



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ - ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

«Τεχνολογική και Οικονομική Αποτίμηση της Τεχνολογίας Αξιοποίησης
του Βιομηχανικού Καταλοίπου της Ερυθράς Ιλύος για Παραγωγή
Χυτοσιδήρου και Ορυκτοβάμβακα»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Λιβανίου Βασιλική



Επιβλέπων: Δημήτριος Πάνιας
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2012



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ - ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

«Τεχνολογική και Οικονομική Αποτίμηση της Τεχνολογίας Αξιοποίησης
του Βιομηχανικού Καταλοίπου της Ερυθράς Ιλύος για Παραγωγή
Χυτοσιδήρου και Ορυκτοβάμβακα»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Λιβανίου Βασιλική

Επιβλέπων: Δημήτριος Πάνιας

Αν.Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις 30/03/2012

Ι. Πασπαλιάρης, Καθηγητής,(Υπογραφή)

Α. Ξενίδης, Επ. Καθηγητής,(Υπογραφή)

Δ. Πάνιας, Αν. Καθηγητής,(Υπογραφή)

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2012

.....

Λιβανίου Βασιλική

Copyright © Λιβανίου Βασιλική, 2012

Με επιφύλαξη κάθε δικαιώματος. All rights reserved.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Βιομηχανία του Αλουμινίου έχει αποκτήσει μεγάλη δύναμη στην παγκόσμια αγορά , καθώς τα τελικά προϊόντα του αλουμινίου αποτελούν προϊόντα καθημερινής χρήσης. Οι βιομηχανίες αλουμινίου είναι διάσπαρτες σε όλο τον κόσμο και παράγουν είτε αλουμίνα είτε καθαρό αλουμίνιο. Οι κύριες χώρες παραγωγοί αλουμινίου είναι η Αυστραλία, η Κίνα, η Λατινική Αμερική και η Ευρώπη. Μέσω της μεθόδου Bayer παράγεται αλουμίνα, η οποία κατόπιν επεξεργάζεται από τη μέθοδο Hall-Heroult , μέσω της οποίας παράγεται αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας.

Το κυριότερο παραπροϊόν της βιομηχανίας του αλουμινίου είναι η Ερυθρά Ιλύς και προκύπτει από τη μέθοδο Bayer. Η Ερυθρά Ιλύς αποτελεί κύριο πρόβλημα για την βιομηχανία του αλουμινίου, γιατί με την εναπόθεση της είτε στην ξηρά είτε στην θάλασσα έχει σημαντικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα. Η μετατροπή της Ερυθράς Ιλύς σε χρήσιμο και εμπορικό προϊόν αποτελεί πρώτη προτεραιότητα για όλα τα εργοστάσια παραγωγής αλουμινίου.

Το ‘Αλουμίνιο της Ελλάδος’ παράγει 700-800.000 τόνους Ερυθράς Ιλύος ανά έτος. Από την 1^η Ιανουαρίου του 2012 η εναπόθεση της σταμάτησε να γίνεται στη θάλασσα και γίνεται πλέον στη ξηρά. Από το 2000, το ‘Αλουμίνιο της Ελλάδος’ συνεργάζεται με το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, το Πανεπιστήμιο Πατρών και το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο με σκοπό την εύρεση εναλλακτικών μεθόδων αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος. Οι έρευνες που έγιναν , έδειξαν ότι η Ερυθρά Ιλύς μπορεί να απορροφηθεί από διάφορους τομείς όπως ο κατασκευαστικός τομέας , ο τομέας των μεταφορών , ο γεωργικός τομέας κλπ., χωρίς όμως να υπάρχει ακόμα εφαρμογή.

Η σχολή Μεταλλείων Μεταλλουργών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου σε συνεργασία με το ‘Αλουμίνιο της Ελλάδος’ ανέπτυξαν μία νέα εναλλακτική μέθοδο αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος. Μέσω της μεθόδου αυτής το παραπροϊόν μετατρέπεται σε χυτοσίδηρο κατάλληλο για πρώτη ύλη των χαλυβουργιών και σε ίνες ορυκτοβάμβακα, κατάλληλες για θερμο- και ηχομόνωση αλλά και για πυροπροστασία κτιρίων.

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο τόσο την τεχνολογική όσο και την οικονομική αποτίμηση της νέας μεθόδου. Η δομή της διπλωματικής εργασίας έχει ως εξής:

Στο 1^ο Κεφάλαιο γίνεται μία εισαγωγή σχετικά με το αλουμίνιο, τις ιδιότητές του και τις χρήσεις του. Επίσης, δίνεται μία εικόνα γενικά για την ανάπτυξη της βιομηχανίας του αλουμινίου, τα προβλήματα που απορρέουν από την απόθεση του κύριου παραπροϊόντος της (Ερυθρά Ιλύς) και την αναγκαιότητας ανάπτυξης νέων εναλλακτικών μεθόδων αξιοποίησής του.

Στο 2^ο Κεφάλαιο, αναλύεται η νέα μέθοδος , κατά την οποία επιτυγχάνεται αναγωγική τήξη σε ηλεκτρική κάμινο τόξου τύπου AMRT και παράγεται χυτοσίδηρος και παχύρευστη σκωρία κατάλληλη για παραγωγή ινών ορυκτοβάμβακα. Επίσης, δίνονται πληροφορίες για τα είδη των χυτοσιδήρων, τη διεργασία παραγωγής και τις χρήσεις του. Στη συνέχεια, γίνεται ανάλυση για τις ίνες ορυκτοβάμβακα, τις διαδικασίες

παραγωγής τους και τις χρήσεις τους. Στο τέλος του 2^{ου} Κεφαλαίου γίνεται μία περιγραφή του μονωτικού τομέα τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Ελλάδα και αναφέρονται οι ιδιότητες των μονωτικών υλικών.

Στο 3^ο Κεφάλαιο , αρχικά δίνεται μία σύντομη περιγραφή της οικονομικής κατάστασης στη χώρα μας και στη συνέχεια ακολουθεί μία αναφορά στην ανάπτυξη της βιομηχανίας στην Ελλάδα και ειδικότερα της βιομηχανίας των μετάλλων , των κατασκευών και των μονωτικών υλικών. Επίσης, αναλύεται η παγκόσμια αγορά του χυτοσιδήρου και του ορυκτοβάμβακα.

Στο 4^ο Κεφάλαιο παρουσιάζεται η οικονομική ανάλυση της νέας μεθόδου καθώς και τα συμπεράσματα και οι παρατηρήσεις που προκύπτουν.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Κατ' αρχάς , θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας , κο. Δημήτριο Πάνια , για την καθοδήγηση και την βοήθειά του κατά τη δημιουργία της. Επίσης , θέλω να ευχαριστήσω τους καθηγητές , τα μέλη και το επιστημονικό προσωπικό που συνεργάστηκα με επιτυχία καθ' όλη τη διάρκεια της πενταετούς φοίτησής μου στη σχολή Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών. Θέλω , ακόμη , να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στους γονείς μου για την διαρκή τους υποστήριξη. Τέλος , να ευχαριστήσω τους συναδέλφους μου για τα όμορφα φοιτητικά χρόνια που περάσαμε μαζί.

Περιεχόμενα

| | |
|--|----|
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 5 |
| ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ | 7 |
| Περιεχόμενα | 8 |
| Διαγράμματα..... | 11 |
| Πίνακες | 13 |
| Εικόνες..... | 16 |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ..... | 18 |
| ABSTRACT | 20 |
| I. Εισαγωγή - Γενικά για τη Βιομηχανία του Αλουμινίου | 22 |
| I.A. Εισαγωγή στην Πρωτογενή Παραγωγή Αλουμινίου | 22 |
| I.A.1. Αλουμίνιο | 22 |
| I.A.2. Ιδιότητες του αλουμινίου ^[2] | 23 |
| I.A.3 Χρήσεις αλουμινίου..... | 24 |
| I.A.4 Παραγωγή Αλουμινίου | 25 |
| I.A.5 Πρωτογενής Παραγωγή Αλουμινίου | 27 |
| I.B Μέθοδος Bayer – Bayer Process..... | 29 |
| I.B.1 Ιστορία Μεθόδου Bayer..... | 29 |
| I.B.2 Χαρακτηριστικά της Μεθόδου Bayer..... | 29 |
| I.B.3 Διάγραμμα Ροής Μεθόδου Bayer | 30 |
| I.B.4 Κύρια Στάδια Μεθόδου Bayer..... | 30 |
| I.B.5 Ενεργειακή Απόδοση Μεθόδου..... | 33 |
| I.B.6 Παραπροϊόντα Μεθόδου..... | 33 |
| I.Γ Ερυθρά Ιλύς | 34 |
| I.Γ.1 Γενικά για την Ερυθρά Ιλύ..... | 34 |
| I.Γ.2 Ερυθρά Ιλύς του «Αλουμινίου της Ελλάδος» | 36 |
| I.Γ.3 Χημική Ανάλυση της Ερυθράς Ιλύος | 37 |
| I.Γ.4 Αξιοποίηση της Ερυθράς Ιλύος..... | 39 |
| II. Αξιοποίηση της Ερυθράς Ιλύος προς παραγωγή Χυτοσιδήρου και Ορυκτοβάμβακα | 44 |
| II.A. Τεχνολογική Αποτίμηση της Νέας Μεθόδου Αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος..... | 44 |
| II.A.1 Γενικά για τη Νέα Μέθοδο Αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος..... | 44 |
| II.A.2. Διάγραμμα Ροής Red Mud Process..... | 44 |

| | |
|--|-----|
| II.A.3 Στάδια Μεθόδου Αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος για την παραγωγή χυτοσιδήρου και ορυκτοβάμβακα | 45 |
| II.B Θερμοδυναμική Ανάλυση- Ισοζύγιο Μάζας και Ενέργειας Αναγωγικής Τήξης | 49 |
| II.B.1 Θερμοδυναμική Ανάλυση της νέας Μεθόδου Αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος | 49 |
| II.B.2 Ισοζύγιο Μάζας και Ενέργειας..... | 51 |
| II.Γ Χυτοσίδηρος – Pig Iron | 53 |
| II.Γ.1 Γενικά για τον Χυτοσίδηρο | 53 |
| II.Γ.2 Χυτοσίδηροι - Το διμερές διάγραμμα φάσεων Fe-C ^[24] | 54 |
| II.Γ.3Τυπική Διεργασία Παραγωγής Χυτοσιδήρου..... | 55 |
| II.Γ.4 Παραγωγή Χυτοσιδήρου κατά τη μέθοδο αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος σε AMRT-EAF | 57 |
| II.Γ.6 Χρήσεις Χυτοσιδήρου | 58 |
| II.Δ Ίνες Ορυκτοβάμβακα | 60 |
| II.Δ.1 Γενικά | 60 |
| II.Δ.2 Κατηγοριοποίηση των Ινών Ορυκτοβάμβακα – Mineral Wool Fibres | 64 |
| II.Δ.3 Χημική Σύσταση των MMVFs..... | 65 |
| II.Δ.4 Οι φυσικές ιδιότητες των MMVFs | 66 |
| II.Δ.5 Πρώτες Ύλες στην παραγωγή των MMVFs..... | 69 |
| II.Δ.6 Υαλοβάμβακας (“Glass wool”) – Πετροβάμβακας (“Rock-Stone wool”) - Σκωριοβάμβακας (“Slag wool”)..... | 70 |
| II.Δ.7 Βιομηχανικές Μέθοδοι Παραγωγής Υαλοβάμβακα και Πετροβάμβακα | 73 |
| II.Δ.8 Χρήσεις Ορυκτοβάμβακα, Πετροβάμβακα και Σκωριοβάμβακα..... | 77 |
| II.E Τα Μονωτικά Υλικά..... | 79 |
| II.E.1 Γενικά για τον κλάδο των Μονωτικών Υλικών..... | 79 |
| II.E.2 Οι ιδιότητες των μονωτικών υλικών που έχουν μεγαλύτερη σημασία σήμερα..... | 85 |
| III. Η εξέλιξη της αγοράς του ορυκτοβάμβακα και του χυτοσιδήρου συναρτήσει της ελληνικής και παγκόσμιας οικονομικής κατάστασης | 91 |
| III.A Η Οικονομική Κατάσταση της Ελλάδας και η επίδρασή της στον βιομηχανικό τομέα..... | 91 |
| III.A.1 Η οικονομική κατάσταση της Ελλάδας από το εχθές έως και το σήμερα | 91 |
| III.A.2 Η Βιομηχανία στην Ελλάδα..... | 93 |
| III.A.3 Η εξέλιξη του τομέα των μονωτικών υλικών συναρτήσει της ζήτησης από την αγορά..... | 96 |
| III.B Η διαμόρφωση της αγοράς του Ορυκτοβάμβακα – ‘Mineral Wool’ (Υαλοβάμβακας, Πετροβάμβακας , Σκωριοβάμβακας)..... | 98 |
| II.B.1 Γενικά για την αγορά του Ορυκτοβάμβακα | 98 |
| III.B.3 Η αγορά του Ορυκτοβάμβακα στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και πρόβλεψη μέχρι το 2015 | 102 |
| III.Γ Η διαμόρφωση της αγοράς του Χυτοσιδήρου | 107 |

| | |
|---|------------|
| III.Γ.1 Το μέγεθος της αγοράς του Χυτοσιδήρου | 107 |
| III.Γ.2 Προμηθευτές - Εξαγωγείς Χυτοσιδήρου | 112 |
| III.Γ.3 Το μέλλον της αγοράς του Χυτοσιδήρου | 116 |
| <i>I.V Οικονομική Αποτίμηση της Τεχνολογίας Αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος προς Παραγωγή Χυτοσιδήρου και Ορυκτοβάμβακα</i> | <i>117</i> |
| IV.A Οικονομική Ανάλυση της Νέας Μεθόδου | 117 |
| IV.A.1 Εμπορικές τιμές προϊόντων (Ινών Ορυκτοβάμβακα και Χυτοσιδήρου)..... | 117 |
| IV.A.2 Μισθοί στην Ελλάδα και Τιμές Πρώτων Υλών και Ανταλλακτικών | 118 |
| IV.A.3 1 ^ο Βασικό Σενάριο της Μεθόδου Αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος | 119 |
| IV.A.4 Παράμετροι που επηρεάζουν τη Κερδοφορία σύμφωνα με το 1 ^ο Βασικό Σενάριο..... | 124 |
| IV.A.4 2 ^ο Σενάριο της Μεθόδου Αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος | 130 |
| IV.A.5 Συμπεράσματα της Οικονομικής Ανάλυσης της Μεθόδου | 133 |
| Βιβλιογραφία | 135 |

Διαγράμματα

| | |
|--|----|
| Διάγραμμα I.1 : Πρωτογενής παραγωγή αλουμινίου από το 1950 έως το 2012 , στις κύριες χώρες παραγωγούς, πηγή: Ευρωπαϊκή Ένωση Αλουμινίου (European Aluminum Association-EAA) ^[7] | 28 |
| Διάγραμμα I.2 : Οι κύριες περιοχές πρωτογενούς παραγωγής αλουμινίου , πηγή :EAA για το 2006 ^[7] | 28 |
| Διάγραμμα I.3 : Διαλυτότητα Γιββσίτη και Βαιμίτη σε Διάλυμα NaOH..... | 32 |
| Διάγραμμα II.1 : Διάγραμμα Ροής Μεθόδου Αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος | 44 |
| Διάγραμμα II.2 : Διάγραμμα Ellingham υπολογισμένο από το σύστημα ‘HSC Chemistry 6 software’ | 49 |
| Διάγραμμα II.3 : Διάγραμμα Φάσεων Fe-C , όπου η γκριζα περιοχή αποτελεί την περιοχή των χυτοσιδήρων ^[24] | 54 |
| Διάγραμμα II.4: Κατανομή της παγκόσμιας αγοράς μονωτικών υλικών με βάση την αξία τους (AMA Research) | 61 |
| Διάγραμμα II.5 : Κατηγορίες των MMVFs ^[21] | 64 |
| Διάγραμμα II.6 : Χρήσεις των ‘Mineral Wool’ ^[21] | 78 |
| Διάγραμμα III.1: Ρυθμοί μεταβολής της βιομηχανικής παραγωγής στην Ελλάδα (2000-2010) ^[44] | 94 |
| Διάγραμμα III.2[46]: Βαθμός χρησιμοποίησης του εργοστασιακού δυναμικού στη βιομηχανία της βασικής μεταλλουργίας , από το 2006 έως και το 2012. | 95 |
| Διάγραμμα III.3 ^[46] : Βαθμός χρησιμοποίησης του εργοστασιακού δυναμικού στη χημική βιομηχανία , από το 2006 έως και το 2012. | 95 |
| Διάγραμμα III.4[46]: Ο δείκτης παραγωγής στις κατασκευές , από το 2004 έως και το 2011 | 95 |
| Διάγραμμα III.5 : Παραγωγή της βιομηχανίας ινών ορυκτοβάμβακα στην Β. Αμερική , από το 1970 έως και το 1999 , σε εκατομμύρια δολάρια..... | 98 |

| | | |
|--|--|-----|
| Διάγραμμα III.6: Μέγεθος Αγοράς σε εκατομ.\$ ^[52] | Διάγραμμα III.7: Έσοδα ανά εταιρεία σε χιλιάδες \$ ^[52] | 103 |
| Διάγραμμα III.8 : Η κατανομή της αγοράς έως και το 2015 ^[52] | | 103 |
| Διάγραμμα III.9 : Η διαμόρφωση του διεθνούς εμπορίου του Χυτοσιδήρου ^[53] | | 107 |
| Διάγραμμα III.10 : Διαμόρφωση Κατανομής της Ευρωπαϊκής Αγοράς του Χυτοσιδήρου , από το 2001 έως και το πρώτο μισό του 2006 ^[53] | | 109 |
| Διάγραμμα III.11 : Εξαγωγές και Εισαγωγές του Χυτοσιδήρου από το 1994 έως και το 2005 , στην Κίνα , σύμφωνα με τον διεθνή οργανισμό χυτοσιδήρου (IPIA- International Pig Iron Association) ^[53] | | 110 |
| Διάγραμμα III.12 : Κατανομή της Αγοράς του Χυτοσιδήρου στην Ασία , από το 2001 έως το 2006, σύμφωνα με τον διεθνή οργανισμό χυτοσιδήρου (IPIA- International Pig Iron Association) | | 111 |
| Διάγραμμα III.13 : Εξαγωγές Χυτοσιδήρου της Βραζιλίας ,για το 2009, | | 113 |
| Διάγραμμα III.15 : Εξαγωγές Χυτοσιδήρου της Ουκρανίας ,για το 2005, σύμφωνα με τον διεθνή οργανισμό χυτοσιδήρου (IPIA- International Pig Iron Association) ^[53] | | 115 |
| Διάγραμμα IV.1 : Καταμερισμός των κοστών της μεθόδου αξιοποίησης της Ε.Ι. | | 122 |
| Διάγραμμα IV.2 : Ανάλυση Ευαισθησίας για το 1 ^ο Βασικό Σενάριο | | 124 |
| Διάγραμμα IV.3 : Ανάλυση Ευαισθησίας για το 2 ^ο Σενάριο | | 133 |

Πίνακες

| | |
|---|----|
| Πίνακας I.1 : Χημική Σύνθεση Βωξιτών διαφόρων προελεύσεων..... | 25 |
| Πίνακας I.2 : Παγκόσμια Παραγωγή και Αποθέματα Βωξίτη για τα έτη 2007 και 2008, σύμφωνα με την Γεωλογική Υπηρεσία των Ηνωμένων Πολιτειών (USGS-U.S. Geological Survey) ^[6] | 26 |
| Πίνακας I.3 : Εμπορικές Συνθήκες Εκχύλισης , για κάθε τύπο Βωξίτη | 32 |
| Πίνακας I.4 : Μέση Χημική Ανάλυση της Ε.Ι. ,μετά από ξήρανση, της βιομηχανίας αλουμινίου ‘ALSA’ για το έτος 2009 | 38 |
| Πίνακας I.7: Αξιολόγηση πιθανών χρήσεων Ε.Ι. | 40 |
| Πίνακας II.1 : Αρχική Τροφοδοσία | 51 |
| Πίνακας II.2 : Συνολική μάζα Χυτοσιδήρου = 341 kg | 51 |
| Πίνακας II.3 : Συνολική μάζα Σκωρίας = 754 kg | 51 |
| Πίνακας II.4 : Συνολική μάζα αερίων..... | 52 |
| Πίνακας II.5 : Ισοζύγιο Ενέργειας..... | 52 |
| Πίνακας II.6 : Χημική Σύσταση Χυτοσιδήρου μετά από την Τήξη της Ε.Ι. ^[27] | 57 |
| Πίνακας II.8 : Αριθμός Εγκαταστάσεων Ορυκτοβάμβακα ανά κράτος-μέλος της Ε.Ε. ^[23] | 62 |
| Πίνακας II.9 : Τυπική Χημική Σύσταση των MMVFs ^[21] | 65 |
| Πίνακας II.10: Διάμετροι ινών για κάθε τύπο ^[21] | 66 |
| Πίνακας II.11 : Εύρη πυκνοτήτων των MMVFs | 67 |
| Πίνακας II.12 : Οι κυριότερες Πρώτες Ύλες ^[21] | 69 |

| | |
|--|-----|
| Πίνακας II.13 ^[32] :Κύριες Ιδιότητες και Χρήσεις των Θερμομονωτικών Υλικών..... | 84 |
| Πίνακας III.1 : Προστιθέμενη Αξία στη Βιομηχανία Παραγωγής | 94 |
| Πίνακας II.2: Παγκόσμια Ζήτηση Ορυκτοβάμβακα σε εκατομμύρια δολάρια ^[50] | 100 |
| Πίνακας III.3 : Μέγεθος Αγοράς των ΗΠΑ ^[52] | 102 |
| Πίνακας III.4 : Πρόβλεψη του Μεγέθους της Αγοράς του Ορυκτοβάμβακα έως και το 2015 | 103 |
| Πίνακας III.5 : Κατανομή της αγοράς ανά μέγεθος εταιρείας ^[52] | 104 |
| Πίνακας III.6 ^[52] : Τελικά Προϊόντα της Βιομηχανίας του Ορυκτοβάμβακα | 104 |
| Πίνακας III.5 : Κύριες Εταιρείες Παραγωγής Ορυκτοβάμβακα ^[52] | 106 |
| Πίνακας I.V.1 : Τιμές Ινών Ορυκτοβάμβακα , ανάλογα με το μέγεθος και την πυκνότητά τους. | 117 |
| Πίνακας I.V.2 : Τιμές χυτοσιδήρου για το έτος 2010/2011..... | 118 |
| Πίνακας IV.3 : Προτεινόμενες Τιμές Πώλησης Χυτοσιδήρου και Ινών Ορυκτοβάμβακα | 118 |
| Πίνακας IV.4 : Μισθοί στον Ιδιωτικό Τομέα | 118 |
| Πίνακας IV.5 : Τιμές των Πρώτων Υλών και των Ανταλλακτικών | 119 |
| Πίνακας IV.6 : 1ο Βασικό Σενάριο Ανάλυσης Ευαισθησίας της Μεθόδου Αξιοποίησης της Ε.Ι..... | 119 |
| Πίνακας IV.7 : Κατηγοριοποίηση των κέντρων κόστους της μεθόδου αξιοποίησης της Ε.Ι. με βάση το 1ο Βασικό Σενάριο(Πίνακας IV.6). | 121 |
| Πίνακας IV.7: Διαμόρφωση Εισοδήματος και Κερδών , βάση το 1 ^ο Βασικό Σενάριο | 122 |
| Πίνακας IV.8 : Διαμόρφωση κερδών για μεταβολή κόστους ενέργειας συναρτήσει της τιμής ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 1630€/τόνο..... | 125 |

| | |
|--|-----|
| Πίνακας IV.9 : Διαμόρφωση κερδών για μεταβολή κόστους ενέργειας συναρτήσει της τιμής ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 800€/τόνο..... | 125 |
| Πίνακας IV.10 : Διαμόρφωση κερδών για μεταβολή κόστους ενέργειας συναρτήσει της τιμής ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 600€/τόνο..... | 126 |
| Πίνακας IV.11 : Διαμόρφωση κερδών για μεταβολή κόστους πρώτων υλών συναρτήσει της τιμής ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 1630€/τόνο..... | 126 |
| Πίνακας IV.12 : Διαμόρφωση κερδών για μεταβολή κόστους πρώτων υλών και τιμή ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 800€/τόνο..... | 127 |
| Πίνακας IV.13 : Διαμόρφωση κερδών για μεταβολή κόστους ενέργειας συναρτήσει της τιμής ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 600€/τόνο..... | 128 |
| Πίνακας IV.14 : Διαμόρφωση κερδών για μεταβολή κόστους ενέργειας και κόστους πρώτων υλών συναρτήσει της τιμής ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 1630€/τόνο | 128 |
| Πίνακας IV.15 : Διαμόρφωση κερδών για μεταβολή κόστους ενέργειας και κόστους πρώτων υλών συναρτήσει της τιμής ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 800€/τόνο | 129 |
| Πίνακας IV.16 : Διαμόρφωση κερδών για μεταβολή κόστους ενέργειας και κόστους πρώτων υλών συναρτήσει της τιμής ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 600€/τόνο | 130 |
| Πίνακας IV.17 : 2 ^ο Σενάριο Ανάλυσης Ευαισθησίας της Μεθόδου Αξιοποίησης της E.I..... | 130 |
| Πίνακας IV.18 : Διαμόρφωση Εισοδήματος και Κερδών , βάση το 2 ^ο Σενάριο | 131 |

Εικόνες

| | |
|--|----|
| Εικόνα I.1: Εδροκεντρωμένο κυβικό σύστημα ^[1] | 22 |
| Εικόνα I.2 : Εξαγωγές Βωξίτη σε ποσοστά από τις κύριες χώρες παραγωγούς βωξίτη για το έτος 2005(Αυστραλία -59.959.000 τόνοι) , σύμφωνα με το Βρετανικό Ίδρυμα Ερευνών (British Geological Survey) ^[7] | 26 |
| Εικόνα I.3 : “Bayer Process”, “ Hall-Heroult Process”, πηγή : πηγή: Ευρωπαϊκή Ένωση Αλουμινίου (ΕΑΑ) | 27 |
| Εικόνα I.4 : Διάγραμμα Ροής Bayer Process ,πηγή : http://www.redmud.org/Production.html ^[8] | 30 |
| Εικόνα I.5: Περιοχή άμεσης απόθεσης της ξηρής ερυθράς ιλύος , πηγή :Διεθνές Ινστιτούτο Αλουμινίου (ΙΑΙ) ^[2] | 35 |
| Εικόνα I.6: Αποκατεστημένη περιοχή εναπόθεσης της ερυθράς ιλύος , πηγή :Διεθνές Ινστιτούτο Αλουμινίου (ΙΑΙ) ^[2] | 35 |
| Εικόνα II.1 : Τεχνολογία της Owens Process ^[21] | 46 |
| Εικόνα II.2 : Τεχνολογία της Rock Wool Process ^[21] | 47 |
| Εικόνα II.3 : Τεχνολογία της Rotary Process ^[21] | 47 |
| Εικόνα II.4: Σύστημα ‘High-Speed Mist Jet Fiberizing’ ^[20] | 48 |
| Εικόνα II.5: Παραγωγή Χυτοσιδήρου με Υψικάμινο ^[25] | 55 |
| Εικόνα II.6: ‘Rotary Process’ – Βιομηχανική μέθοδος παραγωγής Υαλοβάμβακα ^[21] | 72 |
| Εικόνα II.7: ‘Wheel centrifuge or spinning Process’ - Βιομηχανική Μέθοδος παραγωγής Πετροβάμβακα και Σκωριοβάμβακα. ^[21] | 73 |
| Εικόνα II.8 : Βιομηχανική Μέθοδος Παραγωγής Υαλοβάμβακα ^[23] , πηγή : http://www.eurima.org/production-process | 74 |

| | |
|---|-----|
| Εικόνα II.9 : Βιομηχανική Μέθοδος Παραγωγής Πετροβάμβακα ^[23] , πηγή : http://www.eurima.org/production-process | 75 |
| Εικόνα III.1 : Γεωγραφική Κατανομή ^[52] , κατανομή μεριδίου αγοράς ανά Πολιτεία για το έτος 2009..... | 106 |
| Εικόνα III.2 : Χάρτης Βραζιλίας , περιοχές παραγωγής χυτοσιδήρου και λιμάνια εξαγωγής ,σύμφωνα με τον διεθνή οργανισμό χυτοσιδήρου (IPIA- International Pig Iron Association) ^[53] | 113 |

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αλουμίνιο έχει γίνει το δεύτερο σε χρήση μέταλλο μετά το σίδηρο και η ζήτηση για την παραγωγή του αλουμινίου έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια, γεγονός που οφείλεται στο μεγάλο εύρος εφαρμογών του. Το αλουμίνιο παράγεται είτε από μεταλλεύματα βωξίτη (πρωτογενής παραγωγή αλουμινίου) είτε από σκραπ (ανακυκλωμένο αλουμίνιο).

Η πρωτογενής παραγωγή αποτελείται από δύο μεθόδους. Η πρώτη μέθοδος είναι η μέθοδος Bayer, από την οποία παράγεται αλουμίνα υψηλής καθαρότητας. Η δεύτερη μέθοδος είναι η μέθοδος Hall-Heroult, αποτελεί ηλεκτρόλυση τήγματος αλουμίνιας και από την μέθοδο αυτή παράγεται αλουμίνιο καθαρότητας πάνω από 99%. Κατά τη μέθοδο Bayer παράγεται το κυριότερο στερεό παραπροϊόν της βιομηχανίας του αλουμινίου, το οποίο ονομάζεται Ερυθρά Ιλύς. Εκατομμύρια τόνοι Ερυθράς Ιλύς παράγονται σε όλο τον κόσμο ετησίως και αποτίθενται είτε στην ξηρά είτε στην θάλασσα με συνέπεια την υποβάθμιση τεράστιων εκτάσεων γης αλλά και του θαλάσσιου οικοσυστήματος. Επομένως, η αξιοποίηση της Ερυθράς Ιλύος αποτελεί πρώτη προτεραιότητα για όλα τα εργοστάσια παραγωγής αλουμινίου παγκοσμίως.

Το 'Αλουμίνιο της Ελλάδας' σε συνεργασία με τη σχολή Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου ανέπτυξε μία νέα εναλλακτική μέθοδο αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος κατά την οποία πραγματοποιείται η μετατροπή της σε εμπορικό προϊόν. Μέσω της αναγωγικής τήξης σε ηλεκτρική κάμινο τόξου παράγονται χυτοσίδηρος και παχύρευστη σκωρία, η οποία επεξεργάζεται κατάλληλα και κατόπιν μετατρέπεται σε ίνες ορυκτοβάμβακα.

- **Χυτοσίδηρος :** Ο χυτοσίδηρος που παράγεται ανήκει στην κατηγορία εναλλακτικών υλικών σιδήρου, των οποίων η ζήτηση αυξάνεται τα τελευταία χρόνια. Εκτιμάται ότι η ζήτηση του χυτοσιδήρου από τις βιομηχανίες παραγωγής χάλυβα θα αυξηθεί παραπάνω καθώς αυξάνεται η ανάγκη για συνεχή βελτίωση της απόδοσής τους. Είναι διαπιστωμένο ότι ο χυτοσίδηρος ως υλικό τροφοδοσίας των ηλεκτροκαμίνων υπερτερεί σε σχέση με τα σκραπ καθώς αυξάνει την απόδοση και βελτιώνει την ποιότητα του τελικού προϊόντος.
- **Παχύρευστη Σκωρία :** Η παχύρευστη σκωρία που παράγεται μετατρέπεται μέσω κατάλληλης διεργασίας σε ίνες ορυκτοβάμβακα, οι οποίες χρησιμοποιούνται ως μονωτικά υλικά εξαιτίας των καλών θερμομονωτικών ιδιοτήτων τους. Η ζήτηση τους έχει αυξηθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια καταλαμβάνοντας το ήμισυ της παραγωγής μονωτικών υλικών. Τα μονωτικά που προέρχονται από ορυκτοβάμβακα για την θερμομόνωση, την ηχομόνωση και την πυροπροστασία κτιρίων.

Η Ελλάδα πλήττεται τα τελευταία χρόνια από σοβαρή οικονομική κρίση, ενώ το 2009 αναγκάστηκε να ζητήσει οικονομική στήριξη από το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο (ΔΝΤ), την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε) και την Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα (ΕΚΤ). Η κρίση αυτή έχει ως αποτέλεσμα την ύφεση σε όλους του

τομείς , όπως οι βιομηχανίες και οι κατασκευές. Παρόλα αυτά, ο κλάδος των μονωτικών υλικών αποτελεί μέχρι και σήμερα δυναμικό τμήμα της αγοράς. Μετά από την θέσπιση του νέου Κανονισμού για την Ενεργειακή Απόδοση των κτιρίων το 2010, ο οποίος θέτει νέα δεδομένα στη θερμομόνωση, ο κλάδος των μονωτικών υλικών δείχνει προοπτικές περαιτέρω ανάπτυξης παρά την κρίση.

Στην Ευρωπαϊκή αλλά και στην Παγκόσμια αγορά , ο κλάδος των μονωτικών υλικών είναι πολύ ισχυρός και αξιόπιστος και τα προϊόντα από ορυκτοβάμβακα καλύπτουν πάνω από το 50% της αγοράς. Επίσης, σε ευρεία χρήση είναι και τα οικολογικά μονωτικά υλικά που προέρχονται είτε από ζώα είτε από φυτά. Εκτιμάται ότι η παραγωγή μονωτικών προϊόντων από ορυκτοβάμβακα θα αυξηθεί κερδίζοντας συνεχώς έδαφος έναντι της παραγωγής προϊόντων από οργανικά υλικά, δηλαδή από πολυστερίνη. Τα προϊόντα από ορυκτοβάμβακα είναι ανόργανα και έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα οργανικά.

Η οικονομική ανάλυση της νέας εναλλακτικής μεθόδου παραγωγής χυτοσιδήρου και ορυκτοβάμβακα από Ερυθρά Ιλύ είναι πολύ απαραίτητη για την πρόβλεψη της βιωσιμότητας της μεθόδου. Κατά την οικονομική ανάλυση εξετάστηκαν δύο πιθανά σενάρια και τα συμπεράσματα που προέκυψαν είναι θετικά για την κερδοφορία της μεθόδου.

Το 1^ο Βασικό Σενάριο βασίστηκε στις σημερινές τιμές της ενέργειας , των πρώτων υλών, των αναλώσιμων των λειτουργικών κοστών και τις σημερινές τιμές πώλησης του χυτοσιδήρου και των ινών ορυκτοβάμβακα ανά τόνο. Από το πρώτο σενάριο έγινε σαφές ότι τα κυριότερα κόστη που επηρεάζουν την κερδοφορία της μεθόδου είναι το κόστος για την κατανάλωση ενέργειας και το κόστος για την αγορά των πρώτων υλών.

Το 2^ο Σενάριο στηρίχτηκε σε 20% μείωση τις τιμές πώλησης του χυτοσιδήρου ανά τόνο καθώς και των μισθών , με ταυτόχρονη αύξηση κατά 20% των κοστών της ενέργειας , των πρώτων υλών , των αναλωσίμων και των λειτουργικών κοστών.

Η κερδοφορία της μεθόδου εξετάστηκε για μεγάλο εύρος τιμών πώλησης των ινών ορυκτοβάμβακα ανά τόνο. Τα συμπεράσματα από την οικονομική ανάλυση είναι θετικά για την βιωσιμότητα της μεθόδου ακόμα και στις ακραίες περιπτώσεις μεγάλης αύξησης του κόστους ενέργειας και του κόστους πρώτων υλών. Συγκεκριμένα, η κερδοφορία διατηρείται σε όλες τις εξεταζόμενες περιπτώσεις εκτός από της ακραίας περίπτωσης με αύξηση κατά 40% έως και 50% του κόστους της ενέργειας και των πρώτων υλών και με ταυτόχρονη μείωση κατά 70% στη τιμή πώλησης των ινών ορυκτοβάμβακα ανά τόνο, όπου και παρουσιάζεται ζημία .

Εν κατακλείδι , η οικονομική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε , έδειξε ότι η νέα εναλλακτική μέθοδος παραγωγής χυτοσιδήρου και ορυκτοβάμβακα από Ερυθρά Ιλύ ενδέχεται να είναι κερδοφόρος και βιώσιμη .

ABSTRACT

The Aluminium Industry has gained great power in the global market. Aluminium is the second most used metal after iron and the demand for its production has increased over the last years significantly due to its wide range of applications.

Aluminium is produced either from ore such as bauxite (primary aluminium production) or from scrap (recycled aluminium). Primary Aluminium Production consists of two methods. The first method, called the ‘Bayer Process’, produces high-purity alumina. The second method, called the ‘Hall-Heroult Process’, is the electrolysis of aluminium and produces aluminum with purity above 99%.

The major waste of Primary Aluminum Production is ‘Red Mud’ and is a by-product of the ‘Bayer Process’. Red Mud is a mixture of solid and metallic oxide-bearing impurities and presents one of the aluminium industry’s most important disposal problems. Millions of tons of Red Mud are produced annually worldwide and deposited either on land or at sea resulting in the degradation of huge areas of land and the sea ecosystem. For these reasons, the utilization of red mud is a top priority for all aluminium industries worldwide. There have been many attempts to utilize Red Mud, but none of these have found an application yet.

‘Aluminium of Greece’ in cooperation with the National Technical University and the School of Mining and Metallurgical Engineering has developed a new alternative method of utilization of Red Mud. What is achieved by this method is the transformation of Red Mud into a useful and commercial product. This method consists of the following four different stages:

1. Red Mud Drying
2. Feed Preparation
3. Reductive smelting in AMRT- EAF (Advanced Mineral Recovery Technology – Electric Arc Furnace) , Pig Iron and viscous slag production
4. Fibers Production

During this method, mineral wool fibers and pig iron are produced.

- **Pig Iron** belongs to the category of alternative iron materials and its demand has been increasing in recent years. It is estimated that the demand for pig iron from steel industry will grow further as the need to improve the quality of the finished product will grow too. It is a well established fact that pig iron as feedstock in electric furnace is superior compared to scrap, as it increases the efficiency of the process and improves the quality of the final product.
- **Mineral Wool Fibers** are commonly used as insulation materials because of their good thermal and acoustic insulation properties. Demand has increased sharply the last few years, occupying half of the global demand for insulation materials. Mineral Wool Fibers can be used in thermal and

sound insulation and in fire protection in the sector of construction, transport, industry, agriculture, health as well as in domestic appliances.

Greece is faced with the grueling task of having to resort for financial support to the International Monetary Fund (IMF), the European Union (E.U.) and the European Central Bank (ECB) as the country is still suffering from severe economic crisis with no signs of recovery on the horizon yet. Nevertheless, the Greek industry of insulation materials has been a dynamic part of the Greek market in recent decades. After the introduction of new regulations for the Energy Performance of Buildings in 2010, which set new standards in thermal insulation, the insulation industry seems to have prospects for development despite the crisis.

In the European and global market, the insulation industry is one of the most powerful industries and mineral wool covers over 50% of this market. Additionally, many eco-friendly insulation materials are widely used originating either from animals or from plants. It is estimated that the production of mineral wool insulation material will increase more in the years ahead, taking over the production of organic material such as polystyrene. This is because mineral wool products are inorganic and have significant advantages compared with organic products.

In the Greek Insulation Market, the use of mineral wool was not as widespread as in the global market. However, after the introduction of new regulations for the Energy Performance of Buildings in 2010, mineral wool products are just as competitive as the expanded and extruded polystyrene.

In order to predict the sustainability of the method of Pig Iron and Mineral Wool Production of Red Mud, an economic analysis of this new alternative method was carried out. Two possible scenarios were investigated during the economic analysis. The first basic scenario was based on current prices of energy, raw materials, wages, consumables, operation costs, and the current selling price of pig iron per ton. From the first scenario it became apparent that the most significant costs of the process were the energy and the raw materials ones. The second scenario was based on a 20% reduction in wages as well as in the selling price of pig iron and an increase of 20% in prices of energy, raw materials, consumables and operation costs. Both scenarios examined the profitability of the process for a wide range of selling prices of mineral wool per ton.

The conclusions of the economic analysis are positive for the sustainability of the process even in the case of a very high prices of energy cost and raw materials as well. More specifically, profitability exists in all possible examined cases except where there is a reduction of 70% in the selling price of mineral wool, combined with an increase of 40 to 50% in energy and raw materials costs, in which case loss occurs.

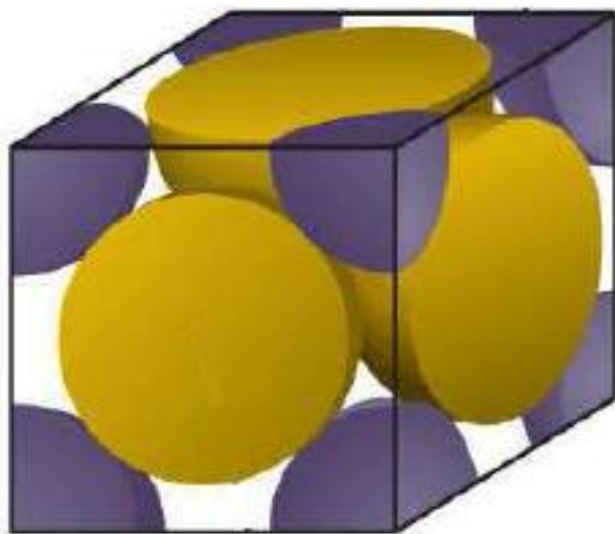
All in all, this economic analysis illustrates that this new alternative process of Pig Iron and Mineral Wool Production from Red Mud is both profitable and sustainable.

I. Εισαγωγή - Γενικά για τη Βιομηχανία του Αλουμινίου

I.A. Εισαγωγή στην Πρωτογενή Παραγωγή Αλουμινίου

I.A.1. Αλουμίνιο

Το αλουμίνιο (Al) ανήκει στην ομάδα IIIA του περιοδικού συστήματος και έχει ατομικό αριθμό 13^[1]. Είναι το πιο άφθονο μέταλλο στο φλοιό της Γης και συνολικά το τρίτο πιο άφθονο χημικό στοιχείο στον πλανήτη μας, μετά το οξυγόνο και το πυρίτιο και βρίσκεται σε πάνω από 270 διαφορετικά ορυκτά^[1]. Η κύρια πηγή για τη βιομηχανική παραγωγή του μετάλλου αυτού είναι ο βωξίτης. Το αλουμίνιο κρυσταλλώνεται στο εδροκεντρωμένο κυβικό σύστημα (Εικόνα 1). Η ατομική του ακτίνα είναι 2.856 Å, η σταθερά πλέγματος 4.05Å (1Å = 10⁻⁸cm) και η πυκνότητά του είναι ίση με 2.7 g/cm³^[1]. Το σημείο τήξης του είναι περίπου 659.7 °C και το σημείο ζέσεως 2519 °C^[1]. Στην εδροκεντρωμένη κυβική δομή οι πυκνές διευθύνσεις σε άτομα είναι οι διαγώνιες του κύβου, δηλαδή οι διευθύνσεις <110>^[1].



Εικόνα I.1: Εδροκεντρωμένο κυβικό σύστημα^[1]

1.A.2. Ιδιότητες του αλουμινίου^[2]

Η ζήτηση για την παραγωγή του αλουμινίου έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια. Το αλουμίνιο αποτελεί ένα νέο μέταλλο και έχει περάσει λίγο παραπάνω από έναν αιώνα από την πρώτη παραγωγή του για εμπορική χρήση. Το αλουμίνιο έγινε το δεύτερο σε χρήση μέταλλο μετά το σίδηρο. Οι ιδιότητες που κάνουν το αλουμίνιο τόσο σημαντικό για την βιομηχανία είναι το χαμηλό ειδικό του βάρος (2698.9 Kg/m^3 στους 20°C), η υψηλή αντοχή του σε μηχανικές καταπονήσεις και η εξαιρετική αντοχή του στη διάβρωση. Η υψηλή του αντιδιαβρωτική ικανότητα οφείλεται στην μεγάλη του χημική συγγένεια με το οξυγόνο, οπότε αν αφηθεί στον ατμοσφαιρικό αέρα οξειδώνεται ταχέως σχηματίζοντας ένα λεπτό, επιφανειακό και συνεχές στρώμα Al_2O_3 , το οποίο είναι αδιαπέραστο από το οξυγόνο και προσφέρει στο μέταλλο αντιοξειδωτική προστασία (φαινόμενο της παθητικοποίησης). Επίσης, εξαιτίας της σχετικά χαμηλής του πυκνότητας και της μεγάλης του ικανότητας να δημιουργεί μεγάλη ποικιλία κραμάτων, έγινε στρατηγικό μέταλλο για την αεροδιαστημική (και όχι μόνο) βιομηχανία. Είναι, επίσης, εξαιρετικά χρήσιμο στη χημική βιομηχανία, τόσο αυτούσιο ως καταλύτης, όσο και με τη μορφή διαφόρων ενώσεών του. Το καθαρό αλουμίνιο είναι αρκετά μαλακό και όλκιμο και παρουσιάζει καλή κατεργασιμότητα. Επίσης, το αλουμίνιο αποτελεί ισχυρό μέταλλο ανάλογα με την καθαρότητα του, για παράδειγμα αλουμίνιο 99,996% καθαρότητας έχει αντοχή στον εφελκυσμό γύρω στα 49 MPa , μέγεθος που μπορεί να φθάσει στα 700 MPa μέσω της προσθήκης κραματικών στοιχείων όπως σίδηρο ή χαλκό αλλά και μέσω θερμικών κατεργασιών. Χαρακτηρίζεται επίσης από πολύ καλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα, έχοντας το 62% της αγωγιμότητας του χαλκού, με μικρότερο ειδικό βάρος και χαμηλότερο κόστος παραγωγής απ' αυτόν. Είναι, επίσης, σημαντικό να τονιστεί ότι το αλουμίνιο είναι μη τοξικό μη εύφλεκτο και πλήρως ανακυκλώσιμο.

Φυσικές Ιδιότητες Αλουμινίου^[2]

- Πυκνότητα / Ειδικό Βάρος (g.cm^{-3} στους 20°C) = 2,70
- Σημείο Τήξης ($^\circ\text{C}$) = 660
- Ειδική Θερμότητα στους 100°C , $\text{cal.g}^{-1}\text{K}^{-1}$ ($\text{Jkg}^{-1} \text{K}^{-1}$) = 0,2241 (938)
- Λανθάνουσα Θερμότητα, cal.g^{-1} (kJ.kg^{-1}) = 94,7 (397,0)
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα στους 20°C = 64,94
- Θερμική αγωγιμότητα ($\text{cal.sec}^{-1}\text{cm}^{-1}\text{K}^{-1}$) = 0,5
- Θερμική εκπομπή στο 100°F (%) = 3,0
- Ανακλαστική ικανότητα (%) = 90,0

1.A.3 Χρήσεις αλουμινίου

Το αλουμίνιο χρησιμοποιείται ευρέως σε πληθώρα εφαρμογών. Η χρήση του αλουμινίου για την κατασκευή προϊόντων έχει σημαντικά πλεονεκτήματα. Στον τομέα των μεταφορών, το αλουμίνιο βρίσκεται συνεχώς αυξανόμενη εφαρμογή στην κατασκευή τρένων, αεροπλάνων, αυτοκινήτων, επιβατηγών πλοίων και διαστημικών οχημάτων λόγω του ότι συνδυάζει χαμηλό βάρος και στιβαρότητα κατασκευής. Ειδικότερα, στην αυτοκινητοβιομηχανία, η ελάττωση του βάρους συνεπάγεται μειωμένη κατανάλωση καυσίμου καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του αυτοκινήτου. Έτσι λοιπόν, με την χρήση του αλουμινίου αντί ενός βαρύτερου μετάλλου (π.χ. χάλυβας), μειώνεται η εκπομπή καυσαερίων και η συνολική κατανάλωση καυσίμου. Εκτεταμένη χρήση αλουμινίου γίνεται και στον τομέα των δομικών κατασκευών. Η προσθήκη ενός εξωτερικού μανδύα από αλουμίνιο σε νέα ή υπάρχοντα κτίρια βελτιώνει την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Επιστημονικές μελέτες (που έγιναν με πρωτοβουλία της ΕΛΒΑΛ Α.Ε.^[31]) έχουν δείξει εξοικονόμηση ενέργειας που πλησιάζει το 50% το χειμώνα (ενέργεια θέρμανσης) και το 25% το καλοκαίρι (ενέργεια ψύξης). Ταυτόχρονα το αλουμίνιο αποτελεί ιδανικό υλικό για συστήματα σκιασμού κτιρίων και στήριξης φωτοβολταϊκών στοιχείων. Επίσης, το αλουμίνιο αποτελεί το πλέον κατάλληλο υλικό για εξωτερικά κουφώματα διότι παρουσιάζει καλή συμπεριφορά στις εκάστοτε κλιματολογικές συνθήκες. Τα συστήματα κουφωμάτων αλουμινίου ικανοποιούν τις απαιτήσεις για τον σχεδιασμό, την λειτουργικότητα, την ηχομόνωση και θερμομόνωση και την αντοχή στον χρόνο. Στην συσκευασία ποτών και αναψυκτικών, σημαντικό ρόλο παίζει το χαμηλό βάρος των κουτιών του αλουμινίου σε σχέση με άλλες εναλλακτικές συσκευασίες. Το γεγονός αυτό περιορίζει σημαντικά την ενέργεια που δαπανάται τόσο για την μεταφορά όσο και για την διακίνηση των διαφόρων προϊόντων. Ακόμη, χρησιμοποιείται και στην ηλεκτρική βιομηχανία, αντικαθιστώντας τον χαλκό, για την παραγωγή καλωδίων, κεραιών και εξαρτημάτων για τις τηλεοράσεις, τους καταψύκτες και τα συστήματα κλιματισμού. Τέλος, το αλουμίνιο, ως ανακυκλώσιμο προϊόν, μπορεί να ανακυκλωθεί ξανά και ξανά χρησιμοποιώντας μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για να παραχθεί 'νέο' μέταλλο. Με την ανακύκλωση εξοικονομείται περίπου το 95% της ενέργειας που απαιτείται για την πρωτογενή παραγωγή.

1.A.4 Παραγωγή Αλουμινίου

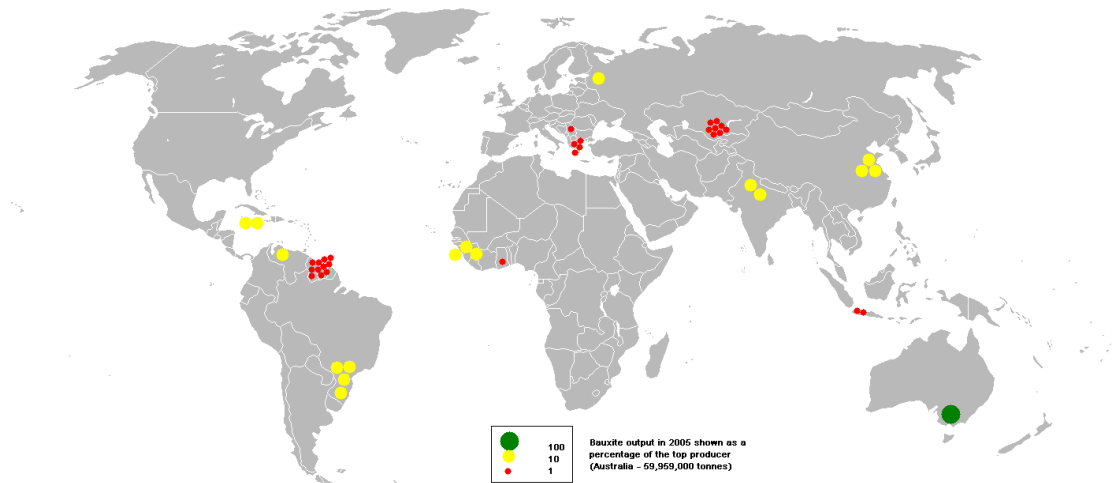
Το αλουμίνιο παράγεται είτε από μεταλλεύματα (πρωτογενής παραγωγή αλουμινίου) είτε από σκραπ (ανακυκλωμένο αλουμίνιο). Σύμφωνα με το Διεθνές Ινστιτούτο Αλουμινίου (International Aluminum Institute - IAI)^[2], το 2006 η παγκόσμια παραγωγή αλουμινίου ήταν 50, 4 εκατομμύρια τόνοι, από τα οποία τα 34 ήταν από την πρωτογενή παραγωγή και τα 16,4 από την παραγωγή ανακυκλωμένου αλουμινίου. Το κύριο μέταλλευμα, από το οποίο εξάγεται πάνω από το 99% του αλουμινίου παγκοσμίως, είναι ο βωξίτης. Ο βωξίτης αποτελεί ένα ετερογενές μίγμα ορυκτών που συντίθεται κυρίως από ένα ή περισσότερα ένυδρα οξείδια του αλουμινίου. Τα ορυκτά αυτά είναι ο γιββσίτης ($\text{Al}(\text{OH})_3$ ή $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ – τριένυδρη αλουμίνα), ο βαιμίτης (AlOOH ή $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – μονοένυδρη αλουμίνα) και το διάσπορο (AlOOH ή $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – μονοένυδρη αλουμίνα). Ο βωξίτης είναι ένα ιζηματογενές πέτρωμα, το οποίο παράγεται επιτόπου από την χημική αποσάθρωση κάτω από τροπικές ή υποτροπικές συνθήκες αργιλοπυριτικών ορυκτών με υψηλό περιεχόμενο σε αστρίους. Τέτοιες συνθήκες παρουσιάζονται σε περιοχές όπως είναι η Αφρική, η Νότια Αμερική και η Αυστραλία. Κάποια αποθέματα υπάρχουν και στην Ευρώπη. Η χημική σύνθεση των βωξιτών από διάφορες προελεύσεις, όπως βωξίτες από την Αυστραλία, βωξίτες από την Βραζιλία, βωξίτες από την Ινδία κλπ, δίνεται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας I.1)^[4]. Στον επόμενο πίνακα (Πίνακας I.2), δίνονται τα παγκόσμια αποθέματα και η παγκόσμια παραγωγή βωξίτη, σύμφωνα με την Γεωλογική Υπηρεσία των Ηνωμένων Πολιτειών (USGS-U.S. Geological Survey)^[5], όπου η Αυστραλία αποτελεί την μεγαλύτερη παραγωγό χώρα, ενώ οι ΗΠΑ κρατούν μυστικά τα ποσά βωξίτη που παράγουν. Στην εικόνα I.2 δίνεται η εξαγωγή του βωξίτη από τις κύριες χώρες παραγωγούς, για το έτος 2005, με πρώτη χώρα εξαγωγής βωξίτη την Αυστραλία (59.959.000 τόνοι), σύμφωνα με το Βρετανικό Ίδρυμα Ερευνών (British Geological Survey)^[6].

Πίνακας I.1 : Χημική Σύνθεση Βωξιτών διαφόρων προελεύσεων

| Χώρα και περιοχή | Al_2O_3 | SiO_2 | Fe_2O_3 | TiO_2 |
|------------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|
| Australia | | | | |
| Darling Range | 37 | 26.5 | 16.4 | 1.1 |
| Weipa | 58 | 4.5 | 6.9 | 2.5 |
| Brazil | | | | |
| Trompetas | 52 | 5.1 | 13.9 | 1.2 |
| India | | | | |
| Orissa | 46 | 2.7 | 22.4 | 1.1 |

Πίνακας Ι.2 : Παγκόσμια Παραγωγή και Αποθέματα Βωξίτη για τα έτη 2007 και 2008, σύμφωνα με την Γεωλογική Υπηρεσία των Ηνωμένων Πολιτειών (USGS-U.S. Geological Survey)^[6]

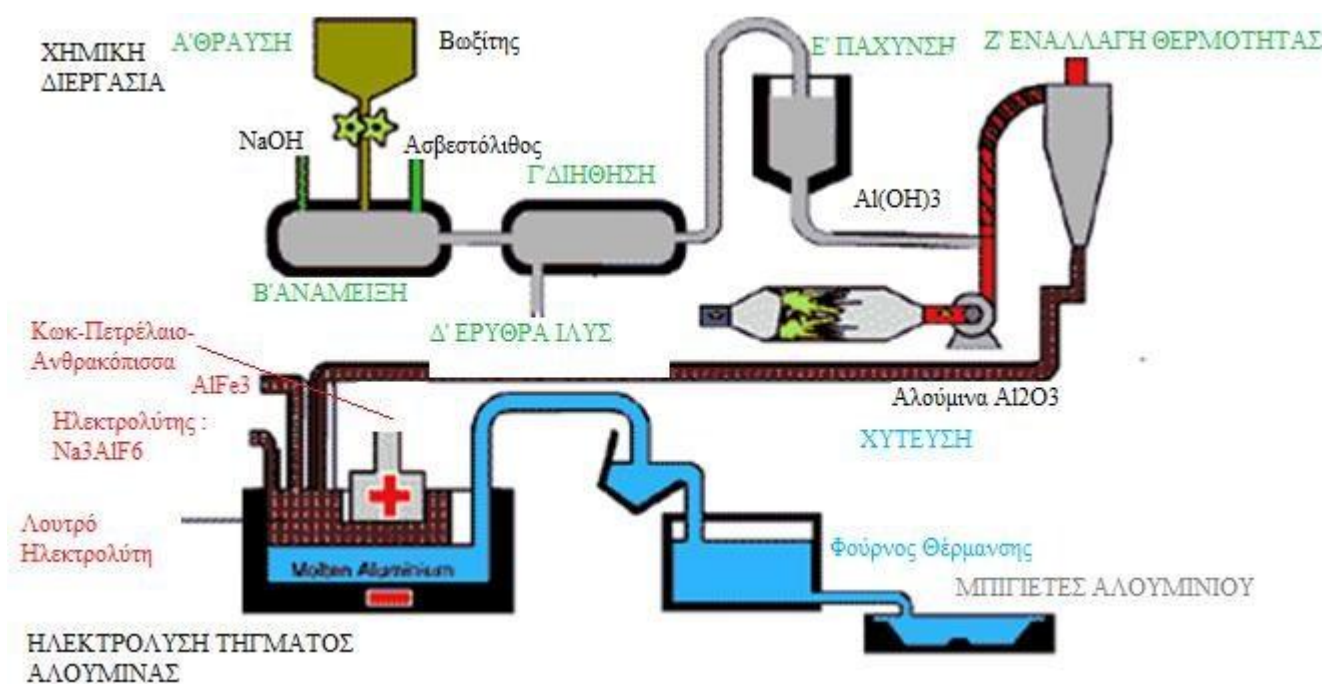
| Country | Mine production on | | Reserves | Reserve base |
|---|--------------------|---------|------------|--------------|
| | 2007 | 2008 | | |
|  Guinea | 18,000 | 18,000 | 7,400,000 | 8,600,000 |
|  Australia | 62,400 | 63,000 | 5,800,000 | 7,900,000 |
|  Vietnam | 30 | 30 | 2,100,000 | 5,400,000 |
|  Jamaica | 14,600 | 15,000 | 2,000,000 | 2,500,000 |
|  Brazil | 24,800 | 25,000 | 1,900,000 | 2,500,000 |
|  Guyana | 1,600 | 1,600 | 700,000 | 900,000 |
|  India | 19,200 | 20,000 | 770,000 | 1,400,000 |
|  China | 30,000 | 32,000 | 700,000 | 2,300,000 |
|  Greece | 2,220 | 2,200 | 600,000 | 650,000 |
|  Iran | — | 500 | — | — |
|  Suriname | 4,900 | 4,500 | 580,000 | 600,000 |
|  Kazakhstan | 4,800 | 4,800 | 360,000 | 450,000 |
|  Venezuela | 5,900 | 5,900 | 320,000 | 350,000 |
|  Russia | 6,400 | 6,400 | 200,000 | 250,000 |
|  United States | NA | NA | 20,000 | 40,000 |
| Other countries | 7,150 | 6,800 | 3,200,000 | 3,800,000 |
| World total (rounded) | 202,000 | 205,000 | 27,000,000 | 38,000,000 |



Εικόνα Ι.2 : Εξαγωγές Βωξίτη σε ποσοστά από τις κύριες χώρες παραγωγούς βωξίτη για το έτος 2005(Αυστραλία -59.959.000 τόνοι) , σύμφωνα με το Βρετανικό Ίδρυμα Ερευνών (British Geological Survey) ^[7].

1.A.5 Πρωτογενής Παραγωγή Αλουμινίου

Η πρωτογενής παραγωγή αλουμινίου αποτελείται από δύο μεθόδους . Συγκεκριμένα , η πρώτη μέθοδος είναι η “Bayer Process” , από την οποία παράγεται αλουμίνα υψηλής καθαρότητας . Ενώ, η δεύτερη είναι η “ Hall-Heroult Process” , η οποία αποτελεί ηλεκτρόλυση τήγματος αλουμίνας . Στη παρακάτω εικόνα (εικόνα I.3)^[7] απεικονίζεται τόσο η διεργασία της “Bayer Process” , όσο και η διεργασία “ Hall-Heroult Process”.



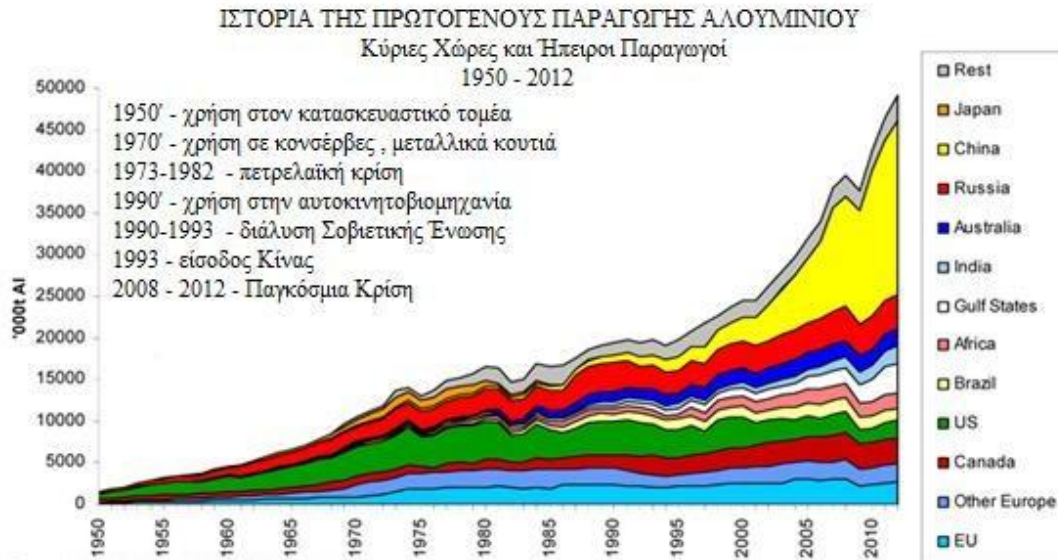
Εικόνα I.3 : “Bayer Process”, “ Hall-Heroult Process”, πηγή : πηγή: Ευρωπαϊκή Ένωση Αλουμινίου (ΕΑΑ)

Αρχικά ,μετά την εξόρυξη του, ο βωξίτης καθαρίζεται ώστε να μετατραπεί σε τριένυδρο οξείδιο του αλουμινίου (αλουμίνα) με τη χρήση της διεργασίας ‘Bayer Process’ , η οποία έχει υποστεί ελάχιστες αλλαγές τα τελευταία 100 χρόνια , από τότε δηλαδή που πρωτοχρησιμοποιήθηκε . Στη συνέχεια , η αλουμίνα είναι έτοιμη να υποστεί ηλεκτρολυτική αναγωγή μέσω της διεργασίας ‘Hall-Heroult Process’ , η οποία αποτελεί ηλεκτρόλυση τήγματος αλουμίνας σε ηλεκτρολυτικά κελιά . Μέσω αυτής της διεργασίας παράγεται αλουμίνιο καθαρότητας από 99,996% και πάνω .

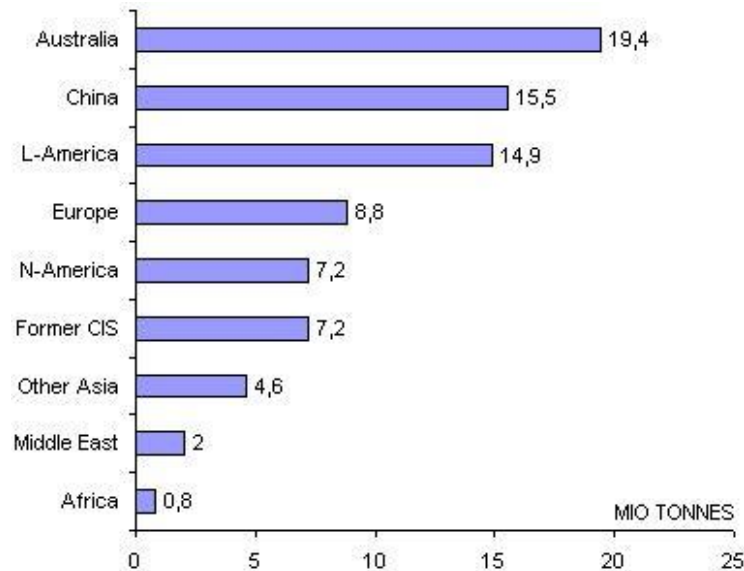
Δύο με τρεις τόνοι βωξίτη απαιτούνται για την παραγωγή ενός τόνου αλουμίνας , ενώ δύο τόνοι αλουμίνας απαιτούνται για την παραγωγή ενός τόνου μετάλλου αλουμινίου . Οι εγκαταστάσεις πρωτογενούς παραγωγής αλουμινίου υπάρχουν σε όλο τον κόσμο , ωστόσο συναντώνται περισσότερο σε περιοχές όπου υπάρχει αφθονία σε φθηνή ηλεκτρική ενέργεια ,όπως η υδροηλεκτρική ενέργεια.

Στο παρακάτω διάγραμμα (διάγραμμα I.1) δίνεται η πρωτογενής παραγωγή αλουμινίου από το 1950 έως το 2012 στις κύριες χώρες παραγωγούς, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση Αλουμινίου (European Aluminum Association) ^[8] . Ενώ , στο επόμενο διάγραμμα (διάγραμμα I.2) παρουσιάζονται οι κύριες

περιοχές πρωτογενούς παραγωγής αλουμινίου για το έτος 2006 , με πρώτη παραγωγό χώρα την Αυστραλία ^[8].



Διάγραμμα Ι.1 : Πρωτογενής παραγωγή αλουμινίου από το 1950 έως το 2012 , στις κύριες χώρες παραγωγούς, πηγή: Ευρωπαϊκή Ένωση Αλουμινίου (European Aluminum Association-EAA) ^[7]



Διάγραμμα Ι.2 : Οι κύριες περιοχές πρωτογενούς παραγωγής αλουμινίου , πηγή :EAA για το 2006 ^[7]

I.B Μέθοδος Bayer – Bayer Process

I.B.1 Ιστορία Μεθόδου Bayer

Το 1855, ο Γάλλος μεταλλειολόγος, Louis Le Chatelier, κατάφερε την εξαγωγή της αλουμίνας από τον βωξίτη^[4]. Αυτό το πέτυχε με τη συσσωμάτωση της αλουμίνας με ανθρακικό νάτριο στους 1200°C και κατόπιν την έκπλυση του παραγόμενου αργλικού νατρίου με νερό. Το αποτέλεσμα ήταν ο διαχωρισμός ως ίζημα του υδροξειδίου του αλουμινίου από το διάλυμα του αργλικού νατρίου και η ταυτόχρονη έκλυση διοξειδίου του άνθρακα.

Το υδροξείδιο του αλουμινίου, ως τότε χρησιμοποιούνταν ως διαβρωτικό μέσο στην βιομηχανία παραγωγής χρωμάτων. Δεν άργησε όμως να αυξηθεί και η ζήτηση της καθαρής αλουμίνας, όταν αυτή αποτέλεσε την πρώτη ύλη της παραγωγής αλουμινίου με την ανάπτυξη της μεθόδου Hall-Heroult.

Ο αυστριακός χημικός Karl Josef Bayer κατάφερε να αναπτύξει μια νέα βελτιωμένη μέθοδο για την παραγωγή υδροξειδίου του αλουμινίου από βωξίτη. Η μέθοδος αυτή ονομάστηκε προς τιμήν του “Bayer Process”^[9]. Ο αυστριακός χημικός τιμήθηκε για το έργο του αυτό με το γερμανικό δίπλωμα ευρεσιτεχνίας 43977 τον Αύγουστο του 1888. Για πρώτη φορά, η μέθοδος Bayer χρησιμοποιήθηκε από την εταιρεία “Merrimac Chemical Company” στη Μασαχουσέτη των ΗΠΑ. Ενώ, το 1901 κατασκευάστηκαν εγκαταστάσεις παραγωγής αλουμίνας από το εργοστάσιο “Alcoa” στο Ιλινόις. Από το 1901 και ύστερα δημιουργήθηκαν βιομηχανίες παραγωγής αλουμίνας σε περισσότερες από 25 χώρες, ενώ η σημερινή δυναμικότητα τους ξεπερνάει τους 40*10⁶ τόνοι ανά έτος^[4].

I.B.2 Χαρακτηριστικά της Μεθόδου Bayer

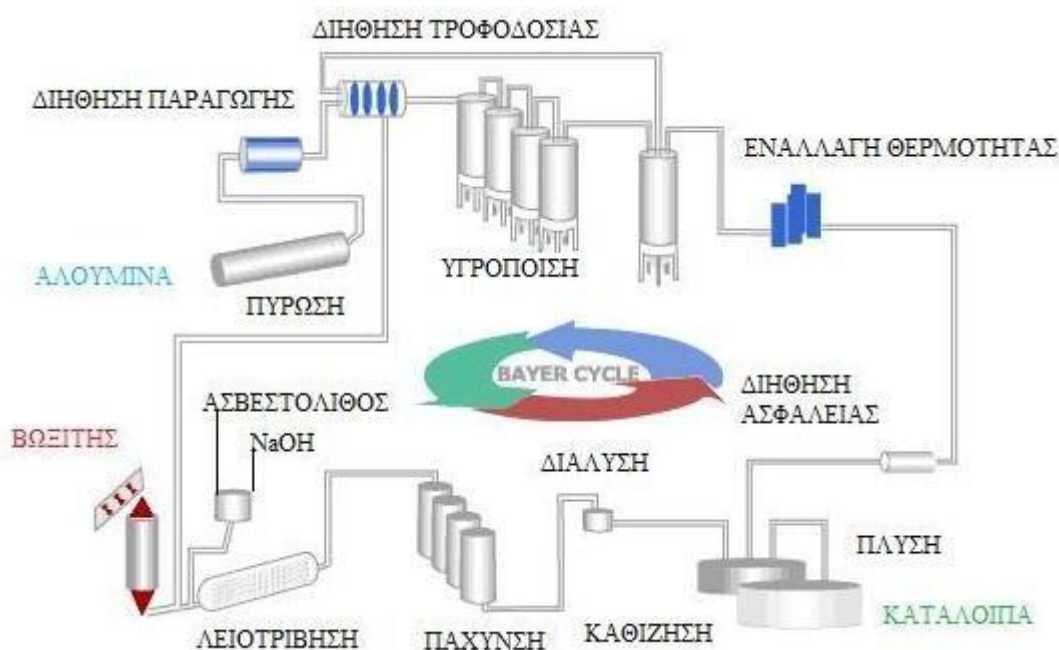
Το κυριότερο χαρακτηριστικό που εκμεταλλεύεται η μέθοδος Bayer είναι ότι ο βαιμίτης, ο γιββσίτης και το διάσπορο μπορούν να διαλυθούν στο διάλυμα καυστικού νατρίου, υπό μέτριες υδροθερμικές συνθήκες. Η διαλυτότητα του οξειδίου του αργιλίου (Al₂O₃) στο καυστικό νάτριο (NaOH) εξαρτάται από τη θερμοκρασία, ενώ τα άλλα συστατικά του βωξίτη μένουν σχεδόν αδρανή κατά τη μέθοδο Bayer.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά επιτρέπουν τον σχηματισμό διαλύματος αργλικού νατρίου, τον φυσικό διαχωρισμό των προσμίξεων αλλά και την καθίζηση της καθαρής αλουμίνας από το ψυχρό διάλυμα.

Τα κύρια χαρακτηριστικά της Μεθόδου Bayer παραμένουν αμετάβλητα τα τελευταία 100 χρόνια^[4], ενώ σημαντικά έχουν διευρυνθεί οι λειτουργικές διαδικασίες της μεθόδου, αφού η εξέλιξη της χημικής μηχανικής είναι μεγάλη.

1.B.3 Διάγραμμα Ροής Μεθόδου Bayer

Στο παρακάτω διάγραμμα δίνεται η πλήρης περιγραφή της μεθόδου . Συγκεκριμένα , το διάγραμμα περιγράφει ότι η διαδικασία ξεκινάει με την προετοιμασία του βωξίτη . Στη συνέχεια , πραγματοποιείται η εκχύλιση του αργλικού διαλύματος με καυστικό νάτριο και αμέσως ακολουθεί ο διαχωρισμός των στερεών και ρευστών . Τα στερεά καθιζάνουν σε παχυντές και δίνουν το απόρριμμα, γνωστό ως «Ερυθρά Ιλύς» .Μετά , ακολουθεί η καταβύθιση της ένυδρης αλουμίνας από το υπέρκορο αργλικό διάλυμα . Τέλος , πραγματοποιείται η θερμική διάσπαση της ένυδρης αλουμίνας με αποτέλεσμα την παραγωγή της καθαρής αλουμίνας , γνωστή και ως λευκή σκόνη (‘white powder’) .



Εικόνα 1.4 : Διάγραμμα Ροής Bayer Process ,πηγή : <http://www.redmud.org/Production.html> ^[8]

1.B.4 Κύρια Στάδια Μεθόδου Bayer

Η Μέθοδος Bayer αποτελείται από τέσσερα κύρια στάδια ^[4]. Το 1^ο στάδιο περιλαμβάνει την προετοιμασία του βωξίτη , το 2^ο στάδιο την εκχύλιση υπό πίεση , το 3^ο στάδιο την καταβύθιση και το 4^ο στάδιο περιλαμβάνει τη θερμική διάσπαση.

1^ο Στάδιο : Προετοιμασία Βωξίτη

Το στάδιο αυτό έχει ως στόχο την διασφάλιση της ομοιομορφίας της τροφοδοσίας του βωξίτη , όσον αφορά την χημική του σύσταση. Αυτή η ομοιομορφία της τροφοδοσίας πετυχαίνεται κυρίως με την ανάμιξη βωξιτών που προέρχονται από διαφορετικές πηγές αλλά επίσης και με την προσθήκη αποθεμάτων βωξίτη , όπου χρειαστεί.

Επίσης , το στάδιο αυτό περιλαμβάνει τις διεργασίες της θραύσης και της λειοτρίβησης του βωξίτη. Οι διεργασίες αυτές είναι απαραίτητες καθώς τα κύρια στάδια της μεθόδου Bayer αποτελούν τυπικές ετερογενείς χημικές διεργασίες , η απόδοση και η ταχύτητα των οποίων εξαρτάται από το μέγεθος της διεπιφάνειας στερεού – ρευστού.

Η θραύση πραγματοποιείται σε μεγέθη μικρότερα των 2cm είτε σε σφαιρόμυλους είτε σε σιαγονωτούς θραυστήρες.

Η λειοτρίβηση πραγματοποιείται σε μέγεθος μικρότερο από 0,15cm και μπορεί να είναι είτε ξηρή λειοτρίβηση , σε κλειστούς μύλους , είτε υγρή , με προσθήκη διαλύματος εκχύλισης σε ραβδόμυλους ή σφαιρόμυλους .

2^ο Στάδιο : Εκχύλιση υπό πίεση με διάλυμα καυστικού νατρίου (NaOH)

Το στάδιο αυτό αποτελεί ουσιαστικά και το πρώτο χημικό στάδιο της κατεργασίας του βωξίτη.

Κατά την εκχύλιση , είναι σημαντικό όλο το περιεχόμενο στον βωξίτη οξειδίου του αργιλίου (Al_2O_3) να διαλυθεί σε ισχυρά αλκαλικό διάλυμα καυστικού νατρίου (NaOH) . Οι στόχοι αυτής της διεργασίας είναι η λήψη σταθερού διαλύματος με τη μέγιστη δυνατή συγκέντρωση σε αργίλιο (Al) και ταυτόχρονα η χρησιμοποίηση της ελάχιστης δυνατής ποσότητας ενέργειας . Οι συνθήκες για να πραγματοποιηθεί η εκχύλιση διαφέρουν ανάλογα την παρουσία του οξειδίου του αργιλίου ως γιββσίτης ή βαιμίτης ή διάσπορο ή ως μείγμα των παραπάνω ορυκτών . Όπως φαίνεται και από τον πίνακα 4, η αύξηση της διαλυτότητας πετυχαίνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας , αλλά και με την αλκαλικότητα του διαλύματος . Επίσης , φαίνεται ότι η διαλυτότητα του γιββσίτη είναι πολλαπλάσια από τη διαλυτότητα του βαιμίτη , υπό τις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και περιεκτικότητας του διαλύματος σε καυστικό νάτριο.

Γενικά , αν ο προς επεξεργασία βωξίτης περιέχει μεικτές φάσεις , οι συνθήκες της εκχύλισης επιλέγονται βάση της λιγότερο διαλυτής ένωσης . Στον πίνακα 5 δίνονται οι εμπορικές συνθήκες εκχύλισης ανάλογα με τον τύπο του προς επεξεργασία βωξίτη.

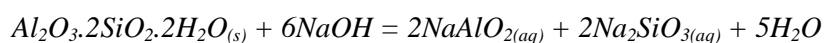
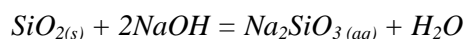
- Οι βασικές χημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια της εκχύλισης είναι οι εξής :



- Οι δευτερεύουσες χημικές αντιδράσεις σχετίζονται με τη συμπεριφορά των στοιχείων *Fe, Ti, Si* :

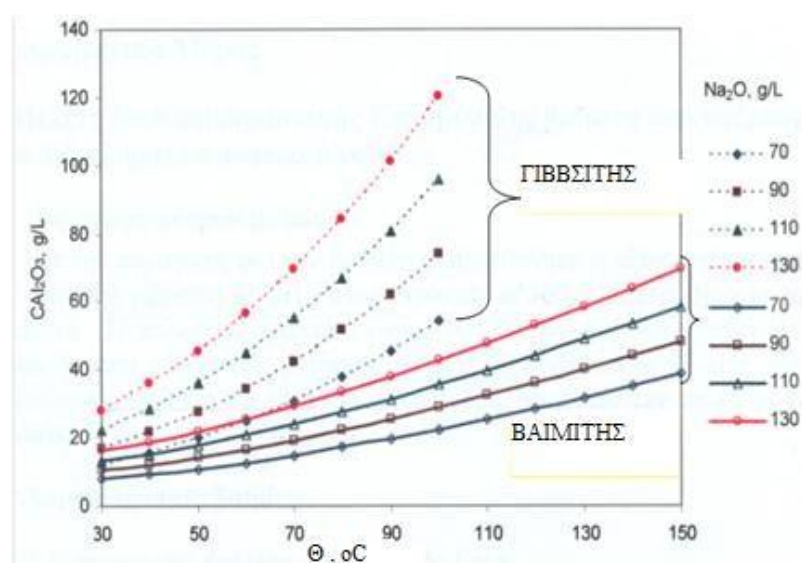
1. Ο *Fe* και το *Ti* παραμένουν αδιάλυτα κατά τη διάρκεια της εκχύλισης

2. Το Si διαλύεται εν μέρει σύμφωνα με τις παρακάτω αντιδράσεις:



Τα διαλυτά προϊόντα ($NaAlO_2$ και Na_2SiO_3) αντιδρούν μεταξύ τους σχηματίζοντας μια σειρά αργιλοπυριτικών δυσδιάλυτων ιζημάτων που έχουν ζεολιθική δομή του τύπου $Na_8Al_6Si_6O_{24}(OH)_2$ (Disilication Products –DSP).

ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ ΓΙΒΒΣΙΤΗ ΚΑΙ ΒΑΙΜΙΤΗ ΣΕ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ NaOH



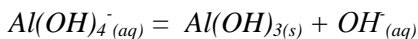
Διάγραμμα Ι.3 : Διαλυτότητα Γιββσίτη και Βαιμίτη σε Διάλυμα NaOH

Πίνακας Ι.3 : Εμπορικές Συνθήκες Εκχύλισης , για κάθε τύπο Βωξίτη

| Εμπορικές Συνθήκες Εκχύλισης | | | |
|---|-----------------|------------------|---------------------------|
| Τύπος Βωξίτη | Θερμοκρασία (F) | C_{NaOH} , g/l | Final $C_{Al_2O_3}$, g/l |
| Γιββσίτης | 380 | 260 | 165 |
| | 415 | 105-145 | 90-130 |
| Βοεμίτης | 470 | 150-250 | 120-160 |
| | 510 | 105-145 | 90-130 |
| Διάσπορο * | 535 | 150-250 | 100-150 |
| *προστίθεται CaO με σκοπό την επιτάχυνση της διάλυσης του διασπόρου | | | |

3^ο Στάδιο : Καταβύθιση ένυδρης αλουμίνας από το υπέρκορο αργλικό διάλυμα

Σκοπός του σταδίου καταβύθισης ή διάσπασης του αργλικού διαλύματος είναι η ανάκτηση του περιεχομένου εν διαλύσει σε αυτό αλουμινίου, σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση :

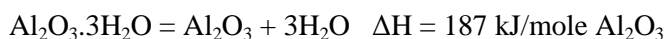


Οι στόχοι του σταδίου αυτού είναι οι εξής:

1. Να διασπαστεί το αργλικό διάλυμα με τη μέγιστη δυνατή απόδοση ανά μονάδα όγκου
2. Να παραχθεί γιββσίτης συγκεκριμένων προδιαγραφών.

4^ο Στάδιο : Θερμική διάσπαση ένυδρης αλουμίνας

Στο στάδιο αυτό γίνεται η θερμική διάσπαση της ένυδρης αλουμίνας με σκοπό τη παραγωγή αλουμίνας που ικανοποιεί τις προδιαγραφές για μεταλλουργική χρήση.



1.B.5 Ενεργειακή Απόδοση Μεθόδου

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση της μεθόδου είναι οι παρακάτω:

1. Ποιότητα Βωξίτη
2. Μέγεθος εργοστασίου
3. Σχεδιασμός Εργοστασίου

Τα κύρια κέντρα κόστους κατά τη μεταλλουργική επεξεργασία είναι :

1. Η θέρμανση και άντληση (κυκλοφορία) του διαλύματος
2. Η συμπύκνωση διαλύματος μετά τη καταβύθιση (evaporation)
3. Η διεργασία διάσπασης αργλικού διαλύματος (βελτίωση απόδοσης αλουμίνας σε g/L)
4. Η θερμική διάσπαση γιββσίτη

1.B.6 Παραπροϊόντα Μεθόδου

Το σπουδαιότερο παραπροϊόν της Μεθόδου Bayer είναι η **Ερυθρά Ιλύς – Red Mud**.

Η διαχείριση της ερυθράς ιλύος αποτελεί το σημαντικότερο περιβαλλοντικό πρόβλημα της μεθόδου για τους εξής λόγους:

- πολύ υψηλή αλκαλικότητα της ερυθράς ιλύος εξαιτίας του εγκλωβισμένου αργλικού διαλύματος
- ικανότητα του DSP (disilication products) να ανταλλάσει ιόντα Na^+ με υδρογονοκατιόντα H^+
- μεγάλη ποσότητα που παράγεται (περίπου 1ton RM για κάθε 1ton αλουμίνας)

Οι τρόποι διαχείρισης της Ε.Ι. που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι οι παρακάτω :

1. Απόθεση στη θάλασσα (Λύση που εφαρμοζόταν στη Γαλλία, Ελλάδα, Ιαπωνία καθώς και στην Αμερική όπου όμως η απόθεση γινόταν σε ποτάμι)
Ως μέθοδος απορρίφθηκε τα τελευταία χρόνια λόγω αυστηρών περιβαλλοντικών περιορισμών .
2. Ξηρά απόθεση (35 – 50% στερεά στην λάσπη)
Εφαρμόζεται στην πλειονότητα των εργοστασίων παραγωγής αλουμίνας σε σχεδιασμένες λεκάνες απόθεσης δεκάδων εκταρίων οδηγώντας σε υποβάθμιση μεγάλων εκτάσεων γης .

I.Γ Ερυθρά Ιλύς

I.Γ.1 Γενικά για την Ερυθρά Ιλύ

Η Ε.Ι. είναι το στερεό υπόλειμμα-απόβλητο που προέρχεται από τη μεταλλουργική επεξεργασία του βωξίτη κατά τη μέθοδο Bayer^[8] . Πρακτικά πρόκειται για μία αλκαλική λάσπη και περιέχει 3 έως 12 kg καυστικού νατρίου (NaOH) ανά τόνο παραγόμενης αλουμίνας . Εκατομμύρια τόνοι Ε.Ι. παράγονται ετησίως σε όλο τον κόσμο και διατίθενται στην ξηρά , με αποτέλεσμα να υποβαθμίζονται τεράστιες εκτάσεις γης . Επομένως , η αξιοποίηση της Ε.Ι. αποτελεί προτεραιότητα για όλα τα εργοστάσια παραγωγής αλουμίνας.

Για την παραγωγή 1τόνου αλουμίνας απαιτούνται 1,5 με 2 τόνοι βωξίτη . Αυτό σημαίνει ότι περίπου 0,7τόνοι Ε.Ι. παράγονται ανά τόνο αλουμίνας μέσω της μεθόδου Bayer . Εκτιμάται ότι η παγκόσμια παραγωγή Ε.Ι. είναι περίπου 35εκατομμύρια τόνοι ετησίως επί ξηράς βάσεως^[8] .

Παρόλο που την προηγούμενη δεκαετία υπήρχε έντονο ερευνητικό έργο σχετικά με την αξιοποίηση της Ε.Ι. (Glanville and Winnipeg 1991 , Singh and Prasad 1996, Marabini et al 1998, Yalcin and Sevinc 2000, Ayres et al 2001, Sagoe –Crenstil and Brown 2005) , προς το παρόν δεν υπάρχει καμία τεχνολογικά αποδεκτή μέθοδος , που θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε βιομηχανική κλίμακα.

Σήμερα, η Ε.Ι. αποτελεί ένα στερεό απόβλητο , το οποίο οι βιομηχανίες το αποθέτουν είτε άμεσα είτε έμμεσα στο περιβάλλον .Στην Βραζιλία , στις εγκαταστάσεις της ‘Alcoa’ , η περιβαλλοντική αποκατάσταση των περιοχών με κατάλοιπα βωξίτη αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα τη λειτουργίας του εργοστασίου .64 στρέμματα γης έχουν ήδη αποκατασταθεί , όπου και έχει αναπτυχθεί τόσο η τοπική χλωρίδα όσο και η πανίδα. Η παρακάτω εικόνα (εικόνα I.5) παρουσιάζει μία περιοχή άμεσης απόθεσης της ξηρής ερυθράς ιλύος , ενώ η επόμενη εικόνα (εικόνα I.6) παρουσιάζει μία αποκατεστημένη περιοχή εναπόθεσης της ερυθράς ιλύος.



Εικόνα I.5: Περιοχή άμεσης απόθεσης της ξηρής ερυθράς ιλύος , πηγή :Διεθνές Ινστιτούτο Αλουμινίου (ΙΑΙ)^[2]



Εικόνα I.6: Αποκατεστημένη περιοχή εναπόθεσης της ερυθράς ιλύος , πηγή :Διεθνές Ινστιτούτο Αλουμινίου (ΙΑΙ)^[2]

Στο παρελθόν , η απόθεση της Ε.Ι. γινόταν στη θάλασσα και η λύση αυτή χρησιμοποιούταν στη Γαλλία , στην Ιαπωνία και στις Ηνωμένες Πολιτείες .Το “Αλουμίνιο Ελλάδος “ απέθετε μέχρι και το τέλος του-2011 την Ε.Ι. στη θάλασσα του Κορινθιακού κόλπου. Από την 1^η Ιανουαρίου του 2012 , η απόθεση της Ε.Ι. του ‘Αλουμινίου της Ελλάδας’ γίνεται στη ξηρά.

Εξαιτίας των σημερινών περιβαλλοντικών κανονισμών , η απόθεση της Ε.Ι. στην θάλασσα είναι απαγορευμένη . Γι’ αυτό και η απόθεση της Ε.Ι. στη στεριά αποτελεί την μόνη λύση για τη διαχείρισή της . Παρόλα αυτά , οι πιέσεις οικολογικών ομάδων αλλά και οι περιβαλλοντικές πολιτικές πολλών χωρών αποτελούν το έναυσμα για την ανάπτυξη νέων εναλλακτικών τεχνολογιών για την αξιοποίηση της Ε.Ι. και τη μετατροπή της σε χρήσιμο και εμπορεύσιμο προϊόν .

Ο τομέας των κατασκευών παρουσιάζει ιδιαίτερη αύξηση και εκατομμύρια κατασκευαστικά υλικά καταναλώνονται ετησίως σε όλο τον κόσμο. Γι’ αυτό και είναι σημαντικό να παρασκευαστούν χρήσιμα υλικά από την Ε.Ι. και να εισαχθούν στον τομέα των κατασκευών .Μερικές από τις τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί τις δύο τελευταίες δεκαετίες για την παραγωγή υλικών με πρώτη ύλη την Ε.Ι. είναι οι εξής : Η παραγωγή ειδικών τσιμέντων (Singh and Prasad 1996, Singh et al 1997) , η παραγωγή τούβλων και κεραμιδιών (Glanville and Winnipeg 1991) , η παραγωγή υαλωδών κεραμικών (Marabini et al 1998 , Yalcin and Sevinc 2000). Παρόλα αυτά , κανένα από τα παραπάνω υλικά δεν έχει εισαχθεί αποτελεσματικά στην αγορά των κατασκευαστικών υλικών ως εναλλακτικό του τσιμέντου ή των κεραμικών . Οι λόγοι που συντελούν σ’ αυτό το γεγονός είναι τόσο οικονομικοί όσο και τεχνικοί , αφού οι ιδιότητες που παρουσιάζουν τα εναλλακτικά υλικά από την Ε.Ι. φαίνεται να είναι ανεπαρκείς .Πάντως , το πεδίο της ανάπτυξης νέων τεχνολογιών, με τη χρήση της Ε.Ι. ως πρώτη ύλη για την παραγωγή νέων δομικών υλικών , παραμένει ανοικτό .

1.Γ.2 Ερυθρά Ιλύς του «Αλουμινίου της Ελλάδος»

Οι εγκαταστάσεις της αλουμίνας και του αλουμινίου, στο “Αλουμίνιο της Ελλάδας”^[9] στον κόλπο της Αντίκυρας, παράγουν σήμερα **700- 800.000 τόνους ερυθράς ιλύος το χρόνο**. Η λάσπη αυτή επί 45 χρόνια πέφτει μέσα στον Κορινθιακό με αποτέλεσμα πολλά εκατομμύρια τόνοι κόκκινης λάσπης να έχουν απορριφθεί μέχρι τώρα..

Η ερυθρά ιλύς, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω αποτελεί το υπόλειμμα του βωξίτη, μετά τη διαλυτοποίηση της περιεχόμενης σε αυτόν αλουμίνας. Η Ε.Ι. περιέχει τα αδιάλυτα συστατικά του βωξίτη (οξειδία σιδήρου , τιτανίου , πυριτίου και ασβεστίου).

Το "Αλουμίνιον της Ελλάδος"^[9] , συνεργάζεται με τα Ανώτατα Εκπαιδευτικά Ιδρύματα (ΑΕΙ) της χώρας (Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πανεπιστήμιο Πατρών)καθώς και με άλλες βιομηχανίες με σκοπό την αξιοποίηση των καταλοίπων βωξίτη. Οι σχετικές έρευνες έδειξαν ότι η Ε.Ι. μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως :

- Πηγή σιδήρου στην παραγωγή τσιμέντου
- Συμπληρωματική πρώτη ύλη στην παραγωγή τούβλων και κεραμιδιών
- Μέσο εμπλουτισμού και βελτίωσης υποβαθμισμένων εδαφών
- Υπόστρωμα στην κατασκευή επιχωμάτων στην οδοποιία
- Εδαφικό κάλυμμα για καλλιέργεια φυτών σε χώρους προς αποκατάσταση
- Στρώμα γεωλογικού φραγμού για τη στεγανοποίηση πυθμένα ή ενδιάμεσης στρώσης των ΧΥΤΑ (Χώροι Υγειονομικής Ταφής Αποβλήτων) ή για τη στεγάνωση επιφάνειας ΧΥΤΑ
- Πρώτη ύλη στην παραγωγή σιδήρου
- Υλικό πλήρωσης και αποκατάστασης παλαιών μεταλλείων

Με στόχο την προώθηση των εφαρμογών αυτών και παράλληλα τον περιορισμό της απόθεσης Ε.Ι. στον πυθμένα της θάλασσας, η Ε.Ι. διηθείται σε φίλτρο υψηλής πίεσεως (φιλτρόπρεσσα) και παραλαμβάνεται σαν στερεό προϊόν. Το φίλτρο αυτό, με διηθητική επιφάνεια 750 τετραγωνικών μέτρων είναι το μεγαλύτερο του είδους στη βιομηχανία και έχει τη δυναμικότητα διήθησης περίπου της μισής ποσότητας της Ε.Ι.. Ένα δεύτερο φίλτρο με τα ίδια χαρακτηριστικά ξεκίνησε στο τέλος του 2008. Για όλα τα περιβαλλοντικά θέματα του εργοστασίου υπάρχουν στόχοι βελτίωσης των επιδόσεων με αντίστοιχα σχέδια ενεργειών για την επίτευξή τους.

Από την 1^η Ιανουαρίου του 2012 ,το ‘Αλουμίνιο της Ελλάδος’ αντικαθιστά την απόρριψη της Ε.Ι. στη θάλασσα με την εναπόθεσή της στην ξηρά.

1.Γ.3 Χημική Ανάλυση της Ερυθράς Ιλύος

Ανάλογα με τη χημική και ορυκτολογική σύνθεση του προς επεξεργασία βωξίτη για την παραγωγή αλουμίνας μέσω της μεθόδου Bayer, η χημική σύσταση της Ε.Ι. αναλύεται στα παρακάτω συστατικά ^[10] :

20-65% Fe_2O_3 , 10-27% Al_2O_3 , 5-25% TiO_2 , 4-20% SiO_2 και 2-8% NaO .

Σύμφωνα με τα στοιχεία που έδωσε στο πολυτεχνείο η βιομηχανία “ALSA” το 2009 ^[10], παρήχθησαν 648.489τόνοι Ε.Ι. ή περίπου 0,37kg Ε.Ι. /kg προς επεξεργασία βωξίτη. Η μέση χημική ανάλυση της Ε.Ι. σε ξηρή βάση δίνεται από τον παρακάτω πίνακα (πίνακας 1.4).

Πίνακας I.4 : Μέση Χημική Ανάλυση της Ε.Ι. ,μετά από ξήρανση, της βιομηχανίας αλουμινίου ‘ALSA’ για το έτος 2009 .

| | |
|--------------------------------|-------|
| Al ₂ O ₃ | 16.22 |
| Fe ₂ O ₃ | 47.74 |
| CaO | 10.73 |
| SiO ₂ | 6.1 |
| TiO ₂ | 5.93 |
| Na ₂ O | 2.51 |
| V ₂ O ₅ | 0.21 |
| SO ₃ | 0,6 |
| CO ₂ | 1.63 |
| TOTAL | 91.65 |

Σύμφωνα με την παραπάνω ανάλυση της Ερυθράς Ιλύος ,οι ορυκτολογικές φάσεις που εμφανίζονται είναι οι εξής :

- Ο σίδηρος (Fe) εμφανίζεται κυρίως ως αιματίτης(Fe₂O₃) και δευτερευόντως ως γκαϊτίτης(FeOOH).
- Το αλουμίνιο(Al) εμφανίζεται ως διάσπορο (AlOOH) , γιββσίτης[Al(OH)₃] , κανκρινίτης [Na₈(Al₆Si₆O₂₄)(CO₃)₂.H₂O] και κατοίτης [Ca₃Al₂(SiO₄)(OH)₈].
- Το πυρίτιο παρουσιάζεται στην Ε.Ι. κυρίως ως κανκρινίτης και κατοίτης .
- Το ασβέστιο παρουσιάζεται στην Ε.Ι. ως ασβεστίτης(CaCO₃) και κατοίτης.

Με βάση τη χημική και ορυκτολογική ανάλυση της Ε.Ι. γίνεται φανερό ότι όλα τα ανθρακικά που υπάρχουν στην Ε.Ι. παρουσιάζονται με τη μορφή του ασβεστίτη (CaCO₃) , ενώ όλα τα θειικά με τη μορφή του θεικού ασβεστίου (CaSO₄) .

Στον πίνακα I.5 δίνεται η % περιεκτικότητα κατά βάρος του κρυσταλλικού νερού που περιέχεται στην Ε.Ι. της βιομηχανίας αλουμινίου ‘ALSA’ .

Πίνακας I.5 : Απλοποιημένη διανομή του κρυσταλλικού νερού της Ε.Ι. της ‘ALSA’ για το έτος 2009

| Chemical Species | % W/W |
|--|--------|
| CaSO ₄ *H ₂ O (gypsum) | 3.30 |
| CaCO ₃ *H ₂ O (hydrocalcite) | 8.13 |
| Al ₂ O ₃ *H ₂ O (diaspore) | 20.59 |
| Al ₂ O ₃ *3H ₂ O (gibbsite) | 67.98 |
| TOTAL H ₂ O (cry) | 100.00 |

1.Γ.4 Αξιοποίηση της Ερυθράς Ιλύος

Η ετήσια παραγόμενη ποσότητα Ε.Ι. εκτιμάται στους 70Mt στερεών παγκοσμίως ^[8] . Η παραπάνω ποσότητα κατατάσσει την Ε.Ι. στις πρώτες θέσεις μεταξύ των παραγόμενων παραπροϊόντων πίσω από τις παραγόμενες τέφρες που προέρχονται από την καύση του λιγνίτη και από της μεταλλουργικές σκωρίες .

Για την Ελλάδα, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως , η αντίστοιχη ετήσια παραγόμενη ποσότητα Ε.Ι. είναι 0.7Mt ^[9] περίπου , μέγεθος που τη φέρνει τρίτη στον κατάλογο των εν Ελλάδι παραγόμενων παραπροϊόντων μετά από τα παραπροϊόντα της ΔΕΗ , τα οποία προέρχονται κυρίως από την καύση του λιγνίτη και από τη σκωρία της ΛΑΡΚΟ.

Δεδομένης της παραπάνω ποσότητας και των προβλημάτων που δημιουργεί η Ε.Ι. , η έρευνα για την αξιοποίηση της είναι εκτεταμένη και περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό δημοσιεύσεων καθώς και διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας.

Οι κυριότερες κατηγορίες στις οποίες έχει στραφεί η έρευνα για την αξιοποίηση της Ε.Ι. αφορούν :

➤ **Μεταλλουργικές Χρήσεις** ^[11]

Έχουν αναφερθεί πολλές περιπτώσεις επιτυχούς ανάκτησης κυρίως και δευτερευουσών συστατικών της Ε.Ι. Οι κυριότερες μελέτες αφορούν την ανάκτηση του σιδήρου και των οξειδίων του , του τιτανίου και του αργιλίου . Επίσης , υπάρχουν μελέτες όσον αφορά την ανάκτηση του βαναδίου , του χρωμίου και των σπάνιων γαιών. Το σημαντικότερο θέμα που εγείρει η εν λόγω χρήση της Ε.Ι. είναι η διαχείριση της υπολειπόμενης , μετά την ανάκτηση , ποσότητας .

➤ **Παραγωγή δομικών υλικών** ^[12]

Ο βωξίτης αποτελεί μία πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται ήδη για την παραγωγή δομικών υλικών . Η Ε.Ι. , αποτελώντας κατ' ουσία απεμπλουτισμένο σε αργίλιο βωξίτη , μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή τσιμέντου , κεραμιδιών και τούβλων . Τα αποτελέσματα της χρήσης της Ε.Ι. στην παραγωγή ειδικών τύπων τσιμέντου αλλά και τσιμέντου Portland ήταν ικανοποιητικά , ενώ στον τομέα των κεραμικών και των τούβλων τα αποτελέσματα ποικίλουν με αρκετές αναφορές για ικανοποιητικές ιδιότητες των τελικών προϊόντων .

➤ **Χρήση ως αδρανές υλικό** ^[13]

Η Ε.Ι. μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αδρανές υλικό (filler).Κύριες εφαρμογές βρίσκει ως υπόστρωμα σε δρόμους , στην αποκατάσταση μεταλλείων όπως επίσης και σε εφαρμογές στις οποίες απαιτείται μικρή υδατοδιαπερατότητα όπως στην περίπτωση της κατασκευής ΧΥΤΑ.

➤ **Χρήση ως υπόστρωμα για επεξεργασία υδάτων** ^[14]

Η Ε.Ι. έχει χρησιμοποιηθεί μετά από επεξεργασία από διάφορους ερευνητές ως υπόστρωμα για τη ρόφηση ανιόντων και κατιόντων σε υδατικό περιβάλλον . Χαρακτηριστικές εργασίες αναφέρουν τη χρήση της Ε.Ι. ως υπόστρωμα για τη ρόφηση φθορίου (F⁻) , νιτρικών (NO₃⁻) , φωσφορικών (PO₄⁻³) , αρσενικού (As) , χρωμίου (Cr) καθώς και ψευδαργύρου (Zn) , καδμίου (Cd) , χαλκού (Cu) , μολύβδου (Pb) και νικελίου(Ni).

➤ **Χρήση ως καταλύτης** ^[15]

Η έρευνα πάνω στη δυνατότητα χρήσης της Ε.Ι. ως καταλύτης έχει συγκεντρώσει ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια . Κύριες εφαρμογές βρίσκει , μετά από επεξεργασία , στην υδρογόνωση οργανικών ενώσεων , στην καταλυτική οξειδωση οργανικών ενώσεων , στην καταλυτική καύση του μεθανίου και στην μετατροπή παραπροϊόντων ορυκτελαίου και πλαστικού από αστικά απορρίμματα σε καύσιμο.

➤ **Άλλες χρήσεις** ^[16]

Η Ε.Ι. έχει χρησιμοποιηθεί σε γεωργικές χρήσεις με όξινα χόματα λόγω της αλκαλικής της φύσης , σε αμμώδη χόματα με στόχο την αύξηση της κατακράτησης του φωσφόρου καθώς και σε άλλες εφαρμογές . Το 2000 πραγματοποιήθηκε μια προσπάθεια για την αξιολόγηση των διαφόρων εφαρμογών που έχουν προταθεί πάνω στην αξιοποίηση της Ε.Ι. από την ένωση των κυριότερων παραγωγών αλουμίνιας (ALCOA, Alcan , Kaiser) . Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας Ι.7).

Πίνακας Ι.7: Αξιολόγηση πιθανών χρήσεων Ε.Ι.

| Χρήση | Προτεραιότητα |
|---|---------------|
| Ανάκτηση μετάλλων | Κορυφαία |
| -Οξειδία σιδήρου για τη βιομηχανία του χάλυβα | |
| -Οξειδία του τιτανίου | |
| Πρόσθετο για την τροποποίηση της μεταλλουργικής σκωρίας | |
| Υλικό προσρόφησης βιομηχανικών εκπομπών SO ₂ και CO ₂ | Υψηλή |
| Υπόστρωμα δρόμων | Μέτρια |
| Βελτιωτικό εδαφών | Μέτρια |
| Προσθήκη σε διεργασίες όπου χρησιμοποιείται άμμος με μικρό ποσοστό σε πυρίτιο | Μικρή |
| Δομικά υλικά (π.χ. τούβλα) | Μικρή |
| Πιγμέντα | |
| Υλικό επικάλυψης χώρων ενταφιασμού | Μικρή |
| Αναπλήρωση εδαφών λόγω διάβρωσης | Μικρή |
| Αραιώση, κομποστοποίηση και δέσμευση των βαρέων μετάλλων | Μικρή |
| Επεξεργασία πόσιμου νερού | Μικρή |

Όπως φαίνεται και από τον παραπάνω πίνακα οι τομείς στους οποίους δίνεται προτεραιότητα στις μέρες μας όσον αφορά στη αξιοποίηση της Ε.Ι. είναι οι μεταλλουργικές διεργασίες για ανάκτηση μετάλλων και η χρήση της ως μέσο δέσμευσης αέριων ρύπων (CO_2 και SO_2). Ειδικά η τελευταία κατηγορία συγκεντρώνει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στις μέρες μας καθώς τα περιβαλλοντικά ζητήματα έχουν αρχίσει να απασχολούν περισσότερο, ενώ παράλληλα δεν υπάρχει διαθέσιμος μεγάλος όγκος ερευνητικών αποτελεσμάτων. Μερικές από τις δημοσιεύσεις που έχουν γίνει παγκοσμίως για την αξιοποίηση της Ερυθράς Ιλύος τα τελευταία χρόνια από τις βιομηχανίες σε συνεργασία με τα πανεπιστήμια παρουσιάζονται παρακάτω :

1. Μελέτη της χρήσης της Ε.Ι. για την ανάκτηση του σιδήρου και την παραγωγή οικοδομικών υλικών από αλουμινοπυριτικά κατάλοιπα. ^[18]

Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε με συνεργασία των ‘School of Environmental Engineering of Huazhong’ και ‘University of Science and Technology of China’.

Σύμφωνα με αυτή τη μελέτη, η ανάκτηση του περιεχόμενου σιδήρου γίνεται με την άμεση αναγωγική τήξη και στη συνέχεια πραγματοποιείται μαγνητικός διαχωρισμός των αλουμινοπυριτικών καταλοίπων, από τα οποία και παράγονται οικοδομικά υλικά (τούβλα).

Τα συμπεράσματα από αυτή τη μελέτη είναι τα εξής:

➔ Η ανάκτηση του σιδήρου εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες :

- Θερμοκρασία τήξης
- Χρονική διάρκεια τήξης
- Αναλογία του άνθρακα στην Ερυθρά Ιλύ
- Περιεκτικότητα των πρόσθετων

➔ Οι ρυθμίσεις για την βέλτιστη απόδοση είναι οι εξής:

- Θερμοκρασία τήξης = 1300°C
- Διάρκεια τήξης = 110min
- Αναλογία άνθρακα /πρόσθετων /ερυθράς ιλύος = 18 : 6 : 100

➔ Με τις παραπάνω ρυθμίσεις συνεπάγεται ότι :

- Περιεκτικότητα μαγνητικού συμπυκνώματος σε Fe = 88,77%
- Ποσοστό του μεταλλικού σιδήρου = 96,98%
- Ανάκτηση Fe = 81,40%

2. Παρασκευή γυαλιών-κεραμικών από την Ε.Ι των βιομηχανιών αλουμινίου ^[17]

Η μέθοδος αυτή πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία των ‘School of Environmental Engineering of Huazhong’, ‘University of Science and Technology of China’ και της βιομηχανίας ‘Shandong Aluminum Co.’

Σε αυτή τη μέθοδο ερευνάται η αξιοποίηση της Ε.Ι. και της ιπτάμενης τέφρας της βιομηχανίας αλουμινίου ‘Shandong Aluminum Co’ για την παραγωγή γυαλιών-κεραμικών. Η μετατροπή των παραπροϊόντων αυτών σε γυαλιά και υαλώδη κεραμικά δίνει τη δυνατότητα για παραγωγή χρήσιμων και εμπορικών προϊόντων όπως εσωτερικές επενδύσεις , καλύμματα για τις στέγες , διαπερατά από νερό μπλόκα, πλάκες για πεζοδρόμια κλπ.

Πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν :

- Ερυθρά Ιλύς πλούσια σε CaO προερχόμενη από την παραγωγή αλουμίνης (Al_2O_3)
- Ιπτάμενη τέφρα , στερεό απόβλητο πλούσιο σε πυριτία (SiO_2) και αλουμίνης (Al_2O_3) που προέρχεται από τα ηλεκτροστατικά φίλτρα των εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση άνθρακα

Τα αποτελέσματα αυτής της μεθόδου είναι τα εξής :

- ➔ Η παραγωγή γυαλιών – κεραμικών με σύσταση $CaO - SiO_2 - Al_2O_3$ από πρώτες ύλες την Ε.Ι. και την ιπτάμενη τέφρα πραγματοποιήθηκε με επιτυχία
- ➔ Με τη χρήση των δύο αυτών αποβλήτων πετυχαίνεται :
 - Μείωση του κόστους των πρώτων υλών
 - Σημαντικά οικονομικά οφέλη
 - Σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη

3. Παρασκευή ειδικού τσιμέντου από Ε.Ι.^[18]

Η μέθοδος αυτή πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία με τα ‘Tata Research Development and Design Centre of India’ , ‘Department of Chemical Engineering and Technology of India’ και ‘Department of Metallurgical Engineering of India’ .

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο , η Ε.Ι. της βιομηχανίας ‘ HINDALCO-Hindustan Aluminum Corporation’ , η οποία περιέχει σημαντικές ποσότητες αλουμίνης , οξειδίου του σιδήρου και πυριτίας , μετατρέπεται σε κατάλληλο συστατικό για τη δημιουργία ειδικών τσιμέντων .

Ερευνήθηκαν τρεις ποικιλίες τσιμέντων :

- a) Αλουμινοφερρίτης (C_4AF) – βελίτης ($\beta - C_2S$) χρησιμοποιώντας ασβεστίτη , Ε.Ι. και ιπτάμενη τέφρα.
- b) Αλουμινοφερρίτης-φερρίτης (C_2F) – αργιλικά (C_3A και $C_{12}A_7$) χρησιμοποιώντας ασβεστίτη , Ε.Ι. , και βωξίτη.
- c) Θειοαργιλικά (C_4A_3S) – αλουμινοφερρίτη – φερρίτη χρησιμοποιώντας ασβέστη , Ε.Ι., βωξίτη και γύψο.

Οι παράμετροι που εξετάστηκαν ήταν οι εξής :

- Τα ποσοστά που προστέθηκε το κάθε συστατικό
- Η θερμοκρασία ψησίματος
- Η διάρκεια ανάπτυξης των ιδιοτήτων του τσιμέντου , όπως ο σχηματισμός φάσεων , η αντοχή , η πυκνότητα και το χρώμα)

Τα αποτελέσματα αυτής της μεθόδου δίνονται παρακάτω :

- ➔ Είναι δυνατή η παραγωγή τσιμέντου αντοχής 28-ημερών συγκρίσιμο με το σύννηθες τσιμέντο Portland , χρησιμοποιώντας μείγμα πρώτων υλών από ασβεστίτη , γύψο , Ε.Ι. και βωξίτη
- ➔ Δεν είναι δυνατή η παραγωγή τσιμέντου συγκρίσιμο με το Portland χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη την ιπτάμενη τέφρα.
- ➔ Η αντοχή του τσιμέντου από τα μείγματα : ασβεστίτη –Ε.Ι. –βωξίτη και ασβεστίτη –γύψο- Ε.Ι. –βωξίτη , αυξάνεται με τη θερμοκρασία . Ασυνηθιστα υψηλές αντοχές παρατηρήθηκαν σε θερμοκρασία ψησίματος στους 1300°C.
- ➔ Μέγιστη αντοχή του τσιμέντου παρατηρήθηκε σε αναλογία οξειδίου του σιδήρου και αλουμίνας = 0.8-1.2% , θερμοκρασία ψησίματος στους 1250°C και για 1.0 -1.5 h.

4. Αξιοποίησης της Ε.Ι. ως σταθεροποιητικό μέσο στα στρώματα αργίλου που χρησιμοποιούνται στις στεγανοποιήσεις .^[19]

Η μέθοδος αυτή πραγματοποιήθηκε στο πανεπιστήμιο της Τουρκίας ‘Otu Vocational School , Ataturk University’ .

Κατά τη μέθοδο αυτή μελετήθηκε η ενδεχόμενη χρήση της Ε.Ι. στη παρασκευή σταθεροποιητικών μέσων και εξετάστηκαν οι επιπτώσεις της Ε.Ι. στην αντοχή σε θλίψη , σε υδραυλική αγωγιμότητα και στο ποσοστό διόγκωσης των συμπαγών αργιλικών στρώσεων.

Τα αποτελέσματα αυτής της μεθόδου δίνονται παρακάτω :

- ➔ Τα συμπαγή δείγματα αργίλου , που περιέχουν ως πρόσθετα την Ε.Ι. και το τσιμέντο , βελτίωσαν την αντοχή στη θλίψη την υδραυλική αγωγιμότητα και το ποσοστό διόγκωσης .
- ➔ Επομένως , τα πρόσθετα Ε.Ι. και το τσιμέντο ,είναι κατάλληλα για αξιοποίηση σε γεωτεχνικές εφαρμογές και η Ε.Ι. μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σταθεροποιητικό μέσο των αργιλικών στρωμάτων.
- ➔ Επίσης, η συγκεκριμένη χρήση της Ε.Ι. μπορεί να επιφέρει οικονομικά οφέλη ,όπως τη μείωση του κόστους στις γεωτεχνικές εφαρμογές .

II . Αξιοποίηση της Ερυθράς Ιλύος προς παραγωγή Χυτοσιδήρου και Ορυκτοβάμβακα

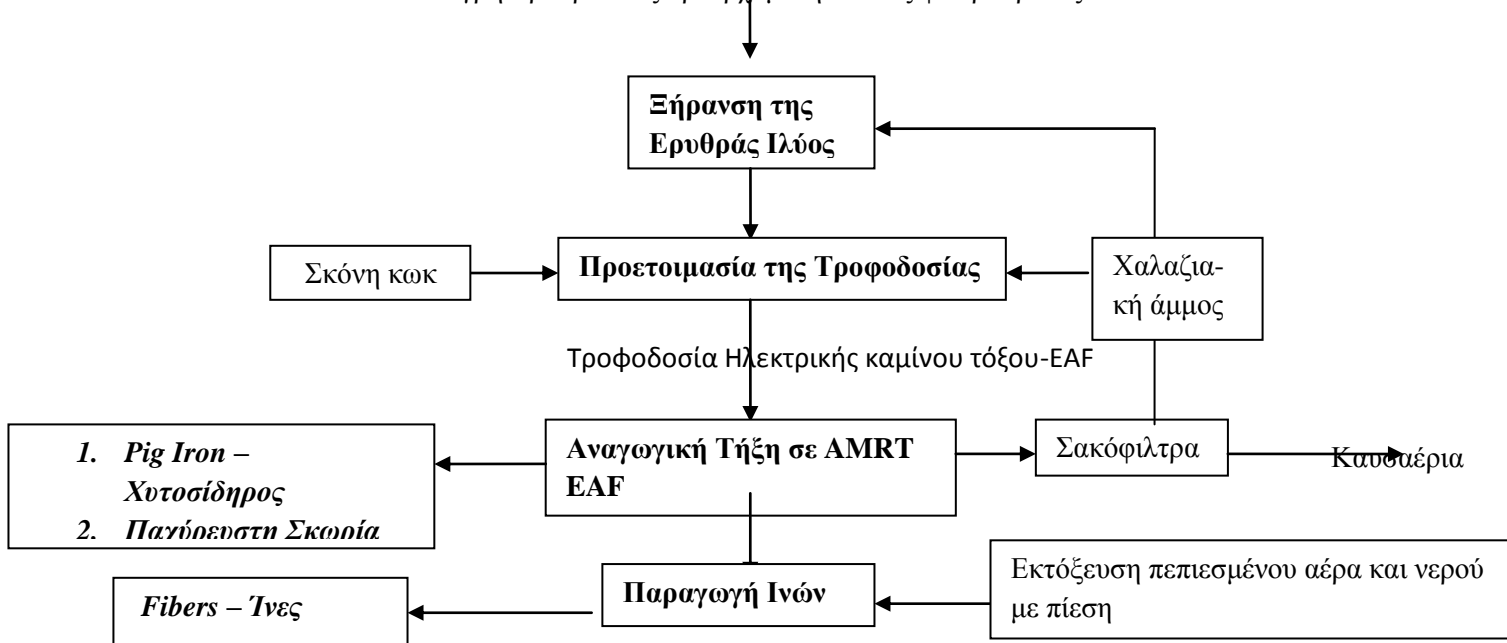
II.A. Τεχνολογική Αποτίμηση της Νέας Μεθόδου Αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος

II.A.1 Γενικά για τη Νέα Μέθοδο Αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος

Το 'Αλουμίνιο Ελλάδος' σε συνεργασία με τη σχολή Μηχανικών Μεταλλειολόγων Μεταλλουργών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου ανέπτυξε μία νέα μέθοδο αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος. Η μέθοδος^[20] αυτή αποτελεί μία διαδικασία μετατροπής της Ε.Ι. σε χρήσιμο και εμπορικό προϊόν . Η προτεινόμενη αυτή μέθοδος χρησιμοποιεί μία καινοτόμο ηλεκτρική κάμινο τόξου τύπου AMRT (AMRT EAF = Advanced Mineral Recovery Technology Electric Arc Furnace) ,με σκοπό την αναγωγική τήξη της Ερυθράς Ιλύος, χωρίς κάποια προηγούμενη επεξεργασία, και την παραγωγή χυτοσιδήρου και παχύρευστης σκωρίας ,κατάλληλη για παραγωγή ορυκτοβάμβακα. Το αναγωγικό μέσο που χρησιμοποιείται είναι σκόνη κωκ , το οποίο σ' αυτή τη μέθοδο αποτελεί τον καθαρό άνθρακα (γραφίτη) .

II.A.2. Διάγραμμα Ροής Red Mud Process

Υγρή Ερυθρά Ιλύς προερχόμενη από τις φιλτρόπρεςες



Διάγραμμα II.1 : Διάγραμμα Ροής Μεθόδου Αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος

II.A.3 Στάδια Μεθόδου Αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος για την παραγωγή χυτοσιδήρου και ορυκτοβάμβακα.

Σύμφωνα με το διάγραμμα II.1 (Διάγραμμα Ροής Μεθόδου Αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος) , η μέθοδος αξιοποίησης της Ε.Ι. αποτελείται από τέσσερα κυρίως στάδια^[21] :

1. Ξήρανση Ερυθράς Ιλύος – Red Mud Drying
2. Προετοιμασία της Τροφοδοσίας - Feed Preparation
3. Αναγωγική Τήξη σε ηλεκτρική κάμινο τόξου – Reductive smelting in AMRT EAF
4. Παραγωγή Ινών – Fibers Production

Στάδιο 1^ο : Ξήρανση Ερυθράς Ιλύος

Το ποσοστό της επιτρεπτής περιεχόμενης υγρασίας της Ε.Ι. , ώστε να υποστεί αναγωγική τήξη , είναι 5% . Γι' αυτό είναι απαραίτητη η ξήρανσή της , ώστε να αποτελέσει η Ε.Ι. κατάλληλη πρώτη ύλη για τη τροφοδοσία της ηλεκτρικής καμίνου τόξου, τύπου AMRT(Advanced Mineral Recovery Technology) .

Στάδιο 2^ο : Προετοιμασία Τροφοδοσίας

Η τροφοδοσία της ηλεκτρικής καμίνου τόξου ,τύπου AMRT, αποτελεί μείγμα Ερυθρά Ιλύος , συλλιπασμάτων και ψιλομερές κωκ.

Στάδιο 3^ο : Αναγωγική Τήξη σε κάμινο ηλεκτρικού τόξου , τύπου AMRT – Παραγωγή Χυτοσιδήρου

Η στερεή τροφοδοσία αποχύνεται ανάμεσα από τα ηλεκτρόδια κατευθείαν μέσα στην κάμινο, όπου πραγματοποιούνται και οι αναγωγικές αντιδράσεις της τήξης . Η τροφοδοσία ξεφορτώνεται στη κάμινο ανά παρτίδα με σταθερό ρυθμό . Η θερμοκρασία λειτουργίας του φούρνου είναι 1608°C και η χρονική διάρκεια επεξεργασίας της κάθε παρτίδας μέσα στο φούρνο είναι περίπου 6 ώρες για φούρνο χωρητικότητας 5MVA.

Από την αναγωγική τήξη της ερυθράς ιλύος παράγεται ο **χυτοσίδηρος** , ο οποίος και συγκεντρώνεται στον πυθμένα της καμίνου , ενώ τα μη αναχθέντα στοιχεία της Ε.Ι. μαζί με την πυριτική άμμο σχηματίζουν ένα παχύρευστο στρώμα σκωρίας , που επιπλέει πάνω από το χυτοσίδηρο .

Στο τέλος της διαδικασίας , τα ηλεκτρόδια αποσύρονται προς τα επάνω και η κάμινο παίρνει κλίση με σκοπό την έκχυση της σκωρίας , γεγονός που σηματοδοτεί και την λήξη του 3^{ου} σταδίου και την έναρξη του 4^{ου} (Παραγωγή Ινών) .

Στάδιο 4^ο : Παραγωγή Ινών – *Fibers Production*

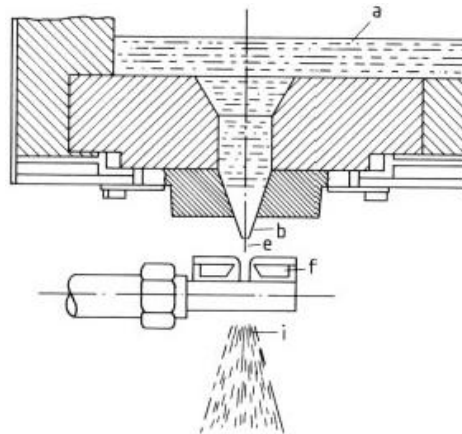
Το στάδιο της παραγωγής ινών είναι κρίσιμης σημασίας για την αποτελεσματικότητα και την κερδοφορία της μεθόδου , καθώς αποτελεί το στάδιο μετατροπής της Ε.Ι. σε πολύτιμα και εμπορεύσιμα προϊόντα .

Οι συμβατικές τεχνολογίες παραγωγής των ινών είναι οι ακόλουθες :

- I. Owens Process
- II. Rock wool Process
- III. Rotary Process

Owens Process :

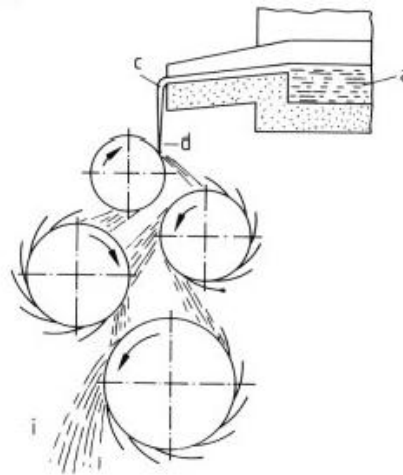
Κατά τη διαδικασία Owens , το τήγμα με τη μορφή παχύρευστου υγρού ρέει μέσα από τις τρύπες του πυθμένα και στη συνέχεια παρασύρεται από ρεύμα πεπιεσμένου αερίου , το οποίο συνήθως είναι πεπιεσμένος αέρας , και τελικά μετατρέπεται το παχύρευστο υγρό σε ίνες διαμέτρου 3-6μm . Το μήκος των ινών είναι περίπου 3-10cm . Το τελικό προϊόν περιέχει και κάποιο ποσοστό σκωρίας . Σε αυτή τη διαδικασία χρησιμοποιούνται τήγματα από γυαλί (glass melts) και από πετρώματα (rock wool) . Το παρακάτω σχήμα (σχήμα II.1) απεικονίζει μία τυπική διαδικασία Owens .



Εικόνα II.1 : Τεχνολογία της Owens Process ^[21]

Rock Wool Process :

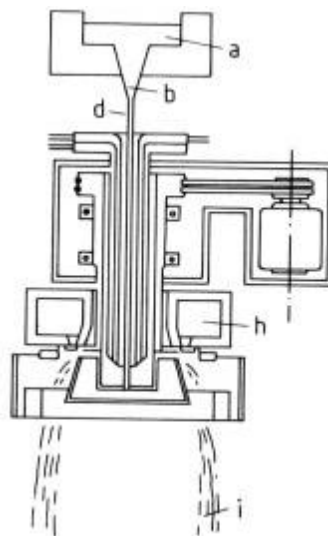
Η τεχνολογία Rock Wool Process αποτελεί μία φυγοκεντρική διαδοχική διαδικασία .Ένα ενιαίο ρεύμα τήγματος χύνεται σε μία οριζόντια φτερωτή , η οποία διανέμει το τήγμα σε 2 ή 3 περιστρεφόμενους δίσκους . Με την κίνηση των δίσκων αυτών το τήγμα ρέει από τον έναν στον άλλον και μετατρέπεται σε ίνες . Το μήκος τους είναι της τάξεως των 3-10cm . Το τελικό προϊόν περιέχει και κάποιο ποσοστό σκωρίας . Σε αυτή τη διαδικασία χρησιμοποιούνται τήγματα από πετρώματα (rock melts). Το παρακάτω σχήμα (σχήμα II.2) απεικονίζει μία τυπική διαδικασία Rock Wool.



Εικόνα II.2 : Τεχνολογία της Rock Wool Process^[21]

Rotary Process :

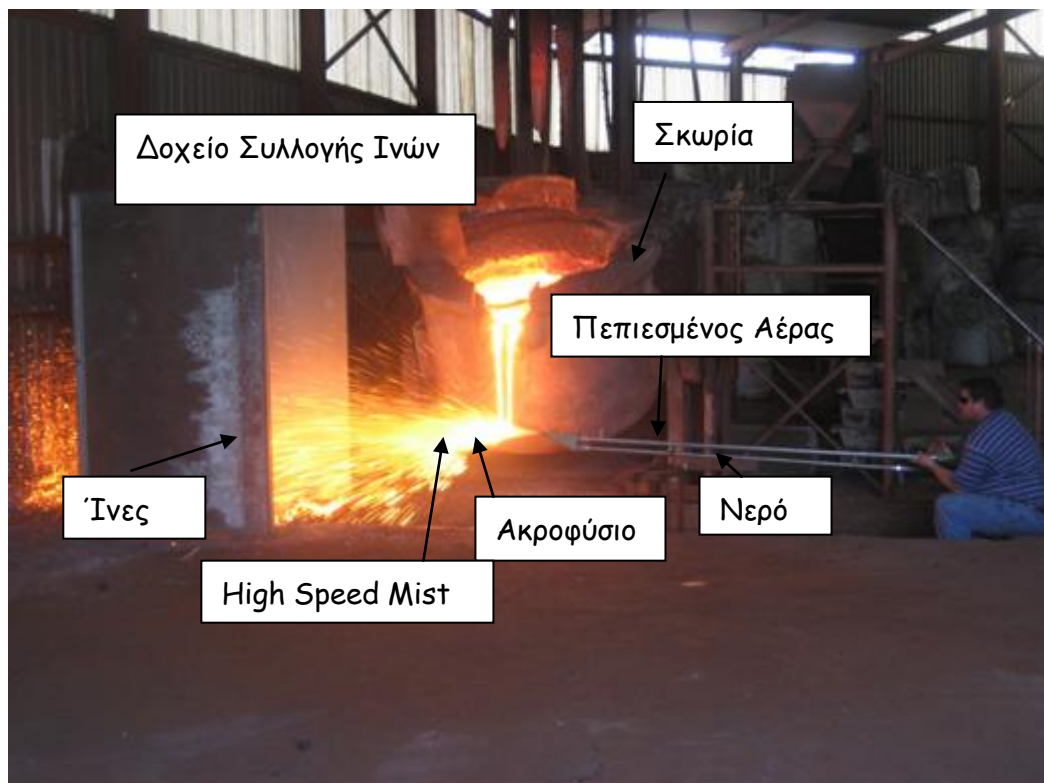
Η τεχνολογία Rotary Process αποτελεί διαδικασία δύο σταδίων . Το τήγμα με τη μορφή παχύρευστου ρεύματος ρέει μέσω ενός κοίλου άξονα με τη βοήθεια της φυγόκεντρου δύναμης μέσα σε περιστροφικό κάδο από πλατίνα ή από ειδικό χάλυβα , όπου και πραγματοποιείται ομοιόμορφη τήξη . Οι ίνες εξέρχονται μέσα από οπές του περιστρεφόμενου κάδου και παρασύρονται από θερμά αέρια καύσης από καυστήρα και έτσι παράγονται μακριές ίνες διαμέτρου 3-6μm . Το τελικό προϊόν είναι απαλλαγμένο από σκωρία και η τεχνολογία αυτής της διαδικασίας χρησιμοποιείται μόνο για μαλακά γυαλιά (soft glasses) και όχι για πετρώματα (rock melts) . Το παρακάτω σχήμα (σχήμα II.3) απεικονίζει μία τυπική διαδικασία Rotary.



Εικόνα II.3 : Τεχνολογία της Rotary Process^[21]

Παραγωγή Ινών με τη Μέθοδο "High-Speed Mist Jet Fiberizing" :

Η τεχνολογία "High-Speed Mist Jet Fiberizing" αποτελεί μία εναλλακτική μέθοδο κατά την οποία , η τηγμένη σκωρία χύνεται πάνω σε ένα ρεύμα από πεπιεσμένο αέρα , το οποίο περιέχει μικρή ποσότητα νερού , και τελικά μετατρέπεται σε λεπτές ίνες , σύμφωνα και με την παρακάτω εικόνα (εικόνα II.4) .Κατόπιν, οι ίνες συλλέγονται σε ένα ειδικά διαμορφωμένο θάλαμο . Με αυξημένη την ταχύτητα του ρεύματος πεπιεσμένου αέρα αλλά και με αυξημένο το ιξώδες της σκωρίας επιτυγχάνεται η παραγωγή επιμηκών ινών με διάμετρο 1-20μm.



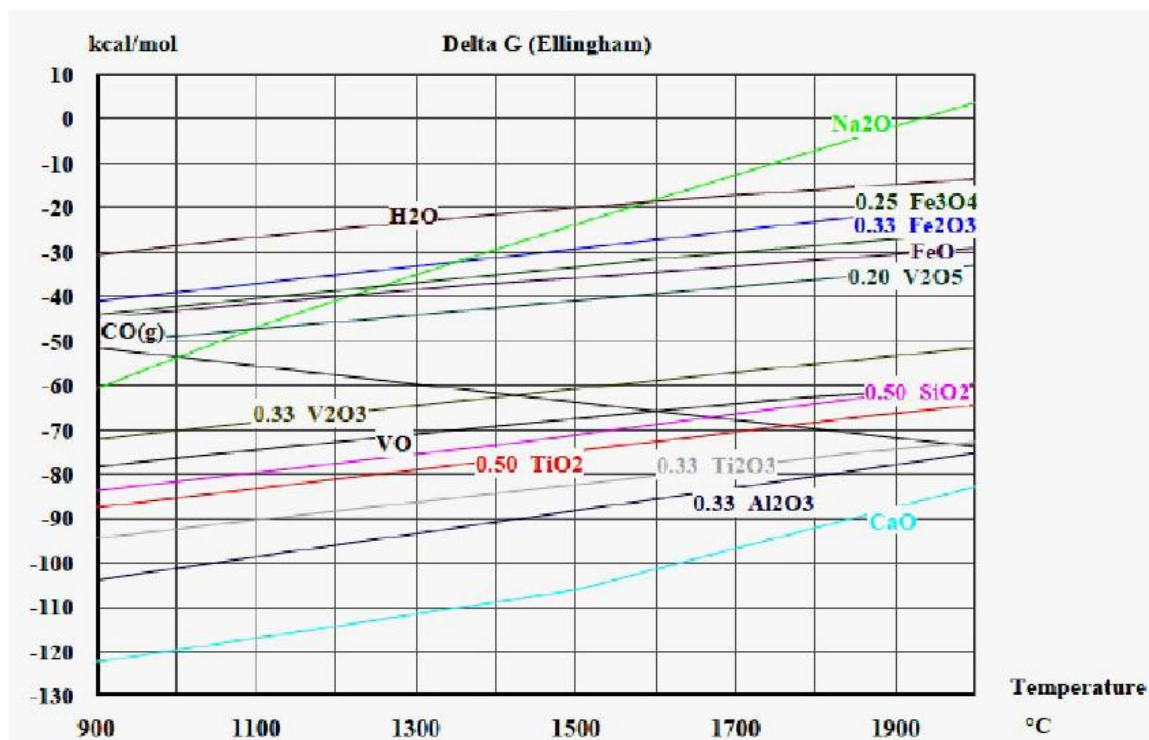
Εικόνα II.4: Σύστημα 'High-Speed Mist Jet Fiberizing' [20]

II.B Θερμοδυναμική Ανάλυση- Ισοζύγιο Μάζας και Ενέργειας Αναγωγικής Τήξης

II.B.1 Θερμοδυναμική Ανάλυση της νέας Μεθόδου Αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος

Σύμφωνα με τη δοκιμή^[10] της εφαρμογής της νέας μεθόδου αξιοποίησης της Ε.Ι. , που πραγματοποιήθηκε στην βιομηχανία ALSA , και τις αναλύσεις που έγιναν από το ΕΜΠ, έγιναν γνωστά τα παρακάτω στοιχεία: Η θερμοκρασία λειτουργίας της ηλεκτρικής καμίνου τόξου τύπου AMRT, δεδομένου ότι το σημείο τήξης του καθαρού σιδήρου είναι 1537°C ^[10], μπορεί να είναι από 1500°C έως και 1700°C , προκειμένου να γίνει η πλήρη αναγωγή του περιεχόμενου σιδήρου της Ε.Ι. ,ενώ ταυτόχρονα να αποφευχθεί η αναγωγή του πυριτίου και του τιτανίου. Σύμφωνα με το διάγραμμα του Ellingham (διάγραμμα 2), συμπεραίνουμε ότι η μετατροπή του άνθρακα σε μονοξειδίο του άνθρακα μπορεί να ανάξει το νερό H_2O , τα οξείδια του σιδήρου (Fe_2O_3) και του βαναδίου (V_2O_5) σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 900°C και τα οξείδια του πυριτίου (SiO_2)και του τιτανίου (TiO_2) σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 1700°C , ενώ δεν μπορούν να αναχθούν τα οξείδια του αργιλίου (Al_2O_3)και του ασβεστίου (CaO) σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από 2000°C .

Συνήθως η θερμοκρασία λειτουργίας των ηλεκτρικών καμίνων τόξου τύπου AMRT είναι κοντά στους 1600°C .



Διάγραμμα II.2 : Διάγραμμα Ellingham υπολογισμένο από το σύστημα 'HSC Chemistry 6 software'.

Οι χημικές αντιδράσεις^[10] που λαμβάνουν χώρα μέσα στη κάμινο είναι οι εξής :

- Σίδηρος – Fe



- Υδρογόνο – Hydrogen



- Βανάδιο – Vanadium



- Νάτριο – Sodium



- Τιτάνιο – Titanium



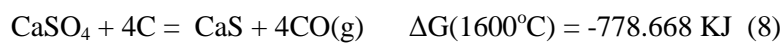
- Πυρίτιο – Silicon



- Άνθρακας – Carbon



- Θείο – Sulfur

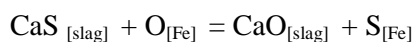


Οι αντιδράσεις ,που έχουν $\Delta\text{G} > 0$, δηλαδή αυτές του τιτανίου (5) και του πυριτίου (6) , δεν λαμβάνουν χώρα. Ενώ οι υπόλοιπες (1),(2),(3),(4),(7),(8) με $\Delta\text{G} < 0$ είναι θερμοδυναμικά δυνατές .

Οι παραπάνω αντιδράσεις είναι υπολογισμένες σε πρότυπες συνθήκες χωρίς να έχουν ληφθεί υπόψη οι συνθήκες που συμβαίνουν μέσα στη κάμινο , ο συντελεστής ενεργότητας , αλλά και το γεγονός ότι τα στοιχεία είναι διαλυμένα στον σίδηρο. Για τον λόγο αυτό , αντιδράσεις με $\Delta\text{G} > 0$, οι οποίες σε πρότυπες συνθήκες δεν θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν , μπορεί να συμβούν μέσα στην κάμινο όχι όμως στο 100% .

Οι πιο σημαντικές αντιδράσεις αποτελούν αυτές της αναγωγής των οξειδίων του σιδήρου από τον άνθρακα Η σκόνη κωκ καταναλώνεται κυρίως κατά την αναγωγή του οξειδίου του σιδήρου , ενώ ένα μέρος τους αντιδρά με τους υδρατμούς παράγοντας υδρογόνο , το οποίο φεύγει μαζί με τα απαέρια .

Σύμφωνα με την αντίδραση (8) το θείο ανάγεται , παρόλα αυτά ένα μέρος του θείου περνάει στη σκωρία και το υπόλοιπο περνάει στη μεταλλική φάση, σύμφωνα με την βασικότητα της σκωρίας .Αν μέρος του θείου περάσει στη σκωρία , τότε αναμένεται η αποθείωση του σιδήρου σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση :



II.B.2 Ισοζύγιο Μάζας και Ενέργειας

- Σύμφωνα με την παραπάνω θερμοδυναμική ανάλυση , η τροφοδοσία της ηλεκτρικής καμίνου τόξου ,τύπου AMRT , είναι η παρακάτω:

Πίνακας II.1 : Αρχική Τροφοδοσία

| | |
|-------------------------|---------------|
| Ξηρή Ερυθρά Ιλύς | 1000kg |
| C | 178 kg |
| CaO | 133 kg |
| SiO₂ | 217 kg |
| Συνολικά | 1528kg |

- **Ισοζύγιο Μάζας της λειτουργίας ηλεκτρικής καμίνου τόξου , τύπου AMRT , στους 1600°C:**

Πίνακας II.2 : Συνολική μάζα Χυτοσιδήρου = 341 kg

| | |
|-----------------------------|---------|
| Wt% Fe | 97.510% |
| Wt% C | 0.966% |
| Wt% Si | 0.989% |
| Wt% S | 0.158% |
| Wt% Ti | 0.032% |
| Wt% V | 0.340% |
| Wt% Al | 0.001% |
| Fe Recovery: 99.73 % | |

Πίνακας II.3 : Συνολική μάζα Σκωρίας = 754 kg

| | |
|------------------------------------|-------------|
| Wt% CaO | 31.97% |
| Wt% SiO ₂ | 35.63% |
| Wt% Al ₂ O ₃ | 21.47% |
| Wt% TiO ₂ | 5.45% |
| Wt% Ti ₂ O ₃ | 2.14% |
| Wt% Na ₂ O | 2.95% |
| Wt% FeO | 0.15% |
| Wt% S | 0.23% |
| Ιδιότητες της Σκωρίας | |
| Θερμοκρασία ρευστού (°C) | 1320 |

| | |
|---|-------------|
| Βασικότητα σκωρίας (CaO/SiO₂) | 0.90 |
|---|-------------|

Πίνακας II.4 : Συνολική μάζα αερίων

| | |
|---------------------------|---------------|
| Wt% CO | 97.11% |
| Wt% H₂ | 2.12% |
| Wt% CO₂ | 0.13% |
| Wt% H₂O | 0.07% |
| Wt% Na | 0.47% |

➤ **Ισοζύγιο Ενέργειας**

Πίνακας II.5 : Ισοζύγιο Ενέργειας

| | |
|------------------------------------|----------------------|
| Εισροή Ενέργειας | = 5272 MJ |
| Απόδοση Ενέργειας | = 85% |
| Κατανάλωση Ενέργειας σε MJ | = 6202.35 MJ |
| Κατανάλωση Ενέργειας σε kWh | = 1724.35 kWh |

II.Γ Χυτοσίδηρος – Pig Iron

II.Γ.1 Γενικά για τον Χυτοσίδηρο

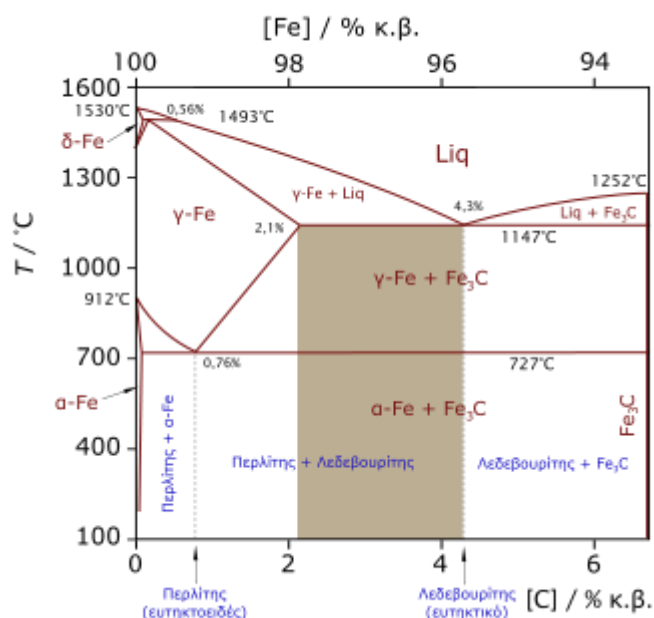
Ο όρος χυτοσίδηρος περιλαμβάνει μία μεγάλη οικογένεια σιδηρούχων κραμάτων στα οποία η περιεκτικότητα σε άνθρακα κυμαίνεται από 2 μέχρι περίπου 3,5%^[24]. Βασικό στοιχείο προσθήκης είναι και το πυρίτιο σε περιεκτικότητες από 1 μέχρι 3%. Μελετώνται επομένως με βάση το τριμερές διάγραμμα^[24] (διάγραμμα II.5) ισορροπίας των φάσεων Fe - C - Si ακολουθώντας, ανάλογα με την ταχύτητα απόψυξης, την ευσταθή ή τη μετασταθή του μορφή. Κατά τη στερεοποίηση των τηγμάτων χυτοσιδήρων σημαντικό ποσοστό του περιεχομένου άνθρακα κρυσταλλώνεται ως ανεξάρτητη γραφιτική φάση διάσπαρτα εγκιβωτισμένη σε μήτρα σιδηρούχου υλικού. Η μορφολογία της γραφιτικής φάσης και η μικροδομή της σιδηρούχου μήτρας του στερεού προδικάζουν τις ιδιότητες του προϊόντος και οδήγησαν στην ανάπτυξη πέντε οικογενειών χυτοσιδήρων διαθέσιμων για βιομηχανικές εφαρμογές. Στο λευκό χυτοσίδηρο (white iron) ο άνθρακας βρίσκεται υπό τη μορφή του σεμεντίτη (καρβίδιο του σιδήρου) και είναι προϊόν ταχείας απόψυξης του υλικού κατά τη στερεοποίηση. Με θερμική κατεργασία του λευκού χυτοσιδήρου προκύπτει ο μαλακός χυτοσίδηρος (malleable iron) στον οποίο ο σεμεντίτης έχει διασπασθεί και ο προκύψας άνθρακας τείνει να συσσωματωθεί με διάχυση στη στερεά κατάσταση, γεγονός που δεν επιτυγχάνεται πλήρως. Στον κλασικό γκρίζο χυτοσίδηρο (gray iron) ο άνθρακας συναντάται υπό μορφή φυλλιδίων, γεγονός το οποίο οδηγεί το υλικό να αποκτήσει τυπική ψαθυρή συμπεριφορά. Ο ελατός χυτοσίδηρος (ductile iron) αποτελεί σύγχρονη τεχνολογική εξέλιξη στους χυτοσιδήρους. Ο άνθρακας του με κατάλληλες προσθήκες στο τήγμα συσσωματώνεται υπό μορφή σφαιρών (χυτοσίδηρος σφαιροειδούς γραφίτη) οπότε το υλικό ανακτά σημαντικές πλαστικές ιδιότητες και συμπεριφέρεται στη δοκιμασία εφελκυσμού ως ενδιάμεσο υλικό μεταξύ των χαλύβων και του γκρίζου χυτοσιδήρου. Μια άλλη κατηγορία χυτοσιδήρων είναι οι χυτοσίδηροι συμπαγούς γραφίτη με τον άνθρακα σε μία ενδιάμεση κατάσταση από μικρογραφική άποψη μεταξύ των γκρίζων χυτοσιδήρων και του ελατού. Οι χυτοσίδηροι αυτοί δεν βρήκαν μέχρι σήμερα μεγάλες εφαρμογές. Σε όλους τους χυτοσιδήρους η σιδηρούχος μήτρα εμφανίζει μικρογραφικά χαρακτηριστικά των χαλύβων. Σε εισαγωγικό επίπεδο τονίζεται η συνθετότητα της μικροδομής η οποία οδηγεί σε μεγάλο εύρος μηχανικών ιδιοτήτων. Οι σημαντικές μηχανικές ιδιότητες του ελατού χυτοσιδήρου (επιμήκυνση κατά τον εφελκυσμό και σημαντική αντοχή στην κρούση), η δυνατότητα να παράγονται σε κεκραμένη μορφή, η δυνατότητα τροποποίησης και βελτίωσης των μηχανικών τους ιδιοτήτων με θερμικές κατεργασίες, η καλή ευχυτότητά τους (συγκρίσιμη με αυτήν των γκρίζων χυτοσιδήρων) και η ιδιαίτερα ανταγωνιστική τιμή διάθεσης στην αγορά τείνουν να τους επιβάλλουν στις σημερινές εφαρμογές. Για τα ελληνικά δεδομένα σημειώνονται οι εφαρμογές τους στις ανεμογεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, πρόσφατα και στα δίκτυα αποχέτευσης, όπως επίσης και σημαντικές εφαρμογές στη βιομηχανία αυτοκινήτου.

II.Γ.2 Χυτοσίδηροι - Το διμερές διάγραμμα φάσεων Fe-C^[24]

Το διάγραμμα φάσεων σιδήρου (Fe) – άνθρακα (C) παρουσιάζεται παρακάτω (διάγραμμα II.3). Πρακτικά, το διάγραμμα αυτό παρουσιάζει τεχνολογικό ενδιαφέρον για περιεκτικότητα σε C μέχρι 6,7%. Η σύσταση αυτή (6,7% C) αντιστοιχεί σε μια μεσομεταλλική (χημική) ένωση που ονομάζεται **σεμεντίτης** (ή καρβίδιο του σιδήρου) και έχει χημικό τύπο: **Fe₃C**. Γι' αυτό και πολλές φορές το εν λόγω διάγραμμα των φάσεων ονομάζεται και διάγραμμα Fe-Fe₃C ή μετασταθές διάγραμμα Fe-C.

Στο διάγραμμα φάσεων του σχήματος 6 φαίνονται τρεις περιοχές τεχνικών κραμάτων Fe-C με μεγάλο βιομηχανικό ενδιαφέρον :

- **σίδηροι**, με ποσοστό άνθρακα από 0-0,02%
- **χάλυβες**, με ποσοστό άνθρακα από 0,02-2%
- **χυτοσίδηροι**, με ποσοστό άνθρακα από 2-5%



Διάγραμμα II.3 : Διάγραμμα Φάσεων Fe-C , όπου η γκριζα περιοχή αποτελεί την περιοχή των χυτοσιδήρων^[24]

Οι χυτοσίδηροι είναι κράματα σιδήρου με άνθρακα σε ποσοστό 2-5%. Επίσης, περιέχουν κι άλλες προσμείξεις όπως πυρίτιο (Si), θείο (S) και φωσφόρο (P). Τα βασικά είδη χυτοσιδήρων^[25] είναι τα ακόλουθα :

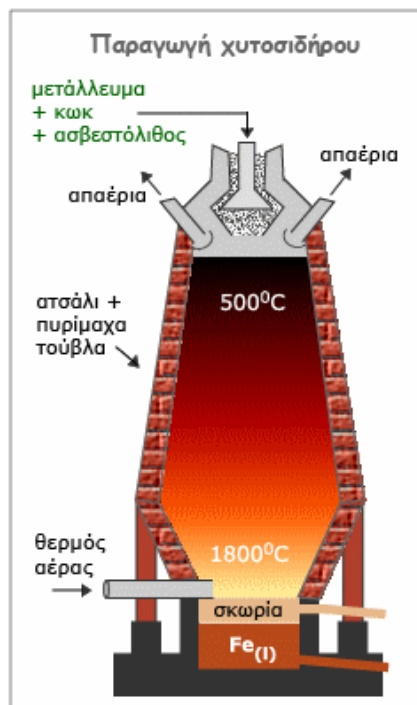
- **λευκός χυτοσίδηρος** : Κατασκευάζεται απευθείας με χύτευση και περιέχει Si < 0,7% συνήθως.
- **φαιός χυτοσίδηρος** : Κατασκευάζεται με χύτευση και το ποσοστό σε άνθρακα που περιέχει , μπορεί να φθάνει στα επίπεδα του 4%, και του πυριτίου (Si) γύρω στα 3-4%.
- **μαλακτός χυτοσίδηρος** : Ο μαλακτός χυτοσίδηρος κατασκευάζεται από το λευκό χυτοσίδηρο με κατάλληλη θερμική κατεργασία, όταν το ποσοστό σε Si είναι γύρω στο 1%.

- **χυτοσίδηρος σφαιροειδούς γραφίτη:** Το είδος αυτό προέρχεται από το γκρίζο χυτοσίδηρο με προσθήκη Mg (μαγνησίου), όταν ακόμα είναι ρευστός.
- **κραματομένοι χυτοσίδηροι :** Περιέχουν προσμείξεις Cr, Mo, Ni οι οποίες βελτιώνουν τη σκληρότητα και την αντίσταση σε φθορά αλλά και την αντοχή σε κρούση, με αποτέλεσμα τη χρήση τους σε πιο απαιτητικές εφαρμογές.

II.Γ.3 Τοπική Διεργασία Παραγωγής Χυτοσιδήρου

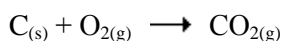
Ο χυτοσίδηρος παράγεται κυρίως από τον αιματίτη σε ειδικές καμίνους, τις υψικάμινους. Οι πρώτες υψικάμινοι θεωρείται ότι εμφανίστηκαν περίπου το 1350 μ.Χ. στη Γερμανία και αργότερα στην Αγγλία γύρω στο 1500. Αρχικά, ο ξυλάνθρακας χρησιμοποιήθηκε ως αναγωγικό, ενώ στις αρχές του 18ου αιώνα, αντικαταστάθηκε με το μεταλλουργικό κωκ.

Η υψικάμινος είναι μία κυλινδρική κατακόρυφη κάμινος ύψους 20-30m με διάμετρο 6m, που αποτελείται από ένα χαλύβδινο μανδύα επενδυμένο εσωτερικά με πυρίμαχους πλίνθους. Η υψικάμινος τροφοδοτείται από την κορυφή με σιδηρούχο μέταλλευμα, κωκ και ασβεστόλιθο, CaCO_3 , (συλλίπασμα), ενώ από ανοίγματα, τα οποία είναι διαταγμένα κυκλικά στη βάση της, διοχετεύεται ξηρός αέρας θερμοκρασίας 600 - 800 °C. Μέσω του παρακάτω σχήματος (σχήμα II.5)^[25] περιγράφεται η διαδικασία παραγωγής χυτοσιδήρου με τις υψικάμινους .



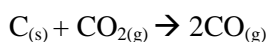
Εικόνα II.5: Παραγωγή Χυτοσιδήρου με Υψικάμινο^[25]

Αρχικά το οξυγόνο του αέρα, που εισάγεται από τη βάση, οξειδώνει μέρος του κωκ προς διοξείδιο του άνθρακα με ταυτόχρονη έκλυση θερμότητας, μέσω της παρακάτω αντίδρασης :

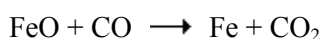
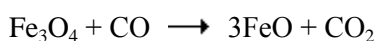
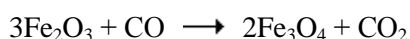


Με τη θερμότητα που εκλύεται, η θερμοκρασία ανυψώνεται σε τέτοιο βαθμό, ώστε να πραγματοποιηθούν οι σχετικές αντιδράσεις και να διατηρηθούν τα προϊόντα σε κατάσταση τήξης.

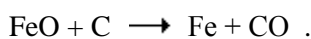
Επειδή η θερμοκρασία ξεπερνάει τους 1000°C , ο άνθρακας οξειδώνεται σχεδόν 100% προς δημιουργία μονοξειδίου του άνθρακα ($CO_{(g)}$) , μέσω της παρακάτω αντίδρασης (αντίδραση Boudouard) :



Το μονοξείδιο του άνθρακα, καθώς ανέρχεται στις υψηλότερες ζώνες της υψικαμίνου, ανάγει το μέταλλευμα προς σπογγώδη μεταλλικό σίδηρο μέσω μιας σειράς ενδιάμεσων αντιδράσεων:



Ακόμη, μικρά ποσά οξειδίου του σιδήρου (II), που διαφεύγουν την αναγωγή, ανάγονται τελικά στη μεσαία και στη κάτω ζώνη της υψικαμίνου από τον ίδιο τον άνθρακα:



Το CO_2 , που σχηματίζεται κατά τις παραπάνω αντιδράσεις, ανάγεται και πάλι από το κωκ προς CO , το οποίο συμμετέχει στον κύκλο των αντιδράσεων, ενώ ο σπογγώδης μεταλλικός Fe τήκεται στα κατώτερα τμήματα της υψικαμίνου και ρέει προς τη βάση της από όπου και εξάγεται.

Οι γαιώδεις προσμίξεις του μεταλλεύματος, διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) και πυριτικά άλατα, αντιδρούν με τον ασβεστόλιθο και σχηματίζουν εύτηκτα πυριτικά άλατα του ασβεστίου, τα οποία επιπλέουν στο τήγμα του μετάλλου και απομακρύνονται ως σκωρία.

Ο αργός χυτοσίδηρος τήκεται μεταξύ 1100 και 1300 °C και αποτελείται κατά 90% από σίδηρο, 3 ως 5% από άνθρακα, ενώ περιέχει και προσμίξεις μαγγανίου, πυριτίου, φωσφόρου και θείου, που τον κάνουν σκληρό, εύθραυστο και μη σφυρηλατήσιμο. Χρησιμοποιείται για την κατασκευή χυτών αντικειμένων, τα οποία δεν πρόκειται να υποβληθούν σε μεγάλες μηχανικές καταπονήσεις (π.χ. βάσεις μηχανών, σωληνώσεις, θερμάστρες, κλπ.). Κυρίως, όμως, αποτελεί την πρώτη ύλη για την παραγωγή σφυρήλατου σιδήρου και χάλυβα.

Από οικονομικής άποψης , έχει διαπιστωθεί ότι όσο μεγαλύτερες είναι οι μονάδες παραγωγής του χυτοσιδήρου , τόσο μειωμένο είναι το κόστος παραγωγής ανά μονάδα παραγωγής .Επομένως , έχει αναπτυχθεί η τάση για όλο και μεγαλύτερες υψικαμίνους . Σύγχρονες υψικαμίνου έχουν δυναμικότητα παραγωγής περισσότερο από 10.000τόνους/μέρα .¹²⁶

II.Γ.4 Παραγωγή Χυτοσιδήρου κατά τη μέθοδο αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος σε AMRT-EAF

Κατά το 3^ο Στάδιο^[20] της μεθόδου αξιοποίησης της Ε.Ι., όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, πραγματοποιείται αναγωγική τήξη σε ηλεκτρική κάμινο τόξου, τύπου AMRT, όπου και παράγεται ο χυτοσίδηρος. Μετά από την ανθρακοθερμική αναγωγή της Ε.Ι., ο χυτοσίδηρος παράγεται με την χημική σύσταση που δίνεται στον πίνακα II.6 και σε ποσότητα ίση με 341kg/t Ε.Ι. Στον παρακάτω πίνακα δίνεται επίσης η μέση σύσταση^[27] καθώς και το εύρος της σύστασης του χυτοσιδήρου που χρησιμοποιείται ως τροφοδοσία σε χαλυβουργεία που χρησιμοποιούν ηλεκτρική κάμινο τόξου.

Πίνακας II.6 : Χημική Σύσταση Χυτοσιδήρου μετά από την Τήξη της Ε.Ι. ^[27]

| Περιεκτικότητα κατά βάρος (wt%) | Χημική Σύσταση Χυτοσιδήρου | Μέση σύσταση Χυτοσιδήρου | Εύρος σύστασης Χυτοσιδήρου |
|---------------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Fe | 97.51 | bal. | |
| C | 0.966 | 4.2 | 3.2 - 4.8 |
| Si | 0.989 | 0.6 | 0.02 - 2.1 |
| S | 0.158 | 0.03 | 0.01 – 0.5 |
| Ti | 0.032 | - | |
| V | 0.34 | - | |
| Al | 0.001 | - | |
| Ανάκτηση Fe : 99.73% | | | |

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, γίνεται αντιληπτό ότι και η τιμή του άνθρακα(C) και του πυριτίου (Si) και του θείου (S) δεν αντιστοιχούν στις μέσες τιμές αλλά βρίσκονται μέσα στο εύρος των τιμών.

Η τιμή του θείου πρέπει να είναι σε όσο το δυνατόν χαμηλότερα επίπεδα. Η αύξηση της περιεκτικότητας σε θείο έχει ως συνέπειες την μείωση της σκληρότητας του χάλυβα, την μείωση των ποσοστών των όλκιμων συστατικών στη δομή και την διάδοση των ρωγμών στον χάλυβα. Για τον λόγο αυτό, προτιμάται το ποσοστό του θείου να είναι από 0,025 και κάτω. Επίσης και το ποσοστό του πυριτίου (Si), το οποίο βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα, προτιμάται να βρίσκεται σε χαμηλότερα.

II.Γ.6 Χρήσεις Χυτοσιδήρου

Τα τελευταία 5 χρόνια υπάρχει ανάπτυξη στη χρήση των εναλλακτικών υλικών σιδήρου^[26], όπως ο χυτοσίδηρος, οι πυρακτωμένοι πλίνθοι σιδήρου (hot briquetted iron –HBI) και ο άμεσα τηγμένος σίδηρος (direct reduced iron-DRI), για τροφοδοσία της ηλεκτρικής καμίνου τόξου (EAF). Η ζήτηση για εναλλακτικά υλικά τροφοδοσίας της ηλεκτρικής καμίνου βασίζεται στο γεγονός ότι υπάρχει ανάγκη για φθηνότερες πρώτες ύλες για τις διεργασίες τήξης. Τα εναλλακτικά υλικά που διατίθενται στην αγορά γίνονται όλο και περισσότερα, ενώ αναμένεται να λειτουργήσουν διάφορες νέες διεργασίες.

Όλο και περισσότερα χαλυβουργεία στρέφονται προς την χρήση εναλλακτικών υλικών σιδήρου, ως πρώτη ύλη στη τροφοδοσία. Ειδικότερα, προτιμάται ο χυτοσίδηρος αφού προσφέρει περισσότερα πλεονεκτήματα από τα άλλα εναλλακτικά υλικά. Επίσης, χρησιμοποιούνται και μείγματα από χυτοσίδηρο μαζί με άλλα εναλλακτικά υλικά σε διάφορες αναλογίες, με σκοπό την βελτίωση της απόδοσης της διεργασίας.

Ο κρύος χυτοσίδηρος (cold pig iron – CPI)^[28] αποτελεί, κατά μέσο όρο, το 5-10% της τροφοδοσίας των ηλεκτροκαμίνων παγκοσμίως, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό καλύπτεται από τα σκραπ (ανακυκλωμένος σίδηρος). Σε κάποια μέρη του κόσμου που τα σκραπ δεν επαρκούν για να καλύψουν την ζήτηση των χαλυβουργιών, το ποσοστό του χυτοσιδήρου αποτελεί το 60%.

Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα^[28] που καθιστούν τα εναλλακτικά υλικά σιδήρου κατάλληλα για χρήση στη τροφοδοσία των ηλεκτροκαμίνων. Τα πλεονεκτήματα αυτά είναι τα εξής :

- Έχουν χαμηλά επίπεδα δημιουργίας καταλοίπων
- Έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε άζωτο, γεγονός που δημιουργεί χαμηλής θερμοκρασίας τήξεως λουτρό και έτσι μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας
- Η ανάκτηση του άνθρακα από τα εναλλακτικά υλικά σιδήρου υπερβαίνει συνήθως το 90%
- Με την χρήση αυτών των υλικών πετυχαίνονται ευνοϊκότερες συνθήκες λειτουργίας του φούρνου-κάδου (Δευτερογενής Μεταλλουργία) κατά την ανάδευση και πετυχαίνεται καλύτερος διαχωρισμός του λουτρού και της σκωρίας.

Τα βασικά χαρακτηριστικά που καθιστούν τον Χυτοσίδηρο ως το ιδανικότερο υλικό^[28] μεταξύ των εναλλακτικών υλικών, αλλά και καλύτερο υλικό τροφοδοσίας από τα σκραπ είναι τα εξής :

- Περιέχει αραιά κατάλοιπα Πετυχαίνεται καλύτερος έλεγχος της περιεκτικότητας του λουτρού σε άζωτο (N)
- Δημιουργείται λουτρό με χημική σταθερότητα που έχει μικρή μεταβολή στην περιεκτικότητα του λουτρού σε πυρίτιο (Si) και μαγγάνιο (Mn).
- Πετυχαίνεται μεγάλο ποσοστό ανάκτησης της περιεκτικότητας του λουτρού σε άνθρακα (C)
- Υπάρχει μικρή περιεκτικότητα σε ακαθαρσίες, το πυρίτιο (Si) οξειδώνεται σε SiO₂ κατά τη διεργασία της παραγωγής του χάλυβα

- Ελέγχεται η τιμή του μονοξειδίου του σιδήρου (FeO) στη σκωρία , που οδηγεί στον σχηματισμό αφρώδης σκωρίας με βελτιωμένη χημική σύσταση
- Πετυχαίνεται μικρότερος όγκος της σκωρίας
- Πετυχαίνεται αύξηση της παραγωγικότητας της ηλεκτροκαμίνου τόξου
- Πετυχαίνεται βελτίωση της αποδοτικότητας των διεργασιών που πραγματοποιούνται στη κάμινο
- Η μεταφορά του χυτοσιδήρου είναι ευκολότερη από αυτή των σκραπ
- Η αποθήκευση του χυτοσιδήρου είναι ευκολότερη και γίνεται για μεγάλες περιόδους

Τα τελευταία 40 χρόνια η βιομηχανία παραγωγής χάλυβα έχει αλλάξει άρδην και η χρήση του χυτοσιδήρου ως πρώτη ύλη έχει αυξηθεί . Παρόλο που τα χαλυβουργεία χρησιμοποιούν τα σκραπ ως πρώτη ύλη για την παραγωγή του χάλυβα , η ζήτηση για των χυτοσίδηρο δεν έχει μειωθεί γιατί χρειάζονται μία πρώτη ύλη , η οποία θα τους οδηγήσει σε μεγαλύτερη παραγωγικότητα και σε αυξημένη απόδοση. Επομένως , η χρήση μείγματος σκραπ και χυτοσιδήρου σε διάφορες αναλογίες αποτελεί μία ιδανική λύση στην τροφοδοσία των ηλεκτροκαμίνων για την παραγωγή χάλυβα.

II.4 Ύνες Ορυκτοβάμβακα

II.4.1 Γενικά

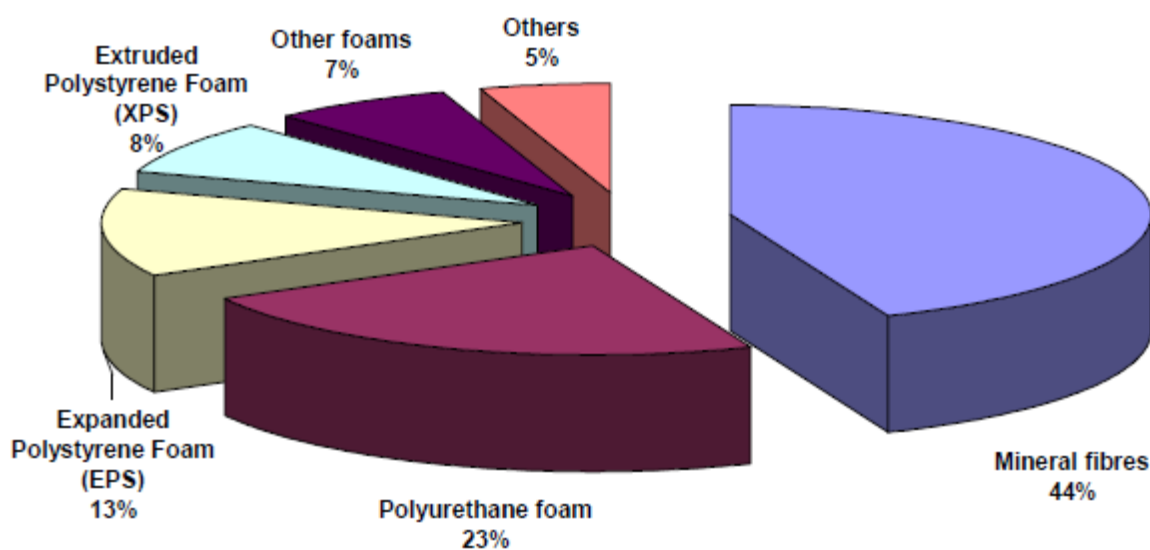
Μία γενική ονομασία για τις ίνες ορυκτοβάμβακα είναι "Man –made vitreous fibre" ή αλλιώς MMVF ^[21]. Οι MMVFs αποτελούν ινώδη ανόργανα υλικά, τα οποία παρασκευάζονται κυρίως από γυαλί, πέτρωμα, ορυκτά, σκωρία και επεξεργασμένα ανόργανα οξείδια.

Οι MMVFs που παράγονται είναι μη κρυσταλλικά, υαλώδη και άμορφα υλικά. Ο όρος: "Mineral Wool" ή αλλιώς ορυκτοβάμβακας είναι γενικός και χρησιμοποιείται συνήθως για τα υλικά: "Slag Wool" ή αλλιώς σκωριοβάμβακας, "Glass Wool" ή αλλιώς υαλοβάμβακας και "Rock - Stone Wool" ή αλλιώς πετροβάμβακας.

Όλες οι εμπορικές αξιοποιήσιμες MMVFs έχουν ως κύριο συστατικό την πυριτία και περιέχουν ποικίλες ποσότητες και από άλλα ανόργανα οξείδια. Τα μη πυριτικά συστατικά των MMVFs συνήθως είναι τα οξείδια των αλκαλικών γαιών, των αλκαλίων, του αλουμινίου, του βορίου, του σιδήρου και του ζirkονίου. Αυτά τα οξείδια μπορεί να είναι συστατικά των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ινών ή μπορεί να προστίθενται ως συλλιπάσματα κατά τη διαδικασία της παραγωγής τους για να την ενίσχυσή τους.

Οι MMVFs, ανάλογα με την μέθοδο παρασκευής τους, μπορούν να παραχθούν σε διάφορες μορφές. Είτε συμπυκνωμένες σαν βαμβάκι ("wool"), δηλαδή μία μάζα από μπερδεμένες και ασύμμετρες ίνες σε ποικίλα μεγέθη και διαμέτρους. Είτε σαν νήμα ("filament"), το οποίο αποτελείται από συνεχείς ίνες ακαθόριστου μεγέθους, με διαμέτρους πιο ομοιόμορφες και παχύτερες από τις ίνες που παρασκευάζονται με τη μορφή του βαμβακιού ("wool").

Οι περισσότερες MMVFs, που παράγονται παγκοσμίως, χρησιμοποιούνται ως μονωτικά υλικά. Μέχρι και την τελευταία δεκαετία, περίπου το ήμισυ της παγκόσμιας ζήτησης μονωτικών υλικών, αποτελείται από προϊόντα υαλοβάμβακα (glass wool), πετροβάμβακα (rock-stone wool) και σκωριοβάμβακα (slag wool), ενώ το υπόλοιπο ποσοστό αποτελείται από αφρώδη πλαστικά (foamed plastics), όπως πολουρεθάνες, πολυστυρένια και άλλα προϊόντα μικρότερης αξίας (κυτταρίνη, περλίτης, βερμικουλίτης κ.α.). Η κατανομή της αγοράς μονωτικών υλικών παγκοσμίως δίνεται από το παρακάτω διάγραμμα (διάγραμμα II.4).



Διάγραμμα Π.4: Κατανομή της παγκόσμιας αγοράς μονωτικών υλικών με βάση την αξία τους (AMA Research)^[22]

Περίπου το 88% της παραγωγής του υαλοβάμβακα (glass wool) και το 80% του πετροβάμβακα (rock-stone wool) και του σκωριοβάμβακα (slag wool) χρησιμοποιούνται στην κατασκευή κατοικιών και άλλων κτιρίων. Ενώ, το 12% του υαλοβάμβακα και το 10% του πετροβάμβακα και του σκωριοβάμβακα χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικές εφαρμογές, όπως στα συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματιστικών αλλά και σε οικιακές συσκευές.

Το 2005, ο κλάδος των MMVFs απασχολούσε 21.000 εργαζομένους σε 62 εγκαταστάσεις στην Ευρωπαϊκή Ένωση και παράγαγε 3.6 εκατομμύρια τόνους προϊόντων με αξία κοντά στα 3.000 εκατομμύρια ευρώ. Μεταξύ του έτους 1996 (στην Ε.Ε. των 15 μελών) και του έτους 2005 (στην Ε.Ε. των 25 μελών) παρατηρήθηκε αύξηση στην παραγωγή από 2 εκατομ. τόνους σε 3.62 εκατομ. τόνους.

Στην Ευρώπη δραστηριοποιούνται πέντε βασικοί παραγωγοί^[23]:

1. Saint-Gobain (21 εγκαταστάσεις σε 13 κράτη-μέλη)
2. Rockwool International (15 εγκαταστάσεις σε 10 κράτη-μέλη)
3. Parock (7 εγκαταστάσεις σε 4 κράτη-μέλη)
4. URSA (7 εγκαταστάσεις σε 7 κράτη-μέλη)
5. Knauf Insulation/Heraklith (σε συγχώνευση από το 2006 με 10 εγκαταστάσεις σε 6 κράτη-μέλη)

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας Π.8) δίνεται ο αριθμός των εργοστασίων παραγωγής ορυκτοβάμβακα ("mineral wool") που υπάρχει σε κάθε κράτος-μέλος της Ε.Ε για το έτος 2009, σύμφωνα με τον ευρωπαϊκό οργανισμό των κατασκευαστών ορυκτοβάμβακα, που ονομάζεται "Eurima"^[23].

Πίνακας II.8 : Αριθμός Εγκαταστάσεων Ορυκτοβάμβακα ανά κράτος-μέλος της Ε.Ε.^[23]

| Χώρα | Αρ. Εγκαταστάσεων | Χώρα | Αρ. Εγκαταστάσεων |
|-----------|-------------------|-----------|-------------------|
| Αυστρία | 1 | Ιταλία | 2 |
| Βέλγιο | 1 | Λιθουανία | 3 |
| Τσεχία | 3 | Ολλανδία | 2 |
| Δανία | 3 | Πολωνία | 8 |
| Φινλανδία | 8 | Ρουμανία | 2 |
| Γαλλία | 6 | Σλοβακία | 1 |
| Γερμανία | 11 | Σλοβενία | 2 |
| Ελλάδα | 1 | Ισπανία | 4 |
| Ουγγαρία | 3 | Σουηδία | 5 |
| Ιρλανδία | 1 | Αγγλία | 5 |

Ο ορυκτοβάμβακας ("mineral wool") παράχθηκε για πρώτη φορά το 1864 από σκωρία χαλυβουργίας , ενώ η εμπορική παραγωγή του ξεκίνησε το 1870 . Η αγορά άρχισε να αυξάνεται σημαντικά κατά τη διάρκεια του 2^{ου} Παγκοσμίου Πολέμου όταν τα σπίτια καταστρέφονται και αυξάνεται η ζήτηση για κατασκευή νέων σπιτιών και επισκευή των παλαιότερων. Το 1943 , μόνο στις Η.Π.Α παράχθηκαν πάνω από 500.000 τόνοι ορυκτοβάμβακα ("mineral wool") . Στις περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες η θερμομόνωση ενσωματώθηκε σε κάθε μορφή κτιρίου . Ο ορυκτοβάμβακας εκτός από θερμομονωτική ικανότητα έχει και ηχομονωτική καθώς και σημαντική αντοχή στη φωτιά .

Τα κύρια προϊόντα από ορυκτοβάμβακα ("mineral wool") είναι τα εξής :

- Χαμηλής πυκνότητας μονωτικοί κύλινδροι
- Μεσαίας και υψηλής πυκνότητας πάνελ
- Μη συνεκτικό πληρωτικό υλικό
- Μονωτικοί σωλήνες

Οι κύριες αγορές για τα προϊόντα από ορυκτοβάμβακα είναι οι παρακάτω :

- Θερμομόνωση για κατασκευές (τοίχους , οροφές , πατώματα κ.λπ.)
- Εφαρμογές θέρμανσης και εξαερισμού
- Βιομηχανικές εγκαταστάσεις (σωληνώσεις εργοστασίων , ναυπηγεία , εργοστάσια χημικών)
- Πυροπροστασία
- Ηχομόνωση

Ο πετροβάμβακας ("rock-stone wool") προτιμάται περισσότερο σε εφαρμογές που χρειάζονται αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες ή πυροπροστασία . Ο υαλοβάμβακας ("glass wool") χρησιμοποιείται περισσότερο σε ελαφρύτερες εφαρμογές .

Η πιο σημαντική αγορά που απορροφά πάνω από το 70% των προϊόντων είναι ο τομέας των κατασκευών. Η αγορά αυτή είναι άμεσα εξαρτημένη από τις κάθε φορά επικρατούσες οικονομικές συνθήκες και το εργασιακό πλαίσιο . Αν και για την παρασκευή των μονωτικών ινών από ορυκτοβάμβακα χρειάζεται τεχνική εξειδίκευση , αποτελούν σημαντικό εμπορικό προϊόν. Η δυνατότητα διαφοροποίησης στην παραγωγή τους είναι πολύ μικρή , ώστε να μπορούν να είναι ανταγωνιστικά προϊόντα στην αγορά . Ο ανταγωνισμός βασίζεται κυρίως στην τιμή τους , γεγονός που οδηγεί σε σημαντικές μειώσεις στο κόστος αλλά και σε συρρίκνωση του κλάδου .

Παρόλο που μια μεγάλη ποικιλία από εναλλακτικά μονωτικά υλικά είναι διαθέσιμα στον τομέα των κατασκευών ,όπως τα αφρώδη πλαστικά , η κυτταρίνη , ο βερμικουλίτης , ο περλίτης και τα αφρώδη γυαλιά, κανένα από αυτά τα υλικά δεν μπορεί να ανταγωνιστεί τις ιδιότητες του ορυκτοβάμβακα ("mineral wool") ,δηλαδή τη χαμηλή τιμή , τη θερμική απόδοση ,την ακουστική απόδοση ,την αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες και την ευκολία στην εγκατάσταση. Γεγονός είναι όμως ότι , όλα τα προϊόντα έχουν θέση στην αγορά .

Η παραγωγή ορυκτοβάμβακα ("mineral wool") αποτελεί σημαντική επιχειρηματική δραστηριότητα που χρειάζεται οικονομικούς πόρους , μακροπρόθεσμες επενδύσεις και υψηλή τεχνική εξειδίκευση . Το γεγονός αυτό αποτελεί εμπόδιο στην είσοδο νέων παραγωγών , γι' αυτό και οι περισσότεροι παραγωγοί ορυκτοβάμβακα είναι μεγάλες βιομηχανίες , οι οποίες ήδη δραστηριοποιούνται στην παραγωγή παρόμοιων προϊόντων. Παρόλα αυτά , τα τελευταία χρόνια επικρατεί η τάση δημιουργίας ανεξάρτητων παραγωγικών μονάδων ορυκτοβάμβακα από τις βιομηχανίες αυτές.

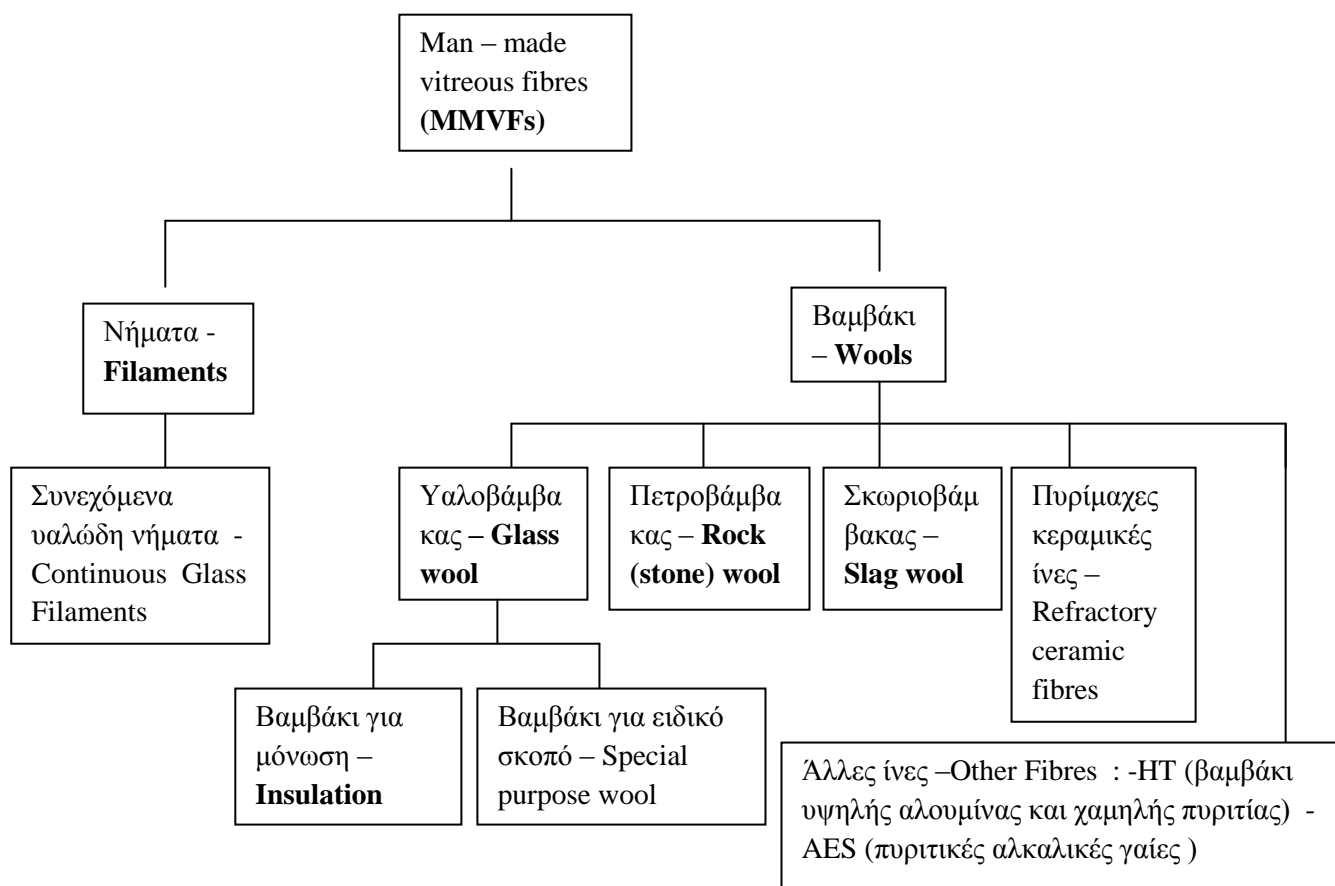
Η ανάπτυξη του τομέα της παραγωγής ορυκτοβάμβακα ("mineral wool") είναι αργή αλλά γίνεται όλο και περισσότερο ανταγωνιστική .Παρά το κλείσιμο ορισμένων βιομηχανιών του τομέα αυτού , η δυναμικότητα τους στην αγορά είναι σημαντική . Το γεγονός αυτό ταυτόχρονα με την αργή ανάπτυξη του τομέα έχει οδηγήσει σε πίεση για πτώση της τιμής πώλησης .Από το 1987 μέχρι το 1997 οι τιμές δεν άλλαξαν , όμως η πραγματική τους αξία ήταν σημαντικά υψηλότερη .

Σημαντικό είναι και το εμπόριο εντός της Ε.Ε. , ενώ το εμπόριο μεταξύ των χωρών κρατών-μελών της Ε.Ε. και των χωρών που δεν ανήκουν στην Ε.Ε. αντιστοιχεί στο 5% της παραγωγής προϊόντων ορυκτοβάμβακα .Εξαγωγές γίνονται κυρίως από τη Σουηδία και κυρίως από τη Σουηδία και τη Φιλανδία προς τη Πολωνία , τη Ρωσία και τις Βαλτικές Χώρες. Ενώ , εισαγωγές γίνονται κυρίως στη Γερμανία , την Αυστρία και την Ιταλία από την Ουγγαρία , την Σλοβενία και την Κροατία.

II.4.2 Κατηγοριοποίηση των Ινών Ορυκτοβάμβακα – Mineral Wool Fibres

Οι MMVFs κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται , την διαδικασία παραγωγής τους και τις εφαρμογές για τις οποίες προορίζονται .

Στο παρακάτω διάγραμμα (διάγραμμα II.5) δίνονται αναλυτικά όλες οι κατηγορίες των MMVFs^[21] .



Διάγραμμα II.5 : Κατηγορίες των MMVFs^[21]

II.4.3 Χημική Σύσταση των MMVFs

Οι MMVFs έχουν διάφορες χημικές συστάσεις ^[21] όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα (πίνακα II.9) .

Πίνακας II.9 : Τυπική Χημική Σύσταση των MMVFs ^[21]

| | Συνεχή Υαλώδη Νήματα | Υαλοβάμβα- κας Μονωτικό Μαλλί | Υαλοβάμβα- κας Ειδικές Ύνες | Πετρο- βάμβακας | Σκωριο- βάμβα- κας | Πυρίμα- χες Κεραμι- κές Ύνες | Αλκαλι- κές Πυριτι- κές Γαίες | Μαλλί Υψηλής αλούμι- νας – Χαμηλής Πυριτίας |
|---|----------------------------|--|-----------------------------------|--------------------|--------------------------|---------------------------------------|---|---|
| SiO ₂ | 52-75 | 55-70 | 54-69 | 43-50 | 38-52 | 47-54 | 50-82 | 33-43 |
| Al ₂ O ₃ | 0-30 | 0-7 | 3-15 | 6-15 | 5-16 | 35-51 | < 2 | 18-24 |
| CaO | 0-25 | 5-13 | 0-21 | 10-25 | 20-43 | < 1 | | |
| MgO | 0-10 | 0-5 | 0-4.5 | 6-16 | 4-14 | < 1 | | |
| MgO+Ca O | 0-35 | 5-18 | 0-25.5 | 16-41 | 24-57 | | 18-43 | 23-33 |
| BaO | 0-1 | 0-3 | 0-5.5 | | | | | |
| ZnO | 0-5 | | 0-4.5 | | | | | |
| Na ₂ O | | 13-18 | 0-16 | 1-3.5 | 0-1 | < 1 | | |
| K ₂ O | | 0-2.5 | 0-15 | 0.5-2 | 0.3-2 | < 1 | | |
| Na ₂ O+ K ₂ O | 0-21 | 12-20.5 | | | 0.3-3 | | < 1 | 1-10 |
| B ₂ O ₃ | 0-24 | 0-12 | 4-11 | < 1 | < 1 | | < 1 | |
| Fe ₂ O ₃ | 0-5 | 0-5 | 0-0.4 | | 0-5 | 0-1 | < 1 | |
| FeO | | | | 3-8 | | | | 3-9 |
| TiO ₂ | 0-12 | 0-0.5 | 0-8 | 0.5-3.5 | 0.3-1 | 0-20 | | 5-3 |
| ZrO ₂ | 0-18 | | 0-4 | | | 0-17 | 0-6 | |
| Al ₂ O ₃ +Ti O ₂ + ZrO ₂ | | | | | | | < 6 | |
| P ₂ O ₃ | | | | < 1 | 0-0.5 | | | |
| F ₂ | 0-5 | 0-1.5 | 0-2 | | | | | |
| S | | | | | 0-2 | | | |
| SO ₃ | | 0-0.5 | | | | | | |
| Li ₂ O | 0-1.5 | 0-0.5 | | | | | | |

Οι παράγοντες που ευθύνονται για την ποικιλία στη σύνθεση των MMVFs είναι οι εξής :

- Τελική Χρήση : Οι ίνες πρέπει να έχουν ειδικά φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά ανάλογα με την τελική χρήση για την οποία προορίζονται . Ο κάθε τύπος ίνας σχεδιάζεται με συγκεκριμένο σύνολο ιδιοτήτων, όπως υψηλή αντοχή , υψηλή ηλεκτρική αντίσταση και αντοχή σε προσβολή από χημικά αντιδραστήρια ή σε υψηλές θερμοκρασίες (1000-1460°C).
- Απαιτήσεις του κατασκευαστή : Οι διαφορές που υπάρχουν ανάμεσα στις διαδικασίες παραγωγής σε κάθε εργοστάσιο αλλά και στις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται , ευθύνονται για την ποικιλία στη χημική σύσταση του υαλοβάμβακα (glass wool) ,του σκωριοβάμβακα (slag wool) και του πετροβάμβακα (rock-stone wool) .
- Παράγοντας Βιοπαραμονής : Παρασκευάζονται σήμερα νέες ίνες , οι οποίες είναι βιοδιασπώμενες , ώστε να μην έχουν επίδραση στο αναπνευστικό σύστημα των ανθρώπων , γιατί ανακαλύφθηκε ότι οι ίνες είχαν δυνητικές επιπτώσεις στο αναπνευστικό , με καθοριστικό παράγοντα την χημική τους σύσταση .

II.Δ.4 Οι φυσικές ιδιότητες των MMVFs

Η πυκνότητα των ινών , το μήκος και η διάμετρος τους είναι τα κρίσιμα χαρακτηριστικά που καθορίζουν την συμπεριφορά τους στον αέρα και την επίδραση στο αναπνευστικό σύστημα.

➤ Διάμετρος των Ινών

Το εύρος που κυμαίνονται οι διαμέτροι των MMVFs ^[21] ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο των ινών και την μέθοδο παρασκευής που χρησιμοποιήθηκε . Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας II.10) δίνονται οι διαμέτροι των ινών για κάθε τύπο MMVFs .

Πίνακας II.10: Διάμετροι ινών για κάθε τύπο ^[21]

| Προϊόντα | Διάμετρος Ινών (μm) | | |
|--------------|---------------------|---------|--|
| | Μέση | Πρότυπη | |
| Υαλοβάμβακας | 7.7 | 4.2 | |
| | 5.8 | 4.7 | |
| | 5.6 | 3.3 | |
| | 5.3 | 3.2 | |
| | 4.7 | 2.0 | |
| | 4.0 | 2.4 | |
| | 3.4 | 2.0 | |
| | 3.3 | 2.7 | |
| | 1.2 | 1.0 | |
| | 0.6 | 0.5 | |
| | | | |
| | | | |

| | | |
|--|-----|-----|
| Πετρωβάμβακας και Σκωριοβάμβακας | 5.3 | 3.8 |
| | 4.5 | 4.1 |
| | 4.4 | 2.7 |
| | 4.0 | 2.4 |
| | 4.0 | 3.1 |
| | 4.0 | 3.1 |
| | 3.9 | 3.2 |
| | 3.5 | 3.5 |
| | 2.4 | 2.3 |
| Πυρίμαχες Κεραμικές Ίνες | 3.8 | 2.8 |
| | 2.4 | 2.2 |
| Αλκαλικές ΠυριτικέςΓαίες | 2.2 | 3.0 |
| | 2.5 | 2.4 |
| Μαλλί Υψηλής Αλούμινας –Χαμηλής Πυριτίας | 4.6 | - |

➤ **Μήκος των Ίνών**

Το μήκος των ινών , όπως και η διάμετρός τους , ποικίλλει ανάλογα με τη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε κατά την παρασκευή τους.

Οι ίνες με μήκος μικρότερο από 250 μm^[21] , το οποίο αποτελεί το κατώτερο όριο , είναι αυτές που σχηματίζουν τα προϊόντα από βαμβάκι . Παρόλα αυτά , δεν υπάρχουν σωστές μέθοδοι για την ποσοτικοποίηση των ινών με μήκος μικρότερο από 250μm για τα προϊόντα MMVFs

➤ **Πυκνότητα των Ίνών**

Σε αντίθεση με το μήκος και τη διάμετρο των ινών , η πυκνότητα τους δεν διαφέρει σημαντικά μεταξύ των προϊόντων MMVFs . Οι τέσσερις βασικές κατηγορίες των προϊόντων MMVFs έχουν πυκνότητα από 2,1 έως και 2,9 g/cm³ . Στον πίνακα Π.11 δίνεται το εύρος της πυκνότητας^[21] για κάθε τύπο ίνας .

Πίνακας Π.11 : Εύρη πυκνοτήτων των MMVFs

| Ίνες | Πυκνότητα (g/cm ³) |
|--|--------------------------------|
| Συνεχή Υαλώδη Νήματα | 2.1-2.7 |
| Υαλοβάμβακας | 2.4-2.6 |
| Πετρωβάμβακας – Σκωριοβάμβακας | 2.7-2.9 |
| Πυρίμαχες Κεραμικές Ίνες | 2.6-2.7 |
| Αλκαλικές ΠυριτικέςΓαίες | 2.6 |
| Μαλλί Υψηλής Αλούμινας –Χαμηλής Πυριτίας | 2.8 |

➤ **Επικαλύψεις Ινών (Fibre coatings) και Συνδέτες (Binder)**

Στα προϊόντα MMVFs^[21] χρησιμοποιούνται λάδια και λιπαντικά κατά τη διάρκεια της διεργασίας παρασκευής τους, ώστε να μειωθεί η παραγόμενη σκόνη. Ένας οργανικός συνδέτης εφαρμόζεται στα προϊόντα MMVFs αμέσως μετά τη διεργασία παρασκευής τους προκειμένου οι ίνες να συγκρατηθούν σε μία σπογγώδη μάζα. Αυτό το συνδετικό υλικό είναι συνήθως ρητίνη φαινόλης-φορμαλδεΐδης διαλυμένη σε υδατικό διάλυμα.

Στα προϊόντα από σκωριοβάμβακα ("slag wool") και πετροβάμβακα ("rock-stone wool"), τα συνδετικά υλικά υπολογίζονται πάνω από το 10% της μάζας του τελικού προϊόντος. Άλλα πρόσθετα υλικά μπορεί να είναι διαλυτικά και σταθεροποιητές. Τα τελευταία χρόνια, το εναλλακτικό^[21] προϊόν που χρησιμοποιείται αντί των ρητινών φαινόλης, είναι η μελαμίνη και οι ακρυλικές ρητίνες.

Για τα μονωτικά υλικά από ορυκτοβάμβακα ("mineral wool"), η περιεκτικότητα σε συνδετικό υλικό είναι συνήθως αρκετά μικρή, ενώ για προϊόντα υψηλής πυκνότητας, η περιεκτικότητα σε συνδετικό υλικό μπορεί να φτάσει έως και 25% κατά μάζα.

➤ **Αλλαγές στη δομή**

Τα προϊόντα MMVFs είναι μη κρυσταλλικά και παραμένουν υαλώδη όταν χρησιμοποιούνται σε θερμοκρασίες μικρότερες των 500°C, ενώ σε υψηλότερες θερμοκρασίες λιώνουν ή κρυσταλλώνονται ανάλογα με τη σύνθεσή τους. Τα προϊόντα με υψηλή περιεκτικότητα σε πυριτία και χαμηλή σε αλκαλικά οξείδια, όπως πυρίμαχες κεραμικές ίνες (προϊόντα AES -Alkaline Earth Silicate wools) καθώς και κάποια προϊόντα πετροβάμβακα (rock-stone wool), αρχίζουν να κρυσταλλώνονται σε θερμοκρασίες πάνω από 900°C. Η κρυσταλλική φάση που παράγεται εξαρτάται τόσο από τη χημική σύσταση όσο και από την θερμοκρασία.

II.4.5 Πρώτες Ύλες στην παραγωγή των MMVFs

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας II.12) δίνονται οι κυριότερες πρώτες ύλες ^[21] που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή των MMVFs .

Πίνακας II.12 : Οι κυριότερες Πρώτες Ύλες ^[21]

| Πρώτες Ύλες | Επιθυμητά Στοιχεία | Πηγές | Συνεχή Υαλώδη Νήματα | Υαλοβάμβακας Μονωτικό Μαλλί | Υαλοβάμβακας Ειδικές ίνες | Πετροβάμβακας | Σκωριο-Βάμβακας |
|-------------------|--------------------|----------------|----------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------|-----------------|
| Βασάλτης | Si,Ca,Mg, Fe | Εξορυγμένο | | | | x | x |
| Βωξίτης | Al | Εξορυγμένο | | | | | x |
| Δολομίτης | Ca, Mg | Εξορυγμένο | x | x | x | x | x |
| Ασβεστόλιθος | Ca | Εξορυγμένο | x | x | x | x | x |
| Άμμος Πυριτίας | Si | Εξορυγμένο | x | x | x | x | x |
| Ψημένος Δολομίτης | Ca, Mg | Κατεργασμένο | x | x | x | | |
| Σκωρία Υψικαμίνου | Si, Al, Ca, Mg | Ανακυκλωμένο | | | | x | x |
| Αλουμίνα | Al | Παρασκευασμένο | | x | x | | |
| Θεικό Νάτριο | Οξειδωτική δύναμη | Παρασκευασμένο | x | x | | x | x |

Οι πρώτες ύλες είναι ποικίλες και μπορεί να προέρχονται από τις εξής διαδικασίες :

- Λήψη αμέσως μετά την εξόρυξη → Εξορυγμένα υλικά , τα οποία υφίστανται ελάχιστη φυσική επεξεργασία , ώστε να διασφαλιστεί το απαιτούμενο μέγεθος αλλά και η χημική ομογενοποίηση τους.
- Λήψη κατόπιν χημικής κατεργασίας → Εξορυγμένα υλικά , τα οποία υφίστανται χημική επεξεργασία , όπως θερμική κατεργασία με την απομάκρυνση του νερού.
- Λήψη μετά από ανακύκλωση → Υλικά τα οποία είναι παραπροϊόντα της παραγωγής των MMVFs ή άλλων διαδικασιών παραγωγής .
- Λήψη μετά από παρασκευή σε εργοστάσια παραγωγής → Χημικά που έχουν παρασκευαστεί σε εργοστάσια παραγωγής .

II.4.6 Υαλοβάμβακας ("Glass wool") – Πετροβάμβακας ("Rock-Stone wool") - Σκωριοβάμβακας ("Slag wool")

Η παρασκευή μονωτικών υλικών από πετροβάμβακα και σκωριοβάμβακα ξεκίνησε γύρω στο 1840 στην Ουαλία , ενώ το 1885 τέθηκαν σε λειτουργία εμπορικές βιομηχανικές εγκαταστάσεις παραγωγής πετροβάμβακα στην Αγγλία και αργότερα αναπτύχθηκαν στην Γερμανία και στις Η.Π.Α .Μέχρι τα τέλη τις δεκαετίας του 1930 και τις αρχές της δεκαετίας του 1940, η εμπορική παραγωγή υαλοβάμβακα δεν υπήρχε. Παρόλο που λειτουργούσαν ήδη κάποιες εγκαταστάσεις παραγωγής πετροβάμβακα και σκωριοβάμβακα στην Ευρώπη και στις Η.Π.Α από το 1900, ο κλάδος ξεκίνησε να αναπτύσσεται μετά τον 1^ο Παγκόσμιο Πόλεμο. Από το 1928 , λειτουργούσαν στις ΗΠΑ τουλάχιστον 8 βιομηχανίες .Ενώ από το 1939 , ο αριθμός των βιομηχανιών παραγωγής υαλοβάμβακα , πετροβάμβακα και σκωριοβάμβακα αυξήθηκε σε πάνω από 25 ^[21].

Οι βιομηχανίες παραγωγής υαλωδών ινών ("glass wool fibres") επεκτάθηκαν και σε νέες αγορές , όπως στον τομέα της κλωστοϋφαντουργίας , ενώ οι βιομηχανίες παραγωγής πετροβάμβακα ("rock-stone wool") και σκωριοβάμβακα ("slag wool") συνέχισαν να αναπτύσσονται μόνο στον τομέα των μονωτικών υλικών . Στις Η.Π.Α , τη δεκαετία του 1950 , ο αριθμός των βιομηχανιών παραγωγής πετροβάμβακα και σκωριοβάμβακα αυξήθηκε στο μέγιστο (80 με 90 εγκαταστάσεις) , ενώ στη συνέχεια μειώθηκε , γιατί ο υαλοβάμβακας κυριάρχησε στα μονωτικά υλικά .

Στην Ευρώπη , μέχρι τη δεκαετία του 1970, ο αριθμός των βιομηχανιών παραγωγής πετροβάμβακα αυξανόταν ,ενώ στη συνέχεια σταμάτησαν να αυξάνονται , αφού και στην Ευρώπη άρχισε να κυριαρχεί ο υαλοβάμβακας

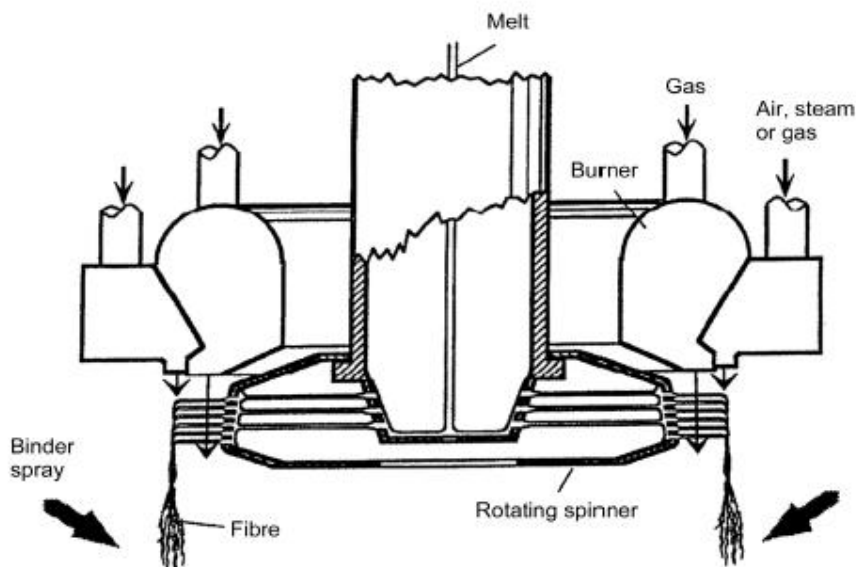
➤ **Υαλοβάμβακας – Glass wool**

Τα προϊόντα γυαλιού που παρασκευάζονται έχουν ως κύριο συστατικό το οξείδιο του πυριτίου (SiO_2) . Χρησιμοποιούνται επίσης , και άλλα οξείδια , αλλά η πυριτία είναι το κυριότερο συστατικό του εμπορικού γυαλιού , επειδή είναι άμεσα διαθέσιμο και δεν είναι ακριβό . Τα άλλα οξείδια που προστίθενται χρησιμοποιούνται είτε ως ενδιάμεσα είτε ως τροποποιητές . Τα ενδιάμεσα προϊόντα είναι : η αλουμίνα (Al_2O_3) , το οξείδιο του τιτανίου (TiO_2) και η ζιρκονία (ZrO_2).Ενώ, οι τροποποιητές , που συνήθως χρησιμοποιούνται , είναι : η μαγνησία (MgO) , το οξείδιο του λιθίου (Li_2O) , το οξείδιο του βαρίου (BaO) , το οξείδιο του ασβεστίου (CaO) , το οξείδιο του νατρίου (NaO) και του καλίου (K_2O) .

Τα ενδιάμεσα οξείδια προσδίδουν στο πυριτικό γυαλί υψηλότερο βαθμό χημικής αντοχής και μαζί με τα συλλιπάσματα ελέγχουν το ιξώδες του τήγματος ,το οποίο αποτελεί σημαντικό παράγοντα κατά τη διαδικασία παραγωγής των ινών. Ο υαλοβάμβακας αξιοποιείται συνήθως στον τομέα των μονωτικών υλικών .

Μέθοδος Παραγωγής Υαλοβάμβακα

Ο υαλοβάμβακας παράγεται μέσω μιας περιστροφικής διεργασίας που ονομάζεται ‘Rotary Process’ . Οι πρώτες ύλες αναμειγνύονται και λιώνουν σε ηλεκτρική κάμινο ή oxy-gas κάμινο ή σε θερμαινόμενο φούρνο φυσικού αερίου, επενδυμένο με πυρίμαχα τούβλα . Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα (σχήμα II.6) , το ρεύμα του τηγμένου γυαλιού ρέει μέσα από τον φούρνο και χύνεται μέσω οπών μέσα σε ειδικά σχεδιασμένους περιστρεφόμενους κυλίνδρους . Στη συνέχεια , το τήγμα μετατρέπεται σε ίνες εξαιτίας της φυγόκεντρου δύναμης . Οι ίνες λεπταίνουν με τη βοήθεια θερμών αερίων που εκλύονται από κυκλικό καυστήρα, ενώ τα μήκη και οι διαμέτροι των ινών δεν είναι καθορισμένα. Τέλος , οι ίνες ψεκάζονται με φαινολική ρητίνη , η οποία αποτελεί το συνδέτη , και με ορυκτέλαιο , προσδίδοντας έτσι ακεραιότητα , ανθεκτικότητα , αντοχή και ποιότητα στο τελικό προϊόν.



Εικόνα II.6: 'Rotary Process' – Βιομηχανική μέθοδος παραγωγής Υαλοβάμβακα ^[21]

➤ **Πετροβάμβακας ('Rock-Stone wool') και Σκωριοβάμβακας ('Slag wool')**

Οι τυπικοί πετροβάμβακες και σκωριοβάμβακες αποτελούνται από ασβεστιο – μαγνησιο – αλουμινο-πυριτικό γυαλί. Οι τρόποι παραγωγής τους είναι είτε η τήξη διαφόρων σκωριών μαζί ή ξεχωριστά σε φούρνο που καλείται 'coke-fired cupola', είτε τήξη σε ηλεκτρικό φούρνο .

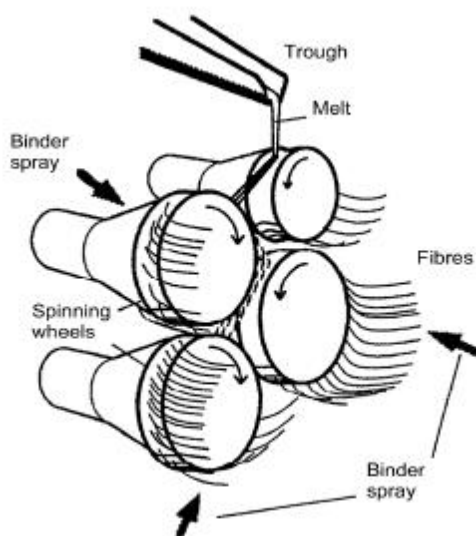
Στην παραγωγή σκωριοβάμβακα , το κύριο συστατικό που χρησιμοποιείται είναι η σκωρία από την χαλυβουργία , ενώ στην παραγωγή πετροβάμβακα , το κύριο συστατικό είναι ο βασάλτης , ενώ δευτερεύοντες είναι ο ασβεστόλιθος , η άργιλος και οι άστριοι .

Στην Ευρώπη , η παραγωγή σκωριοβάμβακα ξεκίνησε τη δεκαετία του 1880 και συνεχίστηκε μέχρι τα μέσα του 1940 . Μετά τον 2^ο Παγκόσμιο Πόλεμο , οι περισσότερες βιομηχανίες χρησιμοποιούσαν σαν πρώτες ύλες πετρώματα-rock , αντί της σκωρίας , γεγονός που συνεχίζει να συμβαίνει μέχρι σήμερα στις ευρωπαϊκές βιομηχανίες .

Στις Η.Π.Α , από το 1900 έως και το 1930 οι περισσότερες βιομηχανίες παρήγαγαν πετροβάμβακα . Στη συνέχεια όμως , οι βιομηχανίες αυτές μετατράπηκαν σε βιομηχανίες παραγωγής σκωριοβάμβακα , χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη τη σκωρία της χαλυβουργίας , αφού ήταν πιο φθινό προϊόν .Η σκωρία αποτελεί την κύρια πρώτη ύλη μέχρι και σήμερα στις βιομηχανίες παραγωγής σκωριοβάμβακα των Η.Π.Α

Μέθοδοι Παραγωγής Πετροβάμβακα και Σκωριοβάμβακα

Κατά τη μέθοδο παραγωγής πετροβάμβακα και σκωριοβάμβακα , το μείγμα , που πρόκειται να τακεί, αποτελεί ένα συνδυασμό από αλουμινο-πυριτικά ορυκτά , σκωρία χαλυβουργίας και ασβεστίτη ή δολομίτη. Επίσης , το μείγμα μπορεί να αποτελείται και από ανακυκλωμένα προϊόντα ή βιομηχανικά απόβλητα. Ο πιο συνηθισμένος φούρνος τήξης καλείται ‘ coke-fine hot-blast cupola’ . Το τήγμα συγκεντρώνεται στον πυθμένα του φούρνου και ρέει προς ένα στόμιο που βρίσκεται στο κατώτερο σημείο του φούρνου , από το οποίο και χύνεται πάνω σε ταχέως περιστρεφόμενους δίσκους , όπως φαίνεται και στο σχήμα II.7.

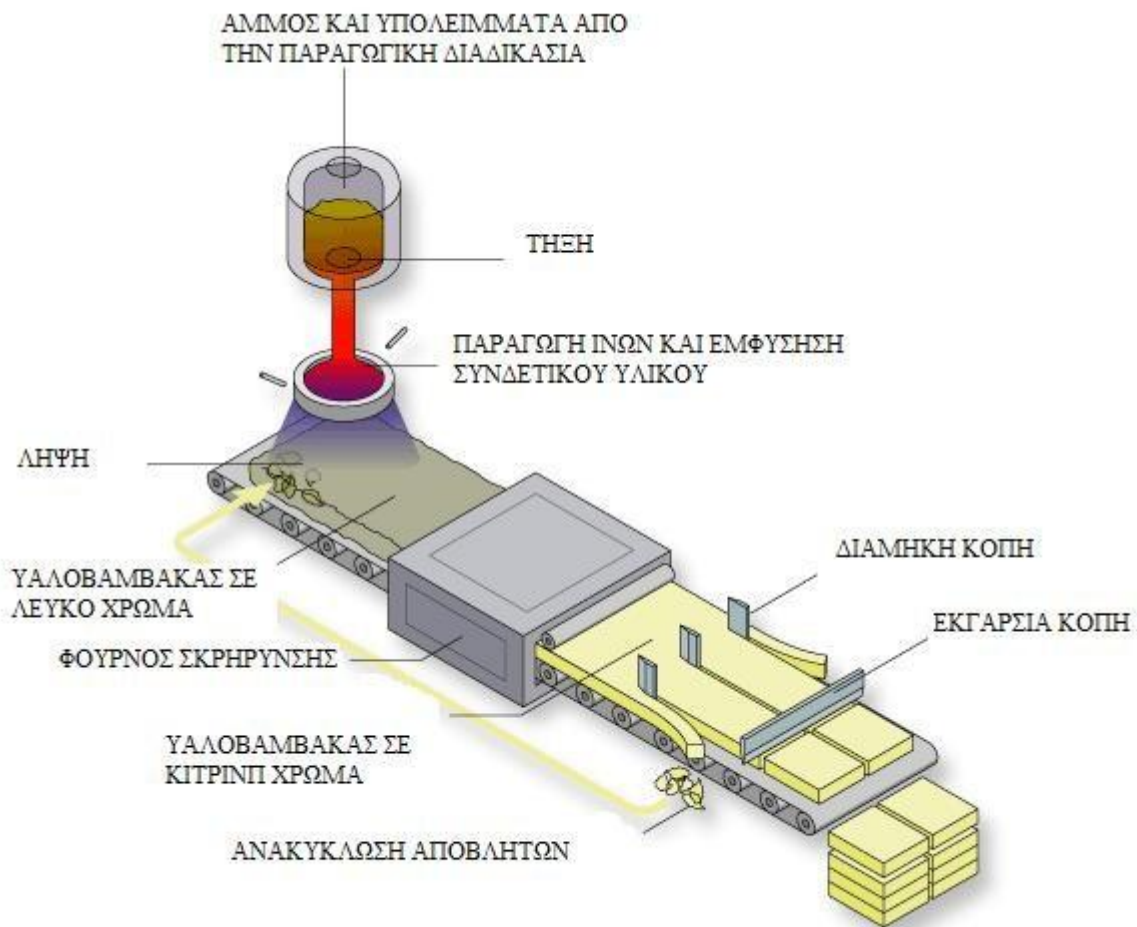


Εικόνα II.7: ‘Wheel centrifuge or spinning Process’ - Βιομηχανική Μέθοδος παραγωγής Πετροβάμβακα και Σκωριοβάμβακα.^[21]

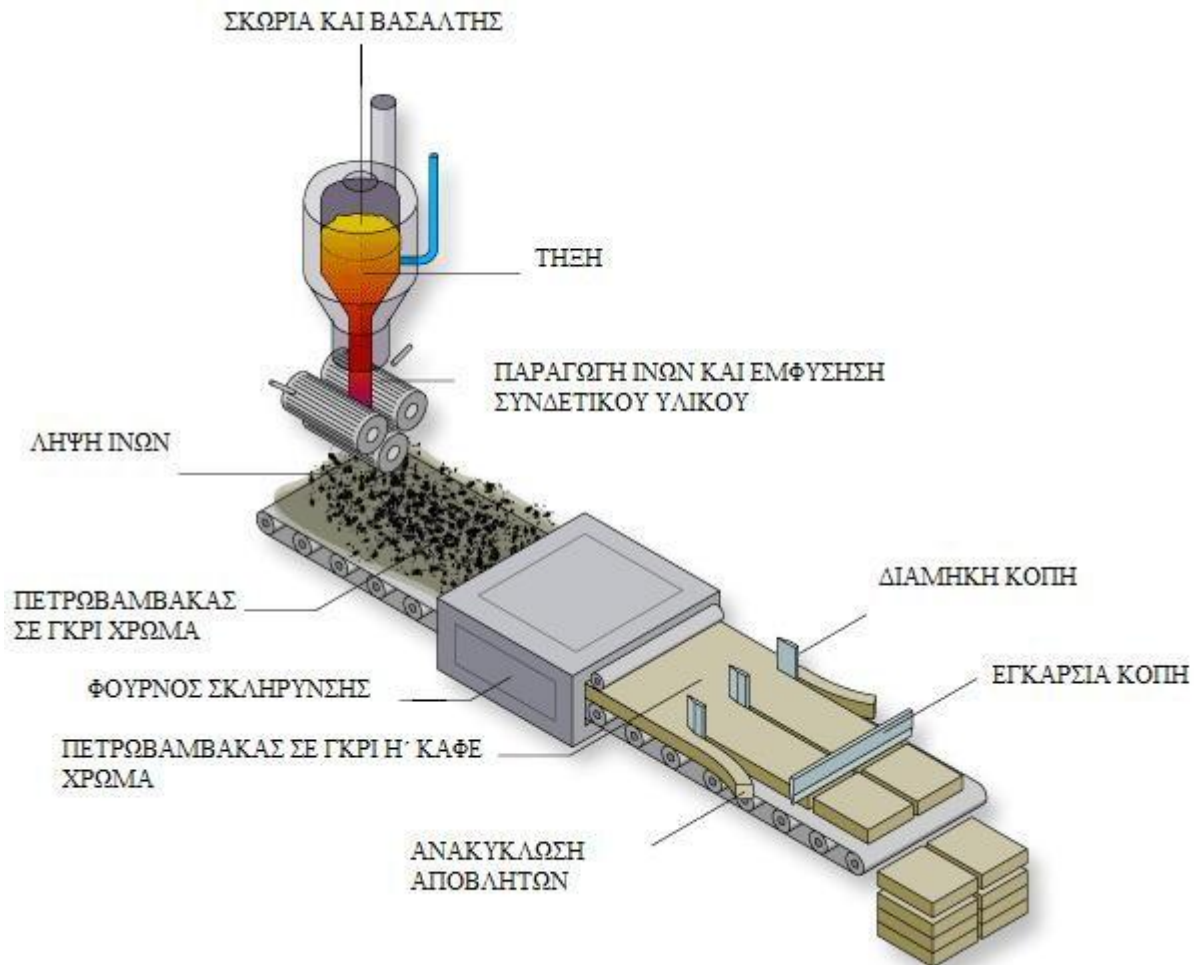
Σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα ,καθώς περιστρέφονται οι δίσκοι , το τήγμα μετατρέπεται σε ίνες . Το συνδετικό υλικό , που χρησιμοποιείται , είναι υδατικό διάλυμα φαινολικής ρητίνης και ψεκάζεται από σπρέι πάνω στις ίνες . Στο τέλος , οι ίνες ψύχονται με αέρα και κόβονται σε μεγέθη πριν συσκευαστούν .

II.4.7 Βιομηχανικές Μέθοδοι Παραγωγής Υαλοβάμβακα και Πετροβάμβακα

Στα παρακάτω σχήματα (σχήμα II.8 και σχήμα II.9) παρουσιάζεται μία πιο λεπτομερής αναπαράσταση των βιομηχανικών μεθόδων παραγωγής υαλοβάμβακα και πετροβάμβακα , καθώς επίσης περιγράφονται συνοπτικά τα στάδια παραγωγής των ‘ mineral wool’.



Εικόνα Π.8 : Βιομηχανική Μέθοδος Παραγωγής Υαλοβάμβακα^[23], πηγή : <http://www.eurima.org/production-process>



Εικόνα Π.9 : Βιομηχανική Μέθοδος Παραγωγής Πετροβάμβακα^[23] , πηγή : <http://www.eurima.org/production-process>

Περιγραφή Σταδίων Βιομηχανικής Μεθόδου Παραγωγής ‘Mineral Wool’ :

- 1. Τροφοδοσία :** Οι πρώτες ύλες αναμειγνύονται και οδηγούνται στο φούρνο τήξης .
 - ➔ Για την παραγωγή Υαλοβάμβακα : Οι πρώτες ύλες αποτελούν η άμμο πυριτίας , ο ασβεστόλιθος , το ανθρακικό νάτριο καθώς και τα υπολείμματα γυαλιού που προέρχονται από τη μέθοδο παραγωγής κατά το στάδιο του κοψίματος . Επίσης, παρατηρείται αύξηση στη χρήση του ανακυκλωμένου γυαλιού (τζάμια , μπουκάλια κ.α.) ως πρώτη ύλη , σε ποσοστό 30% με 60%. Σε πολλές εταιρείες παραγωγής υαλοβάμβακα το ποσοστό αυτό μπορεί να φτάσει στο 80%.
 - ➔ Για την παραγωγή Πετροβάμβακα-Σκωριοβάμβακα : Οι πρώτες ύλες αποτελούν πετρώματα ή ανακυκλωμένα προϊόντα και ενέργεια . Οι εταιρείες παραγωγής πετροβάμβακα και σκωριοβάμβακα καταβάλουν τα τελευταία χρόνια μεγάλη ώστε να χρησιμοποιήσουν περισσότερο

τα ανακυκλωμένα προϊόντα και ταυτόχρονα να διατηρήσουν την προσδοκώμενη ποιότητα. Η επαναχρησιμοποίηση των υπολειμμάτων γυαλιού από τη μέθοδο παραγωγής υαλοβάμβακα καθώς και των ανακυκλωμένων προϊόντων βοηθάει στη μείωση της ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή των ‘mineral wool’.

2. **Τήξη** : Οι θερμοκρασίες που λειτουργεί ο φούρνος τήξης είναι από 1300°C έως 1500°C. Τα απαέρια που παράγονται κατά τη διάρκεια παραγωγής των ‘mineral wool’ , φιλτράρονται και καθαρίζονται , ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις στο περιβάλλον.
3. **Παραγωγή Ίνων** : Το τήγμα αποχύνεται μέσω οπών σε περιστρεφόμενους κυλίνδρους είτε διαχέεται σε ταχέως περιστρεφόμενους δίσκους και μετατρέπεται σε ίνες .
4. **Προσθήκη Συνδετικού υλικού** : Στις ίνες εμφανίζονται μικρές ποσότητες συνδετικών υλικών , των οποίων η σύσταση και η πυκνότητα καθορίζεται από την τελική χρήση για την οποία προορίζεται το προϊόν.
5. **Διαδικασία Σκλήρυνσης** : Ο φούρνος σκλήρυνσης λειτουργεί περίπου στους 200 °C.
6. **Κοπή** : Τα τελικά προϊόντα των ‘mineral wool’ έχουν συγκεκριμένες προδιαγραφές όπως στο σχήμα και στις διαστάσεις . Τα υπολείμματα γυαλιού και τα σκραπ των ‘mineral wool’ ανακυκλώνονται και στέλνονται πίσω στο στάδιο της τροφοδοσία .
7. **Συσκευασία** : Τα ‘mineral wool’ μπορούν να συμπιεστούν και να μειωθεί ο όγκος τους, εξαιτίας της ελαστικότητάς τους, με σκοπό την ευκολότερη και οικονομικότερη μεταφορά και αποθήκευσή τους .
8. **Απαέρια και απόβλητα** : Τα απόβλητα της παραγωγής των ‘mineral wool’ αποτελούν κυρίως τα υπολείμματα γυαλιού από το στάδιο της κοπής , τα οποία ανακυκλώνονται κατά την παραγωγική διαδικασία ,με σκοπό την μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων αλλά και της τροφοδοσίας .Τα απαέρια φιλτράρονται και καθαρίζονται , ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις στο περιβάλλον.

II.4.8 Χρήσεις Ορυκτοβάμβακα, Πετροβάμβακα και Σκωριοβάμβακα

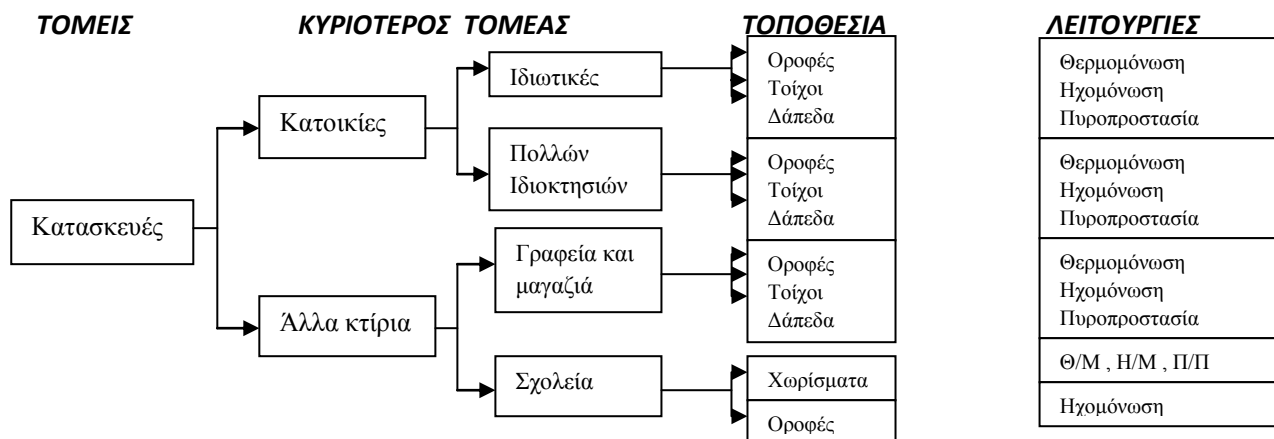
Ανεξάρτητα από τη μέθοδο αλλά και τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στη παραγωγή ινών των ‘Mineral wool’ , οι ίνες μπλέκονται και σχηματίζουν μία μάζα μέσα στην οποία εγκλωβίζονται εκατομμύρια μικρά κενά αέρα . Αυτά τα κενά αέρα συνιστούν ένα φράγμα που εμποδίζει την μετάδοση τόσο της θερμότητας όσο και του ήχου. Γι’ αυτό το λόγο , τα υλικά αυτά χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά στη θερμομόνωση αλλά και στην ηχομόνωση κτιρίων . Η μεγαλύτερη εφαρμογή των προϊόντων ‘ Mineral Wool’, περίπου το 70% της παραγωγής τους , προορίζεται για μόνωση κτιρίων . Τα κτήρια που μονώνονται μπορεί να είναι από απλές κατοικίες έως και πολύπλοκες βιομηχανικές εγκαταστάσεις .Τμήματα των κτιρίων που μονώνονται μπορεί να είναι οι οροφές , οι τοίχοι , τα δάπεδα κλπ. Ο υαλοβάμβακας (‘glass wool’) τοποθετείται σε χώρους κτιρίων όπως οι τοίχοι και οι σοφίτες .

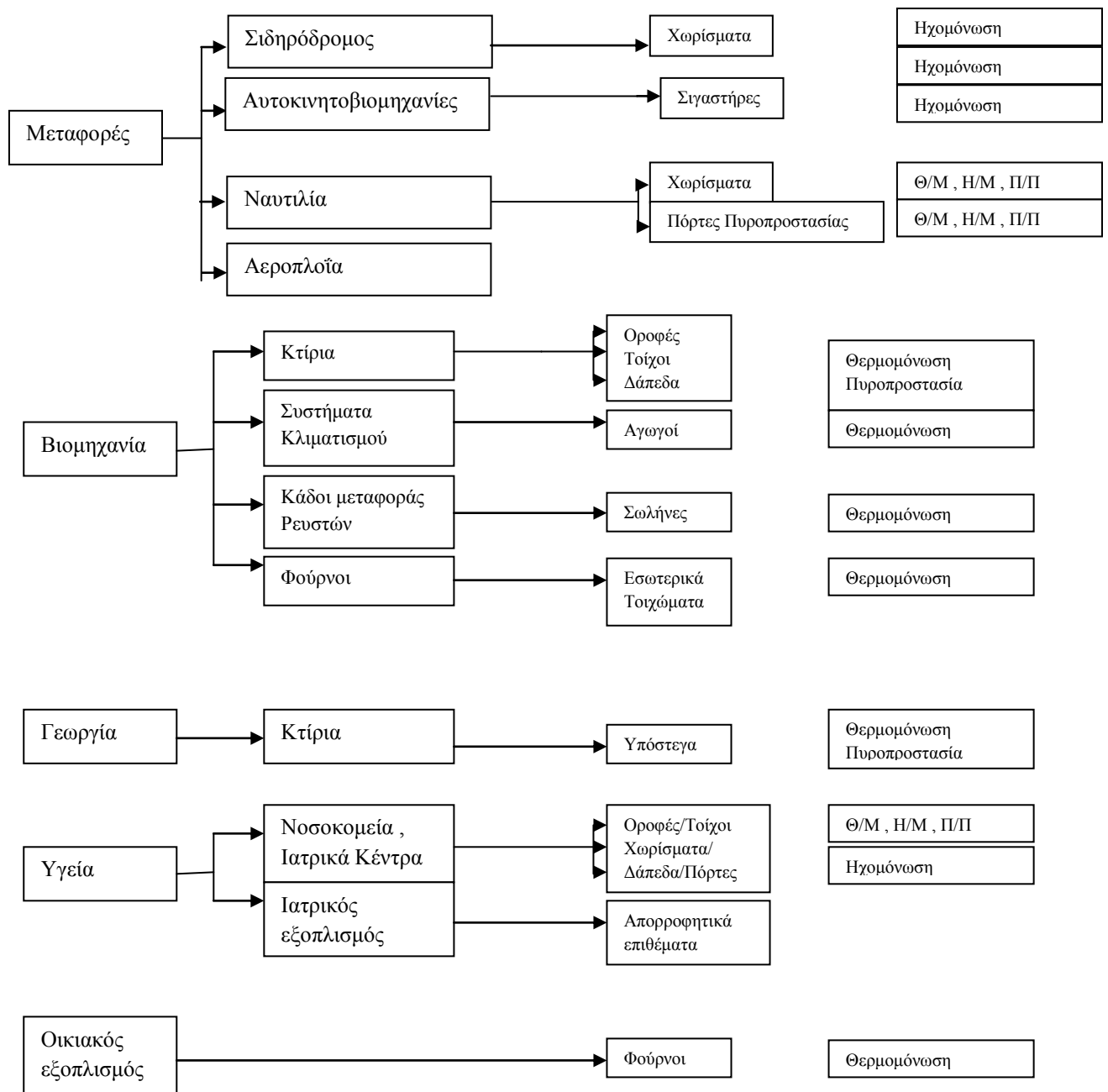
Ο πετροβάμβακας (‘rock-stone wool’) αλλά και οι υαλώδεις ίνες (‘glass fibers’) τοποθετούνται στα κεραμίδια και παρέχουν πυροπροστασία , θερμομόνωση και ηχομόνωση. Καλύμματα και υφάσματα από πετροβάμβακα και υαλοβάμβακα αλλά και ίνες παρασκευασμένες από σκωρία χαλυβουργίας χρησιμοποιούνται τόσο σε κατοικίες όσο και σε άλλα κτίρια . Ενώ μονωτικοί σωλήνες χρησιμοποιούνται περισσότερο σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις , με σκοπό την ενεργειακά αποδοτικότερη λειτουργία τους.

Τα προϊόντα από ορυκτοβάμβακα (‘Mineral Wool’) χρησιμοποιούνται και για την ηχομόνωση των κτιρίων και τοποθετούνται στα δάπεδα, στις οροφές αλλά και στους εσωτερικούς τοίχους, με αποτέλεσμα την σημαντική μείωση της μετάδοσης του ήχου.

Επίσης ,τα ‘mineral wool’ χρησιμοποιούνται και στη μόνωση των μέσων μεταφοράς , όπως αυτοκίνητα , πλοία , αεροσκάφη και διαστημόπλοια . Με την μόνωση των μέσων αυτών με υαλοβάμβακα πετυχαίνεται η ενίσχυση των αποδόσεών τους αλλά και οι κατάλληλες κλιματικές συνθήκες που απαιτούνται για την μεταφορά των ανθρώπων και των προϊόντων .

Στο παρακάτω διάγραμμα (διάγραμμαII.6)δίνονται όλες οι κύριες χρήσεις^[21] του υαλοβάμβακα , του πετροβάμβακα και του σκωριοβάμβακα.





Διάγραμμα Π.6 : Χρήσεις των ‘Mineral Wool’ [21]

II.E Τα Μονωτικά Υλικά

II.E.1 Γενικά για τον κλάδο των Μονωτικών Υλικών

Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο II.Δ.1 και σύμφωνα με το διάγραμμα II.3^[22], ο ορυκτοβάμβακας (δηλαδή όλα τα 'mineral wool' πετροβάμβακας, υαλοβάμβακας και σκωριοβάμβακας) καταλαμβάνουν το 44% της παγκόσμιας αγοράς των μονωτικών υλικών, ενώ τα προϊόντα πολυουρεθάνης το 23%, η διογκωμένη πολυστερίνη (ESP) το 13%, η εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS) το 8%, ενώ το υπόλοιπο 5% καταλαμβάνεται από άλλα υλικά όπως ο περλίτης, το αφρώδες PVC, οι ίνες πολυεστέρα, το 'Heraklith', ο διογκωμένος φελλός κ.α.

Διογκωμένη Πολυστερίνη (EPS)

Η διογκωμένη πολυστερίνη, το γνωστό 'φελιζόλ', ανήκει στα οργανικά τεχνητά θερμομονωτικά υλικά. Με ειδική επεξεργασία πολυμερισμού, η πρώτη ύλη παίρνει τη μορφή μικρών κόκκων με σταθερή χημική σύσταση και θερμοπλαστικές ιδιότητες. Αποτελεί όμως ένα υλικό μη φιλικό προς το περιβάλλον αλλά προς την υγεία του ανθρώπου, καθώς κατά την παραγωγή του, οι ποσότητες στυρολίου που διαφεύγουν στο περιβάλλον, πριν αυτό ακόμη πολυμεριστεί και διαμορφωθεί, είναι τοξικές.

Η διογκωμένη πολυστερίνη ήταν από τα πρώτα θερμομονωτικά υλικά που εμφανίστηκαν και επί δεκαετίες υπήρξε το πλέον χρησιμοποιούμενο υλικό στη θερμομόνωση των κατασκευών.

Εξακολουθεί όμως να έχει μεγάλο εύρος εφαρμογών^[29] στις κατασκευές :

- Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας
- Θερμομόνωση στοιχείων από σκυρόδεμα
- Θερμομόνωση στεγών
- Πλήρωση κενών πλακών Zollner
- Πλήρωση κενών μεγάλων αρμών διαστολής
- Καλούπια για κορνίζες ή σχήματα στις επιφάνειες σκυροδέματος

Τα πλεονεκτήματα^[29] της διογκωμένης πολυστερίνης είναι τα εξής :

- Εύχρηστο υλικό (μεταφέρεται, κόβεται και τοποθετείται πολύ εύκολα).
- Έχει χαμηλό κόστος, με αποδεκτές θερμομονωτικές ιδιότητες.
- Καλή 'συνεργασία' με όλα τα οικοδομικά υλικά.
- Δίνει λύσεις -ίσως και μοναδικές- σε εφαρμογές όπου απαιτούνται ειδικές διαστάσεις (αρμοί- πλάκες Zollner) και ειδικά σχήματα (κορνίζες).

Τα μειονεκτήματα της διογκωμένης πολυστερίνης είναι τα εξής :

- Εάν χρησιμοποιηθεί χωρίς να σταθεροποιηθεί, συρρικνώνεται και επίσης κρατά την υγρασία που εισχωρεί στη μάζα της.
- Στις χαμηλές πυκνότητες δεν έχει μηχανικές αντοχές.
- Αποκλείεται η εφαρμογή της σε χώρους όπου αναπτύσσονται υψηλές θερμοκρασίες.
- Προσβάλλεται από την ηλιακή ακτινοβολία.
- Προσβάλλεται από διαλύτες, έντομα και τρωκτικά.
- Είναι εύφλεκτη και στη φωτιά εκλύει αέρια.

Εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS)

Η εξηλασμένη πολυστερίνη ανήκει στα οργανικά τεχνητά θερμομονωτικά υλικά ‘κλειστής κυψελικής δομής’ . Παράγεται από θερμοπλαστική πολυστερίνη , η οποία με μία διαδικασία πολυμερισμού και διαρκούς εξέλασης παίρνει την μορφή πλακών. Η εξηλασμένη πολυστερίνη ανήκει στα υλικά που προέρχονται από υδρογονάνθρακες , μια μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας . Κατά την παραγωγή της καταναλώνονται μεγάλα ποσά ενέργειας , ενώ εκλύονται στο περιβάλλον τοξικά πτητικά αέρια ,όπως χλωροφθοράνθρακες , πεντάνιο κ.α. , γεγονός που την καθιστά ως ένα υλικό μη φιλικό προς το περιβάλλον αλλά και προς την υγεία του ανθρώπου . Επίσης , η εξηλασμένη πολυστερίνη δεν αποτελεί ανακυκλώσιμο υλικό . Η εξηλασμένη πολυστερίνη^[29] χρησιμοποιείται κατεξοχήν στη θερμομόνωση των κατασκευών και τοποθετείται :

- Σε εξωτερική τοιχοποιία και στοιχεία από σκυρόδεμα
- Σε δωμάτια και στέγες
- Σε τοιχία υπόγειων χώρων
- Σε δάπεδα
- Σε ψυκτικούς θαλάμους

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της είναι τα εξής :

- Οι υψηλές θερμομονωτικές ιδιότητες.
- Η αντοχή στην υγρασία και σχεδόν μηδενική υδατοαπορρόφηση
- Η υψηλή αντοχή σε συμπίεση
- Ότι δεν προσβάλλεται από μύκητες και βακτηρίδια
- Ότι μεταφέρεται και τοποθετείται πολύ εύκολα.
- Αυτοσβενούμενο υλικό
- Έχει ομοιομορφία μάζας και σταθερότητα διαστάσεων
- Οι ειδικές πλάκες με εγκοπές προσφέρουν άριστη πρόσφυση σε σκυρόδεμα και επιχρίσματα

Όπως και τα περισσότερα πολυμερή μονωτικά έχει ευαισθησία στην ηλιακή ακτινοβολία.

Πολυουρεθάνη -PUR

Η πολυουρεθάνη ανήκει στα οργανικά τεχνητά θερμομονωτικά υλικά ‘κλειστής κυψελωτής δομής’ . Κατά την παραγωγή της καταναλώνονται μεγάλα ποσά ενέργειας , ενώ κατά την χρήση της εκλύονται στο περιβάλλον υδροχλωροφθοράνθρακες που απελευθερώνουν αμίνες άκρως επικίνδυνες για τον άνθρωπο . Σε περίπτωση πυρκαγιάς παράγεται κυάνιο , το οποίο είναι ιδιαίτερος τοξικό . Η πολυουρεθάνη μπορεί να παραχθεί και επιτόπου στο εργοτάξιο, προκειμένου να εφαρμοστεί στις επιφάνειες, εφόσον όμως διατίθεται ο κατάλληλος εξοπλισμός για την ανάμιξη των δύο συστατικών της και την εκτόξευση του υλικού υπό πίεση. Αυτή όμως είναι μια διαδικασία που εξαρτάται από πολλές παραμέτρους και η επιτυχής εφαρμογή βασίζεται στην πείρα και στην ικανότητα του συνεργείου, αλλά και στην ποιότητα του διατιθέμενου εξοπλισμού, στις κατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία, άνεμος) κλπ.

Το εύρος των εφαρμογών^[29] της πολυουρεθάνης είναι πολύ μεγάλο . Χρησιμοποιείται στα κτίρια , πολύ περισσότερο όμως σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις , γιατί διατηρεί τις ιδιότητες της ακόμη και σε χαμηλές θερμοκρασίες .

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα^[29] της πολυουρεθάνης είναι τα εξής :

- Ιδιαίτερα χαμηλός συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας.
- Μικρή υδροαπορρόφηση και ικανοποιητικός συντελεστής διάχυσης υδρατμών.
- Σταθερότητα διαστάσεων.
- Αντοχή στη γήρανση και τη σήψη.
- Αυξημένη αντοχή σε μηχανικές και θερμικές καταπονήσεις.
- Καλές χημικές αντοχές.
- Ευκολία στην μεταφορά και την τοποθέτηση.
- Αυτοσβενούμενο υλικό.

Το μειονέκτημά της είναι ότι αλλοιώνεται επιφανειακά, όταν εκτίθεται για μεγάλο χρονικό διάστημα συνεχώς στην υπεριώδη ακτινοβολία και ότι προσβάλλεται από τρωκτικά.

Αφρώδες PVC

Το αρμαφλέξ είναι ένα μίγμα αφρώδους PVC και πολυαιθυλενίου , το οποίο βρίσκεται εφαρμογές σε πολλά από τα προϊόντα που χρησιμοποιούνται σήμερα στις κατασκευές .Χρησιμοποιείται κυρίως στην μόνωση σωλήνων σε κλιματικές συσκευές και σωλήνων ζεστού νερού και σε μορφή φύλλων για την κάλυψη μεγάλων βιομηχανικών σωληνώσεων .

Ίνες πολυεστέρα

Οι ίνες πολυεστέρα έχουν υψηλή ηχοαπορροφητική^[30] και θερμομονωτική ικανότητα αλλά και διακοσμητική όψη . Γι 'αυτό εφαρμόζονται στις κατασκευές που απαιτείται υψηλή ηχομόνωση σε συνδυασμό με αποδεκτή θερμομόνωση όπως σε θέατρα , κινηματογράφους , χώρους ψυχαγωγίας κτλ. Το υλικό αυτό κατασκευάζεται από θερμοσυγκολλητές^[30] ίνες πολυεστέρα , χωρίς τη χρήση ρητινών ή άλλων συγκολλητικών ουσιών . Παράγεται σε διαφορετικές πυκνότητες και πάχη για την επίτευξη των επιθυμητών ακουστικών χαρακτηριστικών , ενώ είναι δυνατόν να συνδυαστεί με συνθετική αντικραδασμική – ηχομονωτική μεμβράνη και διατίθεται και σε αυτοκόλλητη παραλλαγή .

Η εκπομπή του στυρολίου κατά την παραγωγή τους , μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την υγεία των ανθρώπων αν και υπάρχουν δείγματα με χαμηλούς βαθμούς εκπομπής . Οι ρητίνες πολυεστέρα παρέχονται ως υγρά που μετατρέπονται σε υλικά στερεάς κατάστασης με την προσθήκη ενός καταλύτη.

Τα πλεονεκτήματα των ινών πολυεστέρα είναι τα εξής :

- Έχει εξαιρετική μηχανική αντοχή.
- Δεν είναι τοξικό
- Δεν παράγει πυκνό καπνό κατά την καύση του.
- Έχει ιδιαίτερη αντοχή στη φωτιά, στις υψηλές θερμοκρασίες και την υπέρυθη ακτινοβολία.
- Είναι αυτοσβενούμενο

Περλίτης

Ο περλίτης είναι μια φυσική ηφαιστειακή ύαλος που σχηματίζεται με την απότομη ψύξη και στερεοποίηση ηφαιστειακής λάβας, εγκλωβίζοντας νερό στη μάζα του. Στην ύπαρξη του νερού αυτού οφείλεται η πιο σημαντική φυσική ιδιότητα του περλίτη^[31], που είναι η ικανότητά του να διογκώνεται σε θερμοκρασίες 800-950° C. Μια λευκή μάζα από μικροσκοπικές γυάλινες φουσαλίδες σχηματίζεται με την απότομη ελεγχόμενη θέρμανση, ο περλίτης διογκώνεται και το παγιδευμένο νερό εξατμίζεται. Ο όγκος του αυξάνεται δέκα έως είκοσι φορές με αντίστοιχη ελάττωση του ειδικού βάρους του, αποκτώντας έτσι ξεχωριστές ιδιότητες θερμικής και ηχητικής μόνωσης, ενώ παράλληλα γίνεται εξαιρετικά πορώδης. Χάρη στις παραπάνω ιδιότητές του, ο περλίτης αποτελεί απαραίτητο συστατικό των ελαφρών κονιαμάτων και ένα σημαντικό συστατικό των πλακιδίων οροφής για ηχητική μόνωση.

Ο διογκωμένος περλίτης έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά^[31] :

- Φυσική σταθερότητα
- Χημική αδράνεια
- Ελαφρότητα (χαμηλό ειδικό βάρος)
- Θερμομόνωση σε υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες
- Ηχομόνωση
- Ασφάλεια και ευκολία στη χρήση
- Φιλικότητα προς το περιβάλλον
- Υψηλή λειαντική ικανότητα
- Πυροπροστασία
- Ουδέτερο pH
- Βέλτιστος αερισμός

Οι εφαρμογές του περλίτη στις κατασκευές :

- Ηχομονωτικά πλακίδια, κεραμίδια οροφής, κεραμίδια στέγασης, ψευδοροφές και μονωτικές πλάκες
- Σοβάδες, κονιάματα, ελαφρογενείς αδρανείς ύλες για στέγες και επιστρώσεις
- Κρυογενικές μονώσεις και μονώσεις σωληνώσεων σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις

Heraklith

Το Heraklith^[32] αποτελεί ένα αποδεκτό οικολογικό προϊόν και διατίθεται στην αγορά ως πλάκες ξυλόμαλλου Heraklith συνδυάζοντας όλες τις καλές και προστατευτικές ιδιότητες του ξύλου . Είναι ανθεκτικό στο χρόνο και έχει την ίδια διάρκεια ζωής με την κατασκευή στην οποία χρησιμοποιείται ενώ ταυτόχρονα την προστατεύει από την πυρκαγιά λειτουργώντας ως θερμική ασπίδα προστασίας .Το Heraklith εξασφαλίζει εξαιρετικές ακουστικές ιδιότητες λόγω της ανοιχτής επιφανειακής δομής τους και δεν επηρεάζεται από την υγρασία. Επίσης, είναι ανακυκλώσιμο υλικό , δεν εκλύει τοξικές ουσίες και δεν προκαλεί προβλήματα στην υγεία των ανθρώπων . Παρόλο που στην Ευρώπη υπάρχουν και το Eco-lith και το Fibralth , υλικά παρόμοιου είδους με το Heraklith , στην Ελλάδα χρησιμοποιείται μόνο το Heraklith.

Διογκωμένος Φελλός

Ο διογκωμένος φελλός ανήκει στα μονωτικά που προέρχονται από υλικά που παράγονται από ανανεώσιμες πηγές . Είναι πλήρως ανακυκλώσιμο προϊόν και απόλυτα φιλικό προς το περιβάλλον αλλά και προς την υγεία του ανθρώπου. , εφόσον οι κατασκευαστικές εταιρείες δεν χρησιμοποιούν συνθετικές κόλλες.

Το κύριο μειονέκτημα του είναι το κόστος του ,το οποίο είναι αρκετά υψηλό καθώς στην Ελλάδα δεν υπάρχουν φυτείες φελλοδρυού (Quercus- βελανιδιών^[29]) ,οι οποίες εμφανίζονται κυρίως σε χώρες της Δυτικής Μεσογείου και από τις οποίες προέρχεται ο διογκωμένος φελλός. Η Ευρώπη προμηθεύεται αυτό το υλικό από την Πορτογαλία , κύρια χώρα παραγωγός .

Στις περισσότερες Ευρωπαϊκές Χώρες διατίθενται στην αγορά ποικίλα οικολογικά μονωτικά προϊόντα, τα οποία έχουν ως βάση το λινάρι , το βαμβάκι και την άργιλο. Παρόλο που στην χώρα μας οι συγκεκριμένες πρώτες ύλες βρίσκονται σε αφθονία , οικολογικά μονωτικά προϊόντα δεν παράγονται .

Ενώ στην Ευρώπη χρησιμοποιείται το λινάρωμαλλο , τα ρολά από ίνες κοκοφοίνικα , η τζίβα σε φύλλα και λωρίδες , η διογκωμένη άργιλος και μονωτικό υλικό από υπολείμματα βαμβακιού, στην χώρα μας συνεχίζεται η τοποθέτηση μονωτικών υλικών πλούσιων σε αμιάντο και φορμαλδεΰδη στις κατασκευές , παρά το γεγονός ότι έχει απαγορευτεί η χρήση τους.

Τα «κλασικά» χαρακτηριστικά ιδιοτήτων των κυριότερων υλικών της αγοράς, όπως έχουν πιστοποιηθεί επί σειρά ετών, και οι δυνατές τους χρήσεις φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (πίνακα Π.13)^[32] .

Πίνακας Π.13^[32] :Κύριες Ιδιότητες και Χρήσεις των Θερμομονωτικών Υλικών

| Υλικά | Πυκνότητα ρ [kg/m ³] | Συντελεστής Αγωγιμότητας λ [W/m ² K] | Ωφέλιμη διάρκεια ζωής [έτη] | Χρήση |
|--|--|---|-----------------------------------|---|
| Διογκωμένη Πολυστερίνη | 15-30 | 0.4 | 50 | Τοίχοι , στέγες , δάπεδα , τοιχεία |
| Εξηλασμένη Πολυστερίνη | 25-35 | 0.28-0.32 | 50 | Τοίχοι , στέγες , δάπεδα , τοιχεία |
| Σκληρές πλάκες πολυουρεθάνης | 30-35 | 0.25-0.30 | 50 | Τοίχοι , στέγες , δάπεδα , τοιχεία |
| Αφρός Πολυουρεθάνης | 35-40 | 0.30-0.35 | 30-50 | Σε όλα τα τοιχεία , ειδικότερα σε αυτά με καμπύλη γεωμετρία |
| Υαλοβάμβακας | 18-40 | 0.35-0.5 | 30-50 | Τοίχος , στέγες , δάπεδα , τοιχεία , ηχομόνωση – θερμομόνωση |
| Πετροβάμβακας | 30-150 | 0.35-0.5 | 30-50 | Τοίχος , στέγες , δάπεδα , τοιχεία , βιομηχανικές εγκαταστάσεις , ηχομόνωση – θερμομόνωση |
| Ξυλόμαλλο | 360-570 | 0.90 | 75-100 | Τοίχοι , στέγες , δάπεδα , τοιχεία , εξωτερική θερμομόνωση , φέρουσες κατασκευές |
| Σύνθετες Πλάκες : Ξυλόμαλλου-Πολυστερίνης Ξυλόμαλλου- Πετροβάμβακα | | 0.40-0.45 | 50-75 | Τοίχοι , στέγες , δάπεδα , τοιχεία , εξωτερική θερμομόνωση , φέρουσες κατασκευές |
| Φελλός | 120-200 | 0.45-0.55 | 50-80 | Τοίχοι , στέγες , δάπεδα , τοιχεία |

| | | | | |
|---------------|---------|-----------|-------|--|
| Αφρώδες Γυαλί | 100-150 | 0.45-0.50 | 50-80 | Τοίχοι , στέγες , δάπεδα , τοιχεία , για χώρους που δέχονται αυξημένα φορτία , χώροι στάθμευσης οχημάτων και βαρέων οχημάτων |
|---------------|---------|-----------|-------|--|

Η.Ε.2 Οι ιδιότητες των μονωτικών υλικών που έχουν μεγαλύτερη σημασία σήμερα

Σήμερα , στην ευρωπαϊκή αγορά οι ιδιότητες^[32] των υλικών που αποκτούν μεγαλύτερη σημασία είναι :

- Ο ενεργειακός ισολογισμός των υλικών , που αφορά τον προσδιορισμό των στοιχείων κατανάλωσης ενέργειας για ολόκληρο τον κύκλο ζωής τους σε τρεις φάσεις , κατά την παραγωγή , την χρήση και την απόρριψη.
- Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής τους
- Οι επιπτώσεις τους στην υγεία των ανθρώπων , τόσο των εργαζομένων κατά την παραγωγή τους ή την τοποθέτησή τους , όσο και των υπόλοιπων ανθρώπων που επηρεάζεται από την χρήση τους

Ενεργειακός Ισολογισμός

Η εφαρμογή του ενεργειακού ισολογισμού σε μία κατασκευή προϋποθέτει στην περίπτωση της κατασκευής τον προσδιορισμό των στοιχείων κατανάλωσης ενέργειας για ολόκληρο τον κύκλο ζωής της , από την κατασκευή ως την κατεδάφιση της και περιλαμβάνει τις 3 εξής φάσεις :

1. Την "παραγωγή" , διεργασία που καλύπτει την παραγωγή και την συσκευασία των υλικών , τη μεταφορά στο χώρο χρήσης των υλικών και τις εργασίες τοποθέτησής τους .
2. Την χρήση , που αφορά τις όποιες εργασίες συντήρησης και την εξοικονόμηση ενέργειας.
3. Την απόρριψη , που αφορά την επιλεκτική αποξήλωση ή κατεδάφιση , την διαλογή , την μεταφορά και την πιθανή ανακύκλωση ή επαναξιοποίηση .

Τα δεδομένα που απαιτούνται για την διαμόρφωση του ενεργειακού ισοζυγίου είναι πολλά και όχι πάντα εύκολα προσδιορίσιμα . Για το σκοπό αυτό , από τα μέσα της δεκαετίας του 1990 άρχισαν να δημιουργούνται βάσεις δεδομένων που περιλαμβάνουν τα απαραίτητα στοιχεία κατά κλάδο και είδος προϊόντων . Ωστόσο , η υιοθέτηση και η χρήση αυτών των προϊόντων δεν μπορεί να γίνεται χωρίς δεύτερη σκέψη και έλεγχο, καθώς ακόμα και για ένα ίδιο , τυποποιημένο προϊόν από επιχείρηση σε επιχείρηση διαφέρει και πολύ περισσότερο από χώρα σε χώρα διαφοροποιούνται οι διαδικασίες παραγωγής , η μορφή της ενέργειας που χρησιμοποιείται , ακόμα και ο τρόπος και η απόσταση μεταφοράς από το χώρο παραγωγής στο εργοτάξιο .

Επιπτώσεις στο περιβάλλον και στην υγεία

Η αυξανόμενη ευαισθησία σε θέματα περιβαλλοντικής διαχείρισης έχει οδηγήσει στη θεσμοθέτηση μέτρων που διαμορφώνουν μια νέα πολιτική στον τομέα των κατασκευών. Η πολιτική αυτή αφορά την αποτίμηση της συνολικής περιβαλλοντικής επίπτωσης των υλικών, και εκφράζεται με μέτρα όπως η επιπλέον οικονομική επιβάρυνση στο κόστος αγοράς των υλικών, που καλύπτει αφενός την υποχρέωση του κατασκευαστή να μεριμνήσει για την αποκομιδή των οικοδομικών προϊόντων μετά την συμπλήρωση του κύκλου ωφέλιμης ζωής της κατασκευής και αφετέρου την ανακύκλωσή τους, ή η υποχρέωση του παραγωγού του υλικού να μεριμνήσει για την αποτελεσματική διαχείριση του αποξηλούμενου υλικού. Ταυτόχρονα, έχει αναπτυχθεί ένας έντονος προβληματισμός για τις επιπτώσεις, δεδομένες ή δυνατές, από χρήση των θερμομονωτικών υλικών, με χαρακτηριστικότερη περίπτωση τη σύγκριση των δύο κυρίαρχων ομάδων υλικών, των αφρωδών και των ινωδών. Η μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των υλικών διακρίνει μεθοδολογικά τρεις φάσεις :

1. Την παραγωγή, που αφορά κυρίως τη βιομηχανία και τους κανονισμούς προστασίας του περιβάλλοντος, ασφαλείας και προστασίας των εργαζομένων
2. Τη χρήση, που αφορά τους εργαζόμενους κατά την κατασκευή του κτιρίου, αλλά και τη χρήση, που αφορά την ποιότητα αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου, αλλά και τη συμπεριφορά σε περίπτωση πυρκαγιάς
3. Την απόρριψη, που αφορά τις δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και ασφαλούς εναπόθεσης των υλικών στο πέρας της ωφέλιμης ζωής του κτιρίου.

Κατά την παραγωγή

Αφρώδη υλικά: Οι περισσότερες έρευνες στις διαδικασίες παραγωγής, έδειξαν ότι κατά την παραγωγή και την κατασκευή της διογκωμένης πολυστερίνης δεν εμφανίζονται επικίνδυνες επιβαρύνσεις, όπως αυτές οριοθετούνται από τους ισχύοντες βιομηχανικούς κανονισμούς ασφαλείας. Οι παρατηρούμενες επιβαρύνσεις αφορούν το στυρόλιο, το πεντάνιο, το βενζόλιο και τους υδρογονάνθρακες, σε μικρές ποσότητες. Το πεντάνιο, που δεν είναι τοξικό αέριο, αποδεσμεύεται κατά το ήμισυ στη διάρκεια της παραγωγής αφρού και το υπόλοιπο σε διάστημα μερικών εβδομάδων, οπότε έχει αποδεσμευτεί προτού τοποθετηθεί το υλικό. Οι ποσότητες βενζολίου, το οποίο είναι δραστικό και δηλητηριώδες, είναι μικρές και εκπέμπονται κατά την παραγωγή, οπότε πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για τον αερισμό. Η μέγιστη συγκέντρωση μονοστυρολίου εμφανίζεται 8 μέρες μετά την παραγωγή, εφόσον, όμως, ο χώρος αποθήκευσης του έτοιμου προϊόντος αερίζεται επαρκώς δεν δημιουργούνται προβλήματα. Το πιο επικίνδυνο σημείο κατά την παραγωγή αφορά τη διαφυγή στυρολίου στο περιβάλλον, πριν αυτό ακόμη πολυμεριστεί και διαμορφωθεί, το οποίο είναι τοξικό. Στη Γερμανία, για την οποία υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία, εκτιμάται ότι περίπου 6,000 τόνοι στυρολίου καταλήγουν ετησίως στο περιβάλλον^[32].

Για την παραγωγή της εξηλασμένης πολυστερίνης χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη το στυρόλιο, το CO₂ ως προωθητικό αέριο σε ποσοστό από 3 έως 7%, στοιχεία αύξησης της πυραντοχής σε ποσοστό από 1 έως 6% και ως βοηθητικές ύλες, όπως το ταλκ και χρωστικές ουσίες, που δίνουν το χαρακτηριστικό για κάθε εταιρία χρώμα στο τελικό προϊόν. Για το στυρόλιο ισχύουν όσα αναφέρθηκαν και για τη διογκωμένη πολυστερίνη. Τα μέσα αύξησης της πυραντοχής είναι τοξικά κατά την επεξεργασία τους, και απαιτούνται μέτρα για την απομάκρυνση των υπολειμμάτων κατά την παραγωγή. Ωστόσο, δεν έχουν αναφερθεί μακροχρόνιες τοξικές αντιδράσεις ούτε από αυτά ούτε από τα προωθητικά αέρια .

Ινώδη υλικά: Κατά την παραγωγή των ορυκτοβαμβάκων, τόσο του υαλοβάμβακα όσο και του πετροβάμβακα, προκύπτουν εκπομπές στις παρακάτω διεργασίες: προετοιμασία πρώτων υλών στον κλίβανο, παραγωγή των ινών, μορφοποίηση και κοπή, αποθήκευση και μεταφορά. Για ορυκτές ίνες με μήκος μεγαλύτερο από 5 μm, διάμετρο μικρότερη από 3 μm και αναλογία μήκους προς διάμετρο 3:1 ισχύει ότι η μέγιστη συγκέντρωση στον αέρα δεν μπορεί να υπερβαίνει τις 500.000 ίνες/m³ ^[33] . Από μετρήσεις σε χώρους εργασίας προέκυψε ότι, στη μεγάλη πλειοψηφία των περιπτώσεων, δεν υπάρχουν προβλήματα: στο 75% των περιπτώσεων η συγκέντρωση δεν υπερβαίνει τις 95000 ινών/ m³, ενώ συνολικά στο 90% των περιπτώσεων η συγκέντρωση δεν υπερβαίνει τις 225.000 ίνες/m³ ^[33] . Ακόμη, κατά την παραγωγή ελευθερώνονται σκόνη, φαινόλες, αμμωνία και φορμαλδεΐδη.

Συνοψίζοντας, η παραγωγή των αφρώδων υλικών δεν εγκυμονεί κινδύνους για τους εργαζόμενους, απαιτείται, όμως, αυστηρή τήρηση στη διαχείριση των πρώτων και βοηθητικών υλών για την αποφυγή περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων. Η παραγωγή των ινωδών, εφόσον τηρούνται με συνέπεια τα μέτρα προστασίας, είναι επίσης ασφαλής, αν και συνεπάγεται περισσότερες επιβαρύνσεις.

Κατά την τοποθέτηση

Αφρώδη υλικά: Με δεδομένο το ότι κατά τη μεταφορά, κοπή και στερέωση των πλακών, τόσο της διογκωμένης όσο και της εξηλασμένης, πολυστερίνης δεν παράγεται σκόνη σε αξιόλογες ποσότητες, το σημαντικότερο σημείο διερεύνησης αφορά την πιθανότητα διαφυγής αερίων από το μονωτικό υλικό, κυρίως από τα προωθητικά αέρια, τα συνδετικά ή προωθητικά μέσα που έχουν χρησιμοποιηθεί. Η πιθανότητα αυτή είναι μεγαλύτερη για τα προϊόντα που μόλις έχουν παραχθεί, ενώ μειώνεται ραγδαία με την πάροδο του χρόνου. Υπό αυτήν την έννοια, οι εκπομπές πρακτικά εξαντλούνται κατά την περίοδο αποθήκευσης του προϊόντος από την παραγωγή ως τη χρήση του, εφόσον αυτό δεν παραμένει αεροστεγώς συσκευασμένο, ώστε να μπορεί να ‘αναπνεύσει’. Η χρήση των υλικών δεν απαιτεί ιδιαίτερα μέτρα προστασίας από τους εργαζομένους .

Ινώδη υλικά: Τα ινώδη υλικά απαιτούν σαφώς περισσότερη προσοχή στο χειρισμό τους στο εργοτάξιο. Για το λόγο αυτό έχουν διεξαχθεί αναλυτικές έρευνες και μετρήσεις, για εργασίες τοποθέτησης σε ανοιχτούς και κλειστούς χώρους. Στο εσωτερικό κατασκευής εξετάστηκαν η θερμομόνωση δικέλυφης τοιχοποιίας, διαχωριστικών τοίχων, και εσωτερικά στη στέγη, ενώ εξωτερικά η θερμομόνωση της

τοιχοποιίας και του δώματος. Κατά την σωστή χρησιμοποίηση ινωδών προϊόντων δεν παρατηρήθηκαν ερεθισμοί δέρματος και βλεννογόνων, από την σκόνη που εκπέμπεται, ενώ δεν υπάρχουν ιατρικές αναφορές για αλλεργικές επιπτώσεις^[34]. Χοντρές ίνες (διάμετρος >3-5 μm) δεν μπορούν να εισπνευσθούν, έχουν, όμως την δυνατότητα να προκαλέσουν ερεθισμούς στο δέρμα και ιδιαίτερα στους βλεννογόνους των ματιών καθώς και στο άνω μέρος του αναπνευστικού συστήματος. Για το λόγο αυτό απαιτείται η χρήση ατομικών μέσων προστασίας (γάντια, γυαλιά και μάσκα).

Κατά την λειτουργία του κτιρίου

Οι εκπομπές που προκύπτουν από τα υλικά κατά τη χρήση του κτιρίου αποτελούν το σημείο με το μεγαλύτερο ενδιαφέρον διερεύνησης, καθώς αφορούν την έκθεση των κατοίκων σε μεγάλο χρονικό διάστημα υπό φυσιολογικές συνθήκες ή την συμπεριφορά των υλικών σε έκτακτες, αλλά κρίσιμες, συνθήκες, κυρίως στην περίπτωση πυρκαγιάς. Ταυτόχρονα, όμως, αποτελούν κι ένα περίπλοκο πρόβλημα που πρέπει να αξιολογείται για συγκεκριμένες εφαρμογές, αφού οι εκπομπές από τα θερμομονωτικά υλικά εξαρτώνται άμεσα από το δομικό στοιχείο στο οποίο βρίσκονται τοποθετημένα, τον τρόπο δόμησης και τις συνθήκες χρήσης του κτιρίου ή του χώρου.

Αφρώδη υλικά: Σε κανονικές συνθήκες χρήσης δεν έχει αποδειχθεί ότι υπάρχουν εκπομπές στυρολίου ή άλλες τοξικές επιδράσεις. Αυξημένο ενδιαφέρον παρουσιάζει η συμπεριφορά τους σε περίπτωση πυρκαγιάς, οπότε, πέρα από τα αναμενόμενα αέρια CO και CO₂, απελευθερώνονται μικρές ποσότητες στυρολίου και ίχνη υδροβρωμίου, αέρια που είναι τοξικά. Επιπρόσθετα, ο μεγαλύτερος κίνδυνος εντοπίζεται σε περίπτωση που πλάκες πολυστερίνης είναι τοποθετημένες είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά σε μονοκέλυφη τοιχοποιία με επικάλυψη επιχρίσματος, υπάρχει ο κίνδυνος τήξης και αποκόλλησής τους μαζί με το επίχρισμα που τις καλύπτει. Το γεγονός αυτό, που παρατηρήθηκε σε αρκετές περιπτώσεις με σημαντικότερη την πυρκαγιά στο αεροδρόμιο του Dusseldorf το 1998, οδήγησε στην απαγόρευση τέτοιων λύσεων σε δημόσιους χώρους με υψηλή συγκέντρωση ατόμων στη Γερμανία^[35].

Ινώδη υλικά: Στα ινώδη υλικά τα φαινόμενα κατά την κανονική χρήση είναι περισσότερα και πιο πολύπλοκα, καθώς αφορούν την αποκόλληση ινών και την εκπομπή σκόνης στο εσωτερικό του κτιρίου. Τα φαινόμενα, ωστόσο, εξαρτώνται καθοριστικά από τη μορφή δόμησης. Στην περίπτωση της δικέλυφης κατασκευής δεν έχουν καταγραφεί συγκεντρώσεις ινών ή σκόνης, γεγονός αναμενόμενο, αφού το θερμομονωτικό υλικό είναι εγκιβωτισμένο. Περισσότερη προσοχή απαιτείται στην περίπτωση εσωτερικής θερμομόνωσης της τοιχοποιίας ή της στέγης με επικάλυψη ξηρής δόμησης (γυψοσανίδες, ξύλινη επένδυση) και στις ψευδοροφές. Μακροχρόνιες μετρήσεις που έγιναν έδειξαν ότι οι συγκεντρώσεις ινών μικρού μεγέθους (διαμέτρου < 3μm) είναι χαμηλές, με μία μέση τιμή περί τις 600 ίνες/m³. Σε περιπτώσεις, όμως, κακοτεχνιών στην κατασκευή, όπως ανεπαρκές σφράγισμα των αρμών, κυρίως σε στέγες και ψευδοροφές, μετρήθηκαν συγκεντρώσεις μέχρι και 8.000 ινών/m³. Σε ότι αφορά τις συνδυαστικές ύλες των

ινωδών υλικών, η συγκέντρωση φορμαλδεΐδης και ρητίνης φαινοφορμαλδεΐδης βρέθηκαν σαφώς μικρότερες από 0,1 mg/ m³ και δεν αποτελούν πρόβλημα ^[33,36]. Τα ινώδη υλικά πλεονεκτούν καθοριστικά έναντι των αφρωδών στη συμπεριφορά σε περίπτωση πυρκαγιάς, αφού δεν εμφανίζονται τοξικές συγκεντρώσεις βλαπτικών ή δηλητηριωδών αερίων, ενώ τα υλικά συμπεριφέρονται ως άφλεκτα.

Κατά την απόρριψη

Αφρώδη υλικά: Σε κάθε περίπτωση απαιτείται ο διαχωρισμός των αφρωδών υλικών από τα υπόλοιπα μάζα κατά την κατεδάφιση μιας κατασκευής, αφού η εναπόθεσή τους μαζί με αυτά δεν είναι θεμιτή, λόγω του πολύ μεγάλου χρόνου αποικοδόμησης του πολυστυρολίου.

Οι πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης μπορούν, εφόσον είναι σε καλή κατάσταση, να ξαναχρησιμοποιηθούν, διαφορετικά μπορούν να καούν σε κατάλληλες μονάδες θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων, αποδίδοντας ως ωφέλιμη το σύνολο της περιεχόμενης σε αυτές ενέργειας. Με τον τρόπο αυτό ελαχιστοποιείται το πρόβλημα από την άποψη της διαχείρισης απορριμμάτων. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1990 διεξάγονται έρευνες για την ανακύκλωση των πλακών ως πρώτη ύλη από την ίδια τη βιομηχανία εξηλασμένης πολυστερίνης, χωρίς, ωστόσο, να έχουν αποδώσει ακόμη συγκεκριμένα αποτελέσματα, κυρίως λόγω του μεγάλου κόστους αποξήλωσης και συλλογής των χρησιμοποιημένων πλακών από τα εργοτάξια. Η επαναξιοποίηση της διογκωμένης πολυστερίνης ως μονωτικού υλικού είναι δυνατή με την μορφή παραγωγής νέων μονωτικών πλακών, που υπάγονται στην κατηγορία των φυσιολογικά αναφλέξιμων υλικών. Τα κατάλοιπα της διογκωμένης πολυστερίνης μπορούν να λιωθούν με θέρμανση και να χρησιμοποιηθούν ως χυτά κομμάτια, κυρίως για υλικά συσκευασίας και προστασίας εμπορευμάτων κατά τις μεταφορές. Τα εναπομένοντα απόβλητα διογκωμένης πολυστερίνης μπορούν να καούν σε αποτεφρωτήρες.

Ινώδη υλικά: Η επαναχρησιμοποίηση των πλακών πετροβάμβακα ή υαλοβάμβακα είναι θεωρητικά εφικτή, στην πράξη, όμως, είναι πολύ δύσκολο να αποξηλωθεί το μονωτικό υλικό χωρίς τη μερική ή πλήρη καταστροφή του. Η επαναχρησιμοποίηση των ανακτηθέντων, καθαρών υλικών στη διαδικασία παραγωγής είναι εφικτή και εφαρμόζεται από όλους τους παραγωγούς σε τμήματα του υλικού που προκύπτουν ως ελαττωματικά κατά την παραγωγή στο εργοστάσιο. Η επαναξιοποίηση των χρησιμοποιημένων υλικών για την παραγωγή καινούριων, παρά κάποια προβλήματα εξαιτίας των αλλοιώσεων που έχουν υποστεί, είναι εφικτή και εφαρμόζεται. Μοναδικό πρόβλημα είναι η ανάγκη συγκέντρωσης, συμπίεσης και μεταφοράς τους στις μονάδες παραγωγής. Κατά κανόνα, ωστόσο, και για λόγους μείωσης κόστους επί του παρόντος συνηθίζεται η ταφή τους, κοντά στην περιοχή αποξήλωσης, για την ελαχιστοποίηση των επιβαρύνσεων κατά την μεταφορά.

Ο πετροβάμβακας μπορεί να ταφεί σε χώρο εναπόθεσης μπαζών χωρίς να επηρεάζει το έδαφος: το ποσοστό του οργανικού άνθρακα βρίσκεται κάτω από το 1,5% της συνολικής μάζας, αρκετά κάτω από το επιτρεπτό όριο σε οργανικά συνδεδεμένο άνθρακα (TOC)^[36]. Τόσο ο πετροβάμβακας όσο και ο

υαλοβάμβακας μπορούν να συμπυκνωθούν σε πυκνότητες από 700 έως 1000 kg/m³ με αποτέλεσμα να μην καταλαμβάνουν περισσότερο χώρο από κανονικά μπάζα. Σε κάθε περίπτωση απαγορεύεται η απλή εναπόθεση του σε μη ελεγχόμενους χώρους, ώστε να αποφευχθεί η επιβάρυνση του αέρα ή του υδροφόρου ορίζοντα με ίνες.

Σύγκριση Αφρωδών και Ινωδών Υλικών

Συνοψίζοντας, η χρήση των αφρωδών υλικών είναι πιο εύκολη, υπό κανονικές συνθήκες, όχι όμως σε περίπτωση πυρκαγιάς. Αντίθετα, τα ινώδη υλικά αποτελούν μία πιο δύσχρηστη λύση, η οποία σε κάποιες περιπτώσεις εφαρμογών καλό είναι να γίνεται με προσοχή κατά την κατασκευή, ωστόσο συμπεριφέρονται πολύ καλύτερα σε περίπτωση πυρκαγιάς. Τέλος, η απόρριψη και των δύο υλικών προϋποθέτει σχήματα διαχείρισής τους, είτε για την ασφαλή ταφή τους είτε για την αξιοποίησή τους. Το κυριότερο συμπέρασμα, όμως, είναι ότι η χρήση κάθε υλικού οφείλει να εξετάζεται ως συνάρτηση του τρόπου δόμησης, των απαιτήσεων της κατασκευής και βεβαίως του κόστους. Υπό αυτήν την έννοια, αποτελεί πλεονασμό η χρήση της εξηλασμένης πολυστερίνης στον πυρήνα μίας δικέλυφης τοιχοποιίας ή στο δάπεδο, όπου θα μπορούσε εξίσου καλά να χρησιμοποιηθεί ο πετροβάμβακας, με το ένα τρίτο του κόστους και το πλεονέκτημα της ηχομονωτικής προστασίας. Το τελευταίο κριτήριο, σε συνδυασμό και με την πυραντοχή, καθιστά τον πετροβάμβακα προτιμότερο έναντι της διογκωμένης πολυστερίνης, που έχει παραπλήσιο κόστος.

III. Η εξέλιξη της αγοράς του ορυκτοβάμβακα και του χυτοσιδήρου συναρτήσει της ελληνικής και παγκόσμιας οικονομικής κατάστασης

III.A Η Οικονομική Κατάσταση της Ελλάδας και η επίδρασή της στον βιομηχανικό τομέα

III.A.1 Η οικονομική κατάσταση της Ελλάδας από το εχθές έως και το σήμερα

Η οικονομία της Ελλάδας ανήκει στην κατηγορία των ανεπτυγμένων του κόσμου . Είναι μία μικρή αλλά ανοιχτή οικονομία με σχετικά χαμηλή βιομηχανική βάση . Η Ελλάδα είναι μια ανεπτυγμένη χώρα, με ένα υψηλό επίπεδο διαβίωσης και "πολύ υψηλό" Δείκτη Ανθρώπινης Ανάπτυξης, όπου κατατάσσεται 22^η στον κόσμο το 2010,^[37] και 22^η στον δείκτη του 'The Economist' του 2005 για την ποιότητα ζωής παγκοσμίως.^[38] Με βάση τα στοιχεία της Eurostat το κατά κεφαλήν ΑΕΠ της Ελλάδας ήταν ίσο με το 94% του μέσου όρου της ΕΕ το 2008.^[39] Οι κύριοι μεγάλοι κλάδοι της Ελληνικής οικονομίας είναι ο τουρισμός, η ναυτιλία, η βιομηχανική παραγωγή τροφίμων και η επεξεργασία καπνού, η υφαντουργία, τα χημικά, τα προϊόντα μετάλλου, η μεταλλευτική και η μονάδες διύλισης πετρελαίου.

Η ελληνική οικονομία αναπτύχθηκε ταχύτατα μετά τον 2^ο Παγκόσμιο πόλεμο και τον εμφύλιο . Η συνεχής σύγκλιση με τις ανεπτυγμένες δυτικές χώρες όμως διακόπηκε κατά το 1980 για να ξαναρχίσει το 1995 περίπου . Από το 1965 περίπου η Ελλάδα ξεπέρασε ακόμη και την Γερμανία σε ταχύτητα ανόδου . Αντίθετα, μετά το 1980 η Ελλάδα μένει πίσω , με την κατάσταση να βελτιώνεται λίγο το 1989 και ακόμα περισσότερο τη διετία 1995-1996 . Σήμερα , το ελληνικό ΑΕΠ (Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν) κατά κεφαλήν σε μονάδες αγοραστικής δύναμης βρίσκεται περίπου στο 98% του μέσου όρου της Ε.Ε (Ευρωπαϊκή Ένωση) , των 25 κρατών – μελών , με ανοδικές τάσεις. Εντούτοις, η ελληνική οικονομία αντιμετωπίζει σημαντικά προβλήματα, περιλαμβανομένων και της αύξησης των επιπέδων της ανεργίας, την γραφειοκρατία και την διαφθορά.^[39]

Την 1^η Ιανουαρίου του 2002, η Ελλάδα , και άλλες 11 χώρες της ευρωζώνης, απέκτησαν κοινό νόμισμα , το ευρώ. Η ένταξη της Ελλάδας στην ζώνη του ευρώ έγινε το 2002 μετά την επιτυχή πορεία σύγκλισης των δημοσιονομικών μεγεθών και την ικανοποίηση κατά την διάρκεια του 2000 κριτηρίων της συνθήκης του Μάαστριχ (πληθωρισμός , έλλειμμα γενικής κυβέρνησης , δημόσιο χρέος , μηχανισμός συναλλαγματικών ισοτιμιών , μακροπρόθεσμο επιτόκιο δανεισμού) . Το ακαθάριστο προϊόν συνέχισε να αυξάνεται με ρυθμούς άνω του ευρωπαϊκού μέσου όρου εν μέρει λόγω των επενδύσεων σε υποδομές σχετιζόμενες με τους Ολυμπιακούς Αγώνες του 2004 , αλλά και λόγω της ευκολίας πρόσβασης σε πιστώσεις για καταναλωτικές δαπάνες. Ωστόσο , η Ελλάδα από το 2001 έως και το 2005 βρέθηκε να παραβιάζει το

κριτήριο για έλλειμμα κάτω από το 3% του Συμφώνου Σταθερότητας (το οποίο έχει σκοπό να διασφαλίζει ότι τα κράτη ,μετά την ένταξη στην ευρωζώνη και την ικανοποίηση των κριτηρίων του Μάαστριχ συνεχίζουν να τα τηρούν) .

Από τα τέλη του 2009 έως και σήμερα, εξαιτίας συνδυασμού διεθνών (οικονομική κρίση) και εγχώριων (ανεξέλεγκτες δαπάνες κατά την περίοδο εκείνη μέχρι και τις εκλογές του 2009) παραγόντων , η ελληνική οικονομία αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα , καθώς έχει το δεύτερο μεγαλύτερο ετήσιο έλλειμμα κρατικού προϋπολογισμού και το δεύτερο μεγαλύτερο δημόσιο χρέος στην Ε.Ε. Το 2009, η Ελλάδα κατείχε την δεύτερη χαμηλότερη θέση στην ΕΕ σύμφωνα με τον Δείκτη Οικονομικής Ελευθερίας (μετά την Πολωνία), ενώ κατατάχθηκε 81^η παγκοσμίως.^[39] Η χώρα υποφέρει από υψηλά επίπεδα πολιτικής και οικονομικής διαφθοράς και χαμηλή ανταγωνιστικότητα συγκριτικά με τους Ευρωπαίους εταίρους της.^[39] Λόγω της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης, ο ρυθμός μεγέθυνσης της οικονομίας γύρισε σε αρνητικό πρόσημο το 2009, για πρώτη φορά από το 1993. Μια ένδειξη της τάσης υπερχρέωσης τα περασμένα χρόνια είναι το γεγονός ότι η αναλογία ιδιωτικών δανείων προς καταθέσεις ξεπέρασε τις 100 μονάδες (αναλογία δηλαδή μεγαλύτερη του 1 προς 1) κατά την διάρκεια του πρώτου εξαμήνου του έτους 2007.^[40] Μέχρι το τέλος του 2009, ως αποτέλεσμα του συνδυασμού της διεθνούς οικονομικής κρίσης και εσωτερικών παραγόντων (ανεξέλεγκτης σπατάλης λίγο πριν τις εκλογές του Οκτωβρίου 2009), η Ελληνική οικονομία αντιμετώπισε την πιο σοβαρή της κρίση από το 1993, με το υψηλότερο δημόσιο έλλειμμα (αν και κοντά σε αυτό της Ιρλανδίας και του Ηνωμένου Βασιλείου) καθώς και το δεύτερο υψηλότερο χρέος ως ποσοστό του ΑΕΠ στην ΕΕ. Το δημόσιο έλλειμμα του 2009 έφτασε στο 15,4% του ΑΕΠ. Αυτό, και τα αυξανόμενα επίπεδα χρέους (στο 127,1% του ΑΕΠ το 2009) είχαν ως αποτέλεσμα τον Μάιο του 2010 η Ελλάδα να υπογράψει Μνημόνιο με το ΔΝΤ (Διεθνές Νομισματικό Ταμείο) , την Ε.Ε. και ΕΚΤ(Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα) με υψηλό κόστος δανεισμού, που προκάλεσε μια σοβαρή οικονομική κρίση.

Μετά από την υπογραφή του Μνημονίου ,η κυβέρνηση της Ελλάδας προσπαθεί να καλύψει το υπερβολικό δημόσιο έλλειμμα της στα ίχνη της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης λαμβάνοντας αυστηρά οικονομικά μέτρα. Τα μέτρα αυτά έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση των τιμών των καταναλωτικών αγαθών , μέσω της αύξησης του Φ.Π.Α , την μείωση των μισθών αλλά και τις απολύσεις των υπαλλήλων τόσο στο δημόσιο αλλά και στον ιδιωτικό τομέα , το κλείσιμο μικρομεσαίων επιχειρήσεων , την ύφεση τόσο στον βιομηχανικό όσο και στον κατασκευαστικό τομέα, τα προβλήματα στα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς , λόγω των απεργιών και γενικά την υποβάθμιση της ποιότητας ζωής των Ελλήνων .

III.A.2 Η Βιομηχανία στην Ελλάδα

Η ελληνική βιομηχανία αναπτύχθηκε κυρίως μετά το 1922^[41] και η συνεισφορά της στο ελληνικό ΑΕΠ υπήρξε περιορισμένη μέχρι και τα τέλη της δεκαετίας του 1950. Κατά το χρονικό διάστημα 1960 – 1975 υπήρξε μια σημαντική ανάπτυξη της βιομηχανίας κυρίως με την αύξηση της εισροής ξένων κεφαλαίων στη χώρα και την ίδρυση των περισσότερων βιομηχανικών μονάδων που ακόμη και σήμερα θεωρούνται οι μεγαλύτερες παραγωγικές μονάδες στους κλάδους διύλισης πετρελαίου, χημικών και μεταλλουργίας. Έτσι, το 1962, για πρώτη φορά η συμβολή του βιομηχανικού τομέα στο ΑΕΠ ήταν μεγαλύτερη από της γεωργίας. Στο ίδιο χρονικό διάστημα το βάρος της οικονομίας μετατοπίστηκε από την παραγωγή καταναλωτικών στην παραγωγή κεφαλαιουχικών αγαθών και συνακόλουθα άλλαξε η σύνθεση των ελληνικών εξαγωγών, καθώς η Ελλάδα, που κατά παράδοση έκανε εξαγωγή γεωργικών προϊόντων και ακατέργαστων μετάλλων, άρχισε να εξάγει σημαντικές ποσότητες βιομηχανικών αγαθών.

Ωστόσο, η πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1973 και οι πολιτικές αλλαγές που συντελέστηκαν στην Ελλάδα την ίδια περίοδο οδήγησαν σε συγκράτηση του ρυθμού ανάπτυξης της μεταποίησης και την εμφάνιση των πρώτων «προβληματικών» μονάδων. Η μεταβολή αυτή, από την ανάπτυξη στη στασιμότητα και στην υποχώρηση της μεταποίησης, συνεχίστηκε και κατά την πενταετία 1982 – 1986. Σε αυτό το διάστημα παρατηρήθηκε έντονη υποχώρηση όλων των δεικτών καθώς μειώθηκε ο αριθμός των επιχειρήσεων, τα συνολικά πάγια κεφάλαια της βιομηχανίας, η απασχόληση και οι επενδύσεις. Η υποχώρηση της μεταποίησης κατά την πενταετία 1982 – 1986^[42] ήταν αποτέλεσμα της δεύτερης πετρελαϊκής κρίσης αλλά και της ένταξης της χώρας στην ΕΟΚ που οδήγησε στην κατάργηση του προστατευτικού καθεστώτος δασμολογήσεων που ακολουθούσε το ελληνικό κράτος πριν την ένταξη και, επομένως, στην έκθεση της ελληνικής μεταποίησης στο διεθνή ανταγωνισμό. Από το 1987 μέχρι σήμερα, η ελληνική μεταποίηση εμφανίζει θετική, αλλά όχι σημαντική, εξέλιξη όλων των δεικτών. Σε αυτή την πορεία έχουν συμβάλει μία σειρά από λόγοι^[41], οι σημαντικότεροι των οποίων είναι:

- Οι χρηματοδοτήσεις της ΕΕ προς την Ελλάδα μέσω των Κοινοτικών Πλαισίων Στήριξης που τόνωσαν τη ζήτηση και ταυτόχρονα χρηματοδότησαν τον εκσυγχρονισμό της ελληνικής βιομηχανίας
- Η γενική βελτίωση των δημόσιων οικονομικών και η ένταξη στην ΟΝΕ που οδήγησε σε συνθήκες νομισματικής σταθερότητας και σε μείωση του κόστους δανεισμού για τις επιχειρήσεις
- Οι πολιτικές αλλαγές στα Βαλκάνια και την ανατολική Ευρώπη που οδήγησαν στη δημιουργία νέων αγορών για τις ελληνικές επιχειρήσεις .

Ωστόσο, η συμβολή της μεταποίησης στην ελληνική οικονομία εξακολουθεί να είναι μικρή ενώ σε σχέση με τους αντίστοιχους τομείς των υπόλοιπων χωρών μελών της ΕΕ, η ελληνική βιομηχανία είναι περιθωριακή και εμφανίζει μείωση της ανταγωνιστικότητάς της σε διεθνές επίπεδο. Είναι χαρακτηριστικό ότι κατά την εικοσαετία 1960 – 1980 ο μέσος ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης της ελληνικής βιομηχανίας ήταν 10,6% ενώ στην εικοσαετία 1980 – 2000 μειώθηκε σε 0,5 %^[36].

Η κλαδική διάρθρωση της ελληνικής βιομηχανίας εμφανίζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς τα τελευταία χρόνια παρατηρούνται σημαντικές αλλαγές. Συγκεκριμένα, κάποιοι παραδοσιακοί κλάδοι της ελληνικής βιομηχανίας εμφανίζουν έντονη υποχώρηση (κλωστοϋφαντουργία, ενδυμασία, δέρμα, υπόδηση) ενώ κάποιοι άλλοι κλάδοι εμφανίζουν ταχεία ανάπτυξη (μεταφορικά μέσα, χημικά προϊόντα, εκδόσεις-εκτυπώσεις, κλπ)^[35].

Ο βιομηχανικός τομέας συμμετέχει στη διαμόρφωση του ΑΕΠ με τα ποσοστά που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας III.1)^[43], για το διάστημα από το 1970 έως το 2004.

Πίνακας III.1 : Προστιθέμενη Αξία στη Βιομηχανία Παραγωγής

| Έτος | 1970 | 1986 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ποσοστό(%) | 20.4 | 21.0 | 14.47 | 14.20 | 13.82 | 13.54 | 13.19 |

Πηγή : <http://www.un.org/esa/agenda21/natlinfo/countr/greece/industry.pdf>^[43]

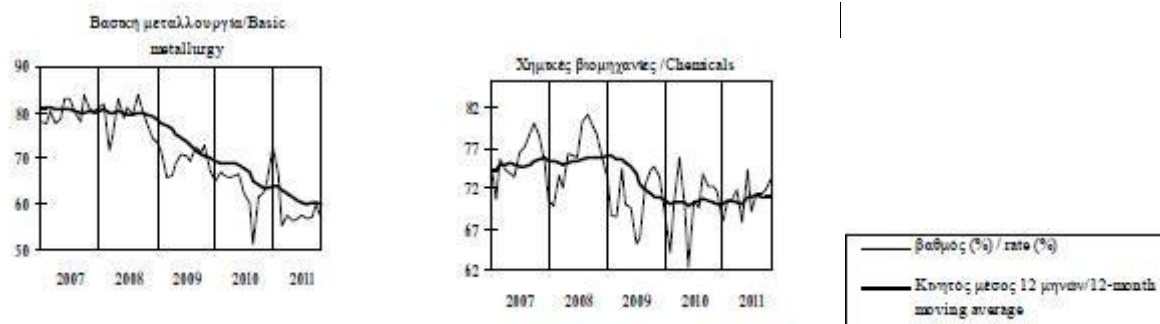
Η γενικά μικρή ανάπτυξη της ελληνικής βιομηχανίας έφθινε από το τέλος της δεκαετίας του 1980 με ρυθμούς ταχύτερους, ταχύτερους από τους ρυθμούς που παρατηρούνται στις υπόλοιπες χώρες μέλη της Ε.Ε. Στο επόμενο διάγραμμα (διάγραμμα III.1)^[44] φαίνονται οι ρυθμοί μεταβολής της βιομηχανικής παραγωγής στην Ελλάδα κατά την πρώτη δεκαετία του 2000. Παρατηρείται η φθίνουσα πορεία της βιομηχανίας στην Ελλάδα καθ' όλη τη διάρκεια της δεκαετίας και τελικά την κατάρρευση της από το 2008 και μετά.



Διάγραμμα III.1: Ρυθμοί μεταβολής της βιομηχανικής παραγωγής στην Ελλάδα (2000-2010)^[44]

Τόσο η διεθνής κρίση όσο και η κρίση που περνά η ελληνική οικονομία, πλήττει τον τομέα των βιομηχανιών μετάλλων και κατ' επέκταση τον κατασκευαστικό. Οι διεθνείς τιμές των μετάλλων στο διάστημα Μάρτιος 2008 - Μάρτιος 2009 μειώθηκαν κατά 60%, με την ελληνική μεταλλουργία να έχει δυνατότητα μόνο μερικής αντιστάθμισης της επίδρασης στα περιθώρια κέρδους. Παράλληλα, οι κύριες πηγές ζήτησης (οι κατασκευές και η μεταποίηση) διανύουν περίοδο σημαντικών διορθώσεων.

Στα παρακάτω διαγράμματα (διαγράμματα III.2 , III.3) ^[46] δίνεται ο βαθμός χρησιμοποίησης του εργοστασιακού δυναμικού στη βιομηχανία της βασικής μεταλλουργίας και της χημικής βιομηχανία , από το 2006 έως και το 2012.

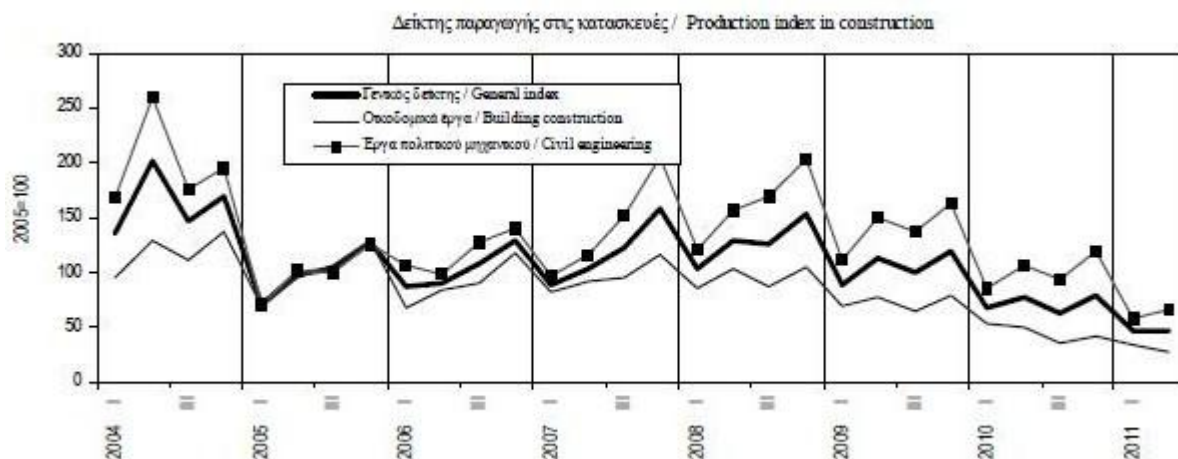


Διάγραμμα III.2[46]: Βαθμός χρησιμοποίησης του εργοστασιακού δυναμικού στη βιομηχανία της βασικής μεταλλουργίας , από το 2006 έως και το 2012.

Διάγραμμα III.3 ^[46]: Βαθμός χρησιμοποίησης του εργοστασιακού δυναμικού στη χημική βιομηχανία , από το 2006 έως και το 2012.

Πηγή : IOBE

Ενώ , στο παρακάτω διάγραμμα (διάγραμμα III.4) ^[46] δίνεται ο δείκτης παραγωγής στις κατασκευές , από το 2004 έως και το 2011.



Διάγραμμα III.4[46]: Ο δείκτης παραγωγής στις κατασκευές , από το 2004 έως και το 2011.

Πηγή : ΕΛΣΤΑΤ

Από τα παραπάνω διαγράμματα είναι φανερή η πτωτική τάση τόσο του βιομηχανικού όσο και του κατασκευαστικού τομέα στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια.

III.A.3 Η εξέλιξη του τομέα των μονωτικών υλικών συναρτήσει της ζήτησης από την αγορά

Όσον αφορά στην ελληνική αγορά

Στην Ελλάδα έχουν συμπληρωθεί 33 χρόνια από την θέσπιση του πρώτου Κανονισμού Θερμομόνωσης το 1979 , ενώ το 1988 αναγγέλθηκε ο Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ). Πλέον , από το 2010, ισχύει στη χώρα μας ο Κανονισμός για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ). Ο νέος Κανονισμός έθεσε νέα στάνταρ στη θερμομόνωση των κτιρίων , όπως

- Τεκμηρίωση αρχιτεκτονικού σχεδιασμού με βάση τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού.
- Έλεγχος θερμικής επάρκειας κελύφους
- Σχεδιασμός Ηλεκτρομηχανολογικών Εγκαταστάσεων υπό περιορισμούς
- Υπολογισμός κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση , ψύξη και φωτισμό

Η θεσμοθέτηση των παραπάνω κανονισμών οδήγησε στην ανάπτυξη ενός νέου βιομηχανικού κλάδου και μίας νέας αγοράς τις τελευταίες δεκαετίες στη χώρα μας. Η αγορά θερμομονωτικών υλικών χαρακτηρίστηκε στη δεκαετία του 1980 από εξαιρετική ανάπτυξη, ενώ στη δεκαετία του 1990 πήρε σε μεγάλο βαθμό την μορφή που παρουσιάζει σήμερα, με την εγχώρια ζήτηση, ως συνάρτηση της οικοδομικής δραστηριότητας, να αποτελεί τον κύριο παράγοντα διαμόρφωσης της κατάστασης και τις εξαγωγές να αποτελούν εξισορροπητικό παράγοντα για τις λίγες, μεγάλες επιχειρήσεις που μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των ξένων αγορών. Οι υπόλοιποι προσδιοριστικοί παράγοντες μίας αγοράς όπως η διαθέσιμη τεχνολογία, το ανθρώπινο δυναμικό και η κρατική πολιτική, δείχνουν μία σταθερότητα τα τελευταία χρόνια με σημαντικότερη εξέλιξη αυτήν της τεχνολογίας παραγωγής, που οδήγησε σε μείωση των τιμών συγκεκριμένων μονωτικών υλικών, όπως η εξηλασμένη πολυστερίνη, σε σχέση με τη δεκαετία του 1980. Παράλληλα, έγινε μία σημαντική προσπάθεια εμπέδωσης της αναγκαιότητας της θερμομόνωσης στους τελικούς καταναλωτές, με αρκετά επιτυχή αποτελέσματα. Η εικόνα που παρουσιάζουν η ελληνική αγορά και ο εγχώριος κλάδος μονωτικών υλικών την τελευταία δεκαετία μπορεί να περιγραφεί από τα εξής χαρακτηριστικά:

Υπάρχει ένας πολύ μεγάλος αριθμός επιχειρήσεων που ασχολείται με την παραγωγή ή τις εισαγωγές μονωτικών υλικών, αλλά και με την διακίνησή τους. Πρέπει, όμως, να σημειωθεί η περιπλοκότητα του αντικειμένου των επιχειρήσεων καθώς είναι συνηθισμένο το φαινόμενο η ίδια επιχείρηση να είναι παραγωγός, εισαγωγέας αλλά και διακινητής όχι μόνο ενός προϊόντος, αλλά μίας ευρείας ποικιλίας προϊόντων και να προσφέρουν μία ολοκληρωμένη σειρά δομικών υλικών για όλο το εύρος των εφαρμογών από τη θερμομόνωση και τη στεγάνωση ως τις γυψοσανίδες και τα συστήματα ξηρής δόμησης.

Σε επίπεδο προϊόντων η αγορά θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σαν περίπτωση «μονοπωλιακού ανταγωνισμού» καθώς οι μεγαλύτερες επιχειρήσεις προσπαθούν να διαφοροποιηθούν προσφέροντας προϊόντα τα οποία έχουν διαφορετικές ιδιότητες αλλά είναι ανταγωνιστικά μεταξύ τους, ενώ σε

συγκεκριμένες αγορές, όπως της διογκωμένης πολυστερίνης, η αγορά θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σαν ανταγωνιστική επειδή υπάρχουν πάρα πολλοί παραγωγοί που παράγουν το συγκεκριμένο προϊόν. Παρά το γεγονός ότι υπάρχει ένας πολύ μεγάλος αριθμός μονωτικών υλικών, τρία από αυτά μονοπωλούν την αγορά αφού καλύπτουν πάνω από το 90% της ζήτησης, ενώ σημειώνεται μία σχετική μετακίνηση των καταναλωτικών προτιμήσεων προς ακριβότερα υλικά τα τελευταία χρόνια. Στην ελληνική αγορά, κυριαρχούν η διογκωμένη και η εξηλασμένη πολυστερίνη, ενώ σε μικρό ποσοστό εμφανίζονται ο ορυκτοβάμβακας και η πολυουρεθάνη^[32].

Ο κλάδος των θερμομονωτικών υλικών παρουσιάζει σημαντική εξέλιξη και αποτελεί ένα δυναμικό τμήμα της ελληνικής παραγωγικής βιομηχανίας. Το 1989, ύστερα από υπόδειξη της μεγαλύτερης Ευρωπαϊκής Συνομοσπονδίας Συνδικάτων Μονωτικών Εταιρειών (F.E.S.I), ιδρύθηκε ο Πανελλήνιος Σύνδεσμος Εταιρειών Μόνωσης (ΠΣΕΜ)^[55]. Σήμερα, ο ΠΣΕΜ αποτελεί το επίσημο συλλογικό όργανο της χώρας μας για το επάγγελμα της μόνωσης. Ο σκοπός του συνδέσμου είναι η μελέτη, προστασία και προαγωγή των κοινών οικονομικών και επαγγελματικών συμφερόντων των μελών στα πλαίσια της εξυπηρέτησης του κοινωνικού συνόλου.

Όσον αφορά στην ευρωπαϊκή αγορά

Στην κεντροευρωπαϊκή αγορά κυριαρχούν τα ανόργανα ινώδη υλικά (υαλοβάμβακας και πετροβάμβακας) καλύπτοντας περίπου το 60%, ενώ τα οργανικά αφρώδη (διογκωμένη και εξηλασμένη πολυστερίνη, λιγότερο πολυουρεθάνη) καλύπτουν το 30% της αγοράς και το υπόλοιπο 10% το καλύπτουν υλικά με πιο σημαντικό το ξυλόμαλλο. Εξειδικευμένα υλικά, όπως ο φελλός και το αφρώδες γυαλί, χρησιμοποιούνται σε ειδικές εφαρμογές υψηλών απαιτήσεων. Στα μέσα της δεκαετίας του 1990^[32] εμφανίστηκαν στην αγορά δύο νέες κατηγορίες υλικών: τα διαφανή θερμομονωτικά υλικά και τα ανόργανα ινώδη υλικά από οικολογική πρώτη ύλη, όπως το μαλλί προβάτων και το τριφύλλι. Και οι δύο κατηγορίες παραμένουν στο περιθώριο της αγοράς, παρά το επιστημονικό ενδιαφέρον που παρουσιάζουν, κυρίως εξαιτίας του υψηλού τους κόστους. Συνολικά, η ευρωπαϊκή αγορά θερμομονωτικών υλικών χαρακτηρίζεται από διαφοροποίηση, στην προσπάθεια αναζήτησης του κατάλληλου υλικού ανάλογα με τις απαιτήσεις της τελικής χρήσης για την οποία προορίζεται.

Ταυτόχρονα, με την ανάπτυξη μιας παγκόσμιας προσπάθειας για την προστασία του περιβάλλοντος, αρχίζει να δίνεται έμφαση όχι μόνο στην εξοικονόμηση της ενέργειας κατά την λειτουργία των κατασκευών, αλλά και σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής του, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω στο Κεφάλαιο II στην παράγραφο Π.Ε.2. Αποκτά, λοιπόν, σημασία όχι μόνο κατά πόσο μπορεί να επιτευχθεί μείωση στο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, στις δαπάνες σε πρώτες ύλες και ενέργεια για την παραγωγή του μονωτικού υλικού αλλά και στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά την χρήση και την απόρριψή του στο πέρας της ωφέλιμης ζωής του.

III.B Η διαμόρφωση της αγοράς του Ορυκτοβάμβακα – ‘Mineral Wool’ (Υαλοβάμβακας, Πετροβάμβακας, Σκωριοβάμβακας)

III.B.1 Γενικά για την αγορά του Ορυκτοβάμβακα

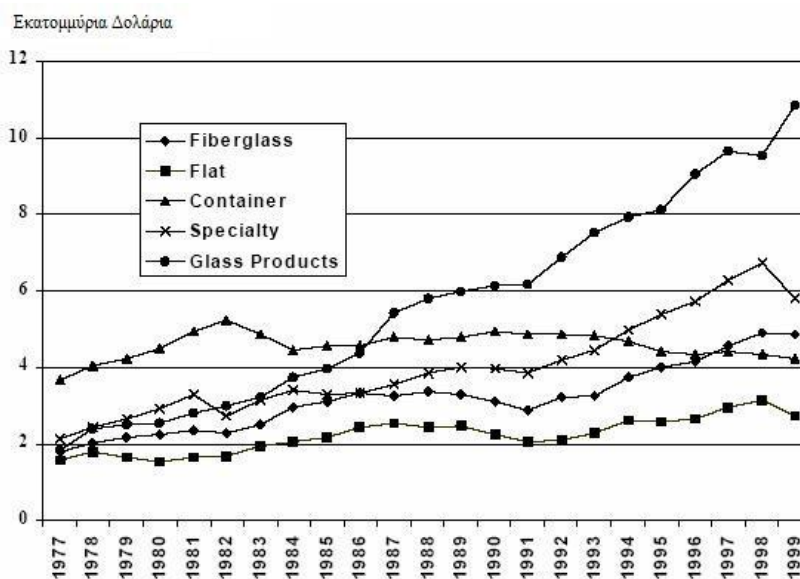
Όσον αφορά στην παγκόσμια αγορά από την δεκαετία του 1980 έως και τα μέσα της δεκαετίας του 2000

Η παγκόσμια παραγωγή μονωτικών ινών ορυκτοβάμβακα (‘mineral wool’ fibers) το 1983^[47] ήταν $6 \cdot 10^6$ τόνοι . Η Ευρώπη και η Βόρεια Αμερική ήταν και παραμένουν οι σημαντικότερες χώρες παραγωγί ινών ορυκτοβάμβακα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι σε αυτές τις χώρες βρήκε μεγάλη ανάπτυξη ο κατασκευαστικός τομέας , ο οποίος και επηρεάζει άμεσα την αγορά των μονωτικών υλικών . Το 75% της συνολικής παραγωγής ορυκτοβάμβακα προέρχεται κυρίως από τις βιομηχανικές χώρες της εύκρατης ζώνης^[47].

Η κατανάλωση των ινών είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τις κατασκευαστικές δραστηριότητες . Το 60% περίπου της ζήτησης για μονωτικά υλικά καλύπτεται από τις μονωτικές ίνες ορυκτοβάμβακα.

Μετά από την οικονομική ύφεση της δεκαετίας του 80’ στην Βόρεια Αμερική , όπου ο κατασκευαστικός τομέας υπέστη σημαντική πτώση και κατά συνέπεια και ο τομέας των μονωτικών , η παραγωγή ινών ορυκτοβάμβακα κατάφερε το 1999 να φτάσει τους 2.757.850 τόνους . Μέχρι σήμερα , η αύξηση του ποσοστού της παραγωγή τους είναι της τάξης του 1,1% ανά έτος .

Το 1999 , η παραγωγή της βιομηχανίας ινών ορυκτοβάμβακα στην Β. Αμερική έφθασε τα 4.844 εκατομμύρια δολάρια , όπως φαίνεται και στο διάγραμμα III.5 , και η τιμή τους έφθασε τα 1760 \$/τόνο .



Διάγραμμα III.5 : Παραγωγή της βιομηχανίας ινών ορυκτοβάμβακα στην Β. Αμερική , από το 1970 έως και το 1999 , σε εκατομμύρια δολάρια

Το 2002 , αναφέρθηκε αύξηση στη ζήτηση των ινών ορυκτοβάμβακα με την συνολική αξία της παραγωγής να φτάνει τα 4.198 εκατομμύρια τόνους^[48] , γεγονός που δείχνει αύξηση κατά 1,5% της αξίας των πωλήσεων από το 1999 έως και το 2002 .

Με σκοπό την ενίσχυση της βιωσιμότητας χρησιμοποιήθηκαν σχεδόν 900.000 τόνοι σκωρίας από χαλυβουργεία στις Η.Π.Α σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή σκωριοβάμβακα το 2003^[49] . Τουλάχιστον το 30% της παραγωγής ορυκτοβάμβακα στην Β. Αμερική προέρχεται από σκωρία υψικαμίνων .

Ο ορυκτοβάμβακας παράγεται παγκοσμίως είτε σε μεγάλες είτε και σε ορισμένες μικρές βιομηχανίες . Οι κυριότεροι παραγωγοί , παγκοσμίως , σύμφωνα και με την ευρωπαϊκή ένωση κατασκευαστών ορυκτοβάμβακα ‘Eurima’ είναι οι εξής^[23] :

- Rockwool (Denmark) (η μεγαλύτερη βιομηχανία παραγωγής ορυκτοβάμβακα παγκοσμίως^[50])
- Saint Gobain-Isover (France)
- Johns Manville (USA)
- Owens Corning Fiber Glass (USA),
- Certain Teed (USA)
- Guardian Fiberglass (USA)
- Knauf Fiber Glass (USA)

Όσον αφορά στην παγκόσμια αγορά σήμερα

Έχει εκτιμηθεί ότι το 2011 η παγκόσμια ζήτηση για ορυκτοβάμβακα θα αυξηθεί με ποσοστό της τάξης του 5.2% το χρόνο στα 5.8 εκατομμύρια δολάρια. Γεγονός που δείχνει μία επιβράδυνση στο ρυθμό αύξησης της ζήτησης του ορυκτοβάμβακα , όμως βασίζεται στην ύφεση του κατασκευαστικού τομέα , αλλά και στον ανταγωνισμό με άλλα ανερχόμενα μονωτικά υλικά . Παρόλα αυτά , η παραγωγή ορυκτοβάμβακα θα συνεχίσει να αυξάνεται και τα κέρδη θα προέρχονται από την ζήτηση για ορυκτοβάμβακα από της αναπτυσσόμενες χώρες , όπως την Κίνα , την Ινδία , τις χώρες της Ασίας και του Ειρηνικού , την Ανατολική Ευρώπη , την Λατινική Αμερική και χώρες από την Αφρική και την Μέση Ανατολή .

Η Δυτική Ευρώπη είναι η πιο σημαντική αγορά ορυκτοβάμβακα , αντιπροσωπεύοντας σχεδόν το 50% της συνολικής παγκόσμιας ζήτησης , όπως φαίνεται και στον πίνακα Π.2 ^[50]. Η ζήτηση του ορυκτοβάμβακα στην Δ. Ευρώπη θα επηρεαστεί αρνητικά από την επεκτεινόμενη ύφεση του κατασκευαστικού τομέα . Η κατανάλωση του ορυκτοβάμβακα όμως θα επωφεληθεί σε αντίθεση με άλλα μονωτικά υλικά . Εξαιτίας της αντοχής που έχουν τα προϊόντα του ορυκτοβάμβακα στην φωτιά , προτιμώνται περισσότερο στις χώρες της Δ. Ευρώπης , όπου ισχύουν μέτρα για την πυροπροστασία των κατασκευών.

Οι χώρες τις Ασίας και του Ειρηνικού αποτελούν τη δεύτερη μεγαλύτερη αγορά ορυκτοβάμβακα , όπως φαίνεται και στον πίνακα Π.2. Η ζήτηση για ορυκτοβάμβακα στις χώρες αυτές , οφείλεται στον ταχέως

Δ.Ε. : Τεχνολογική και Οικονομική Αποτίμηση της Τεχνολογίας Αξιοποίησης του Βιομηχανικού Καταλοίπου της Ερυθράς Ιλύος για Παραγωγή Χυτοσιδήρου και Ορυκτοβάμβακα

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ : ΛΙΒΑΝΙΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

αναπτυσσόμενο κατασκευαστικό τομέα , αλλά και από την συνολική αύξηση της βιομηχανικής δραστηριότητας . Ιδιαίτερα ισχυρές αγορές είναι η Κίνα και η Ινδία , στις οποίες τόσο ο βιομηχανικό όσο και ο κατασκευαστικός τομέας έχουν αλματώδη ανάπτυξη .

Στην Ανατολική Ευρώπη , η αυξανόμενη ζήτηση για ορυκτοβάμβακα οφείλεται στην ανάπτυξη μιας ισχυρής οικονομίας , της βιομηχανίας αλλά και της κατασκευαστικής δραστηριότητας .

Στην Λατινική Αμερική αλλά και σε χώρες της Αφρικής και της Μέσης Ανατολής η ζήτηση για ορυκτοβάμβακα εκτιμάται ότι θα παραμείνει σε χαμηλά επίπεδα.

Στην Βόρεια Αμερική , εξαιτίας της εκτεταμένης χρήσης ναλωδών ινών , η χρήση του ορυκτοβάμβακα παραμένει σε χαμηλά ποσοστά , ενώ εκτιμάται ότι η αύξηση θα είναι μικρή.

Πίνακας Π.2: Παγκόσμια Ζήτηση Ορυκτοβάμβακα σε εκατομμύρια δολάρια ^[50]

| | 1996 | 2001 | 2006 | 2011 | 2016 |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Παγκόσμια Ζήτηση Μονωτικών Υλικών | 15400 | 19000 | 26500 | 33200 | 42900 |
| Ποσοστό %ορυκτοβάμβακα | 16.3 | 15.4 | 17.0 | 17.5 | 17.4 |
| Ζήτηση Ορυκτοβάμβακα | 2513 | 2934 | 4507 | 5817 | 7485 |
| Βόρεια Αμερική | 96 | 116 | 147 | 169 | 206 |
| Η.Π.Α | 76 | 90 | 107 | 120 | 145 |
| Καναδάς , Μεξικό | 20 | 26 | 40 | 49 | 61 |
| Δυτική Ευρώπη | 129 | 1446 | 2163 | 2567 | 3003 |
| Ασία/ Ειρηνικός | 758 | 830 | 1310 | 1895 | 2713 |
| Κίνα | 149 | 258 | 550 | 928 | 1462 |
| Ιαπωνία | 368 | 303 | 344 | 388 | 442 |
| Άλλες χώρες Ασίας/Ειρηνικού | 241 | 269 | 416 | 579 | 809 |
| Άλλες Περιοχές | 430 | 542 | 887 | 1186 | 1563 |
| Λατινική Αμερική | 57 | 65 | 88 | 115 | 139 |
| Ανατολική Ευρώπη | 238 | 316 | 517 | 695 | 930 |
| Αφρική/ Μέση Ανατολή | 135 | 161 | 282 | 376 | 494 |

Πηγή : The Freedonia Group , Inc ^[50]

Όσον αφορά στην ελληνική αγορά

Στην ελληνική αγορά τα μονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται στον κατασκευαστικό τομέα είναι οργανικά , όπως αναφέρθηκε και στη παράγραφο III.A.3 , με κυριότερο το πολυστυρένιο (το γνωστό μπλε φελιζόλ) , που παράγεται από τη ‘DOW’ .

Η χρήση μονωτικών υλικών από ορυκτοβάμβακα δεν συνηθιζόταν εξαιτίας της έλλειψης Ελλήνων παραγωγών πριν από το 2001 . Σήμερα , υπάρχει ένας παραγωγός ορυκτοβάμβακα στην Βόρεια Ελλάδα με δυνατότητα παραγωγής 30.000 τόνους ανά έτος . Το μέγεθος της αγοράς δεν είναι γνωστό αλλά εκτιμάται ότι υπάρχει αυξητική τάξη . Αυτό συμβαίνει γιατί το 30,4% των κτιρίων που ήδη υπάρχουν έχουν μόνωση οροφής , μόνο το 1,5% έχουν μόνωση δαπέδου ,το 12,7% μόνωση ισογείου και το 5,1% μόνωση στους εξωτερικούς χώρους ,αφού ο πρώτος κανονισμός θερμομόνωσης των κτιρίων τέθηκε σε ισχύ μετά το 1981^[51].

Τα προϊόντα από ορυκτοβάμβακα είναι ανόργανα υλικά που έχουν πλεονεκτήματα σε σύγκριση τα οργανικά προϊόντα από πολυστερίνη που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα . Γι’ αυτό και εκτιμάται ότι η παραγωγή ορυκτοβάμβακα στην Ελλάδα θα καταφέρει να εισαχθεί στην αγορά των μονωτικών υλικών κερδίζοντας συνεχώς έδαφος από την παραγωγή των οργανικών από πολυστερίνη , γεγονός που συμβαίνει σε όλες της βιομηχανικές χώρες^[47].

III.B.3 Η αγορά του Ορυκτοβάμβακα στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και πρόβλεψη μέχρι το 2015

Πηγή : www.anythingresearch.com , 2011 Premium Report on Mineral Wool Manufacturing ^[52]

Μέγεθος της Αγοράς

Σήμερα , το μέγεθος της αγοράς του ορυκτοβάμβακα στις ΗΠΑ φθάνει τα 5,435 εκατομμύρια δολάρια. Από το 2005 ,όμως, η παραγωγή του ορυκτοβάμβακα υπέστη μείωση της τάξης του 2% ανά έτος . Συγκρίνοντας τα μεγέθη για το 2009 και το 2010 , σύμφωνα και με τον πίνακα III.3, παρατηρείται αύξηση της τάξης του 5% .

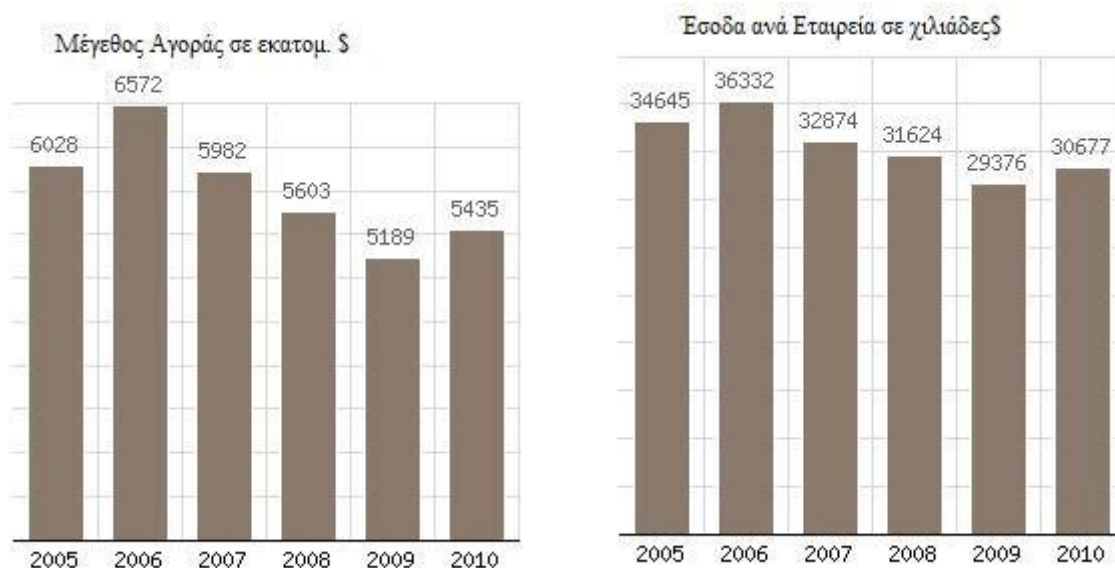
Σύμφωνα με τον ίδιο πίνακα (III.3) , μία μέση επιχείρηση της βιομηχανίας παραγωγής ορυκτοβάμβακα για το έτος 2010 έχει έσοδα αξίας 30,7 εκατομμύρια δολάρια με 89 υπαλλήλους

Πίνακας III.3 : Μέγεθος Αγοράς των ΗΠΑ ^[52]

| | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Μέγεθος Αγοράς (εκατομ.\$) | 6,028 | 6,572 | 5,982 | 5,603 | 5,189 | 5,435 |
| Σύνολο Επιχειρήσεων | 174 | 181 | 182 | 177 | 177 | 177 |
| Σύνολο Εργαζομένων | 18,651 | 19,337 | 18,331 | 17,289 | 15,311 | 15,69 |
| Μέσα Έσοδα ανά Επιχείρηση(χιλιάδες\$) | 34,645 | 36,332 | 32,874 | 31,624 | 29,376 | 30,677 |
| Μέσος αριθμός Εργαζομένων ανά Επιχείρηση | 107 | 107 | 101 | 98 | 87 | 89 |

Πηγή : Ανάλυση απογραφής των ΗΠΑ και ομοσπονδιακών στατιστικών

Στο διάγραμμα III.6^[52] δίνεται το μέγεθος της βιομηχανίας παραγωγής ορυκτοβάμβακα σε εκατομμύρια δολάρια , από το έτος 2005 έως και το 2010 , ενώ στο διάγραμμα III.7^[52] δίνονται τα έσοδα ανά εταιρεία σε εκατομμύρια δολάρια .



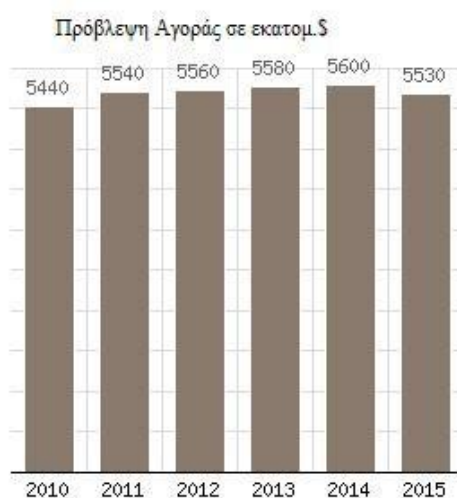
Διάγραμμα III.6: Μέγεθος Αγοράς σε εκατομ. \$^[52] Διάγραμμα III.7: Έσοδα ανά εταιρεία σε χιλιάδες \$^[52]

Πρόβλεψη της Αγοράς

Η πρόβλεψη της αγοράς του ορυκτοβάμβακα στις ΗΠΑ για τα επόμενα 5 χρόνια δίνεται από τον πίνακα III.4 , ενώ η κατανομή της αγοράς δίνεται στο διάγραμμα III.6 .

Πίνακας III.4 : Πρόβλεψη του Μεγέθους της Αγοράς του Ορυκτοβάμβακα έως και το 2015

| Πρόβλεψη | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Μέγεθος Αγοράς σε εκατομ.\$ | 5,435 | 5,540 | 5,560 | 5,580 | 5,600 | 5,530 |
| Ρυθμός Ανάπτυξης | | 1,9% | 0,5% | 0,3% | 0,2% | -1,2% |



Διάγραμμα III.8 : Η κατανομή της αγοράς έως και το 2015^[52]

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα και το διάγραμμα , οι προοπτικές της βιομηχανίας παραγωγής του ορυκτοβάμβακα είναι θετικές.

Η πεντάχρονη πρόβλεψη της αγοράς της βιομηχανίας ορυκτοβάμβακα στηρίχτηκε σε προηγούμενες οικονομοτεχνικές μελέτες λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις βραχυπρόθεσμες όσο και τις μακροπρόθεσμες τάσεις της βιομηχανίας .

Κατανομή ανά μέγεθος εταιρείας

Η κατανομή του μεριδίου αγοράς ανά μέγεθος επιχείρηση απεικονίζεται στο παρακάτω πίνακα III.5 . Ανάμεσα σε όλες τις βιομηχανίες , οι μεγάλες (με μέγεθος >100 εκατομ\$) αντιπροσωπεύουν το 68% του Εθνικού Ακαθάριστου Προϊόντος , σε σύγκριση με τις βιομηχανίες παραγωγής ορυκτοβάμβακα , όπου οι μεγάλες εταιρείες αντιπροσωπεύουν το 82% . Αυτό το γεγονός δείχνει ότι η βιομηχανία παραγωγής ορυκτοβάμβακα έχει χαμηλότερο καταμερισμό αγοράς σε σχέση με τον μέσο όρο των βιομηχανιών στις ΗΠΑ .

Πίνακας III.5 : Κατανομή της αγοράς ανά μέγεθος εταιρείας ^[52]

| Μέγεθος Εταιρείας | Μέγεθος Αγοράς : Όλες οι βιομηχανίες | Μέγεθος Αγοράς : Βιομηχανίες παραγωγής Ορυκτοβάμβακα |
|----------------------------|---|---|
| Κάτω από 1εκατομ.\$ | 4% | 0% |
| 1εκατομ.\$ - 10εκατομ.\$ | 12% | 5% |
| 10εκατομ.\$ - 50εκατομ.\$ | 8% | 2% |
| 50εκατομ.\$ - 100εκατομ.\$ | 5% | 3% |
| Πάνω από 100εκατομ.\$ | 68% | 82% |

Τελικά Προϊόντα της Βιομηχανίας Παραγωγής Ορυκτοβάμβακα

Πίνακας III.6^[52] : Τελικά Προϊόντα της Βιομηχανίας του Ορυκτοβάμβακα

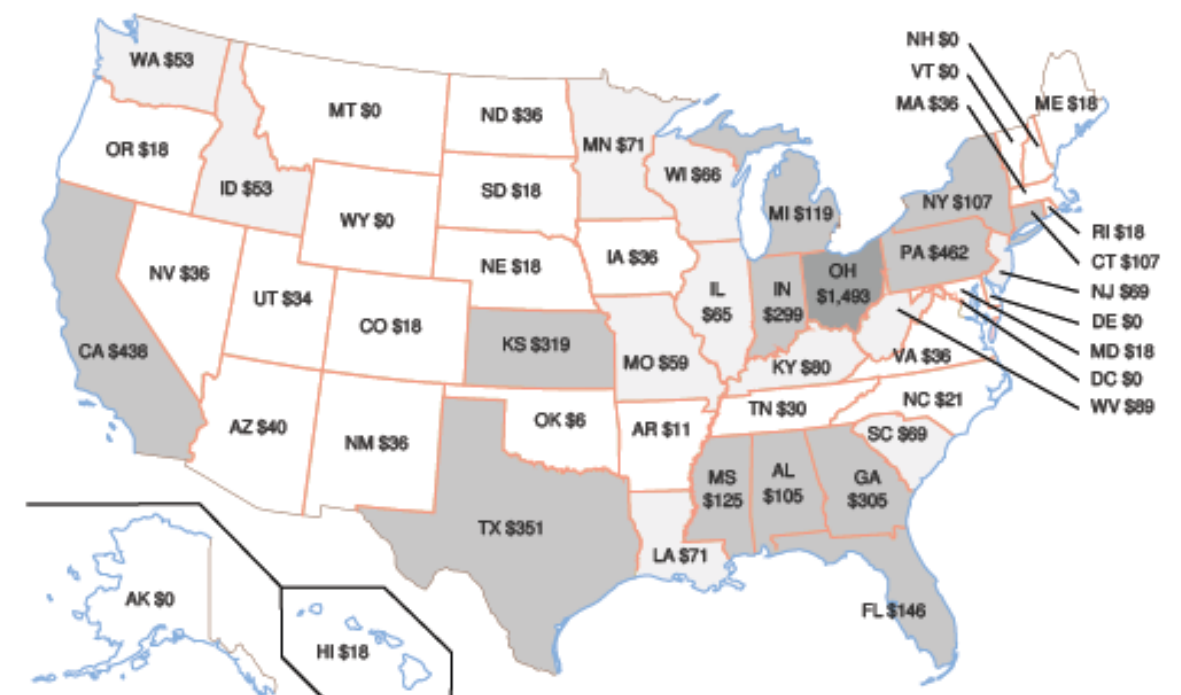
| Τελικά Προϊόντα | Πωλήσεις (\$) | Ποσοστά (%) | Πρόσθετες Πληροφορίες |
|--|------------------|-------------|--|
| Βιομηχανία Ορυκτοβάμβακα | 5,434,433 | 100% | |
| <i>→Για Εσωτερική Θερμο/ Ηχομόνωση</i> | 3,315,070 | 61% | |
| Χαλαρές/Κρυσταλλικές Ίνες | 577,786 | 11% | 23 εταιρείες με πωλήσεις >\$100,000 |
| Ρολά/Καλύμματα για κατασκευές με R>R19 | 849,015 | 16% | 15 εταιρείες με πωλήσεις >\$100,000 |
| Ρολά/Καλύμματα για κατασκευές με R<R19 | 725,087 | 13% | |
| Ρολά/Καλύμματα για | 625,618 | 12% | 16 εταιρείες με |

Δ.Ε. : Τεχνολογική και Οικονομική Αποτίμηση της Τεχνολογίας Αξιοποίησης του Βιομηχανικού Καταλοίπου της Ερυθράς Ιλύος για Παραγωγή Χυτοσιδήρου και Ορυκτοβάμβακα

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ : ΛΙΒΑΝΙΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

| | | | |
|--|-----------|-----|-------------------------------------|
| κατασκευέςR11<R<R19 | | | πωλήσεις>\$100,000 |
| Ρολά/Καλύμματα για κατασκευές με R<R10,9 | 99,468 | 2% | 12 εταιρείες με πωλήσεις >\$100,000 |
| Ηχομόνωση τοίχων και οροφών | 747,916 | 14% | 34 εταιρείες με πωλήσεις >\$100,000 |
| Πλάκες για μονώσεις τοίχων και οροφών | 383,198 | 7% | 8 εταιρείες με πωλήσεις>\$100,000 |
| Μη κατηγοριοποιημένα υλικά για εσωτερική θερμο/ηχομόνωση | 31,526 | 1% | |
| → Προϊόντα μόνωσης βιομηχανίας , βιομηχανικών εξοπλισμών και συσκευών | 1,905,119 | 35% | |
| Εύκαμπτες πλάκες (επεξεργασμένα τεμάχια και ρολά) | 610,399 | 11% | |
| Εύκαμπτα καλύμματα (επεξεργασμένα τεμάχια και ρολά) | 395,699 | 7% | 18 εταιρείες με πωλήσεις >\$100,000 |
| Εύκαμπτα καλύμματα για επένδυση (επεξεργασμένα τεμάχια και ρολά) | 30,982 | 1% | 14 εταιρείες με πωλήσεις >\$100,000 |
| Μεταλλικά εύκαμπτα καλύμματα | 183,718 | 3% | 17 εταιρείες με πωλήσεις >\$100,000 |
| Για ειδικές περιπτώσεις στη μόνωση βιομηχανικού εξοπλισμού | 288,621 | 5% | 18 εταιρείες με πωλήσεις >\$100,000 |
| Μόνωση βιομηχανικών εξοπλισμών και συσκευών | 939,786 | 17% | |
| Μη κατηγοριοποιημένα προϊόντα | 66,312 | 1% | |
| →Συνολική παραγωγή Ορυκτοβάμβακα | 215,787 | 4% | |

Γεωγραφική Κατανομή : Μέγεθος Αγοράς ανά Πολιτεία ^[52]



Εικόνα III.1 : Γεωγραφική Κατανομή ^[52], κατανομή μεριδίου αγοράς ανά Πολιτεία για το έτος 2009

Πηγή : www.anythingresearch.com , 2011 Premium Report on Mineral Wool Manufacturing

Πρώτη έρχεται η Πολιτεία του Οχάιο καταλαμβάνοντας μερίδιο αγοράς ίσο με 1,493 εκατομμύρια δολάρια , ενώ δεύτερη η Πολιτεία της Πενσυλβανία με 462 εκατομμύρια δολάρια . Οι νότιες πολιτείες , όπως αυτή της Χαβάη και του Κολοράντο , δεν έχουν καθόλου μερίδιο στην αγορά του ορυκτοβάμβακα .

Κύριες Εταιρείες στη Βιομηχανία Παραγωγής Ορυκτοβάμβακα

Πίνακας III.5 : Κύριες Εταιρείες Παραγωγής Ορυκτοβάμβακα ^[52]

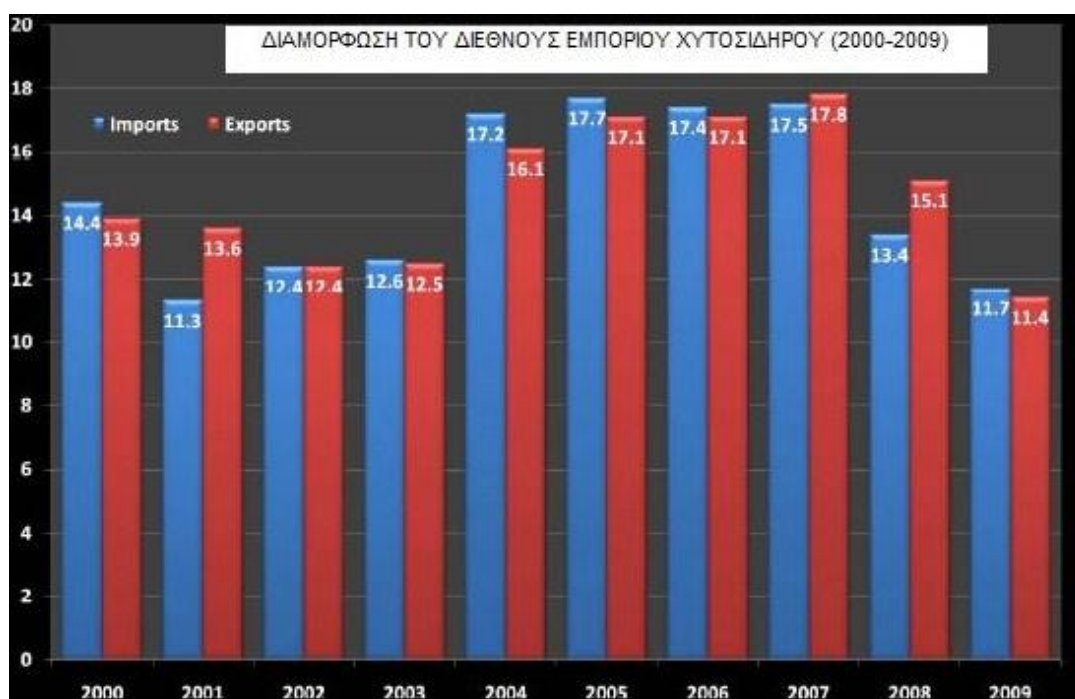
| Εταιρείες | Μέγεθος Αγοράς (\$MM) |
|--------------------------------|-----------------------|
| CERADYNE , INC | \$500 – \$1,000 MM |
| OIL-DRI CORPORATION OF AMERICA | \$500 – \$1,000 MM |
| CHALES & COLVARD LTD | Κάτω από \$20MM |
| UNIFRAX I LLC | Κάτω από \$20MM |

Πηγή : www.anythingresearch.com , 2011 Premium Report on Mineral Wool Manufacturing

III.Γ Η διαμόρφωση της αγοράς του Χυτοσιδήρου

III.Γ.1 Το μέγεθος της αγοράς του Χυτοσιδήρου

Η διαμόρφωση του μεγέθους της αγοράς του χυτοσιδήρου έχει επηρεαστεί τόσο από τις διεθνείς όσο και από τις εγχώριες συναλλαγές . Οι διεθνείς συναλλαγές διαμορφώνονται από τις εισαγωγές και από τις εξαγωγές. Στο επόμενο διάγραμμα (διάγραμμα III.9) φαίνεται πως έχει διαμορφωθεί το διεθνές εμπόριο του χυτοσιδήρου από το 2000 έως και το 2009, σύμφωνα με τον διεθνή οργανισμό χυτοσιδήρου (PIA- International Pig Iron Association) ^[53] .



Διάγραμμα III.9 : Η διαμόρφωση του διεθνούς εμπορίου του Χυτοσιδήρου ^[53]

Πηγή : www.pigiron.org.uk

Όπως φαίνεται και από το παραπάνω διάγραμμα , οι εισαγωγές και εξαγωγές δεν ταυτίζονται πάντα , ενώ σημαντικότερες διαφορές μεταξύ τους διαμορφώθηκαν το 2001 και το 2008. Επίσης , από το διάγραμμα αυτό φαίνεται και η μεγάλη αύξηση των συναλλαγών από το 2004 έως το 2007 . Από το 2001 έως και το 2003 το διεθνές εμπόριο του χυτοσιδήρου κυμαινόταν από 12 έως και 14 εκατομ. τόνους ανά έτος , ενώ από το 2004 και ύστερα κυμαινόταν πάνω από 17 εκατομ. τόνους ανά έτος με μία πτωτική τάση από το 2007 και ύστερα.

Η διαμόρφωση του εγχώριου εμπορίου του χυτοσιδήρου , σύμφωνα με τον διεθνή οργανισμό χυτοσιδήρου ^[53] για το 2009 διαμορφώνεται ως εξής :

- Στη Ρωσία/Ουκρανία : 1.6 mt
- Στη Βραζιλία : 3.5 mt

- Στις χώρες της Ε.Ε : 0.75 mt
- Στην Ινδία : 2.5 mt
- Στην Ιαπωνία : 0.6 mt
- Σε άλλες χώρες : 0.75 mt (Καναδάς , Νότια Αφρική , Νότια Κορέα)

Το εγχώριο εμπόριο του χυτοσιδήρου μαζί με το διεθνές διαμορφώνουν το συνολικό εμπόριο του χυτοσιδήρου ίσο με περίπου 25.5 εκατομ. τόνους για το έτος 2005 . Τα δεδομένα για το εμπόριο της Κίνας όσον αφορά το χυτοσίδηρο δεν δημοσιεύονται , παρά όλα αυτά υπολογίζεται ότι το εμπόριο του χυτοσιδήρου φτάνει περίπου τα 30 με 40 εκατομ. τόνους . Λαμβάνοντας υπόψη και αυτό τον υπολογισμό , το συνολικό εμπόριο του χυτοσιδήρου μπορεί να φτάσει τους 55-65 εκατομ. τόνους.

III.Γ.2 Κατανάλωση Χυτοσιδήρου

Οι κυριότερες αγορές εισαγωγής και κατανάλωσης Χυτοσιδήρου είναι οι εξής τρεις : Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής , Ευρώπη , Νοτιο-Ανατολική Ασία .

· **Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής**

Οι ΗΠΑ είναι η μεγαλύτερη αγορά χυτοσιδήρου . Η Βραζιλία είναι ο κύριος προμηθευτής χυτοσιδήρου των ΗΠΑ , με την Ρωσία να αποτελεί τον δεύτερο σημαντικότερο προμηθευτή τους . Από το 1998 και ύστερα , οι εισαγωγές από την Ιαπωνία άρχισαν να μειώνονται μέχρι το 2000 να σταματήσουν τελείως ^[54] . Επίσης, η Κίνα σταμάτησε να προμηθεύει τις ΗΠΑ ^[54] . Το 1999 , υπογράφηκε συμφωνητικό για το εμπόριο μεταξύ των ΗΠΑ και της Ρωσίας . Σύμφωνα με αυτό το συμφωνητικό , η αποστολή χυτοσιδήρου από την Ρωσία προς της ΗΠΑ περιορίστηκε στους 600.000 εκατομ. τόνους ανά έτος . Το 2001 , η αμερικάνικη αγορά του χυτοσιδήρου διαμορφώνεται ως εξής : το 78.1% καλύπτεται από τη Βραζιλία , το 12,0% από τη Ρωσία και το υπόλοιπο 9.9% από την Ουκρανία και από άλλες χώρες . Από το 2009 και μετά ^[53] , παρατηρείται αύξηση του μεριδίου της αγοράς που καλύπτεται από την Ρωσία , με ταυτόχρονη μείωση του ποσοστού που καλύπτεται από την Βραζιλία . Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι παρουσιάστηκαν προβλήματα στα αποθέματα του άνθρακα στη βόρεια Βραζιλία.

· **Ευρώπη**

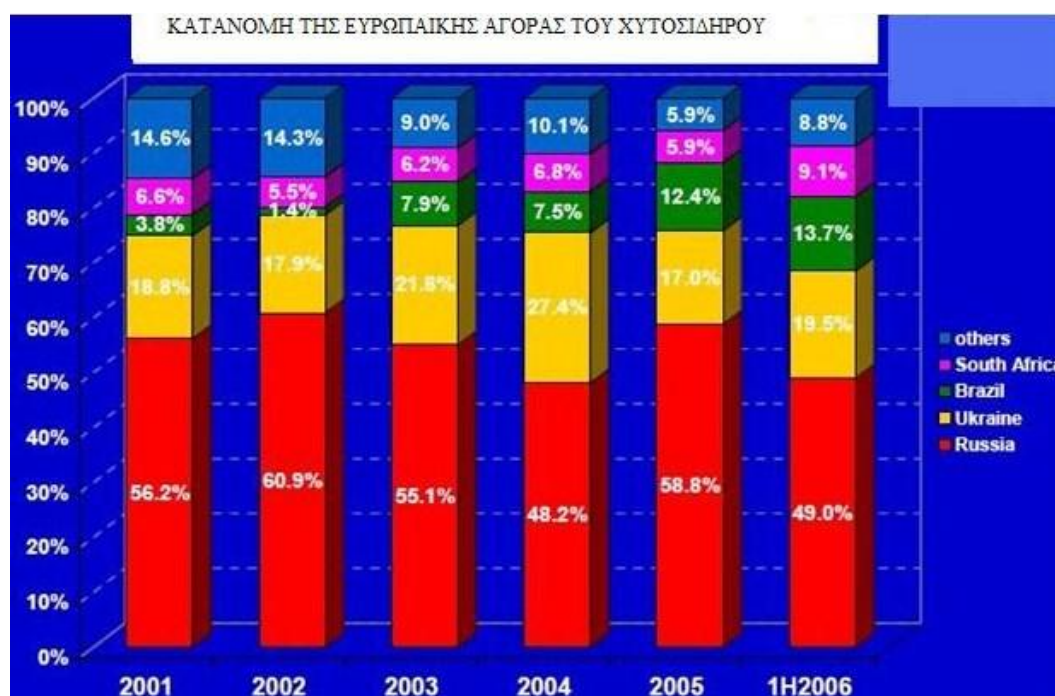
Η ευρωπαϊκή αγορά χυτοσιδήρου καταναλώνει περίπου 3.5 εκατομ. τόνους ^[54] χυτοσιδήρου ανά έτος . Περισσότερο από το 70% αυτού του μεγέθους , δηλαδή περίπου 2.5 εκατ. τόνους ^[54] , καταναλώνεται από τα χυτήρια . Οι υπόλοιποι 1 εκατομ. τόνοι καταναλώνονται από τα χαλυβουργεία , κυρίως της Ιταλίας .

Η Ευρώπη είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός *χυτών σιδήρου* παγκοσμίως . Υπάρχουν περισσότερα από 1600 χυτήρια στην Ευρώπη , που παράγουν περίπου 11 εκατομ. τόνους *χυτών σιδήρου* . Τα χυτήρια προμηθεύονται χυτοσίδηρο από εξειδικευμένες εταιρείες , που είναι υπεύθυνες για την αποθήκευση και την διανομή του χυτοσιδήρου .

Οι ευρωπαϊκές εταιρείες ^[54] παραγωγής χυτοσιδήρου είναι οι εξής :

- DK , Recycling und Roheisen , Γερμανία
- Servola , Ιταλία
- Tinfos , Νορβηγία
- Huta Szczecin , Πολωνία
- Nova Hut , Τσεχία

Η συνολική παραγωγή χυτοσιδήρου στην Ευρώπη εκτιμάται να μην υπερβαίνει τους 700.000 τόνους ανά έτος . Για τον λόγο αυτό η Ευρώπη προμηθεύεται χυτοσίδηρο κυρίως από την Ρωσία και δευτερευόντως από την Ουκρανία. Όπως φαίνεται και από το παρακάτω διάγραμμα (διάγραμμα III.10) ^[53], η Ρωσία και η Ουκρανία καταλαμβάνουν πάνω από το 70% της ευρωπαϊκής αγοράς του χυτοσιδήρου. Η γεωγραφική εγγύτητα μεταξύ της Ευρώπης και της Ρωσίας ή της Ουκρανίας αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα . Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση των εισαγωγών χυτοσιδήρου από την Βραζιλία.



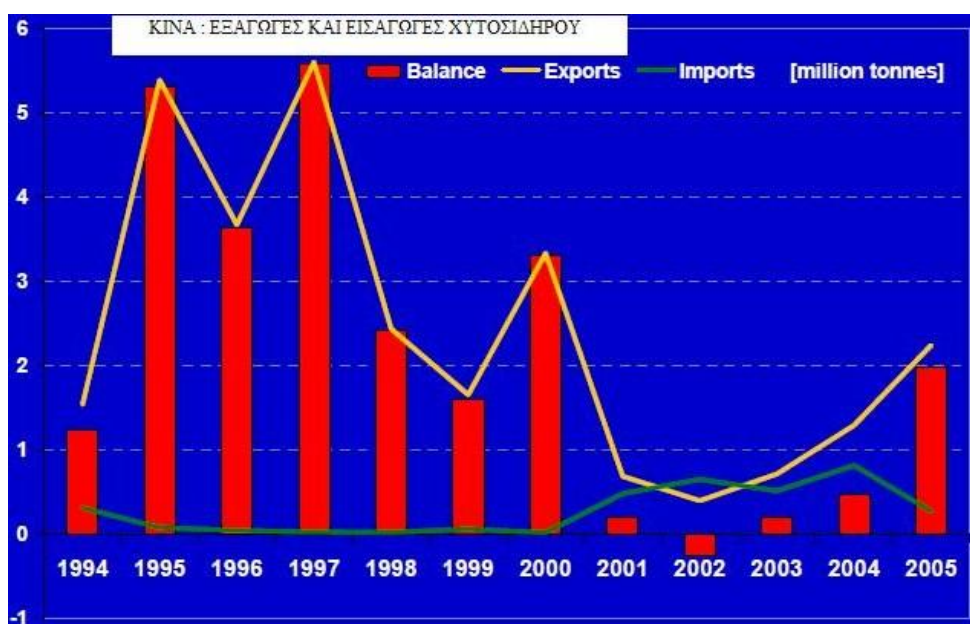
Διάγραμμα III.10 : Διαμόρφωση Κατανομής της Ευρωπαϊκής Αγοράς του Χυτοσιδήρου , από το 2001 έως και το πρώτο μισό του 2006 ^[53]

Η Ουκρανία προμηθεύει χυτοσίδηρο κυρίως την Ιταλία , ενώ η Ρωσία προμηθεύει όλες της ευρωπαϊκές χώρες μέσω των λιμανιών της Βαλτικής και Μαύρης Θάλασσας. Αξιοσημείωτο είναι και το γεγονός ότι η σημερινή κατάσταση όσον αφορά στη διαθεσιμότητα , στην ποιότητα και στην τιμή των σκραπ , οδηγεί στην αύξηση του ενδιαφέροντος για χυτοσίδηρο από τους ευρωπαϊκούς παραγωγούς χάλυβα.

· Ασία

Η ασιατική αγορά των μετάλλων αποτελεί την πιο δυναμική και την περισσότερο αναπτυσσόμενη αγορά. Η κατάσταση της αγοράς του χυτοσιδήρου μπορεί να μεταβάλλεται γρήγορα και σχεδόν πάντα επηρεάζει την παγκόσμια αγορά .

Η Κίνα , έως και την δεκαετία του 90' , αποτελούσε τον μεγαλύτερο προμηθευτή χυτοσιδήρου , με ετήσιες εξαγωγές πάνω από 5.5 εκατομ. τόνους ^[54]. Από το 2001 και ύστερα , η Κίνα από καθαρός εξαγωγέας μετατράπηκε σε σημαντικό εισαγωγέα , καθώς η εγχώρια ζήτηση άρχισε να αυξάνει ^[53] , όπως φαίνεται και στο επόμενο διάγραμμα (διάγραμμα III.11) ^[53] .

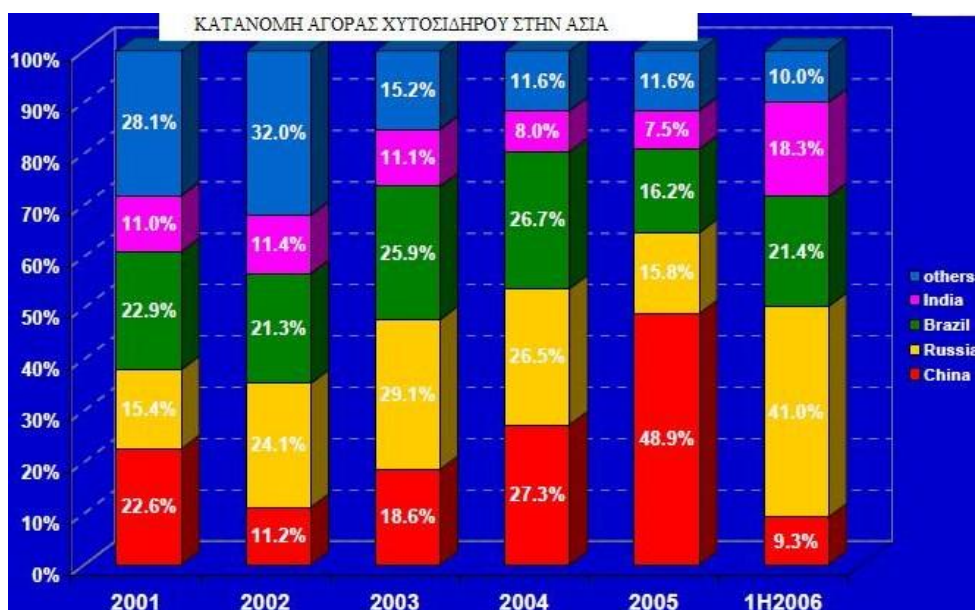


Διάγραμμα III.11 : Εξαγωγές και Εισαγωγές του Χυτοσιδήρου από το 1994 έως και το 2005 , στην Κίνα , σύμφωνα με τον διεθνή οργανισμό χυτοσιδήρου (IPIA- International Pig Iron Association) ^[53]

Οι κυριότερες ασιατικές χώρες καταναλωτές του χυτοσιδήρου είναι η Ιαπωνία , η Νότια Κορέα , η Ταϊβάν. Ενώ οι χώρες που προμηθεύουν χυτοσίδηρο την Ασία είναι η κυρίως η Ρωσία και λιγότερο η Κίνα Βραζιλία και η Ινδία . Σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα (διάγραμμα III.12) ^[53] ,το ποσοστό της Ρωσίας αυξήθηκε σημαντικά το πρώτο μισό του 2006 , ενώ το ποσοστό της Κίνας παρουσίασε δραματική πτώση .

Δ.Ε. : Τεχνολογική και Οικονομική Αποτίμηση της Τεχνολογίας Αξιοποίησης του Βιομηχανικού Καταλοίπου της Ερυθράς Ιλύος για Παραγωγή Χυτοσιδήρου και Ορυκτοβάμβακα

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ : ΛΙΒΑΝΙΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ



Διάγραμμα III.12 : Κατανομή της Αγοράς του Χυτοσιδήρου στην Ασία , από το 2001 έως το 2006, σύμφωνα με τον διεθνή οργανισμό χυτοσιδήρου (IPIA- International Pig Iron Association)

III.Γ.2 Προμηθευτές - Εξαγωγείς Χυτοσιδήρου

Οι κύριοι παγκόσμιοι προμηθευτές χυτοσιδήρου είναι η Βραζιλία , η Ρωσία και η Ουκρανία . Αυτές οι τρεις χώρες καλύπτουν το 75 % της παγκόσμιας ζήτησης χυτοσιδήρου .

· Βραζιλία

Η παραγωγή του χυτοσιδήρου στην Βραζιλία αποτελεί ένα μοναδικό συνδυασμό βασισμένο στις παραδοσιακές αρχές παραγωγής και στα τελευταία επιτεύγματα της τεχνολογίας .

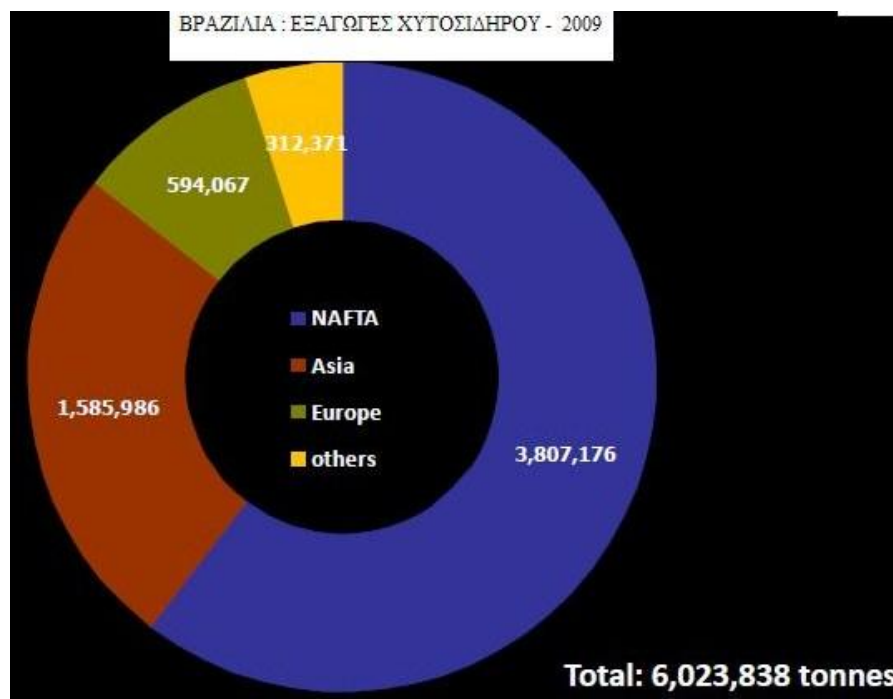
Η παραγωγή του χυτοσιδήρου βασίζεται στη παραδοσιακή κατεργασία του ξυλάνθρακα ως πρώτη ύλη, η οποία είναι πολύ καλά οργανωμένη . Με την βοήθεια της βιοτεχνολογίας δημιουργούνται γενετικά τροποποιημένοι τύποι δέντρων , τα οποία μπορούν να αναπτύσσονται γρήγορα. Αυτά τα δέντρα είναι ευκάλυπτοι που φτάνουν τα 20 μέτρα ύψος στα 5 με 6 χρόνια μόνο^[54] . Επομένως , οι βραζιλιάνοι παραγωγοί χυτοσιδήρου ,καλλιεργώντας φυτείες ευκαλύπτου ,είναι ανεξάρτητοι από εξωτερικά κοιτάσματα άνθρακα.

Σήμερα , στην Βραζιλία , υπάρχουν 60 παραγωγοί εμπορικού χυτοσιδήρου χρησιμοποιώντας 112 υψικαμίλους και παραγωγικότητα μεγαλύτερη από 8.5 εκατομ. τόνους ανά έτος^[54] . Οι παραγωγοί αυτοί είναι μικρές ανεξάρτητες εταιρείες , οι οποίες εξαρτώνται από την παγκόσμια αγορά .

Η παραγωγή του χυτοσιδήρου στη Βραζιλία πραγματοποιείται κυρίως στη περιοχή Carajas^[54], στο Βορρά, με δυναμικότητα 2εκατομ. τόνους και στη περιοχή Minas Gerais^[54], στο κεντρικό Νότο , με δυναμικότητα 4 εκατομ. τόνους , ενώ ένα μικρό ποσοστό χυτοσιδήρου (0.4 εκατομ. τόνους) παράγεται στην περιοχή Espirito Santo^[54] . Η εγχώρια αγορά προμηθεύεται χυτοσίδηρο από παραγωγούς των περιοχών Minas Gerais και Espirito Santo . Ο χυτοσίδηρος που παράγεται στην περιοχή Carajas προορίζεται κυρίως για εξαγωγή . Οι εξαγωγές χυτοσιδήρου πραγματοποιούνται μέσω των λιμανιών ‘Vitoria’ στο Νότο και ‘Punta De Madeira’ στο Βορρά. Παρακάτω απεικονίζεται ο χάρτης της Βραζιλίας , στον οποίο αναφέρονται οι προαναφερθείσες περιοχές καθώς και τα λιμάνια. Επίσης , όπως φαίνεται και από το επόμενο διάγραμμα (διάγραμμα III.13)^[53], η κύρια χώρα που προμηθεύεται χυτοσίδηρο από την Βραζιλία είναι οι ΗΠΑ .



Εικόνα III.2 : Χάρτης Βραζιλίας , περιοχές παραγωγής χυτοσιδήρου και λιμάνια εξαγωγής ,σύμφωνα με τον διεθνή οργανισμό χυτοσιδήρου (IPIA- International Pig Iron Association) ^[53]



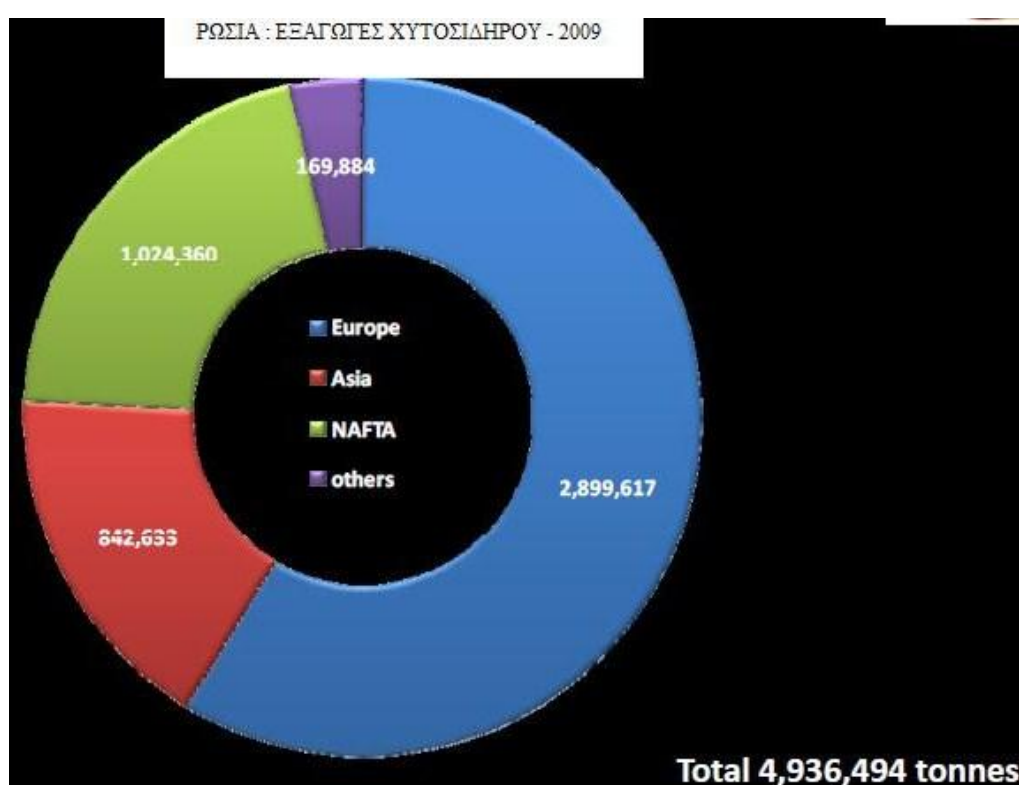
Διάγραμμα III.13 : Εξαγωγές Χυτοσιδήρου της Βραζιλίας ,για το 2009, σύμφωνα με τον διεθνή οργανισμό χυτοσιδήρου (IPIA- International Pig Iron Association) [53]

· Ρωσία

Στη Ρωσία υπάρχουν έξι παραγωγοί χυτοσιδήρου που λειτουργούν ταυτόχρονα και ως εξαγωγείς .Αυτοί οι παραγωγοί είναι οι εξής ^[54] : ‘Tulachement’ (ο κυριότερος παραγωγός με μερίδιο αγοράς πάνω από 50%) , ‘KMK , Novokunznetz’ , ‘NLMK , Lipetsk’ , ‘Sokol’ , ‘Kosaya Gora’ , ‘Chusovskoy’.

Ο μεγαλύτερος παραγωγός και εξαγωγέας εμπορικού χυτοσιδήρου είναι η εταιρεία ‘Tulachement’ , ενώ παγκοσμίως καλύπτει το 18% της ζήτησης στην αγορά του χυτοσιδήρου ^[54].

Στο παρακάτω διάγραμμα (διάγραμμα III.14) ^[53] δίνονται οι χώρες , οι οποίες προμηθεύονται χυτοσίδηρο από την Ρωσία , με κυριότερη την Ευρώπη .



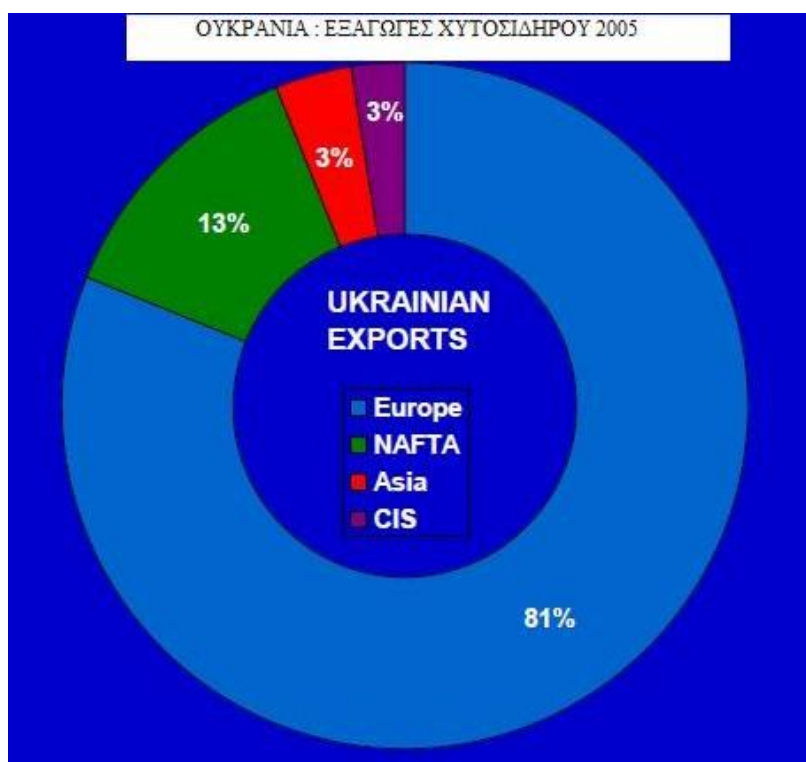
Διάγραμμα III.14 : Εξαγωγές Χυτοσιδήρου της Ρωσίας ,για το 2009, σύμφωνα με τον διεθνή οργανισμό χυτοσιδήρου (IPIA- International Pig Iron Association) ^[53]

Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής εξάγεται στην Ευρώπη μέσω των λιμανιών της Βαλτικής και της Μαύρης Θάλασσας . Η εταιρεία ‘KMK , Novokunznetz’ αποτελεί σημαντικό προμηθευτή των χωρών της Ασίας , αφού έχει τις εγκαταστάσεις της στη Σιβηρία ^[54].

· Ουκρανία

Στην Ουκρανία , ο χυτοσίδηρος παράγεται στα χαλυβουργεία και η ποσότητα που παράγεται και εξάγεται εξαρτάται από την αγορά των προϊόντων χάλυβα^[54]. Όσο μεγαλύτερη είναι η ζήτηση και οι τιμές των προϊόντων χάλυβα , τόσο μικρότερη είναι η ποσότητα του χυτοσιδήρου που προσφέρεται προς πώληση.

Παραδοσιακά , η κύρια αγορά απορρόφησης του χυτοσιδήρου που παράγεται στην Ουκρανία είναι οι χώρες της Μεσογείου και οι ΗΠΑ. Η χώρα που προμηθεύεται χυτοσίδηρο κυρίως από την Ουκρανία είναι η Ιταλία. Στο παρακάτω διάγραμμα (διάγραμμα III.15)^[53] δίνονται οι χώρες που προμηθεύονται χυτοσίδηρο από την Ουκρανία .



Διάγραμμα III.15 : Εξαγωγές Χυτοσιδήρου της Ουκρανίας ,για το 2005, σύμφωνα με τον διεθνή οργανισμό χυτοσιδήρου (IPIA- International Pig Iron Association) ^[53]

Η εξέλιξη^[54] της αγοράς του χυτοσιδήρου φαίνεται να είναι θετική και να ξεπερνάει τα 25-30 εκατομμύρια τόνους σε κατανάλωση , ενώ το μεγαλύτερο μέρος της ζήτησης του χυτοσιδήρου θα συνεχίσει να καλύπτεται από την Ρωσία , την Βραζιλία και την Ουκρανία .

III.Γ.3 Το μέλλον της αγοράς του Χυτοσιδήρου

Οι βιομηχανίες παραγωγής χάλυβα χρησιμοποιούσαν χυτοσίδηρο ως υλικό τροφοδοσίας της ηλεκτροκαμίνου σε αρκετά μικρές ποσότητες (πριν από το 1995 , κατανάλωση 2,7 εκατομ. τόνοι) . Από τις αρχές του 2000 , η κατανάλωση τριπλασιάστηκε , φτάνοντας τα 8 εκατομ. τόνους, ενώ το 2002 , τα $\frac{3}{4}$ της ζήτησης του χυτοσιδήρου καταναλώνονταν από χυτήρια μετάλλων , ενώ μόνο τα 6 εκατομ. τόνοι από χαλυβουργεία.

Η τιμή του σκραπ είναι συνήθως χαμηλότερη από αυτή του χυτοσιδήρου , με αποτέλεσμα το σκραπ να χρησιμοποιείται ευρέως ως υλικό τροφοδοσίας των ηλεκτροκαμίνων. Σήμερα όμως , παρατηρείται μία άνοδος στην τιμή του σκραπ , με συνέπεια να κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα με την τιμή του χυτοσιδήρου. Παρόλα αυτά οι βιομηχανίες παραγωγής χάλυβα διστάζουν ακόμα να πάρουν το ρίσκο της αγοράς ενός εναλλακτικού υλικού τροφοδοσίας , αναμένοντας να επανέλθουν οι τιμές του σκραπ στα παλαιότερα επίπεδα.

Είναι σημαντικό να τονιστεί, ότι η ανάγκη αύξησης της αποδοτικότητας των βιομηχανιών παραγωγής χάλυβα μεγαλώνει όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια. Ο χυτοσίδηρος υπερτερεί σε σύγκριση με το σκραπ και αποτελεί καταλληλότερο υλικό τροφοδοσίας ηλεκτροκαμίνων , όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο II, καθώς βοηθάει στην βελτίωση της ποιότητας του τελικού προϊόντος , στην αποδοτικότερη λειτουργία της διεργασίας και στην αύξηση της παραγωγικότητας του χαλυβουργείου. Το γεγονός αυτό , έχει ως συνέπεια την αύξηση της ζήτησης του χυτοσιδήρου από τα χαλυβουργεία , καθώς αποτελεί μια απλή , άμεσα διαθέσιμη και αποδοτική λύση.

I.V Οικονομική Αποτίμηση της Τεχνολογίας Αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος προς Παραγωγή Χυτοσιδήρου και Ορυκτοβάμβακα

IV.A Οικονομική Ανάλυση της Νέας Μεθόδου

IV.A.1 Εμπορικές τιμές προϊόντων (Ινών Ορυκτοβάμβακα και Χυτοσιδήρου)

Οι εμπορικές τιμές πώλησης των ινών ορυκτοβάμβακα και του χυτοσιδήρου διαμορφώνονται ως εξής:

- Σύμφωνα με την ENEXAL (Energy, Exergy , Aluminium) , την Τεχνική και Οικονομική Ανάλυση της διεργασίας παραγωγής ορυκτοβάμβακα από βασάλτη με τη χρήση ηλεκτρικής καμίνου τόξου (EAF) και το σύστημα ‘Pegaso System S.p.A. , δίνονται οι τιμές ινών ορυκτοβάμβακα ανάλογα με το μέγεθος και την πυκνότητά τους.

Πίνακας I.V.1 : Τιμές Ινών Ορυκτοβάμβακα , ανάλογα με το μέγεθος και την πυκνότητά τους.

| ΠΡΟΪΟΝΤΑ | Τιμές Ινών Ορυκτοβάμβακα €/τόνο | Μέγεθος (mm) | Πυκνότητα (kg/m³) |
|-----------------|--|---------------------|---|
| A460 | 1653 | 1200x600x50 | 45 |
| A470 | 1676 | 1200x600x100 | 45 |
| A480 | 1623 | 1200x600x25 | 60 |
| A490 | 1542 | 1200x600x50 | 60 |
| A500 | 1540 | 1200x600x75 | 60 |
| A510 | 1551 | 1200x600x100 | 60 |
| A560 | 1727 | 1200x600x50 | 140 |
| A570 | 1722 | 1200x600x100 | 140 |
| ΜΕΣΟ | 1629,25 | | |

- Σύμφωνα με τη βάση δεδομένων της ιστοσελίδας www.metalbulletin.com , οι τιμές του χυτοσιδήρου για 2010/2011 διαμορφώνονται ως εξής :

Πίνακας I.V.2 : Τιμές χυτοσιδήρου για το έτος 2010/2011

| <u>Μήνες</u> | <u>Χαμηλότερη Τιμή(€/t)</u> | <u>Υψηλότερη Τιμή(€/t)</u> |
|---------------|-----------------------------|----------------------------|
| 4/Νοεμβρίου | 317 | 338 |
| 9/Δεκεμβρίου | 380 | 390 |
| 6/Ιανουαρίου | 390 | 400 |
| 3/Φεβρουαρίου | 401 | 408 |
| 3/Μαρτίου | 385 | 391 |
| 7/Απριλίου | 385 | 391 |
| 5/Μαΐου | 389 | 395 |
| 2/Ιουνίου | 389 | 395 |
| 7/Ιουλίου | 389 | 395 |
| 4/Αυγούστου | 378 | 385 |
| 1/Σεπτεμβρίου | 368 | 372 |
| 6/Οκτωβρίου | 352 | 367 |

Πίνακας IV.3 : Προτεινόμενες Τιμές Πώλησης Χυτοσιδήρου και Ινών Ορυκτοβάμβακα

| <u>Προτεινόμενες Τιμές :</u> | |
|------------------------------|-----------|
| Χυτοσίδηρος | 390 €/mt |
| Ίνες Ορυκτοβάμβακα | 1630 €/mt |

IV.A.2 Μισθοί στην Ελλάδα και Τιμές Πρώτων Υλών και Ανταλλακτικών

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας IV.4) δίνονται τυπικές τιμές των μισθών των ελλήνων εργαζομένων στον ιδιωτικό τομέα , όπως αυτοί διαμορφώνονταν πριν από την ψήφιση του νέου νομοσχεδίου για μείωση των μισθών και στον ιδιωτικό τομέα τον Φεβρουάριο του 2012. Επίσης, στον πίνακα IV.4 δίνεται και το πρόστιμο που υποχρεούται να πληρώσει η βιομηχανία για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ανά τόνο.

Πίνακας IV.4 : Μισθοί στον Ιδιωτικό Τομέα

| <u>Μισθοί στην Ελλάδα :</u> | |
|---|-------------------------|
| Βασικός Μισθός Προϊσταμένων | 900 €/μήνα |
| Βασικός Μισθός Χειριστών | 765 €/μήνα |
| Κοινός Πολ/κός Παράγοντας (αντί σύνταξης, ασφάλειας, αναρωτικής άδειας) | 1,8 |
| Μηνιαία Αμοιβή Τεχν.Διευθυντή | 9.000 €/μήνα |
| Πρόστιμο για εκπομπές CO₂ : | 20 €/mt CO ₂ |

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας IV.5) δίνονται οι τιμές των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται στην τροφοδοσία της ηλεκτρικής καμίνου τόξου τύπου AMRT για την παραγωγή χυτοσιδήρου και ορυκτοβάμβακα αλλά και οι τιμές των ανταλλακτικών που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν κατά τη διεργασία

Πίνακας IV.5 : Τιμές των Πρώτων Υλών και των Ανταλλακτικών

| <u>Τιμές Π.Υ. και Ανταλλακτικών :</u> | |
|---|------------|
| Κωκ | 200 €/mt |
| Καύσιμο άνθρακα (για προθέρμανση) | 165 €/mt |
| Άμμος Πυριτίας | 160 €/mt |
| Ασβεστόλιθος (20mm-40mm) | 76 €/mt |
| Ηλεκτρική Ενέργεια | 0,07 €/kWh |
| Κόστος αντικατάστασης ηλεκτροδίων | 1,3 €/kg |
| Κόστος πυριμάχων για την επένδυση του φούρνου | 0,4 €/kg |

IV.A.3 1^ο Βασικό Σενάριο της Μεθόδου Αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος

Το βασικό σενάριο για την ανάλυση ευαισθησίας της μεθόδου αξιοποίησης της Ε.Ι. είναι βασισμένο στα μέχρι σήμερα δεδομένα όσον αφορά τους μισθούς , τις πρώτες ύλες και τα ανταλλακτικά και με την τιμή του χυτοσιδήρου ίση με 390€/τόνο και την τιμή ορυκτοβάμβακα ίση με 1630€/τόνο και δίνεται από τον παρακάτω πίνακα (Πίνακας IV.6).

Πίνακας IV.6 : 1ο Βασικό Σενάριο Ανάλυσης Ευαισθησίας της Μεθόδου Αξιοποίησης της Ε.Ι.

| <u>Τεμάχια</u> | <u>Τεμάχια/Μήνα</u> | <u>Ευρώ/Τεμάχια</u> | <u>Ευρώ/Μήνα</u> |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|------------------|
| <u>Κόστη :</u> | | | |
| Ερυθρά Ιλύς (t) | 1051,00 | 5 | 5255,00 |
| Κωκ (t) | 187,00 | 200 | 37400,00 |
| Άμμος (t) | 228,00 | 160 | 36480,00 |
| Ασβεστόλιθος (t) | 140,00 | 76 | 10640,00 |
| Αρχικά Καύσιμα για φούρνο (t) | 1,70 | 165 | 280,50 |
| Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh) | 1866660,60 | 0,07 | 130666,24 |
| Διεργασία Ξήρανσης της Ε.Ι. (t) | 1051,00 | 15 | 15765,00 |
| Προϊστάμενοι | 3,00 | 1377 | 4131,00 |
| Χειριστές | 21,00 | 1620 | 34020,00 |
| Ηλεκτρόδια (t) | 11,56 | 1300 | 15029,30 |
| Πυρίμαχα Υλικά για Επένδυση (t) | 36,79 | 400 | 14714,00 |
| Γενικής Φύσης Αναλώσιμα | | | 5000,00 |
| Έξοδα Συντήρησης | | | 9000,00 |

Δ.Ε. : Τεχνολογική και Οικονομική Αποτίμηση της Τεχνολογίας Αξιοποίησης του Βιομηχανικού Καταλοίπου της Ερυθράς Ιλύος για Παραγωγή Χυτοσιδήρου και Ορυκτοβάμβακα

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ : ΛΙΒΑΝΙΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

| <u>Γενικά Έξοδα :</u> | | | |
|--|-----------|----------------|-------------------|
| Τεχνικός Διευθυντής | 1 | 9.000 | 9000,00 |
| Αναλυτικές Υπηρεσίες | | | 6000,00 |
| Διαχείριση και Ασφάλεια | | | 12000,00 |
| Επιπλέον Κόστη/ Απρόβλεπτα | | | 20000,00 |
| <u>Έξοδα :</u> | | | |
| Διαχείριση Καυσαερίων Καμίνου (t) | 1.538.931 | 0,02 | 30778,62 |
| Πρόστιμο για τις εκπομπές CO2 (t) | 691,35 | 20 | 13826,96 |
| Διαχείριση Σκωρίας ορυκτοβάμβακα(t) | 792,45 | 85 | 67358,59 |
| Διαχείριση Χυτοσιδήρου (χύτευση, κατεργασία) (t) | 358,39 | 5 | 1791,96 |
| <u>Συνολικά Μηνιαία Λειτουργικά Κόστη :</u> | | | |
| | | | 479137,16 |
| Χυτοσίδηρος (t) | 358,39 | 390,00 | 139772,49 |
| Ορυκτοβάμβακας (t) | 713,21 | 1630,00 | 1162530,02 |
| <u>Σύνολο Μηνιαίου Εισοδήματος</u> | | | 1302302,51 |

| | | |
|---------------------|------------------|---------------|
| <u>Κέρδη</u> | 823165,35 | €/μήνα |
|---------------------|------------------|---------------|

Στη συνέχεια , παρουσιάζεται (πίνακας IV.7) η κατηγοριοποίηση των κέντρων κόστους της διεργασίας .

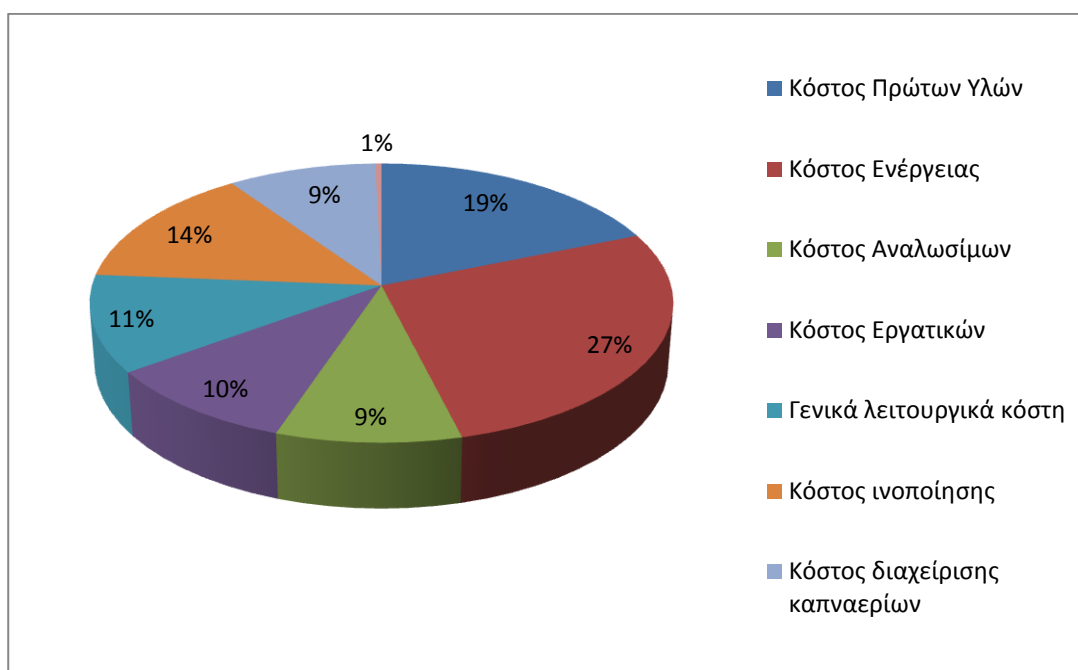
- Τα κόστη για τις Πρώτες Ύλες της τροφοδοσίας αποτελούνται από το κόστος της Ερυθράς Ιλύος(ανά τόνο), το κόστος των κωκ(ανά τόνο) , το κόστος της άμμου πυριτίας(ανά τόνο), το κόστος ασβεστόλιθου(ανά τόνο) και το κόστος των αρχικών καυσίμων του φούρνου(ανά τόνο).
- Το κόστος της Ενέργειας αποτελείται από το κόστος της Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά kWh.
- Το κόστος των Αναλώσιμων αποτελείται από το κόστος των ηλεκτροδίων(ανά τόνο) , το κόστος των πυρίμαχων για επένδυση του φούρνου(ανά τόνο) και το κόστος για τα γενικής φύσης αναλώσιμα.
- Το κόστος των Εργατικών αποτελείται από τους μισθούς των χειριστών , των προϊσταμένων και των χειριστών.
- Τα Γενικά Λειτουργικά Κόστη αποτελούνται από το κόστος για τη διεργασία ξήρανσης της Ε.Ι. , το κόστος των αναλυτικών υπηρεσιών , το κόστος διαχείρισης και ασφάλειας και τα απρόβλεπτα κόστη.
- Το κόστος Ινοποίησης αποτελείται από το κόστος διαχείρισης της σκωρίας του ορυκτοβάμβακα(ανά τόνο) για την μετατροπή της σε ίνες.
- Το κόστος Διαχείρισης των Καυσαερίων αποτελείται από το κόστος της διαχείρισης των καυσαερίων της καμίνου(ανά τόνο) και το πρόστιμο που επιβάλλεται στις βιομηχανίες για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) (ανά τόνο).

- Το κόστος Διαχείρισης του Χυτοσιδήρου αποτελείται από το κόστος της χύτευσης και της κατεργασίας του χυτοσιδήρου(ανά τόνο).

Πίνακας IV.7 : Κατηγοριοποίηση των κέντρων κόστους της μεθόδου αξιοποίησης της Ε.Ι. με βάση το 1ο Βασικό Σενάριο(Πίνακας IV.6).

| Κόστη | € | % |
|---------------------------------------|-----------|----------|
| Κόστος Πρώτων Υλών | 90055,50 | 18,80 |
| Κόστος Ενέργειας | 130666,24 | 27,27 |
| Κόστος Αναλωσίμων | 43743,30 | 9,13 |
| Κόστος Εργατικών | 47151,00 | 9,84 |
| Γενικά Λειτουργικά Κόστη | 53765,00 | 11,22 |
| Κόστος Ινοποίησης | 67358,59 | 14,06 |
| Κόστος Διαχείρισης Καπναερίων | 44605,58 | 9,31 |
| Κόστος Διαχείρισης Χυτοσιδήρου | 1791,96 | 0,37 |
| Σύνολο | 479137,16 | 100,00 |

Στο παρακάτω διάγραμμα (διάγραμμα IV.1) δίνεται ο καταμερισμός των κοστών της μεθόδου αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος , από το οποίο φαίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνει το κόστος για την ενέργεια , ενώ ακολουθεί το κόστος των πρώτων υλών. Το κόστος για τα αναλώσιμα (9%) όπως και το κόστος των εργατικών(10%) , τα λειτουργικά κόστη(11%) ,το κόστος ινοποίησης(14%) και το κόστος διαχείρισης των καπναερίων(9%) καταλαμβάνουν μικρότερα ποσοστά αντίστοιχα. Ενώ το κόστος διαχείρισης του χυτοσιδήρου καταλαμβάνει ένα ελάχιστο ποσοστό (1%). Το κόστος της ενέργειας είναι το πιο σημαντικό κόστος της μεθόδου και επομένως μαζί με το κόστος των πρώτων υλών αποτελούν τους δύο κύριους παράγοντες που καθορίζουν την βιωσιμότητα της διεργασίας.



Διάγραμμα IV.1 : Καταμερισμός των κοστών της μεθόδου αξιοποίησης της Ε.Ι.

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας IV.7) παρουσιάζεται η διαμόρφωση του εισοδήματος και των κερδών της μεθόδου αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος για ενδεχόμενη τιμή πώλησης των ινών ορυκτοβάμβακα ανά τόνο από 0€ έως 2000€ , ενώ τα συνολικά κόστη παραμένουν σταθερά εφόσον δεν μεταβάλλεται κάποιο από τα κόστη .

Πίνακας IV.7: Διαμόρφωση Εισοδήματος και Κερδών , βάση το 1^ο Βασικό Σενάριο

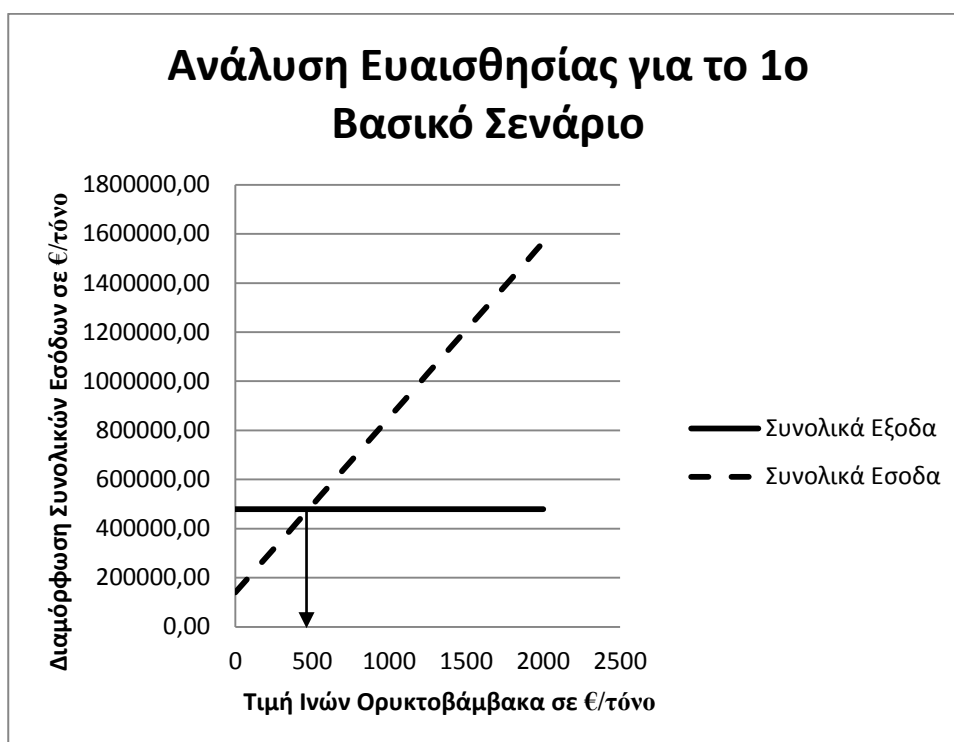
| Τιμή Ινών Ορυκτοβάμβακα σε €/t | Συνολικά Κόστη | Εισόδημα | Κέρδη |
|--------------------------------|----------------|------------|------------|
| 0 | 479137,16 | 139772,49 | -339364,67 |
| 50 | 479137,16 | 175432,92 | -303704,24 |
| 100 | 479137,16 | 211093,35 | -268043,81 |
| 150 | 479137,16 | 246753,78 | -232383,38 |
| 200 | 479137,16 | 282414,21 | -196722,95 |
| 250 | 479137,16 | 318074,64 | -161062,52 |
| 300 | 479137,16 | 353735,07 | -125402,09 |
| 350 | 479137,16 | 389395,5 | -89741,66 |
| 400 | 479137,16 | 425055,93 | -54081,23 |
| 450 | 479137,16 | 460716,36 | -18420,80 |
| 460 | 479137,16 | 467848,446 | -11288,72 |
| 470 | 479137,16 | 474980,532 | -4156,63 |
| 480 | 479137,16 | 482112,618 | 2975,46 |
| 490 | 479137,16 | 489244,704 | 10107,54 |
| 500 | 479137,16 | 496376,79 | 17239,63 |

Δ.Ε. : Τεχνολογική και Οικονομική Αποτίμηση της Τεχνολογίας Αξιοποίησης του Βιομηχανικού Καταλοίπου της Ερυθράς Ιλύος για Παραγωγή Χυτοσιδήρου και Ορυκτοβάμβακα

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ : ΛΙΒΑΝΙΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

| | | | |
|-------------|-----------|------------|------------|
| 550 | 479137,16 | 532037,22 | 52900,06 |
| 600 | 479137,16 | 567697,65 | 88560,49 |
| 650 | 479137,16 | 603358,08 | 124220,92 |
| 700 | 479137,16 | 639018,51 | 159881,35 |
| 750 | 479137,16 | 674678,94 | 195541,78 |
| 800 | 479137,16 | 710339,37 | 231202,21 |
| 850 | 479137,16 | 745999,8 | 266862,64 |
| 900 | 479137,16 | 781660,23 | 302523,07 |
| 950 | 479137,16 | 817320,66 | 338183,50 |
| 1000 | 479137,16 | 852981,09 | 373843,93 |
| 1050 | 479137,16 | 888641,52 | 409504,36 |
| 1100 | 479137,16 | 924301,95 | 445164,79 |
| 1150 | 479137,16 | 959962,38 | 480825,22 |
| 1200 | 479137,16 | 995622,81 | 516485,65 |
| 1250 | 479137,16 | 1031283,24 | 552146,08 |
| 1300 | 479137,16 | 1066943,67 | 587806,51 |
| 1350 | 479137,16 | 1102604,1 | 623466,94 |
| 1400 | 479137,16 | 1138264,53 | 659127,37 |
| 1450 | 479137,16 | 1173924,96 | 694787,80 |
| 1500 | 479137,16 | 1209585,39 | 730448,23 |
| 1550 | 479137,16 | 1245245,82 | 766108,66 |
| 1600 | 479137,16 | 1280906,25 | 801769,09 |
| 1650 | 479137,16 | 1316566,68 | 837429,52 |
| 1700 | 479137,16 | 1352227,11 | 873089,95 |
| 1750 | 479137,16 | 1387887,54 | 908750,38 |
| 1800 | 479137,16 | 1423547,97 | 944410,81 |
| 1850 | 479137,16 | 1459208,4 | 980071,24 |
| 1900 | 479137,16 | 1494868,83 | 1015731,67 |
| 1950 | 479137,16 | 1530529,26 | 1051392,10 |
| 2000 | 479137,16 | 1566189,69 | 1087052,53 |

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα (διάγραμμα IV.2) ανάλυσης της ευαισθησίας του 1^ο βασικού σεναρίου της μεθόδου αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύς με σταθερά κόστη και μεταβαλλόμενα κέρδη συναρτήσει της μεταβολής της τιμής πώλησης των ινών ορυκτοβάμβακα, ανά τόνο. Από τον πίνακα IV.7 και το διάγραμμα IV.2 είναι φανερό ότι η κερδοφορία της διεργασίας ξεκινάει ουσιαστικά από τιμή πώλησης των ινών ορυκτοβάμβακα πάνω από 480 €/τόνο.



Διάγραμμα IV.2 : Ανάλυση Ευαισθησίας για το 1^ο Βασικό Σενάριο

IV.A.4 Παράμετροι που επηρεάζουν τη Κερδοφορία σύμφωνα με το 1^ο Βασικό Σενάριο

Σύμφωνα με το 1^ο Βασικό Σενάριο, οι παράμετροι που θα εξετασθούν είναι οι εξής :

1. **Το κόστος της Ενέργειας** , το οποίο αποτελεί το βασικότερο κόστος της μεθόδου αξιοποίησης της Ε.Ι. και είναι το κόστος για την κατανάλωση της Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά kWh.
2. **Το κόστος των Πρώτων Υλών** , το οποίο αποτελεί το δεύτερο σημαντικό κόστος της μεθόδου και είναι το κόστος για την Ερυθρά Ιλύ(ανά τόνο), τα κωκ(ανά τόνο) , την άμμο πυριτίας(ανά τόνο), τον ασβεστόλιθο(ανά τόνο) και τα αρχικά καύσιμα του φούρνου(ανά τόνο).
3. **Συνδυασμό κόστους Ενέργειας και κόστους Πρώτων Υλών**

1. Κερδοφορία συναρτήσει της μεταβολής κόστους Ενέργειας και της τιμής πώλησης των Ινών Ορυκτοβάμβακα/τόνο:

- Για τιμή ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 1630€/t και αύξηση του κόστους ενέργειας από 5% έως 45% τα κέρδη διαμορφώνονται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (πίνακας IV.8):

Πίνακας IV.8 : Διαμόρφωση κερδών για μεταβολή κόστους ενέργειας συναρτήσει της τιμής ιών ορυκτοβάμβακα ίση με 1630€/τόνο

| Τιμή Ιών Ορυκτοβάμβακα = 1630€/t | | | |
|---|-----------------------|-----------------|--------------|
| Επίδραση αύξησης ενέργειας | Συνολικά Κόστη | Εισόδημα | Κέρδη |
| 0,07 | 479137,16 | 1302302,51 | 823165,35 |
| 0,0735 | 485670,48 | 1302302,51 | 816632,03 |
| 0,077 | 492203,79 | 1302302,51 | 810098,72 |
| 0,0805 | 498737,10 | 1302302,51 | 803565,41 |
| 0,084 | 505270,41 | 1302302,51 | 797032,10 |
| 0,0875 | 511803,72 | 1302302,51 | 790498,78 |
| 0,091 | 518337,04 | 1302302,51 | 783965,47 |
| 0,0945 | 524870,35 | 1302302,51 | 777432,16 |
| 0,098 | 531403,66 | 1302302,51 | 770898,85 |
| 0,1015 | 537936,97 | 1302302,51 | 764365,54 |

Σύμφωνα με τον πίνακα IV.8 ,για σταθερή τιμή πώλησης ιών ορυκτοβάμβακα ίση με 1630€/τόνο , η κερδοφορία της μεθόδου δεν σταματάει σε καμία υποτιθέμενη αύξηση της ενέργειας , μέχρι και για 45% αύξηση υπάρχουν κέρδη χωρίς να μειωθούν σε τεράστιο βαθμό.

— Για τιμή ιών ορυκτοβάμβακα ίση με 800€/t και αύξηση του κόστους ενέργειας από 5% έως 45% τα κέρδη διαμορφώνονται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (πίνακας IV.9):

Πίνακας IV.9 : Διαμόρφωση κερδών για μεταβολή κόστους ενέργειας συναρτήσει της τιμής ιών ορυκτοβάμβακα ίση με 800€/τόνο

| Τιμή Ιών Ορυκτοβάμβακα = 800 €/t | | | |
|---|-----------------------|-----------------|--------------|
| Επίδραση αύξησης ενέργειας | Συνολικά Κόστη | Εισόδημα | Κέρδη |
| 0,07 | 479137,16 | 710339,37 | 231202,21 |
| 0,0735 | 485670,48 | 710339,37 | 224668,89 |
| 0,077 | 492203,79 | 710339,37 | 218135,58 |
| 0,0805 | 498737,10 | 710339,37 | 211602,27 |
| 0,084 | 505270,41 | 710339,37 | 205068,96 |
| 0,0875 | 511803,72 | 710339,37 | 198535,65 |
| 0,091 | 518337,04 | 710339,37 | 192002,33 |
| 0,0945 | 524870,35 | 710339,37 | 185469,02 |
| 0,098 | 531403,66 | 710339,37 | 178935,71 |
| 0,1015 | 537936,97 | 710339,37 | 172402,40 |

Σύμφωνα με τον πίνακα IV.9 ,για σταθερή τιμή πώλησης ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 800€/τόνο , η κερδοφορία της μεθόδου δεν σταματάει σε καμία υποτιθέμενη αύξηση της ενέργειας , μέχρι και για 45%. Βέβαια , πρέπει να τονιστεί ότι για τιμή ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 800€/τόνο , τα κέρδη είναι σημαντικά μειωμένα σε σχέση με τα κέρδη που θα υπήρχαν για τιμή πώλησης ίση με 1630€/τόνο.

- Για τιμή ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 600€/t και αύξηση του κόστους ενέργειας από 5% έως 45% τα κέρδη διαμορφώνονται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (πίνακας IV.10):

Πίνακας IV.10 : Διαμόρφωση κερδών για μεταβολή κόστους ενέργειας συναρτήσει της τιμής ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 600€/τόνο

| Τιμή Ινών Ορυκτοβάμβακα = 600€/t | | | |
|---|-----------------------|-----------------|--------------|
| Επίδραση αύξησης ενέργειας | Συνολικά Κόστη | Εισόδημα | Κέρδη |
| 0,07 | 479137,16 | 567697,65 | 88560,49 |
| 0,0735 | 485670,48 | 567697,65 | 82027,17 |
| 0,077 | 492203,79 | 567697,65 | 75493,86 |
| 0,0805 | 498737,10 | 567697,65 | 68960,55 |
| 0,084 | 505270,41 | 567697,65 | 62427,24 |
| 0,0875 | 511803,72 | 567697,65 | 55893,93 |
| 0,091 | 518337,04 | 567697,65 | 49360,61 |
| 0,0945 | 524870,35 | 567697,65 | 42827,30 |
| 0,098 | 531403,66 | 567697,65 | 36293,99 |
| 0,1015 | 537936,97 | 567697,65 | 29760,68 |

Σύμφωνα με τον πίνακα IV.10 ,για σταθερή τιμή πώλησης ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 600€/τόνο , η κερδοφορία της μεθόδου συνεχίζει να υπάρχει ακόμα και σε υποτιθέμενη αύξηση της ενέργειας , μέχρι και για 45%. Παρόλα αυτά, πρέπει να υπογραμμιστεί ότι για τιμή ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 600€/τόνο , τα κέρδη έχουν μειωθεί κατακόρυφα σε σχέση με τα κέρδη που θα υπήρχαν για τιμή πώλησης ίση με 1630€/τόνο ή και 800€/τόνο.

2. Κερδοφορία συναρτήσει της μεταβολής κόστους Πρώτων Υλών και της τιμής πώλησης των Ινών Ορυκτοβάμβακα/τόνο:

- Για τιμή ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 1630€/t και αύξηση του κόστους των πρώτων υλών από 5% έως 50% , τα κέρδη διαμορφώνονται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (πίνακας IV.11):

Πίνακας IV.11 : Διαμόρφωση κερδών για μεταβολή κόστους πρώτων υλών συναρτήσει της τιμής ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 1630€/τόνο

Δ.Ε. : Τεχνολογική και Οικονομική Αποτίμηση της Τεχνολογίας Αξιοποίησης του Βιομηχανικού Καταλοίπου της Ερυθράς Ιλύος για Παραγωγή Χυτοσιδήρου και Ορυκτοβάμβακα

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ : ΛΙΒΑΝΙΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

| Τιμή Ινών Ορυκτοβάμβακα = 1630€/t | | | |
|--|-----------------------|-----------------|--------------|
| Επίδραση κόστους πρώτων υλών (%) | Συνολικά Κόστη | Εισόδημα | Κέρδη |
| 5 | 483639,938 | 1302302,51 | 818662,57 |
| 10 | 488142,713 | 1302302,51 | 814159,80 |
| 15 | 492645,488 | 1302302,51 | 809657,02 |
| 20 | 497148,263 | 1302302,51 | 805154,25 |
| 25 | 501651,038 | 1302302,51 | 800651,47 |
| 30 | 506153,813 | 1302302,51 | 796148,70 |
| 35 | 510656,588 | 1302302,51 | 791645,92 |
| 40 | 515159,363 | 1302302,51 | 787143,15 |
| 45 | 519662,138 | 1302302,51 | 782640,37 |
| 50 | 524164,913 | 1302302,51 | 778137,60 |

Από τον πίνακα IV.11 είναι φανερό ότι η κερδοφορία της μεθόδου αξιοποίησης της Ε.Ι. διατηρείται ακόμα και για 50% αύξηση του κόστους των πρώτων υλών. Επίσης, φαίνεται ότι τα κέρδη δεν μειώνονται σημαντικά και κυμαίνονται σε πολύ ικανοποιητικά επίπεδα.

— Για τιμή ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 800€/t και αύξηση του κόστους των πρώτων υλών από 5% έως 50% , τα κέρδη διαμορφώνονται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (πίνακας IV.12):

Πίνακας IV.12 : Διαμόρφωση κερδών για μεταβολή κόστους πρώτων υλών και τιμή ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 800€/τόνο

| Τιμή Ινών Ορυκτοβάμβακα = 800€/t | | | |
|---|-----------------------|-----------------|--------------|
| Επίδραση κόστους πρώτων υλών (%) | Συνολικά Κόστη | Εισόδημα | Κέρδη |
| 5 | 483639,938 | 710339,37 | 226699,43 |
| 10 | 488142,713 | 710339,37 | 222196,66 |
| 15 | 492645,488 | 710339,37 | 217693,88 |
| 20 | 497148,263 | 710339,37 | 213191,11 |
| 25 | 501651,038 | 710339,37 | 208688,33 |
| 30 | 506153,813 | 710339,37 | 204185,56 |
| 35 | 510656,588 | 710339,37 | 199682,78 |
| 40 | 515159,363 | 710339,37 | 195180,01 |
| 45 | 519662,138 | 710339,37 | 190677,23 |
| 50 | 524164,913 | 710339,37 | 186174,46 |

Από τον πίνακα IV.12 φαίνεται ότι η κερδοφορία της μεθόδου συνεχίζει να υφίσταται παρά την υποτιθέμενη πτώση της τιμής πώλησης των ινών στα 800€ ανά τόνο και την ταυτόχρονη αύξηση του κόστους των πρώτων υλών. Είναι γεγονός, ότι τα κέρδη που προκύπτουν κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα, σε σχέση με τα κέρδη που προκύπτουν για τιμή πώλησης των ινών ίση με 1630€ ανά τόνο.

— Για τιμή ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 600€/t και αύξηση του κόστους πρώτων υλών από 5% έως 50% , τα κέρδη διαμορφώνονται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (πίνακας IV.13):

Πίνακας IV.13 : Διαμόρφωση κερδών για μεταβολή κόστους ενέργειας συναρτήσει της τιμής ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 600€/τόνο

| Τιμή Ινών Ορυκτοβάμβακα = 600€/t | | | |
|---|-----------------------|-----------------|--------------|
| Επίδραση κόστους πρώτων υλών (%) | Συνολικά Κόστη | Εισόδημα | Κέρδη |
| 5 | 483639,938 | 567697,65 | 84057,71 |
| 10 | 488142,713 | 567697,65 | 79554,94 |
| 15 | 492645,488 | 567697,65 | 75052,16 |
| 20 | 497148,263 | 567697,65 | 70549,39 |
| 25 | 501651,038 | 567697,65 | 66046,61 |
| 30 | 506153,813 | 567697,65 | 61543,84 |
| 35 | 510656,588 | 567697,65 | 57041,06 |
| 40 | 515159,363 | 567697,65 | 52538,29 |
| 45 | 519662,138 | 567697,65 | 48035,51 |
| 50 | 524164,913 | 567697,65 | 43532,74 |

Από τον πίνακα IV.13 είναι φανερό ότι δεν υπάρχει περίπτωση ζημίας σε καμία αύξηση του κόστους των πρώτων υλών για τιμή πώλησης ίση με 600€ ανά τόνο. Παρόλα αυτά, τα κέρδη κυμαίνονται σε πολύ χαμηλά επίπεδα σε σχέση με τα κέρδη που προκύπτουν για τιμή πώλησης ίση με 1630€/t και 800€/t.

3. Κερδοφορία συναρτήσει της μεταβολής κόστους Ενέργειας , του κόστους Πρώτων Υλών και της τιμής πώλησης των Ινών Ορυκτοβάμβακα/τόνο:

— Για τιμή ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 1630€/t και αύξηση του κόστους ενέργειας και του κόστους πρώτων υλών από 5% έως 50% , τα κέρδη διαμορφώνονται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (πίνακας IV.14):

Πίνακας IV.14 : Διαμόρφωση κερδών για μεταβολή κόστους ενέργειας και κόστους πρώτων υλών συναρτήσει της τιμής ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 1630€/τόνο

| Τιμή Ινών Ορυκτοβάμβακα = 1630€/t | | | |
|---|-----------------------|-----------------|--------------|
| Συνδυασμός Αύξησης Κόστους Ενέργειας και Πρώτων Υλών (%) | Συνολικά Κόστη | Εισόδημα | Κέρδη |
| 5 | 490173,2501 | 1302302,51 | 812129,26 |
| 10 | 501209,3372 | 1302302,51 | 801093,17 |
| 15 | 512245,4243 | 1302302,51 | 790057,08 |
| 20 | 523281,5114 | 1302302,51 | 779021,00 |
| 25 | 534317,5985 | 1302302,51 | 767984,91 |

Δ.Ε. : Τεχνολογική και Οικονομική Αποτίμηση της Τεχνολογίας Αξιοποίησης του Βιομηχανικού Καταλοίπου της Ερυθράς Ιλύος για Παραγωγή Χυτοσιδήρου και Ορυκτοβάμβακα

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ : ΛΙΒΑΝΙΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

| | | | |
|-----------|-------------|------------|-----------|
| 30 | 545353,6856 | 1302302,51 | 756948,82 |
| 35 | 556389,7727 | 1302302,51 | 745912,74 |
| 40 | 567425,8598 | 1302302,51 | 734876,65 |
| 45 | 578461,9469 | 1302302,51 | 723840,56 |
| 50 | 589498,034 | 1302302,51 | 712804,47 |

Σύμφωνα με τον πίνακα IV.14 είναι φανερή η κερδοφορία της μεθόδου για τιμή πώλησης ίση με 1630€ ανά τόνο. Τα κέρδη κυμαίνονται σε αρκετά ικανοποιητικά επίπεδα ακόμα και σε 50% αύξηση του κόστους της ενέργειας και των πρώτων υλών.

- Για τιμή ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 800€/t και αύξηση του κόστους ενέργειας και του κόστους πρώτων υλών από 5% έως 50% , τα κέρδη διαμορφώνονται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (πίνακας IV.15):

Πίνακας IV.15 : Διαμόρφωση κερδών για μεταβολή κόστους ενέργειας και κόστους πρώτων υλών συναρτήσει της τιμής ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 800€/τόνο

| Τιμή Ινών Ορυκτοβάμβακα = 800€/t | | | |
|---|-----------------------|-----------------|--------------|
| Συνδυασμός αύξησης Κόστους Ενέργειας και Πρώτων Υλών (%) | Συνολικά Κόστη | Εισόδημα | Κέρδη |
| 5 | 490173,2501 | 710339,37 | 220166,12 |
| 10 | 501209,3372 | 710339,37 | 209130,03 |
| 15 | 512245,4243 | 710339,37 | 198093,95 |
| 20 | 523281,5114 | 710339,37 | 187057,86 |
| 25 | 534317,5985 | 710339,37 | 176021,77 |
| 30 | 545353,6856 | 710339,37 | 164985,68 |
| 35 | 556389,7727 | 710339,37 | 153949,60 |
| 40 | 567425,8598 | 710339,37 | 142913,51 |
| 45 | 578461,9469 | 710339,37 | 131877,42 |
| 50 | 589498,034 | 710339,37 | 120841,34 |

Σύμφωνα με τον πίνακα IV.15 , για υποτιθέμενη μείωση της τιμής πώλησης στα 800€ ανά τόνο συνεχίζει να προκύπτει κερδοφορία παρά την ταυτόχρονη αύξηση του κόστους ενέργειας και των πρώτων υλών. Ωστόσο, τα κέρδη κυμαίνονται σε χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με τα κέρδη που προκύπτουν από την τιμή πώλησης ίση με 1630€ ανά τόνο.

- Για τιμή ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 600€/t και αύξηση του κόστους ενέργειας και του κόστους πρώτων υλών από 5% έως 50% , τα κέρδη διαμορφώνονται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (πίνακας IV.16):

Πίνακας IV.16 : Διαμόρφωση κερδών για μεταβολή κόστους ενέργειας και κόστους πρώτων υλών συναρτήσει της τιμής ιών ορυκτοβάμβακα ίση με 600€/τόνο

| Τιμή Ιών Ορυκτοβάμβακα = 600€/t | | | |
|--|----------------|-----------|-----------|
| Συνδυασμός αύξησης Κόστους Ενέργειας και Πρώτων Υλών (%) | Συνολικά Κόστη | Εισόδημα | Κέρδη |
| 5 | 490173,2501 | 567697,65 | 77524,40 |
| 10 | 501209,3372 | 567697,65 | 66488,31 |
| 15 | 512245,4243 | 567697,65 | 55452,23 |
| 20 | 523281,5114 | 567697,65 | 44416,14 |
| 25 | 534317,5985 | 567697,65 | 33380,05 |
| 30 | 545353,6856 | 567697,65 | 22343,96 |
| 35 | 556389,7727 | 567697,65 | 11307,88 |
| 40 | 567425,8598 | 567697,65 | 271,79 |
| 45 | 578461,9469 | 567697,65 | -10764,30 |
| 50 | 589498,034 | 567697,65 | -21800,38 |

Σύμφωνα με τον πίνακα IV.16 , για ενδεχόμενη πτώση της τιμής πώλησης στα 600€ ανά τόνο και ταυτόχρονη αύξηση του κόστους της ενέργειας και των πρώτων υλών , τα κέρδη πέφτουν κατακόρυφα. Στις ακραίες περιπτώσεις όπου η αύξηση του κόστους φτάνει το 45% και 50% , η μέθοδος παρουσιάζει ζημία.

IV.A.4 2^ο Σενάριο της Μεθόδου Αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύος

Είναι γεγονός ότι στη χώρα μας αναμένεται αύξηση όλων των αγαθών, επομένως και των εξόδων κάθε βιομηχανίας, ενώ ταυτόχρονα οι μισθοί συνεχίζουν να μειώνονται. Για τον λόγο αυτό, το 2^ο σενάριο για την ανάλυση ευαισθησίας της μεθόδου αξιοποίησης της Ε.Ι. στηρίζεται σε υποτιθέμενη 20% αύξηση σε όλα τα κόστη εκτός του κόστους των εργατικών το οποίο υφίσταται 20% μείωση και παράλληλα 20% μείωση της τιμής πώλησης του χυτοσιδήρου. Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας IV.17) παρουσιάζεται αναλυτικά το 2^ο σενάριο.

Πίνακας IV.17 : 2^ο Σενάριο Ανάλυσης Ευαισθησίας της Μεθόδου Αξιοποίησης της Ε.Ι.

| Τεμάχια | Τεμάχια/Μήνα | Ευρώ/Τεμάχια | Ευρώ/Μήνα |
|---------------------------------|--------------|--------------|-----------|
| Κόστη : | | | |
| Ερυθρά Ιλύς (t) | 1051,00 | 5 | 6306,00 |
| Κωκ (t) | 187,00 | 200 | 44880,00 |
| Άμμος Πυριτίας (t) | 228,00 | 160 | 43776,00 |
| Ασβεστόλιθος (t) | 140,00 | 76 | 12768,00 |
| Αρχικά Καύσιμα για φούρνο (t) | 1,70 | 165 | 336,60 |
| Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh) | 1866660,60 | 0,07 | 156799,49 |
| Διεργασία Ξήρανσης της Ε.Ι. (t) | 1051,00 | 15 | 18918,00 |
| Προϊστάμενοι | 3,00 | 1377 | 3304,80 |

Δ.Ε. : Τεχνολογική και Οικονομική Αποτίμηση της Τεχνολογίας Αξιοποίησης του Βιομηχανικού Καταλοίπου της Ερυθράς Ιλύος για Παραγωγή Χυτοσιδήρου και Ορυκτοβάμβακα

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ : ΛΙΒΑΝΙΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

| | | | |
|--|-----------|---------|------------|
| Χειριστές | 21,00 | 1620 | 27216,00 |
| Ηλεκτρόδια (t) | 11,56 | 1300 | 18035,16 |
| Πυρίμαχα Υλικά για Επένδυση (t) | 36,79 | 400 | 17656,80 |
| Γενικής Φύσης Αναλώσιμα | | | 0,00 |
| Έξοδα Συντήρησης | | | 0,00 |
| <u>Γενικά Έξοδα :</u> | | | |
| Τεχνικός Διευθυντής | 1 | 9.000 | 7200,00 |
| Αναλυτικές Υπηρεσίες | | | 7200,00 |
| Διαχείριση και Ασφάλεια | | | 14400,00 |
| Επιπλέον Κόστη/ Απρόβλεπτα | | | 24000,00 |
| <u>Έξοδα :</u> | | | |
| Διαχείριση Καυσαερίων Καμίνου (t) | 1.538,931 | 0,02 | 36934,34 |
| Πρόστιμο για τις εκπομπές CO2 (t) | 691,35 | 20 | 16592,35 |
| Διαχείριση Σκωρίας ορυκτοβάμβακα(t) | 792,45 | 85 | 80830,31 |
| Διαχείριση Χυτοσιδήρου (χύτευση, κατεργασία) (t) | 358,39 | 5 | 2150,35 |
| <u>Συνολικά Μηνιαία Λειτουργικά Κόστη :</u> | | | 539304,20 |
| Χυτοσίδηρος (t) | 358,39 | 390,00 | 111817,99 |
| Ορυκτοβάμβακας (t) | 713,21 | 1630,00 | 1162530,02 |
| <u>Σύνολο Μηνιαίου Εισοδήματος</u> | | | 1274348,01 |

Στον πίνακα IV.18 παρουσιάζεται η διαμόρφωση των κερδών της μεθόδου αξιοποίησης της Ε.Ι. για τιμή πώλησης των ινών ορυκτοβάμβακα να κυμαίνεται από 0€ έως και 1650€ , σύμφωνα με το 2^ο σενάριο ανάλυσης.

Πίνακας IV.18 : Διαμόρφωση Εισοδήματος και Κερδών , βάση το 2^ο Σενάριο

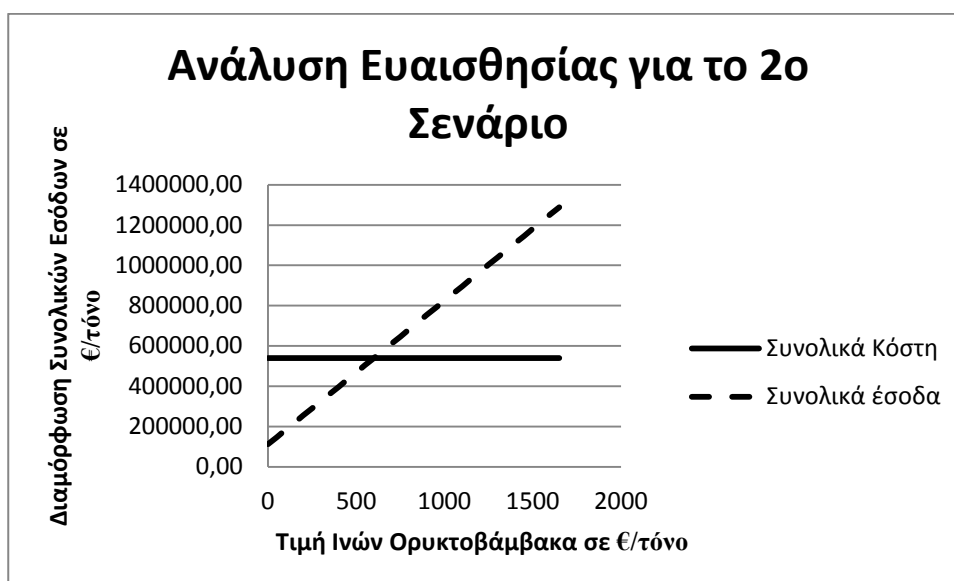
| Τιμή Ινών Ορυκτοβάμβακα σε €/t | Συνολικά Κόστη | Εισόδημα | Κέρδη |
|--------------------------------|----------------|------------|------------|
| 0 | 539304,20 | 111817,992 | -427486,20 |
| 50 | 539304,20 | 147478,422 | -391825,77 |
| 100 | 539304,20 | 183138,852 | -356165,34 |
| 150 | 539304,20 | 218799,282 | -320504,91 |
| 200 | 539304,20 | 254459,712 | -284844,48 |
| 250 | 539304,20 | 290120,142 | -249184,05 |
| 300 | 539304,20 | 325780,572 | -213523,62 |
| 350 | 539304,20 | 361441,002 | -177863,19 |

Δ.Ε. : Τεχνολογική και Οικονομική Αποτίμηση της Τεχνολογίας Αξιοποίησης του Βιομηχανικού Καταλοίπου της Ερυθράς Ιλύος για Παραγωγή Χυτοσιδήρου και Ορυκτοβάμβακα

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ : ΛΙΒΑΝΙΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

| | | | |
|-------------|-----------|-------------|------------|
| 400 | 539304,20 | 397101,432 | -142202,76 |
| 450 | 539304,20 | 432761,862 | -106542,33 |
| 460 | 539304,20 | 439893,948 | -99410,25 |
| 470 | 539304,20 | 447026,034 | -92278,16 |
| 480 | 539304,20 | 454158,12 | -85146,08 |
| 490 | 539304,20 | 461290,206 | -78013,99 |
| 500 | 539304,20 | 468422,292 | -70881,90 |
| 550 | 539304,20 | 504082,722 | -35221,47 |
| 600 | 539304,20 | 539743,152 | 438,96 |
| 650 | 539304,20 | 575403,582 | 36099,39 |
| 700 | 539304,20 | 611064,012 | 71759,82 |
| 750 | 539304,20 | 646724,442 | 107420,25 |
| 800 | 539304,20 | 682384,872 | 143080,68 |
| 850 | 539304,20 | 718045,302 | 178741,11 |
| 900 | 539304,20 | 753705,732 | 214401,54 |
| 950 | 539304,20 | 789366,162 | 250061,97 |
| 1000 | 539304,20 | 825026,592 | 285722,40 |
| 1050 | 539304,20 | 860687,022 | 321382,83 |
| 1100 | 539304,20 | 896347,452 | 357043,26 |
| 1150 | 539304,20 | 932007,882 | 392703,69 |
| 1200 | 539304,20 | 967668,312 | 428364,12 |
| 1250 | 539304,20 | 1003328,742 | 464024,55 |
| 1300 | 539304,20 | 1038989,172 | 499684,98 |
| 1350 | 539304,20 | 1074649,602 | 535345,41 |
| 1400 | 539304,20 | 1110310,032 | 571005,84 |
| 1450 | 539304,20 | 1145970,462 | 606666,27 |
| 1500 | 539304,20 | 1181630,892 | 642326,70 |
| 1550 | 539304,20 | 1217291,322 | 677987,13 |
| 1600 | 539304,20 | 1252951,752 | 713647,56 |
| 1650 | 539304,20 | 1288612,182 | 749307,99 |

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα (διάγραμμα IV.3) ανάλυσης της ευαισθησίας του 2^ο σεναρίου της μεθόδου αξιοποίησης της Ερυθράς Ιλύς με σταθερά κόστη και μεταβαλλόμενα κέρδη συναρτήσει της μεταβολής της τιμής πώλησης των ινών ορυκτοβάμβακα ανά τόνο. Από τον πίνακα IV.18 και το διάγραμμα IV.3 είναι φανερό ότι η κερδοφορία της διεργασίας ξεκινάει ουσιαστικά από τιμή πώλησης των ινών ορυκτοβάμβακα από 600€/t και πάνω.



Διάγραμμα IV.3 : Ανάλυση Ευαισθησίας για το 2^ο Σενάριο

IV.A.5 Συμπεράσματα της Οικονομικής Ανάλυσης της Μεθόδου

Η οικονομική κατάσταση που επικρατεί σήμερα στην Ελλάδα είναι πολύ κρίσιμη , τα δεδομένα μεταβάλλονται με ραγδαίο ρυθμό και το μέλλον της χώρας είναι δύσκολα προβλέψιμο. Η τάση που κυριαρχεί τη δεδομένη χρονική περίοδο στην Ελλάδα είναι ότι οι τιμές για όλα τα αγαθά αυξάνονται συνεχώς , ενώ οι μισθοί μειώνονται τόσο στον δημόσιο όσο και στον ιδιωτικό τομέα. Η οικονομική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, βασίστηκε σε πραγματικά δεδομένα και τα σενάρια που εξετάστηκαν, ερευνήσαν περιπτώσεις οι οποίες είναι πολύ πιθανόν να συμβούν στο μέλλον.

Στο 1^ο Βασικό σενάριο εξετάστηκε η κερδοφορία της μεθόδου σε περιπτώσεις αύξησης των βασικών κέντρων κόστους της μεθόδου (κόστος ενέργειας και κόστος πρώτων υλών) συναρτήσει της τιμής πώλησης των ινών ορυκτοβάμβακα ανά τόνο , ενώ το 2^ο Σενάριο διαμορφώθηκε στη βάση πιθανής αύξησης του συνόλου των κέντρων κόστους της μεθόδου με ταυτόχρονη μείωση των μισθών.

Σύμφωνα με το 1^ο Βασικό Σενάριο, η κερδοφορία της μεθόδου διατηρείται σε όλες τις πιθανές περιπτώσεις εκτός από τις εξής δύο :

- Για τιμή πώλησης των ινών ορυκτοβάμβακα κάτω από 480€/t
- Για τιμή πώλησης των ινών ορυκτοβάμβακα ίση με 600€/t και αύξηση του κόστους ενέργειας και πρώτων υλών πάνω από 40% .

Σύμφωνα με το 2^ο Σενάριο, η κερδοφορία της μεθόδου διατηρείται σε όλες τις πιθανές περιπτώσεις εκτός από την παρακάτω ακραία περίπτωση :

— Για τιμή πώλησης των ινών ορυκτοβάμβακα κάτω από 600€/t

Σύμφωνα με την οικονομική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε ,η μέθοδος παραγωγής χυτοσιδήρου και ορυκτοβάμβακα από την Ερυθρά Ιλύ ενδέχεται να είναι κερδοφόρος και βιώσιμη. Ζημία παρατηρείται σε κάποιες ακραίες περιπτώσεις , όμως στο σύνολό της η μέθοδος φαίνεται ότι δύναται να επιφέρει σημαντικά κέρδη.

Βιβλιογραφία

1. <http://www.webelements.com/aluminium>
2. www.word-aluminium.org/About+Aluminium/Benefits/Properties
3. <http://www.elval.gr/>
4. Paper :Aluminum Oxide
L. Keith Hudson, Aluminum Company of America, Alcoa Center, Pennsylvania 15069, USA
Chanakya Misra, Aluminum Company of America, Alcoa Center, Pennsylvania 15069, United States
Anthony J. Perrotta, Aluminum Company of America, Alcoa Center, Pennsylvania 15069, USA
Karl Wefers, Aluminum Company of America, Alcoa Center, Pennsylvania 15069, USA
F. S. Williams, Aluminum Company of America, Alcoa Center, Pennsylvania 15069, USA – pages : 11-28
5. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/bauxite/mcs-2009-bauxi.pdf>
6. <http://www.bgs.ac.uk/mineralsuk/commodity/world/home.html>
7. www.eaa.net/en/about-aluminium/production-process/
8. <http://www.redmud.org/Production.html>
9. <http://www.alhellas.com/>
10. PAPER: enexal-RED MUD TREATMENT , Thermodynamic Study
11. Μεταλλουργικές Χρήσεις :
-R.G Bautista, Recovery of rare earths from red mud, In Proceedings of the International Symposium on Rare Earths-Resources Science Technology and Applications, Publ by Minerals, Metals & Materials Soc (TMS), Warrendale, PA, USA (1991) 119

-D.I Smirnov, T.V Molchanova, The investigation of sulphuric acid sorption recovery of scandium and uranium from the red mud of alumina production, Hydrometallurgy 45(3) (1997) 249-259

-B. Mishra, D. Kirkpatrick, M. Slavic, Pyrometallurgical
12. Παραγωγοί Δομικών Υλικών :
-M. Singh, S.N. Upadhayay, P.M. Prasad, Preparation of Special Cements from Red Mud, Waste Management, 16 (1996) 665-670.

-M. Singh, S.N. Upadhayay, P.M. Prasad, Preparation of Iron Rich Cements Using Red Mud, Cement and Concrete Research, 27 (1997) 1037-1046.
13. Χρήση ως αδρανές υλικό :
-www.refil.gr

-E. Ryan, R. Bakeer, G. Goldstein, R. Reimers, D. Kirkpatrick, Beneficial use of an industrial waste, In Proceedings of the 10th Annual Residuals and Biosolids Management Conference: 10 Years of

Progress and a Look Toward the Future 16 (1996) 41-48

14. Χρήση ως υπόστρωμα για επεξεργασία υδάτων , Άλλες χρήσεις
-Y. Cengeloglu, E. Kir, M. Ersoz, Removal of fluoride from aqueous solution by using red mud, Separation and Purification Technology 28 (2002) 81-86.

-Y. Cengeloglu, A. Tor, M. Ersoz, G. Arslan, Removal of nitrate from aqueous solution by using red mud, Separation and Purification

G. Maddocks, C. Lin, D. McConchie, Effects of Bauxol and biosolids on soil conditions of acid-generating mine spoil for plant growth, Environmental Pollution 127(2) (2004) 157-167.

-J. Pera, R. Boumaza, J. Ambroise, Development of a pozzolanic pigment from red mud, Cement Concrete Research 27 (1997) 1513-

15. Χρήση ως καταλύτης
-S. Ordonez, H. Sastre, F.V Diez, Characterization and deactivation studies of sulfided red mud used as catalyst for the hydrodechlorination of tetrachloroethylene, Applied Catalysis B: Environment 29(4) (2001b) 263-273

-K. Pirkanniemi, M. Sillanpaa, Heterogeneous water phase

16. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389408005086>

Application of Bayer red mud for iron recovery and building material production from aluminosilicate residues

Wanchao Liu, Jiakuan Yang , Bo Xiao

School of Environmental Science and Engineering, Huazhong University of Science and Technology (HUST), 1037 Luoyu Road, Wuhan, Hubei, 430074, PR China

17. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272884206002677>

Preparation of glass-ceramics from red mud in the aluminium industries

Jiakuan Yang^{a, b, *}, Dudu Zhang^a, Jian Hou^b, Baoping He^a, Bo Xiao^a

^a College of Environmental Science and Engineering, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan, Hubei 430074, China

^b Shandong Aluminium Co. Ltd., Zibo, Shandong 255100, China

18. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X97000044>

Preparation of special cements from red mud

Maneesh Singh¹, S.N. Upadhyay², P.M. Prasad³

¹ Tata Research Development and Design Centre, 1 Mangaldas Road, Pune 411 001, India

² Department of Chemical Engineering and Technology, Banaras Hindu University, Varanasi 221 005, India

³ Department of Metallurgical Engineering, Banaras Hindu University, Varanasi 221 005, India

19. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013795206001967>

Utilization of red mud as a stabilization material for the preparation of clay liners

Ekrem Kalkan

Oltu Vocational Training School, Ataturk University, 25240 Erzurum, Turkey

20. Report: 'Assessment of Red Mud Utilization with Advanced Mineral Recovery Technology

Written by : Professor Paspaliaris Ioannis

And Ass. Professor Panias Dimitrios

Athens , September 2007

21. Grant Agreement no. 249710

ENEXAL

Novel technologies for enhanced energy and exergy efficiencies in primary aluminium production industry

Collaborative Project

Mineral Wool Specification

PEGASO Contribution

22. http://www.smartwaste.co.uk/filelibrary/Mineralwool_sectorstudy.pdf

Industrial sector study on the utilisation of alternative materials in the manufacture of mineral wool insulation

Compiled by Dr Andrew Dunster

Building Technology Group

BRE

(DEFRA Project Code WRT_177 / WRO115)

September 2007

23. <http://www.eurima.org/>

24. Γ. Χ. Βοσνιάκος, «Οι χυτοσίδηροι» — Σημειώσεις μεταπτυχιακών μαθημάτων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2007 (;) .

M. A. Yescas-Gonzalez and H. K. D. H. Bhadeshia, "Cast irons" — Η μεταλλογνωσία των χυτοσιδήρων, από το Πανεπιστήμιο του Καίμπριτζ

25. <http://www.m3.tuc.gr/ANAGNWSTHRIO/MHXANOLOGIKA%20YLIIKA.html> , Από το Βιβλίο του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου "Μηχανικές Διαμορφώσεις" των:

Αριστομένη Αντωνιάδη και Γεωργίου Πανταζόπουλου

26. <http://www.pigiron.org.uk/index.php?nav=furnaceprocess>

27. Paper : ENEXAL

Novel technologies for enhanced energy and exergy efficiencies in primary aluminium production industry

WP4: Optimization of red mud treatment

Specifications and standards for produced pig iron

December 2010

28. Paper : UTILIZATION OF PIG IRON IN THE ELECTRIC ARC FURNACE

Prepared for the International Pig Iron Association by Jeremy Jones

29. <http://www.altoscm.eu/>

30. <http://www.iselco.gr>

31. <http://www.s.andb.gr>

32. ‘ICAP: Κλαδική μελέτη «Μονωτικά Υλικά», 2000’

Paper : ‘ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΤΙΡΙΩΝ: ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ’

Μιχάλης Αγ. Παπαδόπουλος Αγ. Μ. Παπαδόπουλος

33. ‘TRGS 900: Bundesarbeitsblatt: Technische Regel für Gefahrstoffe TRGS 900 “Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz“ – MAK- und TRK- Werte. 6 Juni 1994’

Paper: ‘ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΤΙΡΙΩΝ: ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ’

Μιχάλης Αγ. Παπαδόπουλος Αγ. Μ. Παπαδόπουλος

34. ‘Rühl, K: Sicherer Umgang mit Künstlichen Mineralfasern. Arbeitsschutz und Umwelt, 1994’

Paper: ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΤΙΡΙΩΝ: ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ

Μιχάλης Αγ. Παπαδόπουλος Αγ. Μ. Παπαδόπουλος

35. ‘WKSΒ: Zeitschrift für Wärmeschutz Kälteschutz Schallschutz BrandSchutz, Neue Folge, Heft 42 1999’

Paper: ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΤΙΡΙΩΝ: ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ

Μιχάλης Αγ. Παπαδόπουλος Αγ. Μ. Παπαδόπουλος

36. ‘Koenig N., Sedlbauer K., Technische Massnahmen zur Verminderung der Risiken durch kuenstliche Mineralfaserd, IRB-Verlag, 1998’

Paper: ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΤΙΡΙΩΝ: ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ

Μιχάλης Αγ. Παπαδόπουλος Αγ. Μ. Παπαδόπουλος

37. Country Fact Sheets - Greece, Human Development Report 2009. Πρόγραμμα Ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών (ανακτήθηκε 10 January 2010)

38. The Economist Intelligence Unit's quality-of-life index (2005)" (PDF). The Economist (www.economist.com). http://www.economist.com/media/pdf/QUALITY_OF_LIFE.pdf. Ανακτήθηκε την 2007-04-08

39. GDP per inhabitant in purchasing power standards. Eurostat (2009-12-15)
40. Ζούμε με δανεικά (Greek) (2007-10-16)
41. Ολοκληρωμένο Μεθοδολογικό Πλαίσιο Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων για την Αξιολόγηση των Επιπτώσεων από την Εισαγωγή Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών στη Βιομηχανία (DAF-BAT)
<http://www.demokritos.gr/>
- ΣΥΜΠΡΑΞΗ «ΕΘΝΙΚΟ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ – Ε.ΠΕ.Μ. Α.Ε. - ΛΔΚ ΕΠΕ»
42. <http://www.sev.org.gr/>
43. <http://www.un.org/esa/>
44. <http://www.tradingeconomics.com>
45. <http://www.qualitynet.gr>
46. Στατιστικό Δελτίο Οικονομικής Συγκυρίας , Τεύχος 139 , Σεπτέμβριος-Οκτώβριος 2011
Τράπεζα της Ελλάδος , Ευρωσύστημα , Διεύθυνση Οικονομικών Μελετών , Διεύθυνση Στατιστικής
47. Synthetic Inorganic Fibers, Wiley-VCH Verlag GmbH, 2005
48. Mineral Wool Manufacturing – 2002 Economic Census – Industry Series, USCENSUSBUREAU, U.S. Department of Commerce, January 2005
49. Iron and Steel Slag End-Use Worksheet Notes, U.S. Geological Survey, Data Sries 140, September 2005
50. Industry Study 2202 , World Insulation , Project Director: Thomas R. Browne
Research Analysis: William Baumgartner , Corporate Researcher: Joe Iorillo , June 2007 , The Freedonia Group, Inc ,Section IV : ‘Materials & Markets’
51. Special edition of Technical Chamber of Greece on building heating and cooling, issue 2125, 06/11/2000
52. www.anythingresearch.com , 2011 Premium Report on Mineral Wool Manufacturing
53. IPIA (International Pig Iron Association) , The Global Merchant Pig Iron Market , Moscow November 2006 , www.pigiron.org.uk
54. METAL BULLETIN MONTHLY’S
Steelmaking Raw Materials Conference
19-20 November 2002
MonteCarlo Grand Hotel, Monte Carlo, Monaco
- REVIEW OF GLOBAL DEVELOPMENTS IN THE PIG IRON MARKETS
Presented by Dr. Yuri Mishin, Marketing Director, OAO TULACHERMET, Russia
55. <http://www.psem.gr/index.php?pN=club>
56. www.metalbulletin.com

