθώς δημιουργούν αναπνευστικές ασθένειες, προβλήματα όρασης, γρίπη και κρυολογήματα (Schade, 2017). Επίσης λόγω των υψηλών απαιτήσεων εκτάσεων γης, οι γηγενείς κάτοικοι

αναγκαστικά θα πρέπει να εγκατασταθούν σε διαφορετικά μέρη (Damberg, 2021; Renkens, 2019).

Παρά τις αρνητικές επιπτώσεις, το ενδιαφέρον για τη γεωθερμική ενέργεια έχει αυξηθεί σε όλο τον κόσμο, καθώς η γεωθερμία είναι μια ανανεώσιμη πηγή που πρέπει να χρησιμοποιηθεί για τη μετάβαση από ένα κεντρικό σύστημα με ορυκτά καύσιμα σε ένα πιο κατανομημένο σύστημα χωρίς ορυκτά. Στο τελευταίο Παγκόσμιο Συνέδριο Γεωθερμίας το 2015, αναφέρθηκε ότι 83 χώρες χρησιμοποιούν τη γεωθερμική ενέργεια για θερμικές χρήσεις και 26 χώρες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Kabeyi and Olanrewaju, 2022). Η γεωθερμική ενέργεια παράγει παγκοσμίως 73,7 TWh (Terawatthours) ηλεκτρικής ενέργειας με 12,7 GWe (Gigawatt ηλεκτρικής ενέργειας), εγκατεστημένης ισχύος και 164,6 TWh θερμότητας με εγκατεστημένη ισχύ 70,9 GWth (Gigawatt θερμικής ενέργειας) συνεισφέροντας το 0,1% της παγκόσμιας προσφοράς πρωτογενούς ενέργειας και το 2% της συνολικής παγκόσμιας ζήτησης για θερμότητα το 2008 (Kabeyi and Olanrewaju, 2022).

Στο πλαίσιο αυτό, το ζήτημα της μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της παραδοσιακής παραγωγής ενέργειας είναι κρίσιμο. Οι δεσμεύσεις προς αυτή την κατεύθυνση επιβεβαιώθηκαν στην 21η Συνάντηση της Διάσκεψης των Μερών της Σύμβασης Πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή στο Παρίσι το 2015 (Kabeyi and Olanrewaju, 2022). Επιπλέον, η Ευρωπαϊκή Ένωση εισήγαγε νομικά δεσμευτικά μέτρα για τη στήριξη της προόδου, στο πλαίσιο της θέσπισης μέτρων για το κλίμα και την ενέργεια με προσανατολισμό το έτος 2030. Μέχρι το 2050, η γεωθερμική παραγωγή εκτιμάται ότι θα αντιπροσωπεύει το 3% της παγκόσμιας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και το 5% της παγκόσμιας ζήτησης για θέρμανση και ψύξη (Kabeyi and Olanrewaju, 2022). Μόνο στην Ευρώπη, η γεωθερμική αγορά θα έχει μια τάση διπλασιασμού της εγκατεστημένης ισχύος για γεωθερμική ηλεκτρική ενέργεια μεταξύ 2010 και 2020, από συνολικά 816 σε 1627 MWe σε 14 χώρες, και πενταπλάσια τάση για την παραγωγή γεωθερμικής θερμότητας, από 568 ktoe (χιλιάδες τόνους ορυκτού πετρελαίου για ισοδύναμη παραγωγή ενέργειας) σε 2630 ktoe σε 21 χώρες την ίδια περίοδο (Kabeyi and Olanrewaju, 2022).

Κεφάλαιο 7: Άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

7.1 Άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και Περιβάλλον

Ο ωκεανός καλύπτει το 70,8% της επιφάνειας της Γης, με συνολική έκταση περίπου 360 εκατομμύρια km² (κυβικά χιλιόμετρα). Διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας του περιβάλλοντος στη Γη. Επίσης, ο ωκεανός περιέχει πολλούς πόρους, π.χ. ορυκτά, βιολογικά υλικά, νερό και πηγές προς εκμετάλλευση για ΑΠΕ. Επιπλέον, υπάρχουν πολλοί άγνωστοι οργανισμοί και ουσίες στον ωκεανό. Όλα αυτά χρειάζονται εξερεύνηση και ενδεδειγμένη έρευνα (Wang et al, 2020).

Η ενέργεια των ωκεανών (παλιρροιακή ενέργεια, θερμική ενέργεια ωκεανών) και άλλες μορφές ενέργειας (αιολική ενέργεια, ηλιακή ενέργεια στην επιφάνεια του ωκεανού κ.λπ.) είναι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με τεράστιες δυνατότητες αποθήκευσης ενέργειας (Wang et al., 2020).

7.1.1 Παραγωγή ενέργεια στους ωκεανούς

Ενώ οι ωκεανοί έχουν το μεγαλύτερο δυναμικό, οι ΑΠΕ με βάση τους ωκεανούς έχουν τη μικρότερη εγκατεστημένη ισχύ σε όλο τον κόσμο. Η ενέργεια των ωκεανών είναι πάντα διαθέσιμη και κυρίως προβλέψιμη. Από το 2019, η συνολική λειτουργική ικανότητα των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με βάση τους ωκεανούς είναι 535 MW. Τρεις πιο αξιοσημείωτες τεχνικές αξιοποίησης της ωκεάνιας ενέργειας είναι το ωκεάνιο κύμα, το ωκεάνιο ρεύμα και η ωκεάνια θερμική ενέργεια (Wang et al., 2020).

Για την αξιοποίηση της ενέργειας από τα ωκεάνια κύματα, χρησιμοποιούνται συνήθως ηλεκτροστατικές, ηλεκτρομαγνητικές και πιεζοηλεκτρικές τεχνολογίες (Matin Nazar et al., 2021). Οι συσκευές σύλληψης ωκεάνιας κυματικής ενέργειας (Offshore Wind Energy - OWE) παραμένουν είτε πλήρως βυθισμένες, μερικώς βυθισμένες είτε επιπλέουν. Η παρουσία οποιουδήποτε ξένου στοιχείου στον ωκεανό μπορεί να είναι επικίνδυνη για το περιβάλλον. Επιπλέον υπάρχει ανησυχία για τις επιπτώσεις της τεράστιας ποσότητας πλαστικών στον ωκεανό. Η παρουσία συσκευών ενέργειας ωκεάνιων κυμάτων μπορεί να επιδεινώσει την κατάσταση (Mariello et al., 2021; Jiang & Wang, 2023).

Σχετικά με τις συσκευές εξαγωγής OWE, η εγκατάσταση και παρουσία τους στον ωκεανό μπορεί να επηρεάσει την πανίδα τόσο κάτω όσο και πάνω από τη στάθμη του νερού. Πάνω από το επίπεδο της θάλασσας, επηρεάζονται διάφορα αποδημητικά πτηνά ή θαλάσσια πτηνά λόγω της παρουσίας αυτών των συσκευών. Επιπλέον, οι συσκευές στην επιφάνεια του ωκεανού, όπως το Wave Dragon ή το Relamis, καταλαμβάνουν σημαντικό χώρο που δημιουργεί ένα εμπόδιο στην πορεία πολλών αποδημητικών οργανισμών (McCluskie et al., 2012). Οι συσκευές εκβολών ποταμών και ακτών είναι αδιάβατες και ακίνητες, γεγονός που εμποδίζει επίσης τη μεταναστευτική διαδρομή. Κάτω από το επίπεδο της θάλασσας χρησιμοποιούνται πολλά αντικείμενα όπως ρότορες, σημαδούρες, σωλήνες υπό πίεση, ηλεκτρικά καλώδια, άγκυρες κ.λπ. Πολλές συσκευές απαιτούν μεγάλους σωλήνες που είναι εγκαταστημένοι σε μεγάλο βάθος. Αυτό θα ενοχλήσει τους υποβρύχιους θαλάσσιους οργανισμούς. Οι συσκευές ταλάντωσης εγκαθίστανται σε ενδιαιτήματα που καλύπτονται με άμμο. Οι ρότορες που κινούνται με μεγάλη ταχύτητα σε οριζόντιο άξονα μπορεί να είναι επικίνδυνοι για ορισμένα ψάρια, θαλάσσια θηλαστικά και καταδυτικά πουλιά (Burdon, 2009). Ορισμένες συσκευές εξαγωγής κυματικής ενέργειας έχουν δομή διχτυού που μπορεί να εμπλέξει τα κοντινά είδη ψαριών (Copping et al., 2020). Οι διαδικασίες συντήρησης και ανακύκλωσης αυτών των συσκευών είναι δύσκολες (Tiron et al., 2015). Εάν εγκατασταθούν συσκευές εξαγωγής OWE σε μέρη όπου δεν ζούσε κανένας ζωντανός οργανισμός προηγουμένως, τότε η παρουσία αυτών των συσκευών θα γίνει στήριγμα για ορισμένα είδη και ο τόπος θα μετατραπεί σε βιώσιμο βιότοπο (Frid et al., 2012; Harding, 2016).

7.1.1.1 Χημικές επιδράσεις

Κατά τη διάρκεια των διαδικασιών εγκατάστασης, συντήρησης και παροπλισμού, υπάρχουν πάντα κίνδυνοι που συνδέονται με τη λειτουργία υδρόβιων σκαφών. Σε συσκευές που ενσωματώνονται υδραυλικά υγρά, υπάρχει πιθανότητα ανεπιθύμητης διαρροής. Αυτά τα υγρά είναι επικίνδυνα για τα υδρόβια πλάσματα. Τα αντιρυπαντικά χρώματα χρησιμοποιούνται για τη μείωση της σχετικής ρύπανσης που είναι επιζήμια για την υδρόβια ζωή. Τοξικό υλικό όπως η αμμωνία μπορεί να διαρρεύσει από τη συσκευή, το οποίο μπορεί να υποβαθμίσει περαιτέρω τον υδάτινο

βιότοπο (Copping et al., 2011). Αυξημένες ποσότητες θρεπτικών ουσιών που απορρίπτονται θα μπορούσαν να προκαλέσουν ευτροφισμό ορισμένων περιοχών. Επιπλέον, το θαλασσινό νερό που αλληλοεπιδρά με μεταλλικές εγκαταστάσεις μπορεί να προκαλέσει τοξικότητα στις κοντινές περιοχές (Bayoumi et al., 2010).

7.1.1.2 Ακουστικά εφέ

Το ακουστικό περιβάλλον είναι απαραίτητο για τα πλάσματα των ωκεανών, ειδικά για την επικοινωνία μεταξύ τους. Χωρίς κατάλληλο ακουστικό περιβάλλον, η αίσθηση του θηράματος ή του θηρευτή, ο προσανατολισμός και η αναπαραγωγή εμποδίζονται. Κατά τη φάση εγκατάστασης αυτών των συσκευών, παρατηρείται μεγάλη αύξηση ακουστικού θορύβου. Οι κύριες πηγές θορύβου είναι η σεισμική ανάλυση πριν από την εγκατάσταση, οι δραστηριότητες του σκάφους και ο θόρυβος που σχετίζεται με την κατασκευή. Αν και ο θόρυβος που δημιουργείται σε αυτές τις περιπτώσεις είναι υψηλής έντασης, εμφανίζεται μόνο για μικρό χρονικό διάστημα. Κατά τη διάρκεια της περιόδου λειτουργίας, οι συσκευές με επιφανειακά κινούμενα μέρη, όπως υδροηλεκτρικά αεροπλάνα ή υδροστρόβιλοι δημιουργούν τον μεγαλύτερο θόρυβο. Η έρευνα δείχνει ότι ο υποβρύχιος θόρυβος επηρεάζει τα ψάρια και τα θαλάσσια θηλαστικά. Τα θαλάσσια θηλαστικά τείνουν να απομακρύνονται από χώρους κατασκευής λόγω του ενοχλητικού θορύβου. Ωστόσο, μετά το τέλος των θορύβων, επιστρέφουν. Αυτό το πρόβλημα είναι αμελητέο εάν ο θόρυβος εμφανίζεται για μικρό χρονικό διάστημα (Bonar et al., 2015). Ωστόσο, μπορεί να αποδειχθεί σοβαρό θέμα για μεγάλης κλίμακας κατασκευές στροβίλων, καθώς αυτές οι κατασκευές απαιτούν μεγάλο χρονικό διάστημα για να ολοκληρωθούν (Farr et al., 2021).

7.1.1.3 Θαλάσσια είδη

Η εμφάνιση συσκευών εξαγωγής κυματικής ενέργειας προσελκύει διάφορα αρπακτικά ψάρια. Αυτό θα αυξήσει το ποσοστό θνησιμότητας των πρώην θαλάσσιων οργανισμών αλλά και των νεότερων ειδών που εμφανίζονται (Martínez et al., 2021). Αυτές οι συσκευές θα επηρεάσουν τα καταδυτικά πουλιά (McLachlan, 2017).

7.1.2 Παλιρροιακή ενέργεια

Η παλιρροιακή ενέργεια είναι μια από τις πιο αξιόλογες ΑΠΕ. Χρησιμοποιεί την άνοδο και την πτώση του νερού, την πλημμυρίδα και άμπωτη. Σε αντίθεση με την ηλιακή

και την αιολική ενέργεια, η παλιρροιακή ενέργεια μπορεί εύκολα να προβλεφθεί. Ωστόσο, πολύ λίγες τοποθεσίες επιδεικνύουν πολλές υποσχόμενες δυνατότητες για παλιρροϊκή ενέργεια, κάτι που είναι ένα μεγάλο μειονέκτημα (Boehlert and Gill, 2010). Παρόμοια με άλλες ΑΠΕ, η παλιρροιακή ενέργεια δεν είναι απαλλαγμένη από περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Shields et al., 2011).

7.1.2.1. Επίδραση στη ροή του νερού

Η εξαγωγή της ενέργειας από το παλιρροϊκό ρεύμα θα μειώσει σίγουρα την ταχύτητα του ρεύματος και σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να αλλάξει την κατεύθυνση της ροής. Επιπλέον, η μείωση της ταχύτητας του νερού θα εμποδίσει την εναπόθεση σωματιδίων που θα επηρεάσουν την περιοχή και θα αλλάξουν τη στάθμη του νερού. Για να μετριαστεί αυτό το πρόβλημα, συνιστάται η εξαγωγή περίπου 10-20% της ενέργειας από την κινητική ροή. Ωστόσο, η ενέργεια από την κινητική ροή είναι μόνο ένα μέρος της συνολικής διαθέσιμης παλιρροιακής ενέργειας. Ως εκ τούτου, πρέπει να ληφθούν μέτρα ώστε η ροή του νερού να μην μειωθεί κάτω από την προκαθορισμένη ταχύτητα (Ramos et al., 2013).

Παρόμοια παρατήρηση γίνεται στους Ramos et al. (2013) όπου η μεταβολή της στάθμης του νερού είναι περίπου 0,025 m κατά την άμπωτη. Οι ταχύτητες ροής μειώνονται και η ταχύτητα στο πλάι των στροβίλων αυξάνεται. Η μέγιστη αλλαγή στην ταχύτητα είναι $0,25 \text{ ms}^{-1}$ κατά τη διάρκεια της πλημμύρας. Οι διαταραχές μπορούν εύκολα να παρατηρηθούν σε απόσταση 1,7 km από τη διάταξη του στροβίλου. Η ενεργειακή πυκνότητα αυξάνεται από 12% σε 21% λόγω αυτών των αλλαγών (Ramos et al., 2013).

Οι επιδράσεις στα αιωρούμενα ιζήματα μελετώνται περαιτέρω στους Li et al. (2020) όπου τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η μεταφορά αυτών των ιζημάτων εξαρτάται από το μέγεθος των κόκκων. Ωστόσο, γίνεται αναφορά ότι απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την πλήρη κατανόηση αυτού του αντίκτυπου. Η ενέργεια των παλιρροϊκών ροών βρίσκεται ακόμη στο αρχικό στάδιο αναπτυξής της. Χρειάζεται περισσότερη έρευνα για την πλήρη κατανόηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Li et al., 2020).

7.1.2.2. Συμπεριφορά ψαριών

Η συμπεριφορά των ψαριών αλλάζει λόγω της παρουσίας τουρμπίνας παλιρροιακού ρεύματος και μονάδας ελέγχου παρακολούθησης καιρού. Λόγω της ύπαρξης

συσκευών εξαγωγής ενέργειας, το ποσοστό εμφάνισης κοπαδιών αυξάνεται κατά 73,6%. Τα περιστατικά εντοπίζονται κυρίως κατά τη διάρκεια της νύχτας και κατά τις φάσεις πλημμύρας. Αυτά τα κοπάδια βρίσκονται στο κάτω μέρος της στάθμης του νερού κατά τη φάση της πλημμύρας. Η μέση απόσταση των κοπαδιών ψαριών από τον βυθό είναι 18,56 m για τη συσκευή εξαγωγής ενέργειας και 20,64 m για τη μονάδα ελέγχου. Κοντά στη μονάδα ελέγχου, η μέση απόσταση αυξάνεται κατά τη διάρκεια της νύχτας. Αντιθέτως, η μέση απόσταση αυξάνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας παρουσία της συσκευής εξαγωγής ενέργειας. Μεγάλες ποσότητες κοπαδιών ψαριών παρατηρούνται κατά τη διάρκεια της ροής μετά τη φάση της πλημμύρας κοντά στη συσκευή εξαγωγής ενέργειας. Ωστόσο, εντοπίζονται μικρές διαφορές μεταξύ των φάσεων πλημμύρας και άμπωτης κοντά στη μονάδα ελέγχου (Fraser et al., 2018).

7.1.2.3 Επίδραση στους υδρόβιους οικοτόπους

Οι κινήσεις που σχετίζονται με τους ρότορες μπορεί να δημιουργήσουν αναταράξεις, δίνες, καθίζηση και θολότητα στο νερό. Αυτά τα προβλήματα σίγουρα θα επηρεάσουν τους ζωντανούς οργανισμούς σε αυτήν την περιοχή καθώς και τον βιότοπό τους. Επιπλέον, η σκιά των συσκευών μπορεί να παρερμηνευτεί από τα κοντινά πουλιά ως κοπάδια ψαριών. Μπορεί να συμβεί σύγκρουση με τον περιστρεφόμενο ρότορα και άλλους ζωντανούς οργανισμούς που θα αυξήσει το ποσοστό θνησιμότητας. Ωστόσο, η έρευνα αποκαλύπτει ότι τα κοντινά ψάρια και άλλα υδρόβια πλάσματα μπορούν εύκολα να αισθανθούν τις κλίσεις πίεσης που προκαλούνται από τις συσκευές (Smyth and Elliott, 2014). Επίσης, η δομή που υποστηρίζει τον ρότορα διαταράζει τη φυσική ροή του νερού και τελικά μειώνει την ταχυτητά του. Μπορεί επίσης να δημιουργήσει αφυπνίσεις, δίνες, αναταράξεις και συσσώρευση ιζημάτων. Εάν αυτά τα φαινόμενα συνεχίσουν για μεγάλο χρονικό διάστημα, τότε θα αλλάξει η μορφολογία του βιότοπου (Li et al., 2020).

Τα παλιρροϊκά φράγματα μπορούν να μειώσουν το παλιρροιακό εύρος κατά προσέγγιση έως και 60%. Εάν το παλιρροιακό εύρος μειωθεί, τότε η άνω παλιρροιακή ζώνη θα στεγνώσει μόνιμα ενώ η κάτω παλιρροιακή ζώνη θα είναι πάντα βυθισμένη. Αυτό θα αλλάξει τον ενδοπαλιρροιακό βιότοπο. Επιπλέον, η παρεμπόδιση της ροής των παλιρροϊκών ρευμάτων μπορεί να αλλάξει τη θολότητα και την αλατότητα του

νερού, κάτι που θα μπορούσε να είναι επιβλαβές για τα ψάρια που διαβιούν σε κοντινές αποστάσεις, τα πουλιά και άλλους ζωντανούς οργανισμούς (Meletiou et al., 2019). Επίσης μπορεί να επηρεαστούν τα πτηνά των εκβολών που εξαρτώνται από αλμυρά έλη που αναπτύσσονται κοντά στους λασπότοπους των μεσοπαλιρροϊκών οικότοπων (Vella et al., 2001).

7.2 Παραδείγματα Εφαρμογών

7.2.1 Γεννήτριες παλιρροϊκών ρευμάτων

Χρησιμοποιώντας την κινητική ενέργεια του ρέοντος νερού, οι τουρμπίνες παλιρροϊακού ρεύματος παράγουν ισχύ με παρόμοιο τρόπο όπως οι ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούν την κινητική ενέργεια του ανέμου. Σε αντίθεση με άλλες ΑΠΕ που καταλαμβάνουν φυσικό έδαφος, οι γεννήτριες παλιρροϊκών ρευμάτων είτε ενσωματώνονται σε υπάρχουσες γέφυρες είτε βυθίζονται πλήρως. Η υψηλή ταχύτητα του νερού εντοπίζεται συχνά στις εισόδους και τα στενά που είναι πιθανές θέσεις για την τοποθέτηση παλιρροϊκών στροβίλων. Αυτές οι τουρμπίνες τοποθετούνται είτε οριζόντια είτε κάθετα. Η ενέργεια που εξάγεται από τα παλιρροϊκά ρεύματα είναι υψηλότερη από τον άνεμο, καθώς το νερό είναι 784 φορές πιο πυκνό από τον αέρα (Neill et al., 2021).

7.2.2 Παλιρροϊκοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής

Κοντά στις εκβολές ποταμών και κατά μήκος του ωκεανού, κατασκευάζονται μικρά φράγματα για την αποθήκευση νερού κατά τις φάσεις πλημμύρας. Αυτά τα νερά απελευθερώνονται μέσω μιας τουρμπίνας. Αυτή η τεχνολογία είναι ευρέως γνωστή ως παλιρροϊκό φράγμα. Απαιτούνται τουλάχιστον 5 μέτρα διαφοράς στάθμης νερού ή παλιρροϊκού εύρους για βιώσιμη λειτουργία, επομένως, μόνο 40 τοποθεσίες σε όλο τον κόσμο είναι κατάλληλες για την εγκατάσταση παλιρροϊκών φραγμάτων (Khan et al., 2017). Οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής Sihwa στη Νότιο Κορέα και La Rance στη Γαλλία είναι τα μεγαλύτερα παλιρροϊκά φράγματα και μπορούν να παράγουν 254 MW και 240 MW, αντίστοιχα (Joshi et al., 2013). Παρά το μεγάλο δυναμικό, η ανάπτυξη παλιρροϊκών φραγμάτων είναι επί του παρόντος περιορισμένη λόγω των υψηλών αρχικών επενδύσεων, του παρατεταμένου χρόνου κατασκευής και ορισμένων περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Warman et al., 2015).

Κεφάλαιο 8: Ο ρόλος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ανάπτυξη

8.1 Τα οφέλη στην Περιβαλλοντική Υγεία

Η ενέργεια έχει διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της ανθρώπινης κοινωνίας. Ωστόσο, οι αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες έχουν απαιτήσει την εντατική συλλογή και καύση ορυκτών καυσίμων, τα οποία έχουν σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Αφενός, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και άλλων αερίων του θερμοκηπίου (GHGs) (όπως το μεθάνιο, το υποξείδιο του αζώτου, οι υδροχλωροφθοράνθρακες και οι εκπομπές υδροφθοράνθρακα) συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή, η οποία είναι υπεύθυνη για μεγάλους κινδύνους στην υγεία (Holdren and Smith, 2000). Το ενεργειακό σύστημα, συμπεριλαμβανομένων των μεταφορών, είναι υπεύθυνο για σχεδόν τα δύο τρίτα των εκπομπών GHGs παγκοσμίως. Η κλιματική αλλαγή έχει ταξινομηθεί ως η μεγαλύτερη ιστορική αποτυχία της αγοράς και ως η «μεγαλύτερη παγκόσμια απειλή για την υγεία του 21ου αιώνα» (Wilkinson et al., 2007). Κατά συνέπεια, ένας μεγάλος αριθμός χωρών έχει εφαρμόσει μέτρα για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής.

Ειδικά σε χώρες χαμηλού εισοδήματος, οι ρύποι που δεν αλλοιώνουν το CO₂, ονομάζονται «παραδοσιακοί ατμοσφαιρικοί ρύποι» π.χ. όζον (O₃), διοξείδιο του θείου (SO₂), οξείδιο του αζώτου (NO_x), διοξείδιο του αζώτου (NO₂), σωματίδια (PM) και βενζόλιο, οι οποίοι βλάπτουν άμεσα την ανθρώπινη υγεία (Cifuentes et al., 2001). Επίσης, άλλα προβλήματα υγείας συνδέονται με κινδύνους σε συγκεκριμένα επαγγέλματα. Για παράδειγμα, η υπεράκτια γεώτρηση πετρελαίου και η εξόρυξη άνθρακα είναι μερικά από τα επαγγέλματα με τον υψηλότερο κίνδυνο (Smith et al., 2013).

Οι αρνητικές επιπτώσεις της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτουν κυρίως από την καύση μη ανανεώσιμων ή ορυκτών πηγών. Η έντονη ρύπανση που προκύπτει από τη χρήση τους επηρεάζει σοβαρά την ανθρώπινη υγεία. Ως εκ τούτου, οι προσπάθειες για τη μείωση των εκπομπών είναι ζωτικής σημασίας. Στον ενεργειακό τομέα, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η ενεργειακή απόδοση φαίνεται να είναι οι πιο πολλά υποσχόμενοι παράγοντες για την επίτευξη του στόχου της μείωσης των

εκπομπών. Αυτές οι πηγές δεν έχουν επιβλαβείς εκπομπές ή εάν ληφθεί υπόψη ο πλήρης κύκλος ζωής, έχουν λιγότερες εκπομπές από τα παραδοσιακά ορυκτά καύσιμα (Shahsavari and Akbari, 2018). Ως εκ τούτου, η χρήση ΑΠΕ μπορεί να συμβάλει σε σημαντική μείωση των εκπομπών και κατά συνέπεια σε δραστική μείωση των βλαβών για την υγεία που συνδέονται με τη ρύπανση όπως αναπνευστικά προβλήματα (άσθμα, οξείες αναπνευστικές λοιμώξεις, χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια), καρδιακές παθήσεις, οφθαλμικούς ερεθισμούς καθώς και καρκίνο του πνεύμονα.

Πιο συγκεκριμένα, οι ατμοσφαιρικοί ρύποι όπως το διοξείδιο του θείου και τα λεπτά αιωρούμενα σωματίδια ($PM_{2,5}$) επιδεινώνουν τα συμπτώματα άσθματος από την καύση ορυκτών καυσίμων (WHO, 2018). Επίσης η μακροχρόνια έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια από εκπομπές οχημάτων αυξάνει δραματικά τον κίνδυνο για χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια. Επιπροσθέτως, οι εκπομπές ορυκτών καυσίμων έχουν καθοριστική συμβολή σε καρδιαγγειακές παθήσεις όπως τα εγκεφαλικά, η υπέρταση και οι καρδιακές προσβολές λόγω των φλεγμονωδών επιδράσεων των λεπτών σωματιδίων (Brook et al., 2010). Ακόμη, η έκθεση στον υδράργυρο από την καύση άνθρακα και τον μόλυβδο από τα πρόσθετα της βενζίνης έχουν αρνητική επιρροή στη λειτουργία του εγκεφάλου, ειδικότερα στα παιδιά (Grandjean et al., 2010). Η ατμοσφαιρική ρύπανση από ορυκτά καύσιμα είναι η κύρια αιτία προώρων θανάτων σε παγκόσμιο επίπεδο καθώς εθύνεται σε ετήσια βάση για εκατομμύρια θανάτους (Lelieveld et al., 2020). Η γνώση σχετικά με τα οφέλη για την υγεία από την αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με ΑΠΕ είναι επομένως απαραίτητη (Galimova et al., 2022).

Η προώθηση της πρόσβασης σε μη ρυπογόνα και βιώσιμη ενέργεια έχει ισχυρές δυνατότητες βελτίωσης της δημόσιας υγείας. Για τα προβλήματα υγείας που συνδέονται με την κακή ποιότητα του εσωτερικού αέρα, λόγω της καύσης παραδοσιακής βιομάζας και άνθρακα για μαγείρεμα και θέρμανση, όπως άσθμα και αλλεργίες, καρδιαγγειακά προβλήματα, νευρολογικές επιδράσεις, καρκίνος του πνεύμονα, ερεθισμοί επιφανειών του βλεννογόνου και λοιμώδη νοσήματα τα οποία είναι σοβαρά στις αναπτυσσόμενες χώρες, η αντικατάσταση αυτών των πηγών

ενέργειας για ηλεκτρική ενέργεια και η πρόσβαση σε καθαρή και αξιόπιστη ενέργεια είναι ζωτικής σημασίας (Dimantchev, 2018).

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οι κύριοι ρύποι είναι ο άνθρακας, ο λιγνίτης και το πετρέλαιο. Ο άνθρακας εκτιμήθηκε ότι ευθύνεται για το 44% των εκπομπών CO₂ που προέρχονται από τη διαδικασία της καύσης το 2012, ενώ το πετρέλαιο κατείχε μερίδιο της τάξεως του 35%. Οι επιπτώσεις του φυσικού αερίου ήταν μικρότερες (περίπου 20%), και ακόμη μικρότερες για την πυρηνική ενέργεια. Ωστόσο, αυτή η τελευταία επιλογή παραμένει αμφιλεγόμενη λόγω του κινδύνου ατυχημάτων, της πιθανότητας τρομοκρατικών επιθέσεων και των δυσκολιών διαχείρισης αποβλήτων (Yang et al., 2021). Επίσης, η καύση λιγνίτη είναι υπεύθυνη για περίπου 27 g/kWh εκπομπών SO₂, ενώ το πετρέλαιο και ο άνθρακας ευθύνονται για 14 g/kWh και 8 g/kWh, αντίστοιχα. Για τη βιομάζα, αυτή η τιμή είναι περίπου 3 g/kWh και το πρότυπο για τις εκπομπές PM_{2,5} είναι παρόμοιο (Fisher et al., 2010).

Η συνεκτίμηση όλων των οφελών ΑΠΕ, συμπεριλαμβανομένων των συνοφελών για την υγεία, μπορεί να υπερτερεί συγκριτικά με το κόστος και τα μειονεκτήματα. Η βιβλιογραφία για τα συνοφέλη για τις ΑΠΕ είναι περιορισμένη τις τελευταίες δεκαετίες (Guttikunda, 2008).

Τα έργα ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης θα μπορούσαν να έχουν οφέλη για την υγεία ύψους εκατομμυρίων δολαρίων ετησίως, σύμφωνα με μια μελέτη που δημοσιεύτηκε στο διαδίκτυο στο Nature Climate Change (Buonocore et al., 2016). Η αξία τέτοιων έργων ποικίλει σημαντικά ανάλογα με τον τύπο του έργου και την τοποθεσία τους (Buonocore et al., 2016).

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από πηγές ενέργειας χαμηλών εκπομπών άνθρακα και η μείωση της ζήτησης ενέργειας μειώνει την ανάγκη για παραγωγή ενέργειας από ορυκτά καύσιμα, μειώνοντας τις εκπομπές επιβλαβών αερίων όπως τα οξείδια του αζώτου, το διοξείδιο του θείου και το διοξείδιο του άνθρακα. Ο Δρ Jonathan Buonocore, Ερευνητικός Συνεργάτης στο Harvard και οι συνεργάτες του δημιούργησαν ένα εργαλείο αξιολόγησης για τον υπολογισμό των κερδών για τη δημόσια υγεία και το κλίμα από ένα έργο αιολικής και ηλιακής ενέργειας και δύο

στρατηγικές που στοχεύουν στη μείωση της χρήσης ενέργειας στον Μέσο Ατλαντικό και την Περιοχή Lower Great Lakes των Ηνωμένων Πολιτειών για το 2012 (Buonocore et al., 2016).

Η εφαρμογή τεχνολογιών ΕΕ/ΡΕ (Ενεργειακή Απόδοση και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας) μπορεί να εκτοπίσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, δημιουργώντας έτσι οφέλη για το κλίμα. Η ΕΕ/ΡΕ έχει επίσης σημαντικά «συν-πλεονεκτήματα» για τη δημόσια υγεία εκτοπίζοντας τις εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων, όπως το SO₂ και το NO_x, που επηρεάζουν τις συγκεντρώσεις στο περιβάλλον σημαντικών παραγόντων για τη δημόσια υγεία, όπως τα λεπτά σωματίδια (PM_{2.5}) (Sampedro et al., 2020). Τα οφέλη μπορεί να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των τύπων και τοποθεσιών ΕΕ/ΡΕ, γεγονός που καθιστά σημαντική την κατανόηση των παραγόντων μεταβλητότητας για αποφάσεις και αναλύσεις σχετικά με την ανάπτυξη και τη χωροθέτηση ΕΕ/ΡΕ, μαζί με τις ενεργειακές και περιβαλλοντικές πολιτικές (Zirotgiannis et al., 2020). Η ποσοτικοποίηση των οφελών για το κλίμα και τη δημόσια υγεία από τις προτάσεις ΕΕ/ΡΕ είναι πρόκληση επειδή οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (GHG), SO₂ και NO_x συμβάλλουν σημαντικά στις επιπτώσεις του περιβάλλοντος (Buonocore et al., 2016).

Επίσης έχει διαπιστωθεί ότι ενώ όλα τα ενεργειακά έργα χαμηλών εκπομπών άνθρακα μείωσαν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, τα αποτελέσματα διέφεραν δραματικά ανάλογα με την τοποθεσία. Για παράδειγμα, μια αιολική εγκατάσταση κοντά στο Σινσινάτι στις Η.Π.Α, ήταν δύο φορές πιο ωφέλιμη από μία στη Βιρτζίνια, κυρίως λόγω της υψηλότερης πυκνότητας πληθυσμού στο Σινσινάτι και της μεγαλύτερης μείωσης της ηλεκτρικής ενέργειας με καύση άνθρακα, μεγεθύνοντας τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία (Buonocore et al., 2016). Εν τω μεταξύ, μια ηλιακή εγκατάσταση κοντά στο Σινσινάτι ήταν σχεδόν τρεις φορές πιο ωφέλιμη από μια κοντά στο Σικάγο στις Η.Π.Α, επειδή επεξεργάστηκε πολύ άνθρακα με μεγαλύτερες εκπομπές διοξειδίου του θείου (Buonocore et al., 2016).

Κεφάλαιο 9: Οι ΑΠΕ και η υγεία

9.1 Οι ΑΠΕ και η ανθρώπινη υγεία

Στην τρέχουσα περίοδο, όπου η κοινωνία εξελίσσεται με ολοένα και γρηγορότερους ρυθμούς, η εύρεση βιώσιμων και αποδοτικών λύσεων για την αποτελεσματική αντιμετώπιση της ρύπανσης αλλά και την προώθηση ενός πιο υγιεινού περιβάλλοντος είναι πλέον επιτακτική ανάγκη. Οι δυσμενείς επιπτώσεις των παραδοσιακών πηγών ενέργειας όπως τα ορυκτά καύσιμα, έχουν οδηγήσει στην αξιοποίηση των ΑΠΕ. Τα έργα ηλεκτρικής ενέργειας από διάφορες ΑΠΕ και τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης θα μπορούσαν να έχουν πολυδιάστατα οφέλη για την ανθρώπινη υγεία ύψους πολλών εκατομμυρίων δολαρίων ετησίως, ωστόσο η αξία τέτοιων έργων ποικίλλει σημαντικά αναλόγως με τον τύπο του έργου καθώς επίσης και την τοποθεσία τους (Buonocore et al., 2016).

Οι ΑΠΕ υιοθετούνται όλο και περισσότερο αφού ελαττώνουν την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, μειώνοντας τις εκπομπές άνθρακα και την ατμοσφαιρική ρύπανση, η οποία εγκυμονεί πολλούς κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία. Οι ΑΠΕ παράγουν ηλεκτρική ενέργεια χωρίς την απελευθέρωση επιβλαβών εκπομπών, παραδοσιακών ρύπων ή αερίων του θερμοκηπίου, κάτι που ελαχιστοποιεί τις επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα καθώς επίσης και το συνολικό αποτύπωμα άνθρακα. Συχνά, η κλασσική παραγωγή ενέργειας πυροδοτεί τη δημιουργία αιθαλομίχλης στις πόλεις, η οποία μπορεί να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στο αναπνευστικό σύστημα των ανθρώπων. Επομένως, οι ΑΠΕ ελαττώνουν το σχηματισμό αιθαλομίχλης, βελτιώνοντας την ποιότητα του αέρα και μειώνουν τον κίνδυνο αναπνευστικών παθήσεων (Galimova et al., 2022).

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ρύπανσης του αέρα στην Ελλάδα αποτελεί η επαρχιακή πόλη του Βόλου, όπου καίγονται χιλιάδες τόνοι πλαστικών ρυπαίνοντας την ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα να έχουν αυξηθεί οι επισκέψεις νέων αλλά και παιδιών στα Τμήματα Επειγόντων Περιστατικών (ΤΕΠ) των τοπικών νοσοκομείων και κλινικών, ενώ ένα σημαντικό ποσοστό των πολιτών έχει αναπνευστικά νοσήματα όπως βήχα, φλέγματα, συνάχι, πόνο στο στήθος και στο λαιμό, συμπτώματα που δυστυχώς καθιστούν τα εν λόγω άτομα ευπαθή σε καιρούς πανδημίας –όπως

χαρακτηριστικά η πρόσφατη πανδημία COVID-19 (Coronavirus Disease 2019; COVID-19) (Mermiri et al., 2022). Σαφώς, οι εκπομπές από τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας ορυκτών καυσίμων απελευθερώνουν στην ατμόσφαιρα ρύπους, οι οποίοι είναι σε θέση να προκαλέσουν αναπνευστικά νοσήματα όπως το άσθμα και η βρογχίτιδα, ενώ με τη μετάβαση στις ΑΠΕ, αυτοί οι κίνδυνοι μπορούν να ελαττωθούν σε σημαντικό βαθμό, αλλά και να εξομαλυνθεί η προαναφερθείσα επιβάρυνση των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης (Sampedro et al., 2020).

Ωστόσο, η ατμοσφαιρική ρύπανση και η κλιματική αλλαγή δεν έχουν συσχετιστεί αποκλειστικά με τα αναπνευστικά προβλήματα, αλλά και με τα καρδιαγγειακά νοσήματα –δεδομένου πως το αναπνευστικό σύστημα συνδέεται άμεσα με το κυκλοφορικό, ενώ, έχουν αναφερθεί και συσχετισμοί με διάφορες άλλες παθολογίες όπως γαστρεντερολογικά θέματα, γυναικολογικά προβλήματα, νευρολογικές παθήσεις, οφθαλμολογικά και ωτορινολαρυγγολογικά θέματα, μυοσκελετικά προβλήματα, υπερβαρία και παχυσαρκία, αυτοάνοσα νοσήματα και καρκίνο, καθώς επίσης και ψυχολογικά προβλήματα (Keulers et al., 2022).

Οι ΑΠΕ είναι μια πολύ καλή λύση για τον περιορισμό πολλών αρνητικών επιπτώσεων στην υγεία (Kim et al., 2014) με τελικό αποτέλεσμα την προώθηση συνθηκών για την βελτίωση της υγείας και της ευημερίας των ανθρώπων (Mousavi et al., 2022).

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, κατά τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ), η υγεία ορίζεται ως «μια κατάσταση πλήρους σωματικής, ψυχικής και κοινωνικής ευεξίας και όχι απλώς η απουσία ασθένειας ή αναπηρίας», ενώ υπογραμμίζεται πως «η απόλαυση του υψηλότερου δυνατού επιπέδου υγείας είναι ένα από τα θεμελιώδη δικαιώματα κάθε ανθρώπου χωρίς διάκριση φυλής, θρησκείας, πολιτικών πεποιθήσεων, οικονομικής ή κοινωνικής κατάστασης» (WHO, 2018). Συνεπώς, για την εκτίμηση της ανθρώπινης υγείας λαμβάνονται υπ' όψιν και οι ψυχολογικές και κοινωνικές συνιστώσες. Παρά το γεγονός πως οι θέσεις εργασίας αναφορικά με τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας θα συρρικνωθούν, θα προκύψουν νέες και περισσότερες θέσεις εργασίας σχετικές με τις ΑΠΕ, δημιουργώντας νέες εργασιακές ευκαιρίες για μια καλύτερη ζωή των ανθρώπων, ενώ το κόστος των τεχνολογιών αυτών είναι πολύ μειωμένο συγκριτικά με τα ορυκτά καύσιμα, με αποτέλεσμα να

είναι αρκετά ανταγωνιστικές, και μάλιστα θεωρούνται ως η πιο οικονομική επιλογή παραγωγής ενέργειας στα περισσότερα μέρη του κόσμου (Frazzoli et al., 2024).

Ακόμη, οι ΑΠΕ ελαχιστοποιούν την πιθανότητα ρύπανσης από διαρροές καυσίμων που σχετίζονται με τη συμβατική παραγωγή ενέργειας, αποτρέποντας έτσι την ρύπανση των υδάτων καθώς προστατεύουν τους πολύτιμους υδάτινους πόρους, διασφαλίζοντας μεταξύ άλλων και την ασφάλεια του εφοδιασμού των ανθρώπων με τρόφιμα. Είναι γνωστό πως τα βαρέα μέταλλα σε ποταμούς και θάλασσες δρουν ως ισχυρές νευροτοξίνες και όχι μόνο, οι οποίες συσσωρεύονται στα ψάρια και περνούν μέσω της διατροφής στον άνθρωπο, οδηγώντας σε ποικίλα συμπτώματα και νοσήματα (Adeola, 2020).

Οι παραδοσιακές πηγές ενέργειας έχει αποδειχτεί ότι μεγιστοποιούν τον κίνδυνο αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη η οποία είναι μία σημαντική παράμετρος της κλιματικής αλλαγής, αυξάνοντας έτσι το ρίσκο για την εκδήλωση περισσότερων θεμάτων υγείας, συμπεριλαμβανομένων της αύξησης μεταδοτικών και μη μεταδοτικών ασθενειών και ζητημάτων υγείας μεταδοτικών ασθενειών κατά τη διάρκεια φυσικών καταστροφών, η ανεπαρκής διατροφή και η θνησιμότητα, που επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό άτομα με υποκείμενα θέματα υγείας. Δεδομένου πως στις μέρες μας, αλλά και στο άμεσο μέλλον, τα υποκείμενα προβλήματα υγείας εκτιμώνται ότι θα αυξηθούν ριζικά, φαίνεται πως οι μη μεταδοτικές ασθένειες θα επηρεάσουν την πλειοψηφία του πληθυσμού παγκοσμίως. Συνεπώς, οι ΑΠΕ κρίνονται πολύτιμες και για την αντιμετώπιση τέτοιων ζητημάτων, αφού δεν έχουν στοχοποιηθεί για υπερθέρμανση του πλανήτη, αλλά θεωρούνται ως μια άμεση λύση για την αντιμετώπισή της (Bijlsma and Cohen, 2016).

Αναφορικά με την ηλιακή ενέργεια, τα ηλιακά πάνελ (φωτοβολταϊκά) θεωρούνται γενικά ασφαλή και δεν ελλοχεύουν γνωστούς κινδύνους για την υγεία, αφού η σωστή εγκατάσταση και η συμμόρφωση με τους βιομηχανικούς κανονισμούς διασφαλίζουν την ασφαλή λειτουργία τους δίχως σοβαρές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία (Nain and Kumar, 2020). Τα φωτοβολταϊκά δρουν κατασταλτικά ως προς την κλιματική αλλαγή και συνεπώς την επιβάρυνση της ανθρώπινης υγείας, ενώ έχουν μικρό ρίσκο για επιπλοκές στην υγεία καθώς επίσης και πολύ χαμηλά επίπεδα τοξικότητας. Ωστόσο, ορισμένες δημοσιεύσεις μαρτυρούν πως ελλοχεύουν υγειονομικούς

κινδύνους κυρίως νευρολογικά ζητήματα αλλά και αναιμία, οι οποίες παρατηρήθηκαν κυρίως σε εργαζόμενους στη βιομηχανία της ηλιακής ενέργειας λόγω των διάφορων χημικών ενώσεων που χρησιμοποιούνται κατά τις κατασκευές, καθώς επίσης και θεμάτων που μπορεί να προκληθούν στην υγεία κατά την αποσύνθεση και την επαγόμενη έκκριση μετάλλων από παλιά ηλιακά πάνελ (Frazzoli et al., 2024).

Η αιολική ενέργεια έχει πολλά πλεονεκτήματα ως ΑΠΕ, παρ' όλ' αυτά, οι βιομηχανικές ανεμογεννήτριες είναι ικανές να σταθούν επιζήμιες για την ανθρώπινη υγεία εάν τοποθετηθούν πολύ κοντά σε αστικές και άλλες κατοικίσιμες περιοχές. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναφερθεί τέτοια περιστατικά ανεπιθύμητων παρενεργειών, συμπεριλαμβανομένων διαφόρων ενοχλήσεων, μειωμένης ποιότητας ζωής, πονοκεφάλων, κόπωσης, στρες, κακής ποιότητας ύπνου και αυπνιών, κυρίως λόγω του ήχου από τους έλικες των ανεμογεννητριών (McCunney et al., 2014). Συγκεκριμένα, διάφορες έρευνες κατέληξαν στο συμπέρασμα πως τα πιο κοινά προβλήματα σε όσους ζουν γύρω από τις ανεμογεννήτριες είναι η ενόχληση του θορύβου, γενικά συμπτώματα υγείας και η επίδραση στην ποιότητα ζωής, η διαταραχή ύπνου, η ενόχληση και η συνεχώς διακοπτόμενη σκιά όσον αφορά τον ήλιο. Η γενική ενόχληση αφορά στο επίπεδο θορύβου και την ευαισθησία στο θόρυβο, με τους ερευνητές να καταλήγουν στο συμπέρασμα πως η γνώση και η στάση απέναντι στις ανεμογεννήτριες μπορεί να προκαλέσουν ενόχληση καθώς επίσης και συμπτωματολογία εάν τα οπτικοακουστικά αποτελέσματα των ανεμογεννητριών περιορίσουν την καθημερινότητα και τον τρόπο ζωής των ανθρώπων (Punch and James, 2016).

Η παραγωγή ενέργειας από τη βιομάζα είναι ένας άλλος εναλλακτικός τρόπος παραγωγής ΑΠΕ, και σχετίζεται με την καύση ξύλου, απορριμμάτων, βιοαερίου και υγρών βιοκαυσίμων. Πρόσφατες μελέτες μαρτυρούν πως οι συγκεντρώσεις σκόνης στις εγκαταστάσεις βιομάζας μπορεί να είναι εξαιρετικά μεταβλητές, με τα επίπεδα αιχμής σε συγκεκριμένες περιοχές να ξεπερνούν τα όρια έκθεσης για τη σκόνη ξύλου και τη σκόνη που εισπνέεται γενικά (Frazzoli et al., 2024). Οι τύποι διάφορων μυκήτων, που συγκαταλέγονται στα κοινά περιβαλλοντικά είδη, έχουν βρεθεί υψηλότεροι από ό,τι στον εξωτερικό αέρα, ενώ οι κίνδυνοι κατά την καύση και μετά

το τέλος της φαίνονται παρόμοιοι με την καύση με βάση τα ορυκτά (Nieder et al., 2018).

Επιπροσθέτως, και πέρα από τους προφανείς κινδύνους για τους εργαζόμενους, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως η ατμοσφαιρική ρύπανση κατά την οικιακή καύση, όπως για παράδειγμα από τον καπνό του ξύλου, κρίνεται επιβλαβής για την υγεία, τόσο των ενηλίκων όσο και των παιδιών, αφού καθιστά ευάλωτο το αναπνευστικό και το καρδιαγγειακό σύστημα και προκαλεί συστηματική φλεγμονή. Ο ΠΟΥ έχει αναφέρει πως σχεδόν οι μισοί παιδικοί θάνατοι ηλικίας <5 ετών οφείλονται σε οικιακή ρύπανση (Peralta and Hunt, 2003). Σε κάθε περίπτωση ο κίνδυνος για την εμφάνιση αναπνευστικών προβλημάτων σε παιδιά εξαιτίας της καύσης τέτοιων υλικών είναι πολύ σημαντικός (Frazer-Williams et al., 2024).

Εν συνεχεία, σχετικά με την υδροηλεκτρική ενέργεια η οποία δεν έχει παρατηρηθεί να επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με σημαντικές ποσότητες άνθρακα, οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής είναι η μεγαλύτερη πηγή ατμοσφαιρικών εκπομπών υδραργύρου, ο οποίος είναι μια ισχυρή νευροτοξίνη που ασκεί σημαντική επιρροή στο νευρικό σύστημα και στις λειτουργίες του κεντρικού νευρικού συστήματος ιδιαίτερα σε βρέφη και παιδιά και προκαλεί και άλλες σημαντικές βλάβες στην υγεία (Adeola, 2020). Στην υπάρχουσα επιστημονική βιβλιογραφία έχουν αναφερθεί τραυματισμοί και ασθένειες εργαζομένων κατά της διάρκεια της εργασίας καθώς επίσης υλικές ζημιές και ατυχήματα σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς (Pestana et al., 2019). Μια έρευνα έδειξε πως σε περιοχές με τέτοιους σταθμούς, οι αλιείς εμφανίζουν συμπτώματα μόλυνσης από υδράργυρο καθώς και διάρροια ως υποπτευόμενη συνέπεια της μειωμένης ποιότητας του νερού, ενώ οι διαταραχές στα οικοσυστήματα των ψαριών μπορούν να προκαλέσουν μείωση του εισοδήματός τους ακόμη και ανεργία και αναγκαστική αλλαγή επαγγέλματος που έχει άμεσες επιπτώσεις στην ψυχική υγεία τους (Karri et al., 2021).

Συμπληρωματικά, η παλιρροιακή ενέργεια δεν προκαλεί εκπομπές αερίων, όπως αιθάλη και αιωρούμενα σωματίδια, τα οποία έχουν συσχετιστεί με καρκινογενήσεις, τη βλάβη στην καρδιά και τους πνεύμονες καθώς και με επιδράσεις στη νοητική λειτουργία (Buzea et al., 2007). Ωστόσο, και σε αυτή την περίπτωση, υπάρχουν τεκμηριωμένες μελέτες που δεν αναιρούν τις πιθανότητες ρύπανσης που μπορεί να

επιβαρύνει την τροφική αλυσίδα και να προκαλέσει διαταραχές στα οικοσυστήματα των ψαριών με συνέπειες σε αλιείες, καθώς επίσης και συνέπειες στη ναυτιλία με υποβάθμιση των επαγγελματιών που σχετίζονται με υδάτινους σταθμούς καθώς και των μεταφορών, ακόμη και του τουρισμού (Manzella et al., 2019).

Συγκριτικά με τις υπόλοιπες ΑΠΕ, αρκετές μελέτες μαρτυρούν πως η γεωθερμική ενέργεια έχει τις πιο επικίνδυνες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, καθώς από τις μετρήσεις και τις ενδείξεις σε υπάρχοντες γεωθερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, οι ατμοσφαιρικές εκπομπές μη συμπυκνωμένων αερίων (π.χ. υδρόθειο, βενζόλιο) είναι από τους μεγαλύτερους κινδύνους για τη δημόσια υγεία (Prabhakar et al., 2012). Τα επιφανειακά και τα υπόγεια ρυπασμένα από απορρίψεις αναλωμένων γεωθερμικών ρευστών ύδατα, αποτελούν έναν ακόμη υγειονομικό κίνδυνο, ενώ οι εκπομπές υδρόθειου από τους περισσότερους γεωθερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής μπορούν να ενοχλήσουν με δυσάρεστες οσμές τα μέλη του εκτεθειμένου κοινού (Frazzoli et al., 2024). Για τους παραπάνω λόγους, ήδη, από τα τέλη του προηγούμενου αιώνα, γίνονται έρευνες για το ενδεχόμενο εμφάνισης λευχαιμίας, για την πιθανότητα καρκίνου του δέρματος, καθώς επίσης και εργασιακών ατυχημάτων και πυροδοτούμενων ασθενειών. Επίκαιρες δημοσιεύσεις εστιάζουν στην ρύπανση του περιβάλλοντος που προκαλείται σε περιοχές δίπλα σε γεωθερμικούς σταθμούς και υπογραμμίζουν τα πολλαπλά ρίσκα για την ανθρώπινη υγεία των κατοίκων λόγω τοξινών, καθώς και το ρίσκο ραδιομόλυνσης για τους εργαζόμενους (Hu et al., 2023).

Τέλος, επειδή στη συζήτηση σχετίζεται και η πυρηνική ενέργεια, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλοι οι δυνητικοί κίνδυνοι που τηναφορούν. Για παράδειγμα, τα εργοστάσια πυρηνικής ενέργειας εγκυμονούν σοβαρούς κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία, αφού σε υψηλές δόσεις, η ιονίζουσα ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει άμεση βλάβη στο σώμα ενός ατόμου, συμπεριλαμβανομένων, σε πολύ υψηλές δόσεις, συγκεκριμένων ασθενειών και συνδρόμων λόγω ακτινοβολίας και θανάτου, ενώ σε χαμηλότερες δόσεις, η ιονίζουσα ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει επιπτώσεις στην υγεία, όπως καρδιαγγειακές παθήσεις, καταρράκτη και καρκίνο (Buzea et al., 2007). Σύμφωνα με μελέτες -με αφορμή τα συμβάντα στο Τσέρνομπιλ και τη Φουκοσίμα- υπάρχουν συγκεκριμένοι κίνδυνοι για τη δημόσια

υγεία, στα οποία συμπεριλαμβάνονται, μεταξύ άλλων, κακοήθεις νεοπλασίες, νευρολογικά, συμπεριφορικά, ψυχοκοινωνικά και άλλα θέματα (Manzella et al., 2019). Στην υπάρχουσα βιβλιογραφία υπάρχουν ενδείξεις που αφορούν κοινότητες γύρω από πυρηνικές εγκαταστάσεις, στις οποίες υπάρχει μια συσχέτιση μεταξύ της έκθεσης στην ακτινοβολία και της αύξησης των γενετικών ανωμαλιών, των αποβολών και των παιδικών καρκίνων (Folkers and Gunter, 2022).

Κεφάλαιο 10: Συζήτηση

Οι ΑΠΕ προσφέρουν τη δυνατότητα να επιταχυνθεί η μετάβαση σε έναν πιο βιώσιμο κόσμο. Σε αυτό το πλαίσιο οι ΑΠΕ συνδέονται στενά με αρκετούς στόχους της αειφόρου ανάπτυξης. καθώς διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην επίτευξη περιβαλλοντικής, οικονομικής και κοινωνικής βιωσιμότητας. Πιο αναλυτικά, οι ΑΠΕ παρέχουν προσιτή και καθαρή ενέργεια, διασφαλίζοντας την πρόσβαση σε μία σύγχρονη αξιόπιστη και βιώσιμη ενέργεια για όλους. Πιο συγκεκριμένα, ΑΠΕ όπως η ηλιακή, αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια ενισχύουν ενεργά τη μετάβαση από τα ορυκτά καύσιμα σε καθαρότερες ενεργειακές λύσεις ως αποτέλεσμα η πρόσβαση στην ενέργεια να είναι πιο βιώσιμη (Asmelash et al., 2020). Ένας σημαντικός στόχος της αειφόρου ανάπτυξης είναι η δράση για το κλίμα καθώς επείγει η δράση για να καταπολεμηθεί η κλιματική αλλαγή και οι επιπτώσεις της. Οι ΑΠΕ έχουν σημαντική συμβολή στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου καθώς μετριάζουν την υπερθέρμανση του πλανήτη και υποστηρίζουν στρατηγικές προσαρμογής στο κλίμα (Legg, 2021). Η καλή υγεία και ευεξία αποτελούν έναν επιπλέον στόχο της αειφόρου ανάπτυξης καθώς προάγεται η διασφάλιση υγιούς ζωής και προωθείται η ευημερία σε όλες τις ηλικίες. Οι ΑΠΕ μπορούν να αντικαταστήσουν τα ορυκτά καύσιμα με συνέπεια τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Ως αποτέλεσμα, μειώνονται τα προβλήματα υγείας που προκαλούνται από τη ρύπανση όπως καρδιαγγειακά νοσήματα και αναπνευστικά (WHO, 2018).

Επίσης, ένας επιπλέον στόχος της αειφόρου ανάπτυξης είναι η προώθηση της οικονομικής ανάπτυξης και της εργασίας χωρίς αποκλεισμούς προκειμένου να υπάρξει παραγωγική απασχόληση. Οι ΑΠΕ δημιουργούν θέσεις εργασίας σε διάφορους τομείς όπως ο κατασκευαστικός καθώς δημιουργούνται νέες εγκαταστάσεις οι οποίες σε βάθος χρόνου θα χρειάζονται συντήρηση. Με αυτόν τον τρόπο οι ΑΠΕ συμβάλλουν στη βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη (Asmelash et al., 2020).

Σύμφωνα με την έκθεση του REN21 2017, το 2016 καταγράφηκε η μεγαλύτερη αύξηση της δυναμικότητας παραγωγής ΑΠΕ, προσθέτοντας περίπου 167 GW εγκατεστημένης ισχύος σε σύγκριση με το 2015 (REN21, 2017). Τα Συστήματα ΑΠΕ συνδέονται με χαμηλά αέρια θερμοκηπίου. Οι χαμηλότερες εκπομπές, αποτελούν σημαντικό μέρος για την οικοδόμηση μιας πιο «βιώσιμης» κοινωνίας (IPCC, 2014). Η ευρεία έννοια της βιωσιμότητας παρουσιάζει διαφορετικές ερμηνείες και εφαρμογές, ανάλογα με τις προσεγγίσεις και τα ενδιαφέροντα πίσω από κάθε περίπτωση. Στο πλαίσιο των ΑΠΕ, η αειφορία αναφέρεται κυρίως στην απόδοση των συστημάτων από οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική άποψη. Είναι ευρέως αποδεκτό ότι οι ΑΠΕ έχουν υψηλότερο βαθμό βιωσιμότητας από τα συμβατικά ενεργειακά συστήματα. Ωστόσο, απαιτείται τόσο ποιοτική όσο και ποσοτική αξιολόγηση της βιωσιμότητάς τους, προκειμένου να εντοπιστούν και να επιλεγούν εκείνες οι τεχνολογίες που έχουν υψηλότερο βαθμό βιωσιμότητας (Campos-Guzmán et al., 2019).

Η ανάλυση των ΑΠΕ στο πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης είναι επομένως ένα βασικό εργαλείο για τον καθορισμό και την εφαρμογή εθνικών και διεθνών ενεργειακών πολιτικών, σχεδίων τεχνολογικής ανάπτυξης και ιεράρχησης των οικονομικών επενδύσεων. Αυτή η προσπάθεια απαιτεί έναν καλό ορισμό των διαθέσιμων δεικτών που εμπλέκονται σε στρατηγικές και διαδικασίες λήψης αποφάσεων. Από αυτή την άποψη, είναι απολύτως απαραίτητο να υπάρχουν μεθοδολογικά εργαλεία που να επιτρέπουν την ενοποίηση κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών εννοιών, εστιάζοντας συγκεκριμένα στην αξιολόγηση των συστημάτων ΑΠΕ. Ωστόσο, μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση της βιωσιμότητας περιλαμβάνει τρεις κατηγορίες, την οικονομική, την κοινωνική και την περιβαλλοντική, οι οποίες μεταφράζονται σε πολλαπλά κριτήρια, τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά. Ως εκ τούτου, η Ανάλυση

Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) από μόνη της δεν είναι σε θέση να επιτύχει μια αξιολόγηση της βιωσιμότητας, καθώς η τρέχουσα δομή της ΑΚΖ επιτρέπει μόνο τον προσδιορισμό και τον ποσοτικό προσδιορισμό περιβαλλοντικών δεικτών. Επίσημη επέκταση του πλαισίου ISO 14040 για την Ανάλυση του Κύκλου Ζωής, συμπεριλαμβανομένων περιβαλλοντικών, κοινωνικών και οικονομικών δεικτών, δεν έχει ακόμη δημιουργηθεί. Ως εκ τούτου, υπάρχει μια μεθοδολογική αδυναμία όταν παρέχεται μια αξιολόγηση της βιωσιμότητας, καθώς χρειάζεται την ενσωμάτωση τεχνικών που περιλαμβάνουν κοινωνικά και οικονομικά κριτήρια που συχνά ορίζονται ως ένα μείγμα ποιοτικών και ποσοτικών δεδομένων που πρέπει να χειρίζονται στο ίδιο πλαίσιο, και η ΑΚΖ εξακολουθεί να μην περιλαμβάνει στη μεθοδολογία του αυτή τη δυαδικότητα (Campos-Guzmán et al., 2019), χωρίς αυτό να μειώνει τη σημαντική αξία της στη μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Στο πλαίσιο αυτής της μακροχρόνιας συζήτησης, μπορεί να υποστηριχθεί ότι οι πιο στοχευμένες πολιτικές είναι πιθανό να συνεπάγονται μεγαλύτερη πιθανότητα αποτυχίας, τόσο στον προσδιορισμό του στόχου όσο και στη διασφάλιση ότι η στόχευση ενός τύπου τεχνολογίας δεν έχει αρνητικό αντίκτυπο σε άλλες τεχνολογίες. Οι μελετητές υποστήριξαν ότι η στόχευση των ΑΠΕ στρεβλώνει τη λειτουργία των αγορών άνθρακα και, ως εκ τούτου, εμποδίζει τις προσπάθειες για απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές της οικονομίας. Ωστόσο, ορισμένοι μελετητές υποστήριξαν ότι ένας συνδυασμός πολιτικών που τονίζει τη σημασία συγκεκριμένων τεχνολογιών για την προώθηση της καινοτομίας ΑΠΕ, παράλληλα με τις πολιτικές τιμολόγησης του άνθρακα μπορεί να είναι προτιμότερος (Pitelis et al., 2020).

Κεφάλαιο 11: Συμπεράσματα

Οι ανθρωπογενείς παρεμβολές είναι συχνά επιζήμιες για το περιβάλλον. Η επιθυμία για ενέργεια δεν πρέπει να είναι τόσο έντονη ώστε να παραβλέπονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον δεν προκαλούνται μόνο από τα ορυκτά καύσιμα, υπάρχουν και κάποιοι περιορισμοί από τη χρήση των ΑΠΕ. Συγκριτικά, οι ΑΠΕ είναι πιο βιώσιμες, καθώς οι επιπτώσεις που προκαλούνται είναι λιγότερο επιζήμιες σε σύγκριση με αυτές των μακροπρόθεσμων παραδοσιακών μεθόδων. Θα πρέπει να αναζητηθούν εναλλακτικές πηγές ενέργειας, έτσι ώστε η εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα να μειωθεί όσο εξακολουθεί να καλύπτεται η ζήτηση ενέργειας. Πρέπει να διεξαχθεί ενδελεχής έρευνα για την πλήρη κατανόηση των επιπτώσεων και την εξεύρεση βιώσιμων λύσεων, ώστε να περιοριστούν οι επιζήμιες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον.

Η ολοκληρωμένη ανασκόπηση παρουσιάζει σαφή συμπεράσματα σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούνται από σταθμούς ηλεκτρικής ενέργειας που βασίζονται σε ΑΠΕ. Διαπιστώθηκε ότι κάθε μία από τις ΑΠΕ έχει περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οστόσο αυτές μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με προσεκτική επιλογή και τον κατάλληλο τρόπο αξιοποίησής τους. Οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως η κατασκευή των μονάδων ΑΠΕ, ζητήματα που αφορούν στην τοποθεσία τους, στον τρόπο που επιδρούν στο τοπικό περιβάλλον και σε άλλους παράγοντες. Επιπλέον, για παράδειγμα, παρά το γεγονός ότι τα ηλιακά φωτοβολταϊκά έχουν πολλές επιζήμιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, η μεγάλη ποσότητα των υφιστάμενων ηλιακών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής καθιστά δύσκολη τη μείωση της χρήσης τους. Ακόμη, με τη χρήση της επιφάνειας της στέγης των κτιρίων, η επίδραση στη γη μπορεί να μετριαστεί σημαντικά. Από την άλλη πλευρά, δεδομένου ότι υπάρχουν μόνο λίγες ηλιακές θερμοηλεκτρικές μονάδες, οι περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις δεν έχουν διερευνηθεί διεξοδικά. Οι γεωθερμικοί σταθμοί, που βρίσκονται σε συγκεκριμένα μέρη, μπορεί να είναι επιβλαβείς για τη φύση. Οι σεισμοί που προκαλούνται από αυτούς θα μπορούσαν να προκαλέσουν, μεταξύ άλλων καταστροφή της κοντινής άγριας ζωής (Dhar et al., 2020). Ως εκ τούτου, οι μελλοντικές εγκαταστάσεις αυτού του τύπου γεωθερμικών σταθμών θα πρέπει να

παρακολουθούνται προσεκτικά. Συγκρίνοντας τις αρνητικές επιπτώσεις από τη χρήση συγκεκριμένων ΑΠΕ οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι οι πιο επιβλαβείς ως προς το περιβάλλον.

Οι ΑΠΕ με βάση το νερό έχουν πολλές υποσχόμενες δυνατότητες, αλλά μπορούν να παράγουν μόνο ένα ποσοστό της συνολικής παραγόμενης ισχύος. Οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον μπορούν να μειωθούν εάν η επιλογή της τοποθεσίας γίνει με ορθά κριτήρια. Επιπλέον, η συμπεριφορά των ψαριών και άλλων θαλάσσιων οργανισμών στην περιοχή θα πρέπει να παρακολουθείται ανά τακτά διαστήματα.

Οι ανεμογεννήτριες παρουσιάζουν τις λιγότερες δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις και αυτό τις καθιστά την πιο βιώσιμη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Για να μεγιστοποιηθεί η αξιοποίησή τους, θα πρέπει να διερευνηθούν πιο κατάλληλες τοποθεσίες όπου μπορεί να γίνει η εγκατάστασή τους. Επίσης θα ήταν ωφέλιμο να ληφθούν προληπτικά μέτρα για τη μείωση των επιπτώσεών τους στο περιβάλλον και τους ζωντανούς οργανισμούς.

Συνοψίζοντας, η χρήση των ΑΠΕ έχει πολλαπλά οφέλη για την ανθρώπινη υγεία και για το περιβάλλον. Ένα από τα σημαντικότερα είναι η μείωση της ατμοσφαιρικής πίεσης καθώς οι ΑΠΕ παράγουν ελάχιστους ή μηδενικούς ρύπους σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα. Λόγω αυτής της μείωσης υπάρχει καλύτερη ποιότητα αέρα και μικρότερος αριθμός αναπνευστικών και καρδιαγγειακών παθήσεων στους ανθρώπους. Επίσης η χρήση των ΑΠΕ μετριάζει την κλιματική αλλαγή καθώς οι ΑΠΕ εκπέμπουν ελάχιστα έως καθόλου αέρια θερμοκηπίου. Συνεπώς μετριάζεται η υπερθέρμανση του πλανήτη καθώς και η κλιματική αλλαγή, οι οποίες έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία όπως ακραία καιρικά φαινόμενα, θερμικό στρες και εξάπλωση ασθενειών. Η σταδιακή υιοθέτηση των ΑΠΕ μπορεί να επιβραδύνει τον ρυθμό αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας, προσφέροντας σημαντικά ωφέλη στην ανθρώπινη υγεία καθώς και στη βιοποικιλότητα προστατεύοντας τους οικοτόπους. Επίσης πρέπει να τονιστεί ότι η χρήση των ΑΠΕ, συμβάλει στη διατήρηση των υδάτινων πόρων προς όφελος των οικοσυστημάτων καθώς και τον ανθρώπινων πληθυσμών που βασίζονται στο νερό για καθημερινές ανάγκες καθώς και για τη γεωργία. Αυτό οφείλεται στο ότι τα περισσότερα συστήματα ΑΠΕ χρησιμοποιούν πολύ λιγότερο νερό συγκριτικά με τους σταθμούς

ηλεκτροπαραγωγής άνθρακα και φυσικού αερίου οι οποίοι απαιτούν μεγάλες ποσότητες νερού για τη διαδικασία της ψύξης.

Εν κατακλείδι, οι ΑΠΕ συνδράμουν την ανθρώπινη υγεία μειώνοντας τη ρύπανση, εξοικονομώντας σημαντικούς πόρους και διασφαλίζοντας την πρόσβαση σε καθαρότερη και πιο βιώσιμη ενέργεια. Τα οφέλη για το περιβάλλον από τη χρήση των ΑΠΕ είναι η προστασία των οικοσυστημάτων στη διατήρηση της βιοποικιλότητας και στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Συλλογικά αυτά τα οφέλη διαμορφώνουν έναν πιο υγιή πλανήτη προάγοντας την ευημέρια τόσο για τις σημερινές όσο και για τις μελλοντικές γενιές.

Βιβλιογραφία

- Acakpovi, A., Dзамikumah, L. (2016). An Investigation of Health and Safety Measures in a Hydroelectric Power Plant. *Safety And Health at Work*, 7(4), 331-339.
- Adedoyin, F., Abubakar, I., Bekun, F. V., Sarkodie, S. A. (2020). Generation of energy and environmental-economic growth consequences: is there any difference across transition economies. *Energy Reports*, 6, 1418-1427.
- Adeola, F. O. (2020). Global impact of chemicals and toxic substances on human health and the environment. *Handbook of Global Health*, 1-30.
- Aghahosseini, A., Breyer, C. (2020). From hot rock to useful energy: A global estimate of enhanced geothermal systems potential. *Applied Energy*, 279, 115769.
- Al Radi, M., Adil Al-Isawi, O., Abdelghafar, A. A., Fayez Abu Qiyas, A., AlMallahi, M., Khanafer, K., Assad, M. E. H. (2022). Recent progress, economic potential, and environmental benefits of mineral recovery geothermal brine treatment systems. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(9), 832.
- Ali, A., Faryal, S., Memon, A. H. (2019). Lifespan and Decomposition Effects of 1st and 3 rd Generation Silicon Solar Cell with respect to Environment and Health. *Sir Syed University Research Journal of Engineering & Technology*, 9(1).
- Amadu, I., Seidu, A. A., Mohammed, A., Duku, E., Miyittah, M. K., Ameyaw, E. K., Ahinkorah, B. O. (2023). Assessing the combined effect of household cooking fuel and urbanicity on acute respiratory symptoms among under-five years in sub-Saharan Africa. *Heliyon*, 9(6).
- Aman, M. M., Solangi, K. H., Hossain, M. S., Badarudin, A. (2015). A review of Safety, Health and Environmental (SHE) issues of solar energy system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 1190-1204.
- Ang'u, C. (2023). *Analysis of Clean Energy Technologies' Effects on Energy Poverty: Household Air Pollution and Human Health in Vihiga County, Kenya* (Doctoral dissertation, University of Nairobi).

Antunes, F. A. F., Ingle, A. P., Rocha, T. M., Hernandez-Perez, A., Philippini, R. R., Martiniano, S. E., Da Silva, S. S. (2022). Microbial Biotechnology for Renewable and Sustainable Energy: The Current Status of Biogas, Biodiesel, and Bioethanol in Brazil. *Microbial Biotechnology for Renewable and Sustainable Energy*, 255-296.

Asmelash, E., Prakash, G., Gorini, R., Gielen, D. (2020). Role of IRENA for global transition to 100% renewable energy. *Accelerating the transition to a 100% renewable energy era*, 51-71.

Atwoli, L., Baqui, A. H., Benfield, T., Bosurgi, R., Godlee, F., Hancocks, S., Vazquez, D. (2021). Call for emergency action to limit global temperature increases, restore biodiversity, and protect health. *The Lancet Regional Health—Western Pacific*, 14.

Azam, A., Ahmed, A., Wang, H., Wang, Y., Zhang, Z. (2021). Knowledge structure and research progress in wind power generation (WPG) from 2005 to 2020 using CiteSpace based scientometric analysis. *Journal of Cleaner Production*, 295, 126496.

Bakhiyi, B., Labrèche, F., Zayed, J. (2014). The photovoltaic industry on the path to a sustainable future—Environmental and occupational health issues. *Environment International*, 73, 224-234.

Bao, B., Wang, Q. (2021). Bladeless rotational piezoelectric energy harvester for hydroelectric applications of ultra-low and wide-range flow rates. *Energy Conversion and Management*, 227, 113619.

Baron, J. S., Hall, E. K., Nolan, B. T., Finlay, J. C., Bernhardt, E. S., Harrison, J. A., Boyer, E. W. (2013). The interactive effects of excess reactive nitrogen and climate change on aquatic ecosystems and water resources of the United States. *Biogeochemistry*, 114, 71-92.

Bayer, P., Rybach, L., Blum, P., Brauchler, R. (2013). Review on life cycle environmental effects of geothermal power generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 446-463.

Bayoumi, S., Incecik, A., Kamel, W. (2010). Environmental impact assessment of wave energy device in Sidi Barrani (NW Egypt). In Hasan El-Gamal (Ed.), *In The 10th International Conference on Clean Energy, Cyprus*.

Bede-Ojimadu, O., Orisakwe, O. E. (2020). Exposure to wood smoke and associated health effects in Sub-Saharan Africa: a systematic review. *Annals of global health*, 86(1).

Bello, M. O., Solarin, S. A. (2022). Searching for sustainable electricity generation: The possibility of substituting coal and natural gas with clean energy. *Energy & Environment*, 33(1), 64-84.

Benavides, P. T., Balchandani, S., Gracida-Alvarez, U. R. (2024). Environmental analysis of biotechnologies for biofuels, bioplastics, and bioproducts: a greenhouse gas (GHG) emissions review. *Biotechnology for the Environment*, 1(1), 10.

Benedek, J., Sebestyén, T., Bartók, B. (2018). Evaluation of renewable energy sources in peripheral areas and renewable energy-based rural development. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 90, 516-535.

Bijlsma, N., Cohen, M. M. (2016). Environmental chemical assessment in clinical practice: unveiling the elephant in the room. *International journal of environmental research and public health*, 13(2), 181.

Boehlert, G. W., Gill, A. B. (2010). Environmental and ecological effects of ocean renewable energy development: a current synthesis. *Oceanography*, 23(2), 68-81.

Bonar, P. A., Bryden, I. G., Borthwick, A. G. (2015). Social and ecological impacts of marine energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 486-495.

Bošnjaković, M., Santa, R., Crnac, Z., Bošnjaković, T. (2023). Environmental Impact of PV power systems. *Sustainability*, 15(15), 11888.

Brook, R. D., Rajagopalan, S., Pope III, C. A., Brook, J. R., Bhatnagar, A., Diez-Roux, A. V., Kaufman, J. D. (2010). Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: an update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 121(21), 2331-2378.

Bruinzeel, L., Klop, E., Brenninkmeijer, A., Bosch, J. (2018). Ecological impact of airborne wind energy technology: current state of knowledge and future research

agenda. Airborne Wind Energy: Advances in Technology Development and Research, 679-701.

Buonocore, J., Luckow, P., Norris, G., Spengler, J., Biewald, B., Fisher, J., Levy, J. (2016). Health and climate benefits of different energy-efficiency and renewable energy choices. *Nature Climate Change*, 6(1), 100-105.

Burdon, D. (2009). Offshore and Coastal Renewable Energy: Potential ecological benefits and impacts of large-scale offshore and coastal renewable energy.

Buzea, C., Pacheco, I. I., Robbie, K. (2007). Nanomaterials and nanoparticles: sources and toxicity. *Biointerphases*, 2(4), MR17-MR71.

Bustaffa, E., Cori, L., Manzella, A., Nuvolone, D., Minichilli, F., Bianchi, F., Gorini, F. (2020). The health of communities living in proximity of geothermal plants generating heat and electricity: A review. *Science of the Total Environment*, 706, 135998.

Campos-Guzmán, V., García-Cáscales, M., Espinosa, N., Urbina, A. (2019). Life Cycle Analysis with Multi-Criteria Decision Making: A review of approaches for the sustainability evaluation of renewable energy technologies. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 104, 343-366.

Celik, I., Mason, B., Phillips, A., Heben, M., Apul, D. (2017). Environmental Impacts from Photovoltaic Solar Cells Made with Single Walled Carbon Nanotubes. *Environmental Science & Technology*, 51(8), 4722-4732.

Chasek, P. S. (1997). The United Nations Commission on Sustainable Development: The First Five Years. *Unpublished doctoral thesis*). Columbia University, New York.

Chel, A., Kaushik, G. (2018). Renewable energy technologies for sustainable development of energy efficient building. *Alexandria Engineering Journal*, 57(2), 655-668.

Chen, X., Huang, H., Khanna, M., Önal, H. (2011). Meeting the mandate for biofuels: implications for land use, food, and fuel prices. In S. Joshua, G. Zivin, M. Perloff (Eds.), *In The intended and unintended effects of US agricultural and biotechnology policies*. University of Chicago Press, pp. 223-267.

Chu, Y., Meisen, P. (2011). Review and comparison of different solar technologies. *Global Energy Network Institute (GENI)*, San Diego, CA.

Cifuentes, L., Borja-Aburto, V. H., Gouveia, N., Thurston, G., Davis, D. L. (2001). Assessing the health benefits of urban air pollution reductions associated with climate change mitigation (2000-2020): Santiago, São Paulo, México City, and New York City. *Environmental Health Perspectives*, 109(suppl 3), 419-425.

Constitution of the world health organization. WHO. Retrieved on 24 February 2024, from <https://www.who.int/about/accountability/governance/constitution>

Copping, A. E., Zdanski, L. C., Blake, K. M., Gill, G. A., Anderson, R. M., Ward, J. A. (2011). Screening analysis for the environmental risk evaluation system. *Pacific Northwest National Laboratory*, (November), pp. 1e62.

Copping, A. E., Hemery, L. G. (2020). OES-environmental 2020 state of the science report: environmental effects of marine renewable energy development around the world. Report for ocean energy systems (OES).

Damberg, A. (2021). *Renewable Energy and the Resettlement of Local Communities: A Case Study of the Olkaria Geothermal Power Plant and the Maasai Community*. Lund University Publications.

Daneshvar, M., Mohammadi-Ivatloo, B., Zare, K., Asadi, S. (2020). Two-stage stochastic programming model for optimal scheduling of the wind-thermal-hydropower-pumped storage system considering the flexibility assessment. *Energy*, 193.

Dhar, A., Naeth, M. A., Jennings, P. D., Gamal El-Din, M. (2020). Geothermal energy resources: potential environmental impact and land reclamation. *Environmental Reviews*, 28(4), 415-427.

Dilthey, M. (2020). *Negative Effects of Biomass*. Sciencing. Retrieved on 16 June 2022, from <https://sciencing.com/negative-effects-biomass-19624.html>.

Dimantchev, E. (2018). *Air quality co-benefits of renewable energy policy in the US* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).

Dohoo, C., Guernsey, J. R., Critchley, K., VanLeeuwen, J. (2012). Pilot study on the impact of biogas as a fuel source on respiratory health of women on rural kenyan smallholder dairy farms. *Journal of Environmental and Public Health*, 2012, e636298.

Edenhofer, O. (2012). Renewable energy sources and climate change mitigation: special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Choice Reviews Online*, 49(11).

Erdiwansyah, E., Gani, A., Mamat, R., Mahidin, M., Sudhakar, K., Rosdi, S. M., Husin, H. (2022). Biomass and wind energy as sources of renewable energy for a more sustainable environment in Indonesia: A review. *Archives of Environmental Protection*, 48(3).

Etokakpan, M. U., Solarin, S. A., Yorucu, V., Bekun, F. V., Sarkodie, S. A. (2020). Modeling natural gas consumption, capital formation, globalization, CO2 emissions and economic growth nexus in Malaysia: Fresh evidence from combined cointegration and causality analysis. *Energy Strategy Reviews*, 31, 100526.

Farr, H., Ruttenberg, B., Walter, R. K., Wang, Y. H., White, C. (2021). Potential environmental effects of deepwater floating offshore wind energy facilities. *Ocean & Coastal Management*, 207, 105611.

Fisher, J., Levy, J., Nishioka, Y., Kirshen, P., Wilson, R., Chang, M., James, C. (2010). Co-Benefits of energy efficiency and renewable energy in Utah. *Synapse Energy Economics*.

Folkers, C., Gunter, L. P. (2022). Radioactive releases from the nuclear power sector and implications for child health. *BMJ Paediatrics Open*, 6(1), e001326.

Frazer-Williams, R., Ogundiran, M. B., Unuabonah, E. I. (Eds.). (2024). *Environmental Pollution and Public Health: Case Studies on Air, Water and Soil from an Interdisciplinary Perspective*. Elsevier.

Fraser, S., Williamson, B. J., Nikora, V., Scott, B. E. (2018). Fish distributions in a tidal channel indicate the behavioural impact of a marine renewable energy installation. *Energy Reports*, 4, 65-69.

- Frazzoli, C., Bocca, B., Battistini, B., Ruggieri, F., Rovira, J., Amadi, C. N., Orisakwe, O. E. (2024). Rare Earth and Platinum Group Elements In Sub-Saharan Africa and Global Health: The Dark Side of the Burgeoning of Technology. *Environmental Health Insights*, 18, 11786302241271553.
- Frid, C., Andonegi, E., Depestele, J., Judd, A., Rihan, D., Rogers, S. I., Kenchington, E. (2012). The environmental interactions of tidal and wave energy generation devices. *Environmental Impact Assessment Review*, 32(1), 133-139.
- Fu, C., Kuang, D., Zhang, H., Ren, J., Chen, J. (2022). Different components of air pollutants and neurological disorders. *Frontiers in Public Health*, 10, 959921.
- Furness, R. W., Wade, H. M., and Robbins, A. M. C. (2012). Assessing the sensitivity of seabird populations to adverse effects from tidal stream turbines and wave energy devices. *ICES Journal of Marine Science*, 69(8), 1466-1479.
- Galimova, T., Ram, M., Breyer, C. (2022). Mitigation of air pollution and corresponding impacts during a global energy transition towards 100% renewable energy system by 2050. *Energy Reports*, 8, 14124-14143.
- Gardiner, B., Schuck, A. R. T., Schelhaas, M. J., and Orazio, C. (2013). Storm damage in Europe - A review.
- Gasa, G., Lopez-Roman, A., Prieto, C., Cabeza, L. F. (2021). Life cycle assessment (LCA) of a concentrating solar power (CSP) plant in tower configuration with and without thermal energy storage (TES). *Sustainability*, 13(7), 3672.
- Gemechu, E., Kumar, A. (2022). A review of how life cycle assessment has been used to assess the environmental impacts of hydropower energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 167, 112684.
- Gielen, D., Boshell, F., Saygin, D., Bazilian, M. D., Wagner, N., Gorini, R. (2019). The role of renewable energy in the global energy transformation. *Energy Strategy Reviews*, 24, 38–50.

Grandjean, P., Satoh, H., Murata, K., Eto, K. (2010). Adverse effects of methylmercury: environmental health research implications. *Environmental health perspectives*, 118(8), 1137-1145.

Grieco, E., and Poggio, A. (2009). Simulation of the influence of flue gas cleaning system on the energetic efficiency of a waste-to-energy plant. *Applied Energy*, 86(9), 1517-1523.

Grubb, M., Koch, M., Thomson, K., Sullivan, F., Munson, A. (2019). *The'Earth Summit'Agreements: A Guide and Assessment: An Analysis of the Rio'92 UN Conference on Environment and Development* (Vol. 9). Routledge.

Guangul, F. M., Chala, G. T. (2019). Solar energy as renewable energy source: SWOT analysis. In F.M. Guangul, G. T. Chala (Eds.), In *2019 4th MEC International Conference on Big Data and Smart City (ICBDSC)*, Muscat, Oman, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICBDSC.2019.8645580.

Guangul, F. M., Chala, G. T. (2022). A Review for Sustainable Electrification of Ethiopia with Hydropower Energy. In Shahrin Anwar Sulaiman (Ed.), In *Energy and Environment in the Tropics* (pp. 337-358). Singapore: Springer Nature Singapore.

Guttikunda, S. (2008). Co-benefits analysis of air pollution and GHG emissions for Hyderabad, India. *Integrated Environmental Strategies Programme, New Delhi*.

Hastik, R., Basso, S., Geitner, C., Haida, C., Poljanec, A., Portaccio, A., Vrscaj, B., Walzer, C. (2015). Renewable energies and ecosystem service impacts. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 48, 608-623.

Harding, S. (2016). *Marine Debris: Understanding, Preventing and Mitigating the Significant Adverse Impacts on Marine and Coastal Biodiversity*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity.

Hernandez, R. R., Easter, S. B., Murphy-Mariscal, M. L., Maestre, F. T., Tavassoli, M., Allen, E. B., Allen, M. F. (2014). Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 766-779.

- Hernandez, R. R., Easter, S. B., Murphy-Mariscal, M. L., Maestre, F. T., Tavassoli, M., Allen, E. B., Allen, M. F. (2015). Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(44), 13579-13584.
- Hertwich, E., de Larderel, J. A., Arvesen, A., Bayer, P., Bergesen, J., Bouman, E., Suh, S. (2016). *Green Energy Choices: The benefits, risks, and trade-offs of low-carbon technologies for electricity production*. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA).
- Hickel, J. (2019). The contradiction of the sustainable development goals: Growth versus ecology on a finite planet. *Sustainable Development*, 27(5), 873-884.
- Holdren, J. P., Smith, K. R., Kjellstrom, T., Streets, D., Wang, X., Fischer, S. (2000). Energy, the environment and health. *New York: United Nations Development Programme*.
- Horobet, A., Popovici, O. C., Zlatea, E., Belascu, L., Dumitrescu, D. G., Curea, S. C. (2021). Long-run dynamics of gas emissions, economic growth, and low-carbon energy in the European Union: the fostering effect of FDI and trade. *Energies*, 14(10), 2858.
- Hu, M., Zhao, B., Suhendri, Ao, X., Cao, J., Wang, Q. (2023). Applications of radiative sky cooling in solar energy systems: Progress, challenges, and prospects. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 160, 112304.
- Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2014). Retrieved on 27 August 2024 from <https://www.ipcc.ch/>
- Hu, Y., Cheng, H., Tao, S. (2023). Environmental and human health impacts of geothermal exploitation in China and mitigation strategies. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 53(11), 1173–1196.
- Jagger, P., Shively, G. (2014). Land use change, fuel use and respiratory health in Uganda. *Energy policy*, 67, 713-726.
- Jeffery, R. D., Krogh, C., Horner, B. (2013). Adverse health effects of industrial wind turbines. *Canadian Family Physician*, 59(5), 473-475.

Jiang, Y., Liang, X., Jiang, T., Wang, Z. L. (2023). Advances in triboelectric nanogenerators for blue energy harvesting and marine environmental monitoring. *Engineering*.

Joshi, V., Tanwar, A. S., Kachot, D. Tidal Energy Resources in India: Potential, Status and Development of Tidal Energy Generation with Relevant Policies in India. *MANFEX 2013*.

Kabeyi, M. J. B., Olanrewaju, O. A. (2022). Geothermal wellhead technology power plants in grid electricity generation: A review. *Energy Strategy Reviews*, 39, 100735.

Karri, R. R., Ravindran, G., Dehghani, M. H. (2021). Wastewater—sources, toxicity, and their consequences to human health. In R. R. Karri, G. Ravindran, M. H. Dehghani (Eds.), *In Soft computing techniques in solid waste and wastewater management* (pp. 3-33). Elsevier.

Keegan, M. H. (2014). *Wind Turbine Blade Leading Edge Erosion: An investigation of rain droplet and hailstone impact induced damage mechanisms*.

Kemp, P. S. (2015). Impoundments, barriers and abstractions: impact on fishes and fisheries, mitigation and future directions. *Freshwater Fisheries Ecology*, 717-769.

Keulers, L., Dehghani, A., Knippels, L., Garssen, J., Papadopoulos, N., Folkerts, G., Van Bergenhenegouwen, J. (2022). Probiotics, prebiotics, and synbiotics to prevent or combat air pollution consequences: The gut-lung axis. *Environmental Pollution*, 302, 119066.

Khan, N. D., Kalair, A., Abas, N., Haider, A. (2017). Review of ocean tidal, wave and thermal energy technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 590-604.

Kim, B. J., Lee, S. Y., Kim, H. B., Lee, E., Hong, S. J. (2014). Environmental changes, microbiota, and allergic diseases. *Allergy, asthma & immunology research*, 6(5), 389-400.

Kougias, I., Aggidis, G., Avellan, F., Deniz, S. (2019). Analysis of emerging technologies in the hydropower sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier.

Kyayesimira, J., Florence, M. (2021). Health concerns and use of biomass energy in households: Voices of women from rural communities in Western Uganda. *Energy, Sustainability and Society*, 11, 1-13.

Legg, Stephen. "IPCC, 2021: Climate change 2021-the physical science basis." *Interaction* 49, no. 4 (2021): 44-45.

Lelieveld, J., Pozzer, A., Pöschl, U., Fnais, M., Haines, A., Münzel, T. (2020). Loss of life expectancy from air pollution compared to other risk factors: a worldwide perspective. *Cardiovascular research*, 116(11), 1910-1917.

Li, J., He, C., Ying, J., Hua, B., Yang, Y., Chen, W., Liu, W., Ye, D., Sun, X., Mao, Y., Chen, K. (2024). Air pollutants, genetic susceptibility, and the risk of incident gastrointestinal diseases: A large prospective cohort study. *Environmental Research*, 247, 118182.

Li, J. (2021). *Modelling and load alleviation control of large and flexible wind turbines with smart rotors* (Doctoral dissertation, University of Warwick).

Li, X., Li, M., Amoudry, L., Ramirez-Mendoza, R., Thorne, P., Song, Q. (2020). Three-dimensional modelling of suspended sediment transport in the far wake of tidal stream turbines. *Renewable Energy*, 151, 956-965.

Li, J., Tarpani, R. R. Z., Stamford, L., Gallego-Schmid, A. (2023). Life cycle sustainability assessment and circularity of geothermal power plants. *Sustainable Production and Consumption*, 35, 141-156.

Liu, J. Y., Sayes, C. M. (2022). A toxicological profile of silica nanoparticles. *Toxicology Research*, 11(4), 565-575.

Liu, J., Martin, P. F., McGrail, B. P. (2021). Rare-earth element extraction from geothermal brine using magnetic core-shell nanoparticles-techno-economic analysis. *Geothermics*, 89, 101938.

Lund, J. W., Toth, A. N. (2021). Direct utilization of geothermal energy 2020 worldwide review. *Geothermics*, 90, 101915.

Mahdy, M., Bahaj, A. B. S. (2018). Multi-criteria decision analysis for offshore wind energy potential in Egypt. *Renewable Energy*, 118, 278-289.

- Mahmoud, M., Ramadan, M., Olabi, A., Pullen, K., Naher, S. (2020). A review of mechanical energy storage systems combined with wind and solar applications. *Energy Conversion and Management*, 210, 112670.
- Majeed, M. T., Luni, T. (2019). Renewable energy, water, and environmental degradation: A global panel data approach. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences (PJCSS)*, 13(3), 749–778.
- Manzella, A., Bianchi, F., Ventisette, M. S., Gorini, F., Lelli, M., Montanari, D., Nador, A. (2019). *Report on mitigation measures*. Geoenvi.
- Manzella, A. (2017). *Overview of geothermal energy resources and potential applications*. EPJ Web of Conferences, EDP Sciences, Vol. 148, p. 00012.
- Maradin, D. (2021). Advantages and disadvantages of renewable energy sources utilization. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(1), 302-308.
- Mariello, M., Fachechi, L., Guido, F., De Vittorio, M. (2021). Multifunctional sub-100 μm thickness flexible piezo/triboelectric hybrid water energy harvester based on biocompatible AlN and soft parylene C-PDMS-Ecoflex™. *Nano Energy*, 83, 105811.
- Martínez, M. L., Vázquez, G., Pérez-Maqueo, O., Silva, R., Moreno-Casasola, P., Mendoza-González, G., Lara-Domínguez, A. L. (2021). A systemic view of potential environmental impacts of ocean energy production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 149, 111332.
- Masanet, E., Shehabi, A., Lei, N., Smith, S., Koomey, J. (2020). Recalibrating global data center energy-use estimates. *Science*, 367(6481), 984-986.
- Matin Nazar, A., Idala Egbe, K. J., Abdollahi, A., Hariri-Ardebili, M. A. (2021). Triboelectric nanogenerators for energy harvesting in ocean: A review on application and hybridization. *Energies*, 14(18), 5600.
- May, R., Nygård, T., Falkdalen, U., Åström, J., Hamre, Ø., Stokke, B. (2020). Paint it black: Efficacy of increased wind turbine rotor blade visibility to reduce avian fatalities. *Ecology And Evolution*, 10(16), 8927-8935.

May, R., Stokke, B. G., Nygård, T., Falkdalen, U., Pedersen, H. C. (2020). Effect of tower base painting on willow ptarmigan collision rates with wind turbines. *Ecology and Evolution*, 10(12), 5670-5679.

Matouskova, K., Vandenberg, L. N. (2022). Towards a paradigm shift in environmental health decision-making: A case study of oxybenzone. *Environmental Health*, 21(1), 6.

McCartney, M. (2009). Living with dams: managing the environmental impacts. *Water Policy*, 11(S1), 121-139.

McCartney, M. P., Sullivan, C., Acreman, M. C., McAllister, D. E. (2001). Ecosystem impacts of large dams. *Background paper*, 2.

McCluskie, A. E., Langston, R. H. W., Wilkinson, N. I. (2012). Birds and wave & tidal stream energy: an ecological review. *RSPB Res. Report*, 42, 1-120.

McCunney, R. J., Mundt, K. A., Colby, W. D., Dobie, R., Kaliski, K., Blais, M. (2014). Wind turbines and health: A critical review of the scientific literature. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 56(11), e108-e130.

McLachlan, R. (2017). *The larval morphology and the effects of sound frequencies on the settlement behaviour of the biofouling Bryozoan: Watersipora subatra* (Doctoral dissertation, Open Access Te Herenga Waka-Victoria University of Wellington).

Medvedieva, M., Smirnova, X. (2019). Climate and Energy Governance at a Crossroad: Global, Regional and National Dimensions. *Electrotehnica, Electronica, Automatica*, 67(1).

Meletiou, A., Grace, M., Darbi, M., Pham, M., Locher-Krause, K., Rueff, H. (2019). EU renewable energy policies, global biodiversity, and the UN SDGs: a report of the EKLIPSE project.

Menberg, K., Pfister, S., Blum, P., Bayer, P. (2016). A matter of meters: state of the art in the life cycle assessment of enhanced geothermal systems. *Energy & Environmental Science*, 9(9), 2720-2743.

Mermiri, M., Mavrovounis, G., Kanellopoulos, N., Papageorgiou, K., Spanos, M., Kalantzis, G., Saharidis, G., Gourgoulisanis, K., Pantazopoulos, I. (2022). Effect of PM2.5

levels on ed visits for respiratory causes in a Greek semi-urban area. *Journal of Personalized Medicine*, 12(11), 1849.

Mmereki, D., Brouwer, D. (2022). Application of innovative materials and methods in green buildings and associated occupational exposure and health of construction workers: A systematic literature review. *Journal of Construction Engineering and Management*, 148(8), 04022068.

Morrison-Saunders, A., Arts, J., Bond, A., Pope, J., Retief, F. (2021). Reflecting on, and revising, international best practice principles for EIA follow-up. *Environmental Impact Assessment Review*, 89, 106596.

Mousavi, S. E., Delgado-Saborit, J. M., Adivi, A., Pauwels, S., Godderis, L. (2022). Air pollution and endocrine disruptors induce human microbiome imbalances: A systematic review of recent evidence and possible biological mechanisms. *Science of The Total Environment*, 816, 151654.

Moya, D., Aldás, C., Kaparaju, P. (2018). Geothermal energy: Power plant technology and direct heat applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 889-901.

Mulyana, I. (2016). The Development of International Law in the Field of Renewable Energy. *Hasanuddin Law Review*, 1(1), 38-60.

Mulvaney, D., Bolam, V., Cendejas, M., Davis, S., Ornelas, L., Kim, S., MacDonald, K. (2009). Toward a Just and Sustainable Solar Energy Industry. *Silicon Valley Toxics Coalition*.

Najam, A., Cleveland, C. J. (2005). Energy and sustainable development at global environmental summits: an evolving agenda. In L. Hens, B. Nath (Eds.), *In The World Summit on Sustainable Development: The Johannesburg Conference*. Netherlands: Springer, 113-134.

Nain, P., Kumar, A. (2020). Ecological and human health risk assessment of metals leached from end-of-life solar photovoltaics. *Environmental Pollution*, 267, 115393.

Nazir, M., Ali, N., Bilal, M., Iqbal, H. (2020). Potential environmental impacts of wind energy development: A global perspective. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 13, 85-90.

NEHA (2022). Investing in an Effective Environmental Health System. Retrieved on 15 June 2023, from [NEHA - National Environmental Health Association](https://neha.org.uk/)

Neill, S. P., Haas, K. A., Thiébot, J., Yang, Z. (2021). A review of tidal energy—Resource, feedbacks, and environmental interactions. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 13(6). <https://pubs.aip.org/aip/jrse/article/13/6/062702/285164>

Nieder, R., Benbi, D. K., Reichl, F. X., Nieder, R., Benbi, D. K., Reichl, F. X. (2018). Soil-borne particles and their impact on environment and human health. *Soil components and human health*, 99-177.

Olsson, G. (2015). *Water and energy: threats and opportunities*. IWA publishing.

OECD (2016). Linking Renewable Energy to Rural Development. [Oecd-ilibrary.org](https://oecd-ilibrary.org/urban-rural-and-regional-development/linking-renewable-energy-to-rural-development_9789264180444-en). (2016). Retrieved on 15 June 2023, from: https://www.oecd-ilibrary.org/urban-rural-and-regional-development/linking-renewable-energy-to-rural-development_9789264180444-en.

Palmeto. 2022. The Health and Environmental Benefits of Solar Energy. [Palmetto.com](https://palmetto.com/learning-center/blog/health-environmental-benefits-of-solar-energy). (2022). Retrieved on 16 June 2023, from: <https://palmetto.com/learning-center/blog/health-environmental-benefits-of-solar-energy>.

Paolini, V., Petracchini, F., Segreto, M., Tomassetti, L., Naja, N., Cecinato, A. (2018). Environmental impact of biogas: A short review of current knowledge. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 53(10), 899–906.

Paulillo, A., Striolo, A., Lettieri, P. (2020). The environmental impacts and the carbon intensity of geothermal energy: A case study on the Hellisheiði plant. *Environment International*, 133, 105226.

Pejić, S. (2021) Disaster-induced displacement: the protection of disaster-affected people in international law/vorgelegt von Mag. Siniša Pejić.

- Peralta, G. L., Hunt, J. M. (2003). *A primer on health impacts of development programs*. Asian Development Bank.
- Pestana, I. A., Azevedo, L. S., Bastos, W. R., Magalhães de Souza, C. M. (2019). The impact of hydroelectric dams on mercury dynamics in South America: A review. *Chemosphere*, 219, 546–556.
- Piłatowska, M., Geise, A. (2021). Impact of clean energy on CO2 emissions and economic growth within the phases of renewables diffusion in selected European countries. *Energies*, 14(4), 812.
- Pitelis, A., Vasilakos, N., Chalvatzis, K. (2020). Fostering innovation in renewable energy technologies: Choice of policy instruments and effectiveness. *Renewable Energy*, 151, 1163-1172.
- Popa, V. (2022). Hydropower development perspectives in the context of climate change and environmental protection. *Annals of the University of Bucharest. Geography Series/Analale Universitatii Bucuresti. Seria Geografie*, 71.
- Popp, J., Lakner, Z., Harangi-Rákos, M., Fari, M. (2014). The effect of bioenergy expansion: Food, energy, and environment. *Renewable and sustainable energy reviews*, 32, 559-578.
- Prabhakar, S., Singh, A. K., Pooni, D. S. (2012). Effect of environmental pollution on animal and human health: a review. *Indian Journal of Animal Sciences*, 82(3), 244.
- Pringle, A. M., Handler, R. M., Pearce, J. M. (2017). Aquavoltaics: Synergies for dual use of water area for solar photovoltaic electricity generation and aquaculture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 572-584.
- Punch, J. L., James, R. R. (2016). Wind turbine noise and human health: A four-decade history of evidence that wind turbines pose risks. *Hearing Health and Technology Matters*. Retrieved on 11 July 2024 from: https://www.gegenwind-lohra.de/images/Fachinformationen/Dicke-Brocken/wind-turbine-noise-and-human-health_21102016.pdf

Qasim, M., Xiao, H., He, K., Noman, A., Liu, F., Chen, M.-Y., Hussain, D., Jamal, Z. A., Li, F. (2020). Impact of landfill garbage on insect ecology and human health. *Acta Tropica*, 211, 105630.

Quaranta, E., Bejarano, M.D., Comoglio, C. (2023). *Digitalization and real-time control to mitigate environmental impacts along rivers: Focus on artificial barriers, hydropower systems, and European priorities*. Science of The Total Environment.

Quina, M. J., Bordado, J. C. M., Quinta-Ferreira, R. M. (2010). Chemical stabilization of air pollution control residues from municipal solid waste incineration. *Journal of Hazardous Materials*, 175(1-3), 1072-1079.

Rahman, A., Farrok, O., Haque, M. (2022). Environmental impact of renewable energy source based electrical power plants: Solar, wind, hydroelectric, biomass, geothermal, tidal, ocean, and osmotic. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 161, 112279.

Rahmati, P. (2024). Oxygenation of flowing water with an elbow deflector: Physical model. *Proceedings of the 10th International Symposium on Aeration Technology in Wastewater Treatment*, ETH Zurich.

Ramos, V., Carballo, R., Álvarez, M., Sánchez, M., Iglesias, G. (2013). Assessment of the impacts of tidal Stream Energy through high-resolution numerical modeling. *Energy*, 61, 541-554.

Rehman, S., Alam, M. M., Alhems, L. M., Rafique, M. M. (2018). Horizontal axis wind turbine blade design methodologies for efficiency enhancement—A review. *Energies*, 11(3), 506.

Renkens, I. (2019). The impact of renewable energy projects on indigenous communities in Kenya. *IWGIA Report*, 28.

REN21 2017, Global Status Report. Retrieved on 11 July 2023, from: <https://www.ren21.net/gsr-2017/pages/ren21/ren21/>

Rotich, I. K., Chepkirui, H., Musyimi, P. K., Kipruto, G. (2024). Geothermal energy in Kenya: Evaluating health impacts and environmental challenges. *Energy for Sustainable Development*, 82, 101522.

Ruther, R., do Nascimento, L. R., Campos, R. A. (2017). Performance assessment issues in utility-scale photovoltaics in warm and sunny climates. *Renewable Energy and Environmental Sustainability*, 2, 35.

Sadrehaghighi, I. (2020). Wind Turbines: 12-13

Sampedro, J., Smith, S. J., Arto, I., González-Eguino, M., Markandya, A., Mulvaney, K. M., Van Dingenen, R. (2020). Health co-benefits and mitigation costs as per the Paris Agreement under different technological pathways for energy supply. *Environment international*, 136, 105513.

Santos, A. (2018). The Energy Trilemma of the European Union: Finding the right Balance.

Schade, J. (2017). Kenya'Olkaria IV'Case Study Report: Human Rights Analysis of the Resettlement Process.

Shahsavari, A., Akbari, M. (2018). Potential of solar energy in developing countries for reducing energy-related emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 275-291.

Shi, W., Qin, B. (2023). Sediment and nutrient trapping by river dams: a critical review based on 15-year big data. *Current Pollution Reports*, 9(2), 165-173.

Shields, M. A., Woolf, D. K., Grist, E. P., Kerr, S. A., Jackson, A. C., Harris, R. E., Side, J. (2011). Marine renewable energy: The ecological implications of altering the hydrodynamics of the marine environment. *Ocean & Coastal Management*, 54(1), 2-9.

Singh, L., Joseph, K. J. (Eds.). (2023). *Reimagining Innovation Systems in the COVID and Post-COVID World*. Taylor & Francis.

Singh, M., Arif, N., Bhatia, A. (2023). The Application of Biotechnology in the Realm of Bioenergy and Biofuels. *Biotechnology in Environmental Remediation*, 209-220.

Singh, A. K., Jen, T. C. (2021). Introduction to nanomaterials and their applications in optoelectronics. *In Nanomaterials for optoelectronic applications*. Apple Academic Press, pp. 1-75.

Singh, A., Mandavkar, R., Singh, S., Prabhu Bhembre, R., Jain, D., Rufuss, D. D. W. (2021, July). Socio-environmental impacts of hydro power technology-a review. In *ASME Power Conference* (Vol. 85109, p. V001T09A003). American Society of Mechanical Engineers.

Silva, S., Laranjeira, E., Soares, I. (2021). Health Benefits from Renewable Electricity Sources: A Review. *Energies*, 14(20), 6678.

Smith, J. M. (2021). *Multi-Criteria Site Selection for Innovative Wind Turbine Adoption in an Urban Environment* (Doctoral dissertation, University of Southern California).

Smith, K. R., Frumkin, H., Balakrishnan, K., Butler, C. D., Chafe, Z. A., Fairlie, I., Schneider, M. (2013). Energy and human health. *Annual Review of public health*, 34(1), 159-188.

Smyth, K., Elliott, M. (2014). Develop risk assessments leading to best practice: Resource. Retrieved on 11 July 2024 from: https://www.researchgate.net/profile/Katie-Smyth-3/publication/263973141_Develop_Risk_assessments_leading_to_Best_Practice_Resource_Exploitation_Renewable_Energy/links/5540fffe0cf2b790436bc35d/Develop-Risk-assessments-leading-to-Best-Practice-Resource-Exploitation-Renewable-Energy.pdf

Stober, I., Bucher, K. (2013). *Geothermal energy: From theoretical models to exploration and development*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, doi, 10, 978-3.

Solarz, M. W. (Ed.). (2018). *New geographies of the globalized world*. Routledge.

Soltani, M., Kashkooli, F. M., Souri, M., Rafiei, B., Jabarifar, M., Gharali, K., Nathwani, J. S. (2021). Environmental, economic, and social impacts of geothermal energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 140, 110750.

Sondakh, G. G. (2022). Life Cycle Assessment of the Geothermal Power Plant in the Patuha Geothermal Field, Indonesia. *Energy*.

Tamire Awono, M. (2020). Exposure to household air pollution among women and children in Ethiopia: Socio-cultural factors and the association with airway health.

Teneler, A., Hassoy, H. (2023). Health effects of wind turbines: A review of the literature between 2010-2020. *International Journal of Environmental Health Research*, 33(2), 143–157.

Tiron, R., Mallon, F., Dias, F., Reynaud, E. G. (2015). The challenging life of wave energy devices at sea: A few points to consider. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 1263-1272.

Tomczyk, P., Wiatkowski, M. (2020). Shaping changes in the ecological status of watercourses within barrages with hydropower schemes: literature review. *Archives of Environmental Protection*, 46(4), 78-94.

Tshemese, Z., Deenadayalu, N., Liganiso, L. Z., Chetty, M. (2023). An overview of biogas production from anaerobic digestion and the possibility of using sugarcane wastewater and municipal solid waste in a South African context. *Applied System Innovation*, 6(1), 13.

Ulucak, R., Erdogan, S. (2022). The effect of nuclear energy on the environment in the context of globalization: consumption vs production-based CO₂ emissions. *Nuclear Engineering and Technology*, 54(4), 1312-1320.

Ullah, N., Ahmad, A., Sarfaraz, R., Khalid, S., Ali, I., Younas, M., Rezakazemi, M. (2023). Challenges and Solutions in Solar Photovoltaic Technology Life Cycle. *ChemBioEng Reviews*, 10(4), 541-584.

UN Knowledge Platform on Sustainable Development, Retrieved on 15 June 2023 from: <https://sustainabledevelopment.un.org>.

Ungemach, P., Andritsos, N. (2019). *Environmental Impacts and Mitigation*.

Retrieved on 24 February 2024 from:

<https://geocom.geonardo.com/assets/elearning/8.3.Environmental%20Impacts.pdf>.

Uría-Martínez, R., Johnson, M. M., Shan, R., Samu, N. M., Oladosu, G., Werble, J. M., Battey, H. (2021). *US hydropower market report* (No. DOE/EE-2088). Oak Ridge National Lab. (ORNL), Oak Ridge, TN (United States).

US EIA, (2022). Retrieved on 12 August 2023 from:

https://www.eia.gov/outlooks/aeo/IIF_carbonfee/pdf/carbon_fee_analysis.pdf

United Nations, Documentation, Reference, & Terminology Section (1992). Retrieved on 28 July 2023 from: <https://www.un.org/en/conferences/environment/rio1992>

Usman, A., Ameta, S. K., Tukur, A., Danjuma, M. S., Yusuf, T. U., Hamza, Y. G. (2020). An Overview of the Adverse Effects of Renewable Energy Sources. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 8(7), 477-486.

Vella, G., Rushforth, I., Mason, E., Hough, A., England, R., Styles, P., Thorne, P. (2001). Assessment of the effects of noise and vibration from offshore wind farms on marine wildlife.

Vickram, S., Manikandan, S., Deena, S. R., Mundike, J., Subbaiya, R., Karmegam, N., Awasthi, M. K. (2023). Advanced biofuel production, policy and technological implementation of nano-additives for sustainable environmental management—A critical review. *Bioresource Technology*, 387, 129660.

Vu, T. T. (2021). An investigation into current challenges in solar cell technology.

Wang, L., Zhu, D. (2019). Enhancing Output Power of a Cantilever-Based Flapping Airflow Energy Harvester Using External Mechanical Interventions. *Sensors*, 19(7), 1499.

Wang, G., Yang, Y., Wang, S. (2020). Ocean thermal energy application technologies for unmanned underwater vehicles: A comprehensive review. *Applied Energy*, 278, 115752.

Warman, E., Armi, W., Fahmi, F. (2015). A Comprehensive Study of Sea Wave Tidal Power Plant (PLTPS). In *ICOSTEERR 2018-International Conference of Science, Technology, Engineering, Environmental and Ramification Researches*, Vol. 5, p. 3.

Whitfield, K. (2015). Quick Guide to Sustainable Development: History and Concepts- Quick Guide March 2015. Retrieved on 15 June 2022 from: <https://senedd.wales/research%20documents/gg15-003%20-%20sustainable%20development%20history%20and%20concepts/gg15-003.pdf>.

Wilkinson, P., Smith, K. R., Joffe, M., Haines, A. (2007). A global perspective on energy: health effects and injustices. *The Lancet*, 370(9591), 965-978.

World Health Organization. (2018). *Health and human rights* (No. WHO-EM/TFI/027/E).

Yang, J., Zhao, Y., Cao, J., Nielsen, C. P. (2021). Co-benefits of carbon and pollution control policies on air quality and health till 2030 in China. *Environment international*, 152, 106482.

Yoshizuka, K., Nishihama, S. (2016). Removal system of arsenic from geothermal water by high gradient magnetic separation. *Materials and Methods for Water*, Taylor & Francis.

Okada, H., Kudo, Y., Nakazawa, H., Chiba, A., Mitsuhashi, K., Ohara, T., Wada, H. (2004). Removal system of arsenic from geothermal water by high gradient magnetic separation-HGMS reciprocal filter. *IEEE transactions on applied superconductivity*, 14(2), 1576-1579.

Zarrouk, S. J., Moon, H. (2014). Efficiency of geothermal power plants: A worldwide review. *Geothermics*, 51, 142-153.

Zehner, O. (2012). *Green illusions: the dirty secrets of clean energy and the future of environmentalism*. U of Nebraska Press.

Zhu, Z., Guo, Y., Zhao, Y., Zhou, T. (2022). Carbon reclamation from biogas plant flue gas for immobilizing lead and neutralizing alkalis in municipal solid waste incineration fly ash. *Chemical Engineering Journal*, 437, 135438.

Ziorgiannis, N., Simon, D. H., Hollingsworth, A. J. (2020). Estimating co-pollutant benefits from climate change policies in the electricity sector: A regression approach. *Energy Economics*, 90, 104863.

Zuffi, C., Manfrida, G., Asdrubali, F., Talluri, L. (2022). Life cycle assessment of geothermal power plants: A comparison with other energy conversion technologies. *Geothermics*, 104, 102434.