



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**“ΜΕΤΑΛΛΕΙΑ ΒΩΞΙΤΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ: ΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ”**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΦΩΤΕΙΝΗ ΞΕΝΟΚΩΣΤΑ ΤΦ2535

Επιβλέπων Καθηγητής: Δημήτριος Καλδέρης

ΧΑΝΙΑ 2024

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον επιβλέποντα καθηγητή κ. Δημήτριο Καλδέρη για την πολύτιμη βοήθεια και την καθοδήγηση κατά τη συγγραφή της πτυχιακής μου εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την υποστήριξη που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου στο Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο .

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΕΞΟΡΥΞΗ ΒΩΞΙΤΗ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ.....	9
2.1 ΒΩΞΙΤΗΣ - ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ.....	10
2.1.1 Ιστορική Αναδρομή και περιγραφή βωξίτη.....	10
2.1.2 Σχηματισμός Βωξίτη και τύποι βωξιτικών κοιτασμάτων.....	14
2.1.3 Ο βωξίτης στον Ελλαδικό χώρο.....	18
2.1.4 Εταιρίες για εξόρυξη βωξίτη στην Ελλάδα.....	22
2.1.5 Ανάλυση διαδικασιών εξόρυξης βωξίτη.....	27
2.1.6 Παραγωγή αποβλήτων από την εξόρυξη βωξίτη.....	30
2.1.7 Στάδια παραγωγής αλουμινίου.....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	34
3.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	34
3.1.1 Μόλυνση Υδάτων.....	35
3.1.2 Εκπομπή τοξικών αερίων.....	37
3.1.3 Εκτεταμένη ανοιχτή εξόρυξη.....	38
3.1.4 Απόβλητα.....	38
3.1.5 Κατάλοιπα βωξίτη.....	40
3.2 ΑΙΤΙΑ.....	42
3.3 ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ.....	44
3.3.1 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα.....	45
3.3.2 Υγεία.....	46
3.3.3 Κοινωνική- Οικονομική Αναταραχή.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	47
4.1 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΞΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	48
4.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΤΑΛΟΙΠΩΝ ΒΩΞΙΤΗ (ΕΡΥΘΡΑΣ ΙΛΥΟΣ).....	50
4.3 ΠΟΛΙΤΙΚΉ ΣΥΜΒΟΛΗ.....	50
4.4 ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ-ΕΥΑΙΣΘΗΤΟΠΟΙΗΣΗ.....	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	54
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	54
ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	57

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία στοχεύει στην εμπεριστατωμένη ανάλυση των μεταλλείων βωξίτη με σκοπό την παραγωγή αλουμίνιου στον Ελλαδικό χώρο. Ειδικότερα, στο δεύτερο κεφάλαιο της μελέτης, διατυπώνονται οι βασικοί ορισμοί και πληροφορίες, με στόχο την καλύτερη ανάλυση και κατανόηση του συγκεκριμένου ζητήματος. Επιπρόσθετα, πραγματοποιείται καταγραφή και επιμέρους ανάλυση των κοιτασμάτων βωξίτη, του τρόπου και των συνθηκών όπου αυτά σχηματίζονται. Επιπλέον, πραγματοποιείται ανάλυση ως προς τη σύσταση του βωξίτη σαν ορυκτό αλλά και στις διάφορες εφαρμογές του για την παραγωγή προϊόντων. Ακόμη, αναλύεται μία ιστορική αναδρομή σχετικά με τις εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον Ελλαδικό χώρο για την εξόρυξη και παραγωγή βωξίτη, εμβαθύνοντας στον πρωταρχικό ρόλο της συνεισφοράς της κάθε εταιρείας στην εξόρυξη βωξίτη, στην αλληλεπίδραση που έχουν, καθώς και την σειρά διεξαγωγής τους. Ταυτόχρονα, στο ίδιο κεφάλαιο θα υλοποιηθεί εμβάθυνση στις διαδικασίες και μεθόδους εκμετάλλευσης κατά την εξόρυξη βωξίτη οι οποίες οδηγούν στην παραγωγή υγρών και στερεών αποβλήτων, καθώς και μία σύντομη αναφορά σε αυτά. Συνεπώς, θα αναλυθούν τα απόβλητα που προκύπτουν κατά την εξόρυξη του βωξίτη και από την διαδικασία μετατροπής του σε αλουμίνη. Συγκεκριμένα, αναλύεται το είδος τους μετά την εξόρυξη και τη μεταποίηση του μεταλλεύματος. Στο επόμενο κεφάλαιο τεκμηριώνονται ορισμένα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκύπτουν κατά την διάρκεια της εκμετάλλευσης, αλλά και ύστερα από την ολοκλήρωση της διαδικασίας. Ακόμη, τονίζεται και αναλύεται ο σημαντικός ρόλος που διαδραματίζει η διαχείριση των παραγόμενων αποβλήτων από τις εταιρείες εξόρυξης και παραγωγής βωξίτη. Συνδυαστικά με την αξία της διατήρησης της οικολογικής ισορροπίας και την έμφυτη οικολογική συνείδηση, θα πρέπει τα μέτρα προστασίας τόσο για το περιβάλλον όσο και για την ανθρώπινη ζωή να είναι δραστικά και αποτελεσματικά προς αποφυγή μολύνσεων και καταστροφής του περιβάλλοντος. Εν συνεχεία, στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο πριν την εξαγωγή συμπερασμάτων της παρούσας πτυχιακής εργασίας, διατυπώνονται οι τρόποι επεξεργασίας των αποβλήτων, με σκοπό την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη απορρόφηση και αποθήκευση των βλαβερών ουσιών που ρέουν και εκβάλλουν κατά τη διαδικασία εξόρυξης βωξίτη και παραγωγή αλουμίνιου. Τέλος, αναφέρεται και το κομμάτι της ευαισθητοποίησης και μέριμνας από την

πλευρά των εταιρειών αλλά και του σχεδιασμού ενός αποτελεσματικού πλάνου αποφυγής μολύνσεων από την πολιτεία.

ABSTRACT

The present thesis aims at the comprehensive analysis of bauxite deposits for the production of aluminum in the Greek territory. More specifically, in the second chapter of the study, the fundamental definitions and information are formulated in order to analyze and better understand this specific issue. Additionally, recording and partial analysis of bauxite deposits, the way they are formed and the conditions are conducted. Furthermore, an analysis regarding the composition of bauxite as a mineral is carried out as well as its various applications in product manufacturing. Additionally, it provides a historical overview regarding the companies that are operating in Greece for the extraction and production of bauxite, focusing on the primary role of each company's contribution, their interaction and the sequence of their operations. Simultaneously, in the same chapter, there will be an in-depth exploration of the processes and methods of bauxite exploitation and the liquid and solid waste that is being produced, along with a brief reference to them. Consequently, the waste from bauxite extraction and also from its conversion into alumina will be analyzed. More specifically, it will be analyzed after the extraction and processing to the ore. In the next chapter are documented some certain environmental problems arising during exploitation as well as after the completion of the process. Moreover, it emphasizes the significant role of waste management of mining and bauxite production companies. In conjunction with the value of maintaining ecological balance and inherent ecological awareness, effective measures for environmental and human life should be taken in order to avoid pollution and environmental disaster. In the fourth and final chapter before drawing conclusions of this thesis, some methods of waste processing are formulated aiming at the maximization of absorption and storage of harmful substances that flow or discharge during the process of bauxite extraction and aluminum production. Finally, the aspect of awareness and care both from the companies' side and in the design of an effective pollution prevention plan by the state is mentioned.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανθρώπινη υπόσταση, εκ φύσεως, βρίσκεται σε συνεχή και αδιάκοπη επικοινωνία με το περιβάλλον. Το γεγονός αυτό, συμβάλλει στην διατήρηση της αένας και άρρηκτα συνδεδεμένης σχέσης δράσης-αντίδρασης που τους χαρακτηρίζει καθώς εμφανίζεται από τα παλαιότερα κιόλας έτη έως και την σημερινή εποχή. Αυτό επιβεβαιώνεται καθώς η ανθρώπινη υπόσταση γεννιέται, ζει, μεγαλώνει και εξελίσσεται παράλληλα με το περιβάλλον αφιερώνοντας μέγιστο χρόνο ανακαλύπτοντας το. Διαχρονικά, η επιβίωση του ανθρώπινου είδους συνδεόταν αμοιβαία με την άντληση των φυσικών και ορυκτών πόρων. Αξιοσημείωτα παραδείγματα της ανθρώπινης παρεμβολής για την διαβίωση του ήταν το ψάρεμα, το κυνήγι αλλά και η μεταλλουργία.

Παρόλα αυτά, η μεγαλύτερη αντίθεση μεταξύ των προηγούμενων αιώνων και της σημερινής σύγχρονης εποχής είναι η έντονη εισβολή της προηγμένης τεχνολογίας, η οποία έχει βελτιώσει την καθημερινότητα της ανθρώπινης υπόστασης αυξάνοντας παράλληλα τον κίνδυνο της αλλοίωσης του φυσικού περιβάλλοντος. Αυτό συμβαίνει καθώς μέσω της ανθρώπινης και τεχνολογικής παρέμβασης επιτυγχάνεται ο στόχος του ελέγχου ή ακόμη και της τροποποίησης του φυσικού περιβάλλοντος.

Δυστυχώς, η σύγχρονη κοινωνία δεν στοχεύει πρωταρχικά στην συνύπαρξη με την μητέρα Γη, αλλά στην εκμετάλλευση της προς όφελος της, θυσιάζοντας το περιβάλλον στον βωμό της κερδοφορίας. Τα σύγχρονα τεχνολογικά μέσα προωθούν τις βιομηχανίες και τα εργοστάσια προς ταχύτερη ανάπτυξη. Συγκεκριμένα, στις μέρες μας υφίστανται μία πληθώρα εργοστασιακών διαμερισμάτων τα οποία προσλαμβάνουν πρώτες ύλες οι οποίες μέσω διαφόρων φυσικοχημικών διεργασιών δημιουργούν το επιθυμητό τελικό προϊόν που προορίζεται για βιομηχανική παραγωγή. Αναφορικά, μία από τις πιο διαδεδομένες εξορυκτικές διαδικασίες που πραγματοποιούνται στον Ελλαδικό χώρο αλλά και διεθνώς και είναι γνωστή για το τεράστιο περιβαλλοντικό αντίκτυπο προέρχεται από το ορυκτό του βωξίτη. Αναλυτικότερα, ο βωξίτης είναι μια πολύτιμη πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται ευρέως και αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα για την παραγωγή αλουμινίου.

Είναι ευρέως διαδεδομένο ότι, η Ελλάδα χαρακτηρίζεται τόσο για την ποιότητα όσο και για την ποσότητα ενός μεγάλου εύρους ορυκτών και μεταλλευμάτων που βρίσκονται στο υπέδαφος της και χρησιμοποιούνται στην ελληνική αλλά και στην

διεθνή βιομηχανική αγορά. Πιο συγκεκριμένα, ο μεταλλευτικός κλάδος συγκαταλέγεται σε έναν από τους πιο σημαντικούς κλάδους της Ελληνικής βιομηχανικής παραγωγής καθώς αποτελεί ισχυρή πηγή οικονομικής και βιομηχανικής ευημερίας για την χώρα. Παράλληλα, η έντονη εξαγωγική δραστηριότητα των φυσικών ορυκτών σε συνδυασμό με την αξιοποίηση τους για καινοτόμες και εξειδικευμένες εφαρμογές, που έχουν υψηλή προστιθέμενη αξία, έχουν σαν αποτέλεσμα την προσφορά πληθώρας ανταγωνιστικών πλεονεκτημάτων και πλεονεκτημάτων στήριξης της εγχώριας βιομηχανίας. Ως εκ τούτου, γίνεται αντιληπτό ότι, η εκμετάλλευση του συγκεκριμένου πετρώματος είναι καθοριστική για την προαγωγή της βιομηχανικής δραστηριότητας. Αξίζει να τονιστεί ότι, οι χρήσεις του συγκεκριμένου φυσικού πόρου επεκτείνονται και σε άλλους τομείς όπως στον κατασκευαστικό κλάδο και την χημική βιομηχανία. Επομένως, η εκτεταμένη εκμετάλλευση του συγκεκριμένου ορυκτού συμβάλει σε μεγάλο βαθμό και στην ανάπτυξη της Ελληνικής οικονομίας.

Στην πορεία των ετών, έχουν παρατηρηθεί αξιοσημείωτες επιβλαβείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις που οφείλονται στην διαδικασία βιομηχανικής παραγωγής βωξίτη. Οι συνέπειες αυτές δεν περιορίζονται μόνο στην αποψίλωση μεγάλων εκτάσεων δάσους και την καταστροφή οικοσυστημάτων αλλά επεκτείνονται και στην μόλυνση των υδάτινων πόρων εξαιτίας της χρήσης χημικών ουσιών που είναι απαραίτητες για την επεξεργασία του βωξίτη. Τέλος, αξιοσημείωτο είναι και το αποτύπωμα που επιφέρει η ανεξέλεγκτη εκμετάλλευση του στην αύξηση των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου που προκύπτει από την αναγκαία καύση καυσίμων για την διαδικασία της μεταφοράς του ορυκτού αυτού.

Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι με την κατάλληλη διαχείριση και την λήψη των απαραίτητων προληπτικών μέτρων δύναται η διαχείριση και η παραγωγική διαδικασία να γίνεται με απόλυτο σεβασμό προς το περιβάλλον. Η προσεκτική αξιοποίηση των κοιτασμάτων του βωξίτη σε συνδυασμό με την εφαρμογή στοχευμένων μέτρων επιτρέπουν την κερδοφόρα τους εκμετάλλευση ελαττώνοντας το αρνητικό αντίκτυπο ως προς το περιβάλλον. Τέλος, η αποτελεσματική λήψη μέτρων τόσο από τις ίδιες τις κυβερνητικές υπηρεσίες όσο και από τους ίδιους τους ιδιώτες, σε συνδυασμό με την υιοθέτηση πρακτικών τρόπων διαχείρισης θα συμβάλει στην βιώσιμη αξιοποίηση του συγκεκριμένου φυσικού πόρου μειώνοντας παράλληλα τις επονεϊδιστες συνέπειες που προκύπτουν από την ακόρεστη άντληση του.

Η ύπαρξη και η διαιώνιση της ανθρωπότητας οφείλεται αποκλειστικά στο περιβάλλον και την φύση. Αναμφίβολα, η επιβίωση του ανθρώπου οφείλεται στα πολύτιμα αγαθά και στους πόρους που παρέχει ενώ αποτελεί τη σωτήρια οδό για την ύπαρξή του. Μέσα από αυτήν, ανακαλύπτει πολύτιμα αγαθά και αξίες που τον εμπνέουν και τον αναπτύσσουν. Συνεπώς, είναι καθήκον της ανθρώπινης ύπαρξης να διατηρεί την οικολογική συμπεριφορά και να αποφεύγει την υπερβολική κατανάλωση των φυσικών πόρων προκειμένου να διασφαλιστεί η ευημερία και η βιωσιμότητα των μελλοντικών γενεών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΕΞΟΡΥΞΗ ΒΩΞΙΤΗ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Η φύση από την αρχαία Ελληνική γλώσσα που εμφανίζεται με την λέξη “φύσις” ετυμολογικά σημαίνει <<φύω-φύομαι>> δηλαδή “φυτρώνω” ή “βλασταίνω”. Η γενικότερη σημασιολογία της συγκεκριμένης λέξης ταυτίζεται με τον όρο της ζωής. Ο άνθρωπος κατατάσσεται ως άμεσο κομμάτι της φύσης από την αρχή της δημιουργίας του. Καθώς από τους αρχέγονους αιώνες η φύση παρέχει απλόχερα τα αγαθά της. Ακόμη μέχρι και σήμερα ο άνθρωπος εφεύρει καινοτόμους τρόπους προς την διεξαγωγή εξέλιξης. Ειδικότερα, η Γη προξενεί εκατοντάδες πετρώματα-ορυκτά και διαφορά μεταλλεύματα, τα οποία για τον άνθρωπο είναι “χρυσός θησαυρός “ καθώς εξορύσσοντας τις πρώτες ύλες οδηγείται σε διάφορες παραγωγές. Η πιο διαδεδομένη παραγωγή στον Ελλαδικό χώρο είναι αυτή του αλουμινίου, η οποία προκύπτει από εξόρυξη βωξίτη. Συνοπτικά, προκύπτει το αλουμίνιο από την εξόρυξη πετρωμάτων (δηλαδή συνδυασμών ορυκτών), έπειτα από συγκεκριμένες μεταλλευτικές μεθόδους. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αναλύονται κάποια βασικά εισαγωγικά στοιχεία για τον βωξίτη καθώς επίσης και τον τρόπο που παράγονται απόβλητα από την διαδικασία εκμετάλλευσης του.

2.1 ΒΩΞΙΤΗΣ - ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

2.1.1 Ιστορική Αναδρομή και περιγραφή βωξίτη

Η ιστορία του βωξίτη ξεκινάει από το 1821, όπου μελετήθηκε αρχικά σαν ορυκτό από τον Γάλλο χημικός Pierre Berthier, στο χωριό Les Baux που βρίσκεται στη Νότια Γαλλία (Προβηγκία). Στη συνέχεια, το 1844 ο επίσης Γάλλος επιστήμονας Dufrenoy το χαρακτήρισε με τη σημερινή του ονομασία, δηλαδή ως βωξίτη. Ο βωξίτης είναι ένα πέτρωμα (συνδυασμός ορυκτών), ο οποίος περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις υδροξειδίων του αργιλίου. Τα ορυκτά του υδροξειδίου του αργιλίου ουσιαστικά σχηματίζονται όταν τα αργιλοπυριτικά ορυκτά (κυρίως μαγματογενούς προελεύσεως) υπόκεινται αποσάθρωση κάτω από τροπικές συνθήκες. Στη σημερινή εποχή, ο όρος “βωξίτης” χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει σχηματισμούς ορυκτών που περιέχουν σημαντικές ποσότητες υδροξειδίου του αργιλίου (γκιμπσιτης $\text{Al}(\text{OH})_3$), διάσπορο α -($\text{AlO}(\text{OH})$), βαιμίτης γ -($\text{AlO}(\text{OH})$). Η σύσταση του βωξίτη μπορεί να αποτελείται και από υδροξείδια ή οξείδια του σιδήρου (γκαιτίτης α - $\text{FeO}(\text{OH})$, αιματίτης Fe_2O_3) και υδροαργιλικά ορυκτά. Υπάρχουν επίσης και διάφορες προσμίξεις στους βωξίτες, οι οποίες μπορεί να είναι καολίνης, αλλοϋσίτης, νοντρονίτης, αιματίτης, οξείδια του τιτανίου (ανατάσης, TiO_2). Το τιτάνιο, ο σίδηρος και το μαγγάνιο αποτελούν και τα επιβλαβή στοιχεία των βωξιτών. Αρχικά, για το τιτάνιο (Ti), η περιεκτικότητα δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 1,8%, για το μαγγάνιο (Mn), δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 1,5% και όσον αφορά την περιεκτικότητα του σιδήρου (Fe), έχει ελάχιστη σημασία, επομένως δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη ποσοτική προδιαγραφή.

Παρόλα αυτά, ένας τυπικός βωξίτης περιέχει:

35-65% Οξείδιο του Αργιλίου Al_2O_3

2-20% Οξείδιο του σιδήρου Fe_2O_3

10-30% Νερό H_2O

2-10% Διοξείδιο του πυριτίου SiO_2

1-3% Διοξείδιο του τιτανίου



Εικόνα 1. Εικόνα του ορυκτού βωξίτη (Πηγή: ΣΜΕ, Βωξίτης- Αλουμίνα- Αλουμίνιο)

Σχετικά με το χρώμα του βωξίτη αυτό εξαρτάται από τη σύστασή του και ειδικότερα από την παρουσία των οξειδίων ή υδροξειδίων του σιδήρου. Το χρώμα του μπορεί να είναι κοκκινωπό ή κίτρινο και μερικές φορές γκρι. Εάν διακρίνονται στη σύστασή του κόκκινοι ή καστανο κόκκινοι κόκκοι, τότε πρόκειται για παρουσία αιματίτη, ενώ εάν διακρίνονται κίτρινοι κόκκοι, τότε πρόκειται για παρουσία γκαιτίτη. Το γκριζωπό χρώμα στη σύσταση του βωξίτη, υποδηλώνει μικρό ποσοστό οξειδίων του σιδήρου, ενώ το λευκό χρώμα δηλώνει απουσία οξειδίων του σιδήρου.

Όσον αφορά την υφή του βωξίτη, πολλές φορές παρουσιάζει ιστό ωολιθικό, πισσολιθικό ή στιφρό. Επίσης, έχει ειδικό βάρος $2,7-3,5 \text{ g/cm}^3$, κάτι το οποίο εξαρτάται από την περιεκτικότητά του σε οξείδια του σιδήρου. Σχετικά με κάποιες ακόμη ιδιότητες του βωξίτη, είναι αδιάλυτος σε νερό, μπορεί μόνο να διαλυθεί σε οξέα ή καυστικά αλκάλια υψηλών συγκεντρώσεων. Η διαλυτότητα του αυτή ποικίλλει ανάλογα με την ορυκτολογική σύνθεση σε σχέση με τα ένυδρα οξείδια του αργιλίου. Τέλος, ο βωξίτης είναι πυρίμαχος, δηλαδή ανθεκτικός σε υψηλές θερμοκρασίες και όταν θερμανθεί έως την τήξη του παίρνει κρυσταλλική μορφή αποκτώντας έτσι υψηλή σκληρότητα, γεγονός που του δίνει και λειαντικές ιδιότητες.

Το αλουμίνιο είναι ένα μέταλλο το οποίο δεν σκουριάζει εύκολα και είναι ελαφρύ. Για το λόγο αυτό, βρίσκει πολλαπλές εφαρμογές, όπως τη δημιουργία κραμάτων με άλλα ελαφρά μέταλλα (κυρίως στην αεροναυπηγική) ή στην παραγωγή λειαντικών υλικών, καθώς και για την παραγωγή όξινων πυρίμαχων υλικών. Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση παραγωγής πυρίμαχων υλικών, ο βωξίτης θα πρέπει να είναι υψηλής

περιεκτικότητας σε Al_2O_3 (οξείδιο του αργιλίου) και χαμηλής περιεκτικότητας σε Fe_2O_3 (οξείδιο του σιδήρου) και CaO (οξείδιο του ασβεστίου). Εάν ο βωξίτης χρησιμοποιηθεί για λειαντικούς σκοπούς, τα οξείδια του σιδήρου και το πυρίτιο θα πρέπει να περιέχουν λιγότερη περιεκτικότητα από 6% και 5% αντίστοιχα, καθώς και τα CaO (οξείδιο του ασβεστίου) κάτω από 0.5%. Τέλος, ένας ειδικός σκληρός βωξίτης όταν τήκεται μέσα σε ειδική κάμινο μαζί με κωκ και ασβεστόλιθο, μετατρέπεται σε αργλική τηκτική κονία, η οποία αποτελεί τσιμέντο ταχείας πήξεως. Επιπλέον, ο βωξίτης χρησιμοποιείται στην παραγωγή τσιμέντων τύπου Portland, στην παραγωγή ορυκτών ινών καθώς και ως ρυθμιστής σκωρίας στην παραγωγή σιδήρου.

Για την παραγωγή τσιμέντων τύπου Portland, ο βωξίτης είναι ένα ιδανικό υλικό, καθώς διαθέτει πλούσια περιεκτικότητα σε οξείδιο του αργιλίου και σιδήρου και χαμηλή περιεκτικότητα σε πυρίτιο, ιχνοστοιχεία όπως και σε αλκάλια και οξείδιο του μαγνησίου (MgO).

Για την παραγωγή αλουμίνας, τα κοιτάσματα βωξίτη που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως διασπορικού/μπαιμιτικού τύπου ή γιψιτικού τύπου και για το λόγο αυτό θα πρέπει να δημιουργούνται ειδικές συνθήκες θραύσης και διαλυτοποίησης. Η επεξεργασία τους γίνεται με τη μέθοδο Bayer και είναι ιδιαίτερα οικονομική. Για την παραγωγή ορυκτών ινών, χρησιμοποιείται και πάλι ο βωξίτης, ο οποίος είναι ένα ορυκτό πλούσιο σε οξείδια του αργιλίου. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται ο χονδρόκοκκος βωξίτης, ο οποίος παρουσιάζει μεγάλη αντοχή σε καταπόνηση βάρους. Το υλικό των ορυκτών ινών, παρουσιάζει καλές πυρίμαχες ιδιότητες και βιοδιαλυτότητα.

Για την παραγωγή αλουμινούχων τσιμέντων χρησιμοποιείται και πάλι ο βωξίτης, καθώς τους προσδίδει ιδιότητες όπως υψηλή αντοχή (μόλις 24 ώρες μετά τη χύτευσή τους μπορούν να αφαιρεθούν τα καλούπια (δομικά στηρίγματα) και να προχωρήσει η διαδικασία της κατασκευής). Επίσης ο χονδρόκοκκος βωξίτης με την αντοχή του στην καταπόνηση βάρους και τον υψηλό δείκτη θερμικής αντοχής που διαθέτει τους προσδίδει ορισμένες ακόμη ιδιότητες, όπως το ότι είναι πυρίμαχα, με καλύτερη ανθεκτικότητα σε θειικό, λειαντικό και έντονα χημικό περιβάλλον καθώς και το ότι διαθέτουν αντοχή στα οξέα. Τέλος, εκμεταλλευόμενα την πυρίμαχη ιδιότητά τους, τα αλουμινούχα τσιμέντα χρησιμοποιούνται και στο σκυρόδεμα, καθώς εκεί ο συνδυασμός του πλεονεκτήματος χύτευσης σύνθετων σχημάτων σε θερμοκρασίες

περιβάλλοντος με απόδοση σε θερμοκρασίες που υπερβαίνουν τους 1600 βαθμούς Κελσίου, τα καθιστούν ως τα πλέον κατάλληλα για τη συγκεκριμένη διεργασία. Μία πολύ σημαντική ιδιότητα του βωξίτη είναι ότι χρησιμοποιείται και ως ρυθμιστής για τη σκωρία στην παραγωγή σιδήρου. Χρησιμοποιείται ως ρευστό υλικό στην υψικάμινο. Με τη χρήση του αυτή, προσφέρει ορισμένα πλεονεκτήματα όπως στη μείωση του κόστους κατά τη διάρκεια λειτουργίας της υψικαμίνου και ταυτόχρονα βελτιώνει τις υδραυλικές ιδιότητες της κοκκοποιημένης σκωρίας, η οποία χρησιμοποιείται για την παραγωγή τσιμέντου σκωρίας. Υπάρχουν διαφορετικές εφαρμογές του συγκεκριμένου ορυκτού και στον τομέα της τσιμεντοβιομηχανίας, στην παραγωγή χυτοσιδήρου ως συλλίπασμα και ως συστατικό του πετροβάμβακα και λειαντικών υλικών. Το αλουμίνιο που παράγεται από το βωξίτη έχει τεράστιο φάσμα εφαρμογών στη βιομηχανία, μεταφορές, κατασκευές αλλά και στην καθημερινή ζωή. Βρίσκει εφαρμογές στην επίστρωση οδοστρωμάτων, διαδρόμων αεροδρομίων κ.ά.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένας πίνακας με τα τυπικά περιεχόμενα σε οξειδία των βωξιτών για διάφορες χρήσεις (Χρηστίδης, 2009):

Εφαρμογή	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂
Μεταλλουργία	50-55%	0-15%	5-30%	
Λειαντικά	Min. 55%	Max. 5%	Max. 6%	Min. 2.5%
Χημικά	Min. 55-58%	Max. 5-12%	Max. 2%	
Πυρίμαχα	Min. 59-61%	Max. 1.5-5.5%	Max. 2%	Max. 2.5%

Πίνακας 1. Πίνακας με τα τυπικά περιεχόμενα των οξειδίων που περιέχονται στον βωξίτη

2.1.2 Σχηματισμός Βωξίτη και τύποι βωξιτικών κοιτασμάτων

Η γένεση του βωξίτη αποτελείται από τρεις εκδοχές:

- Η πρώτη εκδοχή έχει να κάνει με το Λατεριτικό βωξίτη, κατά την οποία το ορυκτό του βωξίτη σχηματίστηκε σε άλλο χώρο από αυτόν που αποτέθηκε, με διάβρωση, ενώ κατόπιν μεταφέρθηκε και αποτέθηκε σε αλλουβιακή μορφή. Προέρχονται από αργιλοπυριτικά πετρώματα που έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε σίδηρο και έχουν την τάση να σχηματίζουν καλύμματα. Επομένως, εξαιρούνται με αυτό τον τρόπο τα υπερβασικά πετρώματα τα οποία κάτω από παρόμοιες συνθήκες συντελούν στη δημιουργία Fe-λατερίτες και Ni-λατερίτες. Οι λατεριτικοί βωξίτες προέρχονται από κάποια πετρώματα, τα οποία είναι συνήθως γρανίτες, βασάλτες, ανορθοσίτες, φωνόλιθοι, ανδεσίτες, νεφελικοί συηνίτες, κερατίτες, γάββροι, δολερίτες, καολινιτική άμμος, σχιστόλιθοι και αργιλοί σχιστόλιθοι. Αξίζει να σημειωθεί ότι, είναι ιδιαίτερα σημαντική η ένταση και η χρονική διάρκεια της βωξιτογένεσης παρά το αν το αρχικό πέτρωμα θα έχει υψηλή συγκέντρωση σε αργίλιο. Τα κοιτάσματα που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία απαντώνται σε περιοχές όπως οι ΗΠΑ, Βραζιλία, Ινδία, Αυστραλία, Ιρλανδία και Γουινέα. Η ηλικία τους κυμαίνεται κυρίως μεταξύ του μέσου Κρητιδικού- μέσου Ηώκαινου, εκτός από γνωστά κοιτάσματα τριτογενούς ή ακόμη και τεταρτογενούς ηλικίας. Η διαδικασία κατά την οποία ένα πέτρωμα μπορεί να μετατραπεί σε λατεριτικό βωξίτη περιλαμβάνει 3 επιμέρους στάδια:

-Στο πρώτο στάδιο ανήκει η διάσπαση των αρχικών αργιλοπυριτικών ορυκτών, το οποίο περιλαμβάνει μετακίνηση των αλκαλίων και μέρους του πυριτίου και συγκέντρωση ορυκτών του αργιλίου.

-Στο δεύτερο στάδιο ανήκει η περαιτέρω απομάκρυνση του Si και συγκέντρωση Al με τη μορφή βαιμίτη και γκιψίτη

-Και τέλος, στο τρίτο στάδιο ανήκει η συμπλήρωση της αρχικής σύστασης με απόθεση ανθρακικών, θειούχων και άλλων ορυκτών



Εικόνα 2. Δείγμα λατεριτικού βωξίτη από το Σουδάν όπου διακρίνεται η χαρακτηριστική δομή κονδύλων και πisolίθων. (Πηγή: Orykta.gr- Κοιτασματολογία)



Εικόνα 3. Τροπικός λατεριτικός βωξίτης από τη Γουινέα(Πηγή: Orykta.gr- Κοιτασματολογία)

- Η δεύτερη εκδοχή σχετίζεται με με τον Αυτόχθωνα (ή Ιζηματογενή) βωξίτη, κατά την οποία, ο βωξίτης προήλθε από την επιτόπια (in situ) αποσάθρωση ασβεστολίθων, τα περισσότερο διαλυτά στοιχεία των οποίων απομακρύνθηκαν, εμπλουτίζοντας με αυτό τον τρόπο τα βωξιτικά συστατικά τα οποία δεν απομακρύνθηκαν. Για τη διαδικασία αυτή απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη τροπικού κλίματος και είναι λιγότερο συνηθισμένη.

- Η τρίτη εκδοχή αφορά τους Καρστικούς βωξίτες, οι οποίοι έχουν ακανόνιστη μορφή και είναι συνήθως θύλακες, φακοί ή πολύπλοκες συμφύσεις. Ουσιαστικά, γεμίζουν κενά κραστικοποιημένων ασβεστόλιθων με τον εξής τρόπο: η κατώτερη επιφάνειά τους εφάπτεται με το ασβεστολιθικό πέτρωμα αντικατοπτρίζοντας έτσι τις ανωμαλίες του και η ανώτερη επιφάνεια μπορεί να είναι ομαλή. Τα καρστικά κοίλα γεμίζουν με ένα υλικό το οποίο προέρχεται από λατεριτικούς μανδύες γειτονικών πετρωμάτων. Ένας παράγοντας που επηρεάζει την εμφάνιση του βωξίτη πέρα από την απλή καθίζηση της πλούσιας σε άργιλο ιλύος στην επιφάνεια των καρστικοποιημένων ασβεστόλιθων, είναι επίσης το χημικό περιβάλλον των ασβεστόλιθων στην επιφάνεια της Γης τόσο κατά τη διάρκεια όσο και μετά την απόθεση αυτής της ιλύος. Αυτές οι μεταβολές μετά την απόθεση φαίνονται και από μία σκούρα αργλική ταινία στην επαφή μεταξύ του βωξίτη και του καρστικού εγκοίλου. Αυτός ο τύπος βωξίτη συναντάται σε χώρες της Μεσογείου, όπως για παράδειγμα στη Γαλλία, την Ισπανία, Ελλάδα, Τουρκία αλλά και στην Ουγγαρία, τη πρώην Γιουγκοσλαβία και τη Ρουμανία. Συναντάται επίσης και σε χώρες όπως οι ΗΠΑ, Αφρική, Ρωσία, Ινδία και Ινδονησία.

Οι συνθήκες που ευνοούν το σχηματισμό βωξιτών είναι οι εξής:

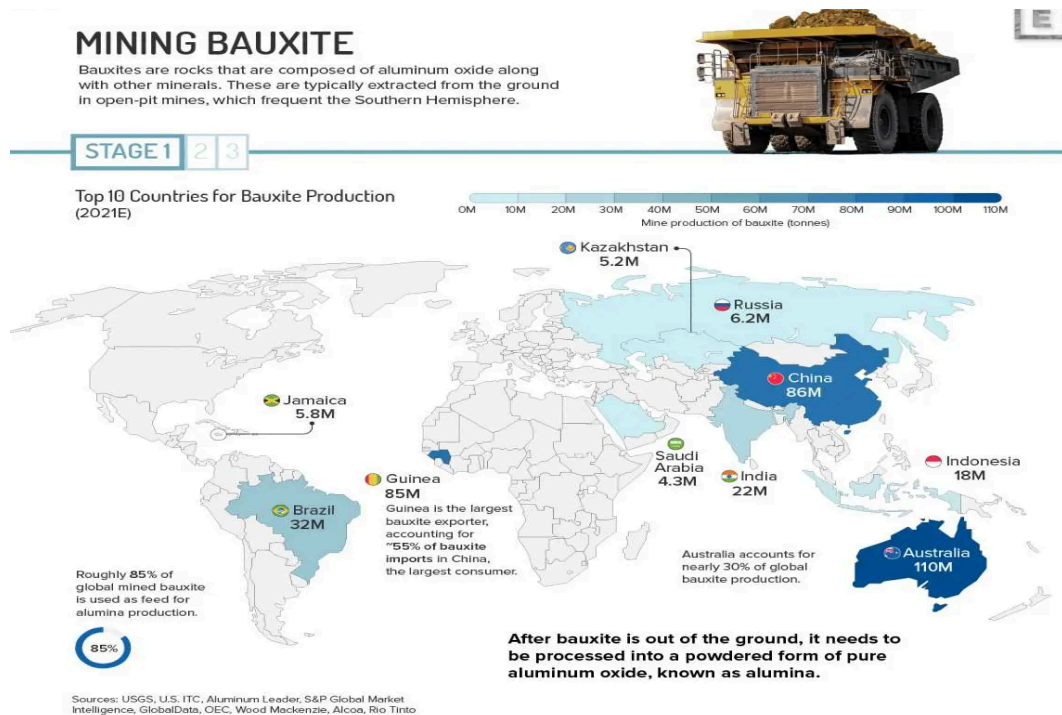
- Η ύπαρξη πετρωμάτων που περιέχουν ορυκτά του αργιλίου
- Τα πετρώματα πρέπει να έχουν διαπερατότητα, ώστε να είναι δυνατή η απομάκρυνση του Si μέσω του εδαφικού νερού τόσο πλάγια όσο και κατακόρυφα
- Όσον αφορά το κλίμα, αυτό θα πρέπει να είναι τροπικό ή υποτροπικό με σημαντικά ποσοστά βροχόπτωσης ώστε να επιτυγχάνεται ο κατάλληλος συνδυασμός Eh- pH και εναλλαγές ξηρών-υγρών περιόδων
- Η ύπαρξη βλάστησης
- Μακρά περίοδο τεκτονικής σταθερότητας
- Ο ρυθμός χημικής αποσάθρωσης θα πρέπει να είναι υψηλότερος από το ρυθμό διάβρωσης ώστε να συσσωρεύονται τα προϊόντα της αποσάθρωσης και τέλος,

-Υπαρξη ήπιου τοπογραφικού αναγλύφου, ώστε να επιτρέπεται η αργή διήθηση του νερού στο έδαφος καθώς και τις διακυμάνσεις του υδροφόρου ορίζοντα.

Οι τύποι βωξιτικών κοιτασμάτων είναι οι ακόλουθοι (Χρηστίδης, 2009):

- **Καλύμματα** κοντά ή πάνω στην επιφάνεια της Γης (blanket deposits). Πρόκειται για (σχεδόν) οριζόντια κοιτάσματα, τα οποία καλύπτονται από υπερκείμενα υλικά μικρού πάχους. Το πάχος των κοιτασμάτων αυτών κυμαίνεται συνήθως από ένα έως είκοσι μέτρα και μπορεί να εκτείνονται οριζόντια για πολλά χιλιόμετρα. Περιέχουν ένα στρώμα συμπαγούς βωξίτη με πολύ σίδηρο στα ανώτερα τμήματά τους. Οι περιοχές στις οποίες συναντώνται τέτοιου είδους κοιτάσματα είναι η Νότια Αμερική, Ινδία, Αυστραλία και Γουινέα.
- **Θύλακες και ακανόνιστα στρώματα (pocket deposits).** Τέτοιου τύπου κοιτάσματα συναντώνται κυρίως σε καρστικά έγκοιλα και πιο σπάνια σε μεταμορφωμένα και πυριγενή πετρώματα ή σε αργίλους. Μπορεί να είναι μεμονωμένα ή συνενωμένα σώματα (μιας και η συνένωση αποτελεί ιδιότητα των καρστικών εγκοίλων σε πολλές περιπτώσεις). Όσον αφορά το πάχος τους αυτό κυμαίνεται από μισό έως τριάντα (30) μέτρα. Τα κοιτάσματα αυτά απαντούν σε χώρες της Νοτίου Ευρώπης, στη Τζαμάικα κτλ και η μετάβασή τους προς τα υπερκείμενα πετρώματα είναι αρκετά απότομη.
- **Στρώματα ή φακοί σε ιζηματογενείς ή ηφαιστειο-ιζηματογενείς ακολουθίες** (inter layered deposits). Τα κοιτάσματα αυτά κατά βάση μοιάζουν με τα κοιτάσματα της προηγούμενης κατηγορίας (Θύλακες και ακανόνιστα σχήματα), με τη διαφορά ότι το χαρακτηριστικό τους που τα κατατάσσει στη συγκεκριμένη κατηγορία είναι ότι των βωξιτών υπέρκινεται νεότερα ιζήματα ή ηφαιστειακά πετρώματα. Ουσιαστικά, επειδή έχουν την τάση να ενταφιάζονται, εμφανίζονται συνήθως πιο συμπαγή από τα προηγούμενα. Οι περιοχές στις οποίες απαντώνται τα συγκεκριμένα κοιτάσματα είναι η Νότια Ευρώπη, η Ρωσία, η Ιρλανδία, η Κίνα, οι ΗΠΑ, η Γουινέα και η Τουρκία. Ιδιαίτερος στις ώρες της Τουρκίας και της Νοτίου Ευρώπης, τα περιβάλλοντα πετρώματα έχουν ρηγματωθεί και πτυχωθεί, ενώ τα ορυκτά γκιψίτης και βαιμίτης έχουν τροποποιηθεί μερικώς σε διάσπορο και τοπικά σε κορούνδιο, αλλάζοντας με αυτό τον τρόπο την ποιότητα του βωξίτη.

- **Κοιτάσματα που προκύπτουν από διάβρωση άλλων κοιτασμάτων βωξίτη (detrital deposits).** Η δημιουργία τέτοιου τύπου κοιτασμάτων προκύπτει από τη συσσώρευση βωξιτικού υλικού που διαβρώθηκε από άλλες θέσεις. Συνήθως τέτοια κοιτάσματα βρίσκονται στα Αρκάνσας, ΗΠΑ.



Εικόνα 4. Οι 10 χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή βωξίτη παγκοσμίως (σύμφωνα με έρευνα του 2021). Από την εικόνα φαίνεται ότι τις πρώτες θέσεις στην παραγωγή βωξίτη καταλαμβάνουν η Αυστραλία, η Κίνα, η Γουινέα, η Βραζιλία, η Ινδία, η Ινδονησία, η Ρωσία, η Τζαμάικα, το Καζακστάν και η Σαουδική Αραβία. Επίσης, όπως αναφέρεται και στην εικόνα, το 85% των αποθεμάτων βωξίτη παγκοσμίως χρησιμοποιείται για την παραγωγή αλουμινίου.

2.1.3 Ο βωξίτης στον Ελλαδικό χώρο

Η θέση της Ελλάδας στην παραγωγή βωξίτη είναι αρκετά υψηλή όχι μόνο στην Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και παγκοσμίως, καθώς είναι μία από τις σημαντικότερες χώρες παραγωγής βωξίτη. Πιο συγκεκριμένα, κατατάσσεται 1η στην ΕΟΚ με παραγωγή της τάξεως των 3 εκατ. τόνων/ έτος περίπου (Χρηστίδης, 2009). Η εξόρυξη του βωξίτη στον Ελλαδικό χώρο γίνεται κατά 65% με υπόγειες και κατά 35% με υπαίθριες εκμεταλλεύσεις. Ο βωξίτης αποτελεί το μοναδικό μετάλλευμα/πρώτη ύλη

παραγωγής αλουμινίου και έχει ιδιαίτερη σημασία για τη χώρα μας. Η σύσταση των βωξιτικών κοιτασμάτων που συναντώνται στον Ελλαδικό χώρο είναι η εξής:

- 55-57% Οξείδιο του αργιλίου Al_2O_3
- 4-5% Διοξείδιο του πυριτίου SiO_2
- 21-25% Οξείδιο του σιδήρου Fe_2O_3
- 2.5-3% Διοξείδιο του τιτανίου TiO_2
- 0.5-2% Οξείδιο του ασβεστίου CaO
- 8-13% Νερό H_2O

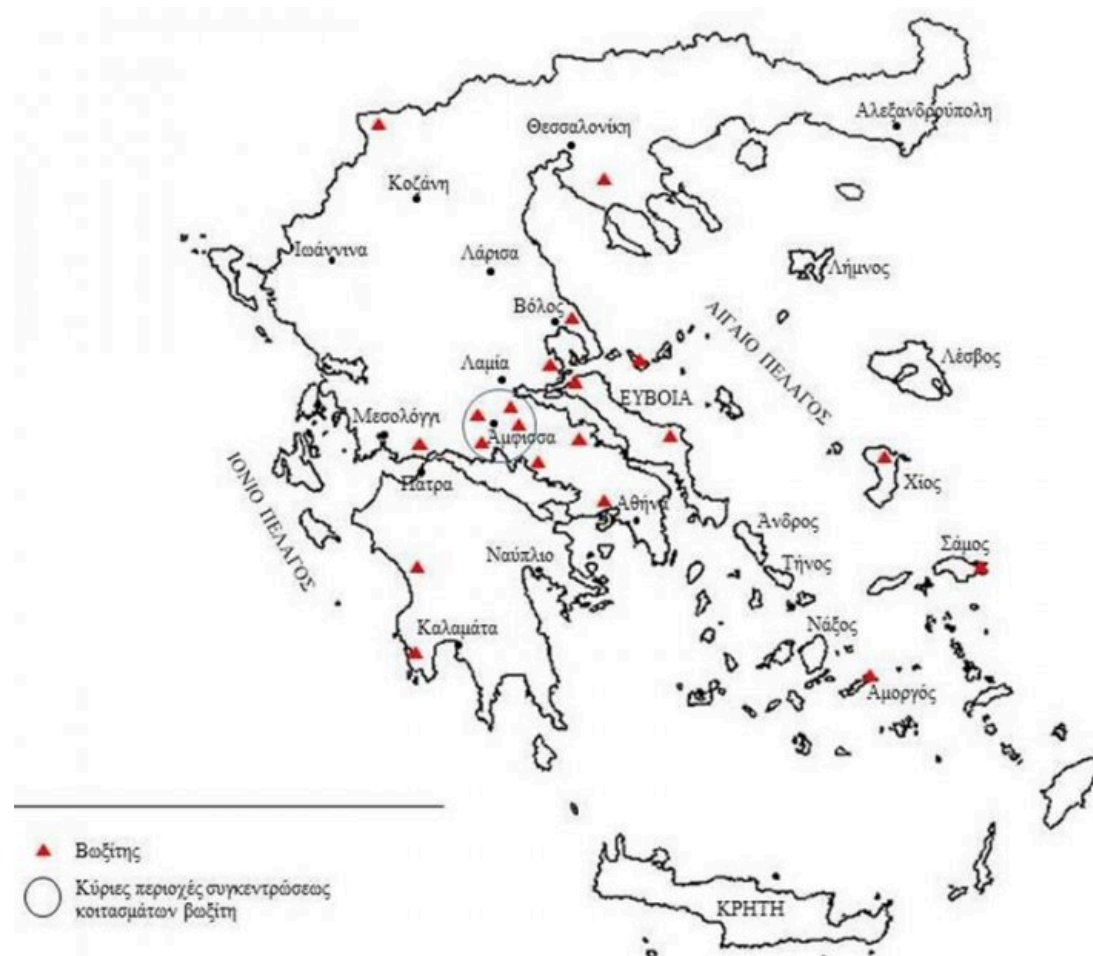
Η περιεκτικότητά τους σε Ni (Νικέλιο) και Cr (Χρώμιο) φτάνει και τα 2.000 ppm. Στην Ελλάδα, τα κοιτάσματα βωξίτη είναι “καρστικού” τύπου. Τέτοιου τύπου βωξίτες μέσα σε ασβεστόλιθο, συναντώνται στις ζώνες Παρνασσού- Γκιώνας και Ανατολικής Ελλάδας. Στη ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας υπάρχουν τρεις κύριοι βωξιτικοί ορίζοντες και ένας ενδιάμεσος. Η ηλικία των οριζόντων έχει ως εξής: ο πρώτος έχει ηλικία Μέσο Ιουρασικό- Κιμμερίδιο, ο δεύτερος Τιθόνιο - Κατώτερο Κρητιδικό και ο τρίτος Κενομάνιο - Τουρώνιο έως Σενόνιο. Ο πιο σημαντικός ορίζοντας από αποθεματική άποψη είναι ο τρίτος. Ο ενδιάμεσος ορίζοντας τοποθετείται μεταξύ του δεύτερου και του τρίτου και παρατηρείται κατά θέσεις μόνο. Τα κοιτάσματα της ζώνης αυτής συναντώνται στην ορεινή περιοχή Παρνασσού-Γκιώνας-Ελικώνα-Οίτης. Η ονομασία της ζώνης Παρνασσός-Γκιώνα, οφείλεται στους αντίστοιχους ορεινούς όγκους της Στερεάς Ελλάδας που αποτελούν κυρίως τη ζώνη αυτή, όπως καθορίστηκε από τον Renz το 1940. Στη ζώνη της Ανατολικής Ελλάδας συναντώνται δύο ορίζοντες βωξιτών, εκ των οποίων ο πρώτος ταυτίζεται με τον πρώτο ορίζοντα της ζώνης Παρνασσού- Γκιώνας και ο δεύτερος αναπτύσσεται μεταξύ Ανωκρητιδικής επίκλυσης και Κενομανίου- Τουρώνιου. Στη ζώνη αυτή περιλαμβάνονται κοιτάσματα σε περιοχές όπως Λοκρίδα, Ν.Α. Θεσσαλία, Δομοκό, Καλλίδρομο και Μάνδρα-Ελευσίνα. Κοιτάσματα βωξίτη χωρίς όμως ιδιαίτερη οικονομική σημασία βρίσκονται και στη ζώνη Γαβρόβου-Τριπόλεως.

Η ζώνη Παρνασσού - Γκιώνας θεωρείται ανάλογη με τη ζώνη “Υψηλού Καρστ” της Γιουγκοσλαβίας, παρόλα αυτά η σχέση τους δεν έχει αποσαφηνιστεί πλήρως. Παράλληλα, όσον αφορά τη ζώνη Παρνασσού - Γκιώνας, στο παρελθόν υπήρξε η άποψη ότι ο ορεινός όγκος της Τραπεζώνας στην Αργολίδα της Πελοποννήσου

αποτελεί επίσης μέρος της ζώνης Παρνασσού - Γκιώνας, κάτι το οποίο πλέον αμφισβητείται (η ύπαρξη της ζώνης αυτής στην Πελοπόννησο).

Η ζώνη Παρνασσού- Γκιώνας θεωρείται ως ύβωμα (στο δυναδικό Αλπικό σύστημα εναλλασσόμενων αυλακών και ράχων), τοπικά παρεμβαλλόμενο μεταξύ της κατωφέρειας της Υποπελαγονικής ζώνης και της αύλακας της Πίνδου με εμφάνιση μόνο στην Κεντρική Στερεά Ελλάδα.

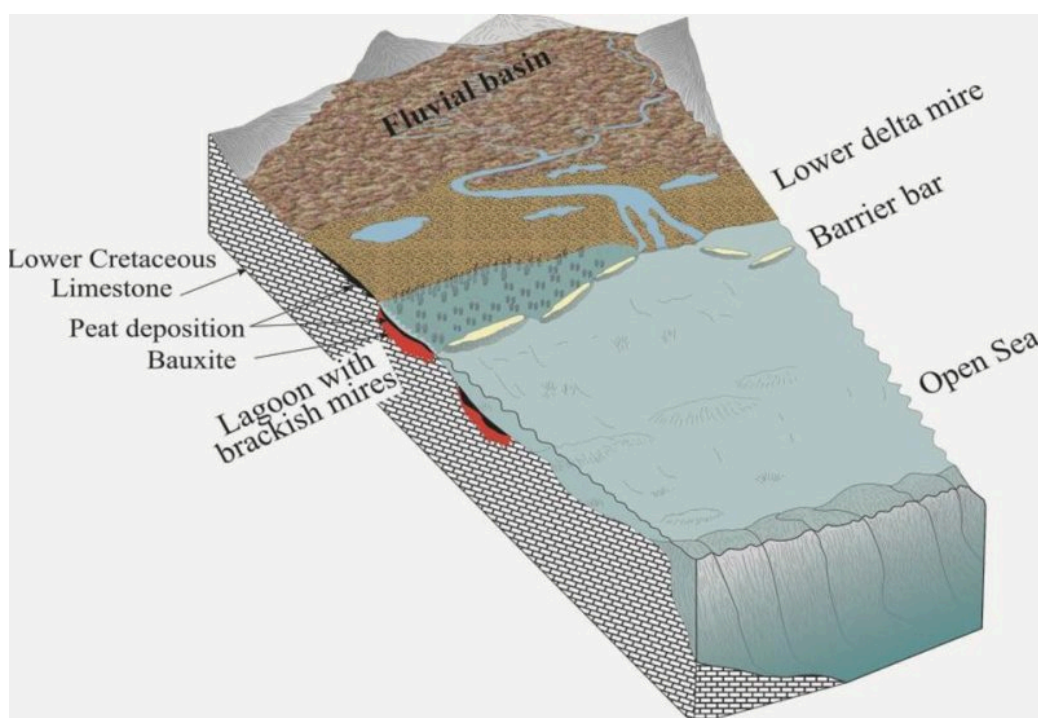
Ένα ζήτημα παραμένει και η εξαφάνιση της ζώνης Παρνασσού- Γκιώνας στη Θεσσαλία και τη Μακεδονία, η παλαιογεωγραφική εξέλιξη της αλλά και η σχέση με τη ζώνη της Γιουγκοσλαβίας. Η εξαφάνισή της πιθανόν οφείλεται στην καλυψη της από τα ανατολικά καλύμματα των εσωτερικών Ελληνικών ζωνών εκεί. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η ζώνη να εμφανίζεται ξανά στη Γιουγκοσλαβία, στην περιοχή του Μαυροβουνίου ως “Υψηλό Καρστ” όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Όσον αφορά την εξαφάνιση προς τον Βορρά της ζώνης, διαδραματίζει μείζων ρόλο το ρήγμα της κοιλάδας του Σπερχειού ποταμού.



Εικόνα 5. Χάρτης με την κύρια παρουσία κοιτασμάτων βωξίτη στον Ελλαδικό χώρο. Τα περισσότερα κοιτάσματα απαντώνται στην Κεντρική Ελλάδα και ακολουθούν η Πελοπόννησος, κάποια νησιά του Αιγαίου και η Βόρεια Ελλάδα. (Πηγή: Orykta.gr-Κοιτασματολογία)

Όσον αφορά το χρώμα των βωξιτών, αυτό εξαρτάται από τη σύστασή τους με ιδιαίτερο χαρακτηριστικό την ύπαρξη ή μη οξειδίων ή υδροξειδίων του σιδήρου. Επομένως, διακρίνονται δύο περιπτώσεις για το χρώμα των βωξιτών στον Ελλαδικό χώρο:

- Λευκός βωξίτης (απουσία οξειδίων του σιδήρου)
- Κόκκινος ή καστανοκόκκινος βωξίτης (παρουσία αιματίτη, γκαιτίτη), και
- Γκρίζος βωξίτης (με μικρό ποσοστό οξειδίων και υδροξειδίων του σιδήρου)



Εικόνα 6. Σχηματική αναπαράσταση του περιβάλλοντος εναπόθεσης του βωξίτη από το κοιτάσμα “Πέρα Λάκκος” της Γκιώνας (Kalaitzidis et al., 2010) (Πηγή: Orykta.gr-Κοιτασματολογία)

2.1.4 Εταιρίες για εξόρυξη βωξίτη στην Ελλάδα

Τα αποθέματα βωξίτη που έχει υπολογιστεί ότι υπάρχουν παγκοσμίως σύμφωνα με U.S.G.S.(United States Geological Survey, Mineral Commodity Summaries 2015) είναι περί τα 28 εκατομμύρια τόνοι. Η παραγωγή αλουμινίου διοχετεύεται στην ελληνική και ευρωπαϊκή αγορά, με τη δυναμικότητά της να εκτοξεύεται σε πάνω από 650.000 τόνους το 2021.

Τα αποθέματα που βρίσκονται στον Ελλαδικό χώρο ανέρχονται περίπου σε 130.000.000 τόνους και η ετήσια παραγωγή τους ξεπερνά τους 2.400.000 τόνους. Οι εξαγωγές βωξίτη ξεπερνούν τα 30 εκατομμύρια ευρώ ανά έτος. Οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα με την παραγωγή βωξίτη ανά τα χρόνια είναι τέσσερις σε αριθμό. Η πιο γνωστή είναι “Το Αλουμίνιον της Ελλάδος” που ανήκει πλέον στον όμιλο “Μυτιληναίος” (έχει ως θυγατρική την εταιρεία “Δελφοί-Δίστομο”), η “IMERYS” (όπου απορρόφησε στο παρελθόν τον όμιλο S&B Βιομηχανικά Ορυκτά), η “ELMIN” και ο Όμιλος “Μυτιληναίος”. Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικά στοιχεία για κάθε επιμέρους εταιρεία.

Αλουμίνιον της Ελλάδος: Η συγκεκριμένη εταιρεία ιδρύθηκε τη δεκαετία του 1960 (συγκεκριμένα 24/08/1961) από τη γαλλική εταιρεία Πεσινέ (Pechiney). Τον Δεκέμβριο του 1961 ξεκινούν οι απαλλοτριώσεις σε επιλεγμένα σημεία και έχει ήδη οριστεί και ο χώρος των εγκαταστάσεων, όπως επίσης και η δημιουργία μιας κωμόπολης με το όνομα Άσπρα Σπίτια. Τον Ιούνιο του 1966 πραγματοποιήθηκαν τα επίσημα εγκαίνια του εργοστασίου. Από το 2005 η εταιρεία ανήκει στον όμιλο MYTILINEOS και είναι το μοναδικό εργοστάσιο στον Ελλαδικό χώρο για παραγωγή πρωτόχυτου. Οι εγκαταστάσεις της εταιρείας βρίσκονται στη θέση Άγιος Σπυρίδωνας στον οικισμό Μονής Οσίου Λουκά, στη βόρεια ακτή του Κορινθιακού κόλπου. Το 2017 η εταιρεία απορροφήθηκε από τον Όμιλο MYTILINEOS και πλέον είναι ο τομέας επιχειρηματικής δραστηριότητας Μεταλλουργίας της εταιρείας. Οι εργοστασιακές εγκαταστάσεις της εταιρείας αποτελούν ένα από τα λίγα καθετοποιημένα εργοστάσια που παράγουν και αλουμίνιο και αλουμίνα. Η έκτασή τους είναι περί τα 1000 στρέμματα και είναι σε μεγάλο βαθμό σύγχρονες και αυτοματοποιημένες. Επιπλέον, η εταιρεία υπέγραψε δεκαετή συμφωνία με τη General Electric(GE), με σκοπό την ανάπτυξη και εφαρμογή του παγκοσμίου πρώτου digital smelter, μιας ψηφιακής λύσης για τη διεργασία της ηλεκτρόλυσης του

αλουμινίου. Η συμφωνία αυτή μεταξύ Αλουμινίου της Ελλάδας και GE είναι σε πρόγραμμα συνεχούς βελτίωσης και θα αναπτυχθεί στις συνθήκες ηλεκτρόλυσης του εργοστασίου, δηλαδή της παραγωγής αλουμινίου, δίνοντας έτσι την ευκαιρία να αξιοποιηθούν δεδομένα μεγάλου όγκου τα οποία συλλέγονται καθημερινά από τις διεργασίες που πραγματοποιούνται και να διοχετευτούν κατάλληλα με σκοπό τη βελτιστοποίηση του συστήματος παραγωγής του εργοστασίου.



Εικόνα 7. Άποψη των εγκαταστάσεων του “Αλουμινίου της Ελλάδος”(Πηγή: “Αλουμίνιο της Ελλάδος”, Βικιπαίδεια)

S&B Βιομηχανικά Ορυκτά: Η εταιρεία S&B Βιομηχανικά ορυκτά (S&B Industrial Minerals) ήταν ένας διεθνής όμιλος ο οποίος το 2015 εξαγοράστηκε και απορροφήθηκε από τον όμιλο Imerys. Η εταιρεία απασχολούσε σχεδόν 2.000 εργαζομένους, με 26 ορυχεία και πωλήσεις σε 75 χώρες. Ο σκοπός της ήταν να παρέχει βιομηχανικές λύσεις μέσα από τη μετατροπή φυσικών πόρων σε χρήσιμα προϊόντα για τους πελάτες της. Η παρουσία της ξεκίνησε από το 1934 στη Φωκίδα (ΑΕΜ Βωξίται Παρνασσού) και τη Μήλο (ΑΕΕ Αργυρομεταλλευμάτων και Βαρυνίτης (A&B)), 60 χρόνια αργότερα (το 1994) εισήχθη στο Χρηματιστήριο

Αθηνών απ όπου και αποχώρησε το 2013. Η “S&B Minerals Finance SCA” ιδρύεται στο Λουξεμβούργο το 2013 και γίνεται η νέα μητρική εταιρεία του ομίλου S&B. Τα κοιτάσματα της εταιρείας είναι κυρίως διασπορικού και μπαιμιτικού τύπου και η εξόρυξη γίνεται σε επιφανειακά και υπόγεια μέταλλα.

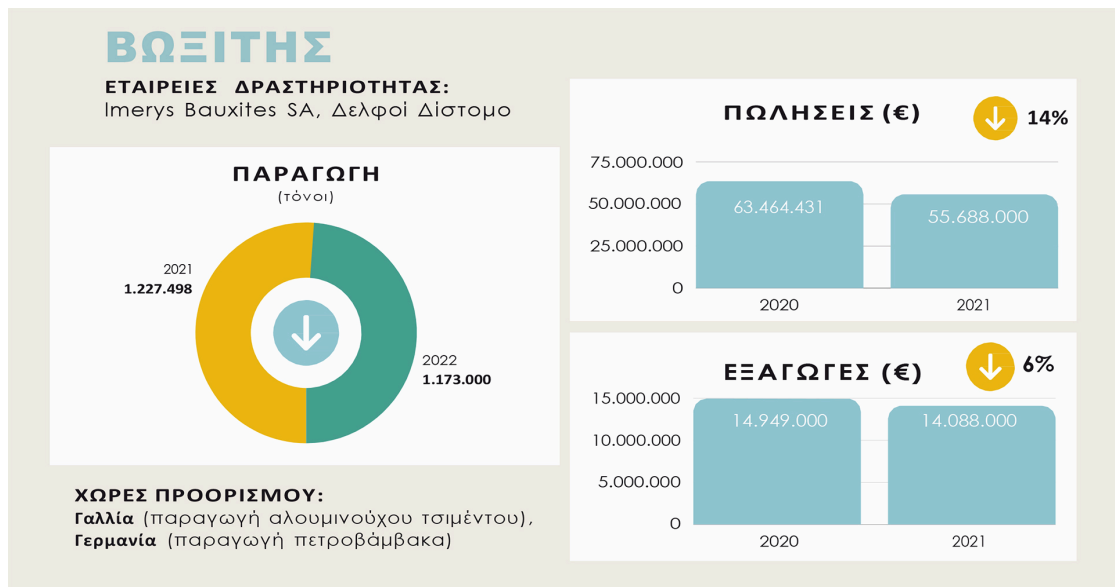
ΕΛΜΙΝ Βωξίτες Α.Ε: Η “ELMIN Βωξίτες Α.Ε.” είναι μία ακόμη εταιρία εξόρυξης και παραγωγής βωξίτη η οποία δραστηριοποιούνταν κυρίως στη Στερεά Ελλάδα (Αττική, Βοιωτία, Φωκίδα, Φθιώτιδα και Εύβοια). Το βασικό μεταλλευτικό της κέντρο αποτελεί η Λαμία Φθιώτιδος. Συνολικά απαρτίζεται από 108 ιδιοκτήτες και πριν απορροφηθεί από την “IMERYS”, είχε μεταλλεία σε 76 παραχωρήσεις. Η “ΕΛΜΙΝ Βωξίτες Α.Ε.” εξήγαγε σχεδόν το 99% των προϊόντων της σε Ευρώπη, Αμερική και Αφρική.

IMERYS: Η εταιρεία “IMERYS” έχει μία πολύ σημαντική παρουσία στον Ελλαδικό χώρο και πιο συγκεκριμένα στη βόρεια Ελλάδα, τη Φωκίδα και τη Μήλο. Έχει απορροφήσει τις εταιρείες “ΕΛΜΙΝ Βωξίτες Α.Ε.” και “S&B Βιομηχανικά Ορυκτά”. Ο κύριος τομέας δραστηριοποίησης της είναι η κατεργασία των ορυκτών πόρων (άργιλος, μπεντονίτης, διατομίτης, καολίνης), την παραγωγή συνθετικών ορυκτών όπως συνθετικός γραφίτης και την υλοποίηση βιομηχανικών συνταγών όπως κεραμικά σώματα. Όσον αφορά την παρουσία της εταιρείας στην Ελλάδα, διαθέτει 21 επιφανειακά και υπόγεια μεταλλεία- ορυχεία, έξι εγκαταστάσεις κατεργασίας και συνεργάζεται αντίστοιχα με έξι λιμάνια. Επιπλέον πραγματοποιεί κατεργασίες σε τέσσερα διαφορετικά είδη βιομηχανικών ορυκτών, όπως μπεντονίτη, περλίτη, βωξίτη και ανθρακικό ασβέστιο.

Δελφοί- Δίστομο Α.Μ.Ε: Η συγκεκριμένη εταιρία ανήκει πλέον στον όμιλο “MYTILINEOS”(θυγατρική). Ιδρύθηκε το 1975 από τη συγχώνευση των εταιρειών “Βωξίται Δελφών” και “Ελληνικοί Βωξίται Διστόμου”. Το ανθρώπινο δυναμικό της εταιρείας είναι περίπου 100 άτομα. Η έδρα της εταιρείας είναι στην Αθήνα, όμως ο πυρήνας της παραγωγικής διαδικασίας για το βωξίτη βρίσκεται στην τοποθεσία Άνω Κουνουκλιάς Φωκίδας,



Εικόνα 8. Στοιχεία παραγωγής και πωλήσεων βωξίτη κατά τα έτη 2018-2020 για τις εταιρείες Imerys Bauxites SA και Δελφοί- Δίστομο. Η παραγωγή παρουσίασε μείωση κατά 4% από το 2019 στο 2020, όπως αντίστοιχα κινήθηκαν και οι τομείς των πωλήσεων και των εξαγωγών με τα νούμερα να παρουσιάζουν πτώση από το 2018 στο 2019. (Πηγή: ΣΜΕ, Βωξίτης- Αλουμίνα- Αλουμίνιο)



Εικόνα 9. Παραγωγή και Πωλήσεις βωξίτη κατά τα έτη 2020-2022 για τις εταιρείες Imerys Bauxites SA και Δελφοί-Δίστομο από Γαλλία και Γερμανία. Παρατηρείται στην παραγωγή ότι υπήρξε μία πτώση το 2022 σε σχέση με το 2021. Αντίστοιχα κινούνται οι δείκτες και για τους τομείς των Πωλήσεων και των Εξαγωγών με τα νούμερα να παρουσιάζουν πτώση από το 2020 στο 2021. (Πηγή: ΣΜΕ, Βωξίτης-Αλουμίνα- Αλουμίνιο)



Εικόνα 10. Πρωτόχυτο αλουμίνιο σε κυλίνδρους μετά την κατεργασία του βωξίτη (Πηγή: Orykta.gr- Κοιτασματολογία)



Εικόνα 11. Αλουμίνα μετά την κατεργασία που υπόκειται σε μορφή πούδρας(Πηγή: Orykta.gr- Κοιτασματολογία)

2.1.5 Ανάλυση διαδικασιών εξόρυξης βωξίτη

Το αλουμίνιο δεν αποτελεί μεταλλικό στοιχείο το οποίο εμφανίζεται φυσικά. Επομένως, κρίνεται επιτακτική η ανάγκη της επεξεργασίας και την παραγωγής την αξιοποίηση του σε πληθώρα βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Η εξόρυξη του βωξίτη αποτελεί μία πολύ σημαντική διεργασία και οι τρόποι εξόρυξης είναι δύο, η επιφανειακή και η υπόγεια εξόρυξη. Το πρώτο βήμα περιλαμβάνει την επιλογή του σημείου όπου θα πραγματοποιηθεί η εξορυκτική διαδικασία, καθώς είναι κάτι που δεν γίνεται τυχαία. Εξαρτάται από το απόθεμα του κοιτάσματος και την ποιότητά του, η οποία θα πρέπει να είναι καλή και εύκολα προσβάσιμη. Όσον αφορά την πρόσβαση στο κοιτάσμα που μελετάται για πιθανή εξόρυξη, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και εάν στον περιβάλλοντα χώρο υπάρχει η δυνατότητα πέρα από την προσβάσιμη οδό και η δημιουργία εγκαταστάσεων για την εταιρεία που έχει αναλάβει την εξόρυξη. Επίσης, θα είναι καλό το σημείο εξόρυξης να βρίσκεται κοντά σε κάποια μονάδα επεξεργασίας και παραγωγής βωξίτη, ελαχιστοποιώντας έτσι και τα κόστη μεταφοράς του μεταλλεύματος.

Ο τρόπος με τον οποίο θα πραγματοποιηθεί η εξόρυξη (υπόγεια ή επιφανειακά), εξαρτάται από το είδος του κοιτάσματος και το βάθος καθώς και το σημείο της εξόρυξης. Ουσιαστικά εάν το κοιτάσμα είναι βαθιά, τότε πραγματοποιείται υπόγεια εξόρυξη, ενώ αν το κοιτάσμα είναι κοντά στην επιφάνεια ή σχετικά μικρού βάθους τότε χρησιμοποιείται υπαίθρια εξόρυξη.

Πιο συνηθισμένη μορφή παγκοσμίως είναι η επιφανειακή εξόρυξη, όμως στην Ελλάδα επικρατεί η υπόγεια εξόρυξη. Οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον Ελλαδικό χώρο στην εξόρυξη βωξίτη, και ιδιαίτερα στη Φωκίδα, ισχυρίζονται ότι από το 2011 και μετά έχουν σταματήσει τις επιφανειακές εξορύξεις.

-Επιφανειακή Εκμετάλλευση: Η επιφανειακή εκμετάλλευση χωρίζεται σε 4 βασικές κατηγορίες, εκ των οποίων η μία χωρίζεται σε ακόμη 2 υποκατηγορίες και παρουσιάζονται ως εξής:

1) Επιφανειακή εκμετάλλευση κοιτασμάτων κατά λωρίδες (strip mining), η οποία περιλαμβάνει, α) την περιφερειακή εκμετάλλευση (contour mining) και β) την εκμετάλλευση ευρείας περιοχής (area mining)

2) Επιφανειακή εκμετάλλευση με βαθμίδες για κοιτάσματα μεγάλης οριζόντιας εξάπλωσης (Terrace mining)

3) Επιφανειακή εκμετάλλευση χοανοειδούς μορφής (Conical pit) και

4) Επιφανειακή εκμετάλλευση με ανοιχτές βαθμίδες

Από τις παραπάνω μορφές επιφανειακών εκμεταλλεύσεων, εκείνη που χρησιμοποιείται περισσότερο (ιδιαίτερα στον Ελλαδικό χώρο) για την εκμετάλλευση βιομηχανικών ορυκτών, είναι η μέθοδος των ορθών βαθμίδων. Πραγματοποιείται είτε με εκρηκτικές ύλες είτε με ειδικά μηχανικά μέσα (στην περίπτωση που το κοιτάσμα είναι μικρής αντοχής). Το ύψος των βαθμίδων είναι μεταξύ των 3-8m, ενώ το πλάτος τους κυμαίνεται περίπου στα 6m.

-Υπόγεια Εκμετάλλευση: Η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους, είτε με ανοίγματα που χρειάζονται πρόσθετη υποστήριξη (στα πλάγια ή/και στην οροφή), είτε με ανοίγματα που δεν χρειάζονται πρόσθετη υποστήριξη. Συνήθως χρησιμοποιείται όταν η επιφανειακή εκμετάλλευση είναι ασύμφορη και υπάρχουν περιπτώσεις σωληνοειδών, φλεβικών, έντονα κεκλιμένων στρωσιγενών κοιτασμάτων. Όσον αφορά τη δεύτερη περίπτωση, όπου χρειάζεται πρόσθετη υποστήριξη, η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται στη Γκίωνα (μέθοδος θαλάμων

και στηλών), κατά την οποία ανοίγονται μέσα στο κοίτασμα του βωξίτη θάλαμοι όπου το πλάτος τους είναι περίπου 8m και κολώνες 5 επί 5m, οι οποίες συγκρατούν την οροφή. Ως υποστήριξη της οροφής, χρησιμοποιούνται και μεταλλικές ράβδοι, οι οποίες αγκιστρώνονται με τη βοήθεια εποξειδικών ρητινών στην οροφή, σε βάθος 2,6m. Προκειμένου να συγκρατηθούν τα στρώματα του πετρώματος στην οροφή, στο άλλο άκρο τους βιδώνεται πλάκα. Στην περίπτωση που το πάχος του βωξίτη ξεπερνά τα 8m, πραγματοποιείται συνδυασμός της προηγούμενης μεθόδου με τη μέθοδο των εναλλασσόμενων κοπών και λιθογομώσεων. Κατόπιν, αφού πραγματοποιηθεί εξόρυξη στα κατώτερα 8m του κοιτάσματος, τοποθετείται ένα στρώμα στείρου υλικού, του οποίου το πάχος είναι περίπου 4m και με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα στα μηχανήματα που πραγματοποιούν την εξόρυξη να πατήσουν στο υλικό αυτό και να κινηθούν προς τα πάνω. Για τη συγκεκριμένη μέθοδο χρησιμοποιούνται εκρηκτικές ύλες και η διαδικασία που ακολουθείται είναι πλήρως μηχανοποιημένη. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται έως ότου εξαντληθεί το κοίτασμα. Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας και έχοντας ως απαραίτητη προϋπόθεση ότι στο συγκεκριμένο θάλαμο δεν θα εισέλθουν ξανά άνθρωποι, συνίσταται να αφαιρούνται και οι κολώνες που χρησιμοποιήθηκαν. Το ποσοστό του βωξίτη που συνήθως λαμβάνεται κατά τη διαδικασία αυτή κυμαίνεται στο 80-90%. Τέλος, το μετάλλευμα εφόσον συλλεχθεί, αποτίθενται σε σωρούς ανάλογα με την ποιότητά του, και η φόρτωση του γίνεται σε δημόσιας χρήσης φορτηγά αυτοκίνητα τα οποία και το μεταφέρουν στο λιμάνι εκφόρτωσης.

Ένα πλεονέκτημα της επιφανειακής εξόρυξης έναντι της υπόγειας, είναι ότι το κόστος είναι χαμηλότερο και η παραγωγικότητα μεγαλύτερη. Επίσης, αποτελεί και ασφαλέστερο τρόπο εξόρυξης όσον αφορά την υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων. Σχετικά με την ασφάλεια των εργαζομένων, υπάρχουν ορισμένοι κίνδυνοι οι οποίοι εγκυμονούν στην υπόγεια εκμετάλλευση σε σύγκριση με την επιφανειακή, οι οποίοι μπορεί να είναι πυρκαγιά, πλημμύρα, έλλειψη οξυγόνου, τοξικά αέρια και ατμοί, ανεξέλεγκτες κατακρημνίσεις εδαφών ή και εξαιτίας αστοχίας εξοπλισμού ή ισχύος. Η εξασφάλιση της αποδοτικότητας της διαδικασίας εξόρυξης πραγματοποιείται μέσω της ορθής διεξαγωγής του συνόλου των επιμέρους διαδικασιών. Αξίζει να τονιστεί ότι, η εφαρμογή ειδικών τεχνικών και μεθόδων με σκοπό την εκμετάλλευση του βωξίτη είναι απαραίτητο να πραγματοποιείται με αποδοτικό και βιώσιμο τρόπο. Ουσιαστικά με την έννοια της εξόρυξης βωξίτη γίνεται αναφορά στην συνολική

διαδικασία απόκτησης ορυκτού βωξίτη με σκοπό την επιμέρους επεξεργασία του για την αξιοποίηση του στην βιομηχανία αλουμινίου.

2.1.6 Παραγωγή αποβλήτων από την εξόρυξη βωξίτη

Η εξορυκτική διαδικασία του βωξίτη (αναζήτηση, εξόρυξη, επεξεργασία και αποθήκευση) παράγει και ορισμένα απόβλητα (στερεά και υγρά), τα οποία θα πρέπει να εναποθέτονται ύστερα σε συγκεκριμένους χώρους (Αδειοδοτημένοι Χώροι Υγειονομικής Ταφής - ΧΥΤΑ), οι οποίοι θα πρέπει να είναι μακριά από οικισμούς, χώρους πολιτιστικού ενδιαφέροντος, υδάτινους πόρους και περιοχές όπου η φύση προστατεύεται, καθώς αποτελούν κίνδυνο για τη δημόσια υγεία αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος. Υπάρχουν ρεύματα τα οποία ανακυκλώνουν/αξιοποιούν/ανακτούν, αλλά και αποτέφρωσης και αποθήκευσης σε εγκαταστάσεις τρίτου. Έτσι, με βάση τις εθνικές και ευρωπαϊκές διατάξεις, στα απόβλητα από την εξόρυξη περιλαμβάνονται:

-Στο πρώτο στάδιο που είναι η έρευνα για τον εντοπισμό κοιτασμάτων, μπορεί να προκύψουν απόβλητα με μεγάλη εμπορική αξία, που μπορεί να περιέχει δραστηριότητες όπως η δειγματοληψία, η γεώτρηση, η εκσκαφή ορυγμάτων και κάθε επεκτατική δραστηριότητα η οποία συνδέεται αμιγώς με εξορυκτική λειτουργία.

-Από τη διαδικασία εξόρυξης ορυκτών πόρων μπορεί να προκύψουν απόβλητα όπως τα υπερκείμενα και τα στείρα εξόρυξης, τα οποία είναι υλικά τα οποία κατά τη διαδικασία πρόσβασης σε μεταλλευτικό ή ορυκτό σώμα μετακινούνται. Τα απόβλητα αυτά συνήθως χαρακτηρίζονται ως αδρανή, έχουν μεγάλο όγκο και σε ορισμένες περιπτώσεις ενδέχεται να περιέχουν μικρό ρυπαντικό φορτίο. Επίσης, ένα ακόμη υλικό μπορεί να είναι η φυτική γη, η οποία είναι το ανώτερο επιφανειακό στρώμα του εδάφους, το οποίο θα πρέπει να αφαιρεθεί κατά την έναρξη των εξορυκτικών διαδικασιών. Κατά τη νομοθεσία, το συγκεκριμένο είναι μη ρυπανθέν χώμα.

-Ένα ακόμη είδος αποβλήτου μπορεί να προκύψει από την επεξεργασία που υπόκεινται οι ορυκτοί πόροι προκειμένου να διαχωριστεί το ζητούμενο ορυκτό ή αλλιώς το τελικό προϊόν της διαδικασίας με μηχανικές, φυσικές, θερμικές, βιολογικές, χημικές διεργασίες διαχωρισμού, τα γνωστά και ως τέλματα. Τα απόβλητα αυτού του είδους έχουν υψηλό ρυπαντικό φορτίο, κάτι το οποίο προκύπτει από τη χρήση χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή των ορυκτών. Στη

συγκεκριμένη κατηγορία ανήκουν και τα απόβλητα μεταλλουργίας τα οποία αποτελούνται κυρίως από σκόνη, σκωρία και ιλύ. Σε περίπτωση μη επεξεργασίας τους με ορθό και αποτελεσματικό τρόπο, είναι πιθανόν η επικινδυνότητά τους να έγκειται στην υψηλή περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα.

Ένας λόγος που η διαχείριση των αποβλήτων που προκύπτουν από την εξορυκτική διαδικασία μπορεί να αποδειχθεί δύσκολη, είναι επειδή παράγονται σε μεγάλες ποσότητες με αποτέλεσμα η διαχείρισή τους να είναι κοστοβόρα.

- **Σκόνη και εκπομπές:** Κατά τη διάρκεια και παραγωγή του βωξίτη μπορεί να εκλύονται σκόνη και εκπομπές, όπου οι εκπομπές μπορεί να περιλαμβάνουν χημικούς και ορυκτούς ρύπους, αρκετές φορές επιβλαβή για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.
- **Υπολείμματα βωξίτη ή “ερυθρά ιλύς”:** Το συγκεκριμένο είναι το κύριο απόβλητο που προκύπτει από την εξόρυξη του βωξίτη. Πρόκειται για επεξεργασμένη πούδρα ή στερεά υπολείμματα τα οποία μπορεί να περιέχουν οξείδια του σιδήρου, του αλουμινίου κ.ά. Αυτά αποτίθενται στο έδαφος σε αφυδατωμένη μορφή.
- **Υπολείμματα από επεξεργασία:** Είναι τα απόβλητα (χημικά ή μεταλλικά), τα οποία παράγονται κατά την επεξεργασία του βωξίτη για την παραγωγή αλουμινίου.
- **Ποσότητα αδρανούς υλικού:** Ένα άλλο απόβλητο είναι το αδρανές υλικό το οποίο αποτελείται από ακατέργαστο υλικό και συνήθως καταλήγουν σε σκουπιδότοπους. Αποτελεί προϊόν λιθογόμωσης των υπόγειων κενών.
- **Διάφορα υγρά απόβλητα:** Μπορεί να είναι λάδια και λίπη από τα μηχανήματα εξόρυξης ή και νερό που χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό του βωξίτη, το οποίο όμως με την κατάλληλη διεργασία μπορεί να γυρίσει πίσω στο περιβάλλον.

2.1.7 Στάδια παραγωγής αλουμινίου

Το αλουμίνιο είναι το προϊόν που προκύπτει από την εξόρυξη του βωξίτη. Πιο συγκεκριμένα, παγκοσμίως παράγονται περίπου 390 εκατομμύρια τόνοι βωξίτη, εκ των οποίων το 85% χρησιμοποιείται για την παραγωγή αλουμινίου. Η μεταλλουργία,

αποτελεί μία πολύπλοκη χημική διαδικασία με σκοπό την παραλαβή ενός μετάλλου από ένα ορυκτό. Η διαδικασία παραγωγής αλουμινίου αποτελείται από τρία στάδια, τα οποία είναι 1)η εξόρυξη του βωξίτη, 2)η παραγωγή αλουμίνας και 3)μετατροπή της αλουμίνας σε αλουμίνιο.

- **Στάδιο 1- Εξόρυξη του βωξίτη:** Η εξόρυξη του ορυκτού βωξίτη όπως αναλύθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με υπόγεια είτε με επιφανειακή (πιο συνήθης) εκμετάλλευση και η χώρα μας κατέχει μία υψηλή θέση στην εξόρυξη και παραγωγή βωξίτη στην Ευρώπη. Παγκοσμίως, οι χώρες που παράγουν τα μεγαλύτερα ποσά βωξίτη είναι η Αυστραλία, η Κίνα, η Γουινέα, οι οποίες κατέχουν το 72% της παγκόσμιας παραγωγής. Μετά την εξόρυξη του βωξίτη, σειρά έχει η φόρτωση και αποστολή του σε μονάδες επεξεργασίας προκειμένου να παραχθεί η αλουμίνη, προχωρώντας έτσι στο δεύτερο στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας.
- **Στάδιο 2- Παραγωγή Αλουμίνας:** Η πιο συνήθης μέθοδος για την παραγωγή αλουμίνας, όπως συστάθηκε τη δεκαετία του 1890 από τον Αυστριακό χημικό Karl Josef Bayer, είναι η μέθοδος Bayer. Τη σημερινή εποχή περίπου το 90% των βιομηχανιών επεξεργασίας αλουμίνας ακολουθούν τη συγκεκριμένη μέθοδο. Η μέθοδος περιλαμβάνει τέσσερα βήματα, τα οποία με τη σειρά είναι:
 - α)εκχύλιση υπό πίεση, κατά την οποία ο βωξίτης λειοτριβείται και αναμειγνύεται με υδροξείδιο του νατρίου μέσα σε κατάλληλα δοχεία και θερμαίνεται υπό πίεση και θερμοκρασία περίπου 150 βαθμούς Κελσίου αφήνοντας πίσω άλλα ορυκτά ως προσμίξεις,
 - β) διαχωρισμός, κατά τον οποίο οι προσμίξεις φιλτράρονται και διαχωρίζονται σχηματίζοντας έτσι την ερυθρά ιλύ(υπόλειμμα βωξίτη),
 - γ) καταβύθιση, κατά την οποία το διάλυμα αργλικού νατρίου (είναι το οξείδιο του αργιλίου που παρέμεινε ως διάλυμα αργλικού νατρίου μετά το προηγούμενο στάδιο) ψύχεται και το υδροξείδιο του αργιλίου καταβυθίζεται και
 - δ) θερμική διάσπαση, που είναι το τελικό στάδιο για την παραγωγή αλουμίνας, κατά την οποία οι κρύσταλλοι υδροξειδίου του αργιλίου θερμαίνονται σε φούρνους θερμικής διάσπασης, με σκοπό το σχηματισμό

καθαρού οξειδίου του αργιλίου, δηλαδή της αλουμίνας που είναι σε λευκή αμμώδη μορφή .

Τα απόβλητα που προκύπτουν από τη συγκεκριμένη διαδικασία μπορεί να είναι επιβλαβή για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία. Αξίζει να αναφερθεί ότι για κάθε τόνο αλουμίνας παράγονται περίπου 1,2 τόνοι αποβλήτων και παγκοσμίως η ποσότητα των αποβλήτων ανέρχεται στα 3 δισεκατομμύρια τόνους.

- **Στάδιο 3- Παραγωγή Αλουμινίου:** Το τρίτο και τελευταίο στάδιο αποτελεί την παραγωγή αλουμινίου από την αλουμίνα με τη μέθοδο Hall- Heroult (με ηλεκτρόλυση). Η συγκεκριμένη μέθοδος για να πραγματοποιηθεί χρειάζεται ηλεκτρική ενέργεια και κρύολιθο και έχει ως εξής: Η αλουμίνα τοποθετείται μαζί με τον κρύολιθο σε μεγάλες λεκάνες οι οποίες είναι ορύγματα στο έδαφος και είναι επενδυμένα με υψηλής ανθεκτικότητας σε διάβρωση και υψηλές θερμοκρασίες μεταλλικές πλάκες. Εκεί θα θερμανθεί μέχρι τήξεως, επειδή όμως η θερμοκρασία τήξης είναι πολύ υψηλή (περίπου 1100° C), προστίθεται περίπου 40% κρύολιθος (Na_3AlF_6) ώστε να μειώσει το σημείο τήξεως περίπου στους 850-900 ° C. Το τήγμα υφίσταται ηλεκτρόλυση και τα τοιχώματα της λεκάνης αποτελούν την άνοδο ενώ το ηλεκτρόδιο από άνθρακα αποτελεί την κάθοδο. Για τη διατήρηση της υψηλής θερμοκρασίας, αποδίδεται φθόριο και οξυγόνο στο ηλεκτρόδιο καίγοντας έτσι τον άνθρακα. Το φθόριο συλλέγεται μέσω ειδικών σωληνώσεων στο κάλυμμα της λεκάνης και χρησιμοποιείται εκ νέου. Το παραγόμενο αργίλιο είναι τηγμένο (σε ρευστή μορφή), συλλέγεται από τη λεκάνη και υφίσταται εμπλουτισμό με εκ νέου ηλεκτρόλυση, αγγίζοντας σε καθαρότητα το 99%. Η ηλεκτρόλυση είναι μία συνεχής διαδικασία. Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας, το αλουμίνιο συλλέγεται και ακολουθεί η χύτευση του σε διάφορα μεγέθη και σχήματα, παίρνοντας έτσι μορφή κυλίνδρου ή “χελώνας”. Με τις μορφές αυτές διατίθεται και στο εμπόριο.

Το παραγόμενο αλουμίνιο βρίσκει πληθώρα εφαρμογών, με την Κίνα να κατέχει την πρώτη θέση στην παραγωγή αλουμινίου αλλά και στην κατανάλωση αυτού και την Ινδία να έρχεται στη δεύτερη θέση. Ορισμένες ακόμη χώρες που εκτός από βωξίτη

και αλουμίνα, παράγουν και αλουμίνιο σε μεγάλες ποσότητες είναι η Ινδία, η Αυστραλία και η Ρωσία.

Από την ετήσια παραγωγή αλουμινίου, περίπου το ένα τέταρτο αυτού χρησιμοποιείται στον κατασκευαστικό κλάδο, ενώ το 23% χρησιμοποιείται στη βιομηχανία μεταφορών(για τροχούς, καλώδια, οχήματα κ.ά.). Άλλες χρήσεις του αλουμινίου, σε ποσοστό περίπου 17% είναι σε κουτιά, συσκευασίες και φύλλα αλουμινίου. Σε γενικότερα πλαίσια χρειάζονται κατα μέσο όρο 4-6 τόνοι αποξηραμένου βωξίτη για την παραγωγή 2 τόνων αλουμίνας και κατε επέκταση 1 τόνο μέταλλο αλουμινίου.

Η βιομηχανία παραγωγής αλουμινίου είναι επίσης μία από τις πιο προσοδοφόρες και πολύτιμες. Ενδεικτικά, το έτος 2021 η παγκόσμια αγορά αλουμινίου ήταν περίπου 245,7 δις δολάρια και μέχρι το 2030 προβλέπεται ένας σχεδόν διπλασιασμός σε μέγεθος, αγγίζοντας περίπου τα 498,5 δις δολάρια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

3.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η Ελλάδα αποτελεί μία από τις πιο προικισμένες χώρες όσον αφορά την διάθεση και την εκμετάλλευση πετρωμάτων. Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναλύεται η εκμετάλλευση ενός πολύτιμου ορυκτού πόρου που βρίσκεται σε αρκετές περιοχές στον ελλαδικό χώρο και σε πληθώρα ποσοτήτων. Αναλυτικότερα, το συγκεκριμένο ορυκτό αποτελεί τον ελληνικό βωξίτη ο οποίος παρέχει ποικίλες εφαρμογές και χρήσεις στην βιομηχανική δραστηριότητα. Ο βωξίτης όπως προαναφέρθηκε αποτελεί μια πολύτιμη πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται ευρέως και αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα για την παραγωγή αλουμινίου η οποία μάλιστα αποτελεί έναν από τους πιο κορυφαίους τομείς την ελληνικής βιομηχανικής δραστηριότητας. Παρόλα αυτά, είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός ισορροπημένου πλαισίου και σεβασμού όσον αφορά την διαδικασία εξόρυξης και εκμετάλλευσης βωξίτη.

Οφείλεται να εξισορροπούνται τα οικονομικά με τα περιβαλλοντικά συμφέροντα με απώτερο στόχο την διαχρονική προστασία και εκμετάλλευση βωξίτη στον Ελλαδικό χώρο.

Η εξορυκτική διαδικασία και η διαδικασία εκμετάλλευσης του βωξίτη συχνά συνδέονται με την παρουσία επονείδιστων περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν τόσο από την παραγωγική διαδικασία όσο και από την διαδικασία εξόρυξης αποτελούν ένα αξιοσημείωτο θέμα που επανεξετάζεται και μελετάται συνεχώς. Αυτό συμβαίνει καθώς κρίνεται απαραίτητη η βελτιστοποίηση και η αποτροπή των επιζήμιων επιπτώσεων που προκαλούνται. Στον Ελλαδικό χώρο, η διαδικασία της επεξεργασίας και παραγωγής βωξίτη αντιπροσωπεύει έναν κλάδο που ανεξαρτήτως από το οικονομικό όφελος και την ανάπτυξη που προσφέρει, εμφανίζει καταστροφικές συνέπειες. Οι επιπτώσεις αυτές αποτελούν ένα σύνολο βραχυχρόνιων αλλά και μακροπρόθεσμων προβλημάτων. Ανεξαρτήτως εάν τα αποτελέσματα δεν εμφανίζονται να επηρεάζουν το τωρινό χρονικό πλαίσιο, αν δεν ληφθούν άμεσα μέτρα πρόληψης τα αποτελέσματα που θα προκύψουν θα είναι μη αναστρέψιμα και καταστροφικά. Στην συγκεκριμένη θεματική ενότητα πραγματοποιείται μία ανάλυση των συνολικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται άμεσα με την εξόρυξη βωξίτη. Ταυτόχρονα, θα γίνει ανάλυση των αποβλήτων που προκύπτουν και μέσα από την διαδικασία μετατροπής του βωξίτη σε αλουμίνια. Αναφορικά, τα περιβαλλοντικά ζητήματα δύναται να κατηγοριοποιηθούν σε επιμέρους πυλώνες με σκοπό να γίνει αντιληπτή η κρισιμότητα και η αναγκαιότητα συστηματικής εφαρμογής περιβαλλοντικών προτύπων.

3.1.1 Μόλυνση Υδάτων

Η διαδικασία της μεταποίησης και της επεξεργασίας του πετρώματος του βωξίτη επιφέρει πολλαπλές επιζήμιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Αρχικά, ένα σημαντικό πρόβλημα που εμφανίζεται με την παραγωγική διαδικασία της εκμετάλλευσης βωξίτη είναι η υπέρμετρη χρήση υδάτινων πόρων. Η απαίτηση μεγάλων ποσοτήτων νερού οφείλεται στην διαδικασία του καθαρισμού βωξίτη για την απομάκρυνση του πετρώδους υλικού, γεγονός που οδηγεί σε εκτεταμένη χρήση πόρων και ενέργειας. Αναλυτικότερα, η χρήση μεγάλων ποσοτήτων νερού οδηγεί στην απότομη μείωση του από υπόγειες πηγές, ποτάμια ή λίμνες μειώνοντας την πιθανότητα επαρκούς

διαθεσιμότητας του σε τοπικό επίπεδο. Επομένως, η διαδικασία εκχύλισης του βωξίτη συντείνει στην δημιουργία έμμεσων επιπτώσεων στις υδροφόρες ζώνες που χρησιμοποιούνται για ύδρευση και γενικότερα αρδευτικές εφαρμογές. Εν κατακλείδι, προξενούνται σοβαρά προβλήματα όσον αφορά την διαθεσιμότητα νερού ειδικά σε σημεία στα οποία τα αποθέματα υδάτινων πόρων βρίσκονται ήδη σε περιορισμένη χρήση.

Επιπρόσθετα, αξίζει να σημειωθεί ότι εξαιτίας της παρατεταμένης χρήσης των υδάτινων πόρων κάποιες επιχειρήσεις χρησιμοποιούν το νερό για παραπάνω από μία εφαρμογές. Έτσι, το νερό αυτό αποθηκεύεται και επαναχρησιμοποιείται συχνά σε τοπικά ρυάκια που λειτουργούν ως αποθηκευτικά μέσα μέχρι την επαναλαμβανόμενη εφαρμογή του για καθαρισμό. Παρόλα αυτά, ύστερα από την επαναλαμβανόμενη χρήση του, το νερό αυτό οδηγείται στο περιβάλλον μεταφέροντας μαζί όλες τις χημικές και τοξικές ουσίες που του έχουν μεταφερθεί. Επομένως, η προσθήκη ενός τόσο τοξικού πόρου μέσα σε ένα υγιές υδάτινο περιβάλλον ακόμα και στο έδαφος, προκαλεί μόλυνση καθώς οι τοξικές ουσίες μεταφέρονται σε αυτό. Επιπλέον, οι χημικές και επικίνδυνες ουσίες που περιέχονται στο νερό μπορούν να διαπεράσουν το έδαφος και να φτάσουν στις υπόγειες υδροφόρες στρώσεις, επηρεάζοντας ακόμα και την ποιότητα του πόσιμου νερού. Επομένως, γίνεται αντιληπτό ότι, η μη ισορροπημένη και ανεξέλεγκτη επαναχρησιμοποίηση των ίδιων ποσοτήτων νερού χωρίς περαιτέρω επεξεργασία ή και απολύμανση έχει σαν άμεσο αντίκτυπο την μόλυνση υδάτινων πόρων.

Ταυτόχρονα, η μόλυνση των υδάτινων πόρων πραγματοποιείται κατά την διαδικασία επεξεργασίας του βωξίτη καθώς λαμβάνονται τοξικές και χημικές ουσίες ενώ γίνεται ανάμειξη των επικίνδυνων αυτών χημικών εγκυμονώντας τον κίνδυνο εισροής σε υπόγεια ύδατα ή διαρροής σε κοντινές πηγές ποταμών ή λιμνών. Η συγκεκριμένη μόλυνση απειλεί την ομαλή λειτουργία των οικοσυστημάτων και εγκυμονεί κινδύνους απειλής και διατάραξης της οικολογικής ισορροπίας τους. Οποιαδήποτε διαταραχή στην ομαλή λειτουργία των οικοσυστημάτων δύναται να επηρεάσει την βιοποικιλότητα προκαλώντας ένα ευρύ φάσμα μακροχρόνιων απειλών στο περιβάλλον, στην υγεία της ανθρώπινης υπόστασης και του ίδιου του περιβάλλοντος.

3.1.2 Εκπομπή τοξικών αερίων

Στα πλαίσια των περιβαλλοντικών προβλημάτων που προξενούνται από την περαιτέρω εκμετάλλευση βωξίτη συνίσταται η ατμοσφαιρική ρύπανση. Η μόλυνση της ατμόσφαιρας μπορεί να προκληθεί από τις διάφορες εκπομπές αερίων που απαιτούνται για την περαιτέρω επεξεργασία και παραγωγή. Οι εκπομπές αυτές πλαισιώνονται στην απελευθέρωση πολύ ισχυρών και χημικά επιβαρυντικών στοιχείων. Αυτά τα τοξικά αέρια συνήθως αποτελούνται από το αζωτούχο οξύ, το θειικό οξύ, τα μόλυβδο, το αρσενικό και άλλες ενώσεις οι οποίες είναι λιγότερο γνωστές για την επικινδυνότητα τους. Είναι αντιληπτό ότι, τα τοξικά αυτά αέρια μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία καθώς μόνο η εισπνοή τους είναι ικανή να δημιουργήσει αναπνευστικά προβλήματα, πνευμονίες, αλλεργίες και άλλες αναπνευστικές παθήσεις. Ταυτόχρονα, η παρατεταμένη έκθεση σε αυτά τα αέρια μπορεί να επηρεάσει το νευρικό σύστημα, το δέρμα και άλλα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού, έχοντας μακροπρόθεσμες συνέπειες στην υγεία.

Επιπροσθέτως, κατά την διαδικασία της εξόρυξης γίνεται χρήση και στην συνέχεια απελευθέρωση επιβλαβών χημικών ουσιών που προξενούν μόλυνση των υδάτινων περιοχών, του εδάφους αλλά και της ατμόσφαιρας. Στην διαδικασία της εξόρυξης συχνά γίνεται εφαρμογή μηχανικά ισχυρού εξοπλισμού από τον οποίο εκπέμπεται διοξείδιου του θείου (SO_2) και του οξειδίου του αζώτου (NO_x), προκαλώντας το φαινόμενο της οξείδωσης στην ατμόσφαιρα. Αναφορικά, ακόμα και κατά την διαδικασία της μεταποίησης του βωξίτη πραγματοποιείται η εκπομπή επικίνδυνων αερίων, όπως το φθοριούχο υδρογόνο, που προκύπτουν από την χρήση τοξικών χημικών. Τέλος, αξίζει να τονιστεί ότι ακόμα και κατά την διάρκεια της μεταφοράς του συγκεκριμένου ορυκτού τα τοξικά αυτά αέρια μολύνουν τον ατμοσφαιρικό αέρα των κατοικήσιμων ζωνών που περνάνε με αποτέλεσμα να επηρεάζουν την ποιότητα του αέρα και κατεπέκταση την υγεία των ατόμων που βρίσκονται σε κοντινές περιοχές.

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να τίθεται σε κίνδυνο η ποιότητα της ατμόσφαιρας επηρεάζοντας έμμεσα την υγεία της ανθρώπινης υπόστασης. Η απελευθέρωση τοξικών αερίων επιφέρει κλιματική αλλαγή διαταράσσοντας τον φυσικό κύκλο ζωής με αποτέλεσμα να απειλείται η ανάπτυξη της βιοποικιλότητας.

3.1.3 Εκτεταμένη ανοιχτή εξόρυξη

Η εκτεταμένη ανοιχτή εξόρυξη που πραγματοποιείται κατά την διαδικασία επεξεργασίας του βωξίτη αποτελεί ένα από τα κυριότερα περιβαλλοντικά προβλήματα μείζονος σημασίας. Η μέθοδος της ανοικτής εξόρυξης λαμβάνει χώρα στις περιπτώσεις όπου το ορυκτό είναι σε αρκετά μεγάλος βάθος από την επιφάνεια της Γης και αποτελεί την πιο οικονομική και αποτελεσματική λύση εξόρυξης. Έτσι, κατά την διαδικασία ανοικτής εξόρυξης πραγματοποιείται η αφαίρεση του επιφανειακού στρώματος του εδάφους με σκοπό την γρήγορη πρόσβαση στο πέτρωμα. Παρόλα αυτά, όπως γίνεται αντιληπτό, η διαδικασία αυτή απαιτεί την πραγματοποίηση μιας σειράς από κατασκευαστικές διαδικασίες οι οποίες προϋποθέτουν την χρήση βαρέων μηχανημάτων και η οποία συχνά οδηγεί σε μόνιμες αλλαγές του τοπίου και της γεωλογίας της περιοχής. Ουσιαστικά, αφαιρείται ριζικά μία μεγάλη έκταση δέντρων και φυτών και αποψιλώνεται ένα μεγάλο εύρος φυσικού τοπίου διαταράσσοντας την ισορροπία των οικοσυστημάτων της γύρω περιοχής. Η αφαίρεση του πάνω στρώματος του εδάφους και η αποψίλωση μπορούν να εμφανίσουν ριψοκίνδυνες και μακροχρόνιες επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα και τη γεωλογία της περιοχής. Η αφαίρεση φυσικών οικοτόπων και της φυσικής γονιμότητας αποτελούν ένα περαιτέρω κίνδυνο που συνδέεται άμεσα με την διαδικασία της ανοικτής εξόρυξης. Συνοψίζοντας, η καταστροφή του φυσικού εδάφους απομακρύνει την δυνατότητα του εδαφικού χώρου να βελτιώσει και να ενισχύσει την φυσική γονιμότητα επιφέροντας μη αναστρέψιμες συνέπειες για την βιωσιμότητα του περιβάλλοντος

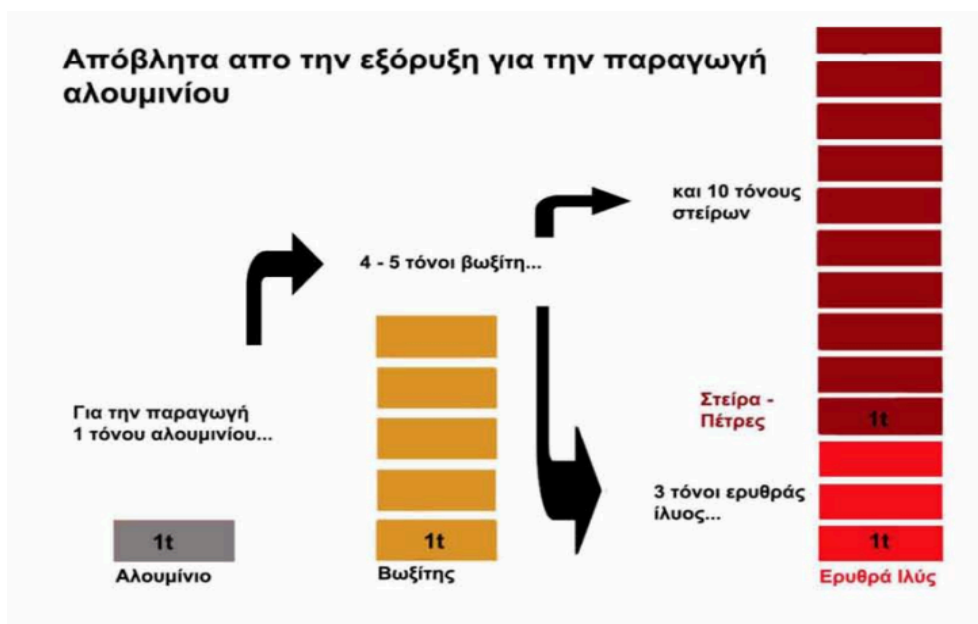
3.1.4 Απόβλητα

Η παραγωγή αλουμινίου είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την εξόρυξη αλουμινίου και κατεπέκταση την δημιουργία αποβλήτων. Το συγκεκριμένο γεγονός αποτελεί ένα από τα κρισιμότερα προβλήματα που προκύπτουν από το σύνολο των διαδικασιών στην παραγωγή βωξίτη. Σε κάθε επιμέρους φάση της συνολικής διαδικασίας παραγωγής δημιουργείται και μία διαφορετική κατηγορία αποβλήτων. Αναλυτικότερα, κατά την διαδικασία της ανοικτής εξόρυξης που προαναφέρθηκε παράγεται ένα μεγάλο πλήθος στερεών αποβλήτων. Το συγκεκριμένο είδος προέρχεται από την διαδικασία ανοικτής εξόρυξης, που είναι αναγκαία για την πρόσβαση στα κοιτάσματα βωξίτη, και αποτελούνται από κατάλοιπα του εξοπλισμού

που χρησιμοποιήθηκε αλλά και υλικά συσκευασίας. Επιπρόσθετα, κατά την διαδικασία της μεταφοράς του βωξίτη προκύπτει ένα ευρύ φάσμα στερεών χημικών και τοξικών αποβλήτων που χρειάζονται ξεχωριστή μεταχείριση και επεξεργασία για την αποφυγή επονείδιστων κινδύνων. Είναι απαραίτητο η απόθεση αυτής της κατηγορίας αποβλήτων να πραγματοποιείται σε περιοχές απομακρυσμένες από υδάτινους πόρους, κατοικήσιμες και προστατευμένες ζώνες αλλά σε απομονωμένες εκτάσεις που είναι μακριά από χώρους πολιτιστικού ενδιαφέροντος. Η συγκεκριμένη κατηγορία αποτελεί ένα είδος αποβλήτων που προκύπτουν συνολικά από τα υπολείμματα των βιομηχανικών διαδικασιών.

Επιπλέον, η κατηγορία των καυστικών αποβλήτων αναφέρεται στα παράγωγα που προκύπτουν από την διαδικασία μετατροπής βωξίτη σε αλουμίνα. Αναλυτικότερα, κατά την διάρκεια της επεξεργασίας γίνεται χρήση κάποιων ιδιαίτερα καυστικών ουσιών όπως είναι το υδροξείδιο του νατρίου (NaOH) και του υδροξειδίου του αλουμινίου ($\text{Al}(\text{OH})_3$), τα οποία είναι ιδιαίτερα δημοφιλή για τις καυστικές ιδιότητες τους. Τέλος, κατά την διάρκεια της μεταφοράς παράγεται ένα διαφορετικού είδους στερεών αποβλήτων που προέρχονται από τα υπολείμματα χημικών και από τον εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε. Στην ουσία, αυτού του είδους τα απόβλητα προέρχονται συνολικά από τον εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε.

Στην παρακάτω εικόνα διαφαίνεται ότι για την πραγματοποίηση ενός τόνου αλουμινίου απαιτούνται 4-5 τόνοι εξορυσσόμενου βωξίτη, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν 10 τόνοι μπάζα και 3 τόνοι κοκκινόχρωμα.



Εικόνα 12. Διαδικασία παραγωγής αλουμινίου και παραγωγή αποβλήτων (Πηγή: Λαμπροπούλου Ιωάννα, 2019)

3.1.5 Κατάλοιπα βωξίτη

Η βιομηχανική δραστηριότητα για την παραγωγή αλουμινίου απαιτεί την αξιοποίηση κοιτασμάτων βωξίτη μέσα από τα οποία δημιουργείται ένας μεγάλος αριθμός καταλοίπων. Τα κατάλοιπα βωξίτη αποτελούν ένα στερεό απόβλητο που προκύπτει από την διαδικασία επεξεργασίας του ορυκτού για την παραγωγή αλουμίνης. Αναφορικά, κατά την διαδικασία παραγωγής αλουμινίου από τα μεταλλεύματα του βωξίτη και ειδικά στο δεύτερο στάδιο της επεξεργασίας, μέσω της διαδικασίας Bayer, προκύπτει το στερεό απόβλητο γνωστό με την ονομασία “ερυθρά ιλύς” ή αλλιώς τα κατάλοιπα βωξίτη. Ουσιαστικά, η ερυθρά ιλύς αποτελεί ένα σύνολο ενώσεων μεταξύ αυτών που παράγονται κατά την διαδικασία Bayer και αυτών που υφίστανται στο πέτρωμα του βωξίτη. Αποτελεί το κύριο κατάλοιπο από την παραγωγή αλουμίνης καθώς για την δημιουργία ενός τόνου αλουμινίου προκύπτουν αποθέματα που υπολογίζονται σε 1.5 με 1.4 τόνους ερυθράς ιλύος. Οι ποσότητες αυτές είναι ανάλογες και διαφέρουν από την ορυκτολογική σύσταση του βωξίτη που βρίσκεται υπό επεξεργασία.



Εικόνα 13. Δείγμα ερυθρά ιλύος μετά από απομάκρυνση υγρασίας(Πηγή: Red mud project.com - "Characteristics")

Η ονομασία για το στερεό αυτό απόβλητο δόθηκε εξαιτίας του χαρακτηριστικού κόκκινου χρώματος που εμφανίζεται στα υπολείμματα βωξίτη και δημιουργείται από την παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων οξειδίου του σιδήρου. Το pH του συγκεκριμένου αποβλήτου χαρακτηρίζεται αρκετά καυστικό καθώς κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 10.5-12.5 και έχει μεγάλη ιοντική ισχύ. Η ερυθρά ιλύς εμφανίζει μεγάλη περιεκτικότητα κυρίως από οξείδια του σιδήρου και ενώσεις ασβεστίου, τιτανίου, πυριτίου, νατρίου και αργιλίου και εμφανίζεται με το χαρακτηριστικό της γλοιώδης υφής. Η σύσταση του στερεού αυτού αποβλήτου διαφέρει από χώρα σε χώρα καθώς βρίσκεται σε πλήρη εξάρτηση από την ορυκτολογική και χημική σύσταση των ορυκτών βωξίτη από όπου και προέρχεται. Το πλήθος των καταλοίπων, που προκύπτουν από την διαδικασία της χημικής επεξεργασίας, εμπεριέχει αδιάλυτα συστατικά του συγκεκριμένου ορυκτού όπως είναι τα οξείδια πυριτίου, τιτανίου, σιδήρου και ασβεστίου τα οποία συχνά καταλήγουν σε υδάτινες περιοχές όπως ο βυθός της θάλασσας.

Ο βωξίτης όπως έχει αναφερθεί αποτελείται από πληθώρα διαφόρων οργανικών ενώσεων που αποτελούν συνιστώσες της ερυθράς ιλύος. Αναφορικά, οι ενώσεις αυτές προκύπτουν από οργανικές και φυτικές ύλες που προυπάρχουν στο πέτρωμα του βωξίτη. Σε αυτόν περιλαμβάνονται υδατάνθρακες, αλκοόλες, φαινόλες και άλατα

νατρίου και οξαλικά οξέα. Ταυτόχρονα, τα κατάλοιπα βωξίτη που θεωρούνται ιδιαίτερα τοξικά καθώς κατά την διαδικασία κατεργασιών προκύπτουν επιβλαβής ουσίες όπως η σιλικόνη και οι διάφορες χλωριούχες ουσίες. Οι χλωριούχες ουσίες είναι χημικές ενώσεις που έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε χλώριο γεγονός που τις καθιστά ιδιαίτερα καυστικές και τοξικές. Τέλος, στο πλαίσιο των τοξικών καταλοίπων που προκύπτουν από την επεξεργασία βωξίτη εμπεριέχεται και η κατηγορία των χημικών υποπροϊόντων. Η συγκεκριμένη κατηγορία περιλαμβάνει ανόργανα οξέα, αλκαλικά μέταλλα και άλλες ενώσεις. Όταν οι συγκεκριμένες ουσίες διαχέονται στο περιβάλλον μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά φαινόμενα ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η απόθεση της ουσίας αυτής προξενεί πληθώρα κινδύνων όσον αφορά τις κατοικήσιμες ζώνες, τις εδαφικές περιοχές και τους υδάτινους χώρους. Επίσης, εξαιτίας της απόθεσής της, υπάρχει κίνδυνος, εκτός από την μόλυνση της θάλασσας και των υπόγειων υδάτων, μόλυνσης του εδάφους, και του αέρα εξαιτίας της σκόνης και των λεπτών σωματιδίων. (Zhang, Li, & Liu, 2016). Οι φυσικές και χημικές της ιδιότητες μπορεί να περιορίσουν την ανάπτυξη των φυτών εξαιτίας της υψηλής αλκαλικότητας και αλατότητας, της χαμηλής υδραυλικής αγωγιμότητας, την τοξικότητα ιχνοστοιχείων όπως Al και Fe, της έλλειψης οργανικών ουσιών και, τέλος, της μικρής συγκέντρωσης σε θρεπτικά στοιχεία. (Xue, et al., 2016)

Η εξόρυξη του συγκεκριμένου ορυκτού συχνά συμβαδίζει με την καταστροφή και παραμόρφωση του τοπίου. Παρατηρείται επίσης με την πάροδο των χρόνων μία συνεχή μόλυνση των αέριων και υδάτινων πόρων που οφείλεται στην αλλοίωση του υδροφόρου ορίζοντα και λόγω αλλαγής τη κοίτης χειμάρρων (Yamatomi και Okubo, 2012).

3.2 ΑΙΤΙΑ

Η βιομηχανία αλουμινίου συχνά χαρακτηρίζεται ως ο κρισιμότερος φορέας συσσωρευτικής παραγωγής αποβλήτων στην χώρα μας. Ο συγκεκριμένος τομέας είναι υπεύθυνος για την εμφάνιση πολλών ατμοσφαιρικών ρύπων και περιστατικών μόλυνσης των υδάτινων και κατοικήσιμων περιοχών. Για την εμφάνιση του συγκεκριμένου γεγονότος έχουν συντελέσει ένα πλήθος παραγόντων και αιτιών. Παρόλα αυτά, ο κυριότερος παράγοντας αναφέρεται στο σύνολο των αποβλήτων και των καταλοίπων βωξίτη που συγκεντρώνονται για ένα αρκετά μεγάλο χρονικό

διάστημα σε έναν συγκεκριμένο χώρο. Το γεγονός αυτό επηρεάζει τόσο την δημόσια υγεία όσο και την υγεία του περιβάλλοντος. Παρόλα αυτά, αξίζει να σημειωθεί ότι το μέγεθος και η σοβαρότητα των επιπτώσεων των συνολικών διαδικασιών αξιοποίησης του βωξίτη ως προς το περιβάλλον είναι ανάλογες από ένα σύνολο επιμέρους παραγόντων. Στην συγκεκριμένη ενότητα γίνεται αναφορά στις σημαντικότερες αιτίες που έχουν μελετηθεί και αποτελούν αιτία της επιζήμιας επίδρασης που έχει προκληθεί. Αρχικά, η μέθοδος με την οποία γίνεται η διαδικασία εκμετάλλευσης του βωξίτη αποτελεί τον κύριο και σημαντικότερο παράγοντα καθώς και η έκταση/μέγεθος αλλά και η πολυπλοκότητα της εκμετάλλευσης. Η εξορυκτική διαδικασία μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με την μέθοδο ανοικτής εκμετάλλευσης είτε με την υπόγεια εκμετάλλευση. Παρόλα αυτά, και οι δύο αυτοί μέθοδοι συντείνουν στην παραγωγή μεγάλου όγκου υγρών και στερεών αποβλήτων προκαλώντας μη αναστρέψιμες επιπτώσεις στους υδάτινους πόρους και στον εδαφικό χώρο της περιοχής διαταράσσοντας την φυσική ηρεμία της περιοχής.

Επιπρόσθετα, η ανεπάρκεια συστηματικής οργάνωσης και η ανικανότητα αποτελεσματικής διευθέτησης των αποβλήτων που προκύπτουν από την εκμετάλλευση ορυκτών πόρων συντέινει στον πολλαπλασιασμό των τοξικών αποβλήτων επιβαρύνοντας πολλούς τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας και υγείας. Το ανεπαρκές νομοθετικό πλαίσιο σε συνδυασμό με τις λανθασμένες νομοθετικές ρυθμίσεις και πολιτικές προκάλεσε την περαιτέρω όξυνση του προβλήματος. Ταυτόχρονα, η ελλιπής επιτήρηση και παρακολούθηση της τήρησης του υπάρχοντος νομοθετικού πλαισίου συντέινει στην απουσία ελέγχου των περιβαλλοντικών κανόνων που αφορούν τα τοξικά απόβλητα και κατάλοιπα από την παραγωγή αλουμίνιου. Απόρροια αυτής της κατάστασης αποτέλεσε η επιδείνωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Στα πλαίσια της ατελέσφορης διαχείρισης μπορεί να ενσωματωθεί και η ανεξέλεγκτη και απερίσκεπτη εξόρυξη των διαθέσιμων πόρων βωξίτη. Είναι απαραίτητο στις διαδικασίες εκμετάλλευσης των ορυκτών πόρων να εφαρμόζεται περιορισμένη χρήση επιδεικνύοντας σεβασμό στους διαθέσιμους πόρους. Η περιορισμένη εκμετάλλευση συμβάλλει στην αποτελεσματική και βελτιωμένη διαχείριση των συνολικών διαδικασιών παραγωγής καθώς η αλόγιστη χρήση τους μπορεί να αποτελέσει τον ισχυρότερο κίνδυνο για το περιβάλλον. Παράλληλα, η απερίσκεπτη εξόρυξη των ορυκτών πόρων συμβάλλει στην ανεξέλεγκτη παραγωγή υγρών και στερεών αποβλήτων προκαλώντας ασύλληπτες συνέπειες τόσο για την ανθρώπινη όσο και για την δημόσια υγεία.

Η διαδικασία εξόρυξης και μεταποίησης των ορυκτών πόρων υπάγεται σε μία από τις κρισιμότερες διαδικασίες που διαταράσσει την οικολογική ισορροπία όταν ο τρόπος λειτουργίας και οργάνωσης τους είναι αντίρροπος με το υπάρχων νομοθετικό πλαίσιο. Επιπλέον, αναφορικά με την τήρηση των απαιτούμενων υγειονομικών κανονισμών, τονίζεται ότι στις περισσότερες υποδομές μεταλλείων δεν πραγματοποιούνται οι προϋποθέσεις για την υγειονομική ταφή που απαιτείται. Το γεγονός αυτό, ενδεχομένως να οφείλεται σε υφιστάμενους τεχνολογικούς περιορισμούς ή ακόμα και σε ελλείψεις τεχνολογικών μέσων που δεν είναι οικονομικά βιώσιμες για όλες τις επιχειρήσεις. Επομένως, η ελλειμματική οικονομική ευχέρεια κάποιων επιχειρήσεων και εταιριών δύναται να οδηγήσει στην μη αποτελεσματική διαχείριση των αποβλήτων αυτών, καθώς είναι μία εξίσου οικονομικά δαπανηρή διεργασία. Οι επιχειρήσεις αυτές είναι πολύ πιθανόν να αγνοήσουν τους υπάρχων περιβαλλοντικούς περιορισμούς και το αντίκτυπο προκειμένου να ακολουθήσουν μία πιο οικονομικά εφικτή λύση. Με αυτόν τον τρόπο καταφέρουν να αυξήσουν το οικονομικό τους κέρδος διαταράσσοντας όμως τη υγεία του περιβάλλον χώρου.

Τέλος, καθοριστικό ρόλο στον περιβαλλοντικό αντίκτυπο που θα επιφέρει η επεξεργασία βωξίτη διαδραματίζει η ανθρώπινη παρουσία. Η ενσυναίσθηση και η ευαισθητοποίηση των ατόμων πάνω στα περιβαλλοντικά ζητήματα μπορεί να οδηγήσει σε αποτελεσματική διαχείριση των εγκαταστάσεων εξόρυξης επιφέροντας τις ελάχιστες καταστροφές στο φυσικό τοπίο διασφαλίζοντας τη περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Το ελλιπές αίσθημα ευαισθητοποίησης ενδέχεται να προέρχεται και από την μη λειτουργική ενημέρωση πάνω στους κινδύνους που προξενούνται από την απόθεση των τοξικών απορριμμάτων στις μη επιτρεπτές ζώνες αλλά και την αδυναμία πληροφόρησης πάνω σε θέματα πρακτικών διαχείρισης. Παρόλα αυτά, στο πλαίσιο του ανθρώπινου παράγοντα συνίσταται και τα οικονομικά κίνητρα που αποτελούν την κινητήρια δύναμη αμέλειας και επιλογής περιβαλλοντικά καταστροφικών προσεγγίσεων διευθέτησης και επεξεργασίας των παραγόμενων αποβλήτων.

3.3 ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ

Η παραγωγική διαδικασία αλουμινίου και πιο συγκεκριμένα η εκμετάλλευση βωξίτη συνέβαλε στην δημιουργία και ανάπτυξη βλαβερών συνεπειών τόσο στο περιβάλλον όσο και στην ίδια την ανθρώπινη δραστηριότητα και υγεία. Παρά το γεγονός ότι η

βιομηχανία αλουμινίου αποτελεί πολύτιμη βάση για την ανάπτυξη της χώρας μας, το περιβαλλοντικό αποτύπωμα που αφήνει χρήζει άμεσης προσοχής και λήψης μέτρων. Στην συγκεκριμένη θεματική ενότητα γίνεται αναλυτική περιγραφή των κύριων και άμεσων συνεπειών που συνδέονται με την διαδικασία εκμετάλλευσης βωξίτη. Τα φάσμα των συνεπειών πλαισιώνονται από το περιβαλλοντικό αντίκτυπο, την υποβάθμιση της υγείας των κατοίκων και των εργαζομένων μέχρι την κοινωνική και οικονομική αναταραχή που αυτά προκαλούν.

3.3.1 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα

Η βιομηχανία παραγωγής αλουμινίου αποτελεί έναν τομέα βιομηχανικής δραστηριότητας με πολλαπλά οφέλη για την οικονομία και την γενικότερη ανάπτυξη της χώρας. Παρόλα αυτά, ο συγκεκριμένος τομέας εξορυκτικής διαδικασίας είναι υπεύθυνος για ένα σύνολο σοβαρών απειλών και συνεπειών σε θέματα που αφορούν τόσο την δημόσια και περιβαλλοντική υγεία όσο και σε θέματα που επικεντρώνονται στην βιωσιμότητα και την ανάπτυξη της χώρας. Ο βωξίτης συμπεριλαμβάνεται στις πρώτες ύλες για την παραγωγή αλουμίνιας και η διαδικασία εξόρυξης είναι ικανή να προκαλέσει σοβαρές επιπτώσεις στο οικοσύστημα όταν αυτή γίνεται ανεμπόδιστα και χωρίς μέτρο. Η υπέρμετρη εξόρυξη βωξίτη επηρεάζει σε έναν μεγάλο βαθμό την περιβαλλοντική ευημερία τόσο σε τοπικό όσο και ευρύτερο επίπεδο. Όταν πραγματοποιείται η εκμετάλλευση των φυσικών και ορυκτών πόρων με ρυθμό που υπερβαίνει την αειφορία προκαλεί απειλεί της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας και κρίση της περιβαλλοντικής ισορροπίας. Η εξαντλητική εκμετάλλευση των διαθέσιμων πόρων από τις επιχειρήσεις συντείνει στην αποψίλωση των δασών και την εξόντωση των οικοτόπων. Το συγκεκριμένο γεγονός συμβάλλει στην εξάλειψη της βιοποικιλότητας ενώ περιορίζει την ποιότητα των υδάτινων πόρων προκαλώντας ρύπανση και μόλυνση. Πιο συγκεκριμένα, η ανάρμοστη λειτουργική παραγωγή εξόρυξης και επεξεργασίας βωξίτη συνδέεται άμεσα με την καταστροφή της τοπικής υδρογεωλογίας προκαλώντας ανεπανόρθωτες ζημιές στην ισορροπία του φυσικού τοπίου. Ταυτόχρονα, τα υγρά απόβλητα που προκύπτουν, περιέχουν τοξικές ουσίες, βλαβερά μέταλλα και χημικά που εκλύονται στο έδαφος και στην συνέχεια κατευθύνονται προς μετακίνηση στα υδάτινα συστήματα μέσω των επιφανειακών ρευμάτων επηρεάζοντας την ποιότητα των υδάτινων πόρων. Η μόλυνση των υδάτινων

πόρων και κατε επέκταση του πόσιμου νερού έχει άμεσες επιπτώσεις όσον αφορά την ανθρώπινη υγεία καθώς το πόσιμο νερό είναι απαραίτητο αγαθό την επιβίωση του. Αξίζει να προστεθεί ότι τα βαρέα μέταλλα που εξάγονται από την παραγωγική διαδικασία εκμετάλλευσης βωξίτη είναι δυνατόν να συσσωρευτούν στις τροφικές αλυσίδες αποβαίνοντας τελικά στον ανθρώπινο οργανισμό μέσα από τον αέρα, την διατροφή και το νερό. Παράλληλα, τα στερεά απόβλητα που απελευθερώνονται προκαλούν μεταβολή και τροποποίηση της φυσικής ροής των ποταμών διαταράσσοντας την ισορροπία των υδάτινων οικοσυστημάτων.

3.3.2 Υγεία

Πέραν των περιβαλλοντικών επιπτώσεων η συγκεκριμένη εξορυκτική διαδικασία, η υπέρμετρη εξόρυξη βωξίτη επηρεάζει σε έναν μεγάλο βαθμό την ευημερία της υγείας των εργαζομένων αλλά και των κατοίκων τόσο σε τοπικό όσο και ευρύτερο επίπεδο. Οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία είναι εξίσου σημαντικές, καθώς οι εκπομπές από τις εξορυκτικές δραστηριότητες συνδέονται με προβλήματα στο αναπνευστικό σύστημα. Η επαναλαμβανόμενη επαφή με την συγκεκριμένη διαδικασία είναι δυνατόν να προκαλέσει ακόμα μεγαλύτερα προβλήματα υγείας ειδικά στις περιπτώσεις που γίνεται υπέρμετρη εκμετάλλευση εξαιτίας της έκθεσης στις αναφερόμενες τοξικές ουσίες. Καθώς η εξορυκτική διαδικασία συνδέεται σε μεγάλο βαθμό με την ανασκαφή και μετακίνηση βράχων στην οποία απελευθερώνονται τοξικά και ανθυγιεινά σωματίδια, η εισπνοή των συγκεκριμένων σωματιδίων συντείνει στην πάθηση σοβαρών ασθενειών και μακροχρόνιων προβλημάτων υγείας όπως είναι το άσθμα, αλλεργίες και ο ενοχλητικός βήχας. Παράλληλα, Η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την εκπομπή επιβλαβών χημικών. Η απελευθέρωση των τοξικών αερίων συνδράμει στην μόλυνση της ατμόσφαιρας ακόμα και σε μικρό βαθμό. Επομένως, η τοπική κοινωνία που κατοικεί σε περιοχές που πραγματοποιείται η εξορυκτική διαδικασία αποτελεί μία κοινότητα ευάλωτη όσον αφορά την υγεία του αναπνευστικού συστήματος στην οποία η πιθανότητα εμφάνισης ή ακόμα και επιδείνωσης υπαρχόντων αναπνευστικών παθήσεων είναι αυξημένη.

3.3.3 Κοινωνική- Οικονομική Αναταραχή

Το αντίκτυπο που προκαλείται από την εκμετάλλευση βωξίτη δεν πλαισιώνεται μόνο στον περιβαλλοντικό τομέα και τον τομέα υγείας. Μία επιπλέον αρνητική συνέπεια αποτελεί και η οικονομική και κοινωνική αναταραχή που προκαλείται από την εκμετάλλευση του βωξίτη. Είναι πιθανόν να μην θεωρείται μείζονος σημασίας παρόλα αυτά οι μακροχρόνιες συνέπειες και επιπτώσεις του χρήζουν άμεσης προσοχής.

Αρχικά, η άπληστη εξόρυξη από συγκεκριμένη κοινωνική ομάδα μπορεί να προκαλέσει άνοδο της κοινωνικής ανισότητας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ορισμένοι άνθρωποι και κατε επέκταση επιχειρήσεις, επωφελούνται από το πλαίσιο της απόκτησης υψηλότερων αποδοχών και δυνατοτήτων εργασιακής απασχόλησης ενώ κάποιες κατώτερες ομάδες πιθανόν να συναντήσουν αρνητικές συνέπειες που πλαισιώνονται στην καταστροφή εδαφών, υδατικών πόρων και υγείας. Ταυτόχρονα, η έκταση του περιβαλλοντικού αντίκτυπου δύναται να πυροδοτήσει τις κοινωνικές αντιπαραβολές. Οι επιπτώσεις που προαναφέρθηκαν όσον αφορά την καταστροφή των υδατικών και εδαφικών πόρων και των επιπτώσεων υγείας στους κατοίκους σε μακροχρόνια κλίμακα μπορεί να προξενήσει κρίση όσον αφορά την κοινωνική δομή. Παράλληλα, οι οικονομικές συνέπειες πλαισιώνονται στην αναταραχή απώλεια εισοδημάτων και οικονομικής δυσχέρειας. Πιο συγκεκριμένα, η αγροτική οικονομία είναι πιθανόν να επηρεαστεί σε μεγάλο βαθμό από την συγκεκριμένη δραστηριότητα καθώς όπως αναφέρθηκε οι συνέπειες στον εδαφικό τομέα είναι καταστρεπτικές. Επομένως, η απώλεια των γεωργικών εκτάσεων ή ακόμα και η μείωση της ποιότητας των εδαφικών πόρων είναι ικανή να προκαλέσει οικονομική αστάθεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

4.1 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΞΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η εκμετάλλευση του βωξίτη είναι άμεσα συνδεδεμένη με την εμφάνιση πολλαπλών περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η πολιτική διαχείρισης των αποβλήτων αποτελεί τον κρισιμότερο παράγοντα διαχείρισης της τοξικότητας των αποβλήτων αυτών. Αναφορικά, με τον όρο διαχείριση νοείται η ορθή αξιοποίηση και εκμετάλλευση των πλουτοπαραγωγικών πηγών, πράγμα που συνεπάγεται με την ταυτόχρονη προστασία του περιβάλλοντος (Κούσουλας, 2001). Απώτερος στόχος των πολιτικών και τεχνολογιών διαχείρισης αποτελεί η φροντίδα και η απομάκρυνση φαινομένων επικινδυνότητας της αλλοίωσης της ποιότητας ή και της ποσότητας των πόρων. Αναλυτικότερα, για να είναι αποτελεσματικός ο τρόπος διαχείρισης πρέπει να έχει ως βάση τρεις βασικές ανάγκες, την προστασία των φυσικών πόρων, την συντήρηση και την βελτίωση. Ταυτόχρονα, είναι αναγκαίο να τίθεται ως προϋπόθεση η οικονομική ανάπτυξη να συμβαδίζει παράλληλα με την κοινωνική και περιβαλλοντική ευημερία. Παρόλα αυτά, ο τρόπος διαχείρισης και ρύθμισης των τοξικών αποβλήτων που προκύπτουν από την εκτεταμένη εκμετάλλευση των ορυκτών πόρων στην χώρα μας έχει χαρακτηριστεί από πολλούς τοπικούς και εθνικούς φορείς ως μη αξιόπιστος και ατελέσφορος. Οι υφιστάμενες πρακτικές διαχείρισης που βρίσκονται σε ισχύ, στοχεύουν και επικεντρώνονται σε τρόπους και πρακτικές λύσεις αλόγιστης παροχής αποβλήτων. Το συγκεκριμένο γεγονός οφείλεται σε λανθασμένες πρακτικές στις οποίες η διάθεση αποβλήτων ήταν υπέρμετρη. Αποτέλεσμα αυτών των διαχρονικών πρακτικών, ήταν η περαιτέρω ρύπανση των εδαφικών εκτάσεων και των υδάτινων πόρων αλλά και το γενικότερο υψηλό οικονομικό κόστος επαναφοράς και αποκατάστασης της εύρυθμης και υγιούς λειτουργίας των εστιών μόλυνσης στον υφιστάμενο χώρο.

Ένας σημαντικός παράγοντας που διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στον τρέχων ζήτημα είναι η ελλειμματική ποσοτική και ποιοτική καταγραφή των χαρακτηριστικών στοιχείων των παραγόμενων αποβλήτων από την διαδικασία εξόρυξης του ορυκτού. Σε αυτήν την περίπτωση, η απουσία παροχής πληροφοριών συντείνει στην έλλειψη επίγνωσης του ρεαλιστικού κινδύνου τόσο για το ίδιο το περιβάλλον όσο και την ανθρώπινη υπόσταση. Η έλλειψη αξιολόγησης καθιστά ανέφικτη την αναζήτηση και εύρεση των πραγματικών προβλημάτων. Αυτό επιφέρει την ανικανότητα και αδυναμία εφαρμογής αποδοτικών και ρεαλιστικών εφαρμογών για την διαχείριση και

ρύθμιση των καταστροφικών αυτών επιπτώσεων. Ταυτόχρονα, η εφαρμογή λανθασμένων πολιτικών διαχείρισης δύναται να επιφέρει ακόμα δυσμενέστερα αποτελέσματα όταν στηρίζεται σε μη βιώσιμες πρακτικές διαχείρισης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, ένα από τα μείζων προβλήματα που οδηγούν στην διαιώνιση του προβλήματος είναι η απουσία βιώσιμων και αρμόδιων υποδομών για την αποθήκευση και αξιοποίηση αυτών των αποβλήτων. Η απουσία των αρμόδιων εγκαταστάσεων για την διαχείριση των τοξικών αποβλήτων στην Ελλάδα, που να είναι εναρμονισμένες με τα επιβλητικά πρότυπα ποιότητας καθώς και η εφαρμογή των περιβαλλοντικά φιλικών μέτρων που ορίζονται από τις αρμόδιες αρχές διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην δυσμενή αυτή κατάσταση διαχείρισης. Κατά βάση, οι ίδιες οι επιχειρήσεις οφείλουν να αναλαμβάνουν την μεγαλύτερη ευθύνη όσον αφορά την διαχείριση καθώς το αντικείμενο της δραστηριότητας τους δημιουργεί απόβλητα. Η δράση των επιχειρήσεων αυτών στηρίζεται κυρίως από τις κυβερνήσεις μέσω της παροχής χρηματικών επιχορηγήσεων και γενικότερων οικονομικών κινήτρων για την εγκατάσταση και εφαρμογή τεχνολογικών εγκαταστάσεων και μέσων. Τέλος, η απουσία σαφούς νομοθεσίας και η ανεπαρκής εφαρμογή των υφιστάμενων κανόνων συχνά δημιουργούν κενά στη διαχείριση των τοξικών αποβλήτων. Το υπάρχον νομοθετικό πλαίσιο όσον αφορά το συστήματος διαχείρισης έχει χαρακτηριστεί από πολλούς ως ελλιπή και ανεπαρκές καθώς επικεντρώνεται σε λανθασμένα πρότυπα και σε ασαφείς βάσεις δεδομένων. Υφίσταται ιδιωτική πρωτοβουλία αναφορικά με τη διαχείριση των στερεών βιομηχανικών αποβλήτων, η οποία αφορά στην υποχρέωση των βιομηχανιών να μεριμνούν για τη συλλογή, επεξεργασία και τελική διάθεση των αποβλήτων που παράγει ο καθένας, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα από την αντίστοιχη νομοθεσία.

Παρόλα αυτά, κατά της διάρκεια των χρόνων έχει παρατηρηθεί μία ανεπτυγμένη ευαισθησία ως προς αυτό το μείζων περιβαλλοντικό πρόβλημα και ως εκ τούτου έχει παρατηρηθεί μία προσπάθειά αποδοτικότερης διαχείρισης. Οι προσπάθειες αυτές πλαισιώνονται στην λήψη αυστηρότερων νομοθετικών κανόνων και της ανάπτυξης και εφαρμογής τεχνολογιών με ροπή προς την ανακύκλωση και ασφαλέστερη διαχείριση.

4.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΤΑΛΟΙΠΩΝ ΒΩΞΙΤΗ (ΕΡΥΘΡΑΣ ΙΛΥΟΣ)

Σκοπός της συγκεκριμένης θεματικής ενότητας αποτελεί η παράθεση μιας σειράς εναλλακτικών τρόπων και μεθόδων διαχείρισης των αποβλήτων που παράγονται κατά την επεξεργασία των ορυκτών πόρων βωξίτη για την επίτευξη την παραγωγής αλουμινίου. Οι ποσότητες των καταλοίπων που προκύπτουν από την επεξεργασία μεταλλευμάτων βωξίτη αποτελούν έναν ανεξέλεγκτα μεγάλο όγκο. Επομένως, η απόθεση τους αποτελεί ένα μείζον θέμα σε τοπική αλλά και σε διεθνή κλίμακα εξαιτίας του περιβαλλοντικού αποτυπώματος που αφήνει. Σε αυτήν την ενότητα, γίνεται αναλυτική αναφορά όλων των επιμέρους τεχνικών που δύναται να πραγματοποιηθούν ως μέθοδοι διαχείρισης των παραγόμενων αποβλήτων σε συνδυασμό με ένα σύνολο απαιτούμενων προδιαγραφών για την υλοποίηση κάθε επιμέρους τεχνικής. Αναφορικά, παρουσιάζονται οι πρακτικές λύσεις και τα απαιτούμενα μέσα αποθήκευσης, συλλογής μεταφοράς αλλά και οι κατευθυντήριες γραμμές των μέσων που χρησιμοποιούνται σε κάθε περίπτωση καθώς τα απόβλητα που προκύπτουν από την βιομηχανική παραγωγή απαιτούν συγκεκριμένες μεθόδους διεργασιών έτσι ώστε να βρίσκονται σε άμεση διάθεση και παροχή για χρήση ως πρώτη ύλη.

4.3 ΠΟΛΙΤΙΚΉ ΣΥΜΒΟΛΗ

Τα επικίνδυνα απόβλητα που προκύπτουν από τις παραγωγικές διεργασίες δύναται να αξιοποιηθούν αποτελεσματικά αν ληφθεί ένα νομοθετικό πλαίσιο που να έχει ως πρωταρχικό στόχο την πρόληψη ή ακόμα την μείωση της ποσότητας αυτών και του τοξικού φορτίου που προκαλείται. Ταυτόχρονα, το σχέδιο διαχείρισης οφείλει να ενθαρρύνει την αξιοποίηση και επαναχρησιμοποίηση του παραγόμενου φορτίου αποβλήτων με στόχο την εφαρμογή τεχνικών ανάκτησης υλικών που προέρχεται από αυτά. Το παραπάνω μέτρο δύναται να επιτευχθεί με την λήψη οικονομικών ερεθισμάτων που θα τις επιχειρήσεις και τους ιδιώτες στην αναζήτηση και λήψη καινοτόμων περιβαλλοντικά φιλικών συστημάτων αξιοποίησης. Επιπρόσθετα, μέσα από το υπάρχων νομοθετικό πλαίσιο θα προβληθεί μία σειρά δράσεων με στόχο την

υιοθέτηση τεχνολογικών μέσων ή μεθόδων που προωθούν τον εκτοπισμό τοξικών πρώτων υλών από διαφορετικού είδους υλικά που είναι απαλλαγμένα από χαρακτηριστικά επικινδυνότητας. Η συγκεκριμένη προώθηση μπορεί να ικανοποιηθεί με την παροχή και ανάπτυξη ενδεχομένων οικονομικών εργαλείων όπως οι επιχορηγήσεις και χρηματοδοτήσεις. Η θέσπιση αυτών των οικονομικών κινητηρίων συμβάλει συμπληρωματικά και στην ανάπτυξη επενδύσεων νέων τεχνολογιών ανακύκλωσης και επεξεργασίας.

4.4 ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ-ΕΥΑΙΣΘΗΤΟΠΟΙΗΣΗ

Είναι επιτακτική ανάγκη η ανάπτυξη βιώσιμων πολιτικών και τεχνολογιών αποτελεσματικής διαχείρισης των παραγόμενων αποβλήτων από τις ίδιες τις επιχειρήσεις. Απώτερος στόχος των συγκεκριμένων μεθόδων και πολιτικών οφείλει να αποτελεί η μείωση του όγκου των αποβλήτων καθώς και η απομάκρυνση της νοοτροπίας απόθεσης τους σε κατοικήσιμες ζώνες και περιβαλλοντικά ευαίσθητων ζωνών. Έτσι, οι σύγχρονες τεχνολογίες επεξεργασίας οφείλουν να στοχεύουν στην αποτελεσματική επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων ως διαθέσιμες πρώτες ύλες αλλά και για την παραγωγή ενέργειας

Αξίζει να σημειωθεί ότι για την θέσπιση καινοτόμων μεθόδων προϋποτίθεται η συνεργασία μεταξύ κέντρων έρευνας και ανάπτυξης και επιχειρήσεων αλλά και των αρμόδιων αρχών. Η συμβολή όλων αυτών των μονάδων θα επικεντρώνεται στην υλοποίηση ενός προγράμματος μεταφοράς τοξικών αποβλήτων συγκεκριμένο χώρο υγειονομικής ταφής αλλά και περεταίρω αξιοποίηση των αποβλήτων που θα στοχεύουν στην διάθεση των καταλοίπων στον εγγύτερο εγκεκριμένο χώρο υγειονομικής ταφής .

Επιπρόσθετα, είναι σημαντικό να αναπτυχθούν τα απαραίτητα τεχνολογικά μέσα που θα επιτρέπουν την δημιουργική αξιοποίηση των παραγόμενων αποβλήτων. Αυτό δύναται να επιτευχθεί μέσω των διαδικασιών επεξεργασίας και μετακίνησης τους σε συγκεκριμένο χώρο ειδικά σχεδιασμένο για την απόθεση απορριμμάτων. Είναι κρίσιμο η διαδικασία της απόρριψης των βιομηχανικών απορριμμάτων να γίνεται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να προτάσσεται η περιβαλλοντική μέριμνα ακολουθώντας τα υγειονομικά πρότυπα και τους κανόνες που έχουν επιβληθεί. Για την βέλτιστη

διαχείριση των απορριμμάτων δύναται να συγκρατηθεί και να δημιουργηθεί μία κεντρική ομάδα παρέχοντας εξειδικευμένη γνώση και μεθόδους που να επικεντρώνεται στην μεταφορά και επεξεργασία των απορριμμάτων. Ουσιαστικά, είναι απαραίτητο να κατασκευαστεί μία κεντρική μονάδα υγειονομικής ταφής τοξικών υγρών και στερεών αποβλήτων στην οποία οι διάφορες βιομηχανικές μονάδες θα μπορούν να μεταφέρουν τα τοξικά τους παράγωγα. Στην συγκεκριμένη μονάδα θα πραγματοποιούνται πληθώρα μεθόδων επεξεργασίας (φυσικές, χημικές και βιολογικές) με σκοπό την βιώσιμη διαχείρισης τους. Απαραίτητη προϋπόθεση στην εγκατάσταση της συγκεκριμένης μονάδας αποτελεί η εξασφάλιση και η προστασία της υγείας των εργαζομένων και της δημόσιας υγείας. Η συγκεκριμένη προϋπόθεση μπορεί να επιτευχθεί με την επιτήρηση των αρμόδιων τοπικών αρχών που θα ορίζονται υπεύθυνοι για την αδειοδότηση και την εποπτεία.

Ταυτόχρονα, θα μπορούσαν να τεθούν κάποιοι επιμέρους στόχοι, ώστε μία μονάδα επεξεργασίας βωξίτη είτε σε αλουμίνα είτε σε αλουμίνιο (είτε και στα 2 προϊόντα μαζί), να χωρίζονται σε τρία μέρη ώστε να επιτευχθεί η αποτελεσματική διαχείριση:

- Οι εγκαταστάσεις της διαχείρισης των αποβλήτων να σχεδιαστεί σύμφωνα με τις υπάρχουσες νομοθεσίες που προβλέπονται για αυτές τις περιπτώσεις και τις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές.

- Η δοκιμή και η σταθερότητα των εγκαταστάσεων αυτών κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες(προκειμένου να διαπιστωθεί η αντοχή και η αποτελεσματικότητά τους) και

- Η ορθή διαχείριση των τοξικών (και μη) αποβλήτων σε ένα πλαίσιο περιβαλλοντικής αλλά και κοινωνικής ευαισθητοποίησης.

Ουσιαστικά, οι τρόποι με τους οποίους οι παραπάνω στόχοι μπορούν να επιτευχθούν λειτουργεί κυκλικά, με όλες τις διεργασίες να είναι απαραίτητες προκειμένου να υπάρξει ένα θετικό αποτέλεσμα. Οι πυλώνες που μπορούν να χωριστούν οι διεργασίες αυτές, αφορούν τον σχεδιασμό (οικονομικές και κατασκευαστικές παράμετροι, επάρκεια υλικών καθώς και νομοθετικό πλαίσιο), την κατασκευή (πάλι με βάση το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο, εφαρμογή σχεδίου, διαθεσιμότητα και ποιοτικός έλεγχος των υλικών όπως και ορισμένες διορθώσεις εάν κριθούν απαραίτητες), τη λειτουργία (στερεοποίηση και συμπίκνωση των αποβλήτων, ενέργειες με βάση το νομοθετικό πλαίσιο, διαχείριση απορροών, σωστή λειτουργία της κατασκευής) και τέλος, το συγκεντρωτικό έλεγχο των εγκαταστάσεων αποβλήτων (λειτουργία με βάση το νομοθετικό πλαίσιο, εκθέσεις αποδοτικότητας, παρακολούθηση του έργου, συνεχής έλεγχος και βελτιώσεις καθώς και αναφορές στις αρμόδιες αρχές).

Μέσα σε όλα αυτά τα πλαίσια ένας στόχος θα πρέπει να είναι και η συνεχής βελτίωση των κατασκευών και των τεχνικών διαχείρισης των αποβλήτων, να κρατείται αρχείο των εκθέσεων των αρμόδιων φορέων και να υπάρχει διαρκής ενημέρωση των τμημάτων που εμπλέκονται στη διαδικασία αυτή. Όλες αυτές οι ενέργειες θα συντελέσουν τόσο στην εύρυθμη λειτουργία των εγκαταστάσεων διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων, όσο και στην πρόληψη δυσμενών γεγονότων ή αστοχιών των εγκαταστάσεων.

Εν κατακλείδι, η βιομηχανική αξιοποίηση του βωξίτη μπορεί να εξακολουθεί να υφίστανται αν συνοδευτεί με ένα αποτελεσματικό και περιβαλλοντικά φιλικό σχεδιασμό διαχείρισης των παραγόμενων απορριμμάτων. Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να υλοποιηθεί η παροχή πλεονάσματος και τις επόμενες γενιές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως στόχο τον ορισμό και την διεξοδική ανάλυση του ορυκτού του βωξίτη, των συστατικών του, των κατηγοριών εξόρυξης του, των εταιρειών που πραγματοποιούν την παραγωγή του στον Ελλαδικό χώρο. Η βιομηχανία του βωξίτη έχει αρκετά ισχυρή παρουσία στη χώρα μας, κατατάσσοντας την Ελλάδα σε μία από χώρες με υψηλά επίπεδα παραγωγής αλλά και επεξεργασίας βωξίτη της Ευρώπης για την παραγωγή αλουμίνας και αλουμινίου. Επιπροσθέτως, πραγματοποιήθηκε ανάλυση χημικά, θεωρητικά και περιβαλλοντικά των αποβλήτων που προκύπτουν από τη διαδικασία αυτή. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά τα απόβλητα που παράγονται καθ' όλη τη διάρκεια της εξορυκτικής διαδικασίας, θα πρέπει να τηρούνται ορθά τα μέτρα που έχουν θεσπιστεί τόσο από την πολιτεία όσο και από τις εκάστοτε εταιρείες που έχουν αναλάβει την εκμετάλλευση κοιτασμάτων ανά τον κόσμο. Δεδομένου ότι ορισμένα από τα απόβλητα που παράγονται έχουν μέτρια ή υψηλή τοξικότητα τόσο για το περιβάλλον όσο και για τη δημόσια υγεία των εργαζομένων του κλάδου αλλά εν γένει και των πληθυσμών των αστικών κέντρων τα οποία βρίσκονται κοντά σε περιοχές εξορύξεων, θα πρέπει να λαμβάνονται δραστικά μέτρα και να δημιουργούνται εγκαταστάσεις κοντά στις περιοχές των κοιτασμάτων βωξίτη που εξορύσσεται, ώστε να προλαμβάνονται τυχόν αστοχίες από την εξόρυξη ή πιθανές ρυπάνσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

-Μπαντασή Αθανασία (2014), Διπλωματική εργασία με τίτλο “ Κατάσταση Εδαφικών και Υδάτινων πόρων της Ελλάδας και η διαχείριση τους (2014)” Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Πολυτεχνική σχολή τμήμα μηχανικών χωροταξίας πολεοδομίας και περιφερειακής ανάπτυξης

<https://ir.lib.uth.gr/xmlui/bitstream/handle/11615/44550/13122.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

- Λαμπροπούλου Ιωάννα (2019) , Διπλωματική εργασία με τίτλο “Χαρακτηρισμός και αξιοποίηση σκωριών βιομηχανίας αλουμινίου”, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

<https://apothesis.eap.gr/archive/item/82259>

-Ζαραβάτη, Κ. (2018). Διαχείριση εξορυκτικών αποβλήτων από λατομεία μαρμάρου και αξιοποίηση τους. Μελέτη περίπτωσης στα ενεργά λατομεία μαρμάρων στην Περιφερειακή Ενότητα Δράμας. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

-Αβραμηλά Ευτέρπη-Ευσταθία (2020), Διπλωματική εργασία με τίτλο “Ακολουθώντας τον Βωξίτη, από τις κορυφές της Γκιώνας στην Αντίκυρα” Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών

<https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/52009/%CE%91%CE%92%CE%A1%CE%91%CE%9C%CE%97%CE%9B%CE%91%20%CE%95%CE%A5%CE%A4%CE%95%CE%A1%CE%A0%CE%97%20%CE%95%CE%A5%CE%A3%CE%A4%CE%91%CE%98%CE%99%CE%91%20AR16434%20%CE%91%CE%9A%CE%9F%CE%9B%CE%9F%CE%A5%CE%98%CE%A9%CE%9D%CE%A4%CE%91%CE%A3%20%CE%A4%CE%9F%20%CE%92%CE%A9%CE%9E%CE%99%CE%A4%CE%97-%20%CE%91%CE%A0%CE%9F%20%CE%A4%CE%99%CE%A3%20%CE%9A%CE%9F%CE%A1%CE%A5%CE%A6%CE%95%CE%A3%20%CE%A4%CE%97%CE%A3%20%CE%93%CE%9A%CE%99%CE%A9%CE%9D%CE%91%CE%A3%20%CE%A3%CE%A4%CE%97%CE%9D%20%CE%91%CE%9D%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%A5%CE%A1%CE%91%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

-Σπυράκος, Α. (2012). Επιπτώσεις από την εφαρμογή της Οδηγίας εξορυκτικών αποβλήτων στη διαχείριση εξορυκτικών έργων. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα

-Ντάρακας Ευθύμιος (2014), Διπλωματική εργασία με τίτλο “ Η εξόρυξη ως εναλλακτική μέθοδος ανάκτησης πόρων από τα στερεά απόβλητα” Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης πολυτεχνική σχολή, τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
<https://ikee.lib.auth.gr/record/136026/files/GRI-2015-13968.pdf>

-Διαμαντούλα Λάμπου (2018), Διπλωματική εργασία με τίτλο “Απόβλητα Εκμετάλλευσης Ορυκτών Πρώτων Υλών και Δείκτες Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης”, Σχολή Θετικών Επιστημών Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Διαχείρισης Αποβλήτων, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

<https://www.oryktosploutos.net/wp-content/uploads/2018/10/LAMPOU-study.pdf>

-Καλλία-Αντωνίου Α. (2016). ‘Προστασία και Βιώσιμη Διαχείριση των Υδάτων - Θεσμικό Πλαίσιο’. Σεμινάριο Διαχείρισης Υδάτων, (Ιούλιος 2016.) Εκδότης: Ε.Κ.Δ.Δ.Α.

-Γεωργιάδης, Θ., Καλλέργης, Γ., Φερεντίνος, Γ., κ.ά., 2004 .Φυσικό περιβάλλον και ρύπανση. Τόμος Δ’ «Διάθεση αποβλήτων και οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον». Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

-Μέγας Δημήτριος (2014). “ Εγκαταστάσεις Εξορυκτικών Αποβλήτων: Βασικές αρχές σχεδιασμού, κατασκευής και διαχείρισης”, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης, Πολυτεχνική Σχολή, ΠΜΣ Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

-Παπαδόπουλος Αργύρης (2007). “Παραγωγή και Εφαρμογές εμπορικού τύπου Βωξίτη Κλεισούρας και Μαγνησίτη Γερακινής” , Διατριβή Ειδίκευσης Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης” .
<https://ikee.lib.auth.gr/record/80317/files/gri-2007-899.pdf>

-Χρηστίδης Γ. (2009). Κοιτασματολογία II, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

-http://www.geo.auth.gr/courses/gmo/gmo645y/pdf_theory/boxites.pdf

-Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε)(2015), Έκθεση “Τελική Έρευνα αγοράς- βωξίτης”, Ζωή Καλημέρη με υπεύθυνη Υποέργου, Βαρβάρα Πεφάνη.

<https://www.oryktosploutos.net/wp-content/uploads/2017/02/%CE%A4%CE%99%CE%A4%CE%9B%CE%9F%CE%A3-%CE%88%CE%9A%CE%98%CE%95%CE%A3%CE%97%CE%A3-%CE%A4%CE%95%CE%9B%CE%99%CE%9A%CE%97-%CE%88%CE%A1%CE%95%CE%A5%CE%9D%CE%91-%CE%91%CE%93%CE%9F%CE%A1%CE%91%CE%A3-%CE%92%CE%A9%CE%9E%CE%99%CE%A4%CE%97%CE%A3.pdf>

-”Ο τομέας βωξίτη-αλουμινίου” https://www.oryktosploutos.net/2010/10/blog-post_2346/

-S&B Βιομηχανικά Ορυκτά, Βικιπαίδεια

https://el.wikipedia.org/wiki/S%26B_%CE%92%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AC_%CE%9F%CF%81%CF%85%CE%BA%CF%84%CE%AC

-”Αλουμίνιον της Ελλάδος”, Βικιπαίδεια

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BB%CE%BF%CF%85%CE%BC%CE%AF%CE%BD%CE%B9%CE%BF%CE%BD_%CF%84%CE%B7%CF%82_%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%BF%CF%82

-Rawmathub: “Πώς παράγεται το αλουμίνιο;”

<https://rawmathub.gr/epistimonika-nea-gia-ta-raw-materials/gnosiaki-vasi/pos-paragetai-to-alouminio>

-”Κοιτασματολογία, Βωξίτης-Σμύριδα”, Orykta.gr

<https://www.orykta.gr/oryktes-protos-yles-tis-ellados/metalleytika-orykta/131-boxitis>

-Σύνδεσμος Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων, (Βωξίτης- Αλουμίνα- Αλουμίνιο)

<https://www.sme.gr/portfolio-items/%CE%B2%CF%89%CE%BE%CE%AF%CF%84%CE%B7%CF%82/>

-<https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/object/1333328/file.pdf>

-Εγκυκλοπαίδεια “Πυρσός” Π. Δρανδάκη ,λήμμα “βωξίτης”, “Ελλάς: Γεωλογία”)

-Ελληνική Ένωση Αλουμινίου

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

-Mertzanis A. Karetsos G., Smyrni V.3, Efthimiou G. and Zakinthinos G. “NATIONAL PARK OF ITI: ENVIRONMENTAL AND GEOMORPHOLOGICAL IMPACTS FROM THE MINING ACTIVITY (GREECE), 2007”

-Lee KY, Ho LY, Tan KH, Tham YY, Ling SP, Qureshi AM, Ponnudurai T, Nordin R, Jeffrey Cheah School of Medicine and Health Sciences, Monash University Malaysia “Environmental and Occupational Health Impact of Bauxite Mining in Malaysia: A Review, 2007”

- Red Mud Project Site - “Characteristics”
<https://redmud.org/red-mud/characteristics/>