



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

«Σύγχρονες Τεχνολογίες Διαχείρισης Περιβαλλοντικών Κινδύνων»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ
ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΟΥΣ»**



Ονοματεπώνυμο φοιτήτριας: Αντωνία Μπαρκιά

ΑΜ: M061922003

Επιβλέπων καθηγητής:

Ιωάννης Χουλιάρας, Καθηγητής

Λάρισα, 2023



UNIVERSITY OF THESSALY

“Advanced Technologies for Environmental Risk Management”

POSTGRADUATE MASTER’S THESIS

**“CONTEMPORARY ENVIRONMENTAL ISSUES AND METHODS OF
ADDRESSING THEM”**



Name of student: Αντωνία Μπαρκιά

PN: M061922003

Supervisor:

Ioannis Chouliaras, Professor

Larisa, 2023

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«Σύγχρονες Τεχνολογίες Διαχείρισης Περιβαλλοντικών Κινδύνων»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ
ΤΟΥΣ»

“CONTEMPORARY ENVIRONMENT ISSUES AND METHODS OF ADDRESSING
THEM”

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την Μήνας Έτος.

Επιβλέπων: Ιωάννης Χουλιάρας,
Καθηγητής

.....
Ον/μο Μέλους Δ.Ε.Π

Ιδιότητα Μέλους Δ.Ε.Π

.....
Ον/μο Μέλους Δ.Ε.Π

Ιδιότητα Μέλους Δ.Ε.Π

Λάρισα, 08/2023

.....

Ονοματεπώνυμο Συγγραφέα: Αντωνία Μπαρκιά

Ιδιότητα: Γεωπόνος

Copyright © Αντωνία Μπαρκιά, (2023)

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται στο συγγραφέα.

Το περιεχόμενο της διπλωματικής εργασίας εκφράζει τις απόψεις της συγγραφέα και ουδεμία ευθύνη για το περιεχόμενο φέρουν ο επιβλέπων, και η εξεταστική επιτροπή για αυτό.

ΔΗΛΩΣΗ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ενυπογράφως ότι είμαι αποκλειστικός συγγραφέας της παρούσας Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας, για την ολοκλήρωση της οποίας κάθε βοήθεια είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται λεπτομερώς στην εργασία αυτή.

Έχω αναφέρει πλήρως και με σαφείς αναφορές, όλες τις πηγές χρήσης δεδομένων, απόψεων, θέσεων και προτάσεων, ιδεών και λεκτικών αναφορών, είτε κατά κυριολεξία είτε βάσει επιστημονικής παράφρασης.

Αναλαμβάνω την προσωπική και ατομική ευθύνη ότι σε περίπτωση αποτυχίας στην υλοποίηση των ανωτέρω δηλωθέντων στοιχείων, είμαι υπόλογος έναντι λογοκλοπής, γεγονός που σημαίνει αποτυχία στη Διπλωματική μου Εργασία και κατά συνέπεια αποτυχία απόκτησης του Μεταπτυχιακού Τίτλου των Μεταπτυχιακών Σπουδών, πέραν των λοιπών συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων.

Δηλώνω, συνεπώς, ότι αυτή η Μ.Δ.Ε. προετοιμάστηκε και ολοκληρώθηκε από εμένα προσωπικά και ότι, αναλαμβάνω πλήρως όλες τις συνέπειες του νόμου στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής άλλης πνευματικής ιδιοκτησίας.

Ονοματεπώνυμο Συγγραφέα: Αντωνία Μπαρκιά

Υπογραφή:

Ημερομηνία: 07/08/2023

Σε εσένα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στο να φέρω σε πέρας την παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, κ. Ιωάννη Χουλιάρα για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	ix
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	x
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	xi
ABSTRACT	xiii
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	5
2.1 Εισαγωγικές έννοιες.....	5
2.2 Η διασύνδεση των περιβαλλοντικών παραγόντων και της ανθρώπινης ευμερίας.....	9
2.3 Φυσικές καταστροφές: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις και ανθρώπινες προκλήσεις	10
2.4 Το αποτύπωμα της ανθρωπότητας: Η καταστροφή της φύσης και του περιβάλλοντος.....	12
2.5 Συνέπειες της καταστροφής του φυσικού περιβάλλοντος	16
3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	20
3.1 Ρύπανση και περιβάλλον.....	20
3.2 Μεταφορά ρύπων	21
3.3 Κατηγορίες περιβαλλοντικών προβλημάτων	22
4. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ	63
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	102
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	104

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2-1. Η Φύση	10
Εικόνα 2-2. Περιβαλλοντική καταστροφή από ανθρωπογενείς παράγοντες	14
Εικόνα 3-1. Ρύπανση της ατμοσφαίρας	23
Εικόνα 3-2. Αέρια του θερμοκηπίου	25
Εικόνα 3-3. Το νέφος.....	26
Εικόνα 3-4. Απεικόνιση της γεωγραφική κατανομή του συνολικού όζοντος σε στήλη που ανακτήθηκε από το όργανο παρακολούθησης όζοντος στις 4 Δεκεμβρίου 2015	28
Εικόνα 3-5. Όξινη βροχή.....	30
Εικόνα 3-6. Ρύπανση εδάφους	32
Εικόνα 3-7. Άτυπη χωματερή.....	35
Εικόνα 3-8. Ρύπανση θάλασσάς.....	40
Εικόνα 3-9. Ευτροφισμός.....	43
Εικόνα 3-10. Ερημοποίηση	47
Εικόνα 3-11. Δασική πυρκαγιά.....	49
Εικόνα 3-12. Υπεραλίευση.....	52
Εικόνα 3-13. Αστικοποίηση	53
Εικόνα 3-14. Πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατασκευών γεωτεχνικών έργων.....	59
Εικόνα 4-1. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	91

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3-1. Κατηγορίες περιβαλλοντικών προβλημάτων	22
Πίνακας 4-1. Τυπικές λύσεις με βάση τη φύση για την αντιμετώπιση σύγχρονων περιβαλλοντικών προβλημάτων	66
Πίνακας 4-2. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειες, πλεονεκτήματα και προκλήσεις	92

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι κλιμακούμενες ανησυχίες σχετικά με την υποβάθμιση του περιβάλλοντος έχουν αναδειχθεί ως μία από τις πιο κρίσιμες προκλήσεις που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα στον 21^ο αιώνα. Καθώς οι ανθρώπινες δραστηριότητες συνεχίζουν να επιταχύνονται, τα οικοσυστήματα υφίστανται το μεγαλύτερο βάρος της ρύπανσης, της κλιματικής αλλαγής, της αποψίλωσης των δασών και της εξάντλησης των πόρων. Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά τα σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα που μαστίζουν τον πλανήτη μας, τις εκτεταμένες επιπτώσεις τους και προτείνει αποτελεσματικές στρατηγικές για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων με βιώσιμο τρόπο.

Η διπλωματική εργασία ξεκινά με τη διεξαγωγή εκτενούς ανασκόπησης της τρέχουσας κατάστασης του περιβάλλοντος, τονίζοντας βασικούς δείκτες όπως η άνοδος της παγκόσμιας θερμοκρασίας, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, η απώλεια βιοποικιλότητας και τα αυξανόμενα περιστατικά ακραίων καιρικών φαινομένων. Εξετάζοντας αυτές τις τάσεις, η διατριβή καθιερώνει μια ολοκληρωμένη κατανόηση του επείγοντος και της σοβαρότητας των υπό εξέταση ζητημάτων.

Στη συνέχεια, εμβαθύνει στις βαθύτερες αιτίες αυτών των περιβαλλοντικών προβλημάτων, εξετάζοντας την περίπλοκη αλληλεπίδραση μεταξύ των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, της βιομηχανικής ανάπτυξης και της εκμετάλλευσης των φυσικών πόρων. Επιπλέον, διερευνά τους κοινωνικοοικονομικούς και πολιτικούς παράγοντες που συμβάλλουν στη διαιώνιση επιβλαβών πρακτικών.

Έπειτα, η εστίαση μετατοπίζεται προς την παρουσίαση καινοτόμων και ρεαλιστικών λύσεων για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων. Χρησιμοποιώντας μια διεπιστημονική προσέγγιση, η διατριβή διερευνά τις δυνατότητες των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τη βιώσιμη γεωργία, τις πρακτικές διαχείρισης απορριμμάτων και τις προσπάθειες διατήρησης για τον μετριασμό της περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Δίνεται επίσης έμφαση στον ρόλο των κυβερνητικών πολιτικών, της διεθνούς συνεργασίας και των εκστρατειών ευαισθητοποίησης του κοινού για την προώθηση μιας παγκόσμιας δέσμευσης για βιώσιμη ανάπτυξη.

Επιπλέον, η εργασία εξετάζει περιπτωσιολογικές μελέτες από διάφορες περιοχές του κόσμου που έχουν εφαρμόσει με επιτυχία φιλικές προς το περιβάλλον πρωτοβουλίες, επισημαίνοντας τους βασικούς παράγοντες που συνέβαλαν στην επιτυχία τους. Αυτά τα παραδείγματα του

πραγματικού κόσμου προσφέρουν πολύτιμες γνώσεις σχετικά με την πρακτικότητα και την αποτελεσματικότητα διαφορετικών στρατηγικών σε διαφορετικά περιβάλλοντα.

Τέλος, η παρούσα διπλωματική εργασία τονίζει την ανάγκη για συλλογική δράση και τη συμμετοχή όλων των ενδιαφερομένων, συμπεριλαμβανομένων των κυβερνήσεων, των βιομηχανιών, των κοινοτήτων και των ατόμων, στην αντιμετώπιση αυτών των περιβαλλοντικών προκλήσεων. Υπογραμμίζει τη σημασία της ενίσχυσης μιας νοοτροπίας περιβαλλοντικής διαχείρισης και της προώθησης υπεύθυνων καταναλωτικών προτύπων για τη διασφάλιση της διατήρησης του πλανήτη μας για τις μελλοντικές γενιές.

Λέξεις-κλειδιά: ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, περιβαλλοντικά προβλήματα, βιοποικιλότητα, βιωσιμότητα, κλιματική αλλαγή, ρύπανση

ABSTRACT

The escalating concerns surrounding environmental degradation have emerged as one of the most critical challenges facing humanity in the 21st century. As human activities continue to accelerate, ecosystems suffer the brunt of pollution, climate change, deforestation, and resource depletion. This thesis explores the contemporary environmental problems plaguing our planet, their far-reaching implications, and proposes effective strategies to address these challenges sustainably.

The thesis begins by conducting an extensive review of the current state of the environment, highlighting key indicators such as rising global temperatures, sea-level rise, loss of biodiversity, and increasing incidents of extreme weather events. By examining these trends, the thesis establishes a comprehensive understanding of the urgency and severity of the issues at hand.

Next, the thesis delves into the root causes of these environmental problems, examining the intricate interplay between human activities, industrial growth, and the exploitation of natural resources. Moreover, it investigates the socio-economic and political factors that contribute to the perpetuation of harmful practices.

Subsequently, the focus shifts towards presenting innovative and pragmatic solutions to tackle these challenges. Utilizing a multidisciplinary approach, the thesis explores the potential of renewable energy sources, sustainable agriculture, waste management practices, and conservation efforts to mitigate environmental degradation. Emphasis is also placed on the role of governmental policies, international cooperation, and public awareness campaigns in fostering a global commitment towards sustainable development.

Moreover, the thesis examines case studies from various regions of the world that have successfully implemented environmentally friendly initiatives, highlighting the key factors that contributed to their success. These real-world examples offer valuable insights into the practicality and effectiveness of different strategies in diverse contexts.

Finally, the thesis emphasizes the need for collective action and the involvement of all stakeholders, including governments, industries, communities, and individuals, in addressing these environmental challenges. It underscores the importance of fostering a mindset of

environmental stewardship and promoting responsible consumption patterns to ensure the preservation of our planet for future generations.

Keywords: biodiversity, climate change, environmental problems, sustainability, pollution, renewable energy

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εμφάνιση των πρώτων έντονων περιστατικών ρύπανσης τη δεκαετία του '70 [1] ξύπνησε την ανησυχία για την εξοικονόμηση των απαιτούμενων αγαθών και τις επιπτώσεις στο περιβάλλον και αποτέλεσε το πρώτο σοκ για την καταναλωτική κοινωνία, προωθώντας παράλληλα μια πρώτη γενιά περιβαλλοντικών διαχειριστικών μέτρων «κατασταλτικού» και «επανορθωτικού» χαρακτήρα. Σε εκείνο το διάστημα εμφανίστηκαν και τα πρώτα σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα ευρείας απήχησης: α) πετρελαιοκηλίδες στις θάλασσες [2] με χιλιάδες νεκρά πουλιά και ζώα, β) θάνατοι-παράλυση από την ασθένεια Minamata-Niigata [3] (μεταφορά τοξικών ουσιών-υδραργύρου διαμέσου της τροφικής αλυσίδας στον άνθρωπο), γ) η μεγάλη ποσότητα DDT στο περιβάλλον που οδήγησε σε καταστροφή πληθυσμών πουλιών [4] (επίδραση στην απόθεση ασβεστίου και θρυμματισμός των αυγών).

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα συνήθως προκύπτουν από τη συνεχή επιδίωξη της ανάπτυξης και της μεγέθυνσης της οικονομίας με έναν αλόγιστο τρόπο. Όμως κάθε ανάπτυξη δεν είναι συνώνυμη με την πρόοδο και την ευημερία [5]. Η ανάπτυξη είναι συμβατή με την πρόοδο και την ευημερία μόνο όταν διασφαλίζονται και ανανεώνονται τα φυσικά θεμέλια της ζωής, όταν το παρόν δεν υποθηκεύει το μέλλον. Όταν όμως η ανάπτυξη και η πρόοδος αναφέρονται μόνο στην προβολή των ποσοτικών μεγεθών τους, τότε συνυπάρχουν με τα μεγάλα και παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα.

Στον σημερινό ταχέως μεταβαλλόμενο κόσμο, τα σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα έχουν αναδειχθεί ως μερικές από τις πιο κρίσιμες προκλήσεις που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα. Από τις κλιμακούμενες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής μέχρι την ανησυχητική απώλεια της βιοποικιλότητας, τη ρύπανση, την αποψίλωση των δασών και την εξάντληση των πόρων, η ευημερία του πλανήτη μας και των κατοίκων του κρέμεται στην ισορροπία. Καθώς ο παγκόσμιος πληθυσμός συνεχίζει να αυξάνεται και οι τεχνολογικές εξελίξεις επιταχύνονται, οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν εντείνει τον αντίκτυπό τους στο περιβάλλον, απαιτώντας επείγουσα δράση για τη διαφύλαξη της οικολογικής ακεραιότητας της Γης.

Η σημασία της μελέτης και της αντιμετώπισης των σύγχρονων περιβαλλοντικών προβλημάτων δεν μπορεί να υπερεκτιμηθεί. Οι επιπτώσεις αυτών των θεμάτων είναι εκτεταμένες, επηρεάζοντας όχι μόνο τον φυσικό κόσμο αλλά και την ανθρώπινη υγεία, τα μέσα διαβίωσης και την κοινωνικοοικονομική σταθερότητα. Η αγνόηση ή η υποτίμηση της σοβαρότητας αυτών των προκλήσεων θα μπορούσε να οδηγήσει σε μη αναστρέψιμες συνέπειες για τις σημερινές

και τις μελλοντικές γενιές. Έτσι, η ανάγκη για ολοκληρωμένη έρευνα και βιώσιμες λύσεις καθίσταται υψίστης σημασίας για τη διασφάλιση μιας αρμονικής συνύπαρξης μεταξύ της ανθρωπότητας και του περιβάλλοντος.

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία, πραγματοποιείται μια ολοκληρωμένη διερεύνηση των πολύπλευρων πτυχών των σύγχρονων περιβαλλοντικών προβλημάτων και εμβαθύνουμε στην πολυπλοκότητα των αλληλεπιδράσεων ανθρώπου-περιβάλλοντος. Κατανοώντας τις βαθύτερες αιτίες και τις διασυνδέσεις αυτών των προκλήσεων, στοχεύουμε να ρίξουμε φως σε πιθανές οδούς για τον μετριασμό των επιπτώσεών τους και την προώθηση ενός πιο βιώσιμου μέλλοντος. Αυτή η έρευνα προσπαθεί να συνεισφέρει στον αυξανόμενο όγκο γνώσεων για περιβαλλοντικά ζητήματα, ενισχύοντας τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων και εμπνέοντας θετικές αλλαγές τόσο σε ατομικό όσο και σε κοινωνικό επίπεδο.

Καθώς εμβαθύνουμε στον πυρήνα των σύγχρονων περιβαλλοντικών προβλημάτων, γίνεται φανερό ότι το περιβάλλον είναι ένα περίπλοκο και ευαίσθητο σύστημα, πολύπλοκα διασυνδεδεμένο με όλες τις μορφές ζωής στη Γη. Τα διάφορα συστατικά του, φυσικά και τεχνητά, συνυπάρχουν σε ένα περίπλοκο πλέγμα εξαρτήσεων, διατηρώντας συλλογικά την οικολογική ισορροπία. Η αναγνώριση αυτής της αλληλεξάρτησης είναι ζωτικής σημασίας για την εκτίμηση των πιθανών συνεπειών των ανθρώπινων πράξεων στο περιβάλλον και της ευθύνης που φέρουμε για τη διαμόρφωση της τροχιάς του.

Για να κατανοήσουμε το σύγχρονο περιβαλλοντικό τοπίο, εμβαθύνουμε επίσης στις ιστορικές προοπτικές της ανθρώπινης αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον. Από την αρμονική συνύπαρξη των πρώιμων πολιτισμών με τη φύση έως τις μεταμορφωτικές επιπτώσεις της βιομηχανικής επανάστασης, η εξέλιξη των ανθρώπινων κοινωνιών έπαιξε καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του περιβάλλοντος. Με τις τεχνολογικές προόδους και την αύξηση του πληθυσμού, η ένταση των περιβαλλοντικών ζητημάτων έχει κλιμακωθεί, καθιστώντας αναγκαία την εξέταση των προηγούμενων ενεργειών μας για να ενημερώσουμε την προσέγγισή μας για να προχωρήσουμε.

Τα επόμενα κεφάλαια αυτής της διατριβής εμβαθύνουν στις πιο πιεστικές περιβαλλοντικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει ο κόσμος σήμερα. Κάθε ένα από αυτά τα ζητήματα απαιτεί σχολαστική εξέταση και καινοτόμες λύσεις. Μέσα από μια διερεύνηση του σημαντικού ρόλου των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος, αποκτούμε γνώσεις για τις πρακτικές που έχουν συμβάλει στην παρούσα κατάσταση πραγμάτων. Με την ποσοτικοποίηση του ανθρώπινου αντίκτυπου μέσω του οικολογικού αποτυπώματος και την

κατανόηση της φέρουσας ικανότητας, μπορούμε να κατανοήσουμε καλύτερα τη βιωσιμότητα των επιλογών του τρόπου ζωής μας και της διαχείρισης των πόρων.

Επιπλέον, πρέπει να αναγνωρίσουμε τη διασύνδεση μεταξύ περιβαλλοντικών προβλημάτων και κοινωνικών και οικονομικών προκλήσεων. Η περιβαλλοντική δικαιοσύνη, η ισότητα και ο δυσανάλογος αντίκτυπος των περιβαλλοντικών θεμάτων στις ευάλωτες κοινότητες απαιτούν την προσοχή μας και τις συντονισμένες προσπάθειές μας για να διασφαλίσουμε την ένταξη και τη δικαιοσύνη στην περιβαλλοντική διαχείριση. Η απάντηση της παγκόσμιας κοινότητας σε αυτές τις προκλήσεις είναι κρίσιμη και υπογραμμίζουμε τη σημασία των διεθνών προσπάθειών, συμφωνιών και πρωτοβουλιών που στοχεύουν στην αντιμετώπιση περιβαλλοντικών ζητημάτων και στην προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης.

Ενώ η κλίμακα και η πολυπλοκότητα των σύγχρονων περιβαλλοντικών προβλημάτων μπορεί να φαίνονται τρομακτικές, οι τεχνολογικές καινοτομίες προσφέρουν υποσχόμενες λύσεις. Διερευνούμε τον ρόλο της τεχνολογίας στον μετριασμό των περιβαλλοντικών ζητημάτων, από την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έως την εφαρμογή φιλικών προς το περιβάλλον πρακτικών στη διαχείριση απορριμμάτων και στη βιομηχανία. Επιπλέον, παρουσιάζουμε επιτυχημένες περιπτώσιολογικές μελέτες βιώσιμων πρακτικών σε διάφορους τομείς, προσφέροντας απτά παραδείγματα για το πώς οι βιώσιμες στρατηγικές μπορούν να ενσωματωθούν αποτελεσματικά σε διάφορες πτυχές της ανθρώπινης δραστηριότητας.

Συμπερασματικά, η παρούσα διατριβή επιχειρεί να ρίξει φως στα σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα που ορίζουν την τρέχουσα εποχή μας και την επιτακτική ανάγκη αντιμετώπισής τους. Αναγνωρίζοντας τη σημασία αυτών των θεμάτων, κατανοώντας την πολυπλοκότητά τους και διερευνώντας πιθανές λύσεις, ελπίζουμε να συμβάλουμε σε μια συλλογική προσπάθεια για ένα βιώσιμο μέλλον. Οι ενέργειές μας σήμερα έχουν εκτεταμένες συνέπειες και μέσα από τεκμηριωμένες αποφάσεις και συνειδητές επιλογές, μπορούμε να εργαστούμε για μια αρμονική και ανθεκτική συνύπαρξη με το περιβάλλον, διασφαλίζοντας την ευημερία τόσο των σημερινών όσο και των μελλοντικών γενεών.

Η διατριβή διαρθρώνεται στα εξής κεφάλαια. Το 2^ο κεφάλαιο παρέχει θεμελιώδεις έννοιες που σχετίζονται με το περιβάλλον, εξετάζει τις διασυνδέσεις μεταξύ περιβαλλοντικών παραγόντων και ανθρώπινης ευημερίας, διερευνά τις επιπτώσεις των φυσικών καταστροφών στο περιβάλλον και συζητά το καταστροφικό αποτύπωμα της ανθρωπότητας στη φύση. Το 3^ο κεφάλαιο επικεντρώνεται σε συγκεκριμένα περιβαλλοντικά ζητήματα, συμπεριλαμβανομένης της ρύπανσης, της μεταφοράς ρύπων και αναλύει με λεπτομέρειες τις διάφορες κατηγορίες

σύγχρονων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Το 4^ο κεφάλαιο εμβαθύνει στις πιθανές λύσεις για τις περιβαλλοντικές προκλήσεις που έχουν εντοπιστεί. Τέλος, το 5^ο κεφάλαιο συνοψίζει τα βασικά ευρήματα και γνώσεις της μελέτης, τονίζοντας τον επείγοντα χαρακτήρα της δράσης και προτείνοντας μελλοντικές ερευνητικές κατευθύνσεις και πρακτικές εφαρμογές.

2. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

2.1 Εισαγωγικές έννοιες

Το περιβάλλον είναι ένα πολύπλοκο, δυναμικό σύστημα που περιλαμβάνει τους ζωντανούς οργανισμούς, τα ενδιαιτήματά τους και τα φυσικά στοιχεία που αλληλεπιδρούν για τη διατήρηση της ζωής στη Γη [6]. Αποτελείται από ένα περίπλοκο πλέγμα σχέσεων και διαδικασιών που διατηρούν την οικολογική ισορροπία και υποστηρίζουν την ποικιλομορφία των μορφών ζωής. Το περιβάλλον περιλαμβάνει ένα τεράστιο φάσμα οικοσυστημάτων, από πλούσια δάση και εκτεταμένους ωκεανούς μέχρι ξηρές ερήμους και πανύψηλες οροσειρές. Μέσα σε αυτά τα οικοσυστήματα ευδοκούν αμέτρητα είδη φυτών, ζώων και μικροοργανισμών, καθένα από τα οποία διαδραματίζει μοναδικό ρόλο στη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας.

Η ομορφιά και η ποικιλομορφία της φύσης είναι εμφανείς στο πλούσιο μωσαϊκό των τοπίων και των οικοτόπων που βρίσκονται σε όλο τον κόσμο. Από τους ζωντανούς κοραλλιογενείς υφάλους που σφύζουν από θαλάσσια ζωή μέχρι τα πυκνά τροπικά δάση που ηχούν από τις κραυγές εξωτικών πλασμάτων, το περιβάλλον προσφέρει μια εκπληκτική επίδειξη φυσικών θαυμάτων. Το περιβάλλον δεν αποτελεί μόνο βίοτοπο για μια σειρά από είδη, αλλά προσφέρει επίσης βασικούς πόρους που συντηρούν τον ανθρώπινο πολιτισμό. Ο αέρας που αναπνέουμε, το νερό που πίνουμε, το χώμα που τρέφει τις καλλιέργειές μας και οι πηγές ενέργειας που τροφοδοτούν τη ζωή μας προέρχονται όλα από το περιβάλλον. Είτε πρόκειται για τη ζεστασιά του ήλιου, είτε για τη δύναμη του ανέμου, είτε για τις ζωογόνες ιδιότητες του νερού, αυτά τα φυσικά στοιχεία βρίσκονται στον πυρήνα της ανθρώπινης ύπαρξης.

Στο σύνολό του, το περιβάλλον περιλαμβάνει μια τεράστια και ποικίλη σειρά στοιχείων που διαδραματίζουν θεμελιώδη ρόλο στη διατήρηση της ζωής στη Γη. Για να κατανοήσουμε καλύτερα την πολυπλοκότητά του, μπορούμε να κατατάξουμε το περιβάλλον σε διάφορες αλληλένδετες και βασικές κατηγορίες:

- **Ατμόσφαιρα:** Η ατμόσφαιρα είναι η «κουβέρτα αερίων» που περιβάλλει τον πλανήτη μας. Αποτελείται κυρίως από άζωτο και οξυγόνο, μαζί με ίχνη άλλων αερίων. Αυτό το προστατευτικό στρώμα όχι μόνο παρέχει το οξυγόνο που αναπνέουμε, αλλά ρυθμίζει επίσης τη θερμοκρασία και τα καιρικά φαινόμενα, δημιουργώντας ένα ευνοϊκό περιβάλλον για τη ζωή.

- **Υδρόσφαιρα:** Η υδρόσφαιρα περιλαμβάνει όλα τα υδάτινα σώματα στη Γη, από τους απέραντους ωκεανούς και τις θάλασσες μέχρι τα ποτάμια, τις λίμνες και τα υπόγεια ύδατα. Το νερό είναι απαραίτητο για όλες τις μορφές ζωής, υποστηρίζοντας τα υδάτινα οικοσυστήματα και χρησιμεύοντας ως ζωτικός πόρος για την ανθρώπινη κατανάλωση, τη γεωργία και τη βιομηχανία.
- **Βιόσφαιρα:** Η βιόσφαιρα είναι η ζώνη όπου υπάρχει ζωή, περιλαμβάνοντας όλους τους ζωντανούς οργανισμούς και τις αλληλεπιδράσεις τους με τις άλλες σφαίρες. Περιλαμβάνει μια αξιοσημείωτη ποικιλομορφία χλωρίδας και πανίδας, από μικροσκοπικούς οργανισμούς μέχρι μεγαλοπρεπή πλάσματα, που το καθένα συμβάλλει στον περίπλοκο ιστό της ζωής.
- **Γεωσφαίρα:** Η γεωσφαίρα περιλαμβάνει τη στερεά Γη, συμπεριλαμβανομένων των διαφόρων γεωλογικών χαρακτηριστικών, όπως τα βουνά, οι πεδιάδες, οι κοιλάδες και οι γεωλογικοί σχηματισμοί. Στεγάζει βασικά ορυκτά και πόρους που είναι ζωτικής σημασίας για την ανθρώπινη ανάπτυξη και τις οικονομικές δραστηριότητες
- **Κρυόσφαιρα:** Η κρυόσφαιρα περιλαμβάνει όλο το παγωμένο νερό στη Γη, όπως οι παγετώνες, οι πάγοι και το μόνιμο πάγο. Διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη ρύθμιση του παγκόσμιου κλίματος και της στάθμης της θάλασσας, επηρεάζοντας τα πρότυπα του καιρού και επηρεάζοντας τα ωκεάνια ρεύματα.
- **Ανθρωπόσφαιρα:** Η ανθρωπόσφαιρα είναι η σφαίρα της ανθρώπινης δραστηριότητας και επιρροής στο περιβάλλον. Περιλαμβάνει τους ανθρώπινους οικισμούς, τις υποδομές, τις βιομηχανίες και τις πολιτιστικές πτυχές που διαμορφώνουν τη σχέση μας με τη φύση.

Αυτές οι κατηγορίες δεν είναι απομονωμένες οντότητες αλλά περίπλοκα συνδεδεμένες μεταξύ τους, σχηματίζοντας ένα λεπτό και περίπλοκο σύστημα που συντηρεί τη ζωή όπως την ξέρουμε. Οποιαδήποτε διαταραχή σε μια σφαίρα μπορεί να έχει εκτεταμένες συνέπειες σε άλλες, αναδεικνύοντας τη σημασία της αναγνώρισης της αλληλεξάρτησης του περιβάλλοντος [7].

Η διατήρηση της ισορροπίας και της υγείας του περιβάλλοντος είναι μια κοινή ευθύνη που απαιτεί βιώσιμες πρακτικές, προσπάθειες διατήρησης και βαθύτερη εκτίμηση του φυσικού κόσμου [8]. Κατανοώντας και σεβόμενοι την πολυπλοκότητα του περιβάλλοντος, τα άτομα και οι κοινότητες μπορούν να προσπαθήσουν να προστατεύσουν την ακεραιότητά του και να

εξασφαλίσουν μια αρμονική συνύπαρξη μεταξύ της ανθρωπότητας και των πολύτιμων οικοσυστημάτων που τις συντηρούν.

Το περιβάλλον μπορεί να ταξινομηθεί σε γενικές γραμμές σε δύο κύριες κατηγορίες: το φυσικό περιβάλλον και το ανθρωπογενές περιβάλλον. Αυτή η ταξινόμηση βοηθά τους ανθρώπους να διακρίνουν μεταξύ στοιχείων και ρυθμίσεων που εμφανίζονται φυσικά στον κόσμο και εκείνων που είναι τεχνητά ή επηρεάζονται σημαντικά από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Πιο συγκεκριμένα:

- **Φυσικό περιβάλλον:** Το φυσικό περιβάλλον αναφέρεται στις αναλλοίωτες και παρθένες πτυχές του περιβάλλοντος της Γης που υπάρχουν ανεξάρτητα από την ανθρώπινη επιρροή. Περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία του περιβάλλοντος που έχουν εξελιχθεί και αναπτυχθεί μέσω φυσικών διεργασιών κατά τη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου. Τα βασικά συστατικά του φυσικού περιβάλλοντος περιλαμβάνουν:
 - **Οικοσυστήματα:** Ποικίλα ενδιαιτήματα, όπως τα δάση, τα λιβάδια, οι υγρότοποι, οι έρημοι και τα υδάτινα οικοσυστήματα, μαζί με τον περίπλοκο ιστό αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ζωντανών οργανισμών και του περιβάλλοντός τους.
 - **Βιοποικιλότητα:** Μια πλούσια ποικιλία φυτικών και ζωικών ειδών, καθώς και μικροοργανισμών, που συμβάλλουν στη σταθερότητα και την ανθεκτικότητα των οικοσυστημάτων. Η διασύνδεση της βιοποικιλότητας και των οικοσυστημάτων εξασφαλίζει ότι τα υγιή οικοσυστήματα υποστηρίζουν ένα ευρύ φάσμα ειδών, ενώ τα ποικίλα είδη συμβάλλουν στην ανθεκτικότητα και τη σταθερότητα των οικοσυστημάτων.
 - **Κλίμα και καιρός:** Οι ατμοσφαιρικές συνθήκες, η θερμοκρασία, οι βροχοπτώσεις και τα πρότυπα ανέμων που διαμορφώνονται από φυσικές δυνάμεις, όπως η ηλιακή ακτινοβολία και τα ωκεάνια ρεύματα. Το κλίμα αναφέρεται στα μακροπρόθεσμα πρότυπα θερμοκρασίας, υγρασίας, βροχόπτωσης, ανέμου και άλλων ατμοσφαιρικών συνθηκών σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Επηρεάζεται από παγκόσμιους παράγοντες όπως η κλίση της Γης, η ηλιακή ακτινοβολία και τα ωκεάνια ρεύματα. Ο καιρός, από την άλλη πλευρά, αναφέρεται στις βραχυπρόθεσμες ατμοσφαιρικές συνθήκες σε συγκεκριμένο χρόνο και τόπο. Η κλιματική αλλαγή, η οποία οφείλεται

κυρίως σε ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η καύση ορυκτών καυσίμων και η αποψίλωση των δασών, έχει καταστεί μια από τις σημαντικότερες περιβαλλοντικές προκλήσεις της εποχής μας

- **Γεωλογικά χαρακτηριστικά:** Οι γεωμορφές, τα βουνά, τα ποτάμια, οι κοιλάδες και οι γεωλογικές διεργασίες που έχουν διαμορφώσει την επιφάνεια της Γης κατά τη διάρκεια εκατομμυρίων ετών.
- **Τεχνητό περιβάλλον:** Το τεχνητό περιβάλλον, γνωστό και ως δομημένο περιβάλλον, περιλαμβάνει ανθρωπογενείς ή τροποποιημένες ρυθμίσεις και κατασκευές που εξυπηρετούν τις ανθρώπινες ανάγκες και δραστηριότητες. Είναι αποτέλεσμα ανθρώπινων παρεμβάσεων και τεχνολογικών εξελίξεων και περιλαμβάνει:
 - **Αστικές περιοχές:** Πόλεις, κωμοπόλεις και ανθρώπινοι οικισμοί, μαζί με τις υποδομές τους, τα κτίρια, τους δρόμους και τα συστήματα μεταφορών.
 - **Βιομηχανικές ζώνες:** Εγκαταστάσεις παραγωγής, εργοστάσια και βιομηχανικά συγκροτήματα σχεδιασμένα για παραγωγή και οικονομικές δραστηριότητες.
 - **Γεωργικές εκτάσεις:** Αγροτικές εκτάσεις, γεωργικές πρακτικές και περιοχές καλλιέργειας που διαμορφώνονται για την κάλυψη των αναγκών σε τρόφιμα και πόρους.
 - **Δομημένες κατασκευές:** Ανθρωπογενείς κατασκευές όπως γέφυρες, φράγματα, κτίρια και τεχνητά υδάτινα σώματα.

Η αναγνώριση της διάκρισης μεταξύ φυσικού και τεχνητού περιβάλλοντος είναι σημαντική για την κατανόηση των συνεπειών των ανθρώπινων δράσεων στον πλανήτη. Ενώ οι φυσικοί πόροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον άνθρωπο στο φυσικό περιβάλλον, παραμένουν μέρος της βιόσφαιρας εφόσον η χρήση τους δεν οδηγεί σε υποβάθμιση ή απώλεια της αυτοσυντήρησης [9]. Ωστόσο, οι ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά το φυσικό περιβάλλον, προκαλώντας προκλήσεις όπως η ρύπανση, η καταστροφή των οικοτόπων και κλιματική αλλαγή. Η επίτευξη μιας αρμονικής ισορροπίας μεταξύ αυτών των δύο περιβαλλόντων είναι απαραίτητη για την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης και τη διασφάλιση της μακροπρόθεσμης ευημερίας τόσο της ανθρώπινης κοινωνίας όσο και του φυσικού κόσμου. Απαιτεί υπεύθυνη διαχείριση, προσπάθειες διατήρησης και καινοτόμες προσεγγίσεις για την ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων με παράλληλη διατήρηση της ακεραιότητας και της υγείας του φυσικού περιβάλλοντος.

2.2 Η διασύνδεση των περιβαλλοντικών παραγόντων και της ανθρώπινης ευημερίας

Το περιβάλλον διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της ποιότητας ζωής όλων των έμβιων όντων στον πλανήτη μας [10]. Η ποιότητα ζωής είναι ένα καθολικό ζήτημα που επηρεάζει δισεκατομμύρια ανθρώπους σε όλο τον κόσμο, ανεξάρτητα από τη γεωγραφική τους θέση ή το επίπεδο ανάπτυξής τους. Κατά τη διερεύνηση των δεσμών μεταξύ των περιβαλλοντικών συνθηκών και της ποιότητας ζωής, είναι σημαντικό να εξεταστεί το περιβάλλον με την ευρύτερη έννοια. Παραδοσιακά, οι περιβαλλοντικές ανησυχίες επικεντρώνονται κυρίως σε φυσικές πτυχές, όπως η ποιότητα του αέρα και του νερού, οι φυσικοί πόροι και η βιοποικιλότητα. Ένα καλά διατηρημένο περιβάλλον συμβάλλει σημαντικά στη διατήρηση της βιοποικιλότητας και της οικολογικής ισορροπίας. Ένα ποικίλο φάσμα χλωρίδας και πανίδας είναι απαραίτητο για τη λειτουργία των οικοσυστημάτων, συμπεριλαμβανομένης της επικοινωνίας, της ανακύκλωσης των θρεπτικών συστατικών και του ελέγχου των παρασίτων, τα οποία είναι κρίσιμα για τη γεωργία και την παραγωγή τροφίμων. Για την πλήρη κατανόηση του αντίκτυπου του περιβάλλοντος στην ποιότητα ζωής, απαιτείται μια πιο ολοκληρωμένη προοπτική. Αυτή η ευρύτερη θεώρηση περιλαμβάνει όχι μόνο το φυσικό περιβάλλον αλλά και τις διασυνδέσεις του με κοινωνικοπολιτιστικούς, πολιτικούς και οικονομικούς παράγοντες που επηρεάζουν την ανθρώπινη ευημερία.

Πιο συγκεκριμένα, το περιβάλλον και η φύση, μια χαρακτηριστική εικόνα της οποίας φαίνεται στην Εικόνα 2-1, έχουν βαθύ αντίκτυπο στην ψυχική και συναισθηματική ευημερία. Η πρόσβαση σε χώρους πρασίνου και φυσικά τοπία έχει συνδεθεί με μειωμένα επίπεδα άγχους και βελτιωμένη ψυχική υγεία. Η σύνδεση με τη φύση προάγει την αίσθηση της αρμονίας και της εκτίμησης για τον κόσμο γύρω μας, η οποία μπορεί να προάγει μια θετική προοπτική για τη ζωή και να βελτιώσει τη συνολική ποιότητα ζωής μας.

Επίσης, πέρα από την ατομική ευημερία, το περιβάλλον διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση των μακροπρόθεσμων προοπτικών των κοινωνιών και των οικονομιών. Οι βιώσιμες περιβαλλοντικές πρακτικές διασφαλίζουν τη διατήρηση των πόρων για τις μελλοντικές γενιές, αποτρέποντας την εξάντληση των πόρων και την οικολογική υποβάθμιση. Η υιοθέτηση καθαρών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η εξοικονόμηση νερού και η υιοθέτηση φιλικών προς το περιβάλλον πρακτικών αποτελούν βασικά βήματα προς τη δημιουργία ενός ανθεκτικού και βιώσιμου μέλλοντος.



Εικόνα 2-1. Η Φύση
(<https://www.offlinepost.gr>)

Επιπλέον, ένα υγιές περιβάλλον συνδέεται στενά με την κοινωνική ισότητα και δικαιοσύνη. Τα περιβαλλοντικά ζητήματα συχνά επηρεάζουν δυσανάλογα τις περιθωριοποιημένες κοινότητες, οδηγώντας σε περιβαλλοντικές αδικίες. Η αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων με δικαιοσύνη και συμμετοχικότητα είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση ότι όλοι έχουν ίσο δικαίωμα σε ένα καθαρό και ασφαλές περιβάλλον.

Ακόμη, τα φυσικά φαινόμενα πυροδοτούν την περιέργεια της ανθρωπότητας, αποτελώντας πηγή έμπνευσης και περισυλλογής. Τροφοδοτούν την αναζήτηση της γνώσης στις φυσικές επιστήμες, όπως η αστρονομία, η γεωλογία και η γεωγραφία, ενώ παράλληλα καλλιεργούν την καλλιτεχνική μας αίσθηση, παρέχοντας έναν καμβά για δημιουργικές εκφράσεις και καλλιεργώντας μια βαθύτερη εκτίμηση της αισθητικής και της ομορφιάς του κόσμου.

Ενώ κάθε διάσταση διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη διαμόρφωση της συνολικής ποιότητας ζωής, οι οικονομικοί παράγοντες έχουν αναμφισβήτητη επιρροή στην ανύψωση του επιπέδου της. Η οικονομική ευημερία παρέχει στα άτομα και τις κοινότητες τα μέσα για την πρόσβαση σε βασικούς πόρους, την εκπαίδευση, την υγειονομική περίθαλψη και άλλες ευκαιρίες που συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας ζωής.

2.3 Φυσικές καταστροφές: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις και ανθρώπινες προκλήσεις

Η αδιαμφισβήτητη αλήθεια είναι ότι το περιβάλλον παίζει σπουδαίο ρόλο στη διατήρηση της ζωής στη Γη. Ωστόσο, αυτό το πολύτιμο περιβάλλον απειλείται συνεχώς από διάφορες καταστάσεις, συμπεριλαμβανομένων φυσικών καταστροφών. Οι φυσικές καταστροφές έχουν εκτεταμένες συνέπειες στο περιβάλλον, επηρεάζοντας βαθιά τα οικοσυστήματα και τη

βιοποικιλότητα [11]. Οι φυσικές καταστροφές, όπως οι πυρκαγιές, οι τυφώνες και οι σεισμοί, προκαλούν οικολογικές διαταραχές, εκτοπίζοντας ή εξαφανίζοντας φυτικά και ζωικά είδη. Ως αποτέλεσμα ατμοσφαιρικών, γεωλογικών και υδρολογικών παραγόντων, όπως οι ξηρασίες, οι σεισμοί, οι πλημμύρες, οι τυφώνες και οι κατολισθήσεις, έχουν σοβαρές συνέπειες, όπως απώλεια ανθρώπινων ζώων, υλικές ζημιές και διατάραξη του κοινωνικού και περιβαλλοντικού ιστού.

Μετά την εκδήλωση σοβαρών φυσικών καταστροφών, κρίσιμες υποδομές όπως δρόμοι, δίκτυα επικοινωνίας και πηγές ενέργειας συχνά υφίστανται ζημιές, οδηγώντας σε άμεση τοπική έλλειψη πόρων και δημιουργώντας χαοτικό οικονομικό, πολιτικό και κοινωνικό περιβάλλον. Επιπλέον, η απελευθέρωση ρύπων και μολυσματικών ουσιών κατά τη διάρκεια και μετά από καταστροφές μπορεί να οδηγήσει σε ρύπανση του αέρα, του νερού και του εδάφους, δημιουργώντας σημαντικούς κινδύνους για την υγεία και επηρεάζοντας αρνητικά τη γεωργία. Εκτός των άλλων, αυτές οι καταστροφές έχουν συνδεθεί με κοινωνικές συγκρούσεις, ενισχύοντας τα προϋπάρχοντα επίπεδα φτώχειας και ανισοτήτων [12].

Οι κοινωνικές συγκρούσεις, οι οποίες χαρακτηρίζονται από αμφιλεγόμενες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των κοινωνικών φορέων που επιδιώκουν σπάνιους ή αντικρουόμενους στόχους, ενώ εμποδίζουν τους αντιπάλους να επιτύχουν τους δικούς τους, έχουν διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση των ανθρώπινων κοινωνιών, ενώ ορισμένοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι μπορούν να συμβάλουν στην κοινωνική ολοκλήρωση και να σταθεροποιήσουν την κοινωνική τάξη [13].

Μια άλλη σημαντική ανησυχία που προκύπτει από τις φυσικές καταστροφές είναι η συμβολή τους στην κλιματική αλλαγή. Ορισμένες καταστροφές, όπως οι πυρκαγιές, επιδεινώνονται από την αλλαγή του κλίματος, οδηγώντας σε συχνότερα και σοβαρότερα φαινόμενα. Επιπλέον, η έκλυση αερίων του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια καταστροφών, όπως οι πλημμύρες που κατακλύζουν βιομηχανικές περιοχές, συμβάλλει περαιτέρω στην υπερθέρμανση του πλανήτη και στην αστάθεια του κλίματος. Επίσης, η εκτεταμένη έρευνα σχετικά με τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής που προκαλούν συγκρούσεις έχει πυροδοτήσει μια έντονη συζήτηση εντός των ακαδημαϊκών και ανοικτών κοινοτήτων. Η σχέση μεταξύ της κλιματικής αλλαγής και των κοινωνικών συγκρούσεων περιστρέφεται γύρω από τη δυνατότητά της να ενισχύσει τα υφιστάμενα παράπονα και τις εντάσεις, να προκαλέσει διαμάχες για τους πόρους και να επηρεάσει τις διεθνείς σχέσεις και τη γεωπολιτική [14].

Οι φυσικές καταστροφές έχουν επίσης βαθιές επιπτώσεις στην ανθρώπινη ζωή και τη γενική ευημερία. Η απώλεια ζώων και οι τραυματισμοί κατά τη διάρκεια αυτών των καταστροφικών γεγονότων αφήνουν οικογένειες και κοινότητες κατεστραμμένες, ενώ η πρόσβαση σε ιατρική περίθαλψη μπορεί να είναι περιορισμένη στις πληγείσες περιοχές. Επιπλέον, οι καταστροφές συχνά αναγκάζουν τους ανθρώπους να εγκαταλείψουν τα σπίτια τους, οδηγώντας σε μαζική εκτόπιση και έλλειψη στέγης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ανθρωπιστικές κρίσεις και επιβαρύνει τους πόρους στα προσωρινά καταφύγια.

Η πρόσβαση σε βασικούς πόρους, όπως τρόφιμα και καθαρό νερό, μπορεί να περιοριστεί σοβαρά κατά τη διάρκεια και μετά από μια καταστροφή. Οι διαταραχές στις μεταφορές και τις υποδομές οδηγούν σε ελλείψεις βασικών ειδών πρώτης ανάγκης, προκαλώντας υποσιτισμό και το ξέσπασμα υδατογενών ασθενειών. Οι επιπτώσεις στην ψυχική υγεία των επιζώντων είναι επίσης σημαντικές, καθώς συχνά βιώνουν τραύμα, θλίψη και άγχος. Το ψυχολογικό τίμημα μπορεί να είναι μακροχρόνιο, επηρεάζοντας τόσο τα άτομα όσο και τις κοινότητες.

Εκτός από αυτές τις άμεσες επιπτώσεις, οι φυσικές καταστροφές μπορούν να επιδεινώσουν τις υφιστάμενες κοινωνικές ανισότητες και τα επίπεδα φτώχειας. Οι ευάλωτες κοινότητες μπορεί να δυσκολεύονται να ανακάμψουν και να ανοικοδομηθούν μετά από μια καταστροφή λόγω της περιορισμένης πρόσβασης σε πόρους και συστήματα υποστήριξης. Επιπλέον, μετά από μια καταστροφή, μπορεί να υπάρξει αταξία και χάος στο οικονομικό, πολιτικό και κοινωνικό περιβάλλον, που ενδεχομένως να οδηγήσει σε κοινωνικές συγκρούσεις μεταξύ των πληγέντων πληθυσμών. Οι συγκρούσεις αυτές μπορεί να εμποδίσουν τις προσπάθειες ανάκαμψης και να εδραιώσουν περαιτέρω τις υφιστάμενες ανισότητες.

2.4 Το αποτύπωμα της ανθρωπότητας: Η καταστροφή της φύσης και του περιβάλλοντος

Πέρα από τις φυσικές καταστροφές, κρίσιμο ρόλο στη καταστροφή του περιβάλλοντος διαδραματίζει και ο ανθρωπογενής παράγοντας. Ο άνθρωπος έχει επηρεάσει τη χερσαία βίοςφαιρα εδώ και χιλιετίες, μετατρέποντας μεγάλο μέρος της γήινης επιφάνειας σε ανθρωπογενείς χρήσεις γης. Τα περιβαλλοντικά προβλήματα που συχνά αποδίδονται σε ανθρώπινες δραστηριότητες είναι διαταραχές στη βίοςφαιρα και το φυσικό περιβάλλον της Γης. Αυτά τα οικολογικά προβλήματα μπορούν να κλιμακωθούν σε κρίσεις εάν θέτουν σε κίνδυνο την επιβίωση των πληθυσμών. Τα περιβαλλοντικά προβλήματα περιλαμβάνουν τη ρύπανση, την κλιματική αλλαγή, την εξάντληση του όζοντος, την αποψίλωση των δασών, την ερημοποίηση, την εξαφάνιση ειδών, την όξινη βροχή, μεταξύ άλλων. Η εμφάνιση των

οικολογικών προβλημάτων ανάγεται στη βιομηχανική επανάσταση και υπάρχουν διάφορες απόψεις σχετικά με τα αίτια και τις πιθανές λύσεις τους. Οι οικολόγοι και οι περιβαλλοντολόγοι μελετούν αυτά τα ζητήματα, ενώ το οικολογικό κοινωνικό κίνημα που εμφανίστηκε τη δεκαετία του 1960 προσπάθησε να αντιμετωπίσει τα προβλήματα αυτά ολιστικά. Οι μηχανικοί περιβάλλοντος εργάζονται προς την κατεύθυνση της ανάπτυξης τεχνολογικών λύσεων, όπως τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, οι καταλυτικοί μετατροπείς και οι συσκευές ελέγχου της ρύπανσης.

Για παράδειγμα, η έρευνα που διεξήγαγαν οι Williams et al. [15] για τα χερσαία οικοσυστήματα της Γης το 2013 αποκάλυψε ότι ένα σημαντικό τμήμα της επιφάνειας του πλανήτη (περίπου 41,6%) παρέμεινε σχετικά ανέπαφο και παρουσίασε χαρακτηριστικά άγριας φύσης (περίπου 25,0%). Ωστόσο, ένα ανησυχητικό ποσοστό 58,4% της χερσαίας έκτασης υπέστη μέτρια έως έντονη ανθρώπινη πίεση, με αποτέλεσμα να έχουν τροποποιηθεί σε μεγάλο βαθμό τα τοπία. Αυτό το ανθρώπινο αποτύπωμα ήταν ευρέως διαδεδομένο και επηρέασε πάνω από τη μισή έκταση 11 από τα 14 βιοτόπια της Γης. Τα πιο τροποποιημένα βιοτόπια ήταν τα εύκρατα δάση πλατύφυλλων και τα μικτά δάση, τα τροπικά και υποτροπικά ξηρά δάση πλατύφυλλων και τα μεσογειακά δάση, δάση και θαμνώνες. Τα ευρήματα της μελέτης υπογραμμίζουν την επείγουσα ανάγκη για προσπάθειες διατήρησης για την προστασία άθικτων και άγριων περιοχών και τον μετριασμό των βλαβερών επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στα οικοσυστήματα της Γης.

Μία άλλη έρευνα [16], αποκαλύπτει ότι καθώς ο ανθρώπινος πληθυσμός αυξάνεται, το αστικό αποτύπωμα επεκτείνεται, συγκεντρώνοντας πάνω από το 50% του παγκόσμιου πληθυσμού και το 70-90% των οικονομικών δραστηριοτήτων στις πόλεις, καλύπτοντας λιγότερο από το 1% της γης. Η αστικοποίηση οδηγεί σε αυξημένη χρήση ενέργειας, κατανάλωση πόρων, ρύπανση και αδιαπέραστες επιφάνειες, επηρεάζοντας τα αγαθά και τις υπηρεσίες των οικοσυστημάτων. Ο παγκόσμιος αστικός πληθυσμός ξεπέρασε τον μη αγροτικό πληθυσμό το 2008 και οι προβλέψεις δείχνουν ότι μέχρι το 2050, το 70% του παγκόσμιου πληθυσμού θα ζει σε αστικές περιοχές, με την Ασία να αποτελεί σημαντική εστίαση. Η μελέτη έδειξε ότι η επέκταση των αστικών περιοχών οδηγείται από το εμπόριο και τις δραστηριότητες μεταφορών, επηρεάζοντας ευρύτερες περιοχές και προκαλώντας διαταραχές στα οικοσυστήματα. Ειδικότερα, επηρεάζονται τα δάση, οι γεωργικές εκτάσεις και οι υδροβιότοποι, γεγονός που οδηγεί σε ανησυχίες για τη μείωση των ειδών και την απώλεια κρίσιμων οικοσυστημικών υπηρεσιών. Ο βιώσιμος αστικός σχεδιασμός και η διαχείρισή του είναι σημαντικοί για τον μετριασμό αυτών

των επιπτώσεων και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και των λειτουργιών του οικοσυστήματος.

Πολλές μελέτες δείχνουν ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν αλλάξει δραματικά το περιβάλλον, οδηγώντας σε ρύπανση, καταστροφή οικοτόπων, υπερεκμετάλλευση πόρων και εξαφάνιση ειδών. Η εκβιομηχάνιση, η αστικοποίηση, η εντατική γεωργία και ο καταναλωτισμός έχουν οδηγήσει σε σημαντικά οικολογικά αποτυπώματα και οικολογικές ανισορροπίες. Ως αποτέλεσμα, οι προσπάθειες διατήρησης του περιβάλλοντος έχουν αποκτήσει εξέχουσα σημασία, με στόχο τη διατήρηση και προστασία των φυσικών πόρων, της βιοποικιλότητας και των οικοσυστημάτων για τις μελλοντικές γενιές.

Η κατάσταση του περιβάλλοντος παρουσιάζει μια ζοφερή πραγματικότητα, καταδεικνύοντας τις καταστροφικές συνέπειες των ανθρώπινων ενεργειών στον πλανήτη, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2-2. Τα καταστροφικά φαινόμενα είναι ευρέως διαδεδομένα, αναδεικνύοντας τη σοβαρότητα των περιβαλλοντικών προκλήσεων που αντιμετωπίζουμε. Η εξάντληση του στρώματος του όζοντος απειλεί με επιβλαβή υπεριώδη ακτινοβολία, ενώ το φαινόμενο του θερμοκηπίου, που τροφοδοτείται από τις εκπομπές καυσαερίων, οδηγεί στην υπερθέρμανση του πλανήτη και την κλιματική αλλαγή. Οι ανησυχητικές αλλαγές στα καιρικά φαινόμενα οδηγούν σε επικίνδυνες φυσικές καταστροφές και ακραία καιρικά φαινόμενα, επιδεινώνοντας περαιτέρω την περιβαλλοντική κρίση. Η μείωση της βιοποικιλότητας και η εξαφάνιση ζωικών ειδών διαταράσσουν την ευαίσθητη οικολογική ισορροπία, ενώ η ρύπανση του νερού και του εδάφους υποβαθμίζουν βασικές πηγές γλυκού νερού και γεωργικές εκτάσεις.



Εικόνα 2-2. Περιβαλλοντική καταστροφή από ανθρωπογενείς παράγοντες
(<https://paisios.gr>)

Τα ανησυχητικά στατιστικά στοιχεία των Ηνωμένων Εθνών υπογραμμίζουν το μέγεθος της περιβαλλοντικής καταστροφής. Τα δάση χάνονται με ανησυχητικό ρυθμό και οι υγρότοποι και οι τυρφώνες, ζωτικής σημασίας συστήματα αποθήκευσης άνθρακα, συνεχίζουν να μειώνονται. Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι, ζωτικής σημασίας θαλάσσια οικοσυστήματα, αντιμετωπίζουν επικείμενη καταστροφή, καθώς προβλέπεται να χαθεί έως και το 90% έως το 2050 (ot.gr, 2022). Η κλίμακα της ρύπανσης του νερού και του εδάφους εγκυμονεί σοβαρούς κινδύνους για την υγεία και περιβαλλοντικές συνέπειες.

Το οικολογικό αποτύπωμα είναι ένα ολοκληρωμένο μέτρο που αξιολογεί τον οικολογικό αντίκτυπο των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στον πλανήτη [17]. Λαμβάνει υπόψη ένα ευρύ φάσμα ανθρώπινων προσπαθειών, όπως η γεωργία, η αλιεία, η κτηνοτροφία και η ανάπτυξη υποδομών. Ουσιαστικά, ποσοτικοποιεί πόσο από τους πόρους της Γης χρησιμοποιείται από τις ανθρώπινες κοινωνίες και συγκρίνει αυτή την κατανάλωση με την αναγεννητική ικανότητα του πλανήτη.

Ένας υψηλότερος δείκτης οικολογικού αποτυπώματος είναι ενδεικτικός αυξημένων επιπέδων κατανάλωσης πόρων από έναν συγκεκριμένο πληθυσμό ή περιοχή. Αυτή η αυξημένη κατανάλωση μπορεί να ασκήσει σημαντική πίεση στο περιβάλλον, οδηγώντας σε διάφορες δυσμενείς συνέπειες. Η υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων μπορεί να οδηγήσει σε αποψίλωση των δασών, απώλεια της βιοποικιλότητας, υποβάθμιση του εδάφους και εξάντληση των πηγών γλυκού νερού. Επιπλέον, συμβάλλει στην εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου και επιδεινώνει την κλιματική αλλαγή, απειλώντας περαιτέρω τα οικοσυστήματα και τα ευάλωτα είδη.

Μια κρίσιμη πτυχή της έννοιας του οικολογικού αποτυπώματος είναι η σημασία της για την κατανόηση της βιωσιμότητας. Όταν το Οικολογικό Αποτύπωμα υπερβαίνει τη βιοϊκανότητα της Γης -την ικανότητα του πλανήτη να αναγεννά τους πόρους που καταναλώνονται- δημιουργείται οικολογικό έλλειμμα. Ουσιαστικά, αυτό σημαίνει ότι καταναλώνουμε τους φυσικούς πόρους ταχύτερα από ό,τι μπορούν να αναπληρωθούν, οδηγώντας σε οικολογική υποβάθμιση και θέτοντας σε κίνδυνο την ευημερία τόσο των σημερινών όσο και των μελλοντικών γενεών.

Η αντιμετώπιση και η μείωση του οικολογικού μας αποτυπώματος είναι υψίστης σημασίας για την επίτευξη οικολογικής ισορροπίας και βιωσιμότητας. Οι βιώσιμες πρακτικές περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα στρατηγικών, συμπεριλαμβανομένης της προώθησης της ενεργειακής απόδοσης, της υιοθέτησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, της υιοθέτησης

υπεύθυνων γεωργικών και αλιευτικών πρακτικών και της ενθάρρυνσης του φιλικού προς το περιβάλλον αστικού σχεδιασμού. Η εκπαίδευση και η ευαισθητοποίηση σχετικά με τον αντίκτυπο των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στο περιβάλλον διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην έμπνευση ατόμων, κοινοτήτων και εθνών να αναλάβουν πιο συνειδητές και φιλικές προς το περιβάλλον δράσεις.

Με την αποτελεσματική διαχείριση και τη μείωση του οικολογικού μας αποτυπώματος, μπορούμε να καλλιεργήσουμε μια αρμονική σχέση με τη φύση, διατηρώντας την εγγενή αξία της και υποστηρίζοντας τη λεπτή ισορροπία των οικοσυστημάτων. Αυτό, με τη σειρά του, διασφαλίζει τη συνεχή διαθεσιμότητα βασικών πόρων για όλα τα έμβια όντα και συμβάλλει στη δημιουργία ενός πιο υγιούς και ανθεκτικού πλανήτη για τις επόμενες γενιές.

Τόσο οι ανεπτυγμένες όσο και οι αναδυόμενες οικονομίες αντιμετωπίζουν την πρόκληση της εξισορρόπησης της οικονομικής ανάπτυξης με τη διατήρηση του περιβάλλοντος [18]. Η ταχεία οικονομική επέκταση έχει οδηγήσει σε βελτιωμένες υποδομές, μείωση της φτώχειας και βελτίωση του βιοτικού επιπέδου. Ωστόσο, η ανάπτυξη αυτή έχει αποβεί εις βάρος των φυσικών πόρων, με αποτέλεσμα περιβαλλοντικές ανησυχίες όπως η εκμετάλλευση των ενεργειακών πόρων, η απώλεια της βιοποικιλότητας και η ρύπανση. Η αποτυχία επίτευξης των στόχων βιώσιμης ανάπτυξης θα μπορούσε να οδηγήσει σε οικολογικό έλλειμμα. Για να το αντιμετωπίσουν αυτό, οι χώρες εφαρμόζουν πολιτικές για τη μείωση του περιβαλλοντικού τους αποτυπώματος και τη διαχείριση κρίσεων. Παρά τις προσπάθειες για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και της ρύπανσης από τον άνθρακα, πολλές οικονομίες εξακολουθούν να αγωνίζονται για τη μείωση του οικολογικού τους αποτυπώματος και του αποτυπώματος άνθρακα. Οι περισσότερες χώρες καταναλώνουν πλέον περισσότερους πόρους από όσους μπορεί να αναπληρώσει η Γη, προκαλώντας οικολογική υπέρβαση και ασκώντας πίεση στα οικοσυστήματα.

2.5 Συνέπειες της καταστροφής του φυσικού περιβάλλοντος

Η υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος έχει βαθιές συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία, τόσο σωματικά όσο και ψυχικά. Προβλήματα υγείας, όπως η αύξηση της καρκινογένεσης και των αναπνευστικών διαταραχών, εμφανίζονται ή εντείνονται λόγω της ρύπανσης και της έκθεσης σε επιβλαβείς ουσίες. Ειδικά στις αστικές περιοχές, η έλλειψη χώρων πρασίνου και αναψυχής στερεί από τα άτομα την ουσιαστική επαφή με τη φύση, αποτελώντας απειλή για την ψυχική τους ευεξία και ισορροπία. Τα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται στη γεωργία εισέρχονται στον ανθρώπινο οργανισμό μέσω της κατανάλωσης τροφίμων, οδηγώντας σε σοβαρά

προβλήματα υγείας, όπως συνεχείς πονοκεφάλους, ναυτία και βλάβες σε όργανα όπως ο εγκέφαλος και το συκώτι. Η ηχορύπανση συμβάλλει σε προβλήματα ακοής, διαταραχές του ύπνου και ψυχικές ασθένειες. Επιπλέον, οι πηγές νερού μολύνονται από χημικές ουσίες, επηρεάζοντας περαιτέρω την ανθρώπινη υγεία (blogs.e-me.edu.gr, 2023) (docplayer.gr, 2017).

Οι καταστροφές, είτε προέρχονται από τη φύση είτε από ανθρώπινες δραστηριότητες, έχουν προεκτάσεις που ξεπερνούν τις ανθρώπινες διαστάσεις και περιλαμβάνουν και το περιβάλλον [17]. Η κατάσταση του περιβάλλοντος μπορεί είτε να επιδεινώσει τις επιπτώσεις μιας καταστροφής είτε να επηρεαστεί αρνητικά από αυτήν. Για παράδειγμα, παράγοντες όπως η αποψίλωση των δασών, οι ακατάλληλες πρακτικές διαχείρισης των δασών και τα μη βιώσιμα γεωργικά συστήματα μπορούν να εντείνουν τις αρνητικές περιβαλλοντικές συνέπειες μιας καταιγίδας ή ενός τυφώνα. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφικά αποτελέσματα όπως κατολισθήσεις, πλημμύρες, προσχώσεις και μόλυνση των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων.

Μόλις πρόσφατα αρχίσαμε να κατανοούμε την κυκλικότητα αυτών των αιτιών και των αποτελεσμάτων. Κατά συνέπεια, έχουμε αρχίσει να εκτιμούμε τη ζωτική σημασία της διατήρησης και της συνετής διαχείρισης των φυσικών μας πόρων. Με τον τρόπο αυτό όχι μόνο εξασφαλίζεται η ευημερία των μελλοντικών γενεών, επιτρέποντάς τους να ευημερούν με βιώσιμο τρόπο, αλλά και μειώνονται σημαντικά οι κίνδυνοι που θέτουν οι σημερινές κοινότητες από φυσικούς και ανθρωπογενείς κινδύνους.

Η εστίαση και η ενίσχυση της κεντρικής σημασίας των περιβαλλοντικών ζητημάτων στο πλαίσιο της διαχείρισης των καταστροφών έχει αναδειχθεί σε κρίσιμη προτεραιότητα. Αυτό απαιτεί την υιοθέτηση μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης για την αποτελεσματική διαχείριση των φυσικών πόρων, καθώς χρησιμεύει ως ισχυρό εργαλείο για την πρόληψη και τον μετριασμό των καταστροφών. Με την προστασία του περιβάλλοντος και την προώθηση βιώσιμων πρακτικών, μπορούμε να ελαχιστοποιήσουμε αποτελεσματικά τις δυσμενείς επιπτώσεις των καταστροφών στη ζωή των ανθρώπων, στα σπίτια τους και στα μέσα διαβίωσής τους. Με συντονισμένες προσπάθειες και προσεκτική διαχείριση του φυσικού μας κόσμου, μπορούμε να ανοίξουμε το δρόμο για ένα ασφαλέστερο και πιο ανθεκτικό μέλλον για όλους.

- **Οικονομικές και οικολογικές επιπτώσεις:** Η καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος έχει εκτεταμένες επιπτώσεις στην οικονομία και την οικολογία. Ο τουρισμός μειώνεται καθώς η περιβαλλοντική υποβάθμιση μειώνει την ελκυστικότητα των προορισμών. Οι τοπικές και εθνικές οικονομίες υποφέρουν καθώς η

περιβαλλοντική κρίση παρεμποδίζει την αγροτική παραγωγή και άλλες βιομηχανίες. Επιπλέον, η οικολογική ισορροπία διαταράσσεται, οδηγώντας στην καταστροφή της χλωρίδας και της πανίδας. Τα υπανάπτυκτα και αναπτυσσόμενα έθνη συχνά αγωνίζονται να αντιμετωπίσουν τις δυσμενείς επιπτώσεις της περιβαλλοντικής καταστροφής που επιφέρει η ταχεία βιομηχανική ανάπτυξη (blogs.e-me.edu.gr, 2023).

- **Επιπτώσεις στον πολιτισμό:** Οι επιπτώσεις της περιβαλλοντικής καταστροφής επεκτείνονται στον πολιτισμό και την πολιτιστική κληρονομιά. Τα ιστορικά και φυσικά μνημεία υφίστανται σημαντικές ζημιές λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Οι παραδοσιακοί τρόποι ζωής, στενά συνδεδεμένοι με το τοπίο και τους φυσικούς πόρους, δίνουν τη θέση τους στις δυνάμεις της εκβιομηχάνισης και της λογικής του κέρδους. Η αισθητική της σύγχρονης ζωής αμαυρώνεται, καθώς τα αστικά τοπία επισκιάζουν την ομορφιά της φύσης. Επιπλέον, η ευημερία των μελλοντικών γενεών κινδυνεύει, καθώς η επιδίωξη του βραχυπρόθεσμου κέρδους υπονομεύει τη μακροπρόθεσμη ευημερία.
- **Η επείγουσα ανάγκη για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος:** Η κλιμακούμενη οικολογική κρίση υπογραμμίζει την επιτακτική ανάγκη προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος για την ευημερία και την πρόοδο της ανθρωπότητας. Οι προσφορές της φύσης στην ανθρωπότητα είναι ανεκτίμητες και πολύπλευρες, καθιστώντας τη διατήρησή της επιτακτική ανάγκη. Η προστασία του περιβάλλοντος εξασφαλίζει κατάλληλες συνθήκες διαβίωσης, διευκολύνει την οικονομική και τεχνολογική ανάπτυξη και βελτιώνει τη συνολική ποιότητα ζωής. Επιπλέον, η μελέτη των νόμων που διέπουν τη λειτουργία της φύσης και την αρμονική ισορροπία της παρέχει γνώσεις για την προώθηση της κοινωνικής συνύπαρξης. Η επαφή με τη φύση καλλιεργεί την ψυχική ισορροπία, απαλύνει το άγχος και συμβάλλει στην εσωτερική αρμονία. Επιπλέον, η ομορφιά του φυσικού κόσμου εμπνέει τον πολιτισμό, προκαλώντας αισθητικά συναισθήματα και λειτουργώντας ως καταλύτης για καλλιτεχνική δημιουργία. Η έκκληση για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος γίνεται όλο και πιο επιτακτική, καθώς η ανθρωπότητα αναγνωρίζει τον κρίσιμο ρόλο που διαδραματίζει η φύση στη ζωή μας και στο μέλλον των επόμενων γενεών.

Η έκθεση Brundtland που δημοσιεύθηκε το 1987 [19], έφερε στο φως διάφορες κρίσιμες εκτιμήσεις και τους βαθύτερους λόγους της περιβαλλοντικής κρίσης που αντιμετωπίζουμε σήμερα. Μια βασική παρατήρηση ήταν η ύπαρξη ανεκπλήρωτων βασικών αναγκών, φτώχειας και ανισότητας, που συμβάλλουν στην οικολογική κρίση. Επιπλέον, η υπερβολική αντίληψη των αναγκών στον ανεπτυγμένο κόσμο επιδεινώνει περαιτέρω το πρόβλημα. Η έκθεση τόνισε

την ανάγκη για αρμονία μεταξύ των δημογραφικών πιέσεων και της ανάπτυξης, προειδοποιώντας παράλληλα κατά της υπερεκμετάλλευσης των φυσικών πόρων και της επιθετικής ανθρώπινης παρέμβασης στα οικοσυστήματα.

Η αντιμετώπιση της περιβαλλοντικής κρίσης απαιτεί ολιστικές προσπάθειες, συμπεριλαμβανομένων πρακτικών βιώσιμης ανάπτυξης, βελτιωμένης εκπαίδευσης και υπεύθυνης διακυβέρνησης. Η αναγνώριση και η ανάληψη δράσης βάσει των εκτιμήσεων και των βαθύτερων αιτιών που περιγράφονται στην έκθεση Brundtland είναι απαραίτητη για τη διασφάλιση ενός βιώσιμου μέλλοντος τόσο για την ανθρωπότητα όσο και για τον πλανήτη.

3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

3.1 Ρύπανση και περιβάλλον

Το περιβάλλον και η ρύπανση είναι άρρηκτα συνδεδεμένα, με τη ρύπανση να αποτελεί μία από τις σημαντικότερες απειλές για την υγεία και τη σταθερότητα του φυσικού περιβάλλοντος. Η ρύπανση αναφέρεται στην εισαγωγή επιβλαβών ουσιών ή ρύπων στο περιβάλλον, που οδηγεί σε δυσμενείς επιπτώσεις στους ζωντανούς οργανισμούς, τα οικοσυστήματα και τη συνολική οικολογική ισορροπία. Διάφορες μορφές ρύπανσης, όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση από τις βιομηχανικές εκπομπές και τα καυσαέρια των οχημάτων, η ρύπανση των υδάτων από μη επεξεργασμένα λύματα και βιομηχανικές απορρίψεις και η ρύπανση του εδάφους από χημικά απόβλητα και φυτοφάρμακα, θέτουν σοβαρούς κινδύνους για το περιβάλλον και την ανθρώπινη ευημερία. Η επιζήμια επίδραση της ρύπανσης στην ποιότητα του αέρα, του νερού και του εδάφους μπορεί να διαταράξει τις οικολογικές διεργασίες, να βλάψει την άγρια ζωή και να συμβάλει στην κλιματική αλλαγή, οδηγώντας σε τρομερές συνέπειες για την υγεία του πλανήτη.

Υπάρχει αυξανόμενη δημόσια ανησυχία για τις περιβαλλοντικές και υγειονομικές συνέπειες της μεγάλης κλίμακας απελευθέρωσης χημικών ουσιών και της επακόλουθης ρύπανσης [20]. Η τυχαία έκθεση σε διάφορους ρύπους, συμπεριλαμβανομένων των βαρέων μετάλλων, των ατμοσφαιρικών ρύπων και των οργανικών χημικών ουσιών, μπορεί να έχει επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, οδηγώντας στην ανάπτυξη και την εξέλιξη διαφόρων ασθενειών.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις, περίπου το 24% της παγκόσμιας επιβάρυνσης από ασθένειες και το 23% των θανάτων συνδέονται με περιβαλλοντικούς παράγοντες, που περιλαμβάνουν επικίνδυνα βιολογικά, φυσικά και χημικά στοιχεία που υπάρχουν στο περιβάλλον [21]. Μεταξύ αυτών των παραγόντων συγκαταλέγονται οι παραδοσιακοί περιβαλλοντικοί κίνδυνοι, όπως τα παθογόνα βακτήρια, οι ιοί και τα παράσιτα. Για παράδειγμα, η εμφάνιση του ιού COVID-19 στα τέλη του 2019 οδήγησε σε μια καταστροφική παγκόσμια πανδημία, επηρεάζοντας σημαντικά τη δημόσια υγεία [22].

Επίσης, η Επιτροπή Lancet του 2017 για τη ρύπανση και την υγεία αποκάλυψε ότι η ρύπανση αποτελεί σοβαρή απειλή για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον [23]. Προκάλεσε περίπου 9 εκατομμύρια θανάτους παγκοσμίως το 2015, που αντιστοιχούν στο 16% όλων των θανάτων, και είχε ως αποτέλεσμα οικονομικές απώλειες ύψους 4,6 τρισεκατομμυρίων δολαρίων ΗΠΑ, που ισοδυναμούν με το 6,2% της παγκόσμιας οικονομικής παραγωγής.

Επιπλέον, το 92% των θανάτων που σχετίζονται με τη ρύπανση βαρύνουν τις χώρες χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος. Παρά κάποια πρόοδο, ο συνολικός αριθμός των θανάτων που σχετίζονται με τη ρύπανση δεν έχει μεταβληθεί από το 2015. Η έκθεση τόνισε τις αυξανόμενες επιπτώσεις των σύγχρονων μορφών ρύπανσης, όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση και η χημική ρύπανση, που απαιτούν επείγουσα παγκόσμια προσοχή και προσπάθειες μετριασμού για τη διασφάλιση της δημόσιας υγείας και της πλανητικής ευημερίας.

3.2 Μεταφορά ρύπων

Οι ρύποι, είτε αέριοι είτε στερεοί, εισέρχονται και κυκλοφορούν στο περιβάλλον μέσω διαφόρων φυσικών και ανθρωπογενών διεργασιών. Οι αέριοι ρύποι εισέρχονται απευθείας στην ατμόσφαιρα, ενώ τα στερεά σωματίδια απελευθερώνονται μέσω διαταραχών στην επιφάνεια της Γης ή διαδικασιών καύσης από σταθερές ή κινητές πηγές όπως εργοστάσια, εργοτάξια, αστικές περιοχές, οχήματα και μέσα μεταφοράς. Αυτοί οι ρύποι μεταφέρονται στη συνέχεια μέσω της ατμόσφαιρας και μπορούν να εγκατασταθούν στο έδαφος, στα επιφανειακά ύδατα ή στη θάλασσα.

Η μεταφορά των ρύπων διευκολύνεται από τον υδρολογικό κύκλο, την ατμοσφαιρική κίνηση και τους ανέμους. Στερεές και υγρές ουσίες μεταφέρονται με διάβρωση, βιοχημικές διεργασίες που περιλαμβάνουν οργανισμούς και διάφορες ανθρωπογενείς παρεμβάσεις, συμπεριλαμβανομένων των άμεσων απορρίψεων και της ρύπανσης από πλοία και βιομηχανίες. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες συμβάλλουν σημαντικά σε αυτές τις κινήσεις, εισάγοντας τεράστιες ποσότητες στερεών και υγρών ουσιών, καθώς και αερίων του θερμοκηπίου όπως το διοξείδιο του άνθρακα, στο περιβάλλον.

Οι ρύποι που απελευθερώνονται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας μπορούν να εξαπλωθούν γρήγορα. Οι ρύποι που απελευθερώνονται σε μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη τείνουν να παραμένουν εντός του ημισφαιρίου όπου απορρίφθηκαν. Οι ποταμοί χρησιμεύουν ως σημαντικοί φορείς ουσιών σε διαλυτή και σωματιδιακή μορφή και τα επίπεδα ρύπανσης τους μπορούν να εκτιμηθούν μέσω στοιχειακών αναλογιών όπως το θείο προς το χλώριο.

Τα συστήματα αποχέτευσης πόλεων και βιομηχανικών αποχετεύσεων μπορούν να έχουν εξίσου σημαντικές ή και πιο ουσιαστικές επιπτώσεις από τα ποτάμια, φιλοξενώντας υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων, συμπεριλαμβανομένων των βαρέων μετάλλων, των χλωριωμένων υδρογονανθράκων, της οργανικής ύλης και των θρεπτικών ουσιών [24]. Επιπλέον, οι ναυτιλιακές δραστηριότητες συμβάλλουν σημαντικά στη ρύπανση. Για παράδειγμα, η έρευνα [25] διαπίστωσε ότι η αρκτική ναυσιπλοΐα πάνω από τη θάλασσα Μπάρεντς (Barents Sea)

απελευθερώνει σημαντικές ποσότητες αερολυμάτων και όζοντος, ενώ για το μέλλον προβλέπεται σημαντική αύξηση των εναποθέσεων αζώτου και θείου. Η μελέτη ανέδειξε επίσης την ευαισθησία των μελλοντικών αυξήσεων του όζοντος στη χωρική κατανομή των δρομολογίων εκτροπής της ναυτιλίας, υποδεικνύοντας πιθανές επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα και στα θαλάσσια οικοσυστήματα της περιοχής.

3.3 Κατηγορίες περιβαλλοντικών προβλημάτων

Στον Πίνακα 3-1, επισημαίνονται μερικά από τα πιο γνωστά σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα.

Πίνακας 3-1. Κατηγορίες περιβαλλοντικών προβλημάτων

Περιβαλλοντικό πρόβλημα	Περιγραφή
Κλιματική αλλαγή	Η υπερθέρμανση του πλανήτη προκαλείται από εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που οδηγεί σε ακραία καιρικά φαινόμενα, άνοδο της στάθμης της θάλασσας και διαταραχές στα οικοσυστήματα.
Απώλεια βιοποικιλότητας	Η ταχεία μείωση της ποικιλότητας των ειδών λόγω της καταστροφής των οικοτόπων, της ρύπανσης και των χωροκατακτητικών ειδών, που οδηγεί σε οικολογικές ανισορροπίες.
Αποψίλωση των δασών	Η εκκαθάριση των δασών για γεωργία, υλοτομία και αστικοποίηση, με αποτέλεσμα την απώλεια οικοτόπων, τις εκπομπές άνθρακα και τη μείωση της βιοποικιλότητας.
Μόλυνση του αέρα	Η απελευθέρωση επιβλαβών ουσιών στον αέρα από τις βιομηχανικές δραστηριότητες, τις μεταφορές και την παραγωγή ενέργειας, επηρεάζοντας την ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα.
Ρύπανση των υδάτων	Μόλυνση των υδάτινων σωμάτων από γεωργική απορροή, βιομηχανική απόρριψη και ακατάλληλη διάθεση απορριμμάτων, που οδηγεί σε κινδύνους για την υγεία και οικολογική βλάβη.
Ρύπανση από πλαστικό	Συσσώρευση πλαστικών απορριμμάτων σε ωκεανούς και χερσαία περιβάλλοντα, που θέτουν απειλές για τη θαλάσσια ζωή, την άγρια ζωή και την ανθρώπινη υγεία.
Υπεραλίευση	Υπερβολική συγκομιδή υδρόβιων ειδών από τους ωκεανούς και τα υδάτινα σώματα, που οδηγεί στην εξάντληση των ιχθυοπληθυσμών, στη διατάραξη των θαλάσσιων οικοσυστημάτων και στην απειλή της παγκόσμιας επισιτιστικής ασφάλειας.
Υποβάθμιση γης	Απώλεια γονιμότητας και παραγωγικότητας του εδάφους λόγω ακατάλληλης χρήσης γης, αποψίλωσης δασών και υπερβόσκησης, που οδηγεί σε ερημοποίηση και διάβρωση.
Εξάντληση Φυσικών Πόρων	Εξάντληση μη ανανεώσιμων πόρων, όπως ορυκτά καύσιμα και ορυκτά, που προκαλούν σπανιότητα πόρων και περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
Διαχείριση των αποβλήτων	Ανεπαρκής χειρισμός και διάθεση απορριμμάτων, που οδηγεί σε ρύπανση, έλλειψη χώρου υγειονομικής ταφής και πιθανούς κινδύνους για την υγεία.

Αυτά τα ζητήματα θέτουν σημαντικές προκλήσεις για την υγεία του πλανήτη μας και των οικοσυστημάτων του, απαιτώντας επείγουσα προσοχή και δράση από τις κυβερνήσεις, τις βιομηχανίες και τα άτομα. Η κλιματική αλλαγή, λόγω της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου,

απειλεί να διαταράξει την ευαίσθητη ισορροπία του κλιματικού συστήματος του πλανήτη μας, με αποτέλεσμα συχνότερα και έντονα καιρικά φαινόμενα και άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Η απώλεια βιοποικιλότητας, που προκαλείται από ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η αποψίλωση των δασών και η υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων, οδηγεί στην εξαφάνιση πολλών φυτικών και ζωικών ειδών, διαταράσσοντας τη σταθερότητα και την ανθεκτικότητα του οικοσυστήματος. Η πλαστική ρύπανση έχει γίνει ένα διάχυτο πρόβλημα, με τεράστιες ποσότητες πλαστικών απορριμμάτων να συσσωρεύονται σε ωκεανούς και χερσαία περιβάλλοντα, θέτοντας σε κίνδυνο τη θαλάσσια ζωή και ρυπαίνουν τα οικοσυστήματα. Η ρύπανση του αέρα και των υδάτων, που προκύπτει από βιομηχανικές και γεωργικές δραστηριότητες, εγκυμονεί κινδύνους για την υγεία τόσο για τον άνθρωπο όσο και για την άγρια ζωή. Καθώς ο κόσμος αντιμετωπίζει αυτές τις πιεστικές περιβαλλοντικές προκλήσεις, οι συλλογικές προσπάθειες και οι βιώσιμες πρακτικές είναι απαραίτητες για την προστασία του πλανήτη για τις μελλοντικές γενιές.

Στη συνέχεια αναλύονται με περισσότερες λεπτομέρειες οι πιο σημαντικές πηγές ρυπάνσεων που οδηγούν στα σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα που μαστίζουν το περιβάλλον και κατ'έκταση την ανθρωπότητα.

Ατμοσφαιρική ρύπανση

Ως ατμοσφαιρικός ρύπος ορίζεται κάθε ουσία που μπορεί να βλάψει τον άνθρωπο, τα ζώα, τη βλάστηση ή τα υλικά. Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3-1, είναι οι κύριοι παράγοντες που συμβάλλουν στην περιβαλλοντική ατμοσφαιρική ρύπανση, αν και φυσικά γεγονότα όπως τα ηφαίστεια και οι πυρκαγιές μπορούν επίσης να απελευθερώσουν



Εικόνα 3-1. Ρύπανση της ατμοσφαιρας

[154]

ρύπους. Ενώ πράγματι επικίνδυνες χημικές ουσίες μπορεί να διαφύγουν τυχαία στο περιβάλλον, οι περισσότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι προέρχονται από βιομηχανικές εγκαταστάσεις και άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες, με αποτέλεσμα να προκαλούνται δυσμενείς επιπτώσεις τόσο στην ανθρώπινη υγεία όσο και στο περιβάλλον.

Η έκθεση σε ατμοσφαιρικούς ρύπους μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη θνησιμότητα ή σοβαρές ασθένειες, αποτελώντας τρέχουσα ή δυνητική απειλή για την ανθρώπινη υγεία. Στην καθημερινή τους ζωή, τα άτομα εκτίθενται σε διάφορους ρύπους και οι επιπτώσεις στην υγεία εξαρτώνται από παράγοντες όπως ο τύπος του ρύπου, η συγκέντρωσή του, η διάρκεια της έκθεσης, η συνύπαρξη με άλλους ρύπους και η ατομική ευαισθησία. Η αξιολόγηση του κατά πόσον μια ουσία αποτελεί κίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου βασίζεται σε κλινικές, επιδημιολογικές και ζωικές μελέτες που αποδεικνύουν τη συσχέτισή της με επιπτώσεις στην υγεία. Η έννοια του "κινδύνου" στο πλαίσιο της ανθρώπινης υγείας αναφέρεται στην πιθανότητα εμφάνισης επιβλαβών επιπτώσεων στην υγεία λόγω έκθεσης σε μια επιβλαβή ουσία [26].

Φαινόμενο του θερμοκηπίου

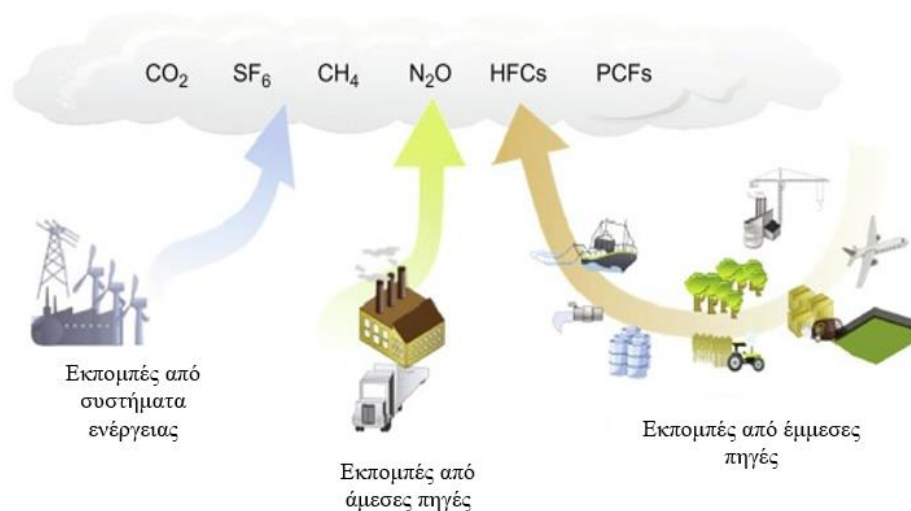
Τα αέρια του θερμοκηπίου είναι μια ομάδα αερίων που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα της Γης και διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη ρύθμιση της θερμοκρασίας και του κλίματος του πλανήτη. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, αρχικά μια φυσική διαδικασία που συμβάλλει στη θέρμανση της Γης, παρατηρήθηκε για πρώτη φορά από τον Γάλλο μαθηματικό και φυσικό Joseph Fourier το 1824 [27]. Τα κύρια αέρια του θερμοκηπίου περιλαμβάνουν το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄), το οξείδιο του αζώτου (N₂O) και τα φθοριούχα αέρια. Αυτά τα αέρια παγιδεύουν τη θερμότητα από τον ήλιο, δημιουργώντας ένα φυσικό φαινόμενο θερμοκηπίου που διατηρεί την επιφάνεια της Γης αρκετά ζεστή για να υποστηρίξει τη ζωή.

Η υπερβολική συσσώρευση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα αποτελεί σημαντικό παράγοντα της υπερθέρμανσης του πλανήτη και της κλιματικής αλλαγής. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η καύση ορυκτών καυσίμων, η αποψίλωση των δασών, η γεωργία και οι βιομηχανικές διεργασίες, έχουν αυξήσει σημαντικά τις συγκεντρώσεις αυτών των αερίων στην ατμόσφαιρα, οδηγώντας σε ένα ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου, γνωστό ως ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου συνδέεται περίπλοκα με τις επικρατούσες κλιματικές αλλαγές και την εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως καταιγίδες, πλημμύρες και παρατεταμένες ξηρασίες, που παρατηρούνται σε όλο τον κόσμο. Το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης τονίζει ότι τα βιομηχανικά κράτη

πρέπει να εργαστούν για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά 60-80% έως το έτος 2050 [28].

Οι σύγχρονες ανησυχίες σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου σχετίζονται με την έντασή του σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες που οδηγούν σε ατμοσφαιρική ρύπανση. Σήμερα, υπάρχει ευρεία αναγνώριση της σημαντικής απειλής που συνιστά η υπερθέρμανση του πλανήτη τόσο για το περιβάλλον όσο και για την οικονομική ανάπτυξη του κόσμου.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, ιδιαίτερα οι βιομηχανικές εκπομπές και τα καυσάδια των οχημάτων, έχουν αυξήσει σημαντικά τις συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3-2. Παρά το μικρό τους όγκο, που αποτελεί λιγότερο από το 1% του συνολικού ατμοσφαιρικού περιεχομένου, τυχόν αλλαγές στις συγκεντρώσεις τους διαταράσσουν το ενεργειακό ισοζύγιο και επηρεάζουν το κλίμα της Γης. Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση του CO₂ έχει αυξηθεί δραματικά λόγω της καύσης ορυκτών καυσίμων όπως το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και ο άνθρακας. Επιπλέον, η αποψίλωση των δασών έχει μειώσει την ικανότητα της Γης να δεσμεύει φυσικά το CO₂ και να το ενσωματώνει σε κύκλους



Εικόνα 3-2. Πηγές αερίων του θερμοκηπίου
[155]

ενέργειας και ύλης.

Έρευνες έδειξαν ότι η αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, κυρίως ως αποτέλεσμα των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, έχει εντείνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου, οδηγώντας σε αύξηση της θερμοκρασίας της Γης [29]. Επίσης, το φαινόμενο του θερμοκηπίου

συνδέεται άμεσα και με την παραγωγή τροφίμων. Πιο συγκεκριμένα, η τρέχουσα κατάσταση της παγκόσμιας παραγωγής τροφίμων βρίσκεται αντιμέτωπη με περίπλοκες και αντιφατικές προκλήσεις [30].

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), μια πρωτοβουλία του ΟΗΕ που ενώνει ειδικούς για το κλίμα παγκοσμίως, προβλέπει ότι έως το 2100, η μέση παγκόσμια θερμοκρασία είναι πολύ πιθανό να αυξηθεί κατά επιπλέον 1,8°C έως 4°C (και πιθανώς έως 6,4°C) εκτός εάν καταβληθούν συντονισμένες προσπάθειες για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου [28]. Αυτές οι εξελίξεις υπογραμμίζουν την επείγουσα ανάγκη αντιμετώπισης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης για τη διασφάλιση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας και τη διασφάλιση του μέλλοντος του πλανήτη.

Αστική αιθαλομίχλη

Η αστική αιθαλομίχλη που προκύπτει από ρύπους και βιομηχανικές εκπομπές αποτελεί σημαντική πρόκληση για την ευημερία των πόλεων μας, εμποδίζοντας την ικανότητά τους να αναπνέουν ελεύθερα. Το σύννεφο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3-3, που αναφέρεται επίσης ως αιθαλομίχλη, είναι μια επικίνδυνη συγχώνευση διαφόρων χημικών ουσιών που έχουν βαθιά αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Η παρουσία του προκαλεί συμπτώματα όπως ερεθισμό των ματιών και του λαιμού, δυσκολία στην αναπνοή και μειωμένη ορατότητα, θέτοντας σημαντικούς κινδύνους για την ευημερία των ατόμων. Κατά τη διάρκεια των ημερών με έντονη παρουσία σύννεφων, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή σε ευάλωτες ομάδες, όπως



Εικόνα 3-3. Το νέφος
(<https://www.loutraki365.gr>)

εκείνες με καρδιακές ή αναπνευστικές παθήσεις, καθώς και στα παιδιά, που πρέπει να αποφεύγουν περιττές υπαίθριες δραστηριότητες.

Το πρόβλημα αυτό επιδεινώνεται περαιτέρω από το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τις αστικές θερμικές νησίδες, που εντείνουν την παθητική απορρόφηση θερμότητας των κτιρίων και δημιουργούν δυσμενείς συνθήκες για τη διατήρηση ενός υγιούς αστικού μικροκλίματος. Οι επιπτώσεις αυτών των παραγόντων επιδεινώνονται από την εξάντληση των δασικών αποθεμάτων που προκαλούνται από τις πυρκαγιές και την παράνομη υλοτόμηση, οδηγώντας σε σοβαρές ζημιές στην ατμόσφαιρα και σε κίνδυνο της ποιότητας του αέρα στις αστικές περιοχές. Επίσης, σημαντικό ρόλο διακατέχει και η εξέλιξη της τεχνολογίας και η ανάπτυξη της βιομηχανίας.

Για παράδειγμα, σε πόλεις της Ανατολικής Ευρώπης όπως η Κρακοβία, συγκεκριμένες εθνικές συνθήκες, όπως η μεγάλη εξάρτηση από τον άνθρακα για ηλεκτρική ενέργεια και θέρμανση, έχουν ως αποτέλεσμα μοναδικές πηγές αερολύματος και σοβαρά επεισόδια αιθαλομίχλης [31].

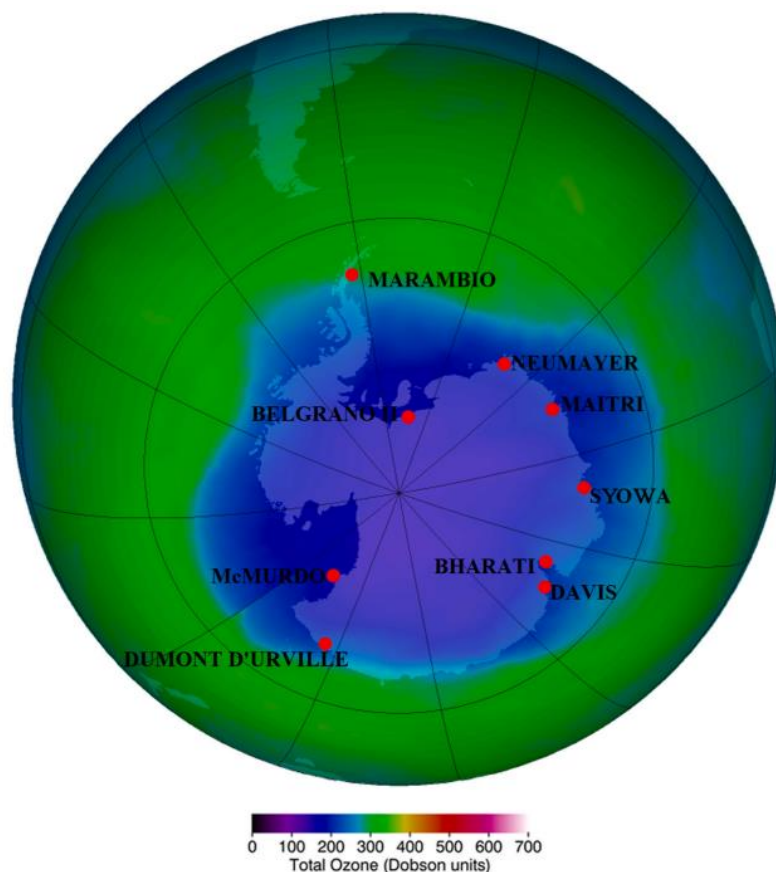
Τρύπα του όζοντος

Το στρώμα του όζοντος, που βρίσκεται στη στρατόσφαιρα μεταξύ 19.000 και 30.000 μέτρων πάνω από την επιφάνεια της Γης, παίζει καθοριστικό ρόλο στην προστασία όλων των ζωντανών οργανισμών από την επιβλαβή υπεριώδη ακτινοβολία (UV) [32]. Ενώ το όζον κοντά στο έδαφος συμβάλλει στην ατμοσφαιρική ρύπανση και δημιουργεί το περίφημο φωτοχημικό σύννεφο, το όζον ψηλά στη στρατόσφαιρα λειτουργεί ως αόρατη ασπίδα ενάντια στις επικίνδυνες επιπτώσεις των ακτίνων UV. Απορροφά ένα μέρος αυτών των ακτίνων, εμποδίζοντάς τες να φτάσουν στην επιφάνεια και να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες σε φυτά, ζώα και ανθρώπους, συμπεριλαμβανομένου του καρκίνου του δέρματος, του καταρράκτη, του εξασθενημένου ανοσοποιητικού συστήματος και άλλων προβλημάτων υγείας. Έχει επίσης ζωτικό οικολογικό ρόλο διατηρώντας το φυτοπλαγκτόν και τις προνύμφες των ψαριών.

Δυστυχώς, οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν οδηγήσει στην εξάντληση της στιβάδας του όζοντος, διαταράσσοντας τη φυσική ισορροπία παραγωγής και καταστροφής του όζοντος. Ορισμένοι ρύποι, όπως οι χλωροφθοράνθρακες (CFC) από αερολύματα, ψυκτικά και κλιματιστικά, καθώς και τα οξειδία του αζώτου (NOx) από τα καυσαέρια αυτοκινήτων και αεροπλάνων, συμβάλλουν σημαντικά στην καταστροφή του όζοντος στη στρατόσφαιρα, ιδιαίτερα πάνω από την Ανταρκτική. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα το σχηματισμό της περιβόητης «τρύπας του όζοντος», όπου η μείωση της περιεκτικότητας σε όζον είναι πιο εμφανής και οι επιβλαβείς ακτίνες UV διεισδύουν στη Γη.

Η μείωση της ποιότητας του αέρα λόγω της τρύπας του όζοντος έχει πολλές επεκτάσεις. Για παράδειγμα, η έρευνα [33] διερεύνησε τη σχέση μεταξύ των παραμέτρων ποιότητας του αέρα και της θνησιμότητας COVID-19 στο Δελχί της Ινδίας. Η μελέτη διαπίστωσε σημαντική συσχέτιση μεταξύ της επιφανειακής ρύπανσης από όζον και των θανάτων που σχετίζονται με το COVID-19, γεγονός που υποδηλώνει ότι η συγκέντρωση του όζοντος μπορεί να συνέβαλε στην αύξηση της θνησιμότητας. Άλλες παράμετροι ποιότητας του αέρα, όπως τα αιωρούμενα σωματίδια και το διοξείδιο του αζώτου, αναλύθηκαν επίσης, αλλά το επιφανειακό όζον έδειξε ισχυρότερη συσχέτιση με τη θνησιμότητα από COVID-19 στο Δελχί.

Στη βιβλιογραφία έχουν γίνει αρκετές μελέτες για τη μελέτη της επίδρασης της τρύπας του όζοντος. Η μελέτη [34], κατά την περίοδο μεταξύ 2004 και 2020, ανέλυσε τα γεγονότα απώλειας κορεσμένου όζοντος στην Ανταρκτική, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3-4, χρησιμοποιώντας δορυφορικές παρατηρήσεις και δεδομένα όζοντος από όζοντοανιχνευτές. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο αριθμός των συμβάντων απώλειας όζοντος μειώθηκε σταδιακά από το 2004 έως το 2013, γεγονός που υποδηλώνει πιθανή ανάκαμψη. Ωστόσο, μετά το 2013,



Εικόνα 3-4. Απεικόνιση της γεωγραφική κατανομή του συνολικού όζοντος σε στήλη που ανακτήθηκε από το όργανο παρακολούθησης όζοντος στις 4 Δεκεμβρίου 2015 [34]

δεν παρατηρήθηκε σημαντική τάση, με σημαντική διαχρονική διακύμανση, ιδίως μεταξύ 2015 και 2019. Η ανάλυση ανέδειξε την επιρροή των πολικών στρατοσφαιρικών νεφών στην πρόκληση κορεσμένης απώλειας όζοντος, με τις διαχρονικές διακυμάνσεις να συνδέονται έντονα με τις μεταβολές της θερμοκρασίας.

Όξινη βροχή

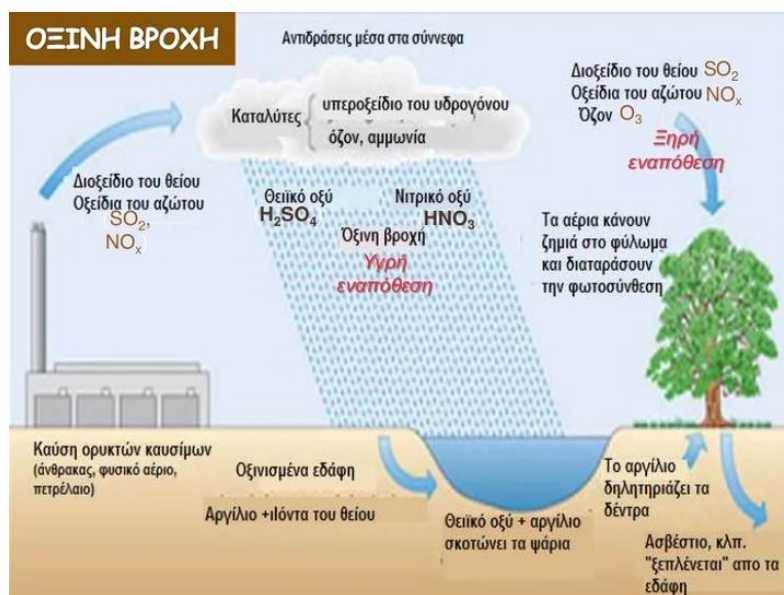
Το φαινόμενο που είναι κοινώς γνωστό ως «όξινη βροχή», αν και με μεγαλύτερη ακρίβεια ονομάζεται «όξινη κατακρήμνιση», έχει τις ρίζες του στη βιομηχανική επανάσταση. Περιγράφηκε για πρώτη φορά από τον επιστήμονα Robert Smith το 1870, ο οποίος παρατήρησε τη μολυσμένη βροχή στο Μάντσεστερ της Βρετανίας [35]. Η όξινη βροχή προκαλείται κυρίως από εκπομπές διοξειδίου του θείου (SO_2) από βιομηχανίες που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα και οξειδία του αζώτου (NO_x) που βρίσκονται στα καυσαέρια των οχημάτων. Αυτοί οι ρύποι αντιδρούν με το οξυγόνο και τους υδρατμούς στην ατμόσφαιρα, σχηματίζοντας θειικό (H_2SO_4) και νιτρικό οξύ (HNO_3) αντίστοιχα. Αυτές οι όξινες ενώσεις διαλύονται στη συνέχεια στο νερό της βροχής, στα σταγονίδια ομίχλης και σε άλλη ατμοσφαιρική υγρασία, οδηγώντας σε επιβλαβείς επιπτώσεις στο έδαφος, τα υδάτινα σώματα, τη βλάστηση, τα ζώα, τα μνημεία και τα οικοδομικά υλικά. Μια σχηματική αναπαράσταση του φαινομένου της όξινης βροχής φαίνεται στην Εικόνα 3-5.

Οι επιπτώσεις της όξινης βροχής στη ζωή των φυτών, ιδιαίτερα στα μακρόβια δέντρα, ήταν ιδιαίτερα καταστροφικές. Τα προσβεβλημένα δέντρα παρουσιάζουν συμπτώματα όπως κιτρίνισμα και αποβολή φύλλων ή βελονών, μεταβολικές διαταραχές και βλάβη στα ριζικά τους συστήματα, με αποτέλεσμα τη μειωμένη πρόσληψη θρεπτικών συστατικών και νερού. Επιπλέον, το ίδιο το έδαφος υφίσταται υποβάθμιση λόγω της καταστροφής ωφέλιμων μικροοργανισμών και της έκπλυσης βασικών θρεπτικών αλάτων με το νερό της βροχής. Η όξινη βροχή απελευθερώνει επίσης τοξικά βαρέα μέταλλα, συμπεριλαμβανομένων των ιόντων αλουμινίου και του μαγγανίου, τα οποία βλάπτουν περαιτέρω τα φυτά και επιδεινώνουν την ευαισθησία τους σε ασθένειες και παθογόνους οργανισμούς, οδηγώντας σε ενδεχόμενο θάνατο.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις επεκτείνονται στα επιφανειακά ύδατα, ιδιαίτερα στις λίμνες και στα μικρά ποτάμια, όπου η αυξημένη συγκέντρωση οξέος καταστρέφει το πλαγκτόν, την υδρόβια χλωρίδα και τα αυγά αμφιβίων και ψαριών. Η όξινη βροχή έχει συνδεθεί με καταστροφικούς θανάτους ψαριών σε διάφορες περιοχές, όπως οι Σκανδιναβικές λίμνες τη δεκαετία του 1970 και τα γερμανικά μικρά ποτάμια στα τέλη της δεκαετίας του 1980 κατά τη

διάρκεια της τήξης των πάγων της άνοιξης. Επιπλέον, η διαβρωτική επίδραση του θειικού οξέος αποτελεί σημαντική απειλή για κτίρια και μνημεία που κατασκευάζονται από μάρμαρο ή ασβεστολιθικά υλικά. Το οξύ αντιδρά με το ασβέστιο για να σχηματίσει γύψο, ο οποίος στη συνέχεια διογκώνεται και αποσυντίθεται τα υλικά με την πάροδο του χρόνου, προκαλώντας δομική βλάβη.

Μελέτες δείχνουν ότι το πρόβλημα της όξινης βροχής αποτελεί παγκόσμιο πρόβλημα, το οποίο οφείλεται στην αυξημένη εκβιομηχάνιση και στις εκπομπές όξινων αερίων, όπως τα διοξείδια του θείου και τα οξείδια του αζώτου [36]. Επίσης, η μελέτη [37] υπογραμμίζει τις έμμεσες επιπτώσεις της όξινης βροχής στα φυτά, ειδικά μέσω της επιρροής της στους μικροοργανισμούς του εδάφους και στο αβιοτικό περιβάλλον της ριζόσφαιρας του εδάφους. Η όξινη βροχή επηρεάζει την κατανομή, τη σύνθεση, την αφθονία, τη λειτουργία και τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών που σχετίζονται με τα φυτά, οι οποίοι με τη σειρά τους επηρεάζουν την υγεία των φυτών. Επιπλέον, η όξινη βροχή επηρεάζει τη δυναμική ορισμένων ουσιών στο έδαφος, προκαλώντας δυνητικά βλάβη στα φυτά μέσω της οξίνισης του εδάφους και της έλλειψης θρεπτικών συστατικών. Η μελέτη υποδηλώνει ότι οι τύποι μυκόρριζων φυτών μπορεί να διαδραματίσουν ρόλο στη διαμεσολάβηση των επιδράσεων της όξινης βροχής στα φυτά. Η κατανόηση αυτών των έμμεσων επιπτώσεων είναι ζωτικής σημασίας για την ολοκληρωμένη αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της όξινης βροχής στα φυτικά οικοσυστήματα.



Εικόνα 3-5. Όξινη βροχή
(<https://www.odigos.gr>)

Εδαφική μόλυνση

Η σημασία του εδάφους για τη διατήρηση της ανθρώπινης ζωής, τη στήριξη της γεωργίας και την παροχή απαραίτητων οικολογικών υπηρεσιών δεν μπορεί να υπερεκτιμηθεί. Το έδαφος χρησιμεύει ως θεμέλιο για το 90% της παραγωγής τροφίμων και λειτουργεί ως κρίσιμο μέσο για το φιλτράρισμα και τη μεταφορά του βρόχινου νερού σε πηγές υπόγειων υδάτων, από τις οποίες εξαρτώνται εκατομμύρια άνθρωποι για την παροχή νερού. Ωστόσο, η υγεία και οι οικολογικές υπηρεσίες των εδαφών απειλούνται σοβαρά λόγω της ρύπανσης και της υποβάθμισης που προκαλούνται από διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες.

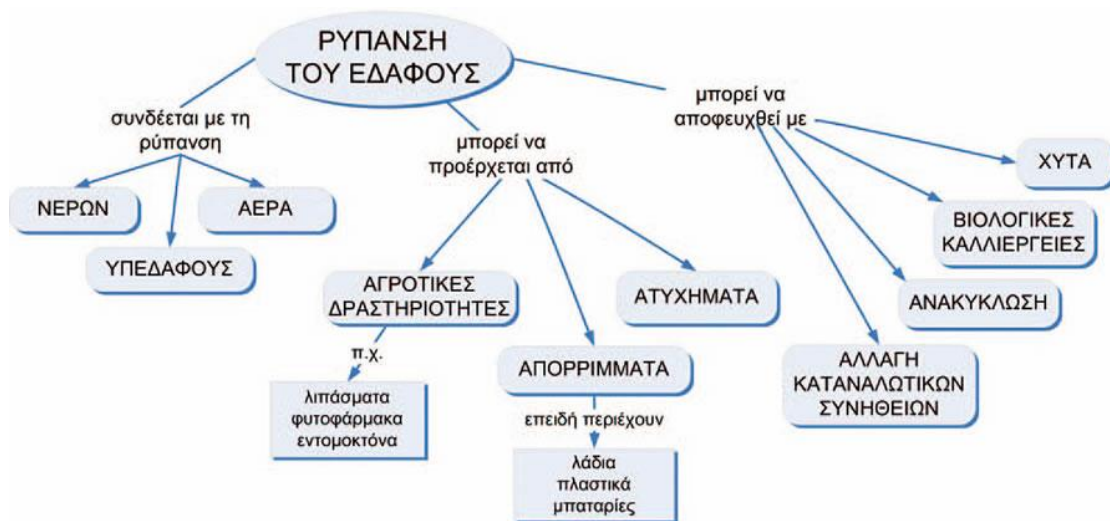
Πολλοί παράγοντες συμβάλλουν στη ρύπανση και την υποβάθμιση του εδάφους, όπως η αλόγιστη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στη γεωργία, η απόρριψη υγρών και στερεών αποβλήτων από κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις, χημικές βιομηχανίες και δημοτικά και νοσοκομειακά απόβλητα σε χώρους υγειονομικής ταφής και αποτεφρωτήρες υψηλής θερμοκρασίας. Στην Εικόνα 3-6, παρουσιάζονται επιγραμματικά κάποιες πηγές ρυπάνσεων του εδάφους. Η μόλυνση του εδάφους προκύπτει επίσης από δραστηριότητες όπως η εκμετάλλευση πετρελαίου, η απόρριψη λιπαντικών και τροχοφόρων ελαστικών, οι εργασίες εξόρυξης και λατομείων, καθώς και οι εκπομπές βαρέων μετάλλων από χημικές βιομηχανίες και η καύση στερεών και υγρών ορυκτών καυσίμων.

Τοξικές χημικές ουσίες, απόβλητα υλικά και ρύποι βρίσκουν το δρόμο τους στο έδαφος, είτε μολύνοντάς το τοπικά είτε διασκορπίζονται σε άλλα περιβαλλοντικά τμήματα, όπως τα υπόγεια ύδατα ή διάφορα συστήματα νερού. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι καθιζάνουν επίσης στο έδαφος ανάλογα με την τοπική γεωμορφολογία και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Η χρήση λιπασμάτων, ενώ εμπλουτίζει το έδαφος με θρεπτικά συστατικά για τα φυτά, μπορεί ακούσια να οδηγήσει σε μείωση της ωφέλιμης οργανικής ύλης, να αλλάξει την υφή του εδάφους και να μειώσει την ικανότητα κατακράτησης νερού, μειώνοντας τελικά τη γονιμότητα του εδάφους.

Τα φυτοφάρμακα, που χρησιμοποιούνται συνήθως στη γεωργία, συμβάλλουν στη ρύπανση του εδάφους, ειδικά εκείνα που βιοδιασπώνται αργά ή παράγουν τοξικούς μεταβολίτες κατά τη διάσπαση. Η συσσώρευση υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων σε γεωργικές εκτάσεις μπορεί να βλάψει τους χερσαίους οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων των γαιοσκωλήκων, των νηματωδών και των μικροοργανισμών, οδηγώντας σε υποβάθμιση του εδάφους. Επιπλέον, τα βαρέα μέταλλα παίζουν σημαντικό ρόλο στη ρύπανση του εδάφους, επηρεάζοντας δυσμενώς τη λειτουργία των ενζύμων στα φυτά, τα ζώα και τους μικροοργανισμούς του εδάφους.

Η ρύπανση του εδάφους έχει σοβαρές συνέπειες για τη ζωή του ανθρώπου, των φυτών και των ζώων, καθώς τοξικές ουσίες και ρύποι τελικά εισχωρούν σε πηγές υπόγειων υδάτων και στα οικοσυστήματα επιφανειακών υδάτων. Επιπλέον, ορισμένα φυτά και οργανισμοί στην τροφική αλυσίδα ενδέχεται να μην μεταβολίζουν πλήρως διάφορους ρύπους, με αποτέλεσμα τη συσσώρευσή τους στην τροφική αλυσίδα (βιομεγέθυνση) και την πρόκληση ανησυχιών για τη βιοσυσσώρευση.

Το πετρέλαιο και τα προϊόντα πετρελαίου αποτελούν σημαντική απειλή ως ευρέως διαδεδομένοι ρύποι του εδάφους, ειδικά στις δύσκολες συνθήκες ασυνήθιστα χαμηλών θερμοκρασιών. Αυτοί οι ρύποι όχι μόνο έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στο περιβάλλον, αλλά συμβάλλουν επίσης στην υποβάθμιση του μόνιμου παγετού στην Αρκτική περιοχή της Γιακουτίας. Πρωταρχικός στόχος της έρευνας ήταν η διερεύνηση της έκτασης της πετρελαϊκής ρύπανσης στα εδάφη και τα ιζήματα του πυθμένα με τη χρήση μεθόδων γεωχημικής και μικροβιολογικής ανάλυσης.



Εικόνα 3-6. Ρύπανση εδάφους
(<http://ebooks.edu.gr>)

Τα ευρήματα της έρευνας [38] έδειξαν ότι η τρέχουσα πετρελαϊκή ρύπανση συγκεντρώνεται κυρίως σε βαριά βιομηχανοποιημένες περιοχές. Ωστόσο, μια αξιοσημείωτη παρατήρηση ήταν η μετανάστευση υδρογονανθράκων μέσω της τήξης, της εποχικής απόψυξης και των νερών της βροχής, που οδήγησε στη μετατροπή των γειτονικών περιοχών σε τεχνολογικά περιβάλλοντα. Αυτό υποδηλώνει ότι η πετρελαϊκή ρύπανση δεν παραμένει περιορισμένη στις αρχικές πηγές της, αλλά μπορεί να εξαπλωθεί σε γειτονικές περιοχές, επηρεάζοντας το φυσικό υπόβαθρο. Στις μοναδικές συνθήκες της Αρκτικής, η οξειδωτική διάσπαση των πετρελαϊκών

ρύπων βρέθηκε ότι επηρεάζεται κυρίως από φυσικούς και χημικούς παράγοντες, αντί να οδηγείται κυρίως από μικροβιακή οξείδωση. Αυτό σημαίνει ότι οι περιβαλλοντικές συνθήκες και οι φυσικές διεργασίες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην υποβάθμιση των πετρελαϊκών ρύπων στα εδάφη της Αρκτικής. Η αργή ανοργανοποίηση των οργανικών υπολειμμάτων και ο μετασχηματισμός των πετρελαϊκών ρύπων που μοιάζουν με σήψη οδήγησαν στον αποικισμό των μολυσμένων από πετρέλαιο εδαφών της Αρκτικής από σήψης και παθογόνους μικροοργανισμούς, περιπλέκοντας περαιτέρω τις οικολογικές συνέπειες.

Η έρευνα [39] έχει διερευνήσει τη σχέση μεταξύ της απόδοσης των καλλιεργειών και των υδάτινων πόρων, της αποδοτικότητας της χρήσης του νερού και άλλων παραγόντων. Ωστόσο, έχει δοθεί περιορισμένη προσοχή στον αντίκτυπο της ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων στην ποιότητα των σιτηρών σε εθνική κλίμακα, υπογραμμίζοντας την ανάγκη κατανόησης των επιπτώσεών της για ενημερωμένο τη χάραξη πολιτικής και τη διατήρηση της αγροτικής παραγωγικότητας.

Επιπλέον, τα φυτοφάρμακα έχουν παίξει κεντρικό ρόλο στη σύγχρονη παραγωγή τροφίμων, συμβάλλοντας στη βελτίωση των αποδόσεων των σιτηρών, αλλά η αναποτελεσματική χρήση τους μπορεί να θέσει σημαντικούς κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Η μη ελεγχόμενη εφαρμογή φυτοφαρμάκων μπορεί να οδηγήσει σε επαγγελματικούς κινδύνους για τους αγρότες και περιβαλλοντικούς κινδύνους για τα γεωργικά οικοσυστήματα. Τα υπολείμματα φυτοφαρμάκων στα δημητριακά μπορούν να επηρεάσουν άμεσα τη δημόσια υγεία μέσω της κατανάλωσης τροφίμων, οδηγώντας δυνητικά σε ασθένειες που σχετίζονται με τη διατροφή. Ενώ η τρέχουσα χρήση φυτοφαρμάκων μπορεί να εγκυμονεί λιγότερους κινδύνους για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία από ό,τι πριν, οι συνέπειες παραμένουν μια σημαντική και μακροπρόθεσμη ανησυχία.

Απόβλητα

Καθώς το ζήτημα της οικολογικής ρύπανσης παραμένει, η επείγουσα ανάγκη για αποτελεσματικές πρακτικές διαχείρισης αποβλήτων γίνεται όλο και πιο εμφανής. Ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές, τα τοξικά απόβλητα συνιστούν φυσική επιβάρυνση στο έδαφος, ενώ η πανταχού παρουσία των μη βιοαποδομήσιμων πλαστικών σε διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες αποτελεί σημαντική απειλή για το περιβάλλον και την ευημερία μας. Ο όγκος των απορριμμάτων που παράγονται στις ανθρώπινες κοινωνίες συνεχίζει να αυξάνεται, με τις

εκτιμήσεις να υποδηλώνουν ότι αναμένεται να φτάσει τους 2,2 δισεκατομμύρια τόνους έως το 2025 και τους 4,2 δισεκατομμύρια τόνους έως το 2050 [40].

Τα πλαστικά έχουν γίνει πανταχού παρόντα στην καθημερινή ζωή, απασχολούνται στη συσκευασία τροφίμων, ποτών, καλλυντικών, φαρμάκων και άλλων βιομηχανιών, καθιστώντας αναγκαία την αποτελεσματική και ασφαλή παράδοση προϊόντων στο κοινό. Η παραγωγή πλαστικών περιλαμβάνει διαδικασίες όπως ο πολυμερισμός ή η πολυσυμπύκνωση. Ωστόσο, η απόρριψη των πλαστικών αποβλήτων μετά τη χρήση συνεπάγεται σοβαρές περιβαλλοντικές συνέπειες, εάν δεν γίνει κατάλληλη διαχείριση. Τα ευρήματα της παρούσας ανασκόπησης [41] αναδεικνύουν τις σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλεί η εκτεταμένη κατανάλωση διαφόρων πλαστικών προϊόντων, η οποία οδηγεί σε τεράστιο όγκο πλαστικών αποβλήτων.

Η μελέτη [42] παρουσιάζει μια ολοκληρωμένη επισκόπηση των αναπόφευκτων συνεπειών που προκύπτουν από την πρακτική της διάθεσης στερεών αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής. Τα κύρια αποτελέσματα αυτής της πρακτικής είναι η παραγωγή αερίων και στραγγισμάτων, που οφείλονται σε παράγοντες όπως η μικροβιακή αποσύνθεση, οι κλιματικές συνθήκες, τα χαρακτηριστικά των απορριμμάτων και οι εργασίες υγειονομικής ταφής. Αυτά τα αέρια και τα στραγγίσματα που προκύπτουν δημιουργούν σημαντικές περιβαλλοντικές ανησυχίες τόσο για τις υφιστάμενες όσο και για τις νέες εγκαταστάσεις υγειονομικής ταφής, καθώς μπορούν να μεταναστεύσουν πέρα από τα όρια του χώρου υγειονομικής ταφής και να απελευθερωθούν στο περιβάλλον. Η μελέτη υπογραμμίζει επίσης τα σοβαρά περιβαλλοντικά ζητήματα που συνδέονται με το φαινόμενο αυτό, συμπεριλαμβανομένων των πιθανών κινδύνων για την υγεία, πυρκαγιών, εκρήξεων, ζημιών στη βλάστηση, δυσάρεστων οσμών, καθίζησης των χώρων υγειονομικής ταφής, ρύπανσης των υπόγειων υδάτων, ατμοσφαιρικής ρύπανσης και συμβολής στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Οι δυσμενείς επιπτώσεις της απελευθέρωσης αερίων και στραγγισμάτων απαιτούν επείγουσα προσοχή για τη διαφύλαξη του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας.

Οι χώροι υγειονομικής ταφής αποτελούν κάποια λύση στο πρόβλημα διαχείρισης αποβλήτων, ωστόσο πρέπει να δημιουργούνται κάτω από συγκεκριμένες προδιαγραφές. Σε αντίθετη περίπτωση, προκαλούνται διάφορα προβλήματα. Για παράδειγμα, η μελέτη [43] διερεύνησε τη ρύπανση από μικροπλαστικά σε έναν άτυπο χώρο υγειονομικής ταφής στη Νότια Κίνα, εντοπίζοντας μικροπλαστικά στα απορρίμματα του χώρου υγειονομικής ταφής, στο υποκείμενο έδαφος, στα δείγματα στραγγισμάτων και στα υπόγεια ύδατα. Στην Εικόνα 3-7

απεικονίζεται μία άτυπη χωματερή. Τα χαρακτηριστικά των μικροπλαστικών, όπως ινώδη, μικρού μεγέθους και διαφανή, υπέδειξαν ότι ο σχηματισμός τους σχετίζεται με την αποσάθρωση στον χώρο υγειονομικής ταφής. Η έρευνα υπογραμμίζει τη σημασία των άτυπων χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων ως σημαντικών πηγών ρύπανσης του περιβάλλοντος από μικροπλαστικά, καθώς τα μικροπλαστικά μπορούν να διαρρεύσουν και να επηρεάσουν τις γύρω περιοχές.



Εικόνα 3-7. Άτυπη χωματερή
(<http://ebooks.edu.gr>)

Τα ιατρικά απόβλητα είναι μια επικίνδυνη κατηγορία ρύπων που μπορεί να προκαλέσει δευτερογενή περιβαλλοντική ρύπανση εάν δεν υποστεί κατάλληλη επεξεργασία, ιδίως κατά τη διάρκεια έκτακτων περιστατικών δημόσιας υγείας. Ωστόσο, η έρευνα σχετικά με την παραγωγή ιατρικών αποβλήτων και τη χωροχρονική ετερογένειά τους είναι περιορισμένη. Στην παρούσα μελέτη [44], η παραγωγή ιατρικών αποβλήτων και ρύπων στην Κίνα από το 2002 έως το 2018 εκτιμήθηκε σε επαρχιακό επίπεδο, με βάση ιατρικά στατιστικά στοιχεία. Τα ευρήματα αποκάλυψαν ότι η ανάπτυξη του ιατρικού συστήματος και της οικονομίας της Κίνας, μαζί με την αύξηση της αναζήτησης ιατρικής περίθαλψης, οδήγησαν σε εκρηκτική αύξηση των ιατρικών αποβλήτων (~240%) και των ρύπων (~260%), με τα μεγάλα νοσοκομεία να αποτελούν τις κύριες πηγές. Μέχρι το 2030, η παραγωγή ιατρικών αποβλήτων αναμένεται να αυξηθεί περισσότερο από 50% σε σύγκριση με το 2018, ακόμη και χωρίς πανδημία, λόγω του τεράστιου πληθυσμού της χώρας.

Τα ηλεκτρονικά απόβλητα (e-waste) αποτελούν μια εξίσου σημαντική και αυξανόμενη παγκόσμια ανησυχία με δυσμενείς επιπτώσεις στους ανθρώπους, τα ζώα και το περιβάλλον, καθώς μολύνουν τον αέρα, το έδαφος και το νερό. Τα ηλεκτρονικά απόβλητα είναι ένα πιεστικό σύγχρονο περιβαλλοντικό ζήτημα που καθοδηγείται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και την ταχεία πρόοδο της τεχνολογίας. Καθώς η εξάρτησή μας από τις ηλεκτρονικές συσκευές

αυξάνεται, αυξάνεται και η παραγωγή अपαραχαιωμένων και απορριφθέντων ηλεκτρονικών ειδών, που περιέχουν επικίνδυνα υλικά όπως ο μόλυβδος, ο υδράργυρος και το κάδμιο. Ο ακατάλληλος χειρισμός και η απόρριψη των ηλεκτρονικών αποβλήτων έχει σοβαρές συνέπειες για το περιβάλλον και την υγεία, καθώς οι τοξικές ουσίες διοχετεύονται στο έδαφος και το νερό, οδηγώντας σε ρύπανση και πιθανή βλάβη τόσο στα οικοσυστήματα όσο και στους ανθρώπινους πληθυσμούς. Επιπλέον, η πολύπλοκη φύση των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων καθιστά την ανακύκλωση και τη σωστή απόρριψη δύσκολες, επιδεινώνοντας περαιτέρω το πρόβλημα των ηλεκτρονικών αποβλήτων. Η αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος απαιτεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που συνδυάζει βιώσιμο σχεδιασμό προϊόντων, υπεύθυνη κατανάλωση, αποτελεσματικές μεθόδους ανακύκλωσης και αυστηρούς κανονισμούς για την ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων των ηλεκτρονικών αποβλήτων στον πλανήτη μας και στις μελλοντικές γενιές.

Αυτό το άρθρο ανασκόπησης [45] εστιάζει στη διαχείριση ηλεκτρονικών αποβλήτων στην Ινδία, η οποία, μαζί με την Κίνα, είναι σημαντικός καταναλωτής ηλεκτρονικών gadget και υπεύθυνη για την αυξανόμενη σπατάλη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Το άρθρο εξετάζει την κατηγοριοποίηση των ηλεκτρονικών αποβλήτων και τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Εξετάζει επίσης την εξέλιξη των νομικών μέσων και των προγραμμάτων ευαισθητοποίησης στην Ινδία για την αντιμετώπιση της ταχείας ανάπτυξης των ηλεκτρονικών αποβλήτων. Η ανασκόπηση παρέχει ολοκληρωμένες πληροφορίες για τη διαδικασία ανακύκλωσης και τις επιπτώσεις της στη χώρα. Προσφέρει πολύτιμες γνώσεις στους αναγνώστες σχετικά με μεθόδους ελέγχου και μείωσης της κατανάλωσης ηλεκτρονικών αποβλήτων από την πλευρά των καταναλωτών, καθώς και μέτρα ελέγχου για τους κατασκευαστές. Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής που εμπλέκονται στη διαμόρφωση των μελλοντικών πολιτικών διαχείρισης ηλεκτρονικών αποβλήτων στην Ινδία μπορούν επίσης να επωφεληθούν από τις πληροφορίες που παρέχονται σε αυτό το άρθρο.

Ρύπανση υδάτων

Η ρύπανση των υδάτων δεν είναι πρόσφατο φαινόμενο [46]. Το νερό, το θεμελιώδες στοιχείο της ζωής στη Γη, συντηρεί όλους τους ζωντανούς οργανισμούς και είναι ένας πεπερασμένος και πολύτιμος πόρος. Τα επιφανειακά υδάτινα σώματα όπως τα ποτάμια και οι λίμνες, καθώς και οι υπόγειες πηγές νερού, είναι απαραίτητα για τις ανθρώπινες ανάγκες, τη γεωργία και τις βιομηχανικές διαδικασίες. Ωστόσο, ο αυξανόμενος παγκόσμιος πληθυσμός έχει οδηγήσει σε αυξανόμενες ανησυχίες σχετικά με τη διαθεσιμότητα νερού. Ανησυχητικά, περίπου ένα στα έξι

άτομα δεν έχει πρόσβαση σε καθαρό πόσιμο νερό, ανοίγοντας το δρόμο για ασθένειες που μεταδίδονται με νερό όπως η δυσεντερία, ο τύφος και η χολέρα.

Η ρύπανση των υδάτων αποτελεί πολύπλευρη απειλή για τα υδάτινα οικοσυστήματα, με διάφορες πηγές ρύπανσης να επηρεάζουν την υγεία των υδάτινων σωμάτων μας:

- **Ρύπανση από αστικά λύματα:** Τα αστικά λύματα περιέχουν υψηλή συγκέντρωση οργανικών συστατικών και συχνά απορρίπτονται σε θάλασσες, λίμνες, ποτάμια ή απορροφητικές στέρνες, οδηγώντας σε ρύπανση του εδάφους και των υπόγειων υδάτων. Τα μικροβιακά φορτία στα αστικά απόβλητα προκαλούν σοβαρές λοιμώξεις, με βακτήρια που ευθύνονται για ασθένειες όπως ο τυφοειδής πυρετός, η δυσεντερία, η γαστρεντερίτιδα και η χολέρα. Οι ιοί στο νερό μπορεί να προκαλέσουν πολιομυελίτιδα και ηπατίτιδα, ενώ το ακάθαρτο νερό μπορεί να φιλοξενεί αυγά και νύμφες παρασίτων, προκαλώντας επιπλέον προβλήματα υγείας. Ενώ το θαλασσινό νερό συνήθως καθιστά ανενεργά τα παθογόνα μικρόβια και τους ιούς, τα μη επεξεργασμένα αστικά και κτηνοτροφικά λύματα ενέχουν κινδύνους για την υγεία.
- **Γεωργική ρύπανση:** Οι γεωργικές δραστηριότητες συμβάλλουν στη ρύπανση των υδάτων μέσω της υπερβολικής χρήσης λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε ευτροφισμό. Αυτοί οι ρύποι εισέρχονται στα επιφανειακά ύδατα μέσω της απορροής των ομβρίων υδάτων ή διεισδύουν στα υπόγεια ύδατα αφού μολύνουν το αρδευτικό νερό.
- **Βιομηχανική ρύπανση:** Τα υγρά βιομηχανικά λύματα από διάφορες παραγωγικές διαδικασίες συμβάλλουν στη ρύπανση των υδάτων στην Ελλάδα. Η οργανική ρύπανση από βιομηχανίες όπως η επεξεργασία τροφίμων, η παραγωγή γάλακτος και τα σφαγεία επηρεάζει την κατανάλωση οξυγόνου στο νερό. Η ρύπανση από θρεπτικά συστατικά από τις βιομηχανίες λιπασμάτων και τα αστικά λύματα οδηγεί σε ευτροφισμό στα νερά. Τα βαρέα μέταλλα από τις χημικές βιομηχανίες και τα βυρσοδεψεία μολύνουν το νερό, ενώ η θερμική ρύπανση προκύπτει από την απόρριψη των νερών ψύξης.
- **Πετρελαϊκή ρύπανση:** Η ρύπανση από πετρέλαιο και προϊόντα διύλισης προέρχεται από δραστηριότητες εξόρυξης, καθαρισμό πετρελαιοφόρων και ατυχήματα κατά τη μεταφορά πετρελαίου με βυτιοφόρα. Οι πετρελαιοκηλίδες έχουν καταστροφικές επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον και στα οικοσυστήματα. Τα πετρελαιοειδή σχηματίζουν μονομοριακά στρώματα στην επιφάνεια του νερού, εμποδίζοντας την ανταλλαγή αερίων μεταξύ αέρα και νερού και βλάπτοντας τους υδρόβιους οργανισμούς. Το λάδι επίσης διαταράσσει την τροφική αλυσίδα, εμποδίζει την

αναπαραγωγή της θαλάσσιας ζωής και αποδυναμώνει τη φυσική αντίσταση του οργανισμού. Ωστόσο, ορισμένα βακτήρια στο λάδι έχουν την ικανότητα να το διασπούν, βοηθώντας στον καθαρισμό των μολυσμένων περιοχών. Η αυστηρότερη διεθνής νομοθεσία και οι εγκαταστάσεις υποδοχής απορριμμάτων στα λιμάνια έχουν μειώσει τις απορρίψεις πετρελαίου στη θάλασσα.

- **Τοξικές χημικές ουσίες:** Βαρέα μέταλλα όπως σίδηρος, χρώμιο, μόλυβδος, υδράργυρος, κάδμιο, ψευδάργυρος, μαγγάνιο, χαλκός, νικέλιο και αρσενικό, μαζί με φυτοφάρμακα, ζιζανιοκτόνα, πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs), οργανοκασσιτερικές ενώσεις (TBTs) και ενδοκρινικοί διαταράκτες, σοβαρούς κινδύνους για τα υδάτινα οικοσυστήματα. Αυτές οι τοξικές χημικές ουσίες προκαλούν δηλητηρίαση, αναστέλλουν την ανάπτυξη και τη φωτοσύνθεση και συσσωρεύονται επιλεκτικά σε ορισμένα είδη.

Η απελευθέρωση συνθετικών χημικών ουσιών στο περιβάλλον λόγω της οικονομικής ανάπτυξης έχει κλιμακωθεί από τη Βιομηχανική Επανάσταση και ιδίως τα τελευταία 50 χρόνια. Εκτός από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), οι οποίες έχουν σημαντικές μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στο κλίμα και τους ωκεανούς, οι βιομηχανικές και γεωργικές δραστηριότητες έχουν εισάγει τρισεκατομμύρια τόνους χημικά ενεργών υλικών στο περιβάλλον μέσω διαδικασιών όπως η εξόρυξη, η γεωργία και η παραγωγή ενέργειας [47].

Εκτός από τις φυσικές χημικές ουσίες, οι άνθρωποι έχουν συνθέσει πάνω από 140.000 χημικές ουσίες και μείγματα και πρόσφατες εκτιμήσεις δείχνουν ότι ο αριθμός αυτός μπορεί να ξεπεράσει τις 350.000 [48]. Η συνεχής ανάπτυξη νέων συνθετικών χημικών ουσιών, με τις ΗΠΑ να παράγουν περίπου 1500 νέες ουσίες ετησίως, αυξάνει την πολυπλοκότητα του ζητήματος [49]. Πολλές από αυτές τις χημικές ουσίες είναι τοξικές ακόμη και σε μικρές ποσότητες, είτε αυτοτελώς, είτε σε συνδυασμό με άλλους ρύπους, είτε ως προϊόντα διάσπασης στη βιόσφαιρα και τη γεώσφαιρα.

Οι απελευθερώσεις χημικών ουσιών ανέρχονται σε μια συγκλονιστική εκτίμηση έως και 220 δισεκατομμυρίων τόνων ετησίως, ενώ οι εκπομπές του θερμοκηπίου αντιπροσωπεύουν μόνο το 20% αυτού του αριθμού [50]. Η εκτεταμένη διασπορά των χημικών ουσιών που παράγονται από τον άνθρωπο έχει εντοπιστεί παγκοσμίως, από τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας έως τα βάθη των ωκεανών, ακόμη και σε απομακρυσμένες και ακατοίκητες περιοχές [51]. Αυτές οι απελευθερώσεις έχουν συμβάλει σε περισσότερες από 700 γνωστές "νεκρές ζώνες"

σε ωκεανούς και λίμνες, που εν μέρει οφείλονται στη ρύπανση από λιπάσματα, αγροχημικά και ιζήματα [52].

Οι επιπτώσεις των βιομηχανικών χημικών ουσιών, συμπεριλαμβανομένων των γνωστών καρκινογόνων ουσιών και των υπολειμμάτων τους, έχουν βρεθεί στο αίμα και τους ιστούς όλων των πληθυσμών, συμπεριλαμβανομένων των αγέννητων μωρών και των βρεφών [53]. Οι χημικές αυτές ουσίες υπάρχουν επίσης σε υδρόβιους οργανισμούς, φυτά, άγρια ζώα και είδη διατροφής, δημιουργώντας κινδύνους για τα οικοσυστήματα και την ανθρώπινη υγεία (Gruber, 2018). Οι σωρευτικές επιδράσεις αυτών των χημικών ουσιών μπορούν να επηρεάσουν τη γενετική, τον μεταβολισμό, τη διατροφή και το περιβάλλον, θέτοντας δυνητικές απειλές για την ανθρώπινη ζωή [54].

Η ανθρωπογενής χημική ρύπανση αποτελεί σημαντικό περιβαλλοντικό κίνδυνο για την ανθρωπότητα, με δυνητικά εκτεταμένες συνέπειες [55]. Παρά τη σημασία της, η παγκόσμια κατανόηση του ζητήματος αυτού παραμένει κατακερματισμένη. Το παρόν άρθρο αποσκοπεί στην παροχή μιας ολοκληρωμένης προοπτικής για την απειλή που συνιστά η χημική ρύπανση, εστιάζοντας στην ανδρική γονιμότητα, τη γνωστική υγεία και την επισιτιστική ασφάλεια. Η διασπορά, η ανάμειξη και ο ανασυνδυασμός των χημικών ουσιών στο περιβάλλον εισάγουν σοβαρά κενά στις γνώσεις μας σχετικά με την πραγματική κλίμακα της απειλής και τους κινδύνους που αυτή συνεπάγεται. Ενώ υπάρχουν υφιστάμενα μέτρα ελέγχου της ρύπανσης, ο ρυθμός υιοθέτησής τους υπολείπεται αυτού που απαιτείται για την πρόληψη χρόνιων και οξέων επιπτώσεων στην υγεία τόσο στο παρόν όσο και στο μέλλον. Απαιτείται επείγουσα δράση για την αύξηση της παγκόσμιας ευαισθητοποίησης και την υποβολή της χρήσης, της διασποράς και της διάθεσης χημικών ουσιών σε αυστηρό επιστημονικό έλεγχο, ώστε να γίνει καλύτερα αντιληπτή η συνολική κλίμακα των κινδύνων που ενέχει.

Η μελέτη [56] αναφέρει ότι η ρύπανση από πλαστικά απορρίμματα στη βαθιά θάλασσα έχει τεκμηριωθεί εκτενώς μέσω μιας πρόσφατα αναπτυχθείσας βάσης δεδομένων. Στην Εικόνα 3-8 φαίνεται η έκταση της ρύπανσης από πλαστικά απορρίμματα στη θάλασσα. Η βάση δεδομένων για τα σκουπίδια της βαθιάς θάλασσας, η οποία ξεκίνησε από το Παγκόσμιο Κέντρο Ωκεανογραφικών Δεδομένων (GODAC) του Ιαπωνικού Οργανισμού Επιστημών και Τεχνολογίας της Θάλασσας και της Γης (JAMSTEC), περιέχει οπτικές καταγραφές των σκουπιδιών που έχουν συλλεχθεί από υποβρύχια και τηλεχειριζόμενα οχήματα βαθιάς θάλασσας από το 1983. Από 5010 καταδύσεις στη βάση δεδομένων, εντοπίστηκαν 3425 ανθρωπογενή συντρίμια, με πάνω από το 33% να είναι μακροπλαστικά. Μεταξύ αυτών, το

89% ήταν πλαστικά προϊόντα μίας χρήσης, και τα ποσοστά αυξήθηκαν σε 52% και 92%, αντίστοιχα, σε περιοχές βαθύτερα από 6000 m. Είναι αξιοσημείωτο ότι το βαθύτερο ρεκόρ ήταν μια πλαστική σακούλα που βρέθηκε σε εκπληκτικό βάθος 10898 m στην τάφρο των Μαριάνα. Οργανισμοί βαθιάς θάλασσας παρατηρήθηκαν στο 17% των εικόνων πλαστικών απορριμμάτων, υποδεικνύοντας τη δυνατότητα εμπλοκής με χημειοσυνθετικές κοινότητες ψυχρής διαρροής. Η ποσοτική ανάλυση πυκνότητας για ένα υποσύνολο δεδομένων στο δυτικό Βόρειο Ειρηνικό αποκάλυψε πυκνότητες πλαστικών που κυμαίνονταν από 17 έως 335 στοιχεία km⁻² σε βάθη 1092-5977 m. Τα δεδομένα αυτά υποδεικνύουν ότι η επιρροή των ανθρώπινων



Εικόνα 3-8. Ρύπανση θάλασσάς
(<https://www.tovima.gr>)

δραστηριοτήτων από την ξηρά έχει φθάσει ακόμη και στα βαθύτερα σημεία του ωκεανού, πάνω από 1000 χλμ. μακριά από την ηπειρωτική χώρα, εκτός από τις επιπτώσεις της εκμετάλλευσης των πόρων και της βιομηχανικής ανάπτυξης. Η μελέτη υπογραμμίζει την επείγουσα ανάγκη για διεθνή πλαίσια παρακολούθησης της πλαστικής ρύπανσης των βαθιών θαλασσών ως ουσιώδους ωκεάνιας μεταβλητής, μαζί με ένα πρωτόκολλο ανταλλαγής δεδομένων. Τέτοιες πρωτοβουλίες είναι ζωτικής σημασίας για την παροχή επιστημονικών γνώσεων που είναι απαραίτητες για την αποτελεσματική διαχείριση της πλαστικής ρύπανσης και τη διατήρηση των οικοσυστημάτων της βαθιάς θάλασσας.

Επίσης, η μελέτη [57] αποσκοπούσε στην αξιολόγηση του αντίκτυπου των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στη χημική ρύπανση των υδάτων της Ανταρκτικής, με ιδιαίτερη έμφαση στις ανόργανες χημικές ουσίες και σε επιλεγμένους οργανικούς ανθρωπογενείς ρύπους που προκαλούν ανησυχία (Contaminants of Emerging Concern, CEC). Η έρευνα κάλυψε τόσο το

γλυκό νερό της ενδοχώρας όσο και το παράκτιο θαλασσινό νερό, μαζί με τον σχετικό οικοτοξικολογικό κίνδυνο. Η ανάλυση αποκάλυψε ότι η νικοτίνη και η τολιτριάζολη ήταν οι πιο διαδεδομένες CEC, παρούσες στο 74% και 89% των δειγμάτων που αναλύθηκαν, αντίστοιχα. Μεταξύ των CECs, η σιταλοπράμη, η κλαριθρομυκίνη και η νικοτίνη ήταν οι πιο άφθονες, με συγκεντρώσεις που έφτασαν τα 292, 173 και 146 ng/L, αντίστοιχα. Είναι ενδιαφέρον ότι η χωρική κατανομή των CEC δεν συνδέθηκε με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του νερού ή ανόργανα συστατικά. Ενώ τα πρότυπα μόλυνσης στο γλυκό νερό της ενδοχώρας διέφεραν μεταξύ των τοποθεσιών, ήταν σχετικά σταθερά στο παράκτιο θαλασσινό νερό, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι συγκεντρώσεις στο γλυκό νερό της ενδοχώρας μπορεί να επηρεάζονται από διάφορες περιβαλλοντικές διεργασίες, συμπεριλαμβανομένης της επανεκπομπής από τον πάγο, της ατμοσφαιρικής απόθεσης και των περιορισμένων διεργασιών φωτο- και βιοαποδόμησης, εκτός από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Η παρούσα έρευνα [58] παρουσιάζει μια πρωτοποριακή έννοια που περιλαμβάνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των θαλάσσιων δραστηριοτήτων, οι οποίες ονομάζονται αποτυπώματα δραστηριοτήτων, αποτυπώματα πιέσεων και αποτυπώματα επιπτώσεων. Για πρώτη φορά, η μελέτη αυτή εισάγει αυτά τα τρία διακριτά αποτυπώματα για την ποσοτικοποίηση και την κατανόηση των επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στα θαλάσσια οικοσυστήματα. Τα αποτυπώματα δραστηριοτήτων αναφέρονται στη χωρική έκταση όπου λαμβάνουν χώρα θαλάσσιες δραστηριότητες, ενώ τα αποτυπώματα πιέσεων περιλαμβάνουν τις περιοχές που επηρεάζονται από τις επακόλουθες επιπτώσεις στους οικοτόπους και τα είδη. Τα αποτυπώματα επιπτώσεων επεκτείνονται πέρα από τις οικολογικές επιπτώσεις και περιλαμβάνουν τις επιπτώσεις στις υπηρεσίες του οικοσυστήματος από τις οποίες επωφελείται η κοινωνία. Με την ποσοτικοποίηση αυτών των αποτυπωμάτων, το πλαίσιο αυτό έχει σημαντικές επιπτώσεις στη θαλάσσια διακυβέρνηση, παρέχοντας πολύτιμες πληροφορίες στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων για τον σχεδιασμό αποτελεσματικών στρατηγικών διαχείρισης. Επιπλέον, η συνάφεια του συστήματος επεκτείνεται στην αντιμετώπιση των σωρευτικών και διασυννοριακών συνεπειών, καθιστώντας το ένα ισχυρό εργαλείο για την αντιμετώπιση πολύπλοκων προκλήσεων και τη διασφάλιση της βιώσιμης χρήσης και διατήρησης του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Η μελέτη [59] υπογραμμίζει τον ανταγωνισμό για την προσοχή του κοινού και της πολιτικής μεταξύ της ρύπανσης από πλαστικά και της κλιματικής αλλαγής, τονίζοντας τη διασύνδεσή τους, με τα ευάλωτα θαλάσσια είδη και οικοσυστήματα να επηρεάζονται και από τα δύο ζητήματα. Τονίζεται η κοινή βασική αιτία της υπερκατανάλωσης πεπερασμένων πόρων και

προτείνεται ότι η αντιμετώπιση της πλαστικής ρύπανσης μπορεί να δώσει ώθηση στη δράση κατά της κλιματικής αλλαγής. Για την αποτελεσματική αντιμετώπιση και των δύο κρίσεων προτείνονται ολοκληρωμένες προσεγγίσεις, όπως η διατήρηση του μπλε άνθρακα και η υιοθέτηση των αρχών της κυκλικής οικονομίας. Αναγνωρίζοντας αυτές τις αλληλοσυσχετίσεις και υιοθετώντας ολοκληρωμένες στρατηγικές, οι κοινωνίες μπορούν να προστατεύσουν αποτελεσματικά τα θαλάσσια οικοσυστήματα και το περιβάλλον, προωθώντας παράλληλα βιώσιμες πρακτικές για ένα καλύτερο μέλλον.

Έλλειψη νερού

Το γλυκό νερό είναι ένας κρίσιμος και πεπερασμένος πόρος ζωτικής σημασίας για τη ζωή, την ανάπτυξη και το περιβάλλον [60]. Ωστόσο, η κακή διαχείριση των υδάτινων πόρων έχει οδηγήσει σε σημαντικές παγκόσμιες προκλήσεις. Πολλές λεκάνες απορροής ποταμών αντιμετωπίζουν λειψυδρία, τα υδάτινα σώματα είναι έντονα μολυσμένα και τα αποθέματα τόσο των επιφανειακών όσο και των υπόγειων υδάτων εξαντλούνται. Κατά συνέπεια, τα οικοσυστήματα και οι οικότοποι υποβαθμίζονται και τα είδη που εξαρτώνται από τους υδάτινους πόρους απειλούνται με εξαφάνιση. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, που καθοδηγούνται από την αύξηση του πληθυσμού και την οικονομική ανάπτυξη, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην υπερβολική χρήση και τη ρύπανση των υδάτινων πηγών. Η κλιματική αλλαγή επιδεινώνει το πρόβλημα αυξάνοντας τη ζήτηση νερού λόγω των ακανόνιστων καιρικών συνθηκών. Αυτές οι κρίσεις νερού έχουν ευρείες κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις, οδηγώντας σε ανισότητες, συγκρούσεις, επισιτιστική και ενεργειακή ανασφάλεια. Η αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων απαιτεί σημαντική μείωση της κατανάλωσης νερού. Η έννοια του υδάτινου αποτυπώματος μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση του τρόπου και του τόπου υπερβολικής χρήσης του νερού.

Το υδατικό αποτύπωμα (ΥΑ) είναι ένας ολοκληρωμένος δείκτης που αξιολογεί την ογκομετρική χρήση νερού και τη ρύπανση που συνδέεται με τις ανθρώπινες δραστηριότητες [60]. Οι WF υπολογίζονται σε επίπεδο διεργασίας ή δραστηριότητας και μπορούν να συγκεντρωθούν για την αξιολόγηση της χρήσης νερού και της ρύπανσης σε επίπεδο προϊόντος, εταιρείας, τομέα ή καταναλωτή, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις άμεσες όσο και τις έμμεσες επιπτώσεις στο νερό σε όλη την αλυσίδα αξίας.

Η μελέτη [61] παρουσιάζει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που ενσωματώνει τόσο τις πτυχές της ρύπανσης όσο και της έλλειψης νερού σε μια αξιολόγηση των επιπτώσεων του αποτυπώματος νερού. Οι ερευνητές ανέπτυξαν ένα μοντέλο για την αξιολόγηση των

επιπτώσεων της χρήσης νερού στη διαθεσιμότητα γλυκού νερού για ανθρώπινη χρήση και στη βιοποικιλότητα. Για να δοκιμάσουν το πλαίσιο, αξιολόγησαν τη βιωσιμότητα της κατανάλωσης νερού στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Τα ευρήματα αποκαλύπτουν ότι οι σημαντικότερες επιπτώσεις στους υδάτινους πόρους προέρχονται από τη ρύπανση που παράγεται από βιομηχανικές και γεωργικές δραστηριότητες, καθώς και από την κατανάλωση νερού στους εν λόγω τομείς. Είναι ανησυχητικό ότι, σύμφωνα με τη μελέτη, οι επιπτώσεις της χρήσης νερού υπερβαίνουν τα όρια βιωσιμότητας σε περίπου 5 έως 8% της εξεταζόμενης περιοχής. Τα αποτελέσματα αυτά υπογραμμίζουν την επείγουσα ανάγκη για καλύτερες στρατηγικές διαχείρισης και διατήρησης, ώστε να διασφαλιστεί η βιώσιμη χρήση των υδάτινων πόρων στην Ευρωπαϊκή Ένωση και πέραν αυτής.

Καθώς ο παγκόσμιος πληθυσμός μας συνεχίζει να αυξάνεται εκθετικά και οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής εκδηλώνονται μέσω ασταθών καιρικών φαινομένων, η έλλειψη υδάτινων πόρων έχει αναδειχθεί ως μία από τις πιο κρίσιμες περιβαλλοντικές και κοινωνικές προκλήσεις της εποχής μας.

Ευτροφισμός

Ο ευτροφισμός είναι μια φυσική διαδικασία κατά την οποία υδάτινα σώματα, όπως λίμνες, ποτάμια και παράκτιες περιοχές, εμπλουτίζονται με περίσσεια θρεπτικών συστατικών, κυρίως αζώτου και φωσφόρου. Μία χαρακτηριστική εικόνα μίας λίμνης με ευτροφισμό φαίνεται στην Εικόνα 3-9. Αυτά τα θρεπτικά συστατικά προέρχονται από διάφορες πηγές, όπως η γεωργική απορροή, η απόρριψη λυμάτων και οι βιομηχανικές δραστηριότητες. Σε μέτριες ποσότητες, τα θρεπτικά συστατικά υποστηρίζουν την ανάπτυξη υδρόβιων φυτών και φυκών, τα οποία



Εικόνα 3-9. Ευτροφισμός
(<https://oikopotamos.wordpress.com>)

αποτελούν βασικά συστατικά του υδάτινου οικοσυστήματος. Ωστόσο, οι υπερβολικές εισροές θρεπτικών συστατικών μπορεί να οδηγήσουν σε υπεραφθονία φυκών και άλλων υδρόβιων φυτών, προκαλώντας ταχεία και πυκνή ανάπτυξη, γνωστή ως άνθιση φυκών. Καθώς τα φύκια πεθαίνουν και αποσυντίθενται, τα βακτήρια καταναλώνουν οξυγόνο στο νερό, οδηγώντας σε μείωση του οξυγόνου και δημιουργώντας υποξικές ή ανοξικές συνθήκες. Η διαδικασία αυτή διαταράσσει την ισορροπία του οικοσυστήματος, βλάπτει τα ψάρια και άλλους υδρόβιους οργανισμούς και μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια της βιοποικιλότητας.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η αστικοποίηση, η γεωργία και η εκβιομηχάνιση, έχουν επιταχύνει τον ρυθμό του ευτροφισμού, μετατρέποντάς τον σε ένα ευρέως διαδεδομένο περιβαλλοντικό ζήτημα που επηρεάζει τα υδάτινα σώματα παγκοσμίως. Η αποτελεσματική διαχείριση και τα μέτρα ελέγχου είναι απαραίτητα για τον μετριασμό των αρνητικών επιπτώσεων του ευτροφισμού και τη διατήρηση της υγείας και της οικολογικής ισορροπίας των υδάτινων οικοσυστημάτων.

Η παρούσα μελέτη [62] εξετάζει την πορεία ανάκαμψης της λίμνης Gehu, εστιάζοντας στη διαδικασία ευτροφισμού της και στις πιθανές στρατηγικές διαχείρισης. Αναλύοντας δεδομένα παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτων για 34 χρόνια, οι ερευνητές διαπιστώνουν ότι η πορεία ανάκαμψης της λίμνης είναι μη γραμμική, με σχετικά μικρή χρονική υστέρηση στη μείωση των επιπέδων της χλωροφύλλης-α (Chla). Η αλλαγή του καθεστώτος από την κατάσταση καθαρών υδάτων σε κατάσταση θολών υδάτων συνέβη όταν το όριο του ολικού φωσφόρου έφτασε τα 120 $\mu\text{g/L}$. Η κλιματική αλλαγή αντιστάθμισε εν μέρει τα θετικά αποτελέσματα της μείωσης των θρεπτικών φορτίων, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για περαιτέρω προσοχή στον έλεγχο του ευτροφισμού.

Η παρούσα μελέτη [63] διερευνά τις βαθιές επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στην ανακύκλωση του αζώτου (N) και του φωσφόρου (P) στη βιόσφαιρα, εκτός από την καλά τεκμηριωμένη αύξηση των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα. Οι υπερβολικές ποσότητες αυτών των θρεπτικών συστατικών φτάνουν τελικά στα παράκτια ύδατα, οδηγώντας σε σοβαρές και επιζήμιες συνέπειες, όπως ο πολλαπλασιασμός της άνθισης του φυτοπλαγκτού και των μακροφυκών, η μείωση της βυθισμένης υδρόβιας βλάστησης, επεισόδια χαμηλού οξυγόνου (υποξία) και μειωμένη βιοποικιλότητα.

Διάβρωση εδάφους

Η διάβρωση, μια ευρέως διαδεδομένη απειλή για το έδαφος, εντείνεται από ανθρώπινες δραστηριότητες όπως οι κατασκευές, η ανάπτυξη γης και τα έργα μηχανικής [64]. Η κλιματική

αλλαγή επιδεινώνει τη διάβρωση, ειδικά στις παράκτιες περιοχές, όπου η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και τα έντονα καιρικά φαινόμενα όπως πλημμύρες και καταιγίδες προκαλούν ζημιές.

Η διάβρωση του εδάφους μπορεί να ταξινομηθεί με βάση την ανθρώπινη παρέμβαση και τα χρονικά χαρακτηριστικά [64]. Η φυσική διάβρωση συμβαίνει χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση και συμβαίνει με αργό ρυθμό. Η ακανόνιστη φυσική διάβρωση προκύπτει από παράγοντες όπως η ξηρασία, οι χιονοστιβάδες και οι ασθένειες που επηρεάζουν τη βλάστηση. Η ανθρωπογενής διάβρωση είναι η επιταχυνόμενη διάβρωση που προκαλείται από ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως καλλιέργειες σε πλαγιές, πυρκαγιές, παράνομη υλοτομία και υπερβόσκηση. Στόχος των μέτρων προστασίας του εδάφους είναι η μείωση της ανθρωπογενούς επιταχυνόμενης διάβρωσης στο επίπεδο της φυσικής διάβρωσης.

Η διάβρωση του εδάφους έχει σημαντικές συνέπειες για το περιβάλλον και τα τεχνικά έργα [64]. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να αυξήσουν δραματικά τους ρυθμούς διάβρωσης σε σύγκριση με τις φυσικές διεργασίες. Η υδραυλική διάβρωση, που προκαλείται από το νερό, επηρεάζει μηχανολογικές κατασκευές όπως δρόμους, γέφυρες, σιδηροδρόμους και συστήματα άρδευσης, οδηγώντας σε εναπόθεση διαβρωμένων υλικών, μειωμένη λειτουργικότητα και δαπανηρή βυθοκόρηση λιμνών και δεξαμενών. Μπορεί επίσης να προκαλέσει κατολισθήσεις και δομικές αστοχίες.

Επιπλέον, κατά την οδοποιία, η απομάκρυνση της προστατευτικής βλάστησης και των απροστάτευτων πρανών μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά προβλήματα διάβρωσης [64]. Αυτές οι συνέπειες δεν επηρεάζουν μόνο τα έργα μηχανικής αλλά επηρεάζουν επίσης το φυσικό περιβάλλον, την αγροτική παραγωγικότητα και τη συνολική οικονομία. Ως εκ τούτου, η κατανόηση των διαφορετικών μορφών διάβρωσης του εδάφους και η εφαρμογή κατάλληλων μέτρων προστασίας του εδάφους είναι ζωτικής σημασίας για τον μετριασμό των δυσμενών επιπτώσεών της στο περιβάλλον και την κοινωνία.

Η αύξηση των γεωργικών δραστηριοτήτων έχει οδηγήσει σε σημαντική αύξηση των ποσοστών διάβρωσης του εδάφους, γεγονός που εγείρει ανησυχίες σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις της στην κρίσιμη ζώνη της Γης. Στην παρούσα εργασία [65], οι ερευνητές επικεντρώνονται στην ποσοτικοποίηση της έκτασης της γεωργικής διάβρωσης του εδάφους και των επιπτώσεών της στην Κρίσιμη Ζώνη. Συνδυάζοντας αυτές τις πληροφορίες με την υπάρχουσα κατανόηση των διεργασιών της Κρίσιμης Ζώνης, αξιολογούν τις επιπτώσεις της γεωργικής διάβρωσης του εδάφους στη λειτουργία του εδάφους, συμπεριλαμβανομένων των βιογεωχημικών κύκλων, της

υδρολογίας και της παραγωγικότητας των καλλιεργειών. Η μελέτη αποσκοπεί στον εντοπισμό των τομέων που απαιτούν περαιτέρω έρευνα για την απόκτηση μιας ολοκληρωμένης κατανόησης του τρόπου με τον οποίο η γεωργική εδαφική διάβρωση επηρεάζει την Κρίσιμη Ζώνη της Γης σε διάφορες χωρικές και χρονικές κλίμακες. Η έρευνα αυτή συνεισφέρει πολύτιμες γνώσεις σχετικά με τις συνέπειες της διάβρωσης του εδάφους σε κρίσιμες διεργασίες του οικοσυστήματος, ζητώντας τεκμηριωμένη διαχείριση και στρατηγικές διατήρησης για τη διασφάλιση της υγείας και της λειτουργικότητας της Κρίσιμης Ζώνης της Γης.

Στην παρούσα μελέτη [66], εφαρμόζεται μια αναδρομική προσέγγιση με τη χρήση λιμναίων ιζημάτων από τη λίμνη Iseo στις ιταλικές Άλπεις για την ανακατασκευή της μακροπρόθεσμης εξέλιξης της διάβρωσης σε αλπικά τοπία. Η λίμνη Iseo χρησιμεύει ως φυσική αποθήκη προϊόντων διάβρωσης από μια μεγάλη λεκάνη απορροής αντιπροσωπευτική των νότιων ιταλικών Άλπεων, όπου οι ιστορικές ανθρώπινες δραστηριότητες και οι κλιματικές διακυμάνσεις είναι καλά τεκμηριωμένες. Η έρευνα συνδυάζει μια μέθοδο από την πηγή στην καταβόθρα, χρησιμοποιώντας ισοτοπική γεωχημεία (ϵNd , $87\text{Sr}/86\text{Sr}$), με μια πολυπροξενική ανάλυση μιας λιμναίας τομής ιζημάτων που καλύπτει 2000 χρόνια. Με τη χρήση αυτής της προσέγγισης, η μελέτη διαχωρίζει τη συμβολή του κλίματος και της χρήσης γης ως παραγόντων προώθησης της διάβρωσης, αναδεικνύοντας τις διακριτές επιπτώσεις τους σε διάφορους τύπους πετρωμάτων εντός της λεκάνης απορροής. Τα αποτελέσματα αποκαλύπτουν ότι οι προόδους και οι υποχωρήσεις των παγετώνων οδηγούν τη διάβρωση στο υψομετρικό τμήμα της λεκάνης απορροής, ενώ οι ανθρώπινες δραστηριότητες και οι βροχοπτώσεις έχουν επηρεάσει τη διάβρωση στο χαμηλότερο τμήμα. Η μελέτη καταγράφει το χρονικό της διάβρωσης των παγετώνων κατά τις τελευταίες δύο χιλιετίες και εξετάζει την επίδραση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στη διάβρωση των ιζηματογενών πετρωμάτων. Καταγράφει περιόδους αποψίλωσης των δασών και αυξημένης ανθρώπινης πίεσης, υποδεικνύοντας ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν γίνει η κυρίαρχη κινητήρια δύναμη της φυσικής διάβρωσης στο ορεινό περιβάλλον της βόρειας Ιταλίας από τα τέλη της Ρωμαϊκής περιόδου. Η έρευνα αυτή παρέχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την ιστορική απόδοση ιζημάτων από λιμναία ιζήματα και τον προσδιορισμό και την ποσοτική αξιολόγηση των παραγόντων διάβρωσης συμβάλλοντας στη βαθύτερη κατανόηση της διάβρωσης του εδάφους στις αλπικές περιοχές.

Ερημοποίηση

Η διαδικασία της ερημοποίησης οφείλεται κυρίως στη διάβρωση από το νερό, τη διάβρωση από τον άνεμο και την αλάτωση, οι οποίες υποβαθμίζουν την ποιότητα του εδάφους και συμβάλλουν στην απώλεια της βιοποικιλότητας και της οργανικής ύλης. Μία χαρακτηριστική

επίπτωση της ερημοποίησης στο έδαφος φαίνεται στην Εικόνα 3-10. Άλλοι παράγοντες όπως η πυρκαγιά, η αλλαγή των υδάτινων πόρων, η συμπίεση του εδάφους, η σφράγιση του εδάφους και η μόλυνση επιδεινώνουν περαιτέρω την υποβάθμιση του εδάφους [67].

Η διαχείριση του εδάφους είναι μια σύνθετη αλληλεπίδραση ανθρώπινων και φυσικών παραγόντων, όπου το κλίμα παίζει καθοριστικό ρόλο στην επίδραση των φυσικών συστημάτων. Ωστόσο, οι ανθρώπινες ενέργειες μεταβάλλουν ταχέως το κλίμα σε μεγαλύτερη κλίμακα, ξεπερνώντας τον αντίκτυπο των τοπικών προσπαθειών αποκατάστασης. Στα γεωργικά συστήματα σχεδόν διαβίωσης, η παραγωγικότητα περιορίζεται από το κλίμα και τη διαθέσιμη εργασία, με περιθώρια βελτίωσης μέσω βελτιωμένων σπόρων, λιπασμάτων και εξοπλισμού κατεργασίας, ανάλογα με την πρόσβαση στην αγορά.

Σήμερα, οι παράγοντες της ερημοποίησης έχουν εξελιχθεί, με τη γεωργία διαβίωσης να δίνει τη θέση της στην εντατική αρδευόμενη γεωργία και την αστικοποίηση, ιδίως στον παγκόσμιο Νότο. Η μετατόπιση αυτή μεταβάλλει τους κυρίαρχους παράγοντες της ερημοποίησης, δίνοντας έμφαση σε ζητήματα όπως η σφράγιση του εδάφους γύρω από τις πόλεις, ο ανταγωνισμός για την προνομιακή γη και η διαχείριση των περιφερειακών υδάτινων πόρων εν μέσω της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής. Η εστίαση έγκειται πλέον στην αποκατάσταση εγκαταλελειμμένων περιθωριακών εκτάσεων, στη διατήρηση της βιοποικιλότητας και στην αντιμετώπιση της διάβρωσης για την αντιμετώπιση των προκλήσεων της ερημοποίησης σε ένα μεταβαλλόμενο τοπίο.



Εικόνα 3-10. Ερημοποίηση
(<https://dasarxeio.com>)

Η αποψίλωση των δασών έχει γίνει μια σοβαρή ανησυχία. Για παράδειγμα, η παρούσα μελέτη [68] εξέτασε τον αντίκτυπο της αποψίλωσης των δασών και της κλιματικής αλλαγής στις συνθήκες εργασίας και στην υγεία του πληθυσμού στην περιφέρεια Berau της Ινδονησίας. Μεταξύ του 2002 και του 2018, η εκτεταμένη αποψίλωση των δασών είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της μέσης ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας κατά 0,95°C, συμβάλλοντας στο 7,3-8,5% της συνολικής θνησιμότητας (101-118 πρόσθετοι θάνατοι ανά έτος) το 2018. Ο μη ασφαλής χρόνος εργασίας αυξήθηκε επίσης σημαντικά στις αποψιλωμένες περιοχές. Με 2,0°C πρόσθετης υπερθέρμανσης του πλανήτη, οι αποψιλωμένες περιοχές θα μπορούσαν να βιώσουν 17-20% αύξηση της συνολικής θνησιμότητας (236-282 πρόσθετοι θάνατοι ετησίως) και έως και 5 ώρες μη ασφαλούς εργασίας ανά ημέρα. Τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι η έκθεση στη θερμότητα λόγω της αποψίλωσης των δασών και της κλιματικής αλλαγής επηρεάζει ήδη τους πληθυσμούς σε χώρες με χαμηλό γεωγραφικό πλάτος και βιομηχανική ανάπτυξη και η μελλοντική αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία στις περιοχές αυτές.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, τα δάση έχουν μειωθεί στο 30% της επιφάνειας της Γης, με ανησυχητικές απώλειες από το 1990. Η αλόγιστη χρήση των πόρων και η φτώχεια έχουν οδηγήσει στην ταχεία εξάντληση των δασών, επιδεινώνοντας περαιτέρω τις περιβαλλοντικές προκλήσεις. Οι συνέπειες αυτών των περιβαλλοντικών κρίσεων είναι εκτεταμένες, επηρεάζοντας το κλίμα, τη βιοποικιλότητα, τους υδάτινους πόρους και τα ανθρώπινα μέσα διαβίωσης.

Η μελέτη [69] διερεύνησε τον αντίκτυπο των ανθρωπογενών αποτυπωμάτων στους δασικούς πόρους και τα αποθέματα, με επίκεντρο το Stubbs Creek στην Πολιτεία Akwa Ibom της Νιγηρίας. Οι ερευνητές υιοθέτησαν για τη μελέτη την έννοια της αειφόρου ανάπτυξης και διαχείρισης των δασών. Τα πρωτογενή δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω ποιοτικών μεθόδων, συμπεριλαμβανομένων παρατηρήσεων πεδίου, περιπάτων σε διατομές, συνεντεύξεων σε βάθος, φωτογραφιών και συζητήσεων σε ομάδες εστίασης. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν τηλεπισκοπικά δεδομένα από δορυφορικές εικόνες Landsat 8 για το 2018 για να αναλυθεί η έκταση των ανθρώπινων αποτυπωμάτων στο δασικό καταφύγιο Stubbs Creek. Τα ευρήματα αποκάλυψαν ότι το δασικό καταφύγιο γνώρισε εντατικοποιημένες ανθρωπογενείς δραστηριότητες, με σημαντικά τμήματα της περιοχής να έχουν μετατραπεί σε γεωργικές εκτάσεις και οικισμούς, με αποτέλεσμα την αποψίλωση των δασών, την ανεξέλεγκτη γεωργία και την παράνομη εξόρυξη ξυλείας. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της δασικής κάλυψης, απειλώντας διάφορα είδη δέντρων, φυτών και ζώων, με πιθανούς κινδύνους εξαφάνισης εάν

δεν ληφθούν άμεσα μέτρα. Η μελέτη υπογραμμίζει την ανάγκη για στρατηγικές βιώσιμης δασικής διαχείρισης και διακυβέρνησης για τον περιορισμό της περαιτέρω ανθρώπινης εισβολής στο δασικό καταφύγιο και τη διατήρηση της οικολογικής του ακεραιότητας.

Δασικές πυρκαγιές

Κάθε χρόνο, τεράστιες δασικές εκτάσεις σε όλο τον κόσμο πέφτουν θύματα δασικών πυρκαγιών, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3-11, προκαλώντας τεράστια οικονομικά και περιβαλλοντικά διόδια. Στα μεσογειακά οικοσυστήματα που χαρακτηρίζονται από ζεστά και ξηρά καλοκαίρια, οι συνθήκες ευνοούν την εκδήλωση φυσικών πυρκαγιών λόγω των καυτών θερμοκρασιών και της συσσώρευσης ξηρής οργανικής ύλης, όπως φύλλα και πευκοβελόνες [70].



Εικόνα 3-11. Δασική πυρκαγιά
(<https://www.thepresident.gr/>)

Το καλοκαίρι του 2007, η Ελλάδα γνώρισε μια από τις σημαντικότερες φυσικές καταστροφές στη σύγχρονη ιστορία της. Εκτεταμένες πυρκαγιές κατέκλυσαν τεράστιες περιοχές, συνολικού ύψους 268.834 εκταρίων γης, και στοίχισαν τραγικά τη ζωή σε τουλάχιστον 63 ανθρώπους. Η καταστροφή επεκτάθηκε σε 1.500 σπίτια, αφήνοντας άστεγους 6.000 ανθρώπους. Επιπλέον, 4,5 εκατομμύρια ελαιόδεντρα και 60.000 ζώα (αιγοπρόβατα) έπεσαν θύματα της πυρκαγιάς. Οι πληγείσες περιοχές, κυρίως οι νομοί Μεσσηνίας, Αρκαδίας, Ηλείας, Αχαΐας, Λακωνίας, Αργολίδας, Κορινθίας, Αττικής, Εύβοιας και Φθιώτιδος, αντιμετώπισαν ζημιές ύψους πέντε δισ. ευρώ, με την Ηλεία να φέρει το μεγαλύτερο βάρος της καταστροφής.

Η αυξανόμενη εμφάνιση τέτοιων καταστροφικών πυρκαγιών υπογραμμίζει την επείγουσα ανάγκη για ισχυρές στρατηγικές πρόληψης, ετοιμότητας και αντιμετώπισης πυρκαγιών στις περιοχές της Μεσογείου. Η εφαρμογή αποτελεσματικών πρακτικών διαχείρισης των δασών, η προώθηση της ευαισθητοποίησης της κοινότητας και η χρήση σύγχρονων τεχνολογιών πυρόσβεσης είναι ζωτικής σημασίας βήματα για τον μετριασμό των επιπτώσεων των δασικών πυρκαγιών και τη διατήρηση της ευαίσθητης οικολογικής ισορροπίας αυτών των πολύτιμων οικοσυστημάτων.

Εντατικοποίηση της γεωργίας και υπερβόσκηση

Η εντατικοποίηση της γεωργίας αποτελεί σημαντική παγκόσμια απειλή για τα σπάνια και απειλούμενα είδη χλωρίδας και πανίδας. Στην Ευρώπη, η εφαρμογή της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής στις χώρες της ΕΕ έχει επιδεινώσει τη μείωση της βιοποικιλότητας στα γεωργικά οικοσυστήματα. Η μελέτη [71] επικεντρώνεται στην ανάλυση των μεταβολών της γεωργικής έντασης στην Ευρώπη, ιδίως των αποδόσεων και της εφαρμογής λιπασμάτων για τις κύριες ομάδες καλλιεργειών από το 1990 έως το 2007. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν μια αποσύνδεση των μεταβολών στην ένταση της παραγωγής και των εισροών, με τις αποδόσεις να αυξάνονται και την εφαρμογή ανόργανου αζώτου να μειώνεται κατά περίπου 10% κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης. Η Δυτική και η Κεντρική Ευρώπη παρουσίασαν υψηλότερες αποδόσεις και ποσοστά εφαρμογής αζώτου σε σύγκριση με την Ανατολική Ευρώπη. Η έρευνα εντοπίζει επίσης υποεθνικές διακυμάνσεις στα επίπεδα έντασης και υπογραμμίζει τη σχέση μεταξύ των υψηλότερων αποδόσεων και της λίπανσης με παράγοντες όπως η ποιότητα του εδάφους, οι ημέρες αυξητικών βαθμών και η παραγωγικότητα της εργασίας. Η μελέτη παρέχει πολύτιμες γνώσεις σχετικά με τα πρότυπα γεωργικής έντασης σε ευρεία κλίμακα στην Ευρώπη, προσφέροντας δυνητικά συμβιβασμούς μεταξύ γεωργίας και περιβάλλοντος και καθοδηγώντας πιο βιώσιμες στρατηγικές διαχείρισης για τα ευρωπαϊκά συστήματα γης.

Εισαγωγή/Εισβολή ξένων ειδών

Η σκόπιμη εισαγωγή ή ακούσια εισβολή και μετανάστευση εξωτικών-ξένων οργανισμών σε χερσαία και υδάτινα οικοσυστήματα αποτελεί σοβαρή απειλή για τη δημόσια υγεία και καταστρέφει το περιβάλλον και την ισορροπία των οικοσυστημάτων. Η γεωργία και η δασοκομία, ιδιαίτερα στις προσπάθειες αναδάσωσης, έχουν χρησιμοποιήσει πολλά ξένα είδη για να ενισχύσουν τη γεωργική παραγωγή και να βελτιώσουν την αποδοτικότητα της ξυλείας. Ωστόσο, αυτή η πρακτική εγκυμονεί σημαντικούς κινδύνους, όπως η αλλαγή του γενετικού υλικού των φυσικών πληθυσμών και η εισαγωγή παθογόνων οργανισμών μέσω μη ιθαγενών φυτών.

Η μελέτη [72] εξετάζει τις επιπτώσεις των βιολογικών εισβολών, ένα σημαντικό στοιχείο της παγκόσμιας αλλαγής, και τον τομέα της επιστήμης των εισβολών που είναι αφιερωμένος στην κατανόηση και τον μετριασμό αυτών των επιπτώσεων. Οι βιολογικές εισβολές θέτουν προκλήσεις για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και των φυσικών πόρων. Η έρευνα αναδεικνύει την πρόσφατη πρόοδο στην κατανόηση των επιπτώσεων των εισβολών και τη διαχείριση, υποδεικνύοντας ότι οι συνέπειες των εισβολών είναι πιο πολύπλοκες και εκτεταμένες από ό,τι είχε γίνει προηγουμένως αντιληπτό. Η αναγκαιότητα της επιστήμης των εισβολών αμφισβητείται από ορισμένους, αλλά η μελέτη υπογραμμίζει τη σημασία της ανίχνευσης και της αντιμετώπισης των επιπτώσεων των εισβολών. Καλεί σε προσοχή στις προτεινόμενες εισαγωγές και υποστηρίζει μεγαλύτερες προσπάθειες για τον έλεγχο των διαδρομών και την ταχεία ανίχνευση των εισβολών για την πρόληψη μη αναστρέψιμων αλλαγών. Οι προκλήσεις στη διαχείριση των εισβολών επηρεάζονται επίσης από τις κοινωνικές αντιλήψεις, τονίζοντας τη σημασία της αποτελεσματικής μεταφοράς της γνώσης στο κοινό. Η επιστήμη των εισβολών χρησιμεύει ως διεπιστημονικό πεδίο, παρέχοντας πολύτιμες γνώσεις σε διάφορους τομείς, όπως η βιολογία διατήρησης, η εξελικτική βιολογία και η οικολογία οικοσυστημάτων. Η υπέρβαση των προκλήσεων που σχετίζονται με τις αντιλήψεις για τους εισαγόμενους πληθυσμούς και τις συνέπειές τους είναι ζωτικής σημασίας για τη βελτίωση της κατανόησης των εισβολών σε έναν μεταβαλλόμενο κόσμο και τη βελτίωση της διατήρησης της βιοποικιλότητας και της λειτουργίας των οικοσυστημάτων.

Υπεραλίευση

Η παγκόσμια αλιεία αντιμετωπίζει σήμερα μια παγκόσμια κρίση, η οποία οφείλεται κυρίως στη χρόνια υπεραλίευση, τη χρήση μη επιλεκτικών μεθόδων αλιείας, τη ρύπανση, την εισαγωγή ξένων ειδών, την παράνομη αλιεία και τις κρατικές επιδοτήσεις που υποστηρίζουν μια μη βιώσιμη βιομηχανία. Είναι ανησυχητικό ότι τα αποθέματα ψαριών μειώνονται σε ανησυχητικά επίπεδα, αφήνοντας εκατομμύρια ανθρώπους που εξαρτώνται από αυτούς τους πόρους αβέβαιοι για το μέλλον τους. Μία χαρακτηριστική εικόνα της υπεραλίευσης απεικονίζεται στην Εικόνα 3-12.

Η μελέτη [73] παρουσιάζει την πρώτη παγκόσμια επανεκτίμηση 1.199 ειδών της κατηγορίας Chondrichthyes, συμπεριλαμβανομένων των καρχαριών, των σαλαχιών και των χίμαιρων, για την κατανόηση της κλίμακας και των κινητήριων δυνάμεων της απώλειας της θαλάσσιας βιοποικιλότητας. Τα ευρήματα αποκαλύπτουν ότι το 32,6% των ειδών chondrichthyes απειλούνται σήμερα με εξαφάνιση, αντιπροσωπεύοντας σημαντική αύξηση σε σχέση με την αξιολόγηση του 2014. Όταν εφαρμόζεται στα είδη με ανεπάρκεια δεδομένων, το ποσοστό των

απειλούμενων ειδών αυξάνεται σε πάνω από το ένα τρίτο (37,5%). Η υπεραλίευση προσδιορίζεται ως η καθολική απειλή που επηρεάζει και τα 391 απειλούμενα είδη και αποτελεί τη μοναδική απειλή για την πλειονότητα (67,3%) αυτών, ενώ αλληλεπιδρά με άλλες απειλές για τα υπόλοιπα είδη. Η μελέτη υπογραμμίζει ότι τα τροπικά και υποτροπικά παράκτια ύδατα πλήττονται δυσανάλογα. Τρία είδη ταξινομούνται ως Κρισίμως Κινδυνεύοντα (Πιθανώς Εξαφανισμένα), σηματοδοτώντας ενδεχομένως την πρώτη παγκόσμια εξαφάνιση θαλάσσιων ψαριών λόγω υπεραλίευσης. Ο ρυθμός εξαφάνισης των ειδών χονδρική εκτιμάται σε 25 εξαφανίσεις ανά εκατομμύριο έτη ειδών, συγκρίσιμος με αυτόν των χερσαίων σπονδυλωτών. Επείγουσες δράσεις, όπως επιστημονικά τεκμηριωμένα όρια αλιείας, αποτελεσματικές θαλάσσιες προστατευόμενες περιοχές και στρατηγικές για τη μείωση της θνησιμότητας από την αλιεία, είναι ζωτικής σημασίας για την πρόληψη περαιτέρω εξαφανίσεων, την προστασία της επισιτιστικής ασφάλειας και τη διατήρηση των λειτουργιών του οικοσυστήματος που



Εικόνα 3-12. Υπεραλίευση
(<https://archipelago.gr>)

παρέχουν αυτά τα εμβληματικά θαλάσσια αρπακτικά.

Αστικοποίηση

Οι ασταμάτητες δυνάμεις της οικονομικής ανάπτυξης και ο ταχέως διευρυνόμενος παγκόσμιος πληθυσμός έχουν προκαλέσει το φαινόμενο της αστικοποίησης, διαμορφώνοντας το παγκόσμιο τοπίο και θέτοντας σημαντικές περιβαλλοντικές προκλήσεις σε τοπική, εθνική και παγκόσμια κλίμακα. Με τον πληθυσμό της Γης να αγγίζει τα 7,7 δισεκατομμύρια το 2019 και να αναμένεται να φτάσει τα 9,7 δισεκατομμύρια έως το 2050, και ένα εντυπωσιακό 11 δισεκατομμύρια έως το 2100, ο αντίκτυπος της αστικοποίησης στον πλανήτη μας δεν μπορεί να υποτιμηθεί [74].

Η ταχεία επέκταση των πόλεων, όπως απεικονίζεται ενδεικτικά στην Εικόνα 3-13, έχει σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, απειλώντας τα φυσικά οικοσυστήματα και τους πόρους. Οι αλλαγές στη χρήση γης οδηγούν σε αποψίλωση των δασών, καταστροφή



Εικόνα 3-13. Αστικοποίηση
(<https://oreinomeli.gr>)

οικοτόπων και απώλεια πολύτιμης βιοποικιλότητας. Καθώς η αστική εξάπλωση συνεχίζεται, εισβάλλει σε πολύτιμη γεωργική γη και ζωτικούς χώρους πρασίνου, επηρεάζοντας την επισιτιστική ασφάλεια και υπονομεύοντας την ανθεκτικότητα των τοπικών οικοσυστημάτων.

Για παράδειγμα, η μελέτη [75] υπογραμμίζει ότι οι υπερβολικοί ανθρώπινοι πληθυσμοί αποτελούν σημαντικό παράγοντα μείωσης της παγκόσμιας βιοποικιλότητας. Τονίζει την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο οι ανθρώπινες δημογραφικές αλλαγές μπορούν να επηρεάσουν τις προσπάθειες διατήρησης και υποστηρίζει ότι οι βιολόγοι διατήρησης πρέπει να προωθήσουν μικρότερους πληθυσμούς μέσω της βελτίωσης της πρόσβασης στην αντισύλληψη και της προώθησης των μικρών οικογενειών για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας τόσο στις λιγότερο όσο και στις περισσότερο ανεπτυγμένες περιοχές.

Μία από τις κύριες προκλήσεις της αστικοποίησης είναι η πίεση που ασκεί στους πόρους και τις υπηρεσίες. Η αυξημένη ζήτηση για υπηρεσίες ενέργειας, νερού και αποχέτευσης επιβαρύνει βαριά τις υποδομές και συχνά οδηγεί σε υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων [76]. Αυτή η υπερκατανάλωση μπορεί να οδηγήσει σε λειψυδρία, ατμοσφαιρική ρύπανση και να επιδεινώσει τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

Οι μεταφορές είναι ένας άλλος τομέας που επηρεάζεται βαθιά από την αστικοποίηση, συμβάλλοντας σημαντικά στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και στην ατμοσφαιρική

ρύπανση. Μόνο οι μεταφορές ευθύνονται για το 19,2% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα μεταξύ των διαφόρων παραγόντων που προκαλούν την κλιματική αλλαγή [77]. Η εισροή οχημάτων στις πόλεις οδηγεί σε συμφόρηση, ηχορύπανση και δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία των κατοίκων.

Επίσης, η μελέτη [78] διερευνά την επέκταση των αστικών οικοσυστημάτων παγκοσμίως και τις σημαντικές επιπτώσεις της στη βιοποικιλότητα. Ενώ η αστική οικολογία έχει ρίξει φως στις επιπτώσεις των αλλαγών του αστικού περιβάλλοντος σε άτομα, πληθυσμούς και είδη, λίγα είναι γνωστά για το πώς η αστικοποίηση μεταβάλλει τις αλληλεπιδράσεις των ειδών. Οι αλληλεπιδράσεις αυτές είναι θεμελιώδεις για τις οικολογικές κοινότητες, επηρεάζοντας τη δυναμική των πληθυσμών και τη δομή της βιοποικιλότητας. Η ανασκόπηση επικεντρώνεται στη θήρευση εντόμων, τον παρασιτοειδισμό, τη φυτοφαγία, τον ανταγωνισμό, τις αλληλεπιδράσεις ξενιστών-παθογόνων και την επικονίαση για τον εντοπισμό μηχανιστικών μονοπατιών μέσω των οποίων οι αστικές περιβαλλοντικές διεργασίες μπορούν να επηρεάσουν τις ανταγωνιστικές και αμοιβαίες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ειδών. Η μελέτη εντοπίζει βασικά κενά γνώσης και υπογραμμίζει την ανάγκη για πρόσθετη έρευνα προκειμένου να κατανοηθούν οι μηχανισμοί που επηρεάζουν τις αλληλεπιδράσεις των ειδών και τη δομή των κοινοτήτων εντόμων στις αστικές περιοχές. Η απόκτηση γνώσεων σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο η αστικοποίηση επηρεάζει τις αλληλεπιδράσεις των ειδών είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση των μεταβολών της βιοποικιλότητας που προκύπτουν από την αστικοποίηση και για την καθοδήγηση της διαχείρισης της διατήρησης στις πόλεις.

Απώλεια βιοποικιλότητας

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης της αποψίλωσης των δασών, της αστικοποίησης, της οδοποιίας, του ενεργειακού τομέα, της εξόρυξης και της κλιματικής αλλαγής, έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στους φυσικούς οικοτόπους παγκοσμίως [79]. Η αποψίλωση των δασών για τη γεωργία και την ξυλεία, η αστικοποίηση και η επέκταση των δρόμων συμβάλλουν σημαντικά στην καταστροφή και τον κατακερματισμό των οικοτόπων. Επιπλέον, οι δραστηριότητες στους τομείς της ενέργειας και της εξόρυξης ευθύνονται για την απώλεια οικοτόπων και τη μόλυνση του περιβάλλοντος. Η ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή υποβαθμίζει περαιτέρω τους οικοτόπους, όπως οι πολικές περιοχές και οι ωκεανοί, μέσω διαδικασιών όπως η οξίνιση. Οι ενέργειες αυτές ενέχουν σημαντικούς κινδύνους για την άγρια ζωή και τη βιοποικιλότητα και υπογραμμίζουν την επείγουσα ανάγκη για προσπάθειες διατήρησης για την προστασία και την αποκατάσταση των φυσικών οικοτόπων.

Η παρούσα μελέτη [80] διερευνά τον τρόπο με τον οποίο οι ανθρώπινες επιδράσεις συμβάλλουν στη μείωση της παγκόσμιας βιοποικιλότητας και εξετάζει δέκα διαφορετικά μοντέλα παγκόσμιας βιοποικιλότητας για να κατανοήσει τον τρόπο με τον οποίο περιλαμβάνουν τις ανθρώπινες επιδράσεις ως στρεσογόνους παράγοντες και κινητήριες δυνάμεις. Η ανασκόπηση υπογραμμίζει τη σημασία της εξέτασης των διασυνδέσεων μεταξύ των ανθρώπινων παρεμβάσεων και της βιοποικιλότητας και υπογραμμίζει την ανάγκη για βελτιωμένες συμβουλές πολιτικής, επιστημονική επικοινωνία και συγκεκριμένα μέτρα διατήρησης στα μοντέλα βιοποικιλότητας.

Η παρούσα μελέτη [81] παρουσιάζει μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στη βιοποικιλότητα, τα οικοσυστήματα και τις οικοσυστημικές υπηρεσίες στις ΗΠΑ, με βάση την 4η Εθνική Αξιολόγηση του Κλίματος. Η έρευνα αναδεικνύει τις παρατηρούμενες και προβλεπόμενες αλλαγές στα οικοσυστήματα και τη βιοποικιλότητα και διερευνά τη σύνδεσή τους με κρίσιμες οικοσυστημικές υπηρεσίες. Τα είδη ανταποκρίνονται στην κλιματική αλλαγή μέσω διαφόρων μηχανισμών, όπως αλλαγές στη μορφολογία, τη συμπεριφορά, τη φαινολογία και μετατοπίσεις του γεωγραφικού εύρους, που επηρεάζονται από πλαστικές και εξελικτικές αντιδράσεις. Οι αλλαγές αυτές, σε συνδυασμό με τις άμεσες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα οικοσυστήματα, οδηγούν σε εκτεταμένες μεταβολές της παραγωγικότητας, των αλληλεπιδράσεων των ειδών, της ευπάθειας σε βιολογικές εισβολές και άλλων αναδυόμενων ιδιοτήτων.

Απειλούμενα είδη

Τις επόμενες δεκαετίες, χιλιάδες ζωικά είδη αντιμετωπίζουν τον κίνδυνο εξαφάνισης, κυρίως λόγω της απώλειας των φυσικών τους οικοτόπων. Στην ξηρά, τα άγρια ζώα κυνηγούνται και εκμεταλλεύονται για διάφορους σκοπούς, με αποτέλεσμα την εξαφάνισή τους. Ομοίως, τα μεγάλα βιομηχανικά πλοία εξαντλούν ολόκληρους πληθυσμούς ψαριών στις θάλασσες.

Η σημασία της διατήρησης των απειλούμενων ειδών υπερβαίνει την εγγενή αξία. αυτά τα πλάσματα παρέχουν ζωτικά αγαθά και υπηρεσίες απαραίτητες για την ανθρώπινη επιβίωση. Για παράδειγμα, οι μέλισσες και η επικονιάσή τους παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη των καλλιεργειών.

Η απώλεια οικοτόπων και η καταστροφή που προκαλείται από ανθρώπινες δραστηριότητες είναι σημαντικοί οδηγοί αυτού του άνευ προηγουμένου κύματος εξαφάνισης. Δυστυχώς, ο κατάλογος των ειδών που απειλούνται με εξαφάνιση συνεχίζει να επεκτείνεται με ταχείς ρυθμούς, προκαλώντας σοβαρή ανησυχία για τη βιοποικιλότητα του πλανήτη μας. Απαιτείται

επείγουσα δράση για την προστασία και τη διατήρηση αυτών των απειλούμενων ειδών προς όφελος τόσο της φύσης όσο και της ανθρωπότητας. (en.thpanorama.com, 2023)

Το Στρατηγικό Σχέδιο των Ηνωμένων Εθνών για τη Βιοποικιλότητα 2011-2020 υπογραμμίζει την επείγουσα ανάγκη μείωσης της εξαφάνισης ειδών, δεδομένης της κλιμακούμενης απειλής που συνιστά η ανθρώπινη δραστηριότητα για διάφορα είδη. Παρά τα σημαντικά επιστημονικά στοιχεία που καταδεικνύουν τις αρνητικές επιπτώσεις των αλληλεπιδρώντων απειλών στη βιοποικιλότητα, πολλά είδη στερούνται ολοκληρωμένων πληροφοριών σχετικά με την έκθεσή τους σε σωρευτικές ανθρώπινες πιέσεις. Για να αντιμετωπιστεί αυτό, η μελέτη [82] χρησιμοποιεί ένα εκτενές παγκόσμιο σύνολο δεδομένων σχετικά με το σωρευτικό ανθρώπινο αποτύπωμα για να αξιολογήσει το επίπεδο έντονων ανθρώπινων πιέσεων στις γεωγραφικές περιοχές 20.529 χερσαίων ειδών σπονδυλωτών. Η έντονη ανθρώπινη πίεση ορίζεται ως περιοχές όπου τα τοπία υφίστανται σημαντική τροποποίηση, όπως υποδεικνύεται από μια τιμή δείκτη Ανθρώπινου Αποτυπώματος 3 ή μεγαλύτερη. Αυτή η τιμή έχει συσχετιστεί με αυξημένο κίνδυνο εξαφάνισης για πολλά είδη. Τα ευρήματα αποκαλύπτουν ότι ένα εκπληκτικό 85% των αξιολογηθέντων ειδών χερσαίων σπονδυλωτών (17.517 είδη) έχουν πάνω από το ήμισυ της εμβέλειάς τους εκτεθειμένο σε έντονη ανθρώπινη πίεση και το 16% (3328 είδη) βιώνουν αυτόν τον βαθμό πίεσης σε ολόκληρο το εύρος τους. Τα απειλούμενα χερσαία σπονδυλωτά και τα είδη με μικρότερη εμβέλεια είναι ιδιαίτερα ευάλωτα, καθώς εκτίθενται δυσανάλογα σε έντονη ανθρώπινη πίεση. Η μελέτη εντοπίζει επίσης τουλάχιστον 2478 είδη που κατηγοριοποιούνται ως «λιγότερο ανησυχητικό», τα οποία εξακολουθούν να έχουν σημαντικά τμήματα της εμβέλειάς τους που επικαλύπτονται με έντονες ανθρώπινες πιέσεις, υποδηλώνοντας πιθανούς κινδύνους παρακμής. Αυτά τα αποτελέσματα υπογραμμίζουν τη σημασία της αξιολόγησης της σωρευτικής ανθρώπινης πίεσης στις περιοχές των ειδών, παρέχοντας κρίσιμες γνώσεις σχετικά με την ευπάθεια των ειδών και ενημέρωση για τις προσπάθειες διατήρησης.

Οξίνιση ωκεανών

Οι υπερβολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα έχουν άμεσο αντίκτυπο στους ωκεανούς μας. Τα αποτελέσματα της μελέτης [83] δείχνουν ότι οι ωκεανοί μπορούν να απορροφήσουν σημαντική ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από την ατμόσφαιρα, αλλά ο σημερινός ρυθμός απορρόφησης CO₂ είναι πολύ γρήγορος για να αποτρέψει σημαντικές αλλαγές στο pH των ωκεανών και στη χημεία των ανθρακικών αλάτων. Το pH των ωκεανών έχει ήδη μειωθεί κατά 0,1 από την προβιομηχανική εποχή και οι αμείωτες εκπομπές CO₂ θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε περαιτέρω μείωση κατά 0,4 έως το 2100 και κατά 0,77 έως το 2300. Αυτές οι ραγδαίες αλλαγές στη χημεία των ωκεανών αποτελούν απειλή για τους θαλάσσιους

οργανισμούς, ιδίως εκείνους που βασίζονται στο CaCO_3 για τη δημιουργία κελυφών και σκελετών. Για την αντιμετώπιση της οξίνισης των ωκεανών και την προστασία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων απαιτείται επείγουσα και ουσιαστική μείωση των ανθρωπογενών εκπομπών CO_2 .

Τα αποτελέσματα της οξίνισης των ωκεανών είναι ιδιαίτερα αισθητά στα μαλάκια και το πλαγκτόν, παρόμοια με το πώς η οστεοπόρωση επηρεάζει τον άνθρωπο. Η αυξανόμενη οξύτητα αποτελεί σημαντική απειλή για τη θαλάσσια ζωή, διαταράσσοντας την ευαίσθητη ισορροπία των οικοσυστημάτων και δυνητικά οδηγώντας σε σοβαρές συνέπειες για ολόκληρη την τροφική αλυσίδα.

Η παρούσα μελέτη [84] διερευνά τις πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις μεταξύ της κλιματικής αλλαγής και των τοπικών ανθρώπινων επιπτώσεων στις παράκτιες ζώνες, οι οποίες είναι ευάλωτες σε πολλαπλούς παράγοντες πίεσης της κλιματικής αλλαγής. Η έρευνα δίνει έμφαση στις δυνητικές ζημιές στα παράκτια οικοσυστήματα και υπογραμμίζει τη σημασία της κατανόησης αυτών των αλληλεπιδράσεων για την πρόβλεψη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, την εκπόνηση στρατηγικών διατήρησης και την προσαρμογή στην εποχή του Ανθρωποκαίνου. Η μελέτη εξετάζει επίσης το πλαίσιο στο οποίο τα τοπικά μέτρα διατήρησης μπορούν να είναι αποτελεσματικά για τον μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής παράλληλα με τις παγκόσμιες μειώσεις των εκπομπών CO_2 .

Ηχορύπανση

Ο θόρυβος, που συχνά περιγράφεται ως ανεπιθύμητος ήχος, έχει γίνει μια αυξανόμενη μορφή ρύπανσης τα τελευταία χρόνια. Σχεδόν όλες οι ανθρώπινες δραστηριότητες παράγουν ήχο, μεταφέροντας πληροφορίες για αυτές τις δραστηριότητες. Τα επίπεδα ήχου μετρώνται σε ντεσιμπέλ (dB), χρησιμοποιώντας ηχομετρητές εξοπλισμένους με φίλτρα για την προσέγγιση της ευαισθησίας του ανθρώπινου αυτιού σε διαφορετικές συχνότητες.

Διάφορες πηγές συμβάλλουν στην ηχορύπανση, η οποία μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ως σταθερή ή μη. Οι σταθερές πηγές περιλαμβάνουν βιομηχανικές και εμπορικές δραστηριότητες, κατασκευαστικά έργα, ψυχαγωγικές εκδηλώσεις και σχολεία, ενώ οι μη σταθερές πηγές περιλαμβάνουν ιδιωτικά οχήματα, φορητά, αεροπλάνα και τρένα.

Η ηχορύπανση είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στις αστικές περιοχές, επηρεάζοντας τους κατοίκους των πόλεων σε καθημερινή βάση. Οι ήχοι από μοτοποδήλατα, αυτοκίνητα, αεροπλάνα, κινητήρες και διάφορες άλλες πηγές σχηματίζουν το ηχητικό περιβάλλον μας.

Έχουν διεξαχθεί εκτενείς μελέτες για τις επιπτώσεις του θορύβου στη σωματική και ψυχική υγεία, με τις διαταραχές της ακοής να είναι οι πιο εμφανείς. Οι εντάσεις ήχου πάνω από 85dB για παρατεταμένες περιόδους μπορεί να οδηγήσουν σε μόνιμες διαταραχές, ενώ ακόμη χαμηλότερες εντάσεις μπορεί να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα υγείας με την πάροδο του χρόνου.

Τα θέματα υγείας που σχετίζονται με την ηχορύπανση περιλαμβάνουν υψηλή αρτηριακή πίεση, καρδιαγγειακές παθήσεις, μαθησιακές δυσκολίες, ψυχολογικές διαταραχές, διαταραχές ύπνου και ευερεθιστότητα. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να καθοριστεί πόσο θόρυβο μπορούν να ανεχθούν οι κοινωνίες για τη διατήρηση της υγείας και της ευημερίας, προκαλώντας την ανάγκη λήψης κατάλληλων μέτρων για τον μετριασμό των δυσμενών επιπτώσεων της ηχορύπανσης στην ανθρώπινη ζωή και στο περιβάλλον (Ζεϊμπεκη Τζιράκη Βασιλική Αντωνία, 2002).

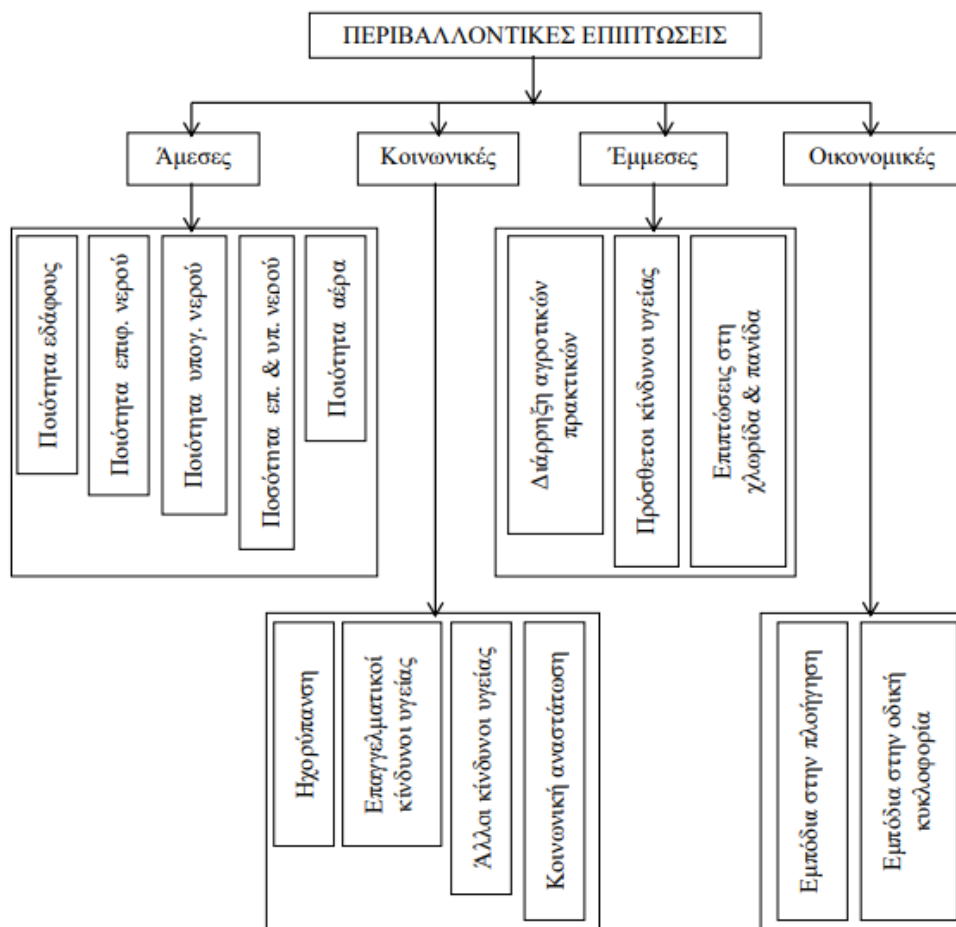
Η μελέτη αυτή [85] επικεντρώνεται στο παγκόσμιο ζήτημα της ηχορύπανσης και των αρνητικών επιπτώσεών της στα διάφορα είδη ζώων και στη λειτουργία των οικοσυστημάτων. Οι ερευνητές χρησιμοποιούν εργαλεία χαρτογράφησης του ήχου για να αξιολογήσουν στρατηγικές μετριασμού του θορύβου για την ανάπτυξη φυσικού αερίου, την αναψυχή με οχήματα παντός εδάφους και τη χρήση χιονοκίνητων οχημάτων, αποδεικνύοντας ότι μικρές αλλαγές στις τοποθεσίες των δραστηριοτήτων μπορούν να μειώσουν σημαντικά τις επιπτώσεις του θορύβου. Η μελέτη υπογραμμίζει τη σημασία της ενσωμάτωσης ποσοτικής, χωρικά ακριβούς χαρτογράφησης του θορύβου στις προσπάθειες μετριασμού του θορύβου για την προστασία της άγριας πανίδας και τη διατήρηση της υγείας του οικοσυστήματος.

Επίσης, η μελέτη [86] εμβαθύνει στην κριτική μελέτη της ηχορύπανσης που προέρχεται από τις βιομηχανίες πετρελαίου, φυσικού αερίου και πετροχημικών, η οποία έχει σημαντικές επιπτώσεις για τους ειδικούς του περιβαλλοντικού θορύβου καθώς επηρεάζει την ανθρώπινη, σωματική και ψυχική υγεία. Το κεφάλαιο διερευνά την έννοια του θορύβου, των παραμέτρων θορύβου και των πιο ενοχλητικών και επιδραστικών ήχων που βρίσκονται σε διάφορα βιομηχανικά και εμπορικά περιβάλλοντα. Συγκεκριμένα, ο θόρυβος χαρακτηρίζεται ως ένα είδος ήχου που παράγεται σε επίπεδα που κυμαίνονται από 50 έως 85 dB. Οι βιομηχανίες πετρελαίου και φυσικού αερίου αναδεικνύονται ως κύριοι παράγοντες που συμβάλλουν στην ηχορύπανση στον σύγχρονο κόσμο λόγω της χρήσης διαφορετικών μεθόδων παραγωγής, μηχανημάτων και εξοπλισμού. Η παρατεταμένη έκθεση σε θόρυβο σε εμπορικούς χώρους μπορεί να οδηγήσει σε διάφορα προβλήματα υγείας, όπως απώλεια ακοής, υψηλή αρτηριακή

πίεση, πονοκεφάλους και μη φυσιολογικές ψυχικές καταστάσεις. Ως εκ τούτου, η κατανόηση και ο μετριασμός της ηχορύπανσης από αυτές τις βιομηχανίες είναι απαραίτητη για τη διαφύλαξη της ανθρώπινης ευημερίας και τη διατήρηση ενός υγιούς περιβάλλοντος.

Επιπτώσεις γεωτεχνικών έργων

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των γεωτεχνικών έργων μπορούν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Στην Εικόνα 3-14 παρουσιάζονται επιγραμματικά οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των γεωτεχνικών έργων [64]. Για παράδειγμα, η εξόρυξη ορυκτών, όπως η υπαίθρια εξόρυξη, είναι ζωτικής σημασίας για την οικονομία, αλλά αποτελεί απειλή για το περιβάλλον, τη δημόσια υγεία και τις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες. Η επιφανειακή εξόρυξη λιγνίτη, για παράδειγμα, οδηγεί σε αλλοιώσεις στη μορφολογία της γης, απώλεια άγριας ζωής, ρύπανση της ατμόσφαιρας και διαταραχές που προκαλούν θόρυβο και δονήσεις. Επηρεάζει επίσης τις πηγές νερού, οδηγώντας σε μείωση του υδροφόρου ορίζοντα, αυξημένη απορροή και ρύπανση των επιφανειακών υδάτων. Η ακατάλληλη διαχείριση των



Εικόνα 3-14. Πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατασκευών γεωτεχνικών έργων

[64]

απορριμμάτων συμβάλλει περαιτέρω στη ρύπανση των υδάτων και του εδάφους, θέτοντας κινδύνους για την υγεία και επηρεάζοντας την ποιότητα ζωής.

Η υπόγεια εξόρυξη έχει επίσης δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως ρύπανση του εδάφους και των υδάτων από κοιτάσματα ιπτάμενης τέφρας και αποστράγγισης ορυχείων, ατμοσφαιρική ρύπανση από αιωρούμενα σωματίδια και διαταραχές στους βιότοπους της άγριας ζωής. Μπορεί επίσης να οδηγήσει σε γεωλογικά και γεωτεχνικά ζητήματα, αναγκαστικές μετακινήσεις και απώλεια πρόσβασης σε καθαρό νερό. Αυτές οι επιπτώσεις παραμένουν ακόμη και μετά την εγκατάλειψη του ορυχείου.

Πέρα από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι εξορυκτικές δραστηριότητες επηρεάζουν και κοινωνικοοικονομικά τις τοπικές κοινωνίες. Μπορούν να μειώσουν την πρόσβαση σε δημόσιες υπηρεσίες, να αλλάξουν τις χρήσεις γης και να επηρεάσουν τις τοπικές οικονομίες, τους πολιτισμούς και την υγεία. Η κλιματική αλλαγή περιπλέκει περαιτέρω την κατάσταση και οι ερευνητές εργάζονται ενεργά για την πρόβλεψη και την πρόταση στρατηγικών αντιμετώπισης [64].

Αρκετές έρευνες έχουν διεξαχθεί για τη μελέτη του προβλήματος. Για παράδειγμα, η μελέτη [87] παρέχει μια ολοκληρωμένη ανάλυση και σύνθεση της έρευνας σχετικά με την εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων των βιομηχανιών εξόρυξης και επεξεργασίας ορυκτών χρησιμοποιώντας την αξιολόγηση του κύκλου ζωής (life cycle assessment, LCA). Η μελέτη υπογραμμίζει τους κρίσιμους τομείς στους οποίους πρέπει να δοθεί έμφαση για την επίτευξη ενός βιώσιμου μέλλοντος στους τομείς της εξόρυξης και της επεξεργασίας ορυκτών. Αυτές οι βιομηχανίες έχουν συγκεντρώσει αυξανόμενη προσοχή παγκοσμίως λόγω της σημαντικής συνεισφοράς τους στις ανησυχίες για τη βιωσιμότητα, ιδιαίτερα που σχετίζονται με την υπερθέρμανση του πλανήτη και την κλιματική αλλαγή. Η χρήση βαρέως εξοπλισμού και η υψηλή κατανάλωση ενέργειας κατά τη διάρκεια των διεργασιών εξόρυξης και επεξεργασίας ορυκτών αποτελεί σημαντικό παράγοντα περιβαλλοντικών επιπτώσεων, συμπεριλαμβανομένων των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, των κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία, των διαταραχών του οικοσυστήματος και της εξάντλησης των πόρων. Η LCA έχει αναδειχθεί ως ένα ευρέως αναγνωρισμένο εργαλείο για την αξιολόγηση των δεικτών βιωσιμότητας, αλλά η ανασκόπηση αποκαλύπτει ένα ερευνητικό κενό στον εντοπισμό των συγκεκριμένων διαδικασιών εξόρυξης που απαιτούν περισσότερη προσοχή. Το έγγραφο τονίζει τη σημασία της ενσωμάτωσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην επεξεργασία ορυκτών και τη διερεύνηση επιλογών πράσινης ενέργειας για τη θέρμανση διεργασιών.

Επιπλέον, η μελέτη προσδιορίζει την ανάγκη αντιμετώπισης των επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία και στο οικοσύστημα, οι οποίες υποεκπροσωπούνται σε προηγούμενες αξιολογήσεις, ιδιαίτερα για τις κοινότητες που ζουν κοντά σε περιοχές εξόρυξης. Αναδεικνύοντας αυτά τα ερευνητικά κενά, το έγγραφο θέτει τις βάσεις για μελλοντικές έρευνες σχετικά με την LCA και την ενσωμάτωση της βιώσιμης ενέργειας στις βιομηχανίες εξόρυξης και επεξεργασίας ορυκτών.

Αυτή η μελέτη [88] διερευνά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εξορυκτικών δραστηριοτήτων και τις συνέπειές τους στις γύρω κοινότητες και στις ευάλωτες ομάδες, χρησιμοποιώντας δεδομένα από την China Family Panel Studies (CFPS). Η έρευνα αποκαλύπτει ότι η εξόρυξη οδηγεί σε σημαντική περιβαλλοντική υποβάθμιση, επηρεάζοντας την ευημερία και τα μέσα διαβίωσης των κατοίκων της κοινότητας. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η εξόρυξη προκαλεί ρύπανση, αποψίλωση των δασών, καταστροφή οικοτόπων και μόλυνση των υδάτων, τα οποία με τη σειρά τους έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία των ατόμων και των κοινοτήτων. Οι ευάλωτες ομάδες είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες σε αυτές τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αντιμετωπίζοντας υψηλότερα επίπεδα προβλημάτων υγείας και απώλεια εισοδήματος. Η μελέτη υπογραμμίζει τη χωρική ετερογένεια των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, με ορισμένες περιοχές να αντιμετωπίζουν πιο σοβαρές συνέπειες από άλλες. Αυτά τα ευρήματα υπογραμμίζουν την επείγουσα ανάγκη υιοθέτησης πρακτικών βιώσιμης διαχείρισης πόρων και αυστηρών περιβαλλοντικών κανονισμών για τον μετριασμό των επιζήμιων επιπτώσεων της εξόρυξης τόσο στο περιβάλλον όσο και στις τοπικές κοινωνίες.

Αυτή η μελέτη [89] διερευνά τον ρόλο των κατασκευαστικών έργων στην κοινωνία της Κίνας, λαμβάνοντας υπόψη την κατανάλωση ενέργειας, τις περιβαλλοντικές εκπομπές και τις κοινωνικές επιπτώσεις τους. Χρησιμοποιώντας μοντέλα αξιολόγησης κύκλου ζωής εισροών-εκροών που βασίζονται σε οικονομικά κριτήρια αναφοράς από το 2002 έως το 2007, η μελέτη εξετάζει διάφορους δείκτες, συμπεριλαμβανομένης της κατανάλωσης ενέργειας, των περιβαλλοντικών εκπομπών και των κοινωνικών επιπτώσεων. Τα αποτελέσματα αποκαλύπτουν ότι τα κατασκευαστικά έργα αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό μέρος (25-30%) της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στην Κίνα. Ενώ οι ενσωματωμένες εκπομπές SO₂ είναι υπό έλεγχο, οι εντάσεις των ενσωματωμένων NO_x και CO₂ έχουν μειωθεί. Ωστόσο, ο κατασκευαστικός τομέας αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις, με τα ατυχήματα και τους θανάτους να αντιπροσωπεύουν περίπου το 50% του συνόλου της χώρας. Αν και σημειώθηκε αύξηση στις ενσωματωμένες επενδύσεις ανθρώπινου δυναμικού και κεφαλαίου στην επιστήμη και την τεχνολογία (ST) από το 2002 έως το 2007, η προσωπική χρηματοδότηση ST και οι

ενδοσχολικές δαπάνες έχουν μειωθεί, πιθανότατα λόγω μιας χρονικής υστέρησης μεταξύ της έρευνας και της εφαρμογής μεγάλης κλίμακας. Η μελέτη τονίζει την ανάγκη να ληφθούν υπόψη οι περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις των κατασκευαστικών έργων για την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης στην Κίνα.

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι το φυσικό μας περιβάλλον υπόκειται σε μόλυνση από διάφορους ρύπους, οι οποίοι κατά συνέπεια θέτουν σημαντικούς κινδύνους για την ευημερία του. Στο κεφάλαιο που ακολουθεί, πραγματοποιείται μια εμπεριστατωμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση για τη διερεύνηση και αξιολόγηση των σύγχρονων περιβαλλοντικών προκλήσεων, καθώς και των πιθανών λύσεων για την αποτελεσματική αντιμετώπισή τους.

4. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

Η αναγνώριση της περίπλοκης σύνδεσης μεταξύ του περιβάλλοντος και της ρύπανσης είναι απαραίτητη για την εφαρμογή αποτελεσματικών μέτρων για την προστασία των οικοσυστημάτων, την προώθηση βιώσιμων πρακτικών και την προστασία της ευαίσθητης ισορροπίας που συντηρεί τη ζωή στη Γη. Μόνο μέσω συντονισμένων προσπαθειών για την αντιμετώπιση και τον μετριασμό της ρύπανσης μπορεί να εξασφαλιστεί ένα καθαρότερο, υγιέστερο περιβάλλον για τις σημερινές και τις μελλοντικές γενιές. Έτσι, κρίνεται επιτακτική η ανάγκη να αντιμετωπιστούν τα περιβαλλοντικά ζητήματα ολιστικά, αναγνωρίζοντας την περίπλοκη αλληλεπίδραση μεταξύ φυσικών, κοινωνικοπολιτισμικών, πολιτικών και οικονομικών παραγόντων.

Η μελέτη [90] υπογραμμίζει την κρίσιμη σημασία των βιώσιμων λύσεων για την καταπολέμηση των σύγχρονων περιβαλλοντικών προβλημάτων, ιδιαίτερα σε περιοχές που αστικοποιούνται γρήγορα. Οι προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι πόλεις, όπως η κακή ποιότητα του αέρα, ο αυξημένος κίνδυνος πλημμύρας και η κοινωνική ανισότητα, απαιτούν την υιοθέτηση λύσεων βασισμένων στη φύση (nature-based solutions, NBS) που μιμούνται τα φυσικά οικοσυστήματα για την ενίσχυση της κλιματικής ανθεκτικότητας και την προώθηση της χωρίς αποκλεισμούς αστική αναγέννηση. Για να αντιμετωπιστεί αυτό, η μελέτη προτείνει ένα εφαρμοστικό πλαίσιο που να στηρίζεται σε λύσεις βασισμένες στη φύση, ευθυγραμμισμένο με τα πρότυπα της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, για να καθοδηγήσει τις τοπικές και περιφερειακές αρχές της πόλης και τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων στην εφαρμογή αποτελεσματικών στρατηγικών. Η συνεργασία μεταξύ διεθνών ιδρυμάτων, επιστημονικών εμπειρογνομόνων και υπευθύνων χάραξης πολιτικής στοχεύει στην προώθηση της ανταλλαγής γνώσεων και στην έμπνευση θετικής δράσης, τοποθετώντας τις λύσεις βάσει τη φύση ως την αδιαμφισβήτητη απάντηση στις περίπλοκες αστικές προκλήσεις που θέτει η κλιματική αλλαγή, ενισχύοντας τελικά βιώσιμες και υγιείς πόλεις παγκοσμίως.

Η μελέτη [91] τονίζει ότι η αξιοποίηση του πλήρους δυναμικού των λύσεων που βασίζονται στη φύση απαιτεί μια βαθιά επανεξέταση της σχέσης της κοινωνίας με τη φύση και αντιπροσωπεύει μια μεταμορφωτική αλλαγή στην αντιμετώπιση των προκλήσεων διαχείρισης του νερού στον 21^ο αιώνα.

Επίσης, η μελέτη [92] εμβαθύνει στις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι διεπιστημονικοί διάλογοι λόγω των διαφορών στο λεξιλόγιο σε διάφορους τομείς. Καθώς οι περιβαλλοντικές

προκλήσεις απαιτούν όλο και περισσότερο τη συνεργασία μεταξύ των φυσικών επιστημών, των κοινωνικών επιστημών, της μηχανικής και της διαχείρισης, οι ειδικοί μπορεί να αντιμετωπίσουν δυσκολίες στην κατανόηση των προβλημάτων και στην κατανόηση των ορολογιών του άλλου. Η προαναφερθείσα εργασία διερευνά τρεις περιβαλλοντικές έννοιες που χρησιμοποιούνται στη διεπιστημονική έρευνα, με ιδιαίτερη έμφαση στην αναδυόμενη έννοια της «κυκλικής οικονομίας» (circular economy). Υπογραμμίζει τις γνωσιολογικές και πρακτικές πολυπλοκότητες που σχετίζονται με κάθε έννοια και κάνει συγκρίσεις μεταξύ της «κυκλικής οικονομίας», των «περιβαλλοντικών επιστημών» και της «αειφόρου ανάπτυξης». Παρέχοντας σαφήνεια σχετικά με τη φύση και τη διασύνδεση αυτών των εννοιών, η μελέτη βοηθά τους διεπιστημονικούς ερευνητές να κατανοήσουν τις ευκαιρίες και τις προκλήσεις που θέτει κάθε έννοια.

Η μελέτη [93] στοχεύει να αποσαφηνίσει την έννοια των λύσεων που βασίζονται στη φύση προσδιορίζοντας τα βασικά χαρακτηριστικά τους και καθιερώνοντας κριτήρια για τη διάκριση μεταξύ ενεργειών που χαρακτηρίζονται ως λύσεις που βασίζονται στη φύση και εκείνων που δεν πληρούν τις προϋποθέσεις. Παρά το γεγονός ότι προωθείται ως ζωτικής σημασίας προσέγγιση για την αντιμετώπιση περιβαλλοντικών και κοινωνικών προκλήσεων, οι πρακτικές εφαρμογές των λύσεων που βασίζονται στη φύση έχουν παραμείνει ασαφείς λόγω της ενσωμάτωσής του σε διάφορα επιστημονικά πεδία και της απουσίας σαφών προτύπων. Κατά συνέπεια, αρκετές ενέργειες που μπορεί να σχετίζονται ή συμπληρωματικές έχουν λανθασμένα χαρακτηριστεί ως λύσεις που βασίζονται στη φύση. Μέσα από μια ανασκόπηση 20 ορισμών, το προαναφερθέν άρθρο προσδιορίζει βασικά χαρακτηριστικά, ώστε μία λύση να βασίζεται στη φύση: (1) εμπνέεται και τροφοδοτείται από τη φύση, (2) αντιμετωπίζει τις κοινωνικές προκλήσεις, (3) παρέχει πολλαπλές υπηρεσίες συμπεριλαμβανομένου του κέρδους βιοποικιλότητας και (4) επιδεικνύει υψηλή αποτελεσματικότητα και οικονομική αποτελεσματικότητα. Η μελέτη διαμορφώνει ένα σύνολο κριτηρίων για τον αποκλεισμό ορισμένων ενεργειών από το να θεωρούνται λύσεις που βασίζονται στη φύση και περιλαμβάνει πτυχές όπως η έλλειψη λειτουργικών οικοσυστημάτων, τυχαίες ενέργειες, στόχοι μετά την εφαρμογή, αρνητικές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα και δυσανάλογα οικονομικά έξοδα. Με τη θέσπιση αυτών των κριτηρίων, το έγγραφο ανοίγει το δρόμο για την καλύτερη κατανόηση των λύσεων που βασίζονται στη φύση και των ορίων του, επιτρέποντας τον εντοπισμό συνεργειών και συμβιβασμούς για την ενίσχυση της μακροπρόθεσμης αποτελεσματικότητας και πρακτικής εφαρμογής της ιδέας.

Είναι πλέον γνωστό ότι οι σύγχρονες κοινωνίες αντιμετωπίζουν ένα ευρύ φάσμα προκλήσεων, όπως η ανθρώπινη υγεία, η εξάντληση των φυσικών πόρων και η ασφάλεια των τροφίμων, του νερού και της ενέργειας, που συνδέονται με παγκόσμιες διαδικασίες όπως η κλιματική αλλαγή και τοπικά γεγονότα όπως οι φυσικές καταστροφές [94]. Ως απάντηση, η πολιτική της ΕΕ για την έρευνα και την καινοτομία υιοθέτησε λύσεις με βάση τη φύση για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων από μια νέα προοπτική, ενισχύοντας την καινοτομία βελτιστοποιώντας τη συμβίωση μεταξύ φύσης, κοινωνίας και οικονομίας. Λόγω του ότι οι λύσεις βάσει τη φύση αναγνωρίζονται ως μια οικονομικά αποδοτική προσέγγιση για τη δημιουργία μιας πιο πράσινης, πιο βιώσιμης και ανταγωνιστικής οικονομίας, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αφιέρωσε σημαντικές προσπάθειες, ανάλυση εμπειρογνομόνων και στοχευμένες εκκλήσεις για έργα επίδειξης τέτοιων λύσεων για τη βελτίωση της ικανότητας υλοποίησης, της βάσης στοιχείων, της διεπιστημονικής συνεργασίας, και διεθνείς ερευνητικές ατζέντες επικεντρωμένες στις λύσεις που βασίζονται στη φύση.

Ο Πίνακας 4-1 παρουσιάζει μια συλλογή κοινών λύσεων που βασίζονται στη φύση που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση διαφόρων περιβαλλοντικών προκλήσεων. Αυτές οι λύσεις επικεντρώνονται στη χρήση φυσικών διεργασιών και χαρακτηριστικών για την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης, την ενίσχυση της ανθεκτικότητας στην κλιματική αλλαγή και την προώθηση ενός πιο υγιούς οικοσυστήματος. Για παράδειγμα, οι πράσινες στέγες (green roofs) αφορούν στέγες με βλάστηση που βελτιώνουν την ενεργειακή απόδοση και μετριάζουν τις αστικές θερμικές νησίδες [95]. Οι κήποι βροχής (rain gardens) χρησιμεύουν ως διαμορφωμένες περιοχές που συλλέγουν και φιλτράρουν το νερό της βροχής, μειώνοντας την απορροή των όμβριων υδάτων και τις αρνητικές επιπτώσεις τους [96]. Διαπερατά υλικά οδοστρώματος (permeable pavement) επιτρέπουν στο νερό να διεισδύσει, μετριάζοντας τις πλημμύρες και αναπληρώνοντας τα υπόγεια ύδατα [97]. Η αποκατάσταση υγροτόπων (wetland restoration) περιλαμβάνει την αποκατάσταση φυσικών οικοσυστημάτων υγροτόπων για τη βελτίωση της βιοποικιλότητας και της ποιότητας του νερού [98]. Οι πρωτοβουλίες δενδροφύτευσης (treeplanting) στοχεύουν στην αύξηση της κάλυψης των δέντρων, συμβάλλοντας στη ρύθμιση του κλίματος και στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα [99]. Η παράκτια δημιουργία υγροτόπων (coastal wetland) εστιάζει στην κατασκευή υγροτόπων κατά μήκος των ακτών που θα χρησιμεύουν ως φυσικά προστατευτικά από τις καταιγίδες και τη διάβρωση [100]. Τα συστήματα αειφόρου αποχέτευσης (sustainable drainage systems, SuDS) ενσωματώνουν διάφορες τεχνικές για τη διαχείριση της απορροής των ομβρίων υδάτων και την πρόληψη των πλημμυρών [101]. Τα αστικά δάση (urban forests) είναι χώροι πρασίνου με

διαφορετικούς πληθυσμούς δέντρων που παρέχουν πολλαπλά περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη [102]. Οι πρακτικές αειφόρου γεωργίας (sustainable agriculture) δίνουν έμφαση στις γεωργικές μεθόδους που προάγουν την υγεία και τη διατήρηση του εδάφους, προωθώντας ένα πιο βιώσιμο σύστημα παραγωγής τροφίμων [103].

Πίνακας 4-1. Τυπικές λύσεις με βάση τη φύση για την αντιμετώπιση σύγχρονων περιβαλλοντικών προβλημάτων

Λύσεις με βάση τη φύση	Περιγραφή
Πράσινες Στέγες	Στέγες με βλάστηση που βελτιώνουν την ενεργειακή απόδοση
Κήποι βροχής	Διαμορφωμένες περιοχές που συλλέγουν και φιλτράρουν το νερό της βροχής
Διαπερατό πεζοδρόμιο	Υλικά οδοστρώματος που επιτρέπουν στο νερό να διαρρέυσει
Αποκατάσταση Υγροτόπων	Αποκατάσταση φυσικών υγροτοπικών οικοσυστημάτων
Δεντροφύτευση	Αύξηση της κάλυψης των δέντρων για το κλίμα και την ποιότητα του αέρα
Δημιουργία Παράκτιου Υγροτόπου	Κατασκευή υγροτόπων κατά μήκος των ακτών για τον έλεγχο των πλημμυρών
Συστήματα Βιώσιμης Αποχέτευσης	Ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης της απορροής όμβριων υδάτων
Αστικά Δάση	Δημιουργία χώρων πρασίνου με διαφορετικούς πληθυσμούς δέντρων
Πρακτικές Βιώσιμης Γεωργίας	Τεχνικές καλλιέργειας που προάγουν την υγεία του εδάφους

Στη συνέχεια, αναλύονται κάποιες από τις μεθόδους προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος και των σύγχρονων περιβαλλοντικών προβλημάτων, γενικότερα.

Διεθνής συνεργασία

Αναγνωρίζοντας ότι το οικολογικό πρόβλημα είναι παγκόσμιο και δεν γνωρίζει σύνορα, η διακρατική συνεργασία που βασίζεται σε μια κοινή πολιτική για την προστασία του περιβάλλοντος είναι απαραίτητη. Οι Παγκόσμιες Σύνοδοι Κορυφής του ΟΗΕ και οι διεθνείς διασκέψεις για το μέλλον της Γης πρέπει να εργαστούν συστηματικά για την επίτευξη κρίσιμων στόχων. Αυτό περιλαμβάνει την απόσπαση δεσμεύσεων από πολιτικούς ηγέτες για να δοθεί προτεραιότητα στο παγκόσμιο καλό έναντι των στενών εθνικών συμφερόντων. Η θέσπιση ενός δεσμευτικού νομοθετικού πλαισίου για την πρόληψη της κερδοσκοπικής εκμετάλλευσης της φύσης και η επιβολή αυστηρών κυρώσεων στα κράτη που παρακάμπτουν αυτές τις αρχές είναι ζωτικής σημασίας. Επιπλέον, η αναθεώρηση του τρέχοντος αναπτυξιακού μοντέλου και η προώθηση πολιτικών βιώσιμης ανάπτυξης είναι κρίσιμα βήματα. Επιπλέον, η υποστήριξη του πυρηνικού αφοπλισμού για την αποτροπή πλανητικών απειλών και η

υποστήριξη της επιστημονικής έρευνας για να ξεπεραστεί το οικολογικό αδιέξοδο είναι ουσιαστικές προσπάθειες.

Πολιτεία και Τοπική Αυτοδιοίκηση

Σε εθνικό και τοπικό επίπεδο, πρέπει να τεθούν σε εφαρμογή αυστηρά νομοθετικά πλαίσια για τη ρύθμιση των βιομηχανικών και τουριστικών δραστηριοτήτων, της γεωργικής καλλιέργειας, της κτηνοτροφίας και της αλιείας. Πρέπει να διασφαλιστεί η προστασία των δασών, των οικοτόπων, των εθνικών δασών και της βιοποικιλότητας. Η συνεργασία με την επιστημονική κοινότητα είναι απαραίτητη για τη διερεύνηση εναλλακτικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την υιοθέτηση αντιρρυπαντικής τεχνολογίας και μεθόδων βιολογικού καθαρισμού όπου υπάρχουν, με επαρκή χρηματοδότηση της έρευνας. Η παροχή κινήτρων για την αποκέντρωση και η προώθηση του οικοτουρισμού, του αγροτουρισμού και της βιολογικής γεωργίας μπορεί επίσης να συμβάλει σημαντικά στη διατήρηση του περιβάλλοντος. Η εκπόνηση και εφαρμογή φιλικών προς το περιβάλλον σχεδίων διαχείρισης αποβλήτων, η επιβράβευση οργανισμών που ασκούν περιβαλλοντική ευθύνη και η χρήση επιστημονικών και τεχνικών πόρων για οικολογικούς και ανθρωπιστικούς σκοπούς είναι κρίσιμα βήματα. Αναβάθμιση αστικών περιβαλλόντων με δημιουργία περισσότερων χώρων πρασίνου, προώθηση αισθητικής αποκατάστασης και δενδροφύτευσης σε δημόσιους χώρους, εφαρμογή προγραμμάτων διαχείρισης και ανακύκλωσης απορριμμάτων, χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, δημιουργία ποδηλατοδρόμων και μονοπατιών, περιορισμός της ανεξέλεγκτης αστικής επέκτασης κοντά σε δασικές περιοχές και εφαρμογή δασικής προστασίας και Τα μέτρα πυρόσβεσης είναι απαραίτητα για τη βιώσιμη αστική ανάπτυξη.

Επιβολή νόμων και παγκόσμιων μέτρων

Οι ευθύνες της κρατικής ηγεσίας θα πρέπει να περιλαμβάνουν τη θέσπιση αυστηρών κυρώσεων για τους παραβάτες της περιβαλλοντικής νομοθεσίας. Επιπλέον, η υποστήριξη και η συμμετοχή διεθνών οργανισμών όπως η ΕΕ και ο ΟΗΕ είναι απαραίτητη για την προώθηση αυτών των μέτρων και την εφαρμογή παγκόσμιων πρωτοβουλιών για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προκλήσεων.

Κράτος - Διεθνείς Οργανισμοί

Για την αποτελεσματική προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, η συνεργασία κρατών και διεθνών οργανισμών είναι ζωτικής σημασίας. Το οικολογικό πρόβλημα ξεπερνά τα σύνορα

και επηρεάζει όλα τα έθνη. Ως εκ τούτου, η διακρατική συνεργασία που βασίζεται σε μια κοινή πολιτική για τη διατήρηση του περιβάλλοντος είναι ζωτικής σημασίας. Οι Παγκόσμιες Σύνοδοι Κορυφής του ΟΗΕ και οι διεθνείς διασκέψεις για το μέλλον της Γης θα πρέπει να εργαστούν συστηματικά για την επίτευξη βασικών στόχων. Αυτά περιλαμβάνουν την απόσπαση δεσμεύσεων από τους πολιτικούς ηγέτες να δίνουν προτεραιότητα στο παγκόσμιο καλό έναντι των στενών εθνικών συμφερόντων, τη θέσπιση δεσμευτικού νομοθετικού πλαισίου για την πρόληψη της κερδοσκοπικής εκμετάλλευσης της φύσης και την επιβολή αυστηρών κυρώσεων στα κράτη που παρακάμπτουν αυτές τις αρχές. Επιπλέον, η αναθεώρηση του τρέχοντος αναπτυξιακού μοντέλου και η προώθηση πολιτικών βιώσιμης ανάπτυξης είναι επιτακτική. Η ιδέα του πυρηνικού αφοπλισμού είναι απαραίτητη για την αποφυγή καταστροφικών πλανητικών συνεπειών. Επιπλέον, η χρηματοδότηση επιστημονικής έρευνας για την αντιμετώπιση οικολογικών προκλήσεων είναι κρίσιμη για τη μελλοντική ευημερία του πλανήτη. Οι συνεισφορές της ΕΕ και του ΟΗΕ θεωρούνται ουσιαστικές για την εφαρμογή αυτών των μέτρων και τον συντονισμό των παγκόσμιων προσπάθειών για την προστασία του περιβάλλοντος [104].

Επιστημονική Κοινότητα

Η σειρά συνεδρίων TERRAenVISION [105] συγκεντρώνει επιστήμονες για να αντιμετωπίσουν τις κλιμακούμενες προκλήσεις της επίτευξης της βιωσιμότητας λόγω των περιβαλλοντικών ζητημάτων που προκαλούνται από τον άνθρωπο. Το συνέδριο, που πλαισιώνεται από επτά θέματα, παρουσιάζει 22 άρθρα που συζητούν την κλιματική αλλαγή, τους υδάτινους πόρους, την υποβάθμιση της γης, τις λύσεις που βασίζονται στη φύση, την πρόληψη πυρκαγιών, τις υπηρεσίες οικοσυστημάτων και τη διεπαφή επιστήμης-πολιτικής. Τα άρθρα αυτά αποσκοπούν στην παροχή επιστημονικά τεκμηριωμένων λύσεων που είναι κοινωνικά αποδεκτές και οικονομικά βιώσιμες για την αντιμετώπιση των πιεστικών περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Εκπαίδευση

Η αποτελεσματική περιβαλλοντική εκπαίδευση υπερβαίνει την απλή μετάδοση γνώσεων, καθώς καλλιεργεί θετικές περιβαλλοντικές στάσεις, αξίες και δεξιότητες, ενθαρρύνοντας τη συλλογική δράση προς την κατεύθυνση της διατήρησης. Μια συστηματική ανασκόπηση 105 μελετών περιβαλλοντικής εκπαίδευσης [106] αποκάλυψε ότι τα προγράμματα αυτά συχνά οδηγούν σε γνωστικά και συναισθηματικά αποτελέσματα, με απτές επιπτώσεις στο περιβάλλον που επιτυγχάνονται με την εστίαση σε τοπικά ζητήματα, τη δημιουργία συνεργασιών με

ενδιαφερόμενους φορείς και την εφαρμογή στρατηγικών προσανατολισμένων στη δράση. Ωστόσο, η αναφορά άμεσων αποτελεσμάτων απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό και καινοτόμες προσεγγίσεις για τη μέτρηση και τεκμηρίωση των θετικών αλλαγών που προκύπτουν από πρωτοβουλίες περιβαλλοντικής εκπαίδευσης.

Ατομική Ευθύνη

Τρεις πειραματικές μελέτες διερευνούν τον αντίκτυπο των αποδιδόμενων ευθυνών στην επικοινωνία για την κλιματική αλλαγή [107]. Η έρευνα καταδεικνύει ότι τα μηνύματα των μέσων ενημέρωσης που αποδίδουν ατομική ευθύνη για την κλιματική αλλαγή μπορούν να αυξήσουν τις προθέσεις για συμπεριφορά μετριασμού, όταν συνδυάζονται με θετικές περιγραφικές νόρμες στα σχόλια των χρηστών. Αντίθετα, όταν συνδυάζονται με αρνητικές περιγραφικές νόρμες, η απόδοση ατομικής ευθύνης μπορεί να μειώσει τις προθέσεις μετριασμού. Τα ευρήματα αυτά υπογραμμίζουν τη σημασία της εξέτασης της αλληλεπίδρασης μεταξύ των αποδόσεων ευθύνης και των περιγραφικών προτύπων στα μηνύματα για την κλιματική αλλαγή για την αποτελεσματική προώθηση φιλοπεριβαλλοντικών δράσεων.

Πολίτες - Καταναλωτές

Οι πολίτες διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διατήρηση του περιβάλλοντος μέσω των καταναλωτικών τους συνηθειών. Παράγοντας λιγότερα απόβλητα, αγοράζοντας φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα με ελάχιστη συσκευασία και επαναχρησιμοποιώντας αντικείμενα, τα άτομα μπορούν να μειώσουν σημαντικά τις οικολογικές επιπτώσεις τους. Ο διαχωρισμός των απορριμμάτων και η σωστή διάθεση των επικίνδυνων οικιακών απορριμμάτων είναι σημαντικές πρακτικές που πρέπει να υιοθετηθούν. Οι ερευνητές τονίζουν την ανάγκη για κοινωνικά υπεύθυνες μεθόδους κατανάλωσης για τον περιορισμό των αρνητικών κοινωνικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Αυτή η τάση κερδίζει έλξη στις ανεπτυγμένες χώρες, αλλά είναι σημαντικό για τα αναπτυσσόμενα έθνη να υιοθετήσουν τέτοιες πρακτικές για τον μετριασμό των επιβλαβών συμπεριφορών προς την κοινωνία και το περιβάλλον [108].

Επιχειρήσεις

Οι επιχειρήσεις διαδραματίζουν βασικό ρόλο στην προστασία του περιβάλλοντος παράγοντας οικολογικά προϊόντα και υιοθετώντας φιλικές προς το περιβάλλον διαδικασίες παραγωγής. Η ανάλυση του κύκλου ζωής ενός προϊόντος, η οικολογική ισορροπία και η ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας, της ρύπανσης και της παραγωγής απορριμμάτων είναι ζωτικής σημασίας. Οι εταιρείες θα πρέπει επίσης να επικεντρωθούν στη μείωση των συσκευασιών

παράδοσης και μεταφοράς, καθώς και στην προώθηση της επαναχρησιμοποίησης μέσω της συνεργασίας με τους πολίτες και το κράτος. Η έμφαση σε περιβαλλοντικά συνειδητοποιημένες πρακτικές μπορεί να βοηθήσει τις επιχειρήσεις να ευθυγραμμίσουν τους στόχους τους με τις βιώσιμες αρχές [108].

Τοπικές αρχές

Οι τοπικές αρχές διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διατήρηση του περιβάλλοντος λαμβάνοντας αποφάσεις που δίνουν προτεραιότητα τόσο στο περιβάλλον όσο και στην ευημερία των πολιτών. Ολοκληρωμένα προγράμματα διαχείρισης απορριμμάτων, περιβαλλοντικές μελέτες και συνεργασίες με βιομηχανικούς κλάδους και εταιρείες είναι απαραίτητα για τη μείωση των περιβαλλοντικών συνεπειών. Η ενθάρρυνση του διαχωρισμού των απορριμμάτων, η διευκόλυνση της ανακύκλωσης και της κομποστοποίησης και η προώθηση πρωτοβουλιών ανάκτησης απορριμμάτων είναι ουσιαστικής σημασίας για τη βιώσιμη διαχείριση των απορριμμάτων σε τοπικό επίπεδο. Απαιτούνται συντονισμένες προσπάθειες και πίεση τόσο από τις κεντρικές όσο και από τις τοπικές διοικητικές δομές για την προώθηση της περιβαλλοντικά υπεύθυνης διακυβέρνησης [108].

Τεχνολογία - Επιστήμη

Η ενσωμάτωση βιώσιμων προτάσεων από τεχνολογικά και ερευνητικά ιδρύματα είναι ζωτικής σημασίας για την προώθηση πρακτικών φιλικών προς το περιβάλλον. Πρωτοβουλίες όπως φωτοβολταϊκά συστήματα, ενεργειακά αποδοτικά σπίτια, τεχνολογίες αντιρρύπανσης και απορρύπανσης, βιοκαύσιμα/αγροκαύσιμα (π.χ. παραγωγή αιθανόλης καυσίμου από καλαμπόκι) και ανάκτηση ενέργειας από απόβλητα (βιοαέριο από χωματερές) μπορούν να μειώσουν σημαντικά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η υιοθέτηση εναλλακτικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως η αιολική, η υδροηλεκτρική και η ηλιακή ενέργεια συμβάλλει στη μείωση της εξάρτησης από ορυκτά καύσιμα και ελαχιστοποιεί τις εκπομπές ρύπων. Η ανάπτυξη υβριδικών οχημάτων συμβάλλει περαιτέρω σε έναν πιο πράσινο τομέα των μεταφορών.

Για παράδειγμα, η μελέτη [109] εξετάζει τον αντίκτυπο του σιδηροδρόμου υψηλής ταχύτητας στη ρύπανση της αστικής αιθαλομίχλης στην Κίνα χρησιμοποιώντας δεδομένα από 284 πόλεις σε επίπεδο νομού μεταξύ 2007 και 2016. Η έρευνα διαπιστώνει ότι ο σιδηρόδρομος υψηλής ταχύτητας μειώνει σημαντικά τη ρύπανση της αιθαλομίχλης στις πόλεις, συμβάλλοντας στα περιβαλλοντικά οφέλη. Τα ευρήματα υπογραμμίζουν τη σημασία της βιώσιμης υποδομής

μεταφορών και παρέχουν πολύτιμα στοιχεία για τη χάραξη πολιτικής και την περιβαλλοντική διαχείριση στην Κίνα.

Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης (artificial intelligence, AI) έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στην προσέγγιση της βιωσιμότητας, ιδιαίτερα στην αντιμετώπιση πιεστικών περιβαλλοντικών προκλήσεων. Η υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος και η παγκόσμια κλιματική κρίση απαιτούν καινοτόμες και προηγμένες λύσεις και η τεχνητή νοημοσύνη προσφέρει μια πολλά υποσχόμενη οδό για μετασχηματιστικές αλλαγές. Αξιοποιώντας την τεχνητή νοημοσύνη, η κοινωνία μπορεί να αντλήσει πολιτιστικά κατάλληλες οργανωτικές διαδικασίες και μεμονωμένες πρακτικές για τη μείωση της έντασης των φυσικών πόρων και της ενέργειας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Η πραγματική αξία της τεχνητής νοημοσύνης δεν έγκειται μόνο στο να επιτρέψει τη μείωση της έντασης της χρήσης ενέργειας, νερού και γης, αλλά και στη δυνατότητά της να διευκολύνει και να προωθήσει την αποτελεσματική περιβαλλοντική διακυβέρνηση. Η περιβαλλοντική διακυβέρνηση, η οποία διαμορφώνει τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων και τις προτεραιότητες για τη διαχείριση των φυσικών πόρων, αντιμετωπίζει συχνά προκλήσεις λόγω ανταγωνιστικών κοινωνικών αξιών και ασυμμετριών πληροφοριών. Η ικανότητα της τεχνητής νοημοσύνης να επεξεργάζεται τεράστιες ποσότητες δεδομένων και να διεξάγει αναγνώριση προτύπων μπορεί να γεφυρώσει αυτά τα κενά, παρέχοντας λύσεις και πολιτικές βασισμένες στην επιστήμη για την αντιμετώπιση σύνθετων περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Παρά τις δυνατότητές της, η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στη βιωσιμότητα αντιμετωπίζει αρκετές προκλήσεις. Η υπερβολική εξάρτηση από ιστορικά δεδομένα στα μοντέλα μηχανικής μάθησης, οι αβέβαιες αντιδράσεις ανθρώπινης συμπεριφοράς σε παρεμβάσεις που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη, οι αυξημένοι κίνδυνοι για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο και οι πιθανές αρνητικές επιπτώσεις των εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης είναι μερικά από τα κύρια εμπόδια που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Επιπλέον, η μέτρηση των αποτελεσμάτων των στρατηγικών παρέμβασης δημιουργεί δυσκολίες. Για να ξεπεραστούν αυτές οι προκλήσεις, η μελλοντική έρευνα για την τεχνητή νοημοσύνη για την αειφορία θα πρέπει να ενσωματώνει πολυεπίπεδες απόψεις, προσεγγίσεις δυναμικής συστημάτων, σχεδιαστική σκέψη, ψυχολογικές και κοινωνιολογικές εκτιμήσεις και εκτιμήσεις οικονομικής αξίας. Υιοθετώντας μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που λαμβάνει υπόψη τις κοινωνικο-τεχνικές πτυχές της τεχνητής νοημοσύνης, οι ερευνητές και οι επαγγελματίες μπορούν να αναπτύξουν αποτελεσματικές λύσεις που αποφέρουν άμεσα οφέλη χωρίς να διακυβεύεται η μακροπρόθεσμη περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

Για παράδειγμα, η μελέτη [110] διερευνά το μετασχηματιστικό δυναμικό της τεχνητής νοημοσύνης στην αντιμετώπιση μεγάλων κοινωνικών προβλημάτων, ιδιαίτερα στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Η υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος και η πολυπλοκότητα της κλιματικής κρίσης απαιτούν προηγμένες και καινοτόμες λύσεις και η τεχνητή νοημοσύνη αναδεικνύεται ως ένα πολλά υποσχόμενο εργαλείο για την προώθηση πρωτοποριακών ερευνητικών και πρακτικών εφαρμογών. Η μελέτη υποστηρίζει ότι η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να υποστηρίξει την ανάπτυξη πολιτιστικά κατάλληλων οργανωτικών διαδικασιών και ατομικών πρακτικών που στοχεύουν στη μείωση των φυσικών πόρων και της έντασης ενέργειας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Αντί να εστιάζει αποκλειστικά στη μείωση της έντασης χρήσης ενέργειας, νερού και γης, η πραγματική αξία της τεχνητής νοημοσύνης έγκειται στην ικανότητά της να διευκολύνει και να ενθαρρύνει την αποτελεσματική περιβαλλοντική διακυβέρνηση. Μια ολοκληρωμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση αποκαλύπτει πολλές προκλήσεις στην έρευνα που σχετίζεται με την τεχνητή νοημοσύνη για βιωσιμότητα, συμπεριλαμβανομένης της υπερβολικής εξάρτησης από ιστορικά δεδομένα σε μοντέλα μηχανικής μάθησης, της αβεβαιότητας στις αντιδράσεις της ανθρώπινης συμπεριφοράς σε παρεμβάσεις τεχνητής νοημοσύνης, αυξημένων κινδύνων για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, πιθανών αρνητικών επιπτώσεων των εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης και δυσκολιών στη μέτρηση της παρέμβασης υπάρχοντα. Για να ξεπεραστούν αυτές οι προκλήσεις, η μελέτη συνιστά την ενσωμάτωση προοπτικών πολλαπλών επιπέδων, προσεγγίσεων δυναμικής συστημάτων, σχεδιαστικής σκέψης, ψυχολογικών και κοινωνιολογικών εκτιμήσεων και εκτιμήσεων οικονομικής αξίας σε μελλοντικές μελέτες. Με την υιοθέτηση αυτής της ολοκληρωμένης προσέγγισης, οι ερευνητές μπορούν να εκμεταλλευτούν τις άμεσες δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης για την αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προκλήσεων, διασφαλίζοντας παράλληλα τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα.

Αυτή η μελέτη [111] εξετάζει πώς οι προοπτικές περιβαλλοντικής ασφάλειας μπορούν να επηρεάσουν τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης για την αντιμετώπιση θεμάτων βιωσιμότητας. Αναγνωρίζοντας ότι οι λύσεις τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διαφορετικούς σκοπούς και μέσω ποικίλων προσεγγίσεων, το άρθρο τονίζει ότι αυτές οι εφαρμογές διαμορφώνονται από γενικούς λόγους περιβαλλοντικής ασφάλειας. Η ανασκόπηση αναλύει πώς η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης, όπως παρουσιάζεται στη βιβλιογραφία, ευθυγραμμίζεται με τις εθνικές, διεθνείς, ανθρώπινες και οικολογικές προοπτικές ασφάλειας. Μια εθνική συζήτηση για την ασφάλεια του κλίματος μπορεί να δώσει έμφαση στις στρατιωτικές εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης και στον ρόλο της στην προπαγάνδα και

την παραπληροφόρηση, ενώ η διεθνής συζήτηση για την ασφάλεια υπογραμμίζει την πιθανή χρήση της τεχνητής νοημοσύνης από διεθνείς οργανισμούς, αλλά επίσης εγείρει ανησυχίες για τον αντίκτυπο των διεθνικών εταιρειών στην κατανάλωση και την εξόρυξη πόρων. Η συνεργασία δημόσιου-ιδιωτικού τομέα σε στρατιωτική τεχνητή νοημοσύνη θα μπορούσε να παραχωρήσει εξουσία σε διεθνικές εταιρείες και κράτη, παρεμποδίζοντας τις περιβαλλοντικές κινήσεις. Η μελέτη εξετάζει επίσης πώς η τεχνητή νοημοσύνη συμβάλλει στην επίτευξη στόχων βιώσιμης ανάπτυξης στο πλαίσιο ενός λόγου για την ανθρώπινη ασφάλεια, αλλά προειδοποιεί για πιθανές ανισορροπίες ισχύος που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ανισότητες. Επιπλέον, διερευνά την οικολογική κατανόηση της κλιματικής ασφάλειας, δίνοντας έμφαση στο πώς οι αλγόριθμοι διαμορφώνουν την αντίληψή μας για το περιβάλλον και δυνητικά μας αποσυνδέουν από άλλες κοσμολογίες και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της τεχνητής νοημοσύνης. Εξετάζοντας αυτή την αλληλεπίδραση μεταξύ της τεχνητής νοημοσύνης, της γεωπολιτικής και της προστασίας του περιβάλλοντος, η μελέτη προτείνει δρόμους για περαιτέρω εξερεύνηση στην αναζήτηση βιώσιμων και ασφαλών εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης.

Αυτή η μελέτη [112] εμβαθύνει στην περίπλοκη σχέση μεταξύ της τεχνητής νοημοσύνης και των επιπτώσεών της στο περιβάλλον, παρουσιάζοντας επιχειρήματα τόσο για θετικά όσο και για αρνητικά αποτελέσματα. Ενώ η τεχνητή νοημοσύνη προσφέρει τη δυνατότητα μείωσης του αποτυπώματος άνθρακα μιας εταιρείας και την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής, οι εκπομπές άνθρακα ποικίλλουν ανάλογα με τις τεχνικές εκπαίδευσης που χρησιμοποιούνται. Η διττή φύση της τεχνητής νοημοσύνης ως εργαλείου για τη διατήρηση του περιβάλλοντος και ως παράγοντα που συμβάλλει στις εκπομπές άνθρακα εξετάζεται μέσω μιας προσέγγισης συστήματος συστημάτων (system of systems, SoS), η οποία υπογραμμίζει τη σύνθετη και αλληλεξαρτώμενη σχέση μεταξύ της τεχνητής νοημοσύνης και των εκπομπών άνθρακα. Η μελέτη υπογραμμίζει την ανάγκη για αποτελεσματικά μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης που δίνουν προτεραιότητα στη βιωσιμότητα σε όλο τον κύκλο ζωής της τεχνητής νοημοσύνης, από τη συλλογή δεδομένων έως την ανάπτυξη μοντέλων. Η πρακτική της βιώσιμης τεχνητής νοημοσύνης συνεπάγεται την εξέταση περιβαλλοντικών θεμάτων σε κάθε στάδιο, με στόχο την επίτευξη ισορροπίας μεταξύ της αξιοποίησης των πλεονεκτημάτων της τεχνητής νοημοσύνης και της ελαχιστοποίησης των αρνητικών οικολογικών επιπτώσεών της. Με τη διεξαγωγή ανάλυσης δικτύου και τον υπολογισμό των εκπομπών άνθρακα χρησιμοποιώντας διαφορετικούς αλγόριθμους μηχανικής μάθησης και μοντέλα βαθιάς μάθησης, η μελέτη στοχεύει να ενισχύσει μια υπεύθυνη κοινωνία τεχνητής νοημοσύνης που ενσωματώνει

πρακτικές βιωσιμότητας για να διασφαλίσει τη θετική συμβολή της τεχνητής νοημοσύνης στην αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προκλήσεων.

Αυτή η μελέτη [113] εξετάζει τη διασταύρωση της τεχνητής νοημοσύνης και της κλιματικής έκτακτης ανάγκης, διερευνώντας τις ευκαιρίες και τις προκλήσεις που παρουσιάζει η τεχνητή νοημοσύνη για την αντιμετώπιση επειγόντων περιβαλλοντικών ζητημάτων. Ενώ η τεχνητή νοημοσύνη έχει τη δυνατότητα να διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο στην αντιμετώπιση της κλιματικής έκτακτης ανάγκης, είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη το περιβαλλοντικό κόστος που σχετίζεται με την ανάπτυξη συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης. Ο σχολιασμός επικεντρώνεται στην αξιολόγηση του αποτυπώματος άνθρακα των διεργασιών εκπαίδευσης τεχνητής νοημοσύνης, τονίζοντας τις εκπομπές άνθρακα που παράγονται κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης. Σε απάντηση σε αυτά τα ευρήματα, η μελέτη παρουσιάζει 14 συστάσεις πολιτικής που στοχεύουν στον μετριασμό του αποτυπώματος άνθρακα της ανάπτυξης της τεχνητής νοημοσύνης. Αυτές οι συστάσεις επιδιώκουν να μειώσουν τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο των συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης, αξιοποιώντας παράλληλα τις δυνατότητές τους για θετική συμβολή στη δράση για το κλίμα. Προσφέροντας στρατηγικές κατευθυντήριες γραμμές για βιώσιμες πρακτικές τεχνητής νοημοσύνης, αυτή η μελέτη στοχεύει να βρει μια ισορροπία μεταξύ της μόχλευσης των δυνατοτήτων της τεχνητής νοημοσύνης και της διασφάλισης υπεύθυνης περιβαλλοντικής διαχείρισης.

Οικονομία

Η ενθάρρυνση της πράσινης επιχειρηματικότητας και η επένδυση στην πράσινη καινοτομία και τεχνολογία είναι ουσιαστικής σημασίας για την προώθηση της βιώσιμης οικονομικής ανάπτυξης. Εναλλακτικές μορφές τουρισμού, όπως ο αγροτουρισμός και ο οικοτουρισμός, προωθούν τα υπεύθυνα ταξίδια και την εκτίμηση των φυσικών πόρων, ενώ υποστηρίζουν τις τοπικές κοινότητες και τις προσπάθειες διατήρησης.

Αυτή η μελέτη [114] διερευνά τον ρόλο της οικονομικής ανάπτυξης και της πράσινης καινοτομίας στην αντιμετώπιση παγκόσμιων περιβαλλοντικών προκλήσεων. Με την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου δείκτη για την οικονομική ανάπτυξη, την πράσινη καινοτομία και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα, η μελέτη αξιολογεί τον αντίκτυπό τους από το 2000 έως το 2019. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η πράσινη καινοτομία συμβάλλει σημαντικά στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα, παρέχοντας ένα αποτελεσματικό μέσο μείωσης της ρύπανσης. Η οικονομική ανάπτυξη δείχνει επίσης σημαντική σχέση με την περιβαλλοντική βιωσιμότητα,

τονίζοντας τη σημασία της για την αντιμετώπιση περιβαλλοντικών θεμάτων. Τα ευρήματα της μελέτης επικυρώνονται μέσω ισχυρών δοκιμών και η αιτιότητα του γκράντζερ επιβεβαιώνει τη μακροπρόθεσμη επίδραση της οικονομικής ανάπτυξης και της πράσινης καινοτομίας στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα στις κορυφαίες οικονομίες. Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής και οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτές τις γνώσεις για να δώσουν προτεραιότητα στην πράσινη καινοτομία και την οικονομική ανάπτυξη ως στρατηγικές για τον μετριασμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και την προώθηση μακροπρόθεσμων περιβαλλοντικών συμφερόντων.

Κράτος

Το κράτος διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στη σύνδεση της κοινωνικής φροντίδας με τον οικολογικό σχεδιασμό και τις περιβαλλοντικές πολιτικές. Η προτεραιότητα στην αειφόρο ανάπτυξη διασφαλίζει μια ισορροπημένη προσέγγιση για την οικονομική ανάπτυξη, την κοινωνική ευημερία και την προστασία του περιβάλλοντος. Ο αποτελεσματικός αστικός και χωροταξικός σχεδιασμός είναι ζωτικής σημασίας για τη δημιουργία φιλικών προς το περιβάλλον πόλεων που βελτιστοποιούν τους πόρους και μειώνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η εφαρμογή και η επιβολή της περιβαλλοντικής νομοθεσίας, συμπεριλαμβανομένων αυστηρών ελέγχων και κυρώσεων για τους παραβάτες, είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση υπεύθυνων επιχειρηματικών πρακτικών και τη διαφύλαξη του φυσικού περιβάλλοντος. Η συνεργασία με άλλα κράτη για την ορθολογική διαχείριση των υδάτινων πόρων ενισχύει περαιτέρω τις προσπάθειες διατήρησης του περιβάλλοντος.

Αυτή η μελέτη [115] αντιμετωπίζει το ενδιαφέρον της εξισορρόπησης της οικονομικής ανάπτυξης και της περιβαλλοντικής ευημερίας στις παγκόσμιες οικονομίες, με έμφαση στις αναπτυσσόμενες χώρες. Εισάγει μια νέα αναλυτική προσέγγιση για την κατανόηση των πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων που επηρεάζουν το οικολογικό αποτύπωμα των χωρών της G7 (Γαλλία, Ιταλία, Ιαπωνία, Ηνωμένο Βασίλειο και Γερμανία) από το 1996 έως το 2020. Η ανάλυση προσδιορίζει βασικούς παράγοντες που συμβάλλουν σε υψηλό οικολογικό αποτύπωμα, συμπεριλαμβανομένων των χαμηλών δαπανών για την προστασία του περιβάλλοντος και τη διαχείριση απορριμμάτων, τους χαμηλούς φόρους στις μεταφορές και την υψηλή χρήση ενέργειας. Επιπλέον, η μελέτη υπογραμμίζει ότι οι υψηλές δαπάνες για την προστασία του περιβάλλοντος και οι υψηλοί φόροι στις μεταφορές συμβάλλουν στη μείωση του οικολογικού αποτυπώματος. Σε αυτό το πλαίσιο, η Ιαπωνία, η Ιταλία και η Γαλλία ξεχωρίζουν για πιο αποτελεσματικές κυβερνητικές πολιτικές όσον αφορά τη μείωση του

οικολογικού αποτυπώματος. Αυτά τα ευρήματα προσφέρουν πολύτιμες γνώσεις για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής που στοχεύουν να επιτύχουν ανάπτυξη φιλική προς το περιβάλλον διασφαλίζοντας παράλληλα την περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

MME

Τα μέσα ενημέρωσης διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ευαισθητοποίηση και την ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης σχετικά με οικολογικά ζητήματα. Η μελέτη [116] διερευνά τον ρόλο των μέσων μαζικής ενημέρωσης στον επηρεασμό της ευαισθητοποίησης, των στάσεων και της γνώσης του κοινού για την κλιματική αλλαγή, και τον πιθανό αντίκτυπό της στη φιλική προς το περιβάλλον συμπεριφορά. Η μελέτη υπογραμμίζει τη σημασία της συλλογικής δράσης, όπως τονίζεται στη Συμφωνία του Παρισιού που υπεγράφη από τους παγκόσμιους ηγέτες το 2015 για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και την επίτευξη του Στόχου Βιώσιμης Ανάπτυξης-13 έως το 2030. Με τη χρήση μοντέλων δομικών εξισώσεων, η έρευνα καταδεικνύει ότι τα μέσα μαζικής ενημέρωσης επηρεάζουν σημαντικά την ευαισθητοποίηση, τις στάσεις και την κατανόηση των ανθρώπων για την κλιματική αλλαγή. Επιπλέον, η μελέτη προσδιορίζει τα μεσολαβητικά αποτελέσματα της συνειδητοποίησης, των στάσεων και της γνώσης για την κλιματική αλλαγή στη διαμόρφωση φιλικής προς το περιβάλλον συμπεριφοράς ως απάντηση στην επιρροή των μέσων ενημέρωσης. Αυτά τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι τα μέσα μαζικής ενημέρωσης μπορούν να διαδραματίσουν κρίσιμο ρόλο στην ευαισθητοποίηση του κοινού και στην ενίσχυση της θετικής στάσης απέναντι στην κλιματική αλλαγή, ενθαρρύνοντας έτσι δράσεις με περιβαλλοντική συνείδηση. Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτές τις γνώσεις για να αναπτύξουν στρατηγικές που αξιοποιούν τα μέσα μαζικής ενημέρωσης ως αποτελεσματικό εργαλείο για την προώθηση της μεγαλύτερης ευαισθητοποίησης και κατανόησης της κλιματικής αλλαγής στο ευρύ κοινό.

Αντιμετώπιση της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Η ποιότητα του αέρα και η κλιματική αλλαγή συνδέονται πολύπλοκα, από τις πηγές εκπομπών τους έως τις επιπτώσεις τους στο κλίμα, την ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα, συμπεριλαμβανομένης της γεωργίας [117]. Ωστόσο, αυτός ο ζωτικός σύνδεσμος συχνά παραβλέπεται στις παγκόσμιες περιβαλλοντικές αλλαγές και τις πολιτικές βιωσιμότητας. Για να αντιμετωπιστεί αυτή η επίβλεψη και να ενισχυθεί η αποτελεσματικότητα της πολιτικής, είναι ζωτικής σημασίας να ληφθούν υπόψη τρεις βασικοί παράγοντες: ο συνδυασμός των εκπομπών, η διάρκεια ζωής των ρύπων και τα οφέλη και οι συμβιβασμούς των παρεμβάσεων

πολιτικής. Λαμβάνοντας υπόψη αυτούς τους παράγοντες, οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα τις πιθανές επιπτώσεις των προτεινόμενων πολιτικών στους ατμοσφαιρικούς ρύπους και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και τις συνακόλουθες επιπτώσεις τους στο κλίμα, την ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα. Αυτή η ολοκληρωμένη προσέγγιση στοχεύει να μειώσει τις ανεπιθύμητες συνέπειες και να οδηγήσει σε πρόσθετα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Η υιοθέτηση αυτών των βασικών παραμέτρων είναι ιδιαίτερα σημαντική για την αντιμετώπιση σύνθετων θεμάτων βιωσιμότητας, όπως ο δεσμός Νερό-Ενέργεια-Τροφή, όπου ο συντονισμός μεταξύ της ποιότητας του αέρα και των πολιτικών για την κλιματική αλλαγή μπορεί να αποφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί σημαντικό παγκόσμιο κίνδυνο για την υγεία, με ανεπαρκείς παρεμβάσεις για τον καθαρισμό του ατμοσφαιρικού αέρα [118]. Οι χώροι πρασίνου και η βλάστηση έχουν αποδείξει την ικανότητά τους να μειώνουν τους ατμοσφαιρικούς ρύπους, ιδιαίτερα τα αιρούμενα σωματίδια. Ωστόσο, η καθοδήγηση σχετικά με τη χρήση χώρων πρασίνου για τον έλεγχο της ποιότητας του αέρα παραμένει περιορισμένη και η πρακτική εφαρμογή τους δεν είναι ευρέως διαδεδομένη. Για να ενισχυθεί η επιστημονική βάση για την έρευνα και τις παρεμβάσεις, πραγματοποιήθηκε μια κριτική ανασκόπηση από την άποψη της δημόσιας υγείας. Η ανασκόπηση εντόπισε τρεις κύριους μηχανισμούς μετριασμού των χώρων πρασίνου για τα αιωρούμενα σωματίδια: εναπόθεση, διασπορά και τροποποίηση. Η εναπόθεση, ιδιαίτερα η μάζα και η ταχύτητα καθίζησης των αιωρούμενων σωματιδίων στα φύλλα των φυτών, αναδείχθηκε ως ο πιο μελετημένος μηχανισμός. Τα ευρήματα υπογραμμίζουν τις διαφορετικές επιλογές βελτιστοποίησης για παρεμβάσεις πρασίνου, όπως η επιλογή φυτών, η χωροταξική ρύθμιση, ο αερισμός και η συντήρηση, λαμβάνοντας υπόψη διάφορους παράγοντες τροποποίησης των επιπτώσεων, όπως η κλίμακα, το πλαίσιο και τα χαρακτηριστικά της βλάστησης. Η ενσωμάτωση αυτών των παραγόντων στο σχεδιασμό του δημόσιου χώρου, ειδικά λαμβάνοντας υπόψη τις επιπτώσεις της πανδημίας COVID-19, είναι ζωτικής σημασίας. Οι αδύναμοι δεσμοί μεταξύ των κλάδων που εμπλέκονται σε αυτήν την έρευνα απαιτούν ένα ολοκληρωμένο ερευνητικό πλαίσιο για την ενίσχυση της καθοδήγησης με γνώμονα την υγεία. Επείγοντως, απαιτείται μια ολοκληρωμένη και βασισμένη στον κίνδυνο προσέγγιση για τον μετριασμό των αιωρούμενων σωματιδίων μέσω παρεμβάσεων στον χώρο πρασίνου για να αξιοποιηθούν οι σημαντικές και πολυμηχανιστικές αναγωγικές επιδράσεις των χώρων πρασίνου στις ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων.

Διαχείριση και προστασία των υδάτων

Αυτή η μελέτη [119] δίνει έμφαση στην πολυπλοκότητα των συστημάτων λεκάνης απορροής, τα οποία περιλαμβάνουν περίπλοκες αλληλεπιδράσεις μεταξύ κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών παραγόντων. Η αποτελεσματική διαχείριση των υδατικών πόρων απαιτεί την εξέταση αυτών των αλληλεπιδράσεων και των επιπτώσεών τους στη βιωσιμότητα της λεκάνης απορροής.

Αυτή η μελέτη [120] τονίζει τη σημασία του νερού στα εκπαιδευτικά κτίρια, όπου εξυπηρετεί διάφορους κρίσιμους σκοπούς, όπως πόσιμο, καθαρισμό και κατασκευαστικές εργασίες. Αναγνωρίζοντας τη σημασία του νερού ως πολύτιμου πόρου και βασικό στοιχείο της βιωσιμότητας, υπάρχει ανάγκη εξορθολογισμού της κατανάλωσής του. Η Αίγυπτος, που αντιμετωπίζει τις προκλήσεις της παροχής νερού, επωφελείται ιδιαίτερα από την υιοθέτηση μέτρων βιωσιμότητας του νερού στα σχολεία. Η εργασία επικεντρώνεται στη μείωση της κατανάλωσης νερού, στην εφαρμογή μεθόδων συλλογής και ανακύκλωσης νερού. Αναδεικνύει βιώσιμες προσεγγίσεις, τεχνικές και πρωτοβουλίες που ενσωματώνονται στο σχεδιασμό και τη λειτουργία των σχολικών κτιρίων. Η έρευνα παρέχει πρακτικές κατευθυντήριες γραμμές για τη διαχείριση του αειφόρου νερού στα σχολεία, που περιλαμβάνουν πρακτικές βιώσιμης χρήσης και αποστράγγισης του νερού κατά τα στάδια σχεδιασμού και λειτουργίας του σχολείου. Η μελέτη εξετάζει επιτυχημένα παγκόσμια σχολεία που έχουν υιοθετήσει πρότυπα απόδοσης και διατήρησης του νερού, ενώ έχουν υιοθετήσει κριτήρια και μέτρα βιωσιμότητας. Στόχος είναι να προσφερθεί μια προσβάσιμη κατευθυντήρια γραμμή που διευκολύνει την εφαρμογή πρακτικών αειφόρου νερού στα σχολεία, συμβάλλοντας στη συνολική διαχείριση και διατήρηση των υδάτινων πόρων.

Διαχείριση αποβλήτων

Η διαχείριση των στερεών αποβλήτων είναι ένα πιεστικό ζήτημα, καθώς η παραγωγή αποβλήτων αυξάνεται παράλληλα με το βελτιωμένο βιοτικό μας επίπεδο. Για να αντιμετωπιστεί αυτό, είναι απαραίτητη μια προσέγγιση βάσει προτεραιότητας, με επίκεντρο τη διαλογή και την ανακύκλωση υλικών όποτε είναι δυνατόν. Τα ακατάλληλα υλικά θα πρέπει να υποβάλλονται σε θερμική επεξεργασία και οι παράνομες χωματερές πρέπει να κλείσουν και να αφαιρεθούν με αυστηρά μέτρα και μειωμένες επιδοτήσεις για τις μη συμμορφούμενες τοπικές αρχές, τηρώντας την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει».

Οι ευρωπαϊκές χώρες, ιδιαίτερα εκείνες της Βόρειας Ευρώπης, έχουν σημειώσει επιτυχία στην επεξεργασία και επεξεργασία των απορριμμάτων ως εναλλακτικό καύσιμο, μετατρέποντάς τα

σε πηγές ηλεκτρικής ενέργειας και θέρμανσης. Εγκαταστάσεις αποτέφρωσης έχουν δημιουργηθεί σε χώρες όπως η Γερμανία, η Ολλανδία, η Δανία, η Σουηδία και η Αυστρία, προσφέροντας σωρευτικά περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη στις τοπικές κοινωνίες. Καθώς η παραγωγή αποβλήτων αυξάνεται παγκοσμίως, η διαχείριση των αποβλήτων γίνεται ζωτικής σημασίας και η ΕΕ έχει θέσει οδηγίες με στόχο τη βιώσιμη ανάπτυξη και τις πρακτικές κυκλικής οικονομίας, υποστηρίζοντας ταυτόχρονα την παραγωγή ενέργειας και τη διατήρηση των φυσικών πόρων.

Για να ελαχιστοποιηθούν τα στερεά απόβλητα που καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής, είναι απαραίτητη μια πολύπλευρη προσέγγιση. Η πρόληψη διαδραματίζει σημαντικό ρόλο, απαιτώντας από τους καταναλωτές να υιοθετήσουν οικολογικές συμπεριφορές για την ελαχιστοποίηση της παραγωγής απορριμμάτων. Οι φορείς τοπικής αυτοδιοίκησης πρέπει να δημιουργήσουν αποτελεσματικά συστήματα συλλογής για ανακυκλώσιμα υλικά όπως γυαλί, αλουμίνιο και χαρτί. Τα οργανικά απόβλητα μπορούν να αντιμετωπιστούν μέσω της κομποστοποίησης, της δημιουργίας πολύτιμων λιπασμάτων και της μείωσης των συνεισφορών στις χωματερές.

Για τα απόβλητα που αναπόφευκτα καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής, πρέπει να σχεδιαστούν και να κατασκευαστούν σύγχρονοι και τεχνολογικά προηγμένοι χώροι διάθεσης γης. Αυτοί οι χώροι θα πρέπει να τηρούν τις σύγχρονες έννοιες για να διασφαλίσουν ότι λειτουργούν ως αποτελεσματικοί χώροι υγειονομικής ταφής, διαχειριζόμενοι τα απόβλητα με υπεύθυνο και βιώσιμο τρόπο.

Υιοθετώντας αυτές τις στρατηγικές, μπορούμε να προχωρήσουμε προς ένα πιο αποτελεσματικό και περιβαλλοντικά συνειδητό σύστημα διαχείρισης στερεών αποβλήτων, προστατεύοντας το περιβάλλον και προωθώντας βιώσιμες πρακτικές για το μέλλον [108].

Αυτή η μελέτη [121] εστιάζει στο πιεστικό ζήτημα της διαχείρισης στερεών αποβλήτων, ιδιαίτερα των αστικών στερεών αποβλήτων, που αποτελεί σημαντική πρόκληση τόσο στις αστικές όσο και στις αγροτικές περιοχές πολλών ανεπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών. Η συλλογή και η απόρριψη αστικών στερεών αποβλήτων έχουν γίνει σημαντικά προβλήματα στα αστικά περιβάλλοντα παγκοσμίως. Οι αποτελεσματικές λύσεις για τη διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων πρέπει να πληρούν διάφορα κριτήρια, όπως η οικονομική βιωσιμότητα, η τεχνική σκοπιμότητα, η κοινωνική αποδοχή, η νομική συμμόρφωση και η φιλικότητα προς το περιβάλλον. Ένας σημαντικός τομέας της τρέχουσας έρευνας είναι η αξιοποίηση των οργανικών απορριμμάτων τροφίμων. Παραδοσιακά, τα στερεά απόβλητα

αντιμετωπίζονται με μεθόδους όπως η υγειονομική ταφή, η αποτέφρωση και η κομποστοποίηση. Η κομποστοποίηση και η αναερόβια χώνευση έχουν αναδειχθεί ως δημοφιλείς τεχνολογίες για την επεξεργασία του οργανικού κλάσματος των αστικών στερεών αποβλήτων. Καθώς η παγκόσμια παραγωγή οργανικών στερεών αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων των γεωργικών απορριμμάτων, των οικιακών απορριμμάτων τροφίμων και των ανθρώπινων και ζωικών απορριμμάτων, συνεχίζει να αυξάνεται, υπάρχει μια αυξανόμενη ανάγκη να διερευνηθούν νέοι τρόποι για τη χρήση αυτών των υλικών. Συχνά, αντιμετωπίζονται ως ζωοτροφές, αποτεφρώνονται ή απορρίπτονται σε χωματερές, αλλά περιέχουν πολύτιμα συστατικά όπως πρωτεΐνες, μέταλλα και σάκχαρα που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες διαδικασίες ως υποστρώματα ή πρώτες ύλες. Η μελέτη στοχεύει να ρίξει φως σε καινοτόμες προσεγγίσεις για την αειφόρο διαχείριση και αξιοποίηση των οργανικών αποβλήτων, προωθώντας πιο φιλικές προς το περιβάλλον και αποδοτικές από πλευράς πόρων πρακτικές.

Ανακύκλωση αλουμινίου

Η αυξανόμενη χρήση του αλουμινίου στα ελαφριά ηλεκτρικά οχήματα καθιστά αναγκαία την αποτελεσματική ανακύκλωση του αλουμινίου για τη διαχείριση της παγκόσμιας ζήτησης. Ωστόσο, η επιλογή των τεχνικών σύνδεσης σε σχέδια από πολλά υλικά έχει οδηγήσει σε δυσκολίες στην επίτευξη ροών αλουμινίου υψηλής καθαρότητας. Οι μηχανικοί σύνδεσμοι, όπως οι βίδες και τα πριτσίνια, αναγνωρίστηκαν ως οι κύριοι ένοχοι για τις ακαθαρσίες στην ανακύκλωση αλουμινίου. Η έρευνα [122] για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της ανακύκλωσης διαφόρων ποιοτήτων θραυσμάτων αλουμινίου με διαφορετικά επίπεδα προσμίξεων, οδήγησε σε κατευθυντήριες γραμμές οικολογικού σχεδιασμού για τη βελτίωση της ποιότητας και της ποσότητας του ανακυκλωμένου αλουμινίου.

Ανακύκλωση πλαστικών

Η ανακύκλωση πλαστικών είναι μια πιο περίπλοκη και προκλητική διαδικασία σε σύγκριση με άλλα υλικά και τα οικονομικά της οφέλη δεν είναι τόσο σημαντικά. Πολλά πλαστικά αντικείμενα κατασκευάζονται από υλικά που μπορεί να είναι επιβλαβή για το περιβάλλον, καθιστώντας την ανακύκλωσή τους λιγότερο οικονομικά εφικτή.

Αυτή η μελέτη [123] εστιάζει στη διαχείριση αγροτικών στερεών αποβλήτων και τη σημασία της για την αειφόρο ανάπτυξη στις αναπτυσσόμενες χώρες. Ποσοτικοποιεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις τεσσάρων τυπικών συστημάτων διαχείρισης αγροτικών απορριμμάτων χρησιμοποιώντας δεδομένα αξιολόγησης του κύκλου ζωής από έρευνες πεδίου σε πέντε πόλεις

σε τέσσερις εποχές. Τα αποτελέσματα υπογραμμίζουν ότι η υγειονομική ταφή μικτών απορριμμάτων έχει τις υψηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αλλά η υποκατάστασή τους με την αποτέφρωση μειώνει σημαντικά αυτές τις επιπτώσεις κατά 110%-900%. Η στροφή προς τον διαχωρισμό της πηγής για τη συλλογή απορριμμάτων οδηγεί επίσης σε μείωση περίπου 50%-200% των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Ωστόσο, απαιτείται περισσότερη έρευνα για την εφαρμογή του διαχωρισμού από την πηγή στα υπάρχοντα μικτά συστήματα συλλογής και διάθεσης. Η μελέτη τονίζει τη σημασία των βελτιωμένων πρακτικών επεξεργασίας απορριμμάτων στις αγροτικές περιοχές για την επίτευξη βιώσιμων στόχων.

Ανακύκλωση μπαταριών

Η αυξανόμενη ανησυχία σχετικά με τον κίνδυνο εφοδιασμού και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μπαταριών ιόντων λιθίου έχει προκαλέσει το ενδιαφέρον για τις τεχνολογίες ανακύκλωσης μπαταριών. Η άμεση ανάκτηση των χρησιμοποιημένων μπαταριών ιόντων λιθίου, όπου τα αποικοδομημένα ενεργά υλικά επαναχρησιμοποιούνται για την παραγωγή νέων, κερδίζει την προσοχή για τη βιωσιμότητά της και το μειωμένο χημικό και ενεργειακό κόστος. Η παρούσα ανασκόπηση [124] συνοψίζει τα βήματα που εμπλέκονται στην αναγέννηση ανακυκλωμένων υλικών ηλεκτροδίων, εξετάζοντας τους μηχανισμούς υποβάθμισης για την ενημέρωση της επιλογής στρατηγικών αναγέννησης, και παρέχει προοπτικές για την προώθηση της υιοθέτησης της άμεσης ανάκτησης σε πρακτικές εφαρμογές.

Μονάδες Μηχανικής και Βιολογικής Επεξεργασίας

Οι μονάδες μηχανικού και βιολογικού καθαρισμού επεξεργάζονται τόσο μη αναμεμειγμένα όσο και μεικτά αστικά στερεά απόβλητα, παράγοντας το τελικό προϊόν. Η αερόβια μηχανική βιολογική επεξεργασία, που θεωρείται οικονομική και φιλική προς το περιβάλλον, περιλαμβάνει διαχωρισμό των υλικών, εφαρμογή μηχανικών και βιολογικών πρακτικών και ανακύκλωση των υπολοίπων απορριμμάτων. Αυτή η μέθοδος έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή διαφόρων τελικών προϊόντων, συμβάλλοντας στη μείωση των απορριμμάτων και στην ανάκτηση πόρων.

Κομποστοποίηση οργανικών αποβλήτων

Η κομποστοποίηση είναι μια ρυθμιζόμενη αποσύνθεση οργανικών ενώσεων που περιλαμβάνουν διάφορους μικροοργανισμούς. Η κομποστοποίηση προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα. Επιτρέπει την ανάκτηση οργανικών αποβλήτων, μειώνοντας τον όγκο των απορριμμάτων που αποστέλλονται στους χώρους διάθεσης (που μπορεί να είναι έως και 55%

οργανικά απόβλητα). Το κομπόστ που προκύπτει βελτιώνει την ποιότητα του εδάφους, ενισχύοντας τον αερισμό, την αφομοίωση των θρεπτικών ουσιών και τη συγκράτηση της υγρασίας, υποστηρίζοντας έτσι την περιορισμένη γεωργική παραγωγή. Τα επιτυχημένα προγράμματα ανακύκλωσης, ειδικά με τη διαλογή στην πηγή, βελτιώνουν την ποιότητα των λιπασματοποιήσιμων απορριμμάτων και μειώνουν το συνολικό κόστος μηχανικής κομποστοποίησης.

Η παρούσα μελέτη [125] ασχολείται με το ζήτημα των αποβλήτων τροφίμων και τις δυνατότητές τους ως πολύτιμου πόρου για την ενεργειακή βιωσιμότητα. Σε παγκόσμιο επίπεδο, σημαντική ποσότητα τροφίμων σπαταλιέται σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας, με αποτέλεσμα την περιβαλλοντική ρύπανση και την απώλεια αξίας. Η μετατροπή των απορριμμάτων τροφίμων σε υγρά ή αέρια καύσιμα βιολογικής προέλευσης προσφέρει μια πολλά υποσχόμενη λύση για την κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης ενέργειας, μειώνοντας παράλληλα την εξάρτηση από τους εξαντλούμενους πόρους ορυκτών καυσίμων. Το άρθρο εξετάζει διάφορες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σήμερα για τη διάθεση αποβλήτων τροφίμων, όπως η αποτέφρωση, η υγειονομική ταφή, η κομποστοποίηση, η αναερόβια χώνευση και πιο προηγμένες μέθοδοι όπως η υδροθερμική απανθράκωση και η αεριοποίηση με υπερκρίσιμο νερό. Η αξιολόγηση λαμβάνει υπόψη τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, την ανάλυση του κύκλου ζωής, τη βελτιστοποίηση πολλαπλών στόχων και την κυκλική βιοοικονομία για τον προσδιορισμό μεταβλητών για την εντατικοποίηση της διαδικασίας και τη μετατροπή καυσίμων, ενώ παράλληλα αντιμετωπίζονται οι περιβαλλοντικές ανησυχίες. Η μελέτη αναδεικνύει τις δυνατότητες μιας βιώσιμης προσέγγισης για την αξιοποίηση των αποβλήτων τροφίμων για την παραγωγή ενέργειας, ανοίγοντας το δρόμο για πιο αποτελεσματικές μεθόδους μετατροπής αποβλήτων τροφίμων σε ενέργεια στο μέλλον.

Αυτή η μελέτη [126] εξετάζει τον πειραματισμό της αστικής βιωσιμότητας, εστιάζοντας ιδιαίτερα στις σωματικές αισθήσεις που σχετίζονται με την κομποστοποίηση των οικιακών αποβλήτων τροφίμων. Αντλώντας έμπνευση από τις θεωρίες των Deleuze και Guattari, η έρευνα τονίζει ότι ο πειραματισμός υπερβαίνει την απλή επιστημονική γνώση των τεχνικών κομποστοποίησης- περιλαμβάνει τη συναισθηματική διάσταση της συνένωσης υλικών, ανθρώπων, μη-ανθρώπων και ιδεών για τη δημιουργία λειτουργικών διευθετήσεων. Η μελέτη διερευνά τις έννοιες των μοριακών, μοριακών και διαχωριστικών γραμμών για να κατανοήσει πώς ο πειραματισμός αναδύεται από αντίθετες δυνάμεις που διαμορφώνουν τις σωματικές ικανότητες για τη φροντίδα του κομπόστ ως κοινωνικο-υλικές διευθετήσεις. Μέσα από μια εθνογραφία κομποστοποίησης που διεξήχθη στο Wollongong της Αυστραλίας, η έρευνα

εντοπίζει δύο σημαντικές γνώσεις. Πρώτον, οι αισθήσεις που προκύπτουν από τις μοριακές γραμμές της επιστημονικής οικιακής διαχείρισης των αποβλήτων τροφίμων επηρεάζουν τη σωματική ικανότητα φροντίδας του κομπόστ, διαμορφώνοντας υποκειμενικότητες και περιοχές της αυλής που αφηγούνται ως ευχαρίστηση, ικανοποίηση και αγάπη. Δεύτερον, ο πειραματισμός της κομποστοποίησης συνεπάγεται αυξημένη αυτογνωσία στις αυλές, καθώς οι μοριακές γραμμές αμφισβητούν τη συμβατική τάξη με την παρουσία συγκεκριμένων οσμών, θερμοκρασιών, αποβλήτων τροφίμων, φυτών ή ζώων. Η μελέτη προσφέρει μια νέα προσέγγιση στις μεταβάσεις της οικιακής βιωσιμότητας, εννοιολογώντας τον πειραματισμό μέσω μοριακών και μοριακών γραμμών και τον αντίκτυπό τους στις αισθήσεις που σταθεροποιούν ή μεταβάλλουν την αίσθηση του εαυτού και του τόπου.

Εναλλακτική Διαχείριση Ειδικών Αποβλήτων

Στην κατηγορία των αποβλήτων, ορισμένα υλικά απαιτούν ξεχωριστή διαχείριση λόγω της επικίνδυνης φύσης τους ή των μοναδικών χαρακτηριστικών τους, όπως μεγάλου όγκου ή βάρους. Παραδείγματα περιλαμβάνουν μπαταρίες, ορυκτέλαια, λαμπτήρες, προϊόντα αμιάντου, συσκευές με χλωροφθοράνθρακες και νοσοκομειακά απόβλητα. Οι κοινοτικές οδηγίες απαιτούν την οργάνωση χωριστών συστημάτων συλλογής και ανάκτησης αυτών των υλικών. Η διαδικασία περιλαμβάνει προσωρινή αποθήκευση, μεταφορά σε εξειδικευμένους χώρους για διαλογή, αδρανοποίηση, ανάκτηση και ανακύκλωση υλικών.

Τα ειδικά απόβλητα περιλαμβάνουν επίσης ογκώδη αντικείμενα και συσκευές όπως έπιπλα, οικιακά ηλεκτρονικά είδη, οχήματα, ελαστικά και οικοδομικά υλικά. Παρόμοια εναλλακτικά συστήματα συλλογής και ανάκτησης ισχύουν για αυτήν την κατηγορία, που περιλαμβάνουν προσωρινή αποθήκευση, διαλογή, αποσυναρμολόγηση, ανάκτηση και ανακύκλωση.

Εκτός από αυτές τις μεθόδους, η διεθνής διαχείριση αποβλήτων ενσωματώνει μηχανικό διαχωρισμό απορριμμάτων και τεχνολογίες ανάκτησης ενέργειας όπως η αποτέφρωση, η πυρόλυση και η αεριοποίηση. Η ασφαλής τελική διάθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων είναι απαραίτητη για την ολοκληρωμένη διαχείριση των απορριμμάτων. Όλες αυτές οι προσεγγίσεις απαιτούν νομοθετική υποστήριξη, οικονομικούς κανονισμούς και προγράμματα ευαισθητοποίησης των πολιτών για την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Ενώ η ανακύκλωση είναι μια κρίσιμη πτυχή της διαχείρισης των απορριμμάτων, θα υπάρχουν πάντα απόβλητα που δεν μπορούν να ανακυκλωθούν. Ο καθορισμός του βέλτιστου συνδυασμού επιλογών διαχείρισης απορριμμάτων για μια συγκεκριμένη περιοχή περιλαμβάνει

πολύπλοκες εκτιμήσεις όπως ποσότητες αποβλήτων, γεωγραφία, δυνατότητα μεταφοράς κ.λπ. Ο εντοπισμός των εγκαταστάσεων επεξεργασίας είναι δύσκολος και η επιτυχία τους εξαρτάται από την εγγύτητα τους με την ικανότητα επεξεργασίας και τις τελικές αγορές για ανακυκλωμένα υλικά.

Η υγειονομική ταφή, που πραγματοποιείται υπό αυστηρούς κανονισμούς, έχει πλεονεκτήματα όπως χαμηλό κόστος, απλό εξοπλισμό και πιθανή επαναχρησιμοποίηση του χώρου ταφής. Ωστόσο, εκπέμπει CO₂ και απαιτεί κατάλληλο χώρο, καθιστώντας το εργατικό και ακριβό λόγω του σημαντικού όγκου απορριμμάτων και του κόστους μεταφοράς.

Η παρούσα μελέτη [127] επικεντρώνεται στην αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών και υγειονομικών προβλημάτων που σχετίζονται με τη διάθεση των αστικών στερεών αποβλήτων μέσω του σχεδιασμού ενός τεχνητού χώρου υγειονομικής ταφής. Προτείνονται τεχνικά και διαχειριστικά μέτρα για την επίτευξη βιώσιμης διαχείρισης των αποβλήτων. Η έρευνα αποσκοπεί στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων των αστικών στερεών αποβλήτων μέσω του σχεδιασμού ενός χώρου υγειονομικής ταφής που πληροί τις τεχνικές απαιτήσεις. Για τον χώρο υγειονομικής ταφής έχει επιλεγεί μια κατάλληλη τοποθεσία στο Muscat του Ομάν, βάσει γεωλογικής ανάλυσης. Ο προτεινόμενος χώρος υγειονομικής ταφής ενσωματώνει οργανικά και ανόργανα κύτταρα ώστε να είναι δυνατή η ανάκτηση πόρων και η παραγωγή ενέργειας. Το κομπόστ που παράγεται από τα διαχωρισμένα κύτταρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη γεωργία, ωφελώντας την οικονομία και το περιβάλλον. Επιπλέον, έχει σχεδιαστεί ένα σύστημα αποχέτευσης συλλογής στραγγισμάτων για τη διαχείριση των επιπτώσεων των αποβλήτων στο περιβάλλον. Η ορθή διαχείριση των στερεών αποβλήτων είναι απαραίτητη για την ανάκτηση ενέργειας και τη μείωση της ρύπανσης.

Τεχνολογίες διαχείρισης αποβλήτων: Ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων περιλαμβάνει τη συλλογή, τη μεταφορά, την ανάκτηση και τη διάθεση στερεών αποβλήτων, μαζί με την επίβλεψη αυτών των διεργασιών και των χώρων διάθεσης. Περιλαμβάνει προγράμματα μείωσης απορριμμάτων, διαλογή στην πηγή, ανακύκλωση διαχωρισμένων υλικών και εφαρμογή συστημάτων μεταφόρτωσης για την ενίσχυση της οικονομικής απόδοσης. Οι μέθοδοι επεξεργασίας στοχεύουν στην ανάκτηση ενέργειας ή στην επαναχρησιμοποίηση υλικών και τα τελικά υπολείμματα απορρίπτονται σε σύγχρονους χώρους υγειονομικής ταφής. Δεν υπάρχει μια προσέγγιση που ταιριάζει σε όλους. Κάθε κατάσταση απαιτεί συνδυασμό επιλογών. Η ανακύκλωση είναι ένα βασικό συστατικό, που περιλαμβάνει την ανάκτηση υλικών, τη χρήση οργανικών κλασμάτων ή την παραγωγή

ενέργειας από την καύση. Η ταφή είναι επίσης απαραίτητη, καθώς ορισμένα απόβλητα θα απαιτούν πάντα διάθεση.

Η μεταφορά στερεών αποβλήτων περιλαμβάνει μεταφόρτωση, μεταφορά απορριμμάτων από οχήματα συλλογής σε άλλα μέσα για περαιτέρω διαχείριση. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω σταθερών ή κινητών σταθμών μεταφοράς. Οι σταθεροί σταθμοί μεταφοράς έχουν μόνιμες εγκαταστάσεις και υποδομές, ενώ οι κινητοί χρησιμοποιούν οχήματα που είναι εξοπλισμένα για την υποδοχή απορριμμάτων χωρίς σταθερές εγκαταστάσεις. Κατά τη μεταφόρτωση, εφαρμόζεται συμπίεση για να μεγιστοποιηθεί το ωφέλιμο φορτίο για περαιτέρω μεταφορά. Η συμπίεση γίνεται συνήθως σε δοχεία, αλλά σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, τα απόβλητα μπορεί να συσσωρεύονται με εγκαταστάσεις υψηλής συμπίεσης. Οι Σταθμοί Μεταφοράς Απορριμμάτων είναι αποτελεσματικοί όταν η περιοχή απόρριψης απέχει πάνω από 30 χιλιόμετρα και η ημερήσια ποσότητα απορριμμάτων υπερβαίνει τους 20 τόνους.

Η παρούσα μελέτη [128] ασχολείται με το πιεστικό ζήτημα της διαχείρισης των αποβλήτων, καθώς η παραγωγή αποβλήτων προβλέπεται να αυξηθεί σημαντικά στο μέλλον. Στόχος της έρευνας είναι να προτείνει ένα πλαίσιο για τη βελτίωση της διαχείρισης των αποβλήτων στους τομείς του τριπλού έλικας: οργανισμούς, κυβερνήσεις και ακαδημαϊκούς φορείς. Το πλαίσιο βασίζεται στη συγκριτική αξιολόγηση του τεχνικού-επιστημονικού σεναρίου και στην ανάλυση των ευκαιριών και των προκλήσεων στη διαχείριση των αποβλήτων. Χρησιμοποιώντας μια συνδυασμένη μέθοδο βιβλιογραφικής ανασκόπησης, ανάλυσης περιεχομένου άρθρων, διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας και κυβερνητικών δράσεων, προτάθηκαν 32 δράσεις που κατανέμονται στους τομείς. Οι χώρες που αναλύθηκαν ήταν η Κίνα, η Ινδία και οι Ηνωμένες Πολιτείες, οι οποίες έχουν αξιοσημείωτη συμβολή στη διαχείριση των αποβλήτων. Η επιστημονική συμβολή της μελέτης έγκειται στην ενσωμάτωση εμπειρικών στοιχείων από δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς, ενισχύοντας τη βάση γνώσεων με συνάφεια με τον πραγματικό κόσμο. Η εφαρμοσμένη συμβολή είναι η παροχή δράσεων στους τομείς, διευκολύνοντας την ανάπτυξη λύσεων και τεχνολογιών για τη βελτίωση της διαχείρισης των αποβλήτων και τον μετριασμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Περιορισμός της ηχορύπανσης

Η ρύπανση αναφέρεται στην ακούσια παρουσία ύλης ή ενέργειας στο περιβάλλον και η ηχορύπανση είναι ιδιαίτερα επιβλαβής για την ανθρώπινη υγεία, καθώς επηρεάζει την αποτελεσματικότητα της ακοής και τους νευρώνες του εγκεφάλου. Ανταποκρινόμενος στο

αυξανόμενο πρόβλημα της ηχορύπανσης στη βορειοανατολική Ινδία, η μελέτη [129] επικεντρώθηκε στην ανάπτυξη φιλικών προς το περιβάλλον συσκευών ελέγχου για τον μετριασμό του προβλήματος. Η μελέτη συνέλεξε δεδομένα από το Gorakhpur, μια πυκνοκατοικημένη περιοχή, που αντιμετωπίζει ηχορύπανση λόγω της ταχείας εκβιομηχάνισης και της αυξημένης χρήσης οχημάτων και γεννητριών, και πρότεινε συσκευές ελέγχου κραδασμών ως πιθανές λύσεις για τη μείωση της παραγωγής θορύβου.

Προστασία βιοποικιλότητας

Για την προστασία της βιοποικιλότητας, οι καταναλωτές μπορούν να κάνουν συνειδητές επιλογές αγοράζοντας περιβαλλοντικά υπεύθυνα προϊόντα και εμπλακώνοντας σε πρακτικές όπως η επαναχρησιμοποίηση, η ανακύκλωση και η κομποστοποίηση. Αυτές οι ενέργειες συμβάλλουν στη διατήρηση της ποικιλίας των ειδών και των οικοσυστημάτων στο περιβάλλον μας.

Μέτρα για τη βιώσιμη ανάπτυξη των πόλεων

Η αειφόρος ανάπτυξη της πόλης περιλαμβάνει διάφορα μέτρα όπως η εξοικονόμηση νερού, ο καθαρισμός και η ανακύκλωση, η υιοθέτηση ήπιων μορφών ενέργειας, η προώθηση της μαζικής μεταφοράς και της οικολογικής διαχείρισης απορριμμάτων και η ενθάρρυνση της επαναχρησιμοποίησης των χώρων. Η προστασία της βιοποικιλότητας, η διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς και η αντιμετώπιση των κοινωνικών ανισοτήτων είναι επίσης βασικές πτυχές. Η ενεργός συμμετοχή των κατοίκων και των κοινοτήτων είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχή εφαρμογή.

Η παρούσα μελέτη [130] ασχολείται με το δύσκολο έργο της αξιολόγησης της βιώσιμης ανάπτυξης για τις πόλεις, αναγνωρίζοντας ότι η βιωσιμότητα έχει γίνει μια κανονιστική έννοια που προβλέπει υπεύθυνες αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον για τις σημερινές και τις μελλοντικές γενιές. Η ποικιλομορφία των κοινωνικών, πολιτιστικών και θεσμικών πλαισίων σε όλες τις πόλεις καθιστά δύσκολη την καθιέρωση ενός κοινού ορισμού της αειφορίας και τον εντοπισμό επιτυχημένων δράσεων. Οι δείκτες βιώσιμης ανάπτυξης αποτελούν βασικά εργαλεία για την αξιολόγηση των ιστορικών, τρεχουσών και μελλοντικών τάσεων, αλλά πολλοί υπάρχοντες δείκτες αποτυγχάνουν να συλλάβουν την πραγματική ουσία της βιωσιμότητας. Το κεφάλαιο υπογραμμίζει την ανάγκη να υπερβούμε την επιφανειακή χρήση του όρου "βιώσιμη" ως ετικέτας και αντ' αυτού να επικεντρωθούμε σε ουσιαστικούς και ολοκληρωμένους δείκτες που ενσωματώνουν διαφορετικές διαστάσεις της βιωσιμότητας και

εμπλέκουν τα ενδιαφερόμενα μέρη. Οι συνεργατικές αξιολογήσεις και τα τοπικά παραδείγματα μπορούν να βοηθήσουν τις πόλεις να αντιμετωπίσουν τις μοναδικές προκλήσεις τους και να προωθήσουν τη βιώσιμη ανάπτυξη με πιο αποτελεσματικό και έγκαιρο τρόπο.

Ηλεκτρικά αυτοκίνητα

Η ηλεκτροκίνηση αποδείχθηκε επιτυχημένη σε όλη την Ευρώπη και όχι μόνο. Η μελέτη [131] παρουσιάζει μια νέα μελέτη περίπτωσης που διερευνά τον αντίκτυπο της χρήσης ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Διερευνά ένα μελλοντικό σενάριο όπου όλα τα ελαφρά οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης στη Σκωτία αντικαθίστανται με ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Η μελέτη αναλύει τις περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις στους χρήστες. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ενώ οι εκπομπές άνθρακα του ηλεκτρικού δικτύου ενδέχεται να αυξηθούν ελαφρώς, οι συνολικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου αναμένεται να μειωθούν κατά περίπου 33,7%. Αν και τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα έχουν υψηλότερο αρχικό κόστος, τα μακροπρόθεσμα έξοδα λειτουργίας τους είναι σημαντικά φθηνότερα. Ωστόσο, προκλήσεις όπως ο χρόνος φόρτισης και η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση σε κρύο καιρό, που οδηγούν σε μειωμένη αυτονομία, θα πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη κατά την προώθηση των ηλεκτρικών οχημάτων.

Επίσης, η μελέτη [132] εξετάζει την κυρίαρχη λύση πολιτικής της μετάβασης στα ηλεκτρικά οχήματα στην ΕΕ. Τα έγγραφα πολιτικής δικαιολογούν αυτή τη μετάβαση με βάση τις υποσχέσεις για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, μείωση των εισαγωγών πετρελαίου και παροχή θετικών επιπτώσεων στους πολίτες και την οικονομία. Ωστόσο, τα στοιχεία που υποστηρίζουν αυτούς τους ισχυρισμούς παραμένουν αβέβαια. Υιοθετώντας μια επιστημονική προσέγγιση της πολυπλοκότητας, η μελέτη αναλύει τις αφηγήσεις πολιτικής και τις αιτιολογήσεις τους για τα ηλεκτρικά οχήματα, εστιάζοντας στη συνοχή μεταξύ αυτών των αιτιολογήσεων και των υπαρχόντων στοιχείων. Η ανασκόπηση αποκαλύπτει ότι οι οικονομικές επιπτώσεις εξαρτώνται από συγκεκριμένους παράγοντες και οι μειώσεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου εξαρτώνται από διάφορα στοιχεία, όπως η απαλλαγή από τον άνθρακα στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας και οι συμπεριφορές οδήγησης. Η μελέτη υπογραμμίζει τη σημασία της συζήτησης της επιρροής των κυρίαρχων αφηγήσεων πολιτικής στη δημιουργία επιστημονικών αποδεικτικών στοιχείων και τονίζει την προσοχή έναντι των αποδεικτικών στοιχείων που βασίζονται στην πολιτική στη διαμόρφωση κοινωνικο-τεχνικών φαντασιών.

Έλεγχος διάβρωσης

Ο έλεγχος της διάβρωσης της επιφάνειας είναι υψίστης σημασίας για τη διατήρηση της γονιμότητας και της χρηστικότητας των γεωργικών εκτάσεων. Η διάβρωση, ένα φυσικό φαινόμενο, δεν μπορεί να αποφευχθεί πλήρως, αλλά ο αντίκτυπός της μπορεί να ελαχιστοποιηθεί σε ένα αποδεκτό επίπεδο. Στόχος είναι να διατηρηθούν οι απώλειες του εδάφους σε ανεκτό ρυθμό, επιτρέποντας το σχηματισμό νέου εδάφους και την εφαρμογή μέτρων για την ενίσχυση του, αντισταθμίζοντας τις επιπτώσεις της διάβρωσης στη γονιμότητα του εδάφους. Αυτή η προσέγγιση στοχεύει επίσης να περιορίσει τις απώλειες θρεπτικών ουσιών από γεωργικές εκτάσεις λόγω υπόγειας έκπλυσης και επιφανειακής απορροής, να αποτρέψει τη ρύπανση των υδάτων που προκαλείται από την εναπόθεση αιωρούμενων στερεών και να προστατεύσει το έδαφος από μακροχρόνια υποβάθμιση, αποφεύγοντας έτσι την εγκατάλειψη γης και περιορίζοντας τις μελλοντικές δυνατότητες χρήσης γης.

Οι αρχές της προστασίας του εδάφους από τη διάβρωση περιλαμβάνουν διάφορες στρατηγικές, συμπεριλαμβανομένης της προστασίας του εδάφους από την πρόσκρουση των σταγόνων με την κάλυψη του και τη βελτίωση της σταθερότητας των αδρανών για τη μείωση της αποκόλλησης των κόκκων. Επιπλέον, η μείωση του όγκου απορροής μέσω της αυξημένης διαπερατότητας του εδάφους και η επιβράδυνση της ταχύτητας απορροής μέσω της τραχύτητας της επιφάνειας συμβάλλουν στον έλεγχο της διάβρωσης. Η σωστή συλλογή και αποστράγγιση της περίσσειας νερού από πλαγίες με χρήση ανοιχτών ή κλειστών αποστραγγιστικών τάφρων είναι επίσης ζωτικής σημασίας μέτρα. Αυτές οι προσεγγίσεις προστασίας ταξινομούνται σε φυτοτεχνικές, καλλιεργητικές και αγροτεχνικές μεθόδους.

Αυτή η συστηματική ανασκόπηση [133] εστιάζει στο θέμα της διάβρωσης του εδάφους στην ασιατική γεωργική γη και στοχεύει στην ανάλυση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας σχετικά με τις πρακτικές ελέγχου που χρησιμοποιούνται για τον μετριασμό της διάβρωσης του εδάφους σε αυτήν την περιοχή. Η διάβρωση του εδάφους αποτελεί σημαντικό περιορισμό στη γεωργία, επηρεάζοντας την παραγωγή απόδοσης και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Η μελέτη εντόπισε 39 σχετικά ερευνητικά άρθρα από τις βάσεις δεδομένων Web of Science και Scopus, κατηγοριοποιώντας τις πρακτικές ελέγχου σε τρία κύρια θέματα: αγρονομικές πρακτικές, αγροστολογικές πρακτικές και μηχανικές πρακτικές, με συνολικά 11 υποθέματα. Αυτή η ανασκόπηση παρέχει πολύτιμες γνώσεις για τους αγρότες και τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής για την εφαρμογή αποτελεσματικών προσεγγίσεων για τον έλεγχο και τη μείωση της

διάβρωσης του εδάφους, τονίζοντας την ανάγκη για περαιτέρω συγκεκριμένη και συνεχή έρευνα για την αντιμετώπιση αυτής της κρίσιμης περιβαλλοντικής πρόκλησης.

Η μελέτη [134] εισάγει την έννοια της Οικολογικής Ολιστικής Διατήρησης του Εδάφους ως μια μετασχηματιστική προσέγγιση για την αντιμετώπιση της υποβάθμισης του εδάφους, μια σημαντική απειλή για τη βιώσιμη ανάπτυξη και την ανθρώπινη ευημερία. Το EHSC δίνει έμφαση στη θεώρηση των εδαφών ως ζωντανά συστήματα, στην υιοθέτηση μιας ολιστικής προσέγγισης του οικοσυστήματος, στην αναγνώριση του καθοριστικού ρόλου της διατήρησης του εδάφους στον μετριασμό και στην προσαρμογή της κλιματικής αλλαγής και στην προώθηση της ηθικής χρήσης του εδάφους. Η εφαρμογή της EHSC απαιτεί μια διεπιστημονική προσέγγιση, η οποία περιλαμβάνει τρεις επαναληπτικές φάσεις: διάγνωση των αιτιών της υποβάθμισης της γης, αξιολόγηση των αλληλεπιδράσεων και συνεργιών μεταξύ παραγόντων και ενδιαφερομένων και επιλογή ενεργειών EHSC. Η εργασία τονίζει την ανάγκη για συμμετοχική αξιολόγηση, έρευνα για την ανθεκτικότητα του εδάφους στην κλιματική αλλαγή, ολοκληρωμένες οικονομικές αποτιμήσεις της διατήρησης του εδάφους και τη διασφάλιση των δικαιωμάτων γης των ιθαγενών στη διεθνή νομοθεσία. Υιοθετώντας το EHSC, αποτελεσματικές και βιώσιμες πρακτικές διατήρησης του εδάφους μπορούν να ενσωματωθούν στην ευρύτερη επιδίωξη των στόχων βιώσιμης ανάπτυξης.

Κατά την κατασκευή τεχνικών έργων σε αστικές περιοχές, διάφορες δραστηριότητες όπως η αφαίρεση βλάστησης, η εκσκαφή και η δημιουργία αδιαπέραστων επιφανειών μπορεί να οδηγήσουν σε έντονη διάβρωση. Κατά την κατασκευή, η διάβρωση του εδάφους γίνεται μια σημαντική ανησυχία, με αποτέλεσμα το σχηματισμό ρεμάτων και τη μεταφορά υλικών στα ποτάμια. Μετά την κατασκευή, η μείωση της διείσδυσης και η αύξηση της απορροής μπορεί να οδηγήσει σε διάβρωση κατάντη. Για να αντιμετωπιστεί αυτό, οι στρατηγικές ελέγχου της διάβρωσης πρέπει να επικεντρωθούν στην ανάπτυξη της μέγιστης δυνατής βλάστησης. Ωστόσο, δεδομένου ότι η πλήρης κάλυψη ενδέχεται να μην είναι εφικτή, οι αγροτεχνικές μέθοδοι διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο.

Η εφαρμογή μέτρων ελέγχου της διάβρωσης για τεχνητές πλαγιές και αστικές περιοχές απαιτεί άμεση εγκατάσταση φυτικής κάλυψης, μόνιμη λειτουργία αποστραγγιστικών τάφρων και σταθεροποίηση πρανών μέσω διαφόρων κατασκευών [64].

Για παράδειγμα, η έρευνα [135] διερευνά την τεχνητή αστάθεια των πρανών στις λεκάνες απορροής του κινεζικού οροπεδίου Loess που προέκυψαν από το έργο Gully Land Consolidation (GLCP). Η μελέτη εντόπισε 439 αστάθειες που προκλήθηκαν από διήθηση και

διάβρωση σε 79 τεχνητά πρανή, με υψηλότερους βαθμούς αστάθειας που παρατηρήθηκαν σε σκιερά και χαμηλότερα πρανή λόγω της εδαφικής υγρασίας και των διαφορών στον τρόπο αστοχίας. Το προτεινόμενο σύστημα "Drain-Improve-Green-Reinforce" προσφέρει έναν προληπτικό μηχανισμό, που περιλαμβάνει αποστράγγιση, βελτίωση του εδάφους, προστασία της βλάστησης και μηχανική ενίσχυση, για τον μετριασμό της αστάθειας των πρανών και τη διασφάλιση της αποτελεσματικότητας και της οικολογικής ασφάλειας του GLCP στην περιοχή.

Η μελέτη [136] διερευνά την αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας με πολυουρεθάνη (polyurethane, PU) στη βελτίωση των ιδιοτήτων του επιφανειακού εδάφους και στην προώθηση της ανάπτυξης της βλάστησης για την οικολογική προστασία των εδαφικών πρανών. Οι εργαστηριακές δοκιμές αποκαλύπτουν ότι η προσθήκη PU αυξάνει σημαντικά τις αντοχές σε ανεμπόδιστη συμπίεση, εφελκυσμό και διάτμηση της ιλύδους άμμου, παράλληλα με τη βελτιωμένη ικανότητα συγκράτησης νερού και τη μειωμένη διαπερατότητα. Οι παρατηρήσεις πεδίου καταδεικνύουν ότι η επεξεργασία με PU οδηγεί σε πυκνότερα και πιο δύσκαμπτα στρώματα ενίσχυσης στην επιφάνεια του πρανούς, ενισχύοντας τη σταθερότητα του πρανούς, μειώνοντας τη διάβρωση και διευκολύνοντας την ανάπτυξη της βλάστησης μέσω της βελτιωμένης μικροδομής και της συγκράτησης υγρασίας. Η μελέτη αναδεικνύει την PU ως μια πολλά υποσχόμενη λύση για την οικολογική προστασία εδαφικών πρανών.

Επίσης, η παρούσα έρευνα [137] διερευνά την εφαρμογή της βιομηχανικής του εδάφους, χρησιμοποιώντας ρίζες φυτών, για την ενίσχυση και σταθεροποίηση εδαφών με κακές μηχανικές ιδιότητες, ιδίως σε περιοχές που έχουν πληγεί από κατολισθήσεις. Ενώ η βιομηχανική εδάφους εφαρμόζεται ευρέως σε παγκόσμιο επίπεδο, οι γεωτεχνικές εφαρμογές της είναι περιορισμένες στην Ινδία. Η μελέτη εισάγει τη ρίζα γρασιδιού λεμονιού ως υλικό ενίσχυσης και διερευνά την επίδρασή της στη μεταβολή της αντοχής του εδάφους που έχει πληγεί από κατολίσθηση. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η ενσωμάτωση φυτικών ριζών βελτιώνει σημαντικά τη σταθερότητα του εδάφους, γεγονός που υποδηλώνει ότι αυτές οι εύκολα διαθέσιμες φυτικές ρίζες μπορούν να αποτελέσουν οικονομικά αποδοτικά υλικά για τη σταθεροποίηση πρανών, ιδίως σε περιοχές επιρρεπείς σε κατολισθήσεις.

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Καθώς τα αποθέματα ορυκτών καυσίμων συνεχίζουν να εξαντλούνται, η επείγουσα ανάγκη για στροφή από τις ρυπογόνες πηγές ενέργειας σε φιλικές προς το περιβάλλον εναλλακτικές γίνεται ολοένα και πιο εμφανής. Ο λιγνίτης και το πετρέλαιο, που κάποτε αναγγέλλονταν ως

απαραίτητοι πάροχοι ενέργειας, αντιμετωπίζουν τώρα ευρεία κριτική για τις τεράστιες αρνητικές οικολογικές επιπτώσεις τους. Η πιεστική πρόκληση που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα είναι να αντικαταστήσει γρήγορα αυτές τις επιβλαβείς πηγές ενέργειας με βιώσιμες εναλλακτικές λύσεις που δίνουν προτεραιότητα στην υγεία του πλανήτη μας και των κατοίκων του.

Τα ορυκτά καύσιμα, στα οποία βασιζόμαστε εδώ και καιρό για την κάλυψη των παγκόσμιων ενεργειακών απαιτήσεων, έχουν επηρεάσει το περιβάλλον, συμβάλλοντας στην κλιματική αλλαγή, την ατμοσφαιρική ρύπανση και την υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Καθώς αντιμετωπίζουμε την πραγματικότητα των πεπερασμένων αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων, είναι ζωτικής σημασίας να υιοθετήσουμε στρατηγικές ανάπτυξης πιο πράσινης ενέργειας που αξιοποιούν τη δύναμη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η υιοθέτηση της βιώσιμης ενέργειας όχι μόνο προστατεύει το περιβάλλον, αλλά παρουσιάζει επίσης μια ευκαιρία για τεχνολογικές εξελίξεις, δημιουργία θέσεων εργασίας και οικονομική ανάπτυξη. Η επένδυση σε τεχνολογίες καθαρής ενέργειας προωθεί την καινοτομία και τοποθετεί τα έθνη στην πρώτη γραμμή της παγκόσμιας επανάστασης της καθαρής ενέργειας.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κάποιες από τις οποίες απεικονίζονται στην Εικόνα 4-1, προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα που τις καθιστούν ελκυστική επιλογή για βιώσιμη ανάπτυξη. Πρώτον, θεωρούνται ήπιες μορφές ενέργειας, που προκαλούν ελάχιστη βλάβη στο περιβάλλον κατά την παραγωγή και χρήση τους.



Εικόνα 4-1. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
(<https://www.in.gr>)

Επιπλέον, η διαθεσιμότητά τους είναι πρακτικά απεριόριστη, εξασφαλίζοντας συνεχή και αξιόπιστη παροχή ενέργειας για το μέλλον. Αξιοποιώντας τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι χώρες μπορούν να μειώσουν την εξάρτησή τους από τα ορυκτά καύσιμα, προωθώντας την οικονομική ανάπτυξη μειώνοντας παράλληλα τις εκπομπές άνθρακα. Επιπλέον, η συντήρηση των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας απαιτεί γενικά λιγότερο περίπλοκο και δαπανηρό εξοπλισμό.

Ωστόσο, υπάρχουν και ορισμένα μειονεκτήματα που σχετίζονται με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η απόδοσή τους εξακολουθεί να είναι χαμηλότερη σε σύγκριση με τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας, περιορίζοντας την ικανότητά τους να αντικαταστήσουν πλήρως τις συμβατικές μεθόδους σε ορισμένες περιοχές. Σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές, μπορεί να είναι δύσκολο να παραχθεί επαρκής ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές για την κάλυψη της υψηλής ζήτησης. Επιπλέον, η σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας της αιολικής, της υδροηλεκτρικής και της ηλιακής ενέργειας ποικίλλει ανάλογα με τις συγκεκριμένες γεωγραφικές και κλιματικές συνθήκες, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει τη συνολική.

Στον Πίνακα 4-2 παρουσιάζονται οι ευρέως γνωστές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, μαζί με τα πλεονεκτήματα και τις διάφορες προκλήσεις που τις συνοδεύουν.

Πίνακας 4-2. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, πλεονεκτήματα και προκλήσεις			
Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	Περιγραφή	Πλεονεκτήματα	Προκλήσεις
Ηλιακή ενέργεια	Ενέργεια από τον ήλιο	Άφθονη και ανανεώσιμη πηγή, χαμηλό λειτουργικό κόστος, μειώνει τις εκπομπές άνθρακα	Υψηλό κόστος αρχικής εγκατάστασης, διαλείπουσα διαθεσιμότητα (κύκλος ημέρας-νύχτας, εξάρτηση από τον καιρό)
Αιολική ενέργεια	Ενέργεια από τον άνεμο	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, καθαρές, χαμηλό λειτουργικό κόστος, επεκτάσιμο, μειώνει τις εκπομπές άνθρακα	Έδαφος και οπτικές επιπτώσεις, διαλείπουσα διαθεσιμότητα (μεταβλητότητα ανέμου)
Ενέργεια βιοκαυσίμων	Ενέργεια από οργανικά υλικά (π.χ. καλλιέργειες)	Ευέλικτες πηγές καυσίμων, μπορούν να χρησιμοποιήσουν απόβλητα υλικά, μειώνουν τις εκπομπές άνθρακα	Ανταγωνισμός χρήσης γης, εκπομπές από την καύση βιομάζας
Ενέργεια Βιομάζας	Ενέργεια από οργανικά υλικά (π.χ. φυτική ύλη)	Ευέλικτες πηγές καυσίμων, μπορούν να χρησιμοποιήσουν απόβλητα υλικά, μειώνουν τις εκπομπές άνθρακα	Ανταγωνισμός χρήσης γης, εκπομπές από την καύση βιομάζας

Υδροηλεκτρική ενέργεια	Ενέργεια από το κινούμενο νερό	Ανανεώσιμες πηγές, αξιοπιστες, επεκτάσιμες, μειώνουν τις εκπομπές άνθρακα	Επιπτώσεις στα οικοσυστήματα, περιορισμένες κατάλληλες τοποθεσίες
Υδρογόνο	Φορέας ενέργειας που προέρχεται από διάφορες πηγές	Καθαρή καύση, μπορεί να παραχθεί από ανανεώσιμες πηγές, ευέλικτο φορέας ενέργειας	Υψηλό κόστος παραγωγής και διανομής, περιορισμένες υποδομές
Γεωθερμική ενέργεια	Ενέργεια από τη θερμότητα της Γης	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αξιόπιστες, χαμηλές εκπομπές ρύπων, σταθερή διαθεσιμότητα σε ορισμένες περιοχές	Περιορισμένες κατάλληλες τοποθεσίες, υψηλό αρχικό κόστος

Η μελέτη [138] εξετάζει μια επιταχυνόμενη ενεργειακή μετάβαση στο 2050 και υπογραμμίζει τη σημασία της ενεργειακής απόδοσης και των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την επίτευξη αυτής της μετάβασης. Η μελέτη τονίζει την ανάγκη για ευνοϊκά οικονομικά, επεκτάσιμη τεχνολογία και κοινωνικοοικονομικά οφέλη για την υποστήριξη της ευρείας υιοθέτησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η ανάλυση υποδηλώνει ότι η ανανεώσιμη ενέργεια μπορεί να καλύψει ένα σημαντικό μέρος της παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης και να διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για τον περιορισμό της μέσης αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας της επιφάνειας κάτω από τους 2°C. Τα πολιτικά και τα ρυθμιστικά πλαίσια πρέπει να προσαρμοστούν για να διευκολυνθεί η εξαπλάσια επιτάχυνση της ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με τις τεχνολογίες αιολικής και ηλιακής φωτοβολταϊκής ενέργειας να παρουσιάζουν το υψηλότερο δυναμικό ανάπτυξης. Ωστόσο, η επίτευξη πλήρους εξάλειψης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα θα απαιτήσει περαιτέρω τεχνολογική καινοτομία, ιδίως στους τομείς των μεταφορών και της μεταποίησης. Απαιτείται επίσης προσοχή για αναδυνάμενα ζητήματα υποδομής που σχετίζονται με τη χρέωση και τις επιπτώσεις σύζευξης τομέα. Συνολικά, η μετάβαση στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας προσφέρει σημαντική οικονομική ανάπτυξη, δημιουργία θέσεων εργασίας και περιβαλλοντικά οφέλη.

Το άρθρο ανασκόπησης [139] παρέχει μια επισκόπηση του τρέχοντος ερευνητικού τοπίου στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Εξετάζει την κατάσταση των διαφόρων τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τον ρόλο τους στην επίτευξη στόχων βιώσιμης ανάπτυξης, την έρευνα για τη βιωσιμότητα των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την ενσωμάτωσή τους σε ενεργειακά συστήματα χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Το άρθρο καλύπτει θέματα όπως η αξιολόγηση των πόρων αιολικής και κυματικής ενέργειας, οι

τεχνολογίες θέρμανσης και ψύξης, η ηλιακή ενέργεια, τα καύσιμα από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τα ολοκληρωμένα ενεργειακά συστήματα.

Αιολική ενέργεια

Το δυναμικό του ανέμου ως βιώσιμη πηγή ενέργειας έχει εξεταστεί λεπτομερώς στη βιβλιογραφία [140]. Πιο συγκεκριμένα, η προαναφερθείσα έρευνα δείχνει ότι τα αιολικά πάρκα διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στην επίτευξη ενεργειακής αυτονομίας. Αποτελούμενα από πολλαπλές γεννήτριες ανεμογεννητριών, καθεμία ικανή να παράγει ισχύ έως και 1,2 GW, τα υπεράκτια αιολικά πάρκα βρίσκονται στην πρώτη γραμμή της τεχνολογίας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η μελέτη στοχεύει επίσης στο να προσφέρει μια εις βάθος κατανόηση της αιολικής ενέργειας και των διαφορετικών μηχανικών πτυχών που αυτή συνεπάγεται. Συζητά τις πρόσφατες εξελίξεις στον τομέα και ρίχνει φως στις προκλήσεις που σχετίζονται με το σχεδιασμό και την κατασκευή. Μέσα από αυτήν την ανασκόπηση, τονίζεται η διεπιστημονική φύση της αιολικής ενέργειας, υπογραμμίζοντας τη σημασία της στην επιδίωξη βιώσιμων και φιλικών προς το περιβάλλον λύσεων ενέργειας.

Βιοαέριο

Η μελέτη [141] παρουσιάζει μια ολοκληρωμένη ανασκόπηση της αλυσίδας εφοδιασμού βιοαερίου, που περιλαμβάνει διάφορες πηγές εισροών και εφαρμογές. Το βιοαέριο, ένας φορέας βιώσιμης ενέργειας, παράγεται από διάφορες πρώτες ύλες, όπως απόβλητα υλικά, ενεργειακές καλλιέργειες και ζωική κοπριά μέσω αναερόβιας χώνευσης. Η σύνθεση του ακατέργαστου βιοαερίου εξαρτάται από το υπόστρωμα και τη διαδικασία παραγωγής. Πριν από την παράδοση στους καταναλωτές, όλα τα είδη βιοαερίου απαιτούν καθαρισμό και αναβάθμιση ώστε να πληρούν τα πρότυπα ποιότητας. Η μελέτη διερευνά τις φυσικοχημικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό και την αναβάθμιση του βιοαερίου, οι οποίες είναι ώριμες, αξιόπιστες και τεχνολογικά προηγμένες. Οι κίνδυνοι που σχετίζονται με τους ρύπους του βιοαερίου συζητούνται επίσης, μαζί με τις προδιαγραφές του προϊόντος που βασίζονται σε εφαρμογές και χρήσεις βιοαερίου/βιομεθανίου. Η αξιολόγηση των τεχνολογιών καθαρισμού και αναβάθμισης βιοαερίου περιλαμβάνει σύγκριση κόστους, υπογραμμίζοντας ότι οι συγκεκριμένες περιστάσεις του έργου επηρεάζουν σημαντικά την επιλογή των μεθόδων αναβάθμισης. Παράγοντες όπως η χωρητικότητα της μονάδας, η τοποθεσία και τα συστήματα υποστήριξης επηρεάζουν τη συνολική οικονομία της αλυσίδας εφοδιασμού βιοαερίου,

τονίζοντας την ανάγκη για προσαρμοσμένες προσεγγίσεις για τη μεγιστοποίηση των δυνατοτήτων της ως βιώσιμης πηγής ενέργειας.

Υβριδικά συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενεργειών

Η μελέτη [142] επικεντρώνεται στην εφαρμογή ενός υβριδικού συστήματος ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε μια μικρή αγροτική κοινότητα που βρίσκεται στο νησί Patharpratima, Sundarbans στην Ινδία. Αυτή η αποκεντρωμένη προσέγγιση χρησιμοποιεί την άφθονη ηλιακή ενέργεια και τα περιττώματα αγελάδας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω τεχνολογιών φωτοβολταϊκών και εργοστασίων βιοαερίου. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι αυτό το υβριδικό σύστημα παρουσιάζει μια αποτελεσματική και βιώσιμη λύση για την ηλεκτροδότηση της υπαίθρου στην περιοχή μελέτης.

Ηλιακή ενέργεια

Η μελέτη [143] εξετάζει την επαναστατική επίδραση της ηλιακής ενέργειας ως ανανεώσιμης πηγής ενέργειας και την εφαρμογή της στην αντιμετώπιση της παγκόσμιας ενεργειακής κρίσης και κρίσιμων περιβαλλοντικών ζητημάτων. Η ηλιακή ενέργεια αναδεικνύεται ως μια σημαντική, αποτελεσματική και καθαρή λύση ανανεώσιμης ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή η έρευνα υπογραμμίζει τις δυνατότητες της ηλιακής ενέργειας, διερευνά διαφορετικές ηλιακές τεχνολογίες και συζητά την τρέχουσα κατάσταση και τις μελλοντικές προοπτικές τους, ιδιαίτερα σε χώρες όπως η Ινδία, όπου η ηλιακή ενέργεια μπορεί να διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στην κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων και στην καταπολέμηση περιβαλλοντικών προβλημάτων. Επιπλέον, η μελέτη τονίζει τα πρόσθετα οφέλη της υιοθέτησης ηλιακής ενέργειας, όπως η μειωμένη ενεργειακή εξάρτηση, η βελτιωμένη ενεργειακή ασφάλεια, η δημιουργία θέσεων εργασίας και η ενίσχυση της οικονομικής ανάπτυξης.

Επίσης, η μελέτη [144] διερευνά τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει το Μπαγκλαντές στην επέκταση του δικτύου του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας σε αγροτικές περιοχές, αναφέροντας το υψηλό κόστος συνδεσιμότητας και τους τεχνικούς περιορισμούς ως κύρια εμπόδια. Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος και τη διασφάλιση της μελλοντικής ενεργειακής ασφάλειας, η ηλιακή ενέργεια αναδεικνύεται ως μια αποτελεσματική, έξυπνη και φιλική προς το περιβάλλον λύση. Η ενσωμάτωση της ηλιακής ενέργειας στο δίκτυο μπορεί να σταθεροποιήσει τις διακυμάνσεις της ισχύος και να συμβάλει σε ένα πιο εύρωστο και οικονομικά αποδοτικό ενεργειακό σύστημα. Παρά το σημαντικό δυναμικό ηλιακής ενέργειας του Μπαγκλαντές, το σημερινό μερίδιο της ηλιακής ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρικής

ενέργειας παραμένει χαμηλό στο 0,18. Η μελέτη εντοπίζει βασικά εμπόδια, όπως η θεσμική συνεργασία, η υποδομή, η ικανότητα παρακολούθησης, η πρόσβαση σε πίστωση, οι υπηρεσίες μετά την πώληση, η διασφάλιση ποιότητας, η τιμολόγηση και οι τεχνικές ανησυχίες. Με βάση αυτά τα ευρήματα, αναπτύσσεται ένα επιχειρηματικό μοντέλο για την επέκταση της ηλιακής ενέργειας στην αγροτική περιοχή του Μπαγκλαντές, με στόχο την αποτελεσματική αντιμετώπιση των προκλήσεων και των φραγμών της αγοράς. Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτές τις γνώσεις για να εφαρμόσουν βιώσιμες και αποδοτικές πολιτικές ηλιακής ενέργειας για την αγροτική περιοχή του Μπαγκλαντές, προωθώντας μια ακμάζουσα αγορά ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη χώρα.

Υδροηλεκτρική ενέργεια

Η υδροηλεκτρική ενέργεια θεωρείται πολύτιμη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας στις προσπάθειες μετριασμού της κλιματικής αλλαγής και επίτευξης περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Ωστόσο, εξακολουθεί να υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με τις συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τη βιωσιμότητά της. Η βιβλιογραφία στερείται πραγματικά ολιστικών εκτιμήσεων, με αποτέλεσμα αντιφατικά αποτελέσματα και συμπεράσματα. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το κενό, η μελέτη [145] διεξάγει μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση χρησιμοποιώντας οκτώ βιοφυσικούς δείκτες από διαφορετικές οπτικές γωνίες, αναλύοντας δύο διαφορετικά συστήματα υδροηλεκτρικών σταθμών ως μελέτες περίπτωσης. Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι η περίπτωση του υδροηλεκτρικού σταθμού εκμετάλλευσης ποταμού είναι σημαντικά πιο περιβαλλοντικά βιώσιμη σε σύγκριση με το σχήμα υδροηλεκτρικού σταθμού φράγματος. Η μελέτη υπογραμμίζει τη σημασία της συμπερίληψης πολλαπλών δεικτών για τη διασφάλιση ολοκληρωμένων αξιολογήσεων και την αποφυγή μεροληψίας στα συμπεράσματα. Επισημαίνει επίσης τον τρόπο με τον οποίο προσδιορίζεται συνήθως η περιβαλλοντική βιωσιμότητα της υδροηλεκτρικής ενέργειας και προτείνει ένα συμπληρωματικό σύνολο δεικτών που μπορεί να υιοθετηθεί για τη μελλοντική λήψη αποφάσεων στις ενεργειακές πολιτικές, ειδικά για την υδροηλεκτρική ενέργεια.

Βιοκαύσιμα

Η παρούσα μελέτη [146] εξετάζει τον αντίκτυπο των προτύπων κατανάλωσης ενέργειας στη συσσώρευση αερίων του θερμοκηπίου και στην επακόλουθη κλιματική αλλαγή. Ως απάντηση σε αυτές τις προκλήσεις, έχουν καταβληθεί σημαντικές προσπάθειες για την έρευνα και την υιοθέτηση καθαρότερων και βιώσιμων εναλλακτικών καυσίμων από ανανεώσιμες πηγές. Η παραγωγή βιοαιθανόλης και βιοντίζελ από καλλιέργειες έχει μελετηθεί εκτενώς, ενώ

καινοτόμες προσεγγίσεις όπως η μετατροπή αποβλήτων από χωματερές και πλαστικά απόβλητα, η φωτοσύνθεση φυκών και η ηλεκτροχημική δέσμευση άνθρακα υπόσχονται πολλά ως αποτελεσματικές και οικονομικά αποδοτικές επιλογές. Επιπλέον, οι εξελίξεις στη μικροβιακή ζύμωση προσφέρουν ευκαιρίες για τη βελτίωση των αποδόσεων των προϊόντων και τη δημιουργία "σχεδιασμένων καυσίμων" με ποικίλες εφαρμογές για το μέλλον.

Η παρούσα μελέτη [147] εξετάζει τη σημασία των βιοκαυσίμων ως πιθανών εναλλακτικών λύσεων στα καύσιμα που προέρχονται από το πετρέλαιο, λαμβάνοντας υπόψη τις περιβαλλοντικές ανησυχίες που σχετίζονται με το σημερινό ενεργειακό τοπίο. Ωστόσο, αναγνωρίζει την ανάγκη καλά δομημένων πολιτικών και βιοτεχνολογικών εξελίξεων για να εξασφαλιστεί μια επιτυχημένη ενεργειακή μετάβαση και η μετατροπή των συμβατικών βιομηχανιών σε συστήματα βιολογικής βάσης. Η τεχνολογική καινοτομία και τα εργαλεία αξιολόγησης της βιωσιμότητας διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη μέτρηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στις αλυσίδες παραγωγής βιοκαυσίμων, εξασφαλίζοντας τη βιώσιμη προμήθεια βιομάζας. Το κεφάλαιο διερευνά κριτικά διάφορες επιλογές πρώτων υλών για την παραγωγή καθαρών βιοκαυσίμων, επισημαίνοντας τις βασικές τεχνολογίες που επιτρέπουν τη χρήση τους. Επιπλέον, παρέχει μια εκτενή επισκόπηση δεικτών βιωσιμότητας, όπως η αξιολόγηση του κύκλου ζωής και το οικολογικό αποτύπωμα, για τη μέτρηση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας των βιοκαυσίμων. Τέλος, η μελέτη εξετάζει τις προκλήσεις που σχετίζονται με την οικονομική βιωσιμότητα, την αποδοχή από την αγορά και τους κοινωνικοπολιτικούς παράγοντες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την ευρεία υιοθέτηση των βιοκαυσίμων.

Γεωθερμική ενέργεια

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια ανανεώσιμη και βιώσιμη πηγή ενέργειας που προέρχεται από τη θερμότητα που είναι αποθηκευμένη στο φλοιό της Γης. Αξιοποιεί τη φυσική θερμότητα που παράγεται από τον πυρήνα της Γης και τη μεταφέρει για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή την παροχή άμεσης θέρμανσης και ψύξης για διάφορες εφαρμογές. Οι γεωθερμικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής χρησιμοποιούν αυτή τη θερμότητα για την παραγωγή καθαρής και αξιόπιστης ηλεκτρικής ενέργειας, συμβάλλοντας στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στον μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Επιπλέον, τα συστήματα γεωθερμικής ενέργειας μπορούν να προσφέρουν μακροπρόθεσμη σταθερότητα και λειτουργική αποδοτικότητα, καθώς δεν εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες όπως η ηλιακή ή η αιολική ενέργεια. Με τη δυνατότητά της να παρέχει σταθερή και συνεχή παροχή ενέργειας,

η γεωθερμική ενέργεια διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στη διαφοροποίηση του παγκόσμιου ενεργειακού μείγματος και στην επίτευξη ενός βιώσιμου μέλλοντος με χαμηλές εκπομπές άνθρακα.

Η παρούσα μελέτη [148] προσφέρει μια ολοκληρωμένη διερεύνηση των περιβαλλοντικών, οικονομικών και κοινωνικών πτυχών των συστημάτων γεωθερμικής ενέργειας, δίνοντας έμφαση στις δυνατότητές της ως βιώσιμης και μη ανθρακούχου ανανεώσιμης πηγής ενέργειας για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Η έρευνα εξετάζει τα βασικά εμπόδια που εμποδίζουν την ευρεία ανάπτυξη των γεωθερμικών πόρων, όπως το υψηλό κόστος κεφαλαίου, η τοποθεσία και η ποιότητα των πόρων και η αντίθεση της κοινότητας. Παρουσιάζει στρατηγικές και λύσεις για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων και περιγράφει διάφορους οδικούς χάρτες για την εφαρμογή συστημάτων γεωθερμικής ενέργειας. Με την ανάλυση των παραγόντων που επηρεάζουν την ανάπτυξη της γεωθερμίας, η παρούσα μελέτη χρησιμεύει ως πολύτιμη πηγή για μελλοντικές μελέτες και εφαρμογές, με στόχο την ενίσχυση της παγκόσμιας γεωθερμικής ικανότητας και τη συμβολή στην επίτευξη των στόχων "καθαρών μηδενικών" εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα έως το 2050.

Η μελέτη αυτή [149] παρέχει μια επισκόπηση της γεωθερμικής ενέργειας, των ιστορικών εφαρμογών της και της ευρείας χρήσης της σε 88 χώρες. Με πλεονεκτήματα όπως η συνεχής παραγωγή ενέργειας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, η γεωθερμική ενέργεια ξεχωρίζει μεταξύ των ανανεώσιμων πηγών. Ωστόσο, η εξόρυξη και η μεταφορά της από το βαθύ υπέδαφος μπορεί να είναι δύσκολη και δαπανηρή. Για να διασφαλιστεί ότι η γεωθερμική ενέργεια παραμένει καθαρή, φιλική προς το περιβάλλον και βιώσιμη, η επανεισαγωγή γεωθερμικού ρευστού στο υπέδαφος είναι ζωτικής σημασίας. Το κεφάλαιο εξετάζει διάφορες περιοχές χρήσης και τάσσεται υπέρ της επέκτασης των συνδυασμένων συστημάτων για την ενίσχυση της απόδοσης της γεωθερμίας. Επιπλέον, διερευνάται το δίλημμα κατά πόσον η γεωθερμία είναι ανανεώσιμη ή μη ανανεώσιμη, καθώς και οι μελλοντικές προοπτικές της στις αναπτυσσόμενες χώρες. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την απεικόνιση των βασικών προσεγγίσεων στην ανάλυση των γεωθερμικών συστημάτων μέσω μιας μελέτης περίπτωσης.

Υδρογόνο και κυψέλες καυσίμου

Το υδρογόνο είναι μια πολλά υποσχόμενη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας με τη δυνατότητα να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην επίτευξη ενός βιώσιμου και μηδενικών εκπομπών ενεργειακού μέλλοντος. Όπως τονίζεται στη μελέτη [150], το ανανεώσιμο υδρογόνο μπορεί να παραχθεί αποτελεσματικά μέσω ηλεκτρόλυσης, χρησιμοποιώντας ανανεώσιμη αιολική και

ηλιακή ενέργεια. Η μοναδική ικανότητά του να παρέχει εποχιακή αποθήκευση ενέργειας και η υψηλή ενεργειακή πυκνότητά του το καθιστούν ιδανική επιλογή για την αντιμετώπιση των προκλήσεων της διαλείψεως και της μη σύμπτωσης της ζήτησης που συνδέονται με την ηλιακή και την αιολική ενέργεια. Επιπλέον, το υδρογόνο μπορεί να ενσωματωθεί στα υφιστάμενα δίκτυα φυσικού αερίου, παρέχοντας μαζική αποθηκευτική ικανότητα χαμηλού κόστους και επιτρέποντας τη μετάβαση σε ένα δίκτυο 100% μηδενικών εκπομπών. Μπορεί να χρησιμεύσει ως καθαρό καύσιμο για διάφορες εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένων των βαρέων οχημάτων, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή υγρών καυσίμων και χημικών ουσιών με μηδενικές εκπομπές. Με την ευελιξία και τη βιωσιμότητά του, το υδρογόνο υπόσχεται πολλά ως βασικό συστατικό του μείγματος ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την προώθηση ενός καθαρότερου και πιο βιώσιμου ενεργειακού μέλλοντος.

Η μελέτη αυτή [151] εξετάζει τις δυνατότητες του υδρογόνου και των κυψελών καυσίμου ως μετασχηματιστικές λύσεις για την αντιμετώπιση του κρίσιμου ζητήματος της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής και την κάλυψη των συνεχώς αυξανόμενων παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών μας. Αναγνωρισμένες ως βασικοί παράγοντες στο ενεργειακό τοπίο του 21ου αιώνα, οι τεχνολογίες αυτές προσφέρουν πολλά υποσχόμενες προοπτικές για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, την ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας και την προώθηση της ανάπτυξης νέων ενεργειακών τομέων. Από τις μεταφορές έως την κατανομημένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας και την αποθήκευση ενέργειας, το υδρογόνο και οι κυψέλες καυσίμου έχουν ποικίλες εφαρμογές που ευθυγραμμίζονται με ένα βιώσιμο ενεργειακό όραμα για το μέλλον. Ωστόσο, για να απελευθερωθεί πλήρως το δυναμικό τους, πρέπει να αντιμετωπιστούν διάφορες επιστημονικές, τεχνικές και κοινωνικοοικονομικές προκλήσεις. Το παρόν έγγραφο ρίχνει φως στην τρέχουσα κατάσταση, τα κρίσιμα εμπόδια και τις μελλοντικές δυνατότητες για το υδρογόνο και τις κυψέλες καυσίμου, επιδιώκοντας να ανοίξει το δρόμο για καθαρότερες και αποδοτικότερες διαδικασίες παραγωγής ενέργειας, αποφεύγοντας να διατυπώσει συγκεκριμένα σχόλια σχετικά με την ενεργειακή πολιτική και στρατηγική.

Ωκεωάνια ανανεώσιμη ενέργεια

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας των ωκεανών είναι μια αναδυόμενη και ανεξερεύνητη πηγή καθαρής ενέργειας που έχει μεγάλες δυνατότητες για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, μειώνοντας την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα. Διάφορες τεχνολογίες, όπως η

ενέργεια των παλιρροιακών ρευμάτων, των κυμάτων, της θερμικής ενέργειας και της διαβάθμισης της αλατότητας, προσφέρουν δυνατότητες αξιοποίησης της μηχανικής, θερμικής και χημικής ενέργειας του ωκεανού. Κορυφαίες ανεπτυγμένες χώρες όπως η Γαλλία, η Νότια Κορέα, το Ηνωμένο Βασίλειο και οι Ηνωμένες Πολιτείες βρίσκονται στην πρώτη γραμμή των τεχνολογιών και εγκαταστάσεων ωκεάνιας ανανεώσιμης ενέργειας, ενώ αναπτυσσόμενες οικονομίες όπως η Κίνα, η Ινδία, η Βραζιλία και η Ινδονησία αγκαλιάζουν όλο και περισσότερα έργα ωκεάνιων ανανεώσιμων ενεργειών. Ωστόσο, υπάρχουν πιθανές περιβαλλοντικές ανησυχίες που σχετίζονται με τέτοιες εγκαταστάσεις, συμπεριλαμβανομένων των επιπτώσεων στη θαλάσσια ζωή και τους οικοτόπους. Έτσι, η εξισορρόπηση της ανάπτυξης ωκεάνιων ανανεώσιμων ενεργειών με τις παγκόσμιες προσπάθειες διατήρησης και τους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης είναι ζωτικής σημασίας. Για να εξασφαλιστεί η βιωσιμότητα, ο σχεδιασμός των τεχνολογιών ωκεάνιων ανανεώσιμων ενεργειών πρέπει να ελαχιστοποιεί τις αρνητικές επιπτώσεις στα θαλάσσια οικοσυστήματα. Η συμμετοχή της κοινότητας, η κατανομή των εσόδων, η έρευνα, η υποστήριξη της πολιτικής και η διεθνής συνεργασία αποτελούν βασικά στοιχεία για την επιτυχή υιοθέτηση των τεχνολογιών ωκεάνιων ανανεώσιμων ενεργειών στις αναπτυσσόμενες οικονομίες.

Το παρόν κεφάλαιο [152] εξετάζει τις διάφορες πτυχές της ωκεάνιας ανανεώσιμης ενέργειας, από τις δυνατότητές της ως καθαρής πηγής ενέργειας έως τις περιβαλλοντικές προκλήσεις που θέτει. Συζητά τις χώρες που ηγούνται στην τεχνολογία ωκεάνιας ανανεώσιμης ενέργειας και το αυξανόμενο ενδιαφέρον των αναπτυσσόμενων οικονομιών για τέτοια έργα. Το κεφάλαιο τονίζει τη σημασία της συνεκτίμησης των επιπτώσεων στα θαλάσσια οικοσυστήματα και ενδιαίτηματα κατά την προώθηση της βιώσιμης αξιοποίησης των ωκεάνιων ανανεώσιμων ενεργειών. Επιπλέον, υπογραμμίζει τη σημασία της δέσμευσης της κοινότητας, της έρευνας και ανάπτυξης, των υποστηρικτικών πολιτικών και της διεθνούς συνεργασίας για την επιτυχή ενσωμάτωση των τεχνολογιών ωκεάνιων ανανεώσιμων ενεργειών στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Η μελέτη αυτή [153] εξετάζει τη σκοπιμότητα των έργων μετατροπής της ενέργειας των ωκεανών σε απομονωμένες κοινότητες χωρίς παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Η έρευνα επικεντρώθηκε στην παράκτια περιοχή του Michoacán, στο νοτιοδυτικό Μεξικό, όπου 153 οικισμοί με περισσότερους από 4.000 κατοίκους στερούνται ηλεκτρικής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων 16 οικισμών ιθαγενών. Οι οικονομικές δραστηριότητες στην περιοχή περιστρέφονται κυρίως γύρω από την αλιεία και τον τουρισμό, αλλά τα επίπεδα περιθωριοποίησης είναι υψηλά. Η περιοχή είναι οικολογικά σημαντική, με τέσσερις

προστατευόμενες περιοχές που φιλοξενούν περιοχές ωτοκίας για είδη θαλάσσιας χελώνας και φιλοξενούν πλούσια βιοποικιλότητα. Παρά τις περιορισμένες υποδομές για τη σύνδεση με το δίκτυο και την πολύπλοκη παράκτια τοπογραφία, η μελέτη εντοπίζει υποσχόμενες πηγές ωκεάνιας ενέργειας, ιδίως τα κύματα και τις θερμικές κλίσεις, για την παραγωγή ενέργειας. Η παράκτια περιοχή του Michoacán παρουσιάζει δυνατότητες για την επιτυχή υλοποίηση έργων ωκεάνιας ενέργειας σε απομονωμένες κοινότητες, με τα κύματα και τις θερμικές κλίσεις να αποτελούν βιώσιμες επιλογές για την παραγωγή ενέργειας. Ωστόσο, πριν από την εφαρμογή αυτών των νέων τεχνολογιών απαιτούνται περαιτέρω επιτόπιες μελέτες σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, την κοινωνική αποδοχή και το οικονομικό κόστος.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η προστασία των φυσικών θεμελίων της ζωής θα πρέπει να αποτελεί θεμελιώδες μέλημα κάθε ατζέντας ανάπτυξης και προόδου. Είναι ζωτικής σημασίας να επιτευχθεί ισορροπία μεταξύ της ανθρώπινης προόδου και της διατήρησης του περιβάλλοντος, διασφαλίζοντας ότι οι δράσεις που αναλαμβάνονται σήμερα δεν θέτουν σε κίνδυνο την ευημερία των μελλοντικών γενεών. Η παρούσα μελέτη υπογραμμίζει τον επείγοντα χαρακτήρα της αντιμετώπισης των σύγχρονων περιβαλλοντικών προβλημάτων που αποτελούν σημαντικές απειλές για την ευαίσθητη ισορροπία των οικοσυστημάτων και της ανθρώπινης ζωής.

Οι συνέπειες των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στο περιβάλλον είναι εκτεταμένες και η ταχεία εκβιομηχάνιση και οι μη βιώσιμες πρακτικές έχουν επιδεινώσει την περιβαλλοντική υποβάθμιση. Από την αποψίλωση των δασών έως την υπερεκμετάλλευση των πόρων, οι δραστηριότητες αυτές έχουν επιταχύνει την εξάντληση των φυσικών πόρων και έχουν συμβάλει σε ανησυχητικά επίπεδα ρύπανσης και κλιματικής αλλαγής. Είναι προφανές ότι η άμεση και συλλογική δράση είναι απαραίτητη για την αντιστροφή αυτών των τάσεων και την προστασία της οικολογικής ακεραιότητας του πλανήτη μας.

Για να ανοίξει ο δρόμος για ένα πιο βιώσιμο μέλλον, είναι επιτακτική ανάγκη να αγκαλιάσουμε τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και να υιοθετήσουμε πρακτικές με περιβαλλοντική συνείδηση. Η απομάκρυνση από τα ορυκτά καύσιμα και η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μπορούν να διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στον μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Επιπλέον, η ενίσχυση της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και ευαισθητοποίησης των ατόμων, των κοινοτήτων και των φορέων χάραξης πολιτικής είναι ζωτικής σημασίας για την καλλιέργεια του αισθήματος ευθύνης και της συλλογικής δράσης προς την κατεύθυνση της περιβαλλοντικής διαχείρισης.

Η υλοποίηση αποτελεσματικών λύσεων απαιτεί συνεργατικές προσπάθειες μεταξύ κυβερνήσεων, βιομηχανιών και κοινωνίας των πολιτών. Οι φορείς χάραξης πολιτικής πρέπει να αναλάβουν ηγετικό ρόλο στη θέσπιση και επιβολή αυστηρών κανονισμών που καθιστούν τις βιομηχανίες υπόλογες για τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις. Ταυτόχρονα, οι επιχειρήσεις θα πρέπει να ενσωματώσουν ενεργά τις αρχές της αειφορίας στις δραστηριότητές τους, λαμβάνοντας υπόψη τις μακροπρόθεσμες περιβαλλοντικές επιπτώσεις των πρακτικών τους. Συνεργαζόμενοι, οι εν λόγω ενδιαφερόμενοι φορείς μπορούν να διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στην επίτευξη θετικών αλλαγών.

Επιπλέον, η μελέτη υπογραμμίζει τον απαραίτητο ρόλο της διεθνούς συνεργασίας στην αντιμετώπιση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προκλήσεων. Τα περιβαλλοντικά ζητήματα δεν αναγνωρίζουν σύνορα και για την αποτελεσματική αντιμετώπισή τους απαιτούνται συντονισμένες προσπάθειες. Μέσω της κοινής γνώσης, των βέλτιστων πρακτικών και της αμοιβαίας υποστήριξης, τα έθνη μπορούν να χαράξουν μια πορεία προς ένα βιώσιμο μέλλον για ολόκληρο τον πλανήτη.

Συμπερασματικά, η παρούσα διατριβή υπογραμμίζει την επιτακτική ανάγκη για δράση για την προστασία του περιβάλλοντος και την εξασφάλιση ενός βιώσιμου μέλλοντος για τις επόμενες γενιές. Ζητά μια μετασχηματιστική προσέγγιση της ανάπτυξης και της προόδου που θα δίνει προτεραιότητα στη διατήρηση του περιβάλλοντος και στην υπεύθυνη διαχείριση των πόρων. Με την υιοθέτηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την προώθηση βιώσιμων πρακτικών και την ενίσχυση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης, μπορούμε να ανοίξουμε το δρόμο για έναν πιο πράσινο, καθαρό και ανθεκτικό κόσμο. Η συνεργασία μεταξύ των κυβερνήσεων, των βιομηχανιών και της κοινωνίας των πολιτών είναι καίριας σημασίας και η διεθνής συνεργασία είναι απαραίτητη για την αντιμετώπιση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προκλήσεων. Ως διαχειριστές του πλανήτη μας, έχουμε τη δύναμη να διαμορφώσουμε ένα καλύτερο μέλλον και να διασφαλίσουμε το πολύτιμο δώρο του περιβάλλοντός μας για την ευημερία όλων των έμβιων όντων.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] C. Bonneuil, P.-L. Choquet, and B. Franta, “Early warnings and emerging accountability: Total’s responses to global warming, 1971–2021,” *Glob. Environ. Chang.*, vol. 71, p. 102386, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102386>.
- [2] D. I. Little, S. R. J. Sheppard, and D. Hulme, “A perspective on oil spills: What we should have learned about global warming,” *Ocean Coast. Manag.*, vol. 202, p. 105509, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105509>.
- [3] H. Saito, “Congenital Minamata disease: a description of two cases in Niigata,” *Neurotoxicology*, vol. 81, pp. 360–363, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2020.09.030>.
- [4] H. Bouwman *et al.*, “Evidence of impacts from DDT in pelican, cormorant, stork, and egret eggs from KwaZulu-Natal, South Africa,” *Chemosphere*, vol. 225, pp. 647–658, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.03.043>.
- [5] M. A. Khan, M. A. Khan, M. Ahmed, and K. Khan, “Environmental consequences of financial development in emerging and growth-leading economies: A multidimensional assessment,” *Borsa Istanbul Rev.*, vol. 22, no. 4, pp. 668–677, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.bir.2021.10.003>.
- [6] M. K. Wali, F. Evrendilek, and M. S. Fennessy, *The Environment: Science, Issues, and Solutions*, 1st Editio. CRC Press.
- [7] A. Woodward, “Climate change: Disruption, risk and opportunity,” *Glob. Transitions*, vol. 1, pp. 44–49, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.glt.2019.02.001>.
- [8] A.-M. O. Mohamed and E. K. Paleologos, “Chapter 1 - Sustainable pollution assessment practices,” A.-M. O. Mohamed, E. K. Paleologos, and F. M. B. T.-P. A. for S. P. in A. S. and E. Howari, Eds. Butterworth-Heinemann, 2021, pp. 3–42.
- [9] Μ. Προμπόνας, “Περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση & παρέμβαση,” Ηράκλειο, Κρήτη, 2009.
- [10] R. Keles, “The Quality of Life and the Environment,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 35, pp. 23–32, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.02.059>.

- [11] J. Xu, Z. Wang, F. Shen, C. Ouyang, and Y. Tu, “Natural disasters and social conflict: A systematic literature review,” *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, vol. 17, pp. 38–48, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.04.001>.
- [12] J. Birkmann *et al.*, “Extreme events and disasters: a window of opportunity for change? Analysis of organizational, institutional and political changes, formal and informal responses after mega-disasters,” *Nat. Hazards*, vol. 55, no. 3, pp. 637–655, 2010, doi: [10.1007/s11069-008-9319-2](https://doi.org/10.1007/s11069-008-9319-2).
- [13] V. Crossman, “Social Conflict in Pre-Famine Ireland: The Case of County Roscommon,” *J. Br. Stud. - J BRIT STUD*, vol. 48, pp. 521–522, Apr. 2009, doi: [10.1086/598898](https://doi.org/10.1086/598898).
- [14] J. Scheffran, M. Brzoska, J. Kominek, P. M. Link, and J. Schilling, “Climate change and violent conflict,” *Science*, vol. 336, no. 6083, pp. 869–871, May 2012, doi: [10.1126/science.1221339](https://doi.org/10.1126/science.1221339).
- [15] B. A. Williams *et al.*, “Change in Terrestrial Human Footprint Drives Continued Loss of Intact Ecosystems,” *One Earth*, vol. 3, no. 3, pp. 371–382, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.08.009>.
- [16] T. J. Stohlgren and T. Holcombe, “4.02 - Impacts of Land-Use Change to Ecosystem Services,” R. A. B. T.-C. V. Pielke, Ed. Oxford: Academic Press, 2013, pp. 13–22.
- [17] H. Srinivas and Y. Nakagawa, “Environmental implications for disaster preparedness: Lessons Learnt from the Indian Ocean Tsunami,” *J. Environ. Manage.*, vol. 89, no. 1, pp. 4–13, 2008, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.01.054>.
- [18] M. Sadiq, F. Wen, and A. A. Dagestani, “Environmental footprint impacts of nuclear energy consumption: The role of environmental technology and globalization in ten largest ecological footprint countries,” *Nucl. Eng. Technol.*, vol. 54, no. 10, pp. 3672–3681, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.net.2022.05.016>.
- [19] WCED, *Our Common Future. World Commission on Environment and Development*. Oxford: Oxford University Press.
- [20] H. Xu *et al.*, “Environmental pollution, a hidden culprit for health issues,” *Eco-Environment Heal.*, vol. 1, no. 1, pp. 31–45, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.eehl.2022.04.003>.

- [21] A. Prüss-Üstün and C. F. Corvalán, “Preventing disease through healthy environments: towards an estimate of the environmental burden of disease,” World Health Organization, Geneva (2006).
- [22] I. Pal, R. Shaw, and G. Dhungana, “Chapter 1 - COVID-19 pandemic, global spread, issues, and challenges,” R. Shaw and I. B. T.-P. R. Pal Response, and Resilience, Eds. Elsevier, 2022, pp. 3–12.
- [23] R. Fuller *et al.*, “Pollution and health: a progress update,” *Lancet Planet. Heal.*, vol. 6, no. 6, pp. e535–e547, 2022, doi: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00090-0](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00090-0).
- [24] S. L. Wear, V. Acuña, R. McDonald, and C. Font, “Sewage pollution, declining ecosystem health, and cross-sector collaboration,” *Biol. Conserv.*, vol. 255, p. 109010, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109010>.
- [25] J.-C. Raut, K. S. Law, T. Onishi, N. Daskalakis, and L. Marelle, “Impact of shipping emissions on air pollution and pollutant deposition over the Barents Sea,” *Environ. Pollut.*, vol. 298, p. 118832, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.118832>.
- [26] M. Kampa and E. Castanas, “Human health effects of air pollution,” *Environ. Pollut.*, vol. 151, no. 2, pp. 362–367, 2008, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.012>.
- [27] J. Cowie, *Climate change*. Cambridge University Press, 2007.
- [28] Μ. Σκούλλος, Αλάμπεη Α., Β. Κουρούτος, Β. Μαλωτίδη, Μ. Μαντζάρα, and Β. Ψαλλιδάς, *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη σε Προστατευόμενες Περιοχές: Επιμορφωτικό υλικό*. Αθήνα: ΜΙΟ-ECSDE, 2008.
- [29] A. C. Dias and L. Arroja, “Comparison of methodologies for estimating the carbon footprint – case study of office paper,” *J. Clean. Prod.*, vol. 24, pp. 30–35, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.11.005>.
- [30] V. Sandström, H. Valin, T. Krisztin, P. Havlík, M. Herrero, and T. Kastner, “The role of trade in the greenhouse gas footprints of EU diets,” *Glob. Food Sec.*, vol. 19, pp. 48–55, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.08.007>.
- [31] D. Mira-Salama *et al.*, “Source attribution of urban smog episodes caused by coal combustion,” *Atmos. Res.*, vol. 88, no. 3, pp. 294–304, 2008, doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2007.11.025>.

- [32] S. G. Pouloupoulos, “Chapter 2 - Atmospheric Environment,” S. G. Pouloupoulos and V. J. B. T.-E. and D. Inglezakis, Eds. Amsterdam: Elsevier, 2016, pp. 45–136.
- [33] A. Chauhan, S. K. Gupta, and Y.-A. Liou, “Rising surface ozone due to anthropogenic activities and its impact on COVID-19 related deaths in Delhi, India,” *Heliyon*, vol. 9, no. 4, p. e14975, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14975>.
- [34] S. Hulswar, P. Mohite, and A. S. Mahajan, “Quantifying stratospheric ozone loss over Antarctica in the last two decades using corrected satellite profiles,” *Polar Sci.*, vol. 33, p. 100860, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.polar.2022.100860>.
- [35] T. E. THORPE, “Robert Angus Smith,” *Nature*, vol. 30, no. 761, pp. 104–105, 1884, doi: 10.1038/030104a0.
- [36] Z. Shi, J. Zhang, Z. Xiao, T. Lu, X. Ren, and H. Wei, “Effects of acid rain on plant growth: A meta-analysis,” *J. Environ. Manage.*, vol. 297, p. 113213, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113213>.
- [37] Y. Zhang *et al.*, “An overview of the direct and indirect effects of acid rain on plants: Relationships among acid rain, soil, microorganisms, and plants,” *Sci. Total Environ.*, vol. 873, p. 162388, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162388>.
- [38] S. Lifshits, Y. Glyaznetsova, L. Erofeevskaya, O. Chalaya, and I. Zueva, “Effect of oil pollution on the ecological condition of soils and bottom sediments of the arctic region (Yakutia),” *Environ. Pollut.*, vol. 288, p. 117680, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117680>.
- [39] Y. Lu *et al.*, “Impacts of soil and water pollution on food safety and health risks in China,” *Environ. Int.*, vol. 77, pp. 5–15, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.12.010>.
- [40] M. H. Masud, M. Mourshed, M. S. Hossain, N. U. Ahmed, and P. Dabnichki, “Chapter 2 - Generation of waste: problem to possible solution in developing and underdeveloped nations,” P. Singh, P. Verma, R. Singh, A. Ahamad, and A. C. S. B. T.-W. M. and R. R. in the D. W. Batalhão, Eds. Elsevier, 2023, pp. 21–59.
- [41] N. Evode, S. A. Qamar, M. Bilal, D. Barceló, and H. M. N. Iqbal, “Plastic waste and its management strategies for environmental sustainability,” *Case Stud. Chem. Environ. Eng.*, vol. 4, p. 100142, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cse.2021.100142>.

- <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100142>.
- [42] M. El-Fadel, A. N. Findikakis, and J. O. Leckie, “Environmental Impacts of Solid Waste Landfilling,” *J. Environ. Manage.*, vol. 50, no. 1, pp. 1–25, 1997, doi: <https://doi.org/10.1006/jema.1995.0131>.
- [43] Y. Wan, X. Chen, Q. Liu, H. Hu, C. Wu, and Q. Xue, “Informal landfill contributes to the pollution of microplastics in the surrounding environment,” *Environ. Pollut.*, vol. 293, p. 118586, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118586>.
- [44] Y. Wei, M. Cui, Z. Ye, and Q. Guo, “Environmental challenges from the increasing medical waste since SARS outbreak,” *J. Clean. Prod.*, vol. 291, p. 125246, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125246>.
- [45] R. Rajesh, D. Kanakadhurga, and N. Prabakaran, “Electronic waste: A critical assessment on the unimaginable growing pollutant, legislations and environmental impacts,” *Environ. Challenges*, vol. 7, p. 100507, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100507>.
- [46] R. W. Kapp, “Clean Water Act (CWA), US,” P. B. T.-E. of T. (Third E. Wexler, Ed. Oxford: Academic Press, 2014, pp. 979–981.
- [47] J. Cribb, *Earth Detox: How and Why We Must Clean Up Our Planet*. 2021.
- [48] Z. Wang, G. W. Walker, D. C. G. Muir, and K. Nagatani-Yoshida, “Toward a Global Understanding of Chemical Pollution: A First Comprehensive Analysis of National and Regional Chemical Inventories,” *Environ. Sci. Technol.*, vol. 54, no. 5, pp. 2575–2584, Mar. 2020, doi: 10.1021/acs.est.9b06379.
- [49] GAO, “Substantial Efforts Needed to Achieve Greater Progress on High-Risk Areas,” 2019.
- [50] J. Cribb, *Surviving the 21st century- Humanity’s ten great challenges and how we can overcome them*. Switzerland: Springer International Publishing, 2017.
- [51] K. Gruber, “Cleaning up pollutants to protect future health,” *Nature*, vol. 555, no. 7695. England, pp. S20–S22, Mar. 2018, doi: 10.1038/d41586-018-02481-5.
- [52] V. Garçon, D. Laffoley, and J. Baxter, *Ocean deoxygenation: everyone’s problem. Causes, impacts, consequences and solutions*. 2019.

- [53] L. Mathiesen, T. Buerki-Thurnherr, J. Pastuschek, L. Aengenheister, and L. E. Knudsen, “Fetal exposure to environmental chemicals; insights from placental perfusion studies,” *Placenta*, vol. 106, pp. 58–66, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.placenta.2021.01.025>.
- [54] M. van den Berg *et al.*, “WHO/UNEP global surveys of PCDDs, PCDFs, PCBs and DDTs in human milk and benefit-risk evaluation of breastfeeding,” *Arch. Toxicol.*, vol. 91, no. 1, pp. 83–96, Jan. 2017, doi: [10.1007/s00204-016-1802-z](https://doi.org/10.1007/s00204-016-1802-z).
- [55] R. Naidu *et al.*, “Chemical pollution: A growing peril and potential catastrophic risk to humanity,” *Environ. Int.*, vol. 156, p. 106616, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106616>.
- [56] S. Chiba *et al.*, “Human footprint in the abyss: 30 year records of deep-sea plastic debris,” *Mar. Policy*, vol. 96, pp. 204–212, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.03.022>.
- [57] C. Postigo, L. Moreno-Merino, E. López-García, J. López-Martínez, and M. López de Alda, “Human footprint on the water quality from the northern Antarctic Peninsula region,” *J. Hazard. Mater.*, vol. 453, p. 131394, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131394>.
- [58] M. Elliott, A. Borja, and R. Cormier, “Activity-footprints, pressures-footprints and effects-footprints – Walking the pathway to determining and managing human impacts in the sea,” *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 155, p. 111201, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111201>.
- [59] H. V Ford *et al.*, “The fundamental links between climate change and marine plastic pollution,” *Sci. Total Environ.*, vol. 806, p. 150392, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150392>.
- [60] R. J. Hogeboom, “The Water Footprint Concept and Water’s Grand Environmental Challenges,” *One Earth*, vol. 2, no. 3, pp. 218–222, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.02.010>.
- [61] É. Pierrat, A. Laurent, M. Dorber, M. Rygaard, F. Verones, and M. Hauschild, “Advancing water footprint assessments: Combining the impacts of water pollution and scarcity,” *Sci. Total Environ.*, vol. 870, p. 161910, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161910>.

- <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161910>.
- [62] X. Zhang *et al.*, “Eutrophication evolution trajectory influenced by human activities and climate in the shallow Lake Gehu, China,” *Ecol. Indic.*, vol. 138, p. 108821, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108821>.
- [63] R. W. Fulweiler, N. N. Rabalais, and A. S. Heiskanen, “The eutrophication commandments,” *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 64, no. 10, pp. 1997–1999, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.07.025>.
- [64] Ι. Χουλιάρας, “Σύγχρονες τεχνολογίες διαχείρισης περιβαλλοντικών κινδύνων,” Λάρισα, 2023.
- [65] G. Govers, K. Van Oost, and Z. Wang, “Scratching the Critical Zone: The Global Footprint of Agricultural Soil Erosion,” *Procedia Earth Planet. Sci.*, vol. 10, pp. 313–318, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2014.08.023>.
- [66] W. Rapuc *et al.*, “Quantitative evaluation of human and climate forcing on erosion in the alpine Critical Zone over the last 2000 years,” *Quat. Sci. Rev.*, vol. 268, p. 107127, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2021.107127>.
- [67] M. Kirkby, “Desertification and development: Some broader contexts,” *J. Arid Environ.*, vol. 193, p. 104575, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104575>.
- [68] N. H. Wolff *et al.*, “The effect of deforestation and climate change on all-cause mortality and unsafe work conditions due to heat exposure in Berau, Indonesia: a modelling study,” *Lancet Planet. Heal.*, vol. 5, no. 12, pp. e882–e892, 2021, doi: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00279-5](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00279-5).
- [69] A. A. Oyilize *et al.*, “Chapter 15 - The impact of human footprints on forest resource/reserve: a case for sustainable forestry in Stubbs Creek Forest Reserve (SCFR), Akwa Ibom State, Nigeria,” in *Science of Sustainable Systems*, vol. 2, U. Chatterjee, B. Pradhan, S. Kumar, S. Saha, M. Zakwan, B. D. Fath, and D. B. T.-W. Fiscus Land, and Forest Susceptibility and Sustainability, Eds. Academic Press, 2023, pp. 409–437.
- [70] J. Keeley, W. Bond, R. Bradstock, J. Pausas, and P. Rundel, “Fire in Mediterranean Ecosystems; Ecology, Evolution and Management,” *Fire Mediterr. Ecosyst. Ecol. Evol.*

- Manag.*, pp. 1–515, Jan. 2011, doi: 10.1017/CBO9781139033091.
- [71] C. Levers, V. Butsic, P. H. Verburg, D. Müller, and T. Kuemmerle, “Drivers of changes in agricultural intensity in Europe,” *Land use policy*, vol. 58, pp. 380–393, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.08.013>.
- [72] D. Simberloff *et al.*, “Impacts of biological invasions: what’s what and the way forward,” *Trends Ecol. Evol.*, vol. 28, no. 1, pp. 58–66, 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.07.013>.
- [73] N. K. Dulvy *et al.*, “Overfishing drives over one-third of all sharks and rays toward a global extinction crisis,” *Curr. Biol.*, vol. 31, no. 21, pp. 4773–4787.e8, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.08.062>.
- [74] H. Leridon, “Human populations and climate: Lessons from the past and future scenarios,” *Comptes Rendus Geosci.*, vol. 340, no. 9, pp. 663–669, 2008, doi: <https://doi.org/10.1016/j.crte.2008.06.005>.
- [75] P. Cafaro, P. Hansson, and F. Götmark, “Overpopulation is a major cause of biodiversity loss and smaller human populations are necessary to preserve what is left,” *Biol. Conserv.*, vol. 272, p. 109646, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109646>.
- [76] D. Pimentel and M. Pimentel, “Global environmental resources versus world population growth,” *Ecol. Econ.*, vol. 59, no. 2, pp. 195–198, 2006, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.11.034>.
- [77] P. Pal, P. R. C. Gopal, and M. Ramkumar, “Impact of transportation on climate change: An ecological modernization theoretical perspective,” *Transp. Policy*, vol. 130, pp. 167–183, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.11.008>.
- [78] P. Theodorou, “The effects of urbanisation on ecological interactions,” *Curr. Opin. Insect Sci.*, vol. 52, p. 100922, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2022.100922>.
- [79] C. G. Scanes, “Chapter 19 - Human Activity and Habitat Loss: Destruction, Fragmentation, and Degradation,” C. G. Scanes and S. R. B. T.-A. and H. S. Toukhsati, Eds. Academic Press, 2018, pp. 451–482.
- [80] M. Cepic, U. Bechtold, and H. Wilfing, “Modelling human influences on biodiversity at a global scale—A human ecology perspective,” *Ecol. Modell.*, vol. 465, p. 109854,

- 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2021.109854>.
- [81] S. R. Weiskopf *et al.*, “Climate change effects on biodiversity, ecosystems, ecosystem services, and natural resource management in the United States,” *Sci. Total Environ.*, vol. 733, p. 137782, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137782>.
- [82] C. J. O’Bryan *et al.*, “Intense human pressure is widespread across terrestrial vertebrate ranges,” *Glob. Ecol. Conserv.*, vol. 21, p. e00882, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00882>.
- [83] H. S. Findlay and C. Turley, “Chapter 13 - Ocean acidification and climate change,” T. M. B. T.-C. C. (Third E. Letcher, Ed. Elsevier, 2021, pp. 251–279.
- [84] Q. He and B. R. Silliman, “Climate Change, Human Impacts, and Coastal Ecosystems in the Anthropocene,” *Curr. Biol.*, vol. 29, no. 19, pp. R1021–R1035, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.08.042>.
- [85] A. C. Keyel, S. E. Reed, K. Nuessly, E. Cinto-Mejia, J. R. Barber, and G. Wittemyer, “Modeling anthropogenic noise impacts on animals in natural areas,” *Landsc. Urban Plan.*, vol. 180, pp. 76–84, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.08.011>.
- [86] P. Saha, M. U. Monir, S. M. Sarkar, and A. A. Aziz, “18 - Noise pollution from oil, gas, and petrochemical industries,” M. R. Rahimpour, B. Omidvar, N. A. Shirazi, and M. A. B. T.-C. in O. Makarem Gas and Petrochemical Industries, Eds. Elsevier, 2023, pp. 419–434.
- [87] S. H. Farjana, N. Huda, M. A. Parvez Mahmud, and R. Saidur, “A review on the impact of mining and mineral processing industries through life cycle assessment,” *J. Clean. Prod.*, vol. 231, pp. 1200–1217, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.264>.
- [88] D. Shiquan, F. Amuakwa-Mensah, X. Deyi, C. Yue, and C. Yue, “The impact of mineral resource extraction on communities: How the vulnerable are harmed,” *Extr. Ind. Soc.*, vol. 10, p. 101090, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.exis.2022.101090>.
- [89] Y. Chang, R. J. Ries, and Y. Wang, “The quantification of the embodied impacts of construction projects on energy, environment, and society based on I–O LCA,” *Energy Policy*, vol. 39, no. 10, pp. 6321–6330, 2011, doi:

- <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.07.033>.
- [90] R. Laforteza and G. Sanesi, “Nature-based solutions: Settling the issue of sustainable urbanization,” *Environ. Res.*, vol. 172, pp. 394–398, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.12.063>.
- [91] D. R. Nelson, B. P. Bledsoe, S. Ferreira, and N. P. Nibbelink, “Challenges to realizing the potential of nature-based solutions,” *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, vol. 45, pp. 49–55, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2020.09.001>.
- [92] S. Sauvé, S. Bernard, and P. Sloan, “Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research,” *Environ. Dev.*, vol. 17, pp. 48–56, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.09.002>.
- [93] B. Sowińska-Świerkosz and J. García, “What are Nature-based solutions (NBS)? Setting core ideas for concept clarification,” *Nature-Based Solut.*, vol. 2, p. 100009, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2022.100009>.
- [94] N. Faivre, M. Fritz, T. Freitas, B. de Boissezon, and S. Vandewoestijne, “Nature-Based Solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges,” *Environ. Res.*, vol. 159, pp. 509–518, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.032>.
- [95] C. Cortinovis, P. Olsson, N. Boke-Olén, and K. Hedlund, “Scaling up nature-based solutions for climate-change adaptation: Potential and benefits in three European cities,” *Urban For. Urban Green.*, vol. 67, p. 127450, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127450>.
- [96] M. Kasprzyk, W. Szpakowski, E. Poznańska, F. C. Boogaard, K. Bobkowska, and M. Gajewska, “Technical solutions and benefits of introducing rain gardens – Gdańsk case study,” *Sci. Total Environ.*, vol. 835, p. 155487, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155487>.
- [97] M. I. Rodríguez-Rojas, F. Huertas-Fernández, B. Moreno, G. Martínez, and A. L. Grindlay, “A study of the application of permeable pavements as a sustainable technique for the mitigation of soil sealing in cities: A case study in the south of Spain,” *J. Environ. Manage.*, vol. 205, pp. 151–162, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.09.075>.

- [98] C. S. S. Ferreira *et al.*, “Wetlands as nature-based solutions for water management in different environments,” *Curr. Opin. Environ. Sci. Heal.*, vol. 33, p. 100476, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2023.100476>.
- [99] S. Scheuer, J. Jache, M. Kičić, T. Wellmann, M. Wolff, and D. Haase, “A trait-based typification of urban forests as nature-based solutions,” *Urban For. Urban Green.*, vol. 78, p. 127780, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127780>.
- [100] S. Narayan *et al.*, “The Value of Coastal Wetlands for Flood Damage Reduction in the Northeastern USA,” *Sci. Rep.*, vol. 7, no. 1, p. 9463, 2017, doi: [10.1038/s41598-017-09269-z](https://doi.org/10.1038/s41598-017-09269-z).
- [101] S. Perales-Momparler *et al.*, “The role of monitoring sustainable drainage systems for promoting transition towards regenerative urban built environments: a case study in the Valencian region, Spain,” *J. Clean. Prod.*, vol. 163, pp. S113–S124, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.153>.
- [102] F. J. Escobedo, V. Giannico, C. Y. Jim, G. Sanesi, and R. Laforteza, “Urban forests, ecosystem services, green infrastructure and nature-based solutions: Nexus or evolving metaphors?,” *Urban For. Urban Green.*, vol. 37, pp. 3–12, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.02.011>.
- [103] M. Kharel, B. M. Dahal, and N. Raut, “Good agriculture practices for safe food and sustainable agriculture in Nepal: A review,” *J. Agric. Food Res.*, vol. 10, p. 100447, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100447>.
- [104] A. Zuazua Ruiz, J. M. Martín Martín, and J. F. Prados-Castillo, “The European Union facing climate change: a window of opportunity for technological development and entrepreneurship,” *Sustain. Technol. Entrep.*, vol. 2, no. 2, p. 100035, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.stae.2022.100035>.
- [105] I. Daliakopoulos and S. Keesstra, “TERRAenVISION: Science for Society. Environmental issues today,” *Sci. Total Environ.*, vol. 704, p. 135238, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135238>.
- [106] N. M. Ardoin, A. W. Bowers, and E. Gaillard, “Environmental education outcomes for conservation: A systematic review,” *Biol. Conserv.*, vol. 241, p. 108224, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108224>.

- [107] A. Kalch, H. Bilandzic, A. Sappier, and S. Stellingner, “Am I responsible? The joint effect of individual responsibility attributions and descriptive normative climate messages on climate mitigation intentions,” *J. Environ. Psychol.*, vol. 78, p. 101711, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2021.101711>.
- [108] Γ. Μιχαλόπουλος, “Ο ρόλος του ενεργού πολίτη στην εκτόνωση των σύγχρονων περιβαλλοντικών προβλημάτων: Η περίπτωση του Δήμου Πετρούπολης,” Πάτρα, 2020.
- [109] J. Fang, “Impacts of high-speed rail on urban smog pollution in China: A spatial difference-in-difference approach,” *Sci. Total Environ.*, vol. 777, p. 146153, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146153>.
- [110] R. Nishant, M. Kennedy, and J. Corbett, “Artificial intelligence for sustainability: Challenges, opportunities, and a research agenda,” *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 53, p. 102104, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102104>.
- [111] M. Francisco, “Artificial intelligence for environmental security: national, international, human and ecological perspectives,” *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, vol. 61, p. 101250, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2022.101250>.
- [112] L. Gaur, A. Afaq, G. K. Arora, and N. Khan, “Artificial intelligence for carbon emissions using system of systems theory,” *Ecol. Inform.*, vol. 76, p. 102165, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102165>.
- [113] M. Taddeo, A. Tsamados, J. Cows, and L. Floridi, “Artificial intelligence and the climate emergency: Opportunities, challenges, and recommendations,” *One Earth*, vol. 4, no. 6, pp. 776–779, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.05.018>.
- [114] N. Abid, F. Ceci, F. Ahmad, and J. Aftab, “Financial development and green innovation, the ultimate solutions to an environmentally sustainable society: Evidence from leading economies,” *J. Clean. Prod.*, vol. 369, p. 133223, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133223>.
- [115] P. Carmona, N. Stef, S. Ben Jabeur, and Y. Ben Zaied, “Climate change and government policy: Fresh insights from complexity theory,” *J. Environ. Manage.*, vol. 338, p. 117831, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117831>.
- [116] H. Junsheng, R. Akhtar, M. M. Masud, M. S. Rana, and H. Banna, “The role of mass

- media in communicating climate science: An empirical evidence,” *J. Clean. Prod.*, vol. 238, p. 117934, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117934>.
- [117] M. L. Melamed, J. Schmale, and E. von Schneidmesser, “Sustainable policy—key considerations for air quality and climate change,” *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, vol. 23, pp. 85–91, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.12.003>.
- [118] A. Diener and P. Mudu, “How can vegetation protect us from air pollution? A critical review on green spaces’ mitigation abilities for air-borne particles from a public health perspective - with implications for urban planning,” *Sci. Total Environ.*, vol. 796, p. 148605, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148605>.
- [119] R. A. Letcher and C. Giupponi, “Policies and tools for sustainable water management in the European Union,” *Environ. Model. Softw.*, vol. 20, no. 2, pp. 93–98, 2005, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2004.01.003>.
- [120] R. I. EL-Nwsany, I. Maarouf, and W. Abd el-Aal, “Water management as a vital factor for a sustainable school,” *Alexandria Eng. J.*, vol. 58, no. 1, pp. 303–313, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2018.12.012>.
- [121] H. I. Abdel-Shafy and M. S. M. Mansour, “Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization,” *Egypt. J. Pet.*, vol. 27, no. 4, pp. 1275–1290, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2018.07.003>.
- [122] V. K. Soo, J. Peeters, D. Paraskevas, P. Compston, M. Doolan, and J. R. Duflou, “Sustainable aluminium recycling of end-of-life products: A joining techniques perspective,” *J. Clean. Prod.*, vol. 178, pp. 119–132, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.235>.
- [123] N. Liao, F. Lü, H. Zhang, and P. He, “Life cycle assessment of waste management in rural areas in the transition period from mixed collection to source-separation,” *Waste Manag.*, vol. 158, pp. 57–65, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.01.008>.
- [124] J. Wu *et al.*, “Direct recovery: A sustainable recycling technology for spent lithium-ion battery,” *Energy Storage Mater.*, vol. 54, pp. 120–134, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ensm.2022.09.029>.
- [125] A. Sridhar, A. Kapoor, P. Senthil Kumar, M. Ponnuchamy, S. Balasubramanian, and S. Prabhakar, “Conversion of food waste to energy: A focus on sustainability and life

- cycle assessment,” *Fuel*, vol. 302, p. 121069, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121069>.
- [126] G. Waitt and K. Rankin, “Towards household sustainability? Experimenting with composting food waste,” *Geoforum*, vol. 129, pp. 98–106, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2022.01.006>.
- [127] K. Parameswari, A. Majid Salim Al Aamri, K. Gopalakrishnan, S. Arunachalam, A. Ali Said Al Alawi, and T. Sivasakthivel, “Sustainable landfill design for effective municipal solid waste management for resource and energy recovery,” *Mater. Today Proc.*, vol. 47, pp. 2441–2449, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.528>.
- [128] R. G. Anuardo, M. Espuny, A. C. F. Costa, and O. J. Oliveira, “Toward a cleaner and more sustainable world: A framework to develop and improve waste management through organizations, governments and academia,” *Heliyon*, vol. 8, no. 4, p. e09225, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09225>.
- [129] S. Srivastava, “Effect of Noise Pollution and its Solution Through Eco-Friendly Control Devices in the North East India,” *Procedia Eng.*, vol. 38, pp. 172–176, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.06.024>.
- [130] A. C. S. Batalhão and D. Teixeira, “Chapter 18 - Cities management and sustainable development: monitoring and assessment approach,” P. Verma, P. Singh, R. Singh, and A. S. B. T.-U. E. Raghubanshi, Eds. Elsevier, 2020, pp. 335–354.
- [131] G. Milev, A. Hastings, and A. Al-Habaibeh, “The environmental and financial implications of expanding the use of electric cars - A Case study of Scotland,” *Energy Built Environ.*, vol. 2, no. 2, pp. 204–213, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2020.07.005>.
- [132] L. J. Di Felice, A. Renner, and M. Giampietro, “Why should the EU implement electric vehicles? Viewing the relationship between evidence and dominant policy solutions through the lens of complexity,” *Environ. Sci. Policy*, vol. 123, pp. 1–10, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.05.002>.
- [133] N. S. B. Nasir Ahmad, F. B. Mustafa, S. @ Y. Muhammad Yusoff, and G. Didams, “A systematic review of soil erosion control practices on the agricultural land in Asia,” *Int. Soil Water Conserv. Res.*, vol. 8, no. 2, pp. 103–115, 2020, doi:

- <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.04.001>.
- [134] J. Albaladejo, E. Díaz-Pereira, and J. de Vente, “Eco-Holistic Soil Conservation to support Land Degradation Neutrality and the Sustainable Development Goals,” *CATENA*, vol. 196, p. 104823, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104823>.
- [135] X. Zhang, Y. Li, Y. Liu, Y. Huang, Y. Wang, and Z. Lu, “Characteristics and prevention mechanisms of artificial slope instability in the Chinese Loess Plateau,” *CATENA*, vol. 207, p. 105621, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105621>.
- [136] Y. Bai, J. Liu, H. Xiao, Z. Song, K. Ma, and Y. Deng, “Soil stabilization using synthetic polymer for soil slope ecological protection,” *Eng. Geol.*, vol. 321, p. 107155, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2023.107155>.
- [137] R. Gobinath, G. P. Ganapathy, and I. I. Akinwumi, “Stabilisation of natural slopes using natural plant root as reinforcing agent,” *Mater. Today Proc.*, vol. 39, pp. 493–499, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.227>.
- [138] D. Gielen, F. Boshell, D. Saygin, M. D. Bazilian, N. Wagner, and R. Gorini, “The role of renewable energy in the global energy transformation,” *Energy Strateg. Rev.*, vol. 24, pp. 38–50, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.01.006>.
- [139] P. A. Østergaard, N. Duic, Y. Noorollahi, and S. Kalogirou, “Renewable energy for sustainable development,” *Renew. Energy*, vol. 199, pp. 1145–1152, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.09.065>.
- [140] G. Nikitas, S. Bhattacharya, N. Vimalan, H. E. Demirci, N. Nikitas, and P. Kumar, “10 - Wind power: A sustainable way to limit climate change,” T. M. B. T.-M. G. W. Letcher, Ed. Academic Press, 2019, pp. 333–364.
- [141] A. Rafiee, K. R. Khalilpour, J. Prest, and I. Skryabin, “Biogas as an energy vector,” *Biomass and Bioenergy*, vol. 144, p. 105935, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105935>.
- [142] A. Pal and S. Bhattacharjee, “Effectuation of biogas based hybrid energy system for cost-effective decentralized application in small rural community,” *Energy*, vol. 203, p. 117819, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117819>.
- [143] S. Dixit, “Solar technologies and their implementations: A review,” *Mater. Today*

- Proc.*, vol. 28, pp. 2137–2148, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.134>.
- [144] S. Bin Amin, M. I. Chowdhury, S. M. A. Ehsan, and S. M. Z. Iqbal, “Chapter 30 - Solar energy sustainability in Bangladesh: tackling the management challenges,” in *Advances in Nonlinear Dynamics and Chaos (ANDC)*, A. T. Azar and N. A. B. T.-D. Kamal Analysis, and Applications of Renewable Energy Systems, Eds. Academic Press, 2021, pp. 705–734.
- [145] A. Briones-Hidrovo, J. Uche, and A. Martínez-Gracia, “Hydropower and environmental sustainability: A holistic assessment using multiple biophysical indicators,” *Ecol. Indic.*, vol. 127, p. 107748, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107748>.
- [146] Y. Liu *et al.*, “Biofuels for a sustainable future,” *Cell*, vol. 184, no. 6, pp. 1636–1647, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.01.052>.
- [147] M. C. Deprá, R. R. Dias, R. B. Sartori, Á. S. Oliveira, L. Q. Zepka, and E. Jacob-Lopes, “Chapter 16 - Life cycle sustainability of biofuels,” K. R. Hakeem, S. A. Bandh, F. A. Malla, and M. A. B. T.-E. S. of B. Mehmood, Eds. Elsevier, 2023, pp. 285–297.
- [148] M. Soltani *et al.*, “Environmental, economic, and social impacts of geothermal energy systems,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 140, p. 110750, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110750>.
- [149] N. Yildirim and E. S. Umdü, “Chapter 9 - Geothermal energy in developing countries—The dilemma between renewable and nonrenewable,” I. B. T.-R. E. and S. Khan, Ed. Elsevier, 2022, pp. 227–262.
- [150] A. Saeedmanesh, M. A. Mac Kinnon, and J. Brouwer, “Hydrogen is essential for sustainability,” *Curr. Opin. Electrochem.*, vol. 12, pp. 166–181, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.coelec.2018.11.009>.
- [151] P. P. Edwards, V. L. Kuznetsov, W. I. F. David, and N. P. Brandon, “Hydrogen and fuel cells: Towards a sustainable energy future,” *Energy Policy*, vol. 36, no. 12, pp. 4356–4362, 2008, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.09.036>.
- [152] M. Kabir, M. S. Chowdhury, N. Sultana, M. S. Jamal, and K. Techato, “Chapter 10 - Ocean renewable energy and its prospect for developing economies,” I. B. T.-R. E. and

- S. Khan, Ed. Elsevier, 2022, pp. 263–298.
- [153] J. V Hernández-Fontes, M. L. Martínez, A. Wojtarowski, J. L. González-Mendoza, R. Landgrave, and R. Silva, “Is ocean energy an alternative in developing regions? A case study in Michoacan, Mexico,” *J. Clean. Prod.*, vol. 266, p. 121984, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121984>.
- [154] P. Mwaanga, M. Silondwa, G. Kasali, and P. M. Banda, “Preliminary review of mine air pollution in Zambia,” *Heliyon*, vol. 5, no. 9, p. e02485, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02485>.
- [155] K. O. Yoro and M. O. Daramola, “Chapter 1 - CO₂ emission sources, greenhouse gases, and the global warming effect,” M. R. Rahimpour, M. Farsi, and M. A. B. T.-A. in C. C. Makarem, Eds. Woodhead Publishing, 2020, pp. 3–28.

Εικόνα εξωφύλλου: <https://znews.gr/>