



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
«ΑΕΙΦΟΡΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΤΗΝ ΕΞΟΡΥΚΤΙΚΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ»

Φοιτητής: Μοσχόπουλος Αθανάσιος – Α.Μ.: 3019021

Επιβλέπων: Χριστοδούλου Δημήτριος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Λάρισα, Σεπτέμβριος 2024

Ενυπόγραφη δήλωση μη λογοκλοπής

Ο/Η παρακάτω υπογράφων/-ουσα δηλώνω ότι η παρούσα εργασία είναι δική μου, δεν έχει συγγραφεί από άλλο πρόσωπο με ή χωρίς αμοιβή, δεν έχει αντιγραφεί από δημοσιευμένη ή αδημοσίευτη εργασία άλλου και δεν έχει προηγουμένως υποβληθεί για βαθμολόγηση στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας ή αλλού. Βεβαιώνω ότι είμαι εν γνώσει των κανόνων περί λογοκλοπής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και ότι στο πλαίσιο αυτό έχουν τηρηθεί όλοι οι κανόνες κατά την ακαδημαϊκή δεοντολογία, σχετικά με αναφορές, βιβλιογραφία, κ.λπ., τόσο από έντυπες όσο και από ηλεκτρονικές πηγές. Σε περίπτωση λογοκλοπής αποδέχομαι όλες ανεξαιρέτως τις ποινές που προβλέπουν οι εκάστοτε Κανονισμοί του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Ημερομηνία:

Ονοματεπώνυμο:

Υπογραφή:

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

.....
.....
.....

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αειφόρος ανάπτυξη στην εξορυκτική και μεταλλευτική βιομηχανία αναφέρεται στην εφαρμογή πρακτικών που επιτρέπουν την εκμετάλλευση των φυσικών πόρων με τρόπο που ελαχιστοποιεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, διασφαλίζει την κοινωνική δικαιοσύνη και προάγει την οικονομική ευημερία. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μιας σειράς στρατηγικών που περιλαμβάνουν την υπεύθυνη διαχείριση των φυσικών πόρων, την προστασία της βιοποικιλότητας, τη μείωση των αποβλήτων και της ρύπανσης, καθώς και την αποκατάσταση των εξορυκτικών περιοχών μετά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας. Σημαντικός παράγοντας είναι η υιοθέτηση τεχνολογιών και μεθόδων που βελτιώνουν την αποδοτικότητα της παραγωγής και μειώνουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, όπως η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και οι προηγμένες μέθοδοι ανακύκλωσης. Επιπλέον, η εμπλοκή των τοπικών κοινοτήτων και η διασφάλιση της υγείας και της ασφάλειας των εργαζομένων αποτελούν κεντρικά στοιχεία της αειφόρου ανάπτυξης στον τομέα αυτό. Η οικονομική βιωσιμότητα επιτυγχάνεται μέσω της δημιουργίας μακροπρόθεσμων αξιών για τις τοπικές οικονομίες, της προώθησης της καινοτομίας και της διαφοροποίησης των δραστηριοτήτων. Η κοινωνική διάσταση της αειφόρου ανάπτυξης περιλαμβάνει τη διασφάλιση των δικαιωμάτων των τοπικών πληθυσμών, την παροχή εκπαιδευτικών και επαγγελματικών ευκαιριών και τη μείωση των κοινωνικών ανισοτήτων. Συνολικά, η αειφόρος ανάπτυξη στην εξορυκτική και μεταλλευτική βιομηχανία απαιτεί μια ισορροπημένη προσέγγιση που συνδυάζει οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά κριτήρια, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι η εκμετάλλευση των φυσικών πόρων συμβάλλει στη μακροπρόθεσμη ευημερία και την αειφορία των κοινωνιών.

SUMMARY

Sustainable development in the mining and metallurgical industry refers to the implementation of practices that allow the exploitation of natural resources in a way that minimizes environmental impact, ensures social equity, and promotes economic prosperity. This is achieved through strategies that include responsible resource management, biodiversity protection, waste and pollution reduction, and the rehabilitation of mining areas after extraction activities are completed. Key components involve adopting technologies and methods that improve production efficiency and reduce environmental footprints, such as the use of renewable energy sources and advanced recycling methods. Additionally, engaging local communities and ensuring the health and safety of workers are central to sustainable development in this sector. Economic sustainability is pursued through creating long-term value for local economies, promoting innovation, and diversifying activities. The social aspect of sustainable development includes ensuring the rights of local populations, providing educational and employment opportunities, and reducing social inequalities. Overall, sustainable development in the mining and metallurgical industry requires a balanced approach that integrates economic, social, and environmental criteria to ensure that the exploitation of natural resources contributes to the long-term well-being and sustainability of societies.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Εισαγωγή

Κεφάλαιο 1 Εξορυκτική Βιομηχανία

1.1 Γενικά.....	10
1.2 Ιστορική αναδρομή στην Ελληνική βιομηχανία εξόρυξης.....	10
1.3 Εξόρυξη Βωξίτη στον Ελλαδικό χώρο.....	12
1.4 Νομοθετικό πλαίσιο σε Ευρώπη και Ελλάδα.....	14
1.5 Μεταλλεύματα.....	18
1.5.1 Λιγνίτης.....	18
1.5.2 Νικέλιο.....	18
1.5.3 Βωξίτης.....	19
1.5.4 Μάρμαρα και προϊόντα μαρμάρου.....	19
1.5.5 Αδρανή ορυκτά.....	19
1.5.6 Μαγνησίτης.....	21
1.5.7 Περλίτης.....	22
1.5.8 Μπεντονίτης.....	23
1.5.9 Κίσσηρις.....	24
1.6 Χαρακτηριστικά πετρωμάτων.....	26
1.7 Εξορυξιμότητα πετρωμάτων.....	27

Κεφάλαιο 2 Διαδικασίες εξόρυξης

2.1 Γενικά.....	29
2.2 Μέθοδος με χρήση εκρηκτικών υλών.....	29
2.3 Μέθοδος με τη χρήση μηχανημάτων.....	31
2.3.1 Μηχανή ολομέτωπης κοπής.....	31
2.3.2 Μηχανή σημειακής κοπής.....	32

Κεφάλαιο 3 Εξόρυξη και περιβάλλον

3.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.....	34
3.1.1 Αέρια ρύπανση.....	34
3.1.2 Επιπτώσεις επί των υδάτων.....	34
3.1.3 Επιπτώσεις επί των εδαφών.....	35
3.1.3.1 Αποψίλωση και καταστροφή οικοτόπων.....	35

3.1.3.2 Διάβρωση εδάφους.....	35
3.1.3.3 Καθίζηση εδάφους.....	35
3.1.3.4 Μολύνσεις εδάφους.....	36
3.1.3.5 Μεταβολές στην τοπογραφία.....	36
3.1.3.6 Αποστράγγιση οξέων ορυχείων.....	36
3.1.3.7 Απώλεια γεωργικής γης.....	36
3.1.3.8 Εκτοπισμός κοινοτήτων.....	36
3.1.4 Στη χλωρίδα και τη πανίδα.....	36
3.2 Αποκατάσταση περιβάλλοντος.....	37
3.3 Αειφόρος ανάπτυξη.....	38
3.3.1 Βασικές αρχές βιώσιμης ανάπτυξης.....	38
3.3.2 Στόχοι αειφόρου ανάπτυξης	39
3.3.3 Σημασία της αειφόρου ανάπτυξης.....	39
3.3.4 Βιώσιμη ανάπτυξη στην εξορυκτική βιομηχανία.....	40
Κεφάλαιο 4 Συμπεράσματα	47
Βιβλιογραφία	49

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1: Χάρτης της Ελλάδας με σημειωμένες τις περιοχές εξόρυξης βωξίτη.....	13
Σχήμα 1.2: Λιγνιτικός άνθρακας.....	18
Σχήμα 1.3: Απεικόνιση καθαρού νικελίου.....	19
Σχήμα 1.4: Απεικόνιση ορυκτού βωξίτη.....	19
Σχήμα 1.5: Απεικόνιση ορυκτού μαρμάρου.....	20
Σχήμα 1.6: Απεικόνιση ακατέργαστου μαγνησίτη.....	22
Σχήμα 1.7: Διογκωμένος και αρχικό πέτρωμα περλίτη.....	22
Σχήμα 1.8: Πέτρωμα μπεντονίτη.....	24
Σχήμα 1.9: Ελαφρόπετρα.....	24
Σχήμα 2.1: Απεικόνιση διαδικασία εξόρυξης με χρήση εκρηκτικών υλών.....	30
Σχήμα 2.2: Μηχανή ολομέτωπης κοπής.....	32
Σχήμα 2.3 Μηχάνημα σημειακής κοπής.....	33

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1: Ενδεικτική χημική σύσταση κίσσηρις.....	25
Πίνακας 1.2: Προϊόντα της ΛΑΒΑ Α.Ε.....	25
Πίνακας 3.1: Θέματα απασχόλησης βιομηχανιών εξόρυξης.....	43
Διάγραμμα 3.1: Διάγραμμα ροής των κύκλων ζωής προϊόντων και εγκαταστάσεων	40

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αειφόρος ανάπτυξη στην εξορυκτική και μεταλλευτική βιομηχανία αποτελεί έναν αναπόσπαστο πυλώνα της σύγχρονης προσέγγισης για τη διαχείριση των φυσικών πόρων με βιώσιμο τρόπο. Σε έναν κόσμο που διακρίνεται από την αυξανόμενη ζήτηση για πρώτες ύλες και την ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος, η εξορυκτική και μεταλλευτική βιομηχανία βρίσκεται σε μια κρίσιμη θέση. Η ανάπτυξη που βασίζεται στις αρχές της αειφορίας επιδιώκει την εξισορρόπηση μεταξύ της εκμετάλλευσης των φυσικών πόρων και της διατήρησης του περιβάλλοντος, προωθώντας την οικονομική ανάπτυξη με σεβασμό προς τις κοινωνικές ανάγκες και τον πολιτισμό.

Η εφαρμογή της αρχής της αειφορίας στην εξορυκτική και μεταλλευτική δραστηριότητα περιλαμβάνει τη λήψη μέτρων για τη μείωση του αποτυπώματος του εργοστασίου, τη βελτίωση των διαδικασιών ανακύκλωσης και την ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών που μειώνουν την επίπτωση στο περιβάλλον. Ταυτόχρονα, η αειφορική προσέγγιση προωθεί τη συνεργασία με τις τοπικές κοινωνίες και τη διαφάνεια στις δραστηριότητες, προκειμένου να ενισχυθεί η κοινωνική αποδοχή και να εξασφαλιστεί η δίκαιη κατανομή των οφελών και των επιπτώσεων.

Με την υιοθέτηση μιας αειφορικής προσέγγισης, η εξορυκτική και μεταλλευτική βιομηχανία μπορεί να συνεχίσει να αναπτύσσεται με βιωσιμότητα, προσφέροντας προοπτικές για τις μελλοντικές γενιές χωρίς να θέτει σε κίνδυνο τους φυσικούς πόρους και το περιβάλλον. Η συνεχής καινοτομία και η συνειδητοποίηση των επιπτώσεων των δραστηριοτήτων της αποτελούν τις κύριες προϋποθέσεις για μια βιώσιμη εξέλιξη στον τομέα αυτόν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΞΟΡΥΚΤΙΚΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η εξορυκτική και μεταλλευτική βιομηχανία αποτελεί έναν από τους βασικούς πυλώνες της παγκόσμιας οικονομίας, διαδραματίζοντας κρίσιμο ρόλο στην παραγωγή πρώτων υλών που απαιτούνται για την κατασκευή και τη λειτουργία πολλών βιομηχανικών και καταναλωτικών προϊόντων. Από τα μεταλλεία έως τις λατομείες, η εξορυκτική και μεταλλευτική δραστηριότητα εκτείνεται σε διάφορους τομείς, συμβάλλοντας στην οικονομική ανάπτυξη και την ικανοποίηση των αναγκών της κοινωνίας.

Ωστόσο, η εν λόγω βιομηχανία αντιμετωπίζει πολλές προκλήσεις, συμπεριλαμβανομένων των περιβαλλοντικών, κοινωνικών και οικονομικών πτυχών. Οι διαδικασίες εξόρυξης και μεταλλευτικής παραγωγής μπορούν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, όπως απορρίμματα, ρύπανση του νερού και απώλεια βιοποικιλότητας. Επιπλέον, η ασφάλεια και η εργασιακή υγεία των εργαζομένων συχνά αποτελούν ανησυχίες σε αυτόν τον τομέα.

Για να αντιμετωπίσει αυτές τις προκλήσεις και να εξασφαλίσει μια βιώσιμη μελλοντική πορεία, η εξορυκτική και μεταλλευτική βιομηχανία χρειάζεται να εφαρμόσει καινοτόμες τεχνολογίες, να υιοθετήσει αειφορικές πρακτικές και να ενισχύσει τη διαφάνεια και την κοινωνική ευθύνη των επιχειρήσεών της. Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να διασφαλιστεί όχι μόνο η βιωσιμότητα του κλάδου, αλλά και η προστασία του περιβάλλοντος και η ευημερία των κοινοτήτων που επηρεάζονται από τις δραστηριότητές του.

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΕΞΟΡΥΞΗΣ

Όπως προαναφέρθηκε οι βιομηχανίες εξόρυξης πρώτων υλών και δομικών υλικών αποτέλεσε σημαντικό ρόλο στην οικονομία κάθε χώρας. Πιο συγκεκριμένα για την Ελλάδα, όπως θα αναλυθεί και παρακάτω η ίδρυση βιομηχανιών αλλά και η διατήρησή τους, ξεκίνησε το 1800 και αντιμετώπισε αρκετά ζητήματα καθιστώντας δύσκολη την ομαλή λειτουργία και εξέλιξη των επιχειρήσεων.

Η εξόρυξη εμφανίστηκε στην Ελλάδα γύρω στο 1800. Εκείνη την εποχή, οι πόλεις με πρώτες ύλες και βιομηχανία ήταν κέντρα επικοινωνίας και εμπορίου. Η χρήση της γης άλλαξε δραματικά και ορισμένες περιοχές αστικοποιήθηκαν περισσότερο, ενώ άλλες διατήρησαν τον αγροτικό τους χαρακτήρα συνυπάρχοντας με τη μεταλλευτική βιομηχανία.

Από την δεκαετία του 1860 έως το 1880, θεσπίστηκε η πρώτη νομοθεσία που αφορά την έναρξη της μεταλλευτικής δραστηριότητας στον Ελλαδικό χώρο, δημιουργήθηκαν στο διάστημα των δύο δεκαετιών 31 μεταλλευτικές επιχειρήσεις, δεν ήταν όμως όλες επιτυχημένες, με τις δύο πιο σημαντικές να είναι η Ελληνική Μεταλλευτική Εταιρία, στηριζόμενη από την Εθνική τράπεζα, παραγωγής σιδήρου στην Σέριφο και παραγωγής λιγνίτη στην Εύβοια, η οποία απέτυχε, και η δεύτερη σημαντική είναι η Εταιρία του Λαυρίου.

Μεταξύ 1880 και 1882, πολλές εταιρείες συγχωνεύτηκαν ή πούλησαν τα δικαιώματά τους σε ξένες εταιρείες, αλλά όσες κατάφεραν να επιβιώσουν συστηματοποίησαν τις δραστηριότητές τους από το 1885 και μετά. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1890, οι μεταλλευτικές δραστηριότητες σε όλη την Ελλάδα έγιναν αρκετά κερδοφόρες και στο πλαίσιο αυτής της ανάκαμψης παραχωρήθηκαν από την ελληνική κυβέρνηση νέες μεταλλευτικές απολαβές (σιδήρου, μαγγανίου και μολύβδου).

Τα επόμενα χρόνια σημειώθηκε η πρώτη κρίση στις ελληνικές εξορυκτικές δραστηριότητες, καθώς ο ανταγωνισμός εντάθηκε μεταξύ των χωρών που παρήγαγαν ποιοτικότερα και φθηνότερα μεταλλεύματα και ορυκτά: Το 1910 υπήρχαν 30 μεταλλευτικές εταιρείες σε όλη τη χώρα, αλλά την επόμενη δεκαετία οι μισές από αυτές σταμάτησαν ή μείωσαν τις δραστηριότητές τους. Κάποιες περιοχές επλήγησαν, όπως το Λαύριο, όπου ο πληθυσμός του δήμου Λαυρεωτικής μειώθηκε κατά 50% στα τέλη της δεκαετίας του 1920. Κατά τη διάρκεια της κρίσης έγινε εμφανής η ανάγκη για νέες μεθόδους παραγωγής και εκσυγχρονισμό της τεχνολογίας.

Κατά την διάρκεια του Α' και Β' Παγκοσμίου Πολέμου, την περίοδο της προετοιμασίας η μεταλλευτικές δραστηριότητες αποτέλεσαν σημαντική πηγή προμηθειών για την πολεμική βιομηχανία. Πιο αναλυτικά στον Α' Παγκόσμιο Πόλεμο έγινε παραγωγή 420.744 τόνων ορυκτών πόρων όπως σίδηρο, σιδηρομαγγάνιο, ψευδάργυρο, λιγνίτη, λευκόλιθο, σιδηροπυρίτη, σμύριδα και μολύβδο και εξήχθησαν σε χώρες του εξωτερικού. Με το πέρας όμως του πολέμου, αφού δηλαδή τελείωσαν τα αποθέματα, και σε συνδυασμό με το οικονομικό Κραχ πολλές επιχειρήσεις διέκοψαν τις διαδικασίες παραγωγής. Το ίδιο έγινε και στον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, τα ορυκτά πλούτη κρίθηκαν αναγκαία για την προετοιμασία, με μόνη διαφορά την συνέχιση παραγωγής από την χώρα της Γερμανίας και της Ιταλίας, τις τότε μεγάλες δυνάμεις. Αφού περατώθηκε ο πόλεμος, παραμελήθηκε η ανάπτυξη των ορυκτών πόρων, όπως και οι δραστηριότητες των αρμόδιων κυβερνητικών υπηρεσιών. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, οι εξορυκτικές δραστηριότητες καθοδηγούνταν από το Τμήμα Μεταλλείων της Αμερικανικής Αποστολής (Σχέδιο Μάρσαλ) για τον εντοπισμό του πλούτου των ορυκτών κοιτασμάτων της χώρας και την παροχή χρηματοδότησης (Ζδράλης, 2013).

Το σχέδιο Μάρσαλ αρχικά προοριζόταν να βοηθήσει τις ευρωπαϊκές χώρες να ανοικοδομήσουν τις κατεστραμμένες από τον πόλεμο οικονομίες τους και να παράσχει υλική στήριξη στην κοινωνία. Εκτός αυτού, δευτερεύον σκοπός ήταν να περιορίσει τη διάδοση των κομμουνιστικών ιδεών και να αποτρέψει την εξάπλωση σχετικών κομμάτων και οργανώσεων στις χώρες της Δυτικής Ευρώπης (Μπεκιάρης, 2021).

Την δεκαετία του 1950 ξεκινάει μια περίοδος αστικοποίησης και ανοικοδόμησης το οποίο έχει σαν απόρροια την εξαγωγή πρώτων υλών δημιουργώντας έτσι ροή του χρήματος άρα κατά συνέπεια και νέες οικονομικές συνθήκες. Έως το 1980, τα τριάντα αυτά χρόνια, η ζήτηση του ορυκτού πλούτου είχε ενταθεί σε τέτοιο σημείο όπου η Ελλάδα είχε σημαντικό πλεονέκτημα παγκοσμίως. Μετά από αυτό όμως παρατηρήθηκε κρίση στις βιομηχανίες εξόρυξης λόγω του περιορισμού βιομηχανικής παραγωγής φαινόμενο το οποίο έπληξε

ολόκληρη την Ελλάδα και όχι μόνο τον τομέα των ορυκτών. Συνέχεια του οικονομικού μαρασμού αποτέλεσε και οι εξελίξεις στο πολιτικό κομμάτι στις χώρες της Ανατολικής Ευρώπης και των Βαλκανίων. Αναλυτικότερα, γινόταν αξιοποίηση ορυκτών πρώτων υλών που παρήγαγαν και διεξήγαν αυτές οι χώρες καθώς ήταν οικονομικότερες γιατί διέθεταν φθινό εργάτικό δυναμικό, αντιθέτως με το κόστος παραγωγής στην Ελλάδα το οποίο αυξήθηκε με απώτερο σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος. Ενώ την δεκαετία του 1990 παρατηρείται οικονομική ανάκαμψη καθώς δημιουργούνται έργα για τους Ολυμπιακούς αγώνες και γίνεται εξόρυξη και χρήση αδρανών υλικών και βασικών μετάλλων, με την αλλαγή της χιλιετίας μειώνεται η συχνότητα ανοικοδόμησης κατά συνέπεια να μειωθεί η ζήτηση χάλυβα, τσιμέντου και σκυροδέματος.

Η ασταθής παραγωγή και οικονομία της χώρας στον τομέα αυτόν φτάνει στο τέλος του από το 2010 και έπειτα, καθώς υπάρχει μεγάλη ζήτηση είτε εγχώρια είτε σε διεθνές επίπεδο, πρώτων υλών για την ανοικοδόμηση και δημιουργία κατασκευών, έχοντας αποτέλεσμα και την εξαγωγή τους αλλά και την δημιουργία θυγατρικών εταιριών στο εξωτερικό (Ζδράλης, 2013).

1.3 ΕΞΟΡΥΞΗ ΒΩΞΙΤΗ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ

Η εξόρυξη βωξίτη αποτελεί μια από τις σημαντικότερες μεταλλευτικές δραστηριότητες στην Ελλάδα, καθώς η χώρα είναι ένας από τους κύριους παραγωγούς βωξίτη στην Ευρώπη. Ο βωξίτης είναι το βασικό μέταλλευμα από το οποίο παράγεται το αλουμίνιο, ένα υλικό με ευρεία χρήση σε διάφορους βιομηχανικούς τομείς.

Η Ελλάδα είναι γνωστή για τα πλούσια κοιτάσματα βωξίτη της, τα οποία εξορύσσονται κυρίως στη Στερεά Ελλάδα. Οι κύριες περιοχές εξόρυξης βωξίτη είναι οι ακόλουθες:

1. Όρος Γκιώνα

Η περιοχή του όρους Γκιώνα, που βρίσκεται στη Στερεά Ελλάδα, είναι μία από τις σημαντικότερες περιοχές εξόρυξης βωξίτη στη χώρα. Τα κοιτάσματα βωξίτη εδώ είναι από τα πιο πλούσια και εκμεταλλεύσιμα. Η Γκιώνα είναι γνωστή για την ποιότητα και την ποσότητα του βωξίτη που περιέχει, και οι εξορυκτικές δραστηριότητες στην περιοχή αυτή έχουν μακρά ιστορία.

2. Όρος Παρνασσός

Το όρος Παρνασσός, επίσης στη Στερεά Ελλάδα, είναι μια άλλη κύρια περιοχή εξόρυξης βωξίτη. Ο Παρνασσός διαθέτει εκτεταμένα κοιτάσματα υψηλής ποιότητας βωξίτη, και οι εξορυκτικές δραστηριότητες εδώ αποτελούν σημαντικό μέρος της ελληνικής μεταλλευτικής βιομηχανίας. Η εγγύτητα του Παρνασσού σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις και λιμάνια διευκολύνει τη μεταφορά και την επεξεργασία του βωξίτη.

3. Όρος Ελικώνας

Ο Ελικώνας είναι επίσης μια σημαντική περιοχή εξόρυξης βωξίτη. Τα κοιτάσματα βωξίτη στον Ελικώνα είναι αξιοποιήσιμα και συμβάλλουν σημαντικά στην παραγωγή βωξίτη της

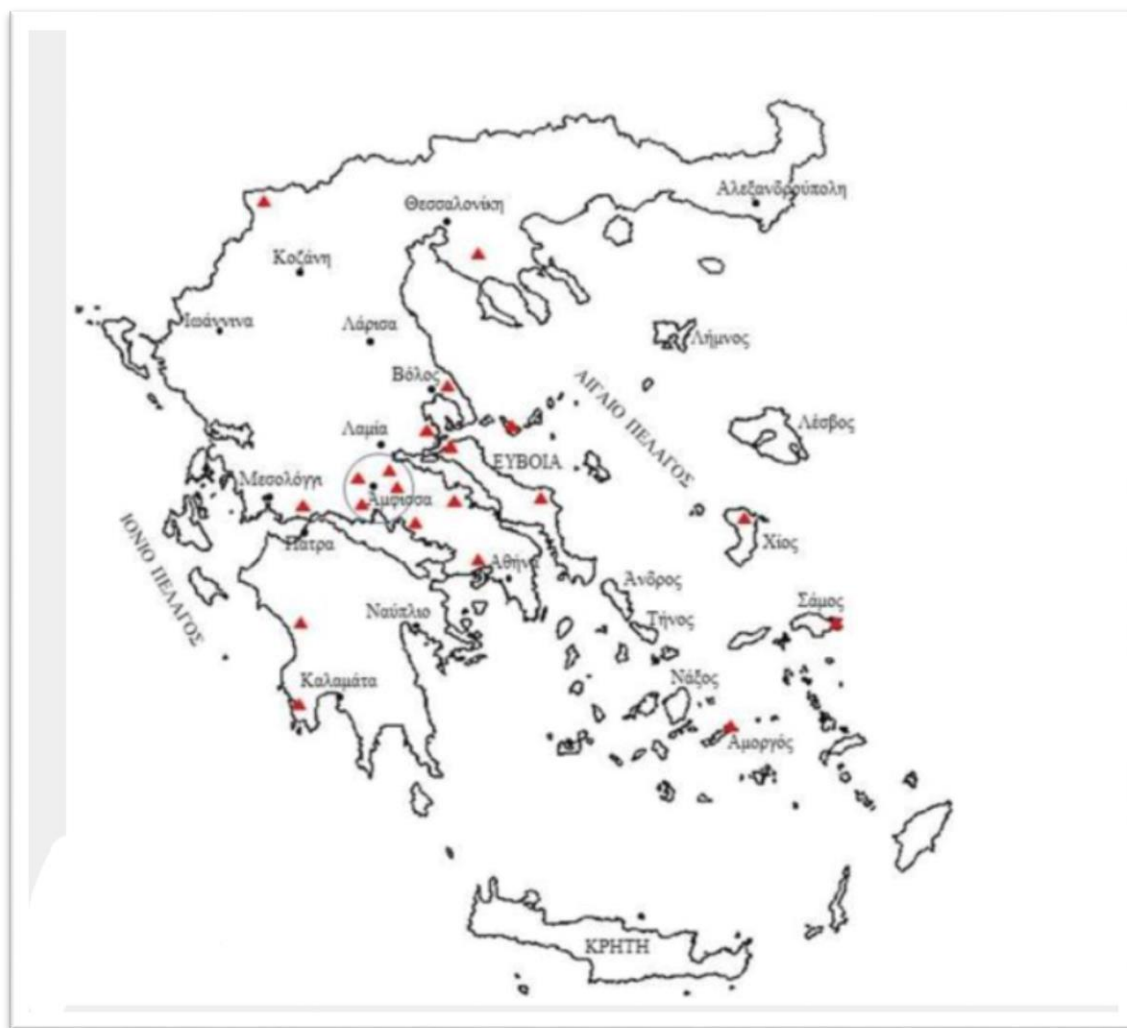
Ελλάδας. Η εξόρυξη βωξίτη στον Ελικώνα πραγματοποιείται με σύγχρονες μεθόδους που ελαχιστοποιούν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

4. Φωκίδα

Η Φωκίδα είναι μια περιοχή που περιλαμβάνει το όρος Γκιώνα και τμήματα του Παρνασσού. Η εξόρυξη βωξίτη στη Φωκίδα είναι εκτεταμένη και αποτελεί σημαντικό κομμάτι της τοπικής οικονομίας. Η περιοχή αυτή φιλοξενεί αρκετές εταιρείες που δραστηριοποιούνται στην εξόρυξη και την επεξεργασία βωξίτη.

5. Βοιωτία

Η Βοιωτία, που βρίσκεται κοντά στις περιοχές εξόρυξης βωξίτη του Παρνασσού και της Γκιώνας, είναι επίσης σημαντική για την εξόρυξη βωξίτη. Στη Βοιωτία υπάρχουν βιομηχανικές εγκαταστάσεις που επεξεργάζονται τον εξορυσσόμενο βωξίτη, μετατρέποντάς τον σε αλουμίνη και αλουμίνιο.



Σχήμα 1.1: Χάρτης της Ελλάδος με σημειωμένες τις περιοχές εξόρυξης βωξίτη.

Στην Ελλάδα, οι πιο ξακουστές και σημαντικές βιομηχανίες εξόρυξης βωξίτη είναι οι εξής:

- ΕΛΜΙΝ Βωξίτες Α.Ε.: Η ΕΛΜΙΝ είναι μια από τις παλαιότερες και μεγαλύτερες εταιρείες εξόρυξης βωξίτη στην Ελλάδα, με δραστηριότητες κυρίως στην περιοχή της Γκιώνας και του Παρνασσού. Η εταιρεία ιδρύθηκε το 1973 και έχει αναπτύξει εκτεταμένες υποδομές για την εξόρυξη και την επεξεργασία βωξίτη.
- S&B Βιομηχανικά Ορυκτά Α.Ε. (Σήμερα τμήμα της Imerys): Η S&B ήταν μια από τις κορυφαίες εταιρείες στον τομέα των βιομηχανικών ορυκτών, συμπεριλαμβανομένου του βωξίτη. Το 2014, η εταιρεία εξαγοράστηκε από την Imerys, μια παγκόσμια ηγέτιδα στον τομέα των βιομηχανικών ορυκτών. Οι δραστηριότητες εξόρυξης βωξίτη συνεχίζονται στην Ελλάδα, με έμφαση στη βιώσιμη ανάπτυξη και την προστασία του περιβάλλοντος.
- Αλουμίνιον της Ελλάδος (Μυτιληναίος Α.Ε.): Η Αλουμίνιον της Ελλάδος, που ανήκει στον όμιλο Μυτιληναίος, είναι ένας από τους μεγαλύτερους παραγωγούς αλουμίνιας και αλουμινίου στην Ευρώπη. Η εταιρεία εξορύσσει βωξίτη κυρίως στην περιοχή του Παρνασσού και της Γκιώνας, και τον επεξεργάζεται στο εργοστάσιο της στη Βοιωτία, όπου παράγει αλουμίνια και αλουμίνιο.
- Δελφοί-Δίστομο Α.Μ.Ε.: Η εταιρεία δραστηριοποιείται στην περιοχή της Φωκίδας και εξορύσσει βωξίτη που χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή αλουμίνιας και αλουμινίου. Οι δραστηριότητες της εταιρείας περιλαμβάνουν τόσο την εξόρυξη όσο και την επεξεργασία βωξίτη.

Οι παραπάνω εταιρείες αποτελούν τους κύριους παίκτες στον τομέα της εξόρυξης βωξίτη στην Ελλάδα, συμβάλλοντας σημαντικά στην οικονομία και την ανάπτυξη της χώρας. Οι δραστηριότητές τους επηρεάζουν άμεσα την τοπική οικονομία και απασχόληση, ενώ οι προκλήσεις της βιώσιμης ανάπτυξης και της προστασίας του περιβάλλοντος παραμένουν κρίσιμα ζητήματα που αντιμετωπίζονται μέσω της υιοθέτησης βέλτιστων πρακτικών και τεχνολογιών.

Η εξόρυξη βωξίτη στον ελλαδικό χώρο αποτελεί μια σημαντική δραστηριότητα με μεγάλη οικονομική σημασία, προσφέροντας απασχόληση και συμβάλλοντας στην ανάπτυξη των τοπικών οικονομιών. Ωστόσο, οι περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις της εξόρυξης απαιτούν προσεκτική διαχείριση και λήψη μέτρων για την προστασία του περιβάλλοντος και των τοπικών κοινοτήτων. Με την εφαρμογή των κατάλληλων πρακτικών και τεχνολογιών, είναι δυνατόν να επιτευχθεί μια ισορροπία μεταξύ οικονομικής ανάπτυξης και περιβαλλοντικής προστασίας (Κατωπόδης, 2011, Μέλφος, Βουδούρης, 2022).

1.4 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΕ ΕΥΡΩΠΗ ΚΑΙ ΕΛΛΑΔΑ

Η ευρωπαϊκή νομοθεσία έχει συμβάλει στον εκσυγχρονισμό και τη διαμόρφωση των ελληνικών μεταλλευτικών νόμων. Η μεγαλύτερη πρόοδος που σημειώθηκε μετά την επιρροή της Ευρώπης, ιδίως σε θέματα ασφάλειας και υγείας στο χώρο εργασίας και

περιβάλλοντος. Σύμφωνα με την Ευρώπη, έχει υιοθετηθεί ένας μεγάλος αριθμός ελληνικών νόμων για τη συμμόρφωση τους με βάση τα πρότυπα της Ευρώπης. Έγινε μια σύντομη ενδεικτική αναφορά στη συμβολή του στο ευρωπαϊκό νομοθετικό κείμενο και στη σχετική ελληνική νομοθεσία. Το ευρωπαϊκό νομοθετικό κείμενο για τη θέσπιση κανόνων για την προστασία της υγείας των εργαζομένων και την ασφάλεια του εργασιακού περιβάλλοντος έχει ως εξής: Πρώτον, η οδηγία 89/654 / ΕΟΚ καθορίζει τα ελάχιστα πρότυπα υγείας και ασφάλειας που πρέπει να τηρούνται στον χώρο εργασίας. Η οδηγία 92/58 / ΕΟΚ επιβάλλει και ορίζει το ζήτημα των συμπτωμάτων ασφάλειας και υγείας στον χώρο εργασίας. Η οδηγία 89/656 / ΕΟΚ απαιτεί και ρυθμίζει την προμήθεια και χρήση μέσων ατομικής προστασίας και οδηγίων, όπως τροποποιήθηκε με την οδηγία 93/95/ΕΟΚ, η οδηγία 89/686/ΕΟΚ ορίζει και θεσπίζει τους κανόνες για τη χρήση μέσων ατομικής προστασίας (ΜΑΠ). Υπάρχουν ορισμένοι νόμοι σε σχέση με την ύπαρξη παραγόντων είτε φυσικών, είτε χημικών, είτε βιολογικών στο χώρο εργασίας. Ειδικότερα, η έκθεση των εργαζομένων σε επιβλαβείς φυσικούς παράγοντες ρυθμίζεται από την οδηγία 2002/44 / ΕΚ σχετικά με τους κινδύνους που προκύπτουν από τις δονήσεις. Η οδηγία 2003/10 / ΕΚ καθορίζει το νομικό πλαίσιο και τα αναγκαία πρότυπα για την έκθεση των εργαζομένων (χώροι εργασίας) στον θόρυβο. Τα όρια έκθεσης σε φυσικούς, χημικούς ή βιολογικούς παράγοντες καθορίζονται από την οδηγία 91/322 / ΕΟΚ. Όρια στην επαγγελματική έκθεση των εργαζομένων σε χημικές ουσίες για την προστασία της ασφάλειας και της υγείας ορίζεται από την Οδηγία 2000/39 / ΕΚ. Η ύπαρξη ορισμένων διατάξεων σχετικά με τις επιβλαβείς επιπτώσεις της έκθεσης στον αμίαντο στην υγεία των εργαζομένων δείχνει ότι ο κίνδυνος έκθεσης στον αμίαντο είναι υψηλός. Ειδικότερα, η οδηγία 2003/18/ΕΚ αποσκοπεί στην προστασία των εργαζομένων που εκτίθενται στον αμίαντο ως αποτέλεσμα της εργασίας τους.

Υπάρχει εκτεταμένη συζήτηση σχετικά με τα μεγάλα ατυχήματα και τις τεράστιες συνέπειές τους, όχι μόνο για την πλειοψηφία των εργαζομένων στο εργοστάσιο, αλλά και για εκείνους που ζουν στην βιομηχανική περιοχή. Το ευρωπαϊκό δίκαιο ρυθμίζει αυτό το φλέγον πρόβλημα με μια οδηγία γνωστή ως SEVESO, η οποία εξελίσσεται συνεχώς με βάση την εξέλιξη της πραγματικότητας. Τρέχουσες οδηγίες όπως (2003/105/ΕΚ) το SEVESO II αντικαθιστά τον προκάτοχό του SEVESO I (82/501/ΕΚ) και δημιουργεί ένα πλαίσιο για την πρόληψη και τη διαχείριση κινδύνων λόγω ατυχημάτων. Σε αυτό το σημείο, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η οδηγία SEVESO III (2012/18/ εκ) τίθεται σε ισχύ το 2015/6. Η κύρια διαφορά είναι ότι θα επιβάλλεται αποτελεσματική συμμετοχή και προστασία του ενδιαφερόμενου ή επηρεαζόμενου από βιομηχανικές εξορυκτικές δραστηριότητες. Επιπλέον, το SEVESO III, που αναφέρθηκε παραπάνω, καθιστά την νομοθεσία περί εφαρμογής κανόνων ασφαλείας πιο αυστηρούς.

Αξίζει, επίσης, να σημειωθεί η συμβολή της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας στα περιβαλλοντικά προβλήματα που σχετίζονται με τις εξορυκτικές δραστηριότητες. Η οδηγία 92/43 / ΕΟΚ προσδιορίζει περιοχές κοινοτικής σημασίας και καθορίζει τις περιοχές που περιλαμβάνονται στο δίκτυο NATURA2000. Η οδηγία 97/11 / ΕΕ ρυθμίζει επίσης και εφαρμόζει αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός έργου ή δραστηριότητας (δημόσιου ή ιδιωτικού), αναλυτικότερα, ταξινόμηση των έργων ανάλογα με τη σοβαρότητα των επιπτώσεών τους

και διαφορετική μεταχείριση σε κάθε περίπτωση. Η οδηγία 96/61 / ΕΕ καθορίζει τις απαιτήσεις για ολοκληρωμένη πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης, καθώς και τον περιορισμό της δραστηριότητας. Η παρούσα οδηγία τροποποιήθηκε με την οδηγία 2003/35/ΕΚ που ρυθμίζει τη συμμετοχή του κοινού στην προετοιμασία περιβαλλοντικών έργων και λόγω των προβλημάτων που ενδεχομένως να προκύψουν, η γενική πιθανότητα πρόσβασης του κοινού στη δικαιοσύνη. Υπάρχουν ειδικές νομικές διατάξεις για την αποκατάσταση του περιβάλλοντος και τα απόβλητα εξόρυξης που ρυθμίζονται από την οδηγία 2004/35 /ΕΚ (ELD), η οποία ορίζει και ρυθμίζει την περιβαλλοντική ευθύνη που σχετίζεται με την πρόληψη και αποκατάσταση περιβαλλοντικών ζημιών, και την οδηγία 2006/21 /εκ (πιο συγκεκριμένα για την ευθύνη για τη διαχείριση των αποβλήτων από τη βιομηχανία εξόρυξης) σύμφωνα με την αρχή "ο ρυπαίνων πληρώνει". Η Ευρωπαϊκή Ένωση με την οδηγία 2008/99 / ΕΚ για την προστασία των περιβαλλοντικών εγκλημάτων, αποδεικνύει την αποφασιστικότητά της για την καταπολέμηση των περιβαλλοντικών εγκλημάτων, επομένως, μεταξύ άλλων, «περιβαλλοντικό έγκλημα», είναι, επίσης, η παράνομη απελευθέρωση ή απόρριψη ουσιών στον αέρα, στο νερό ή στο έδαφος. Το ελληνικό νομοθετικό κείμενο που ήδη αναφέρθηκε, εναρμονισμένη με την οδηγία 4042/2012 περί οδηγίας 2008/99 / ΕΚ που αφορά την εφαρμογή ποινικών κυρώσεων σε περίπτωση παραβίασης των σχετικών διατάξεων με σκοπό την σωστή και ασφαλή διαχείριση των αποβλήτων.

Επιπλέον, η Ευρωπαϊκή οδηγία 2010/75 / εκ (IPPC-ολοκληρωμένος έλεγχος ρύπανσης και πρόληψης) είναι ο διάδοχος της οδηγίας 2008/1 / ΕΚ και πρέπει επίσης να αναφερθεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση στα ακόλουθα θέματα: πρόληψη, έλεγχος και ελαχιστοποίηση της ρύπανσης που προκαλείται από βιομηχανικές εξορυκτικές δραστηριότητες, (παράρτημα Ι της οδηγίας 2010/75 / εκ). Η έννοια του «ο ρυπαίνων πληρώνει» έχει προτεραιότητα, όπως ισχύει για όλους τους ευρωπαϊκούς νόμους. Στην πραγματικότητα, η οδηγία 2010/75 / αντικαθιστά την οδηγία 2008/1 / ΕΚ και χρησιμοποιεί μια ενιαία και επομένως πιο αποτελεσματική απάντηση σε σχέση με το ζήτημα των βιομηχανικών εκπομπών σε σχέση με αυτήν και τις άλλες έξι σχετικές νομοθεσίες. Τα κύρια στοιχεία που αποδίδονται σε αυτό το νομοθετικό κείμενο είναι:

1. Οι προσπάθειες για την εξασφάλιση ποιοτικής προστασίας του περιβάλλοντος λόγω υψηλών εκπομπών.
2. Η εφαρμογή των αρχών της πρόληψης της ρύπανσης και των συναφών διαδικασιών ή παρακολούθηση των εκπομπών κυρίως στην πηγή των εκπομπών.
3. Η ευελιξία των μεθόδων που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του αντικτύπου κάθε περίπτωσης σε συνδυασμό με λεπτομερείς απαιτήσεις υποβολής εκθέσεων από τους εκμεταλλευτές
4. Μεγαλύτερη συμμετοχή του κοινού για την λήψη αποφάσεων

Ειδικότερα, θεσπίζει βασικές αρχές όπως είναι η ομαλή λειτουργία της διαδικασίας της εξόρυξης (άρθρο 11). Η οδηγία ενθαρρύνει επίσης τη χρήση "υφιστάμενων βέλτιστων πρακτικών". Επιπλέον, γίνεται προώθηση της αποτελεσματικής και αποδοτικής χρήσης των

πόρων και της διαχείρισης των αποβλήτων, πιο συγκεκριμένα, είναι δυνατό και τελικά θα οδηγήσει στην επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση προκειμένου να μειωθούν τα οικονομικά προβλήματα και η μείωση των τεχνικών αποβλήτων και γενικότερα των αρνητικών επιπτώσεων. Η οδηγία ρυθμίζει επίσης θέματα εξόρυξης όπως η μέριμνα που αφορά την μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της βιομηχανίας ακόμη και αφού σταματήσει η λειτουργία της, γεγονός το οποίο επιτυγχάνεται με την επιβολή μέτρων. Στο νομοθετικό πλαίσιο της Ελλάδας προστέθηκε η οδηγία 2010/75/EK η οποία ύστερα από υπό επεξεργασία μετατράπηκε στην πιο σύγχρονη ΚΥΑ36060/155 / Ε.103. Στα άρθρα 8-23 υιοθετούνται θέματα όπως τα απόβλητα αυτών των βιομηχανιών, η πρόληψη, η αποδοτική χρήση των πόρων, η επαναχρησιμοποίηση, ανάκτηση ή ανακύκλωση και η χρήση μεθόδων που συμφέρουν οικονομικά, δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον και πρακτικά δυνατή με σκοπό την αποτελεσματικότερη διαχείριση των αποβλήτων. Με το πέρας της λειτουργίας της βιομηχανίας εξακολουθεί να παρατηρούνται οι τυχόν επιπτώσεις που επέφερε η βιομηχανία, γίνονται μετρήσεις με βάση στοιχεία που υπήρχαν από την λειτουργία της εγκατάστασης, και επιβάλλεται σύστημα παρακολούθησης των υπόγειων υδάτων και του εδάφους.

Σε κάθε περίπτωση, η ευρωπαϊκή νομοθεσία αποτέλεσε και αποτελεί μια οδό εκσυγχρονισμού της ελληνικής έννομης τάξης. Συνοπτικά θα αναφερθούν τρία παραδείγματα τριών ελληνικών εταιρειών όπου λήφθηκε υπόψη και απαιτήθηκε, τουλάχιστον, από την Αρμόδια Αρχή η υπαγωγή και συμμόρφωση με την Οδηγία 2010/75/EC αλλά και την προκάτοχό της 2008/1/EC και τα σχετικά BREF's (Best Available Techniques Reference Documents) ή τα ΒΔΤ (Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές) ή ΒΔΠ (Βέλτιστες Διαθέσιμες Πρακτικές).

- Στην πρώτη περίπτωση για έγκριση των Περιβαλλοντικών Όρων (ΑΕΠΟ) της εταιρίας «ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.» λήφθηκε υπόψη η προηγούμενη Οδηγίας IPPC 2008/1/EC και το κείμενο αναφοράς BREF 08.2006 (Σχετικό Έγγραφο αρ. 59β της με αρ. Α.Π. οικ. 201745/26-6-2011 Κοινής Υπουργικής Απόφασης).
- Στην περίπτωση της εταιρίας «ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΝ Α.Ε.» τροποποιήθηκε η «Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων» με την Απόφαση την αρμόδιας Αρχής Περιβάλλοντος προς υπαγωγή στην Οδηγία IPPC 2008/1/EC και την συμμόρφωση με την νεότερη 2010/75/EC (Σχετικό Έγγραφο αρ. 28 της Απόφασης με αρ. πρωτ. 213279/11 – 3 – 2013).
- Τέλος, στην περίπτωση της εταιρίας «ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ ΑΜΒΝΕΕ» η αρμόδια Αρχή τροποποίησε την «Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων» προς επικαιροποίηση και υπαγωγή στη νέα Οδηγία 2010/75EC (Σχετικό έγγραφο αρ. 11 της Απόφασης με αρ. πρωτ. 7437/ 21 -10 -2013).

Προκύπτει η πρόθεση της Ελληνικής Πολιτείας να ακολουθεί η ελληνική εξορυκτική-μεταλλευτική βιομηχανία την εξέλιξη και τις ευρωπαϊκές νομοθετικές εξελίξεις (Ζευγολατάκου, 2021).

1.5 ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΑ

1.5.1 ΛΙΓΝΙΤΗΣ

Ο λιγνιτικός άνθρακας είναι άνθρακας που σχηματίζεται κατά το πρώτο στάδιο της απανθράκωσης, δηλαδή της μετατροπής της νεκρής οργανικής ύλης σε ανόργανη ανθρακούχα ύλη. Λαμβάνεται από φυτικά υπολείμματα που υφίστανται μια σειρά διαδικασιών ενανθράκωσης. Οι διεργασίες αυτές συνέβησαν σε έλη και λίμνες κατά τους πρόσφατους γεωλογικούς χρόνους. Ο λιγνιτικός άνθρακας σχηματίστηκε στο πρώτο στάδιο της ενανθράκωσης αμέσως μετά την τύρφη (Παπαοικονόμου, 2010).



Σχήμα 1.2: Λιγνιτικός άνθρακας

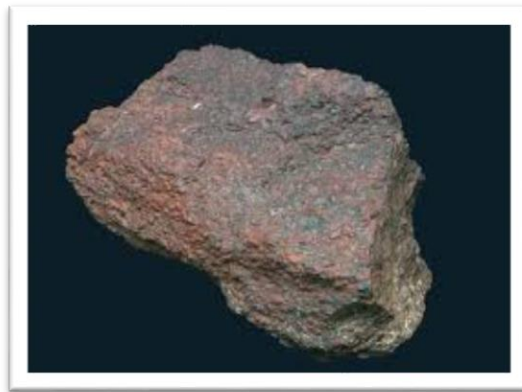
1.5.2 ΝΙΚΕΛΙΟ

Σήμερα, το νικέλιο παράγεται κυρίως και διατίθεται με τη μορφή 3 προϊόντων: καθαρό νικέλιο, σιδηρονικέλιο και οξείδιο του νικελίου. Το καθαρό νικέλιο χαρακτηρίζεται από την περιεκτικότητά του σε νικέλιο και κοβάλτιο και πωλείται με τη μορφή γκοφρετών, πλινθωμάτων και στρογγυλών τεμαχίων, καθώς και με τη μορφή κυλίνδρων, σφαιρών και σκονών.

Η ανάκτηση του νικελίου από λατερίτη είναι δύσκολη λόγω της πολυπλοκότητας της ορυκτολογικής σύνθεσης και της περιορισμένης εφαρμογής γνωστών τεχνικών. Η ποικιλία των μεταλλευμάτων και η έλλειψη συγκεκριμένων ορυκτών νικελίου που μπορούν να ανακτηθούν με παραδοσιακές φυσικές ή φυσικοχημικές μεθόδους εμπλουτισμού αντιπροσωπεύουν τους κύριους λόγους για τη σχετικά περιορισμένη εκμετάλλευση του λατερίτη.

Πρόσθετες δυσκολίες προκύπτουν λόγω του γεγονότος ότι το μέταλλευμα περιέχει άλλα μέταλλα που δεν μπορούν να εξαχθούν οικονομικά, όπως ο σίδηρος, το κοβάλτιο και το χρώμιο. Η ποικιλία των μεταλλευμάτων γενικά οδήγησε στην ανάπτυξη διαφόρων μεθόδων εξόρυξης νικελίου, μερικές από τις οποίες είναι εμπορικά δραστικές και είναι πυρομεταλλουργικές, υδρομεταλλουργικές ή συνδυασμός πυρο και υδρομεταλλουργίας.

Κάθε μία από τις μεθόδους εξόρυξης νικελίου ισχύει επίσης για διαφορετικούς τύπους λατερίτη, ανάλογα με τις λεπτομέρειες του μεταλλεύματος που επεξεργάζεται κάθε φορά (Κουτσαυτάκης, 2011).



Σχήμα 1.3: Απεικόνιση καθαρού Νικελίου

1.5.3 ΒΩΞΙΤΗΣ

Ο βωξίτης είναι ένα κιτρινόλευκο ιζηματογενές στερεό πέτρωμα που παράγει αλουμίνα, ένα μέταλλευμα που προέρχεται από κράμα άλλων ορυκτών πετρωμάτων.

Περιέχει υδροξείδιο του αργιλίου, υδροξείδιο και οξείδιο του σιδήρου και οξείδιο του τιτανίου. Περιέχει επίσης καολίνη και αλουνίτη. Τα σημαντικότερα κοιτάσματα βωξίτη στη χώρα είναι στην Κεντρική Ελλάδα στην περιοχή του Ελικώνα, του Παρνασσού και της Γκιώνας. Η αναλογία των οξειδίων σιδήρου ως προς την συνολική ποσότητα του βωξίτη, καθορίζει το χρώμα του. Όταν περιέχει αιματίτη (Fe_2O_3) έχει κόκκινο χρώμα κίτρινο χρώμα όταν περιέχει λεμονίτη ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{NH}_2\text{O}$) και γκρι ή λευκό χρώμα εάν δεν περιέχει καθόλου αιματίτη αλλά είναι πλούσιος σε οξείδιο αργιλίου (Αβραμήλα, 2020).



Σχήμα 1. 4: Απεικόνιση ορυκτού Βωξίτη

1.5.4 ΜΑΡΜΑΡΑ ΚΑΙ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΜΑΡΜΑΡΟΥ

Από επιστημονική άποψη, το μάρμαρο είναι ένα πέτρωμα αποτελούμενο κατά κύριο λόγο από ασβεστίτη και δολομίτη λεπτόκοκκης μορφής. Το γεγονός ότι όλοι του οι κόκκοι έχουν

το ίδιο μέγεθος, αποκαλείται γρανοβλαστικός ή αλλιώς σακχαροειδής ιστός. Όσον αφορά τεχνικά θέματα, το μάρμαρο, είτε με μορφή κόκκων είτε με πιο συμπαγής μορφή, υπό την κατάλληλη επεξεργασία, δηλαδή, εάν κοπούν, λειανθούν και στιλβωθούν, είναι έτοιμα προς χρήση.

Γνωρίζοντας, τις ιδιότητες του μαρμάρου είτε φυσικές είτε μηχανικές, καθορίζεται έτσι η ποιότητα και κατά συνέπεια και η αξία του στην αγορά. Προκειμένου όμως να κριθεί ένα μάρμαρο κατάλληλο για την κατασκευή ενός έργου, λαμβάνονται υπόψη διάφορες παράμετροι, όπως για παράδειγμα ή αντοχή του χρώματος, οι μετρήσεις των οποίων διαφέρουν από έργο σε έργο και ανά τα χρόνια.

Οι πιο σημαντικές και πιο διαδεδομένες χρήσεις του μαρμάρου είναι οι παρακάτω:

- Για την επίστρωση δαπέδων: τα συγκεκριμένα μάρμαρα θα πρέπει να έχουν αντοχή στην τριβή, την θλίψη και την κρούση, αλλά και να είναι αισθητικά προσεγμένα
- Όσον αφορά την επίστρωση εξωτερικών χώρων, τα μάρμαρα εκτός του ότι δίνουν άλλη αισθητική στον χώρο, λειτουργούν και ως μονωτικά, για τον λόγο αυτό τα μάρμαρα αυτά δίνετε να έχουν μεγάλη αντοχή και μικρή απορροφητικότητα. Συνήθως αυτές τις ιδιότητες τις έχουν τα λεπτόκοκκα μάρμαρα, αναλυτικότερα, τα μάρμαρα που δεν περιέχουν τίποτα άλλο εκτός από ασβεστίτη και δολομίτη.
- Σε χώρους υγιεινής
- Για την κατασκευή τζακιών και επίπλων
- Για την κατασκευή σκαλιών, συνίσταται μάρμαρα, με αντοχή στην θλίψη, την κρούση αλλά και στον παγετό, και να είναι εύκολα στην καθαριότητα, άρα συμπαγή και ομογενή.
- Σε καλλιτεχνικά έργα όπως γλυπτά, μνημεία και σιντριβάνια
- Σε αστικά έργα, όπως για παράδειγμα, κατασκευή πεζοδρομίων, πλατειών και χώρων (Φιλιππίδης, Τσιραμπίδης, 2015).



Σχήμα 1.5: Απεικόνιση ορυκτού μαρμάρου

1.5.5 ΑΔΡΑΝΗ ΟΡΥΚΤΑ

Τα αδρανή ορυκτά αποτελούν σημαντικό μέρος της εξορυκτικής και μεταλλευτικής βιομηχανίας, καθώς χρησιμοποιούνται ευρέως σε κατασκευαστικά έργα και άλλες εφαρμογές. Αυτά τα υλικά είναι φυσικά ορυκτά που χρησιμοποιούνται χωρίς σημαντική μετατροπή, κυρίως λόγω των φυσικών τους ιδιοτήτων. Τα κυριότερα αδρανή ορυκτά περιλαμβάνουν άμμο, χαλίκι, θραυστό υλικό και φυσικές πέτρες.

- Άμμος: Συνήθως αποτελείται από μικρούς κόκκους χαλαζία και χρησιμοποιείται ευρέως στην κατασκευή σκυροδέματος, στην παρασκευή κονιαμάτων και ως υλικό επίστρωσης για διάφορες επιφάνειες.
- Χαλίκι: Αποτελείται από μεγαλύτερα κομμάτια πετρώματος και χρησιμοποιείται κυρίως ως αδρανές στο σκυρόδεμα και για την επίστρωση δρόμων και διαδρόμων.
- Θραυστό υλικό: Αποτελείται από τεχνητά θρυμματισμένα πετρώματα και χρησιμοποιείται κυρίως στην κατασκευή δρόμων, σιδηροδρομικών γραμμών και άλλων υποδομών. Τα θραυστά υλικά μπορούν να προέρχονται από διάφορους τύπους πετρωμάτων, όπως ασβεστόλιθος, γρανίτης και βασάλτης.
- Φυσικές πέτρες: Περιλαμβάνουν διάφορες φυσικές πέτρες που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή κτιρίων, μνημείων και άλλων αρχιτεκτονικών έργων. Κάποιες από αυτές είναι ο γρανίτης, το μάρμαρο, ο ασβεστόλιθος και ο ψαμμίτης.

Η κύρια χρήση των αδρανών ορυκτών είναι στις κατασκευές, όπου χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σκυροδέματος, ασφάλτου και άλλων οικοδομικών υλικών. Τα αδρανή ορυκτά είναι βασικά υλικά για την κατασκευή και τη συντήρηση δρόμων και γεφυρών, προσφέροντας σταθερότητα και αντοχή στις κατασκευές αυτές. Άμμος, χαλίκι και θραυστό υλικό χρησιμοποιούνται ως κύρια συστατικά στην παραγωγή τσιμέντου και ασφάλτου. Οι φυσικές πέτρες χρησιμοποιούνται σε αρχιτεκτονικές και διακοσμητικές εφαρμογές, προσφέροντας αισθητική και λειτουργικότητα σε κτίρια και μνημεία (Πολύδερης, 2021).

1.5.6 ΜΑΓΝΗΣΙΤΗΣ

Ο μαγνησίτης (MgCO_3) είναι ανθρακικό λόγω της παρουσίας ανθρακικών ιόντων. Ο μαγνησίτης εμφανίζεται συνήθως με τη μορφή πυκνών ή κοκκωδών σβώλων. Το ορυκτό παρουσιάζει σκληρότητα 4 στην κλίμακα Mohs και σχετική πυκνότητα 3 g/cm^3 . Η ποσότητα μαγνησίου μειώνεται με τη συσσώρευση θαλασσινού νερού και η ποσότητα οικονομικής αξίας (κοιτάσματα μεταλλεύματος μαγνησίτη) οφείλεται στην επίδραση του διαλύματος διττανθρακικού Mg στον ασβεστόλιθο, ο οποίος σχηματίζει ασβεστίτη και δολομίτη στο πρώτο στάδιο και στη συνέχεια μαγνησίτη. Μια άλλη μορφή σχηματισμού είναι ένα θερμό διάλυμα που περιέχει CO_2 σε υπερβατικούς βράχους πλούσιους σε περιδοτίτη που σχηματίζουν σερπεντίνη και μαγνησίτη. Ο μαγνησίτης είναι η πρώτη ύλη για την παραγωγή πυρίμαχων υλικών και ειδικών τύπων τσιμέντου (λειαντική ασβεστοποιημένη σκόνη Mg για τσιμέντο - τσιμέντο Sorel).

Η κύρια μέθοδος πυρίμαχης παραγωγής μαγνησίτη βασίζεται στη θερμική επεξεργασία:

α) τη χρήση αζονικών ή περιστροφικών κλιβάνων έως 1500-1800°C

β) λιώνοντας, στον ηλεκτρικό φούρνο με θερμοκρασία επάνω από 2500°C

Το κατασκευασμένο προϊόν δεν θεωρείται πια ενεργό και χρησιμοποιούνται στην κατασκευή πυρίμαχων υλικών (τούβλα, σφαιρίδια, κ.λπ). Ο μαγνησίτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή ζωοτροφών και λίπασμα για τη χρήση στη χημική βιομηχανία, οικοδομική βιομηχανία, παραγωγή χαρτιού και στην ουδετεροποίηση του όξινου νερού (Παγωνά, 2022).



Σχήμα 1.6: Απεικόνιση ακατέργαστου Μαγνησίτη

1.5.7 ΠΕΡΛΙΤΗΣ



Σχήμα 1.7: Διογκωμένος περλίτης (αριστερά) και το αρχικό πέτρωμα (δεξιά)

Ο περλίτης είναι ένα ηφαιστειακό υαλώδες πέτρωμα με βάση το άμορφο διοξείδιο του πυριτίου. Λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε νερό, επεκτείνεται 10-20 φορές τον αρχικό του όγκο όταν εκτίθεται σε θερμοκρασίες μεταξύ 800-850°C. Όταν εκτίθεται σε υψηλές θερμοκρασίες, το κρυσταλλικό του νερό απελευθερώνεται και επηρεάζοντας έτσι

τον όγκο του ανάλογα όμως τον αρχικό όγκο που καταλαμβάνει κάθε κόκκος. Δεν επηρεάζει το περιβάλλον καθώς είναι φιλικό προς αυτό, αφού κατά την επεξεργασία του δεν παράγονται χημικά και σε συνδυασμό με την τιμή του PH, η οποία είναι ουδέτερη (=7), τον καθιστά κατάλληλο για πολλαπλές και διαφορετικές εφαρμογές (Φατσέας, 2015).

1.5.8 ΜΠΕΝΤΟΝΙΤΗΣ

Ο μπεντονίτης είναι ένα πέτρωμα που ανήκει στην κατηγορία του σμεκτίτη δηλαδή των ορυκτών μειγμάτων με κυρίαρχο συστατικό τον μοντμοριλλονίτη (>80%) και σπάνια άλλα είδη. Αυτά με περιεκτικότητα σε μοντμοριλλονίτη μικρότερη από 60% ταξινομείται ως μπεντονιτική άργιλος. Περιέχει διάφορα βοηθητικά ορυκτά. Οι πιο συνηθισμένες προσμίξεις είναι ο χαλαζίας, ο αστρίτης, ο ασβεστίτης και ο γύψος, που ποικίλλουν σε βιομηχανική αξία ανάλογα με τη χρήση τους. Οι διάφορες προσμίξεις αλλάζουν επίσης το χρώμα τους ανάλογα με το βάθος από το οποίο εξορύσσονται και τη σύστασή τους. Μπορεί να είναι κίτρινα, πράσινα, γκριζα ή μπλε. Ο σχηματισμός του οφείλεται στην αποσάθρωση των ηφαιστειακών πετρωμάτων και της ηφαιστειακής τέφρας υπό την επίδραση υδροθερμικών διαλυμάτων.

Στη βιομηχανία, ο μπεντονίτης χρησιμοποιείται κυρίως για την έκφραση των φυσικών ιδιοτήτων του. Ωστόσο, η χημική σύνθεση αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την πρόκληση αλλαγών στις φυσικές του ιδιότητες.

- Υψηλή ικανότητα προσρόφησης.

Η ικανότητα προσρόφησης εξαρτάται από την ειδική επιφάνεια και τη φυσική και χημική κατάσταση του υλικού. Ο μπεντονίτης μπορεί να προσροφήσει μεγάλες ποσότητες νερού λόγω του μικρού μεγέθους των σωματιδίων του και της μεγάλης ειδικής επιφάνειας που προκύπτει από τον μοντμοριλλονίτη. Το νερό μπορεί να προσροφηθεί τόσο στην εξωτερική επιφάνεια όσο και στον ενδιάμεσο χώρο. Το νερό στον ενδιάμεσο χώρο συγκρατείται πιο σφιχτά από ό,τι το νερό στην εξωτερική επιφάνεια, οπότε η εκρόφησή του απαιτεί μεγαλύτερη προσπάθεια. Σε υδατικό διάλυμα ο μπεντονίτης τείνει να διασπάται σε μικρότερα σωματίδια. Αυτό οφείλεται στην ενυδάτωση του σμεκτίτη, η οποία, αν διογκωθεί πολύ, προκαλεί τον διαχωρισμό των κρυστάλλων και την κολλοειδή τους μορφή. Η διαδικασία αυτή βελτιώνει τις ιδιότητες ολίσθησης του μπεντονίτη και ενισχύει τις ιδιότητες άντλησης, καθιστώντας τον κατάλληλο για χρήση ως συνδετικό υλικό.

- Υψηλή πλαστικότητα.

Η αναλογία νερού προς άργιλο και ο βαθμός ενυδάτωσης επηρεάζουν την πλαστικότητα. Όταν ο μπεντονίτης αναμιγνύεται με μικρή ποσότητα νερού, σχηματίζεται μια κολλώδης μάζα. Η πλαστικότητα αυξάνεται καθώς αυξάνεται η αναλογία νερού/άργιλου. Η ενυδάτωση απαιτεί χρόνο ανεξάρτητα από την ποσότητα του νερού. Επομένως, μετά την ενυδάτωση στο κονίαμα η σταθερότητά του μπορεί να αυξηθεί. Όταν ο μοντμοριλλονίτης απορροφά τη μέγιστη ποσότητα νερού, η περίσσεια λειτουργεί ως λιπαντικό για τα ενυδατωμένα σωματίδια.

- Θιξοτροπία σε ιξώδη αιωρήματα

Η θιξοτροπία είναι ένα φαινόμενο κατά το οποίο μια ιξώδης ουσία μετατρέπεται σε κολλοειδές αιώρημα και το ιξώδες της μειώνεται όταν διαταράσσεται η σταθερή της κατάσταση. Ο ρυθμός και η ένταση της μεταβολής του ρυθμού διάτμησης εξαρτάται από το ιξώδες του μέσου, το μέγεθος των διαλυμένων σωματιδίων και τη θερμοκρασία. Αυτό παρατηρήθηκε και στο κονίαμα μπεντονίτη, το οποίο έγινε ασταθές κατά την ανάμιξη, αν και το κονίαμα μπεντονίτη έχει σταθερή μορφή (Σιώπη, 2019).



Σχήμα 1.8: Πέτρωμα Μπεντονίτη

1.5.9 ΚΙΣΣΗΡΙΣ (ελαφρόπετρα)

Ορυκτό με κελυφοειδή δομή, χημικά αδρανές και ηφαιστειογενής προέλευσης. Το πορώδες του υλικού οφείλεται στα κενά που παράγονται από την απελευθέρωση ατμού κατά την ψύξη της λάβας. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι πόροι που δημιουργούνται καταλαμβάνουν το 50% του συνολικού όγκου. Η επίσημη ονομασία της είναι amorphous aluminium silicate ή αλλιώς άμορφο πυριτικό αργίλιο. Η κύρια χημική της σύσταση είναι διοξείδιο πυριτίου σε συνδυασμό με τριοξείδιο αργιλίου ή και άλλων στοιχείων που αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα.



Σχήμα 1.9: Ελαφρόπετρα

Πίνακας 1.1: Ενδεικτική χημική σύσταση κίσσης, μετρήσεις της ΛΑΒΑ Α.Ε. (Ελληνική βιομηχανία εξόρυξης κίσσης)

Συστατικά	Ποσοστό %
Διοξείδιο Πυριτίου	71,9 %
Τριοξείδιο Αργιλίου	12,66%
Τριοξείδιο Σιδήρου	1,13%
Οξείδιο Ασβεστίου	1,46%
Οξείδιο Μαγνησίου	0,32%
Τριοξείδιο Θείου	0,03%
Οξείδιο Καλίου	4,3%
Οξείδιο Νατρίου	3,45%
Απώλεια Πυρώσεως	4,53%
Απροσδιόριστα στοιχεία	0,21%

Πίνακας 1.2: Προϊόντα της ΛΑΒΑ Α.Ε. με βάση την κοκκομετρική διαβάθμιση

Κοκκομετρία	Ονομασία εμπορίου
0-3 mm	Special Besser
0-8 mm	Besser
2-10 mm	Rice
0-16 mm	German
16-40mm	Stone Wash

Η ελαφρόπετρα έχει ως κύρια χαρακτηριστικά του την ομοιογενή ποιότητα, χαμηλό ειδικό βάρος, σταθερό ομοιόμορφο λευκό χρώμα και θερμομονωτικές και ηχοαπορροφητικές ιδιότητες. Με βάση λοιπόν αυτών των ιδιοτήτων χρησιμοποιείται κυρίως:

1. Σε κατασκευές καθώς κρίνεται κατάλληλη για την παραγωγή δομικών υλικών, σκυροδέματος, μονωτικών υλικών κλπ.
1. Σε αγροτικές καλλιέργειες: χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα σε υδροπονικές καλλιέργειες, ως λίπασμα αλλά και για την κάλυψη εδαφών.
2. Στις γεωτεχνικές μελέτες, σε κατασκευές όπως κατασκευή οδικού δικτύου, λιμανιού ακόμη και ανοικοδόμηση πολυκατοικίας, καθώς με την χρήση του δεν επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και κυρίως στην ποιότητα του εδάφους και των υπόγειων υδάτων.

Κάποιες, δευτερεύουσας σημασίας, χρήσεις της ελαφρόπετρας είναι:

- Για τον καθαρισμό ιστορικών μνημείων με την χρήση πιεστικού εργαλείου

- Για την πλύση υφασμάτων
- Για την λείανση αντικειμένων
- Κρίνεται κατάλληλο και για το φιλτράρισμα του νερού (Κυρίτσης, 2015)

1.6 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

Τα πετρώματα που υπόκεινται σε εξόρυξη αποτελούν σημαντικό μέρος του γεωλογικού πλούτου της Γης και αποτελούν τη βάση για πολλές βιομηχανικές και καταναλωτικές δραστηριότητες. Τα χαρακτηριστικά αυτών των πετρωμάτων διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο και την περιοχή εξόρυξης, ωστόσο, υπάρχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά που ξεχωρίζουν:

1. Η σύσταση των πετρωμάτων περιλαμβάνει τα στοιχεία και τα μεταλλεία που περιέχονται σε αυτά. Αυτή η πληροφορία είναι κρίσιμη για την αξιολόγηση της οικονομικής εφαρμογής τους και την επιλογή των κατάλληλων τεχνολογιών εξόρυξης.
2. Η μάζα και ο όγκος των πετρωμάτων.
3. Η αντοχή του σε συνθήκες σύνθλιψης: Δηλαδή η αντοχή του σε δυνάμεις ίδιας κατεύθυνσης, η λεγόμενη μονοαξονική κατάσταση, και ίδιας φοράς.
4. Η αντοχή του σε εφελκυσμό: Η αντοχή σε μία μονοαξονική εντατική κατάσταση, δηλαδή άσκηση δυνάμεων στον ίδιο άξονα αντίθετης, όμως, φοράς.
5. Η αντοχή του σε διάτμηση: Η καταπόνηση δηλαδή που εμφανίζεται σε ένα σώμα όταν του ασκούνται δύο ίσες κατά μέτρο δυνάμεις που ενεργούν κάθετα στον άξονα του σώματος (εικόνα) (Κυρίτσης, 2015).
6. Η σκληρότητα: Είναι σημαντική για δύο λόγους: για την εκτίμηση της πλαστικότητας δηλαδή πόσο εύκολα ή δύσκολα διεισδύει το κοπτικό εργαλείο κατά την εξόρυξη αλλά και για την πρόληψη πιθανών ζημιών στα εργαλεία που χρησιμοποιούνται.
7. Ο συντελεστής τριβής μεταξύ πετρώματος και μετάλλων.
8. Αντίσταση στην κοπή: Η διατμητική αντίσταση του πετρώματος αντιπροσωπεύει τη δύναμη που πρέπει να παράγει η κοπτική ακμή του κοπτικού εργαλείου για να σπάσει το πέτρωμα κατά την εκσκαφή. Η αντίσταση εκσκαφής ορίζεται ως η μείωση της αντίστασης διάτμησης ανά μονάδα μήκους του πετρώματος (kg/cm) ή ανά μονάδα μήκους (kg/cm) της κοπτικής ακμής του εργαλείου. Ανεξάρτητα από τον τρόπο έκφρασής της, υπάρχει σαφώς ένα ευρύ φάσμα τιμών για το ποσοστό αντίστασης στην εκσκαφή του πετρώματος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι εξαρτάται από τη γεωμετρία του κοπτικού εργαλείου, τον τρόπο εφαρμογής των δυνάμεων κοπής και τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του πετρώματος. Η μέτρηση της ειδικής αντίστασης διάτμησης πραγματοποιείται στο εργαστήριο ή στο πεδίο με τη χρήση κατάλληλου εξοπλισμού (Κουτρομάνος, 2012).

9. Τα συστήματα ασυνεχειών στη μάζα του πετρώματος: Σύμφωνα με τον Müller (1963), οι επιφάνειες ασυνέχειας των πετρωμάτων καθορίζουν τη μηχανική συμπεριφορά τους και καθιστούν τη μηχανική των πετρωμάτων ξεχωριστό κλάδο της μηχανικής. Ο όρος επιφάνεια ασυνέχειας προτιμάται από τον όρο επιφάνεια θραύσης και χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια επιφάνεια αποκόλλησης πετρώματος όπου η εφελκυστική αντοχή είναι πρακτικά μηδενική. Ο όρος αυτός είναι γενικός και δεν εξαρτάται από τη μέθοδο σχηματισμού της επιφάνειας ασυνέχειας, ενώ περιλαμβάνει τόσο τις έμφυτες όσο και τις επίκτητες δομές. Οι έμφυτες δομές περιλαμβάνουν τις αδύναμες επιφάνειες κονιάματος, τις ρωγμές αποστράγγισης και τα λεπτά στρώματα στα πυριγενή πετρώματα και τα ασθενή επίπεδα σχιστότητας στα μεταμορφωμένα πετρώματα. Οι επίκτητες δομές είναι οι ζώνες αλλοίωσης, οι αδύναμες ζώνες και τα ρήγματα (τάφροι) και ορογενετικές κινήσεις ή αποκολλήσεις (Σοφιανός, 2008).

Αυτά τα χαρακτηριστικά επηρεάζουν την επιλογή των μεθόδων εξόρυξης, την οικονομική απόδοση και τις επιπτώσεις στο περιβάλλον και την κοινωνία.

1.7 ΕΞΟΡΥΞΙΜΟΤΗΤΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

Τα πετρώματα ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό ως προς τις μηχανικές τους ιδιότητες, ανάλογα με τον τρόπο σχηματισμού τους και τις επιδράσεις που έχουν επέλθει μετά την παραγωγή στη γεωλογική τους ιστορία. Κατά συνέπεια, η συμπεριφορά τους κατά την εξόρυξη είναι επίσης μεταβλητή. Αυτό καθιστά δύσκολη τη σύγκριση των πετρωμάτων μεταξύ τους, ιδίως όταν προσπαθεί κανείς να προσδιορίσει την εξορυξιμότητά τους, δηλαδή πόσο εύκολο ή δύσκολο είναι να εξορυχθούν. Είναι, επίσης, σαφές ότι η εξορυξιμότητα ενός πετρώματος επηρεάζεται από τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για την εξόρυξή του. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι πετρώματα που χαρακτηρίζονται ως σκληρά και δύσκολα στην εξόρυξη με το χέρι μπορούν να εξορύσσονται μαλακά και εύκολα με τη χρήση ισχυρών μηχανικών εργαλείων εξόρυξης. Επομένως, η εξορυξιμότητα ενός πετρώματος θα πρέπει να αναφέρεται στα συγκεκριμένα μηχανικά εργαλεία εξόρυξης και στη μέθοδο εκσκαφής.

Η εξόρυξη πετρωμάτων, δηλαδή η μερική απομάκρυνση των πετρωμάτων από τη φυσική τους θέση, πραγματοποιείται με τη βοήθεια διαφόρων μηχανημάτων εξόρυξης, από το πιο απλό σφυρί/σμίλη μέχρι τα πιο σύνθετα και ογκώδη εκσκαφικά μηχανήματα, μεταξύ άλλων.

Τα σφυριά/σμίλες μπορούν θεωρητικά να εξορύξουν οποιοδήποτε είδος πετρώματος. Οι μηχανικοί εκσκαφείς έχουν τις ίδιες δυνατότητες. Οι διαφορές μεταξύ τους έγκεινται στις ακόλουθες πτυχές:

- Το κόστος εξόρυξης ανά μονάδα όγκου πετρώματος είναι πολύ υψηλότερο στην πρώτη περίπτωση από ό,τι στη δεύτερη.
- Η παραγωγική ικανότητα του πρώτου συστήματος εξόρυξης είναι πολύ μικρότερη από τη δεύτερη. Κατά συνέπεια, είναι σαφές ότι το πρώτο σύστημα δεν μπορεί να εφαρμοστεί ρεαλιστικά για την επίτευξη χαμηλού κόστους εξόρυξης και υψηλού όγκου παραγωγής και ότι το δεύτερο σύστημα πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω για την

επιλογή του καταλληλότερου γεωτρύπανου από το ευρύ φάσμα των διαθέσιμων γεωτρύπανων.

Κατά τη διερεύνηση αυτή, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος ανά μονάδα όγκου του προς εξόρυξη πετρώματος. Από αυτούς, σημαντική είναι η ενέργεια που καταναλώνει ο εκσκαφέας για την εξόρυξη μιας μονάδας πετρώματος.

Ο δεύτερος παράγοντας που σχετίζεται με την εξόρυξη πετρώματος είναι η απαιτούμενη απόδοση του μηχανήματος εξόρυξης, η οποία με τη σειρά της καθορίζεται από την απαιτούμενη απόδοση της επιχείρησης. Η εξόρυξη μικρής κλίμακας δικαιολογεί τη χρήση μηχανημάτων εξόρυξης χαμηλής απόδοσης, ενώ η εξόρυξη μεγάλης κλίμακας απαιτεί τη χρήση μηχανημάτων εξόρυξης υψηλής απόδοσης.

Η κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα όγκου ορυχείου και η απόδοση του μηχανήματος εξόρυξης εξαρτώνται, μεταξύ άλλων, άμεσα από τη φθορά των κοπτικών εργαλείων. Καθώς τα εργαλεία φθείρονται, η παραγωγικότητα μειώνεται και η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται αντίστοιχα. Η αυξημένη φθορά των κοπτικών εργαλείων και η αμβλύτητα των αιχμηρών ακμών μπορεί να καταστήσει αδύνατη την εξόρυξη περισσότερων πετρωμάτων με μηχανικά μέσα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΞΟΡΥΞΗΣ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ένα από τα σημαντικότερα σύγχρονα τεχνικά έργα είναι η εξόρυξη πετρωμάτων. Ο όρος εξόρυξη πετρωμάτων ή άλλη φυσική αλλοίωση (π.χ. έδαφος) αναφέρεται στην απομάκρυνση τεμαχίων πετρωμάτων από τη φυσική τους θέση.

Για την απομάκρυνση των πετρωμάτων και των ιζημάτων πρέπει να εφαρμόζονται κατάλληλοι τύποι και μεγέθη δυνάμεων προκειμένου να γίνει αποτελεσματική απόσπαση των απαιτούμενων πετρωμάτων (π.χ. θλιπτικές, εφελκυστικές και διατμητικές δυνάμεις). Υπάρχουν ειδικοί κανονισμοί που πρέπει να τηρούνται αυστηρά με σκοπό να μην υπάρξουν αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, κατά την εξόρυξή τους, αλλά και να μην αλλοιωθούν οι ιδιότητες των εν λόγω πετρωμάτων. Τέλος, η ποσότητα του εξορυσσόμενου πετρώματος θα πρέπει να αποτελείται από τεμάχια μεγέθους που να μπορούν να απομακρυνθούν εύκολα από το μέτωπο (φόρτωση και μεταφορά) και, ειδικότερα, το μέγεθος των κόκκων θα πρέπει να είναι κατάλληλο για περαιτέρω επεξεργασία (π.χ. τροφοδοσία σε μονάδες θραύσης και ταξινόμησης). Για να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι, πρέπει να εφαρμοστεί κατάλληλη πίεση στον όγκο του εξορυσσόμενου πετρώματος.

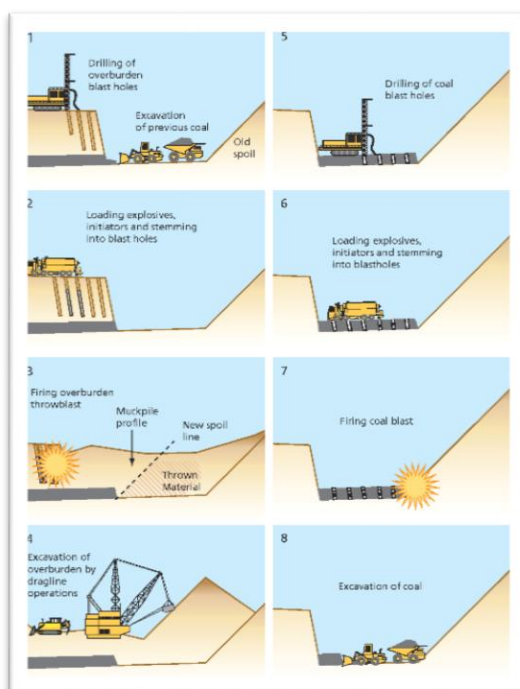
Το μέγεθος του τεμαχίου του πετρώματος μειώνεται από τη φυσική του θέση σε μέγεθος κατάλληλο για περαιτέρω επεξεργασία και χειρισμό. Η μεταβολή του μεγέθους των τεμαχίων πετρώματος από τη φυσική τους θέση στο μέγεθος του εξαγόμενου όγκου πετρώματος είναι μια θεμελιώδης παράμετρος με την οποία καθοδηγείται η διαδικασία εξόρυξης πετρώματος και είναι ιδιαίτερα σημαντική ιδίως στην ανάπτυξη κοιτασμάτων ορυκτών. Οι τάσεις που οδηγούν σε θραύση και μειώνουν το μέγεθος του τεμαχίου του πετρώματος δημιουργούνται είτε από τη χρήση εκρηκτικών ή μηχανικών μέσων. Η ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή μιας μονάδας όγκου εξορυγμένου πετρώματος αναφέρεται ως ειδική ενέργεια εξόρυξης. Η ενέργεια αυτή εξαρτάται από το επιθυμητό μέγεθος των παραγόμενων τεμαχίων πετρώματος και τη μέθοδο εξόρυξης. Κατά την εξόρυξη με εκρηκτικά, η χημική ενέργεια των εκρηκτικών μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια (Κυρίτση, 2015).

2.2. ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΚΡΗΚΤΙΚΩΝ ΥΛΩΝ

Μέθοδοι με τη χρήση εκρηκτικών υλών, δηλαδή με την εφαρμογή δυναμικών φορτίων στο υλικό και την καταστροφή του. Αναλυτικότερα, με τη χρήση εκρηκτικών μέσων αποσπάται απότομα το πέτρωμα προκειμένου να γίνει πιο εύκολη η διαλογή του και η μεταφορά του. Η χρήση αυτού του τρόπου γίνεται κατά κύριο λόγο επειδή η εξόρυξη μεγάλων ποσοτήτων είναι πιο οικονομική, από ότι με την χρήση μηχανημάτων, και λόγω του ότι οι ιδιότητες, είτε φυσικές είτε μηχανικές, του πετρώματος να το καθιστούν ανίκανο προς εξόρυξη με οποιαδήποτε άλλη μέθοδο (Καρτελιάς, 2021).

Τα κύρια στάδια της εξόρυξης των πετρωμάτων που βρίσκονται πάνω ή κάτω από το έδαφος, κυρίως στα ορυχεία που χρησιμοποιούν εκρηκτικά, είναι τα εξής:

- Διάτρηση: ανοίγεται μια οπή με τη χρήση κατάλληλου γεωτρήπανου και τοποθετούνται εκρηκτικά σε αυτήν.
- Τοποθέτηση των εκρηκτικών υλών με τη βοήθεια κατάλληλου εξοπλισμού.
- Ανατίναξη - πυροδότηση. Πρόκειται για τη διαδικασία ανατίναξης για τη διάσπαση της συνοχής του πετρώματος.
- Εκσκαφή-ανύψωση. Αυτή η διαδικασία λαμβάνει χώρα σε υπόγειες σήραγγες ή στην επιφάνεια (εξόρυξη) με σκοπό τον έλεγχο για τυχόν κατολισθήσεις
- Αντιστήριξη του πυθμένα. Η υποστήλωση πραγματοποιείται κυρίως σε υπόγειες σήραγγες. Στο παρελθόν, η υποστήλωση πραγματοποιούνταν με τη χρήση ξύλινων ή μεταλλικών κατασκευών. Στα σύγχρονα ορυχεία, οι οροφές συχνά βιδώνονται στη θέση τους. Ειδικότερα, για την αποτροπή μελλοντικών κατολισθήσεων, τοποθετούνται στην οροφή με τη χρήση ειδικών συσκευών ειδικοί κοχλίες (σφήνες) συγκεκριμένου μήκους και πλέγματος.
- Φόρτωση και μεταφορά. Αυτό περιλαμβάνει τη φόρτωση, τη μεταφορά και την αποθήκευση των υλικών (Βουλγαράκης Α., 2014).



Σχήμα 2.1: Απεικόνιση διαδικασία εξόρυξης με χρήση εκρηκτικών υλών (open pit) (Brent G., Goswami T., 2005).

2.3.ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ

Εάν το πέτρωμα είναι αρκετά μαλακό ώστε να μπορεί να εκσκαφθεί απευθείας με μηχανικούς ή υδραυλικούς εκσκαφείς, η χρήση εκρηκτικών δεν είναι απαραίτητη. Τα μηχανήματα και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιούνται για την άμεση εξόρυξη πετρωμάτων πρέπει να επιλέγονται κατάλληλα ανάλογα με το ιξώδες και τη σκληρότητα του πετρώματος. Διαφορετικά, θα απαιτείται συνεχής συντήρηση, με αποτέλεσμα αυξημένο κόστος και καθυστερήσεις στη διαδικασία παραγωγής (Πράσιнос Ν., 2020).

Προκειμένου το πέτρωμα να χαρακτηριστεί κατάλληλο προς εξόρυξη με μηχανικά μέσα, πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποιοι παράγοντες. Αναλυτικότερα, η εκσκαφή γίνεται με βάση την μέθοδο που θα χρησιμοποιηθεί για την εξόρυξη, τα διαθέσιμα μέσα και την λειτουργία του καθενός, την σύσταση του εδάφους του μετώπου, καθώς και τα χαρακτηριστικά του πετρώματος που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα.

Η εξορυκτική δραστηριότητα με χρήση μηχανημάτων αποτελεί βασικό τμήμα της εξόρυξης πετρωμάτων και αντιπροσωπεύει την εξέλιξη της τεχνολογίας στον τομέα της μεταλλευτικής βιομηχανίας. Η χρήση μηχανημάτων έχει επιτρέψει την αύξηση της απόδοσης, τη μείωση του κινδύνου για τους εργαζομένους και τη μείωση του κόστους παραγωγής. Οι εξορυκτικές δραστηριότητες με μηχανήματα περιλαμβάνουν τη χρήση βαρέων μηχανημάτων όπως γερανοί, εκσκαφείς, τράκτορες, και φορτωτές, που επιτρέπουν την εξόρυξη μεγάλων ποσοτήτων πετρωμάτων με αποδοτικό τρόπο. Αυτά τα μηχανήματα είναι σχεδιασμένα για να αντιμετωπίζουν τις δυσκολίες του εδάφους και να εκτελούν εργασίες όπως το ξεθάψιμο, η μεταφορά και η επεξεργασία των πετρωμάτων.

Παράλληλα, η χρήση της τεχνολογίας στην εξορυκτική δραστηριότητα επιτρέπει την εφαρμογή προηγμένων τεχνικών όπως η ψηφιακή ελέγχου και η αυτοματοποίηση, προσφέροντας ακρίβεια και ασφάλεια στη διαδικασία εξόρυξης. Επίσης, η χρήση μηχανημάτων με χαμηλές εκπομπές καυσαερίων και προηγμένα συστήματα ανάκτησης προσπαθεί να μειώσει τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Με αυτόν τον τρόπο, η εξόρυξη πετρωμάτων με χρήση μηχανημάτων συμβάλλει στη βελτίωση της απόδοσης και της ασφάλειας των εργαζομένων, ενώ παράλληλα προσπαθεί να μειώσει τις αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

2.3.1 ΜΗΧΑΝΗ ΟΛΟΜΕΤΩΠΗΣ ΚΟΠΗΣ (tunnel boring machine TBM):

Η μηχανή ολομέτωπης κοπής (Tunnel Boring Machine - TBM) είναι ένα εξελιγμένο μηχανήμα που χρησιμοποιείται για την εκσκαφή τούνελ και σηράγγων. Η TBM λειτουργεί με τον τρόπο του μηχανικού σκαψίματος, κόβοντας το έδαφος και τον βράχο μπροστά της, ενώ ταυτόχρονα το απομακρύνει και ενισχύει τον τοίχο του τούνελ. Είναι σχεδιασμένες για να λειτουργούν σε διάφορους τύπους εδάφους και βράχους, συμπεριλαμβανομένων των πηλών, του γύψου, του σχιστολιθικού πετρώματος και του ορυκτού εμπορίου. Οι TBM μπορούν να διαμορφωθούν για να αντιμετωπίζουν τις διάφορες προκλήσεις που

παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια της διάνοιξης τούνελ, όπως η ύπαρξη νερού, οι απαιτήσεις εκσυγχρονισμού, και οι γεωλογικές διαφορές.

Τα κύρια στοιχεία μιας TBM περιλαμβάνουν ένα κέντρο κοπής που περιέχει κυλινδρικούς δίσκους και μηχανισμούς κοπής, μηχανισμούς μεταφοράς υλικού που απομακρύνεται από τον τοίχο του τούνελ, και συστήματα ενίσχυσης του τοίχου του τούνελ με σωλήνες εκχύλισης σκυροδέματος ή τμήματα ανθρακονημάτων. Επιπλέον, οι TBM συνήθως περιλαμβάνουν συστήματα ελέγχου και παρακολούθησης για την ακρίβεια και την ασφάλεια της λειτουργίας τους.

Οι TBM χρησιμοποιούνται ευρέως σε έργα όπως οι μετρό, οι αγωγοί ύδατος, οι σήραγγες οδού, και άλλα έργα υποδομής όπου απαιτείται η εκσκαφή τούνελ με αποδοτικό και ασφαλή τρόπο (Ταουσανίδης, 2016).

Προκειμένου όμως οι διαδικασίες να γίνουν πιο αποτελεσματικές και σε σύντομο χρονικό διάστημα δημιουργήθηκαν διάφοροι τύποι TBM με βάση το είδος του έργου και φυσικά την σύσταση του εδάφους.

- Ανοιχτού τύπου για βραχώδης εδάφη με πιο σκληρή κατάσταση.
- Μονής ασπίδας, χρησιμοποιείται κυρίως σε εδάφη με ασθενή κατάσταση και υπόκειται σε κατασκευή μικρής σήραγγας.
- Διπλής ασπίδας, για την κατασκευή μεγαλύτερων σηράγγων σε εδάφη είτε ασθενής μορφής είτε πιο σκληρής (Σιούτας, 2021).



Σχήμα 2.2: Μηχανή ολομέτωπης κοπής

2.3.2. ΜΗΧΑΝΗ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΚΟΠΗΣ (roadheader):

Τα τελευταία χρόνια, η τέμνουσα μηχανή σημείου έχει χρησιμοποιηθεί σε αυξανόμενο βαθμό στις υπόγειες τεχνικές εργασίες και τη διάτρηση σηράγγων μεταλλείας. Έναντι της μηχανής TBM, έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να ανοίξει έξω από το τμήμα αυτό διάφορα τμήματα σηράγγων (με μορφή κύκλου, πετάλου, ορθογωνίου) και τμήματα με ποικίλες διαστάσεις χωρίς να αλλάζουν τα λειτουργικά τους στοιχεία.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι η ευελιξία και η προσαρμοστικότητα στις αλλαγές στις γεωλογικές και κατασκευαστικές συνθήκες εργασίας. Είναι εύχρηστα και δεν απαιτούν ακριβά συστήματα υποστήριξης. Χρησιμοποιείται επίσης σε χαλαρό έδαφος τοποθετώντας το μηχάνημα μέσα στην ασπίδα. Περισσότερες κεφαλές κοπής μπορούν να τοποθετηθούν σε σήραγγες μεγάλης διαμέτρου εντός της περιοχής ασπίδας. Για να κρατήσει το μέτωπο, εγκαθίσταται μια εγκάρσια δοκός στερέωσης. Το μειονέκτημά τους σε σχέση με άλλες μηχανές είναι η αδύναμη ικανότητα σκαψίματος, περιορισμός διάτρησης πετρωμάτων με αντοχή μέχρι 110Μpa και οριακής διατομή μέχρι 42 τετραγωνικά μέτρα. Οι μηχανές αυτές διακρίνονται στις πέντε (5) υποκατηγορίες που ακολουθούν:

- Με κεφαλή διαμήκους κοπής.
- Διπλή κεφαλή εγκάρσιας κοπής και δύο κοπτικούς κυλίνδρους.
- Μονή κεφαλή εγκάρσιας κοπής.
- Με κεφαλή εγκάρσιας κοπής και πλευρικής μετακίνησης.
- Με ασπίδα ή με περισσότερες από μια κεφαλές (Μυλωνάκη, 2006).



Σχήμα 2.3: Μηχάνημα σημειακής κοπής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΞΟΡΥΞΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

3.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Οι μεταλλευτικές εξορύξεις αποτελούν έναν σημαντικό κλάδο της οικονομίας που συχνά συνοδεύεται από πολλαπλές οικονομικές ευκαιρίες. Ωστόσο, η εκμετάλλευση των φυσικών πόρων συνδέεται άρρηκτα με περιβαλλοντικές προκλήσεις και επιπτώσεις που αφορούν τη βιοποικιλότητα, την ποιότητα του νερού και του εδάφους, καθώς και την ατμόσφαιρα. Η εξόρυξη μετάλλων επιφέρει σημαντικές αλλαγές στο φυσικό περιβάλλον και έχει συχνά πολύπλοκες και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις που αφορούν τόσο τις άμεσα επηρεαζόμενες περιοχές όσο και τη γενικότερη οικολογική ισορροπία. Στο πλαίσιο αυτό, είναι ζωτικής σημασίας να εξετάσουμε κριτικά τις περιβαλλοντικές πτυχές των μεταλλευτικών εξορύξεων, προκειμένου να αναπτύσσουμε βιώσιμες πρακτικές που εξισορροπούν τις ανάγκες της ανθρώπινης οικονομίας με τη διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος (Χαντές Δ., 2020).

3.1.1 ΑΕΡΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ

Η ατμοσφαιρική ρύπανση και ο έλεγχος της ποιότητας των εκπομπών από τις εξορυκτικές δραστηριότητες είναι σημαντικά ζητήματα σε ό,τι αφορά στη διασφάλιση ενός υγιούς περιβάλλοντος τόσο για τους φορείς εκμετάλλευσης των ορυχείων όσο και για τους κατοίκους της περιοχής λειτουργίας, οι οποίοι είναι συνήθως οι ίδιοι οι φορείς εκμετάλλευσης και οι οικογένειές τους.

Πρέπει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα γίνεται απλή αναφορά στην ατμοσφαιρική ρύπανση στις διάφορες μελέτες για τις άδειες λειτουργίας, ενώ σε άλλες χώρες απαιτείται ειδική προκαταρκτική μελέτη για τις εκπομπές αερίων ρύπων.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση σχετίζεται με έξι βασικούς ρύπους, οι εκπομπές των οποίων προσδιορίζονται και ελέγχονται. Αυτοί οι λεγόμενοι κύριοι ρύποι διαφέρουν ως προς τις ιδιότητες, τις πηγές και τις επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον (Ταΐρης Ι., 2011).

3.1.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΠΙ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Η επιλογή των λατομικών περιοχών (π.χ. κύριες περιοχές εξόρυξης, λατομεία, έργα για τους εργάτες, αποθήκευση υλικών, μηχανήματα, οδικές προσβάσεις, δίκτυα κ.λπ.) έχει ως αποτέλεσμα σημαντικές αλλαγές στην υδρολογική δυναμική της περιοχής.

Αυτό μπορεί να συνοψιστεί ως αλλαγές στις διαδρομές μετανάστευσης των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων στην περιοχή, σημαντικές αλλαγές στην ποιότητα και την ποσότητα των υπόγειων υδάτων, αλλαγές στους ρυθμούς απορρόφησης των επιφανειακών υδάτων και στις διαδρομές αποστράγγισης, καθώς και αλλαγές στους ρυθμούς και τους όγκους διήθησης του εδάφους. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των λατομικών δραστηριοτήτων (κύριοι χώροι

εξόρυξης, κτίρια, χώροι αποθήκευσης και διαλογής, έργα οδοποιίας) στα ύδατα είναι πολύπλευρες και περιλαμβάνουν:

- Ρύπανση των φυσικών αποδεκτών από την επιφανειακή απορροή υδάτων από τις επιφάνειες του λατομικού εδάφους ή τα συστήματα αποστράγγισης των κτιρίων και άλλων εγκαταστάσεων.
- Μεταβολές στην ποσότητα των επιφανειακών υδάτων λόγω της απουσίας βλάστησης ή φυσικών εδαφών (χώματα) που απορροφούν μέρος των επιφανειακών υδάτων.
- Ρύπανση από τη μεταφορά επικίνδυνων και τοξικών ουσιών, όπως βενζίνη, πετρέλαιο και χημικά. Αυτό μπορεί να συμβεί σε περίπτωση ατυχήματος (ανατροπή φορτηγού που μεταφέρει επικίνδυνες ή ρυπογόνες ουσίες) ή στις ακόλουθες περιπτώσεις

Συνοψίζοντας, οι λατομικές δραστηριότητες μπορούν να μεταβάλουν σημαντικά τις ροές των επιφανειακών υδάτων στις περιοχές όπου πραγματοποιούνται κατασκευαστικά έργα, οδηγώντας σε αλλαγές στην υδρολογική δυναμική τόσο των επιφανειακών όσο και των υπόγειων υδάτων και συχνά μεταβάλλοντας ή ακόμη και εξαλείφοντας τους υδροφόρους ορίζοντες (Γαρεφαλάκης Ν., 2022).

3.1.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΠΙ ΤΩΝ ΕΛΑΦΩΝ

Η εξόρυξη μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στη γη, οδηγώντας σε διάφορες περιβαλλοντικές και οικολογικές αλλαγές. Ορισμένες από τις βασικές επιπτώσεις της εξόρυξης στη γη περιλαμβάνουν:

3.1.3.1. ΑΠΟΨΙΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΟΙΚΟΤΟΠΩΝ

Η εκχέρσωση μεγάλων εκτάσεων γης για εξορυκτικές δραστηριότητες συχνά συνεπάγεται την αφαίρεση δασών και φυσικών οικοτόπων, οδηγώντας σε καταστροφή οικοτόπων και απώλεια της βιοποικιλότητας. Αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τον εκτοπισμό ή την εξαφάνιση φυτικών και ζωικών ειδών.

3.1.3.2. ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΕΛΑΦΟΥΣ

Οι εξορυκτικές δραστηριότητες μπορούν να διαταράξουν το ανώτερο έδαφος και την κάλυψη της βλάστησης, καθιστώντας το έδαφος πιο ευάλωτο στη διάβρωση. Η διάβρωση του εδάφους μπορεί να οδηγήσει στην υποβάθμιση της ποιότητας του εδάφους, μειώνοντας τη γονιμότητά του και επηρεάζοντας την ικανότητά του να υποστηρίξει τη φυτική ζωή.

3.1.3.3. ΚΑΘΙΖΗΣΗ ΕΛΑΦΟΥΣ

Ορισμένες μέθοδοι εξόρυξης, όπως η υπόγεια εξόρυξη άνθρακα και η εξόρυξη ορυκτών από υπόγεια κοιτάσματα, μπορούν να προκαλέσουν καθίζηση του εδάφους. Πρόκειται για τη βύθιση ή την καθίζηση της επιφάνειας της γης, η οποία μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό καταβόθρων και σε ζημιές στις υποδομές.

3.1.3.4. ΜΟΛΥΝΣΕΙΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Οι εξορυκτικές δραστηριότητες μπορούν να εισάγουν ρύπους στο έδαφος, συμπεριλαμβανομένων βαρέων μετάλλων, χημικών ουσιών και άλλων τοξικών ουσιών. Οι ρύποι αυτοί μπορεί να παραμείνουν στο έδαφος, επηρεάζοντας την ποιότητά του και θέτοντας κινδύνους για τα οικοσυστήματα και την ανθρώπινη υγεία.

3.1.3.5. ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΗΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ

Η εξόρυξη με ανοικτό ορυχείο και άλλες εξορυκτικές εργασίες μεγάλης κλίμακας μπορούν να μεταβάλουν τη φυσική τοπογραφία της γης. Αυτό περιλαμβάνει τη δημιουργία λάκκων, σωρών αποβλήτων και αλλοιωμένων τοπίων, οδηγώντας σε οπτικές και αισθητικές αλλαγές.

3.1.3.6. ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΟΞΕΩΝ ΟΡΥΧΕΙΩΝ

Η έκθεση σουλφιδικών ορυκτών κατά την εξόρυξη μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία όξινης αποστράγγισης ορυχείων. Η αποστράγγιση είναι μια εξαιρετικά όξινη και συχνά τοξική απορροή που μπορεί να μολύνει τα κοντινά υδάτινα σώματα, επηρεάζοντας τόσο τα υδάτινα οικοσυστήματα όσο και τη γύρω γη.

3.1.3.7. ΑΠΩΛΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΓΗΣ

Οι εξορυκτικές δραστηριότητες μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα τη μετατροπή γεωργικών εκτάσεων σε περιοχές εξόρυξης, οδηγώντας στην απώλεια καλλιεργήσιμης γης. Αυτό μπορεί να έχει επιπτώσεις στην τοπική παραγωγή τροφίμων και στις κοινότητες που βασίζονται στη γεωργία.

3.1.3.8. ΕΚΤΟΠΙΣΜΟΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ

Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα έργα εξόρυξης μπορεί να απαιτούν τη μετεγκατάσταση κοινοτήτων που ζουν στην περιοχή. Αυτή η μετατόπιση μπορεί να έχει κοινωνικές, οικονομικές και πολιτιστικές επιπτώσεις στις πληγείσες κοινότητες.

Η εξόρυξη ανεξαρτήτως από την κλίμακα και την μέθοδο λειτουργίας, έχει ως αποτέλεσμα σημαντική ζημιά στο τοπίο εάν δεν τεθούν σε ισχύ κατάλληλοι κανονισμοί και δεν επιβληθούν αυστηρά. Σημαντικές εκτάσεις γης και βλάστησης έχουν εκκαθαριστεί για να φιλοξενήσουν δραστηριότητες επιφανειακής εξόρυξης καθιστώντας το κομμάτι αυτό της γης επιρρεπή σε διάβρωση και κατά συνέπεια, αργότερα, άγονο, δηλαδή ανίκανο πλέον να υποστηρίξει καλλιέργειες (Mensah A.K., Mahiri I.O., etc., 2015).

3.1.4 ΣΤΗΝ ΧΛΩΡΙΔΑ-ΠΑΝΙΔΑ

Οι σκόνες μεταλλευμάτων που κυκλοφορούν στην ατμόσφαιρα συσσωρεύονται στα υποστρώματα των φυτών και σχηματίζουν ένα παχύ στρώμα στην επιφάνεια των φύλλων. Έτσι, διαταράσσονται σημαντικές λειτουργίες των φυτών, όπως η διαπνοή και η φωτοσύνθεση. Τα φυτά που αναπτύσσονται σε περιβάλλον μολυσμένο με βαρέα μέταλλα προσλαμβάνουν επίσης αυξανόμενες ποσότητες βαρέων μετάλλων μέσω του ριζικού συστήματος, γεγονός που προκαλεί συσσώρευση βαρέων μετάλλων στους φυτικούς ιστούς.

Αυτό έχει σοβαρές συνέπειες στις φυσιολογικές και μεταβολικές λειτουργίες και διεργασίες των φυτών, όπως η ενζυμική δραστηριότητα, ο σχηματισμός πρωτεϊνών, η μεταφορά σακχάρων, η πρόσληψη και η μεταφορά θρεπτικών συστατικών και νερού. Η ποσότητα των βαρέων μετάλλων που προσλαμβάνονται και συσσωρεύονται από τα φυτά εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες, τις ιδιότητες του εδάφους και τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του υπέργειου ριζικού συστήματος του φυτού. Ο βαθμός στον οποίο τα φυτά εμφανίζουν συμπτώματα τοξικότητας από βαρέα μέταλλα εξαρτάται από τον τύπο του φυτού, τον τύπο, τη χημική μορφή και τη συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων, τον τύπο του εδάφους και την τιμή του pH (Χιώτη Χ., 2012).

Αυτό συνεπάγεται την καταστροφή της υπάρχουσας φυσικής βλάστησης και παρεμβάσεις που μπορούν να αλλάξουν ριζικά το οικολογικό περιβάλλον, να επηρεάσουν την άγρια ζωή και να υποβαθμίσουν το τοπίο. Επιπλέον, υπάρχει κίνδυνος συρρίκνωσης της γεωργικής και κτηνοτροφικής βιομηχανίας λόγω των επιπτώσεων των τοξικών ουσιών και των κτηνοτροφικών προϊόντων (Λεβεντόπουλος Γ., 2016).

3.2 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Η αποκατάσταση χώρων εξορυκτικής και μεταλλευτικής δραστηριότητας είναι μια κρίσιμη διαδικασία που στοχεύει στην επαναφορά των περιοχών που έχουν επηρεαστεί από τις εξορυκτικές δραστηριότητες στην αρχική ή σε μια βιώσιμη κατάσταση. Αυτή η διαδικασία είναι σημαντική για την προστασία του περιβάλλοντος και την εξασφάλιση της βιώσιμης ανάπτυξης. Κάποιοι στόχοι της αποκατάστασης είναι:

1. Περιβαλλοντική Προστασία: Επαναφορά της φυσικής βλάστησης και της βιοποικιλότητας, αποκατάσταση των εδαφών και των υδάτινων πόρων.
2. Ασφάλεια και Σταθερότητα: Διασφάλιση της γεωτεχνικής σταθερότητας των περιοχών, αποφυγή διαβρώσεων και κατολισθήσεων.
3. Κοινωνική και Οικονομική Βιωσιμότητα: Δημιουργία νέων ευκαιριών για τις τοπικές κοινότητες και επαναχρησιμοποίηση των εκτάσεων για άλλες δραστηριότητες.

Προκειμένου όμως να αποκατασταθεί πλήρως το περιβάλλον των χώρων εξόρυξης συνίσταται να ακολουθούνται κάποια βήματα, με πρώτο βήμα, τον σχεδιασμό και την αξιολόγηση. Στο εν λόγω στάδιο γίνεται αξιολόγηση της παρούσας κατάστασης και των επιπτώσεων της εξόρυξης καθώς και ο σχεδιασμός της αποκατάστασης όπου γίνεται η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου σχεδίου αποκατάστασης που λαμβάνει υπόψη τις γεωμορφολογικές, οικολογικές και κοινωνικές παραμέτρους.

Το δεύτερο στάδιο είναι η τεχνική αποκατάσταση, το οποίο περιλαμβάνει την γεωτεχνική σταθεροποίηση, τη διαχείριση υδάτων και την απομάκρυνση των ρύπων. Αναλυτικότερα, χρησιμοποιούνται τεχνικές για την σταθεροποίηση των εδαφών και των πρανών, όπως η χρήση γεωυλικών και η δημιουργία πρανών με κατάλληλες κλίσεις. Κατασκευάζονται συστήματα αποστράγγισης και ταμιευτηρίων για την αποφυγή πλημμυρών και τη διατήρηση της ποιότητας των υδάτων.

Στο τρίτο βήμα ανήκει η οικολογική αποκατάσταση, με την φύτευση τοπικών ειδών φυτών για την αποκατάσταση της φυτικής βλάστησης καθώς και για την δημιουργία καταφυγίων για την άγρια ζωή και την ενίσχυση των οικοσυστημάτων.

Τέλος, στο τέταρτο και τελευταίο στάδιο, γίνεται η κοινωνική και οικονομική επαναχρησιμοποίηση, ανάπτυξη δηλαδή των περιοχών για νέες χρήσεις όπως πάρκα, τουριστικές δραστηριότητες, γεωργία ή ακόμη και ηλιακά πάρκα. Σε συνεργασία με τις τοπικές κοινότητες να γίνει και η ενημέρωση και η εκπαίδευση των πολιτών σχετικά με τις διαδικασίες αποκατάστασης και τις νέες ευκαιρίες που δημιουργούνται (Καΐση, 2018).

Η αποκατάσταση των χώρων εξορυκτικής και μεταλλευτικής δραστηριότητας είναι απαραίτητη για την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης. Με τη σωστή σχεδίαση, εφαρμογή και παρακολούθηση των αποκαταστατικών έργων, οι περιοχές αυτές μπορούν να επανέλθουν σε μια βιώσιμη και χρήσιμη κατάσταση, προσφέροντας οφέλη τόσο στο περιβάλλον όσο και στις τοπικές κοινωνίες. Η συμμόρφωση με τα νομοθετικά πλαίσια και η συνεργασία με όλους τους εμπλεκόμενους φορείς είναι κρίσιμη για την επιτυχία αυτών των προσπαθειών.

3.3 ΑΕΙΦΟΡΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Η έννοια της αειφόρου ανάπτυξης αναφέρεται στην ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να θέτει σε κίνδυνο την ικανότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες. Πρόκειται για μια προσέγγιση ανάπτυξης που επιδιώκει την ισορροπία μεταξύ οικονομικής ευημερίας, κοινωνικής δικαιοσύνης και περιβαλλοντικής βιωσιμότητας.

3.3.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

1) Οικονομική Ανάπτυξη:

- Προώθηση της οικονομικής μεγέθυνσης και της παραγωγικότητας με τρόπο που δεν εξαντλεί τους φυσικούς πόρους.
- Δημιουργία σταθερών και ανθεκτικών οικονομιών που παρέχουν ευκαιρίες απασχόλησης και αξιοπρεπείς συνθήκες εργασίας για όλους.

2) Κοινωνική Συνοχή:

- Διασφάλιση της κοινωνικής δικαιοσύνης, της ισότητας και της πρόσβασης σε βασικές υπηρεσίες όπως η υγεία, η εκπαίδευση και η κοινωνική πρόνοια.
- Προώθηση της συμμετοχικότητας και της ενεργούς συμμετοχής των πολιτών στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων.

3) 3. Περιβαλλοντική Βιωσιμότητα:

- Προστασία και διατήρηση των φυσικών πόρων και της βιοποικιλότητας.

- Μείωση της ρύπανσης και των αποβλήτων, και προώθηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Εφαρμογή πρακτικών που μειώνουν το αποτύπωμα άνθρακα και αντιμετωπίζουν την κλιματική αλλαγή.

3.3.2 ΣΤΟΧΟΙ ΑΕΙΦΟΡΟΥ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Τα Ηνωμένα Έθνη έχουν καθορίσει 17 Στόχους της Αειφόρου Ανάπτυξης (Sustainable Development Goals - SDGs) που στοχεύουν στην εξάλειψη της φτώχειας, την προστασία του πλανήτη και την εξασφάλιση της ευημερίας για όλους έως το 2030. Αυτοί οι στόχοι περιλαμβάνουν:

1. Εξάλειψη της φτώχειας
2. Εξάλειψη της πείνας
3. Προώθηση της υγείας και της ευημερίας.
4. Ποιοτική εκπαίδευση για όλους.
5. Ισότητα των φύλων.
6. Καθαρό νερό και αποχέτευση.
7. Προσιτή και καθαρή ενέργεια.
8. Αξιοπρεπής εργασία και οικονομική ανάπτυξη.
9. Καινοτομία και βιώσιμες υποδομές.
10. Μείωση των ανισοτήτων.
11. Βιώσιμες πόλεις και κοινότητες.
12. Υπεύθυνη κατανάλωση και παραγωγή.
13. Δράση για το κλίμα.
14. Προστασία της ζωής στο νερό
15. Προστασία της ζωής στη στεριά.
16. Ειρήνη, δικαιοσύνη και ισχυροί θεσμοί.
17. Συνεργασίες για την επίτευξη των στόχων.

3.3.3 ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΕΙΦΟΡΟΥ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Η αειφόρος ανάπτυξη είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της ευημερίας τόσο των σημερινών όσο και των μελλοντικών γενεών. Αντιμετωπίζει τις παγκόσμιες προκλήσεις όπως η κλιματική αλλαγή, η φτώχεια, οι κοινωνικές ανισότητες και η υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Προωθεί τη δημιουργία κοινωνιών που είναι ανθεκτικές, καινοτόμες και ικανές να προσαρμοστούν στις μεταβαλλόμενες συνθήκες.

Με την υιοθέτηση των αρχών της αειφόρου ανάπτυξης, οι κυβερνήσεις, οι επιχειρήσεις και οι πολίτες μπορούν να συμβάλουν σε έναν πιο δίκαιο και βιώσιμο κόσμο (Κολώνια, Παντάλου, 2011).

3.3.4 ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΤΗΝ ΕΞΟΡΥΚΤΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

Η βιομηχανία ορυκτών συχνά χωρίζεται σε τέσσερις υποτομείς:

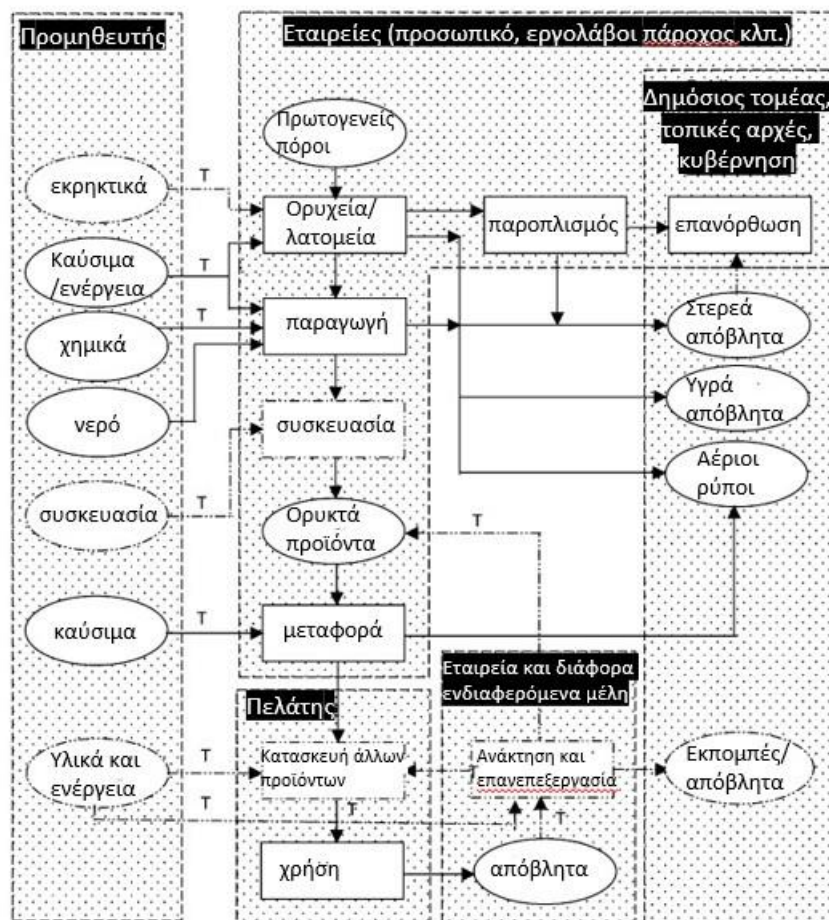
- τα ενεργειακά ορυκτά όπως ο άνθρακας και το πετρέλαιο,
- τα μεταλλικά ορυκτά για παράδειγμα ο σίδηρος, ο χαλκός και ο ψευδάργυρος,
- τα ορυκτά κατασκευών δηλαδή η άμμος, το χαλίκι, ο γύψος κλπ., και
- τα βιομηχανικά ορυκτά.

Αν και αυτές οι τέσσερις υποκατηγορίες μοιράζονται πολλά κοινά χαρακτηριστικά σε ό,τι αφορά τα ζητήματα βιωσιμότητας, είναι επίσης αρκετά διαφορετικά. Για παράδειγμα, ένα βασικό ζήτημα που σχετίζεται με την χρήση ενεργειακών ορυκτών είναι η εξάντληση των μη ανανεώσιμων πόρων. Άλλα ορυκτά από την άλλη πλευρά δεν εξαντλούνται, αλλά διαχέονται κατά τη χρήση και μπορούν να ανακτηθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν. Αυτές και άλλες διαφορές απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή στην ανάπτυξη ενός κατάλληλου συνόλου δεικτών βιωσιμότητας που, με τη σειρά του, εξαρτάται από τον προσδιορισμό των βασικών θεμάτων αειφορίας που σχετίζονται με την βιομηχανική δραστηριότητα. Στην ανάπτυξη των δεικτών που αναλύονται παρακάτω, δίνεται έμφαση στα βασικά ζητήματα που σχετίζονται με τρεις κατηγορίες ορυκτών τα μεταλλικά, τα κατασκευαστικά και τα βιομηχανικά ορυκτά.

Οι δείκτες βιώσιμης ανάπτυξης μεταφράζουν ζητήματα αειφορίας σε μετρήσιμα μέτρα οικονομικής, περιβαλλοντικής και κοινωνικής απόδοσης με απώτερο σκοπό να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση βασικών ανησυχιών. Ο εντοπισμός των σχετικών θεμάτων, που αποτυπώνουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε κλάδου, είναι κρίσιμος για την ανάπτυξη των δεικτών. Ωστόσο, για να εντοπισθούν οι συγκεκριμένες ανησυχίες, απαιτείται μια εις βάθος ανάλυση κάθε βιομηχανικής δραστηριότητας.

Η αντιμετώπιση της βιώσιμης ανάπτυξης απαιτεί μια ολιστική προσέγγιση βασιζόμενη στη σκέψη του κύκλου ζωής και η εξόρυξη και η βιομηχανία ορυκτών δεν αποτελεί εξαίρεση σε αυτό. Επομένως, ο εντοπισμός των θεμάτων βιωσιμότητας πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπόψη όλες τις δραστηριότητες στην αλυσίδα εφοδιασμού από την αρχή μέχρι το τέλος. Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται ο κύκλος ζωής των ορυκτών προϊόντων, στην κατακόρυφη διεύθυνση, και ο κύκλος ζωής των ορυχείων και των εγκαταστάσεων γενικότερα, στην οριζόντια διεύθυνση. Και οι δύο κύκλοι ζωής θα πρέπει να ληφθούν υπόψη προκειμένου τα μέτρα βιωσιμότητας να είναι ρεαλιστικά.

Διάγραμμα 3.1: Διάγραμμα ροής των κύκλων ζωής ορυκτών προϊόντων και εγκαταστάσεων, απεικονίζονται και οι εμπλεκόμενοι φορείς (T: μεταφορά, Διακεκομμένες γραμμές: προαιρετικές δραστηριότητες και ροή υλικών και ενέργειας)



Ο κύκλος ζωής των ορυκτών προϊόντων περιλαμβάνει εξόρυξη ή πρωτογενείς πόρους, επεξεργασία, χρήση προϊόντων και διαχείριση αποβλήτων μετά την χρήση, ενώ ο κύκλος ζωής του ορυχείου και των εγκαταστάσεων περιλαμβάνει τον σχεδιασμό, την λειτουργία, τον παροπλισμό και την αποκατάσταση. Όλα αυτά τα στάδια συνδέονται με ορισμένα ζητήματα βιωσιμότητας που απασχολούν τους ενδιαφερόμενους φορείς όπως φαίνονται και στον παραπάνω πίνακα.

Μετά από μια ευρέως αποδεκτή κατηγοριοποίηση των ανησυχιών για την αειφορία, τα βασικά ζητήματα βιωσιμότητας για τον τομέα της εξόρυξης και των ορυκτών μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά.

- 1) Η οικονομική βιωσιμότητα και η ανταγωνιστικότητα στον τομέα εξόρυξης είναι σημαντικές για την αειφόρο ανάπτυξη, καθώς η βιομηχανία αποφέρει διάφορα οικονομικά οφέλη στην κοινωνία, συμπεριλαμβανομένη της παροχής απασχόλησης και της δημιουργίας πλούτου. Αυτό εγείρει πολλές ανησυχίες τόσο σε μικροεπίπεδο όσο και σε μακροεπίπεδο. Για να παρέχει οικονομικά οφέλη στην κοινωνία, μια εταιρεία ορυκτών, όπως άλλωστε και κάθε άλλη εταιρία, πρέπει να έχει καλή απόδοση σε μικροεπίπεδο ελαχιστοποιώντας το κόστος και μεγιστοποιώντας τα κέρδη και τις αποδόσεις των μετόχων. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μακροοικονομικά οφέλη μέσω διάφορων επενδύσεων και επιβολή ακριβότερου νομίσματος, της συμβολής στο

Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν και των φόρων, των δικαιωμάτων και άλλων πληρωμών στο δημόσιο τομέα. Ωστόσο, ένας αριθμός παραγόντων μπορεί να επηρεάσει την τελική απόδοση στην κοινωνία από την εξόρυξη ορυκτών. Ένας από αυτούς τους παράγοντες είναι η διαχείριση και η διανομή του ορυκτού πλούτου και των εσόδων. Τα μικροοικονομικά ζητήματα κυριαρχούν στη λήψη επιχειρηματικών αποφάσεων με έμφαση στις βραχυπρόθεσμες αποδόσεις, οι οποίες στην βιομηχανία εξόρυξης και ορυκτών βασίζονται σε όγκους παραγωγής και όχι σε προϊόντα και υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας. Αυτό σε συνδυασμό με την αστάθεια των τιμών ορισμένων ορυκτών, έχει οδηγήσει σε ορισμένες περιπτώσεις σε άσκοπη χρήση των ορυκτών πόρων και την ταχύτερη εξάντληση των αποθεμάτων, προκαλώντας μεγαλύτερη περιβαλλοντική ζημιά και αποφέροντας μικρό οικονομικό όφελος στην κοινωνία. Ένας τρόπος για την αντιστάθμιση της βιώσιμης εξάντλησης των πόρων, είναι η αύξηση της προστιθέμενης αξίας των ορυκτών με περαιτέρω επεξεργασία των πρώτων υλών πιο κοντά στην αρχή της αλυσίδας. Αυτό όχι μόνο θα μεγιστοποιούσε τις οικονομικές αποδόσεις στον κλάδο, αλλά θα επέτρεπε επίσης στις χώρες παραγωγής να αντλούν περισσότερα οφέλη από τους πόρους τους. Ωστόσο, ένα από τα μεγάλα εμπόδια για την προσθήκη περισσότερης αξίας στα ορυκτά, είναι οι δασμοί που επιβάλλουν οι χώρες αυτές στα εισαγόμενα προϊόντα.

- 2) Η εξάντληση των μη ανανεώσιμων πόρων και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις ως αποτέλεσμα των ατμοσφαιρικών εκπομπών, τα υγρά απόβλητα και η δημιουργία μεγάλων όγκων στερεών αποβλήτων, είναι τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά ζητήματα για τις βιομηχανίες εξόρυξης. Η χρήση ενέργειας και συμβολή στην υπερθέρμανση του πλανήτη θεωρείται επίσης σημαντική. Ορισμένες εκτιμήσεις δείχνουν ότι η βιομηχανία εξόρυξης και ορυκτών καταναλώνει το 4-7% της ενέργειας που χρησιμοποιείται παγκοσμίως. Επιπλέον, οι δραστηριότητες εξόρυξης έχουν οπτικό αντίκτυπο στο τοπίο και οδηγούν σε καταστροφή ή διαταραχή φυσικών οικοσυστημάτων, με αποτέλεσμα την απώλεια βιοποικιλότητας. Η εξόρυξη ορισμένων τύπων ορυκτών, συνδέεται επίσης με το πρόβλημα της όξινης αποστράγγισης που μπορεί να προκαλέσει μακροχρόνια όξυνση των υδάτινων οδών και μπορεί επίσης να επηρεάσει την βιοποικιλότητα. Επιπλέον, ορισμένα λύματα που παράγονται από τις βιομηχανίες εξόρυξης μετάλλων μπορεί επίσης να περιέχουν μεγάλες ποσότητες τοξικών ουσιών, όπως κυανιούχα και βαρέα μέταλλα, που μπορεί να θέτουν σημαντικούς κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία και την οικολογία. Ορισμένα περιβαλλοντικά ζητήματα μπορούν επίσης να προκύψουν στον υπόλοιπο κύκλο ζωής των ορυκτών προϊόντων, συμπεριλαμβανομένων των σταδίων χρήσης και διάθεσης. Η πρακτική όμως αυτή πρόκειται να αλλάξει καθώς τα σύγχρονα αναπτυξιακά έργα περιλαμβάνουν όλο και περισσότερα σχέδια παροπλισμού και αποκατάστασης.
- 3) Παρόμοια με τα οικονομικά θέματα, τα κοινωνικά ζητήματα μπορούν επίσης να εξεταστούν από μικρο- και μακροσκοπική σκοπιά, όπου τα πρώτα σχετίζονται με τους εργαζομένους και τα δευτερεύοντα αφορούν την κοινωνία γενικότερα. Εκτός από μισθούς και τα επιδόματα που είναι παγκοσμίως σημαντικά, ένα από τα ζητήματα που

σχετίζονται με τους εργαζόμενους και ιδιαίτερα σημαντικό για την βιομηχανία εξόρυξης είναι η επαγγελματική υγεία και ασφάλεια. Μια στατιστική μελέτη που αφορά τα ατυχήματα δείχνει ότι ο κλάδος εγκυμονεί κινδύνους παραπάνω από τον μέσο όρο των εργαζομένων. Τα υπόγεια μεταλλουργικά ορυχεία έχουν υψηλότερη συχνότητα θανάτου, με την βιομηχανία χρυσού να υποφέρει από τον υψηλότερο μέσο όρο θνησιμότητας. Τα ανθρακωρυχεία μπορούν επίσης να προκαλέσουν έναν αριθμό θανατηφόρων ατυχημάτων, κυρίως λόγω εκρήξεων μεθανίου. Υπάρχουν επίσης εργασιακά περιβάλλοντα που είναι επιβλαβή για τους εργαζόμενους λόγω εισπνοής σκόνης. Ένα άλλο ζήτημα για την βιομηχανία εξόρυξης είναι η εκπαίδευση των εργαζομένων και η ανάπτυξη δεξιοτήτων. Πολυάριθμες μελέτες δείχνουν ότι ο κλάδος αυτός αντιμετωπίζει μια μεγάλη πρόκληση στην προσέλκυση ανθρώπινου δυναμικού κυρίως λόγω της αρνητικής γενικής εικόνας, της αντίληψης για μηδενικές προοπτικές για το μέλλον και κακής ποιότητας ζωής στις πόλεις εξόρυξης. Και όμως, η πρόσληψη και η διατήρηση προσωπικού αναμένεται να είναι ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Ως εκ τούτου, η επένδυση στο ανθρώπινο κεφάλαιο μέσω της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, της κατάρτισης και της ανάπτυξης δεξιοτήτων με ευκαιρίες για προσωπική εξέλιξη, αποτελεί πολύ σημαντική προϋπόθεση για τον ανταγωνισμό που επικρατεί στον κλάδο. Μια καλή σχέση εργασίας και διαχείρισης είναι ιδιαίτερα σημαντική για την βιώσιμη ανάπτυξη μιας εταιρίας. Ωστόσο, ιστορικά υπήρξε ένας βαθύς διχασμός στη βιομηχανία εξόρυξης μεταξύ των εργαζομένων και της διοίκησης, που συχνά αποτέλεσε αίτια διαφωνιών μεταξύ συνδικαλιστικών οργανώσεων και εταιριών. Η αντιμετώπιση της βιώσιμης ανάπτυξης απαιτεί από τις εταιρίες να παρέχουν ίσες ευκαιρίες σε όλους ανεξαρτήτου φύλου, φυλής ή αναπηρίας (Azapagic, 2004, Janikowska, Kulczycka, 2021).

Πίνακας 3.2: Θέματα που απασχολούν τις βιομηχανίες εξόρυξης με βιώσιμο τρόπο λειτουργίας.

Οικονομικά ζητήματα	Περιβαλλοντικά ζητήματα	Κοινωνικά θέματα
Συμβολή στο ΑΕΠ και στην δημιουργία πλούτου	Απώλεια βιοποικιλότητας	Δωροδοκία και διαφθορά
Κόστος, πωλήσεις και κέρδη	Αέριοι ρύποι	Δημιουργία θέσεων εργασίας
Κατανομή εσόδων	Χρήση ενέργειας	Εκπαίδευση και ανάπτυξη δεξιοτήτων
Επενδύσεις	Υπερθέρμανση του πλανήτη και άλλες επιπτώσεις	Ίσες ευκαιρίες
Αξία μετόχου	Χρήση γης, διαχείριση και αποκατάσταση	Υγεία και ασφάλεια
Προστιθέμενη αξία	Τοξικότητα προϊόντων	Σχέση εργαζομένου/εργοδότη
	Χρήση και διαθεσιμότητα πόρων	Σχέση της εταιρίας με τις τοπικές κοινωνίες

	Στερεά απόβλητα	Συμμετοχή όσων ενδιαφέρονται
	Χρήση υδάτων, λύματα	Διανομή πλούτου

Η βιώσιμη ανάπτυξη των εξορυκτικών βιομηχανιών είναι πολύπλευρη και σημαντική. Η εν λόγω ανάπτυξη δεν είναι μια σταθερή κατάσταση αρμονίας και ισορροπίας, αλλά μια μεταβαλλόμενη διαδικασία κατά την οποία η ανάπτυξη των φυσικών πόρων, η κατεύθυνση των επενδύσεων, η κατεύθυνση της τεχνολογικής ανάπτυξης και η θεσμική αλλαγή εναρμονίζονται με τις μελλοντικές ως τρέχουσες ανάγκες. Η επίτευξη υψηλού επιπέδου βιωσιμότητας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις κοινές προσπάθειες των κυβερνητικών φορέων, των διεθνών οργανισμών και των φορέων εκμετάλλευσης.

Η εξόρυξη είναι μια πολύπλοκη και εντατική διαδικασία που από τη φύση της προκαλεί περιβαλλοντικές και κοινωνικές αλλαγές. Οι διαταραχές που σχετίζονται με την εξόρυξη έχουν επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον και στις τοπικές κοινότητες. Ο σχεδιασμός των ορυχείων απαιτεί ενδελεχή κατανόηση του μεταλλευτικού σώματος, αυστηρά πρότυπα και διαδικασίες, έγκυρες και χρήσιμες τεχνικές πληροφορίες και την επιλογή εξειδικευμένου προσωπικού για την υλοποίηση του έργου.

Οι στόχοι που πρέπει να επιτευχθούν κατά τον σχεδιασμό, την υλοποίηση και την ολοκλήρωση των εξορυκτικών δραστηριοτήτων πρέπει να ευνοούν τη βιωσιμότητα. Γενικά, ο εξορυκτικός τομέας θα πρέπει να θέτει στόχους σε συγκεκριμένους τομείς και να προσπαθεί να τους επιτύχει. Οι τομείς αυτοί είναι:

- η ασφάλεια των εργαζομένων,
- η οικονομική ανάπτυξη,
- η εφαρμογή τεχνολογιών προστασίας και διατήρησης του περιβάλλοντος από την ανακάλυψη των κοιτασμάτων ορυκτών μέχρι την πλήρη αποκατάσταση των ορυχείων,
- η κοινωνική ανάπτυξη και η ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας κατά την εξόρυξη και την επεξεργασία των μετάλλων.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να δείξει ότι η βιώσιμη ανάπτυξη και η εξόρυξη είναι συμβατές. Σε ορισμένες χώρες, όπως η Νότια Αφρική, η Αυστραλία, ο Καναδάς και η Χιλή, ο εξορυκτικός τομέας έχει αναπτυχθεί με βιώσιμο τρόπο. Σε ορισμένες χώρες, όπως η Αυστραλία, ο Καναδάς και η Χιλή, ο εξορυκτικός τομέας δημιουργεί οικονομική δραστηριότητα, βελτιώνει τις οικονομικές και κοινωνικές υποδομές, αναπτύσσει εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό και δημιουργεί βιώσιμο πλούτο. Οι μεταλλευτικές εταιρείες αναμένεται να τηρούν τις αρχές της εταιρικής κοινωνικής ευθύνης, αναγνωρίζοντας ότι είναι υπεύθυνες έναντι όλων των ενδιαφερομένων μερών, συμπεριλαμβανομένων των εργαζομένων και των τοπικών κοινοτήτων.

Οι αρχές και τα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης έχουν καταστεί καταλύτης για την επίτευξη πιο αποτελεσματικών βιομηχανιών. Η υιοθέτηση δέκα (10) κατευθυντήριων αρχών αποτελεί τη βάση του πλαισίου Βιώσιμης Ανάπτυξης της ICM (international council on mining and metals).

- Εφαρμογή και συμμόρφωση με δεοντολογικές επιχειρηματικές πρακτικές και υγιή συστήματα εταιρικής διακυβέρνησης.
- Ενσωμάτωση θεμάτων βιώσιμης ανάπτυξης στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.
- Υποστήριξη του σεβασμού των θεμελιωδών ανθρωπίνων δικαιωμάτων και της πολιτιστικής κληρονομιάς, των παραδόσεων και των αξιών των εργαζομένων και όλων όσων επηρεάζονται από τις δραστηριότητές τους.
- Εφαρμογή στρατηγικών διαχείρισης κινδύνων βασισμένων σε έγκυρα επιστημονικά δεδομένα.
- Συνεχής βελτίωση της υγείας και της ασφάλειας.
- Συνεχής βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων.
- Συμβολή στη διατήρηση της βιοποικιλότητας και ολοκληρωμένη προσέγγιση του σχεδιασμού των χρήσεων γης.
- Ο σχεδιασμός του έργου περιλαμβάνει τη χρήση, επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση και διάθεση προϊόντων.
- Συμβολή στην κοινωνική, οικονομική και θεσμική ανάπτυξη της κοινωνίας στην οποία δραστηριοποιούμαστε.
- Αποτελεσματική και διαφανής αλληλεπίδραση και επικοινωνία με τα ενδιαφερόμενα μέρη (Μπαμπούνης, 2018).

Μερικά από τα οφέλη που μπορεί να προσφέρει μια σωστά οργανωμένη και νομικά ελεγχόμενη λειτουργία εξόρυξης είναι:

- -Η βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη στην περιοχή μπορεί να επιτευχθεί με την ανάπτυξη νέων δραστηριοτήτων σε περιοχές που εξαρτώνται υπερβολικά από προσωρινές επιδοτήσεις για τη διατήρηση της υπάρχουσας οικονομικής δραστηριότητας, ιδίως στις αγροτικές περιοχές.
- -Δημιουργία νέων ευκαιριών απασχόλησης στην περιοχή προηγουμένως η απασχόληση περιοριζόταν σε χαμηλόμισθους ανειδίκευτους εργάτες, κυρίως σε γεωργικές και κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις. Η ανεργία συχνά οδηγεί σε μείωση του αγροτικού πληθυσμού, καθώς οι νέοι συρρέουν από αγροτικές περιοχές σε μεγάλες πόλεις αναζητώντας καλύτερες ευκαιρίες και μισθούς, προκαλώντας προβλήματα στις μητροπολιτικές περιοχές.
- -Η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας στην περιοχή όχι μόνο στον τομέα των ορυχείων (σήμερα λειτουργεί με σύγχρονες, ασφαλείς και εξαιρετικά μηχανοποιημένες

τεχνολογίες), αλλά και στις βιομηχανίες και τις υπηρεσίες που συνδέονται με αυτήν, θα βελτιώσει την κοινωνική κατάσταση των κατοίκων παρέχοντας περισσότερες ευκαιρίες εισοδήματος. και εκπαιδευτικές ευκαιρίες για την απόκτηση νέων δεξιοτήτων που είναι απαραίτητες.

- Όπως έχει δείξει η εμπειρία, η διάρκεια της εξορυκτικής δραστηριότητας σε μια δεδομένη περιοχή είναι περιορισμένη, αλλά οι βιομηχανίες που αναπτύχθηκαν αρχικά για να την υποστηρίξουν και να παρέχουν υπηρεσίες μπορούν να διαφοροποιηθούν και να επεκταθούν και μετά τον τερματισμό των εξορυκτικών εργασιών, ακόμη και μετά το κλείσιμο του ορυχείου. Χάρη σε αυτό, η οικονομική ανάπτυξη της περιοχής συνεχίζεται και διατηρείται η ανάγκη για ένα μορφωμένο εργατικό δυναμικό.
- Η ανάπτυξη των δραστηριοτήτων εξόρυξης οδηγεί στη βελτίωση των υφιστάμενων υποδομών εκτός από τη δημιουργία νέων εγκαταστάσεων. Αυτό δεν είναι μόνο ζωτικής σημασίας για τη βιομηχανία, αλλά και επωφελές για τις κοινότητες που επωφελούνται από αυτήν. Για παράδειγμα, υπήρχαν συχνά τα ακόλουθα, όχι μόνο σε πολλά μέρη της χώρας, αλλά και σε όλο τον κόσμο, όπου αναπτύχθηκαν δραστηριότητες εξόρυξης: επέκταση ή βελτίωση υφιστάμενων οδικών δικτύων, εγκατάσταση νέων γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, κατασκευή φραγμάτων κλπ. Όλα αυτά γίνονται συνήθως εις βάρος των εταιρειών που πραγματοποιούν επενδύσεις εξόρυξης, αλλά είναι συνήθως διαθέσιμα σε άλλους χρήστες στην κοινότητα.

Υπάρχουν πέντε (5) βασικές αρχές που αποτελούν προϋποθέσεις για βιώσιμες δραστηριότητες εξόρυξης:

- ✓ Η παροχή υγείας, ασφάλειας και προστασίας του περιβάλλοντος λαμβάνοντας υπόψη το επιχειρηματικό σχέδιο και το κόστος όσον αφορά την έρευνα, δραστηριότητες που σχετίζονται με το άνοιγμα, τη λειτουργία των ορυχείων, την αποκατάσταση του περιβάλλοντος και το κλείσιμο των ορυχείων μετά την εξάντληση των αποθεμάτων.
- ✓ Ο προσδιορισμός και η προώθηση βιώσιμων οικονομικών και κοινωνικών ευκαιριών, μέσω της ανάπτυξης στην κοινότητα όπου διεξάγονται εξορυκτικές δραστηριότητες, σε συνεργασία με τοπικούς οικονομικούς φορείς καθ' όλη τη διάρκεια της εξόρυξης.
- ✓ Η μεγιστοποίηση του κέρδους με ταυτόχρονη μείωση επιπτώσεων στον τομέα του περιβάλλοντος.
- ✓ Η υποστήριξη της εκπαίδευσης και της έρευνας σχετικά με τους πιο αποτελεσματικούς και αποδοτικούς τρόπους με τους οποίους η εξόρυξη μπορεί να συμβάλει στην αειφόρο ανάπτυξη.
- ✓ Η ανάλυση στατιστικών δεδομένων και επίσημων αναφορών, και οικονομικού απολογισμού, καθώς και ο έλεγχος ποιότητας των δραστηριοτήτων (Παπαβασιλείου, 2009).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αειφόρος ανάπτυξη στην εξορυκτική και μεταλλευτική βιομηχανία αποτελεί κρίσιμο ζήτημα καθώς η δραστηριότητα αυτή, αν και σημαντική για την οικονομία και την τεχνολογική πρόοδο, μπορεί να επιφέρει σοβαρές περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις. Τα βασικά συμπεράσματα σχετικά με την εφαρμογή της αειφόρου ανάπτυξης στον τομέα αυτό συνοψίζονται ως ακολούθως:

1) Περιβαλλοντική Διαχείριση

Η αειφόρος ανάπτυξη απαιτεί την εφαρμογή πρακτικών που μειώνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εξόρυξης και της μεταλλευτικής δραστηριότητας:

- Μείωση της Ρύπανσης: Υιοθέτηση τεχνολογιών και διαδικασιών που μειώνουν την ατμοσφαιρική ρύπανση, τη ρύπανση του εδάφους και των υδάτων.
- Αποκατάσταση Περιβάλλοντος: Ανάπτυξη και εφαρμογή προγραμμάτων αποκατάστασης των εξορυκτικών περιοχών, περιλαμβάνοντας την αναδάσωση και την αποκατάσταση της βιοποικιλότητας.
- Βέλτιστη Διαχείριση Πόρων: Εφαρμογή μεθόδων εξόρυξης που μεγιστοποιούν την αποδοτικότητα της χρήσης των φυσικών πόρων και ελαχιστοποιούν τα απόβλητα.

2) Κοινωνική Ευθύνη

Η ενσωμάτωση της κοινωνικής διάστασης είναι απαραίτητη για την αειφόρο ανάπτυξη:

- Διασφάλιση της συμμετοχής των τοπικών κοινοτήτων στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων και παροχή αντισταθμιστικών ωφελειών για τις επιπτώσεις της εξορυκτικής δραστηριότητας.
- Σεβασμός και προστασία των δικαιωμάτων των τοπικών πληθυσμών και των εργαζομένων, συμπεριλαμβανομένης της υγείας και ασφάλειας τους.
- Παροχή εκπαιδευτικών και επαγγελματικών ευκαιριών στις τοπικές κοινότητες για την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης και της απασχόλησης.

3) Οικονομική Βιωσιμότητα

Η αειφόρος ανάπτυξη στον εξορυκτικό και μεταλλευτικό τομέα απαιτεί οικονομική βιωσιμότητα που περιλαμβάνει:

- Δημιουργία μακροπρόθεσμης οικονομικής αξίας μέσω υπεύθυνων επενδύσεων και της ανάπτυξης τοπικών οικονομιών.

- Ενσωμάτωση καινοτόμων τεχνολογιών και μεθόδων που βελτιώνουν την αποδοτικότητα και μειώνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
- Ανάπτυξη στρατηγικών για τη διαφοροποίηση των οικονομικών δραστηριοτήτων στις εξορυκτικές περιοχές ώστε να μειωθεί η εξάρτηση από την εξόρυξη.

4) Ολοκληρωμένη Προσέγγιση και Συνεργασία

Η επίτευξη της αειφόρου ανάπτυξης απαιτεί συνεργασία και συντονισμό μεταξύ διαφόρων ενδιαφερομένων:

- Συμμόρφωση με διεθνείς και εθνικούς κανονισμούς και πρότυπα για την περιβαλλοντική προστασία και την κοινωνική ευθύνη.
- Διασφάλιση της διαφάνειας και της λογοδοσίας σε όλες τις φάσεις της εξορυκτικής δραστηριότητας, από τον σχεδιασμό μέχρι την αποκατάσταση.
- Συνεργασία με επιστημονικούς φορείς και ερευνητικά ιδρύματα για την ανάπτυξη και εφαρμογή βέλτιστων πρακτικών και καινοτόμων λύσεων.

Η αειφόρος ανάπτυξη στην εξορυκτική και μεταλλευτική βιομηχανία είναι ένας πολύπλοκος και πολυδιάστατος στόχος που απαιτεί τη συνδυασμένη προσπάθεια όλων των εμπλεκόμενων φορέων. Με την εφαρμογή περιβαλλοντικά υπεύθυνων, κοινωνικά δίκαιων και οικονομικά βιώσιμων πρακτικών, ο τομέας μπορεί να συνεχίσει να συμβάλλει στην παγκόσμια ανάπτυξη χωρίς να υπονομεύει την ευημερία των μελλοντικών γενεών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αβραμήλα Ε.Ε., 2020, «Ακολουθώντας τον Βωξίτη: Από τις κορυφές της Γκιώνας στην Αντίκυρα», Διπλωματική εργασία, Κλαμπατσέα Σ.Ε (επιβλέπουσα καθηγήτρια), Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, σχολή αρχιτεκτόνων μηχανικών, τομέας πολεοδομίας και χωροταξίας
2. Βουδούρογλου Μ., 2019, «Διαχείριση απόβλητων μεταλλευτικών εξορύξεων», Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Χουλιάρης Ι. (επιβλέπων καθηγητής), Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών «Σύγχρονες τεχνολογίες έργων διαχείρισης περιβάλλοντος»
3. Βουλγαράκης Α., 2014, «Παράμετροι που επηρεάζουν τον θρυμματισμό του πετρώματος κατά την εξόρυξη του με εκρηκτικές ύλες», Διδακτορική διατριβή, Παναγιώτου Γ.Ν. (επιβλέπων καθηγητής), Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών, Τμήμα Μεταλλευτικής
4. Γαρεφαλάκης Ν., 2022, «Λατομεία, επιπτώσεις στο περιβάλλον και αποκατάσταση», διπλωματική εργασία, Βγενοπούλου Ε. (επιβλέπουσα καθηγήτρια), Πανεπιστήμιο Πατρών, τμήμα πολιτικών μηχανικών
5. Ζδραλής Χ., 2013, «Μεταλλευτικές δραστηριότητες και αειφόρος ανάπτυξη: Η περίπτωση της Οίτης», Διπλωματική εργασία, Κούγκολος Α. (επιβλέπων καθηγητής), Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής ανάπτυξης
6. Ζευγολατάκου Ζ., 2021, «Τεχνολογίες μεταλλικών ορυκτών στην Ελλάδα, νομικά καθεστώς, προβλήματα και προοπτικές ανάπτυξης», Μεταπτυχιακή εργασία, Γκεμιτζή Α. (επιβλέπουσα καθηγήτρια), Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, τμήμα μηχανικών περιβάλλοντος
7. Καΐση Μ., 2018, «Μελέτη διερεύνησης της βιωσιμότητας της εξορυκτικής δραστηριότητας: τεχνολογικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια», Διπλωματική εργασία, Σιοντόρου Χ. (επιβλέπουσα καθηγήτρια), Πανεπιστήμιο Πειραιά, τμήμα βιομηχανικής διοίκησης και τεχνολογίας, σχολή ναυτιλίας και βιομηχανίας
8. Κατωπόδης Δ., 2011, «Σχεδιασμός υπόγειας εκμετάλλευσης βωξιτικού κοιτάσματος Κοκκινόλιθου Φωκίδας», Διπλωματική εργασία, Μπενάρδος Α. (επιβλέπων καθηγητής), Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, σχολή μηχανικών μεταλλείων-μεταλλουργών
9. Καρτελιάς Β., 2021, «Συσχέτιση της διαδικασίας και των προϊόντων θραύσης με την μέθοδο της εξόρυξης του πετρώματος και στην παραγωγή αδρανών υλικών», διπλωματική εργασία, Τσακαλάκης Κ. (επιβλέπων καθηγητής), Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, σχολή μηχανικών μεταλλείων- μεταλλουργών
10. Κολώνια Σ., Παντάλου Ε., 2011, «Η αειφόρος ανάπτυξη, η εναλλακτική προσέγγιση για την ανάπτυξη και την οικονομική ευημερία», πτυχιακή εργασία, Ταλιούρης Ε.

(επιβλέπων καθηγητής), Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης, σχολή διοίκησης και οικονομίας, τμήμα διοίκησης επιχειρήσεων

11. Κουτρουμάνος Δ.Δ., 2012, «Εργαστηριακή διερεύνηση της εξόρυξης ασβεστόλιθου περιοχής Καρδίτσας με μηχανικά μέσα», διπλωματική εργασία, Μιχαλακόπουλος Θ.Ν. (επιβλέπων καθηγητής), Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, σχολή μηχανικών μεταλλείων-μεταλλουργών, τομέας μεταλλευτικής
12. Κουτσαυτάκης Σ., 2011, «Προσδιορισμός βέλτιστων συνθηκών για την ποσοτική ανάκτηση Σιδήρου από σκωρία βιομηχανίας σιδηρονικελίου», διπλωματική εργασία, Καραγιάννη Χ.Σ. (επιβλέπουσα καθηγήτρια), Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, τμήμα χημικών μηχανικών
13. Κυρίτσης Ε.Γ., 2015, «Διερεύνηση της εξόρυξης κίσσηρις της νήσου Γυαλί με surface miner», διπλωματική εργασία, Μιχαλακόπουλος Θ.Ν. (επιβλέπων καθηγητής), Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, σχολή μηχανικών μεταλλείων-μεταλλουργών, τομέας μεταλλευτικής
14. Λεβεντόπουλος Γ. Π., 2016, «ΜΠΕ από εξόρυξη και επεξεργασία μεταλλευμάτων στην Ελλάδα και προτάσεις για βελτίωση του νομοθετικού πλαισίου», Μεταπτυχιακή εργασία, Μέλφος Β. (επιβλέπων καθηγητής), Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης , πολυτεχνική σχολή Ξάνθης, τμήμα μηχανικών περιβάλλοντος
15. Μέλφος, Β., & Βουδούρης, Π. (2022). Λατεριτικά κοιτάσματα βωξίτη στην Ελλάδα (Κεφάλαιο). Στο Μέλφος, Β., & Βουδούρης, Π. 2022. Κοιτάσματα της Ελλάδας (Προπτυχιακό εγχειρίδιο). Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.
16. Μπαμπούνης Ι., 2018, «Αειφόρος ανάπτυξη του μεταλλευτικού πεδίου της βορειοανατολικής Χαλκιδικής», μεταπτυχιακή διατριβή, Ευθυμιάδου Σ. (επιβλέπων καθηγητής), Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου, σχολή θετικών και εφαρμοσμένων επιστημών, διαχείριση και προστασία περιβάλλοντος
17. Μπεκιάρης Γ., 2021, «Η αμερικανική οικονομική βοήθεια στην Ευρώπη και η Ελλάδα. Το σχέδιο Μάρσαλ», διατριβή μεταπτυχιακών σπουδών «Νεότερη και σύγχρονη ιστορία: νέες θεωρήσεις και προοπτικές», Μιχαηλίδης Ι. (επιβλέπων καθηγητής), Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, σχολή ανθρωπιστικών επιστημών και πολιτισμικών σπουδών
18. Μυλωνάκη Α., 2006, «Διάτρηση σηράγγων: τύποι εδαφών/ τύποι μηχανών», Σουπιος Π. (επιβλέπων καθηγητής), ΤΕΙ Κρήτης, τμήμα φυσικών πόρων και περιβάλλοντος, τομέας υδατικών πόρων και γεωπεριβάλλοντος, εργαστήριο γεωφυσικής και σεισμολογίας
19. Παγωνά Ε., 2022, «Μελέτη μετασχηματισμού υπερβασικών πετρωμάτων με θερμική κατεργασία», διδακτορική διατριβή, Μήτρακας Μ. (επιβλέπων καθηγητής), Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης , τμήμα χημικών μηχανικών

20. Παπαοικονόμου Χ., 2010, «Εξόρυξη λιγνίτη και αποκατάσταση εδαφών στον νομό Κοζάνης», Πτυχιακή εργασία, Καραπιδάκης Ε. (επιβλέπων καθηγητής), Τεχνικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, τμήμα φυσικών πόρων και περιβάλλοντος
21. Πολύδερης Π., 2021, «Ιστορική αναδρομή των εκμεταλλεύσεων μαρμάρων στην Ελλάδα και μελλοντικές προοπτικές», διπλωματική εργασία, Τριανταφυλλίδης Σ. (επιβλέπων καθηγητής), Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, σχολή μηχανικών μεταλλείων-μεταλλουργών, τομέας γεωλογικών επιστημών
22. Πράσιнос Ν., 2020, «Υγεία και ασφάλεια στην εξορυκτική βιομηχανία», Διπλωματική εργασία, Μπάτρα Π. (επιβλέπουσα καθηγήτρια), Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών «Διαχείριση Τεχνικών Έργων»
23. Σιούτας Κ., 2021, «Πρόβλεψη του ρυθμού προχώρησης μηχανών ολομέτωπης κοπής TBM με την χρήση τεχνητών νευρωνικών δικτύων», μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Μπενάρδος Α. (επιβλέπων καθηγητής), Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Δ.Π.Μ.Σ. σχεδιασμός και κατασκευή υπόγειων έργων
24. Σιώπη Α., 2019, «Μελέτη σύνθεσης κονιαμάτων με μπεντονίτη και περλίτη», διπλωματική εργασία, Αναστασίου Ε. (επιβλέπων καθηγητής), Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, τμήμα πολιτικών μηχανικών
25. Σοφιανός Α.Ι., 2008, Κεφάλαιο 7, Προχωρημένη Μηχανική Πετρωμάτων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
26. Ταϊρης Ι., 2011, «Ανάπτυξη μήτρα περιβαλλοντικών επιπτώσεων», διπλωματική εργασία, Μενεγάκη Μ. (επιβλέπουσα καθηγήτρια), Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, τμήμα μηχανικών μεταλλείων και μεταλλουργών, τομέας μεταλλευτικής
27. Ταουσινίδης Α., 2016, «Επεξεργασία εργαστηριακών μετρήσεων της δύναμης κοπής πετρωμάτων», διπλωματική εργασία, Μιχαλακόπουλος Θ. (επιβλέπων καθηγητής), Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, σχολή μηχανικών μεταλλείων-μεταλλουργών, τομέας μεταλλευτικής
28. Φατσέας Ν.Ι., 2015, «Τεχνική περιγραφή λειτουργίας εργοστασίου διόγκωσης περλίτη, προώθηση προϊόντων και εφαρμογών περλίτη, διερεύνηση δυνατοτήτων βελτίωσης κόστους παραγωγής και χρήσης ενέργειας σε εργοστάσιο περλίτη», Διπλωματική εργασία, Ψαρράς Ι., Φούντη Μ. (επιβλέπων καθηγητές), Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, σχολή ηλεκτρολόγων μηχανικών και μηχανικών υπολογιστών, τομέας ηλεκτρικών βιομηχανικών διατάξεων και συστημάτων αποφάσεων
29. Φιλίππιδης Α., Τσιραμπίδης Α., 2015, «Μάρμαρα και ζεόλιθοι: ποιοτικά χαρακτηριστικά- Αποθέματα και αξία- Βιομηχανικές, περιβαλλοντικές και αγροτικές εφαρμογές»
30. Χαντές Δ., 2020, «Εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την κατασκευή και λειτουργία τεχνικών έργων (έργων οδοποιίας, έργα εξόρυξης)», πτυχιακή εργασία, Ηλία

- I. (επιβλέπουσα καθηγήτρια), Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, σχολή θετικών επιστημών και τεχνολογίας, περιβαλλοντικός σχεδιασμός έργων υποδομής
31. Χιώτη Χ., 2012, «Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την λειτουργία εγκαταστάσεων εξόρυξης και επεξεργασίας χρυσού και κοινωνικές αντιδράσεις στη Β. Χαλκιδική», Πτυχιακή εργασία, Κόκκορης Γ. Δ. (επιβλέπων καθηγητής), Πανεπιστήμιο Αιγαίου, σχολή περιβάλλοντος, τμήμα επιστημών της θάλασσας
32. Azapagic A., 2004, “Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry”, *Journal of Cleaner Production*, V. 12, issue 6, pp. 639-662
33. Janikowska, O., Kulczycka, J. Impact of minerals policy on sustainable development of mining sector – a comparative assessment of selected EU countries. *Miner Econ* **34**, 305–314 (2021)
34. Brent G.F., Goswami T., 2005, “A new mining method”, Stratablast paper
35. Mensah A.K., Mahiri I.O., Owusu O., Mireku O.D., Wireko I., Kissi E.A., 2015, “Environmental Impacts of Mining: A study of Mining Communities in Ghana”, *Applied Ecology and Environmental Sciences*, Vol. 3, No. 3