



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ-
ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ



ΑΠΟΣΤΟΛΙΑ Δ. ΧΑΤΖΗΒΡΕΤΤΑ

ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΚΛΑΔΟΥ ΤΩΝ
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΚΑΙ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2020





ΑΠΟΣΤΟΛΙΑ Δ. ΧΑΤΖΗΒΡΕΤΤΑ
Φοιτήτρια Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5496

ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΚΛΑΔΟΥ ΤΩΝ
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΚΑΙ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας,
Τομέας Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας

Επιβλέπων

ΚΑΝΤΗΡΑΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
Αν. Καθηγητής Α.Π.Θ.



© Αποστολία Δ. Χατζιβρέττα, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας, 2020
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ANATOMIA KAI PROOPTIKES TOY ELLHNIKOY KΛΑΔΟΥ ΤΩΝ
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΚΑΙ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ – *Διπλωματική Εργασία*

© Apostolia D. Chatzivretta, School of Geology, Dept. of Mineralogy-Petrology-
Economy Geology, 2020
All rights reserved.
Analysis and prospects of Greek industrial minerals and rocks – *Bachelor Thesis*

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

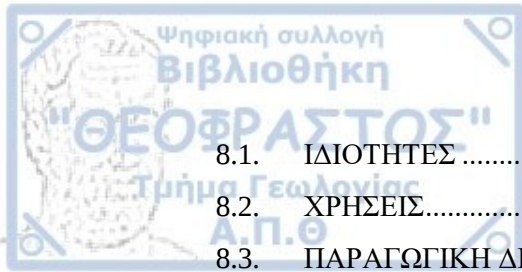
Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

Εικόνα Εξωφύλλου: Περλίτης (πάνω αριστερά), Γύψος (κάτω αριστερά), Καολίνης (πάνω δεξιά), Μπεντονίτης (κάτω δεξιά) (Πηγή: www.sme.gr)



ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΤΑ ΟΡΥΚΤΑ ΠΟΥ ΑΞΙΟΛΟΓΗΘΗΚΑΝ.....	11
1. ΜΠΕΝΤΟΝΙΤΗΣ	11
1.1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	12
1.2. ΧΡΗΣΕΙΣ.....	12
1.3. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	13
2. ΠΕΡΛΙΤΗΣ.....	14
2.1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	15
2.2. ΧΡΗΣΕΙΣ.....	16
2.3. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	17
3. ΓΥΨΟΣ.....	20
3.1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	22
3.2. ΧΡΗΣΕΙΣ.....	22
3.3. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	22
4. ΜΑΓΝΗΣΙΤΗΣ	25
4.1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	26
4.2. ΧΡΗΣΕΙΣ.....	27
4.3. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	28
5. ΚΑΟΛΙΝΗΣ	31
5.1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	32
5.2. ΧΡΗΣΕΙΣ.....	32
5.3. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	33
6. ΤΑΛΚΗΣ.....	35
6.1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	37
6.2. ΧΡΗΣΕΙΣ.....	37
6.3. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	38
7. ΑΣΤΡΙΟΙ.....	40
7.1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	41
7.2. ΧΡΗΣΕΙΣ.....	42
7.3. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	43
8. ΒΑΡΥΤΗΣ.....	45



8.1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	46
8.2. ΧΡΗΣΕΙΣ.....	46
8.3. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	48
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	50
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	51



ΠΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

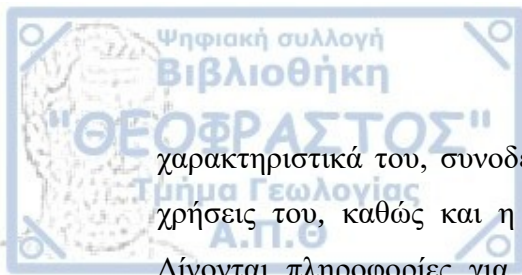
Ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας αυτής είναι η ανάδειξη του ορυκτού πλούτου της Ελλάδας και κυρίως των Βιομηχανικών Ορυκτών και Πετρωμάτων (ΒΟΠ) στον τομέα της παραγωγής. Σημειώνονται βιομηχανικά ορυκτά στα οποία η χώρα παρουσιάζει ιδιαίτερη παραγωγική δραστηριότητα και εξαγωγικό ενδιαφέρον. Τα βιομηχανικά ορυκτά στα οποία αναφέρεται η παρούσα διπλωματική εργασία είναι τα εξής:

1. ΜΠΕΝΤΟΝΙΤΗΣ
2. ΠΕΡΛΙΤΗΣ
3. ΓΥΨΟΣ
4. ΜΑΓΝΗΣΙΤΗΣ
5. ΚΑΟΛΙΝΗΣ
6. ΤΑΛΚΗΣ
7. ΑΣΤΡΙΟΙ
8. ΒΑΡΥΤΗΣ

Όλα τα στατιστικά δεδομένα για τους ετήσιους τόνους παραγωγής λήφθηκαν από την ιστοσελίδα www.bgs.ac.uk (European Mineral Statistics) και αναφέρονται στην εικοσαετία από το 1994 έως το 2014, ενώ βασική βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την εργασία αποτελούν οι δημοσιεύσεις των Τσιραμπίδης (2005) και Αλεξοπούλου κ.ά. (2015). Σημαντικό είναι να τονισθεί πως τα διαγράμματα των ορυκτών δημιουργήθηκαν από τα στατιστικά δεδομένα της παραπάνω ιστοσελίδας και στο «ΣΥΝΟΛΟ» που αναγράφεται σε κάθε διάγραμμα υπολογίζονται μόνο τα 8 παραπάνω ορυκτά που μελετάει η εργασία αυτή και όχι το σύνολο όλων των ορυκτών που παράγει η Ελλάδα.

Συγκεκριμένα, το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί την εισαγωγή της εργασίας και περιγράφει έννοιες όπως ορυκτές πρώτες ύλες και βιομηχανικά ορυκτά και πετρώματα. Σχολιάζει την παραγωγική δραστηριότητα της χώρας, τις εισαγωγές και εξαγωγές ορυκτών, καθώς και τα λειτουργικά προβλήματα που έχει να αντιμετωπίσει η χώρα σε περίπτωση νέας εξόρυξης, επέκτασης ή ακόμα και ερευνητικής δράσης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο και κυρίως μέρος της διπλωματικής εργασίας, γίνεται παράθεση των 8 ορυκτών που προαναφέρθηκαν. Στο κάθε ορυκτό αναγράφονται τα



χαρακτηριστικά του, συνοδευόμενα με μια εικόνα του ορυκτού, οι ιδιότητες και οι χρήσεις του, καθώς και η παραγωγική δραστηριότητα με έμφαση στην Ελλάδα. Δίνονται πληροφορίες για τα κοιτάσματα, τις εμφανίσεις και τα αποθέματα, τις εταιρείες εκμετάλλευσης-δραστηριοποίησης, τις τιμές του εκάστοτε ορυκτού στην αγορά και το διάγραμμα παραγωγής σε τόνους ανά έτος σε σχέση με την συνολική παραγωγή. Στα ορυκτά που η παραγωγική τους δραστηριότητα είναι χαμηλή σε σχέση με την συνολική και δεν είναι ευδιάκριτη η καμπύλη στο διάγραμμα, υπάρχει ένα δεύτερο διάγραμμα που απεικονίζει μόνο την παραγωγή του ορυκτού.

Στο τρίτο και τελευταίο κεφάλαιο, καταγράφονται συνοπτικά τα συμπεράσματα και οι προοπτικές του κλάδου της εξορυκτικής βιομηχανίας και επισυνάπτεται το διάγραμμα παραγωγής όλων των ορυκτών.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της πτυχιακής μου εργασίας, κ. Νικόλαο Καντηράνη, Αν. Καθηγητή του τμήματος Γεωλογίας ΑΠΘ, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, καθώς και την επιστημονική υποστήριξη και καθοδήγηση που μου πρόσφερε στη πορεία της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τον αδερφό μου για τη συνεχή υποστήριξη όλα αυτά τα χρόνια της ακαδημαϊκής μου πορείας, καθώς και όλους τους ανθρώπους, συγγενείς, φίλους και συμφοιτητές, που στάθηκαν δίπλα μου το διάστημα αυτό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εξορυκτική δραστηριότητα αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους τομείς που έχουν επιρροή στην οικονομία κάθε χώρας. Η Ελλάδα αποτελεί μια χώρα πλούσια σε ορυκτές πρώτες ύλες (ΟΠΥ), από τις οποίες μόνο ένα μικρό ποσοστό εκμεταλλεύεται. Όπως λένε πολλοί επιστήμονες, είναι μια χώρα με ένα πλούσιο και γεμάτο υπέδαφος σε ΟΠΥ.

Οι ΟΠΥ διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: 1) Ενεργειακές πρώτες ύλες, 2) Βιομηχανικά Ορυκτά και Πετρώματα (ΒΟΠ) και 3) Μέταλλα. Από τα αρχαία κιόλας χρόνια, η Ελλάδα εμφάνισε ενδιαφέρον στην εξόρυξη κυρίως μετάλλων του χαλκού, χρυσού και αργύρου, τα οποία τα χρησιμοποιούσαν για κατασκευή όπλων, εργαλείων, κοσμημάτων κ.ά. Από το 1980 όμως και μετά παρατηρείται μείωση στη ζήτηση των μετάλλων και αντίστοιχη αύξηση των ΒΟΠ στην αγορά. Οι μέθοδοι εξόρυξης ΒΟΠ αναπτύχθηκαν πολύ αργά, στο τέλος του 19^{ου} αιώνα με την εκμετάλλευση σμύριδας και ποζολάνης. Έτσι λοιπόν, γίνεται στροφή από τα μεταλλικά ορυκτά στα βιομηχανικά ορυκτά και πετρώματα, που τα τελευταία χρόνια, με βάση την ζήτηση και την αξία τους, κατέχουν την δεύτερη θέση σε παγκόσμιο επίπεδο. Στην πρώτη θέση βρίσκονται οι ενεργειακές πρώτες ύλες (πετρέλαιο, φυσικό αέριο κ.ά.), ενώ στην τελευταία τα μεταλλικά ορυκτά (χαλκός, μαγγάνιο, χρώμιο κ.ά.)

Ως βιομηχανικά ορυκτά και πετρώματα (ΒΟΠ) χαρακτηρίζονται εκείνες οι φυσικές ή συνθετικές ορυκτές ουσίες που εξαιτίας των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων τους χρησιμοποιούνται είτε απευθείας, είτε μετά από κατάλληλη επεξεργασία σε βιομηχανικές χρήσεις (Virta et al. 1994). Από την αρχαιότητα έως και σήμερα, τα ΒΟΠ, όπως και όλα τα ορυκτά, παίζουν πρωταρχικό ρόλο στη ζωή του ανθρώπου και στην καθημερινότητά του.

Για να γίνει κατανοητή η αξία και η χρησιμότητα των ΒΟΠ, θα πρέπει κανείς να κοιτάξει γύρω του και να δει πως ένα μεγάλο ποσοστό αντικειμένων, μηχανημάτων, συσκευών ακόμη και τροφίμων, απαιτεί την χρήση αυτών των υλικών. Από το ξεβαμμένο τζιν μας έως τη διαυγή μπύρα μας, από την τηλεόρασή μας έως την οδοντόκρεμά μας, από το αυτοκίνητο μας έως τα πορσελάνινα φλιτζάνια του τσαγιού, από τα είδη υγιεινής έως τα ρίμελ των ματιών, από την ταπετσαρία των τοίχων έως το ψυγείο μας, τα ορυκτά υπάρχουν στη ζωή μας κι εμείς ζούμε μαζί τους, έστω κι αν δεν το ξέρουμε (Γεωργιάδης 2003).

Τα ΒΟΠ λόγω των ιδιοτήτων τους βρίσκουν εφαρμογή σε μια πληθώρα βιομηχανιών (τσιμεντοβιομηχανίες, χαρτοβιομηχανίες, υαλουργία κ.ά.), τις οποίες τροφοδοτούν με πρώτη ύλη, ενώ ο ρόλος τους είναι σημαντικός και στη προστασία του περιβάλλοντος.

Η αύξηση του πληθυσμού της γης, η άνοδος του βιοτικού επιπέδου και η εξέλιξη της τεχνολογίας είναι κάποιοι από τους παράγοντες που αυξάνουν συνεχώς την ζήτηση και εκμετάλλευση όλο και περισσότερων ορυκτών. Τα ορυκτά αυτά χρησιμοποιούνται ευρύτατα, κατεργασμένα και μη, λόγω των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων τους. Η αξία τους στην αγορά εξαρτάται κυρίως από το βαθμό επεξεργασίας τους.

Η Ελλάδα αποτελεί μια χώρα ενεργή στο τομέα της εξόρυξης και συμμετέχει στο κλάδο αυτό με παραγωγή διάφορων ΒΟΠ όπως μπετονίτης, περλίτης, μαγνησίτης, κίσηρης, άστριοι, καολίνης, γύψος, τάλκης, βαρύτης κ.ά. (Πασσά 2007). Είναι η μοναδική χώρα στη παραγωγή χουντίτη, δεύτερη χώρα στη παραγωγή μπετονίτη και περλίτη και πρώτη στην εξαγωγή μαγνησίτη στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Αν και η χώρα εξορύσσει ικανοποιητικές ποσότητες ΒΟΠ, για να καλυφθούν οι ανάγκες της, απαραίτητη κρίνεται η εισαγωγή ορυκτών που έχουν έλλειψη στη χώρα ή ορυκτών καλύτερης ποιότητας. Η Ελλάδα εισάγει σημαντικές ποσότητες ορυκτών όπως ο νεφελινικός συηνίτης, χαλαζιακή άμμος, καλιούχοι άστριοι και καολίνης, τα οποία βρίσκουν εφαρμογή στην κεραμική και υαλουργία.

Η διαδικασία παραγωγής ωστόσο παρουσιάζει και σημαντικά προβλήματα που λειτουργούν ως αποθαρρυντικά εμπόδια στη διαδικασία αυτή. Η χρονοβόρα και πολύπλοκη νομοθεσία αδειοδότησης από τη Δημόσια Διοίκηση, η κρατική γραφειοκρατία, τα περιβαλλοντικά ζητήματα, οι υπερβολικές συμπεριφορές της κοινής γνώμης και της τοπικής κοινωνίας σε συνδυασμό με την άγνοια τους για την σημασία των ορυκτών, όχι μόνο στην εθνική οικονομία, αλλά και στην καθημερινότητα μας, είναι κάποια από αυτά τα εμπόδια που προκαλούν απαισιοδοξία σε κάθε νέα προσπάθεια ερευνητικής και παραγωγικής δράσης ή ακόμα και επέκτασης σε νέα περιοχή ή σε νέα ορυκτά.

Η Ελλάδα ωστόσο προσπαθεί με κάθε μέσο να συνεχίζει την παραγωγική δραστηριότητα, στηρίζοντας αυτόν τον κλάδο της χώρας, αλλά και ολόκληρης της Ευρώπης, πάντα όμως με συλλογική υπευθυνότητα για την αποκατάσταση του περιβάλλοντος και των ζημιών που προκύπτουν από την εξόρυξη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΤΑ ΟΡΥΚΤΑ ΠΟΥ ΑΞΙΟΛΟΓΗΘΗΚΑΝ

1. ΜΠΕΝΤΟΝΙΤΗΣ

Ο Μπεντονίτης είναι ένα μαλακό, πλαστικό και πορώδες πέτρωμα που αποτελείται κυρίως από σμεκτίτη και κολλοειδές SiO_2 (Εικ. 1). Με τον όρο σμεκτίτης αναφερόμαστε σε μια ομάδα αργιλικών ορυκτών με τριοκταεδρικά (πλούσια σε Mg) μέλη όπως ο εκτορίτης και ο σαπωνίτης και διοκταεδρικά (πλούσια σε Al) μέλη όπως ο μοντμοριλονίτης και ο βεϊδελίτης. Από αυτά ο μοντμοριλονίτης ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) αποτελεί το βασικότερο ορυκτό από το οποίο αποτελείται ο μπεντονίτης, σε ποσοστό μεγαλύτερο από 80%. Όταν η περιεκτικότητα σε μοντμοριλονίτη είναι μικρότερη, περίπου 60-80%, τότε το υλικό χαρακτηρίζεται ως «Μπεντονιτική Άργιλος».



Εικόνα 1: Μπεντονίτης (Πηγή: www.sme.gr)

Η ονομασία του μπεντονίτη ή μπετονίτη ή βεντονίτη όπως συνηθίζεται να λέγεται, προέρχεται από την τοποθεσία Fort Benton της πολιτείας Wyoming των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής, όπου πρωτοανακαλύφθηκε και άρχισε να εξορύσσεται. Σήμερα, ο όρος μπεντονίτης χρησιμοποιείται με την ευρύτερη έννοια στο εμπόριο, για να χαρακτηρίσει τις διάφορες αργιλικές αποθέσεις ποικίλου χρώματος που περιέχουν κυρίως σμεκτιτικά ορυκτά (μοντμοριλονίτης, βεϊδελίτης, νοντρονίτης,

εκτορίτης, σαπωνίτης) μαζί με καολινίτη, ιλλίτη, χαλαζία, χριστοβαλίτη, οπάλιο, άστριους, πυρόξενους, βιοτίτη, ανθρακικά ορυκτά, γύψο και ζεόλιθους.

Οι μπεντονίτες σχηματίζονται από εξαλλοίωση ηφαιστειακών πετρωμάτων, πλούσιων σε πυρίτιο και φεμικών ορυκτών (βιοτίτη), καθώς και από την αποσάθρωση τοφитών. Έχουν λιπαρή ή σαπωναειδή υφή και χρώμα που ποικίλει ανάλογα με το βάθος. Στα βαθύτερα στρώματα ο μπεντονίτης εμφανίζεται κυανοπράσινος, στην επιφάνεια κιτρινοπράσινος και μετά από ξήρανση ανοικτόχρωμος.

1.1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Μια από τις πιο βασικές ιδιότητες του μπεντονίτη, όπως και όλων των σμεκτιτών, είναι η ικανότητα του να διογκώνεται όταν έρθει σε επαφή με νερό ή με άλλο υγρό. Όταν βυθίζεται στο νερό, διασκορπίζεται σε κολλοειδή τεμαχίδια μεγέθους 1–100 μm και διογκώνεται 15 έως 30 φορές σε σχέση με το αρχικό ξηρό βάρος του. Επίσης, χαρακτηρίζεται για την υψηλή πλαστικότητα, την δυνατότητα δράσης ως προσροφητικό και συνδετικό υλικό και την ικανότητα αύξησης του ιξώδους.

Ο Na-μπεντονίτης παρουσιάζει υψηλή ικανότητα διόγκωσης, καλή πλαστικότητα και λιπαντική ικανότητα, υψηλή διατμητική και θλιπτική αντοχή, αδιαπερατότητα και χαμηλό βαθμό συμπιεστότητας και συνεκτικότητας.

Ο Ca-μπεντονίτης παρουσιάζει χαμηλή ικανότητα διόγκωσης και μπορεί να κατεργαστεί με Na_2CO_3 , οπότε σχηματίζεται Na-ούχος μπεντονίτης, γνωστός ως ενεργοποιημένος ή συνθετικός, με βελτιωμένες ιδιότητες διόγκωσης.

1.2. ΧΡΗΣΕΙΣ

Ο μπεντονίτης χρησιμοποιείται κυρίως στους πολφούς γεωτρήσεων, κατά την έρευνα και παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου, ώστε να προκληθεί αιώρηση των θρυμμάτων της γεώτρησης και να δημιουργηθεί διαπερατό επικάλυμμα στα τοιχώματα της. Χρησιμοποιείται επίσης, στην παρασκευή αντιόξινων δισκίων ή εκδόχων φαρμακευτικών προϊόντων σωματικής περιποίησης, στα χυτήρια ως συνδετικό υλικό της άμμου των καλουπιών και ως προσροφητικό υλικό στην άμμο υγιεινής. Επίσης, χρησιμοποιείται στην παρασκευή συμπληρωμάτων ζωοτροφών και υλικών για οικοδομικά και άλλα τεχνικά έργα (φράγματα, δεξαμενές).

Ο μπεντονίτης είναι το πιο φθινό υλικό ξήρανσης, αλλά είναι πολύ αποτελεσματικός σε θερμοκρασίες μικρότερες από 50 °C. Ακόμη, βρίσκει εφαρμογή στην αγγειοπλαστική, στη κεραμική, στη βιομηχανία και στη παραγωγή σιδήρου.

1.3. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Η ελληνική παραγωγή μπεντονίτη κατατάσσεται τη χώρα μας πρώτη σε μέγεθος πανευρωπαϊκά και δεύτερη παγκόσμια. Η Ελλάδα είναι η δεύτερη χώρα μετά τις ΗΠΑ στην παραγωγή μπεντονίτη, η οποία το 2008 ξεπέρασε τους 1,5 εκατ. τόνους.

Η εξόρυξη του ελληνικού μπεντονίτη πραγματοποιείται κυρίως στη Μήλο από την εταιρία «IMERYS ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ ΕΛΛΑΣ ΑΕ» (πρώην S&B Βιομηχανικά Ορυκτά) και σε μικρότερες ποσότητες στη Κίμωλο από την εταιρία «ΜΠΕΝΤΟΜΑΪΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ ΚΙΜΩΛΟΥ». Εμφανίσαις όμως μπεντονίτη, εκτός από τη Μήλο και τη Κίμωλο, έχουν διαπιστωθεί και στα νησιά Λέσβο και Χίο (Christidis 1992), καθώς και στην ευρύτερη περιοχή Μέστης – Συκορράχης Έβρου (Κοσιάρης & Μιχαήλ 1995)

Ο μπεντονίτης της Μήλου, που αποτελεί και το βασικότερο κοίτασμα του πετρώματος αυτού στον Ελλαδικό χώρο, περιέχει κυρίως Ca-μοντμοριλονίτη σε ποσοστό >80% μαζί με χαλαζία, αστρίους, καολινίτη και αναλλοίωτο ηφαιστειακό γυαλί. Η εταιρία εκμετάλλευσης του μπεντονίτη της Μήλου «IMERYS ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ ΕΛΛΑΣ ΑΕ» αποτελεί την μεγαλύτερη παραγωγή μπεντονίτη στην Ευρώπη, καθώς και τη μεγαλύτερη εξαγωγική εταιρία μπεντονίτη στο κόσμο. Έχει σημαντικές εξορυκτικές δραστηριότητες και σε άλλες χώρες όπως ΗΠΑ, Γερμανία, Βουλγαρία, Ουγγαρία, Μαρόκο και Γεωργία.

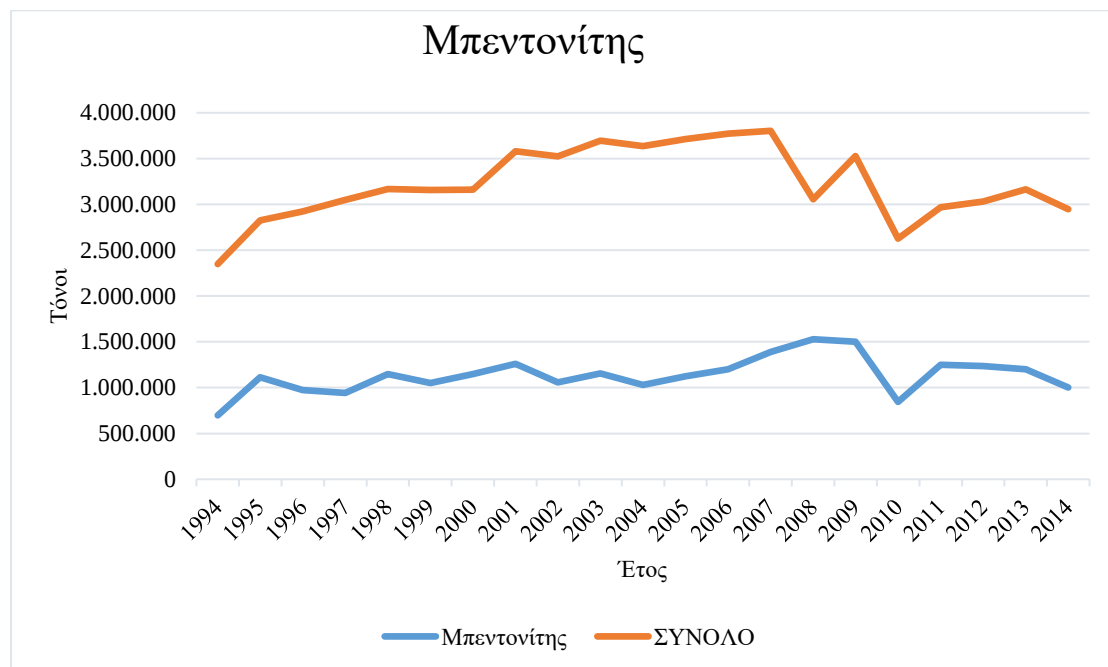
Το κόστος του μπεντονίτη παρουσιάζει ένα μεγάλο εύρος τιμών που εξαρτάται από το βαθμό επεξεργασίας, το μέγεθος των κόκκων, καθώς και τη συσκευασία. Για παράδειγμα, το κόστος του ακατέργαστου μπεντονίτη κυμαίνεται από 130-140 €/t, του πυρίμαχου από 230-250 €/t, για πολφό γεώτρησης 40-50 €/t ενώ για άμμο υγιεινής κατοικίδιων 80-90 €/t.

Η παραγωγή μπεντονίτη στον Ελλαδικό χώρο εμφανίζει διάφορες διακυμάνσεις από το 1994 έως το 2014 όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 1, ανάλογα με τη ζήτηση, την οικονομική κατάσταση της χώρας, το κόστος και την αγορά.

Παρουσιάζεται η παραγωγή του μπεντονίτη σε τόνους ανά έτος σε σχέση με την συνολική παραγωγή στην Ελλάδα. Παρατηρείται μια σταθερή ανοδική τάση παραγωγής με μικρές διακυμάνσεις, από το έτος 1994 έως το 2004. Από το 2005 και μετά επίσης μια σημαντική αύξηση της παραγωγής που φτάνει τους 1.528.584 τόνους το έτος 2008, ενώ το 2010 η παραγωγή πέφτει δραματικά στους 844.804 τόνους.

Ο μέσος όρος παραγωγής του μπεντονίτη από το 1994 έως το 2014 είναι 1.135.785 τόνοι. Οι μεταβολές που παρατηρούνται στην παραγωγή μπεντονίτη οφείλονται κατά

κύριο λόγο στην εθνική οικονομική κρίση και την συνδεόμενη με αυτή έλλειψη ζήτησης του πετρώματος. Παρ' όλα αυτά η παραγωγή του μπεντονίτη είναι από τις ελληνικές παραγωγικές δραστηριότητες που δεν επηρεάστηκαν τόσο σημαντικά, όσο άλλες, διότι το υλικό αυτό χάρις τις ιδιότητες του βρίσκει πολυάριθμες εφαρμογές και η ζήτησή του παραμένει ικανοποιητική και εντός και εκτός Ελλάδας.



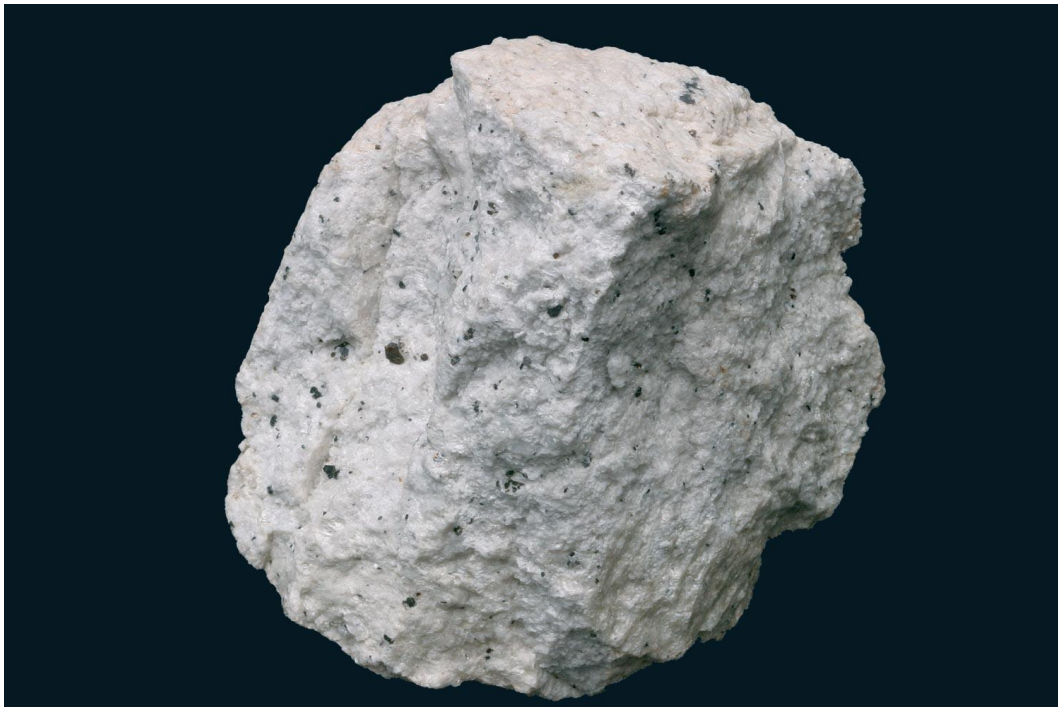
Διάγραμμα 1: Παραγωγή μπεντονίτη σε σύγκριση με τη συνολική παραγωγή ΒΟΠ στην Ελλάδα.

Συγκρίνοντας την παραγωγή του μπεντονίτη σε σχέση με την συνολική παραγωγή των Ελληνικών ΒΟΠ, γίνεται αντιληπτό ότι το βιομηχανικό αυτό πέτρωμα, κατέχει μια σημαντική θέση στον παραγωγικό κλάδο της Ελλάδας. Η συνολική παραγωγή του μπεντονίτη, την εικοσαετία από το 1994 έως το 2014, ισούται με 23.851.484 τόνους, γεγονός που υποδηλώνει τη σημασία και την εκτεταμένη χρήση του πετρώματος λόγω των πολλαπλών εφαρμογών του.

2. ΠΕΡΑΙΤΗΣ

Ο περλίτης αποτελεί ένα ελαφρή, μαύρο έως λευκό (συνήθως γκρι), όξινο ηφαιστειακό πέτρωμα με υαλώδη έως μαργαριταρώδη λάμψη (Εικ. 2). Σχηματίζεται με την έκχυση όξινων λαβών, επιφανειακά ή υποθαλάσσια, ύστερα από ηφαιστειακές δραστηριότητες. Η απότομη και ταχύτατη ψύξη και στερεοποίηση της λάβας αυτής,

δεν επιτρέπει τον πλήρη σχηματισμό κρυστάλλων, με αποτέλεσμα ο περλίτης να αποκτά την χαρακτηριστική υαλώδη μορφή του. Η βασικότερη αιτία δημιουργίας περλίτη είναι η παρουσία νερού (3-5%) και διαφόρων αερίων σε σημαντικά ποσοστά, που παγιδεύτηκαν στη μάζα του κατά την ψύξη και στερεοποίηση της λάβας.



Εικόνα 2: Περλίτης (Πηγή: www.sme.gr)

Πετρογραφικά ο περλίτης είναι ένα ηφαιστειογενές πέτρωμα με χαρακτηριστική περλιτική δομή του οποίου το όνομα προέρχεται από τα χαρακτηριστικά σπασίματα του, που μοιάζουν με μικρές πέρλες μέσα στην υαλώδη μάζα του. Στην αγορά είναι γνωστός και με το όνομα Perlomin.

Ο περλίτης διακρίνεται από άλλα υαλώδη πετρώματα από τη ρυολιθική του σύσταση με 70-75% SiO_2 , 12-18% Al_2O_3 , 4-6% K_2O και 2-5% νερό, ενώ σε μικρότερες ποσότητες περιέχει 0,5-0,9% Fe_2O_3 , 2,8-4,3% Na_2O , 0,1-0,8% CaO και 0,1-0,25% MgO . Λόγω του αυξημένου ποσοστού περιεκτικότητας του σε SiO_2 , ο περλίτης κατατάσσεται στα όξινα πετρώματα.

2.1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Μια από τις βασικότερες ιδιότητες του περλίτη είναι η διόγκωσή του όταν βρεθεί σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας ($>800^\circ \text{C}$). Όταν πυρώνεται σε $870\text{-}1.100^\circ \text{C}$ μαλακώνει και διογκώνεται με αποτέλεσμα να μειωθεί σημαντικά η πυκνότητα της

μάζας του από $950-1.200 \text{ kg/m}^3$ σε $40-180 \text{ kg/m}^3$. Έτσι λοιπόν, ο ακατέργαστος περλίτης μετατρέπεται σε ένα αφρώδες ελαφρύ αδρανές υλικό (Εικ. 2.1) από το αρχικό τεφρόμαυρο υαλώδες, το οποίο δεν επηρεάζεται από εξωτερικούς παράγοντες όπως το κλίμα και η πάροδος του χρόνου. Αποκτά έτσι τις χαρακτηριστικές του ιδιότητες ως μονωτικό υλικό που σε συνδυασμό με το χαμηλό ειδικό βάρος του και την πλήρη ακαυστότητα του, αποτελεί ένα «πολύτιμο» βιομηχανικό πέτρωμα στην αγορά.



Εικόνα 2.1: Διογκωμένος περλίτης σε διαφορετικά μεγέθη (Πηγή: www.zeroenergybuildings.org)

Η διαλυτότητα του περλίτη ποικίλει ανάλογα με τον διαλύτη. Για παράδειγμα, στο νερό είναι διαλυτός κατά 0,1-0,3%, στο θειικό οξύ είναι κατά 1%, ενώ σε διάλυμα 50% NaOH είναι διαλυτός κατά 90%. Το pH του υπολογίζεται περίπου στο 7. Είναι χημικά αδρανής και ανθεκτικός στην επίδραση μικροοργανισμών. Ο περλίτης εμφανίζει χαμηλή θερμική αγωγιμότητα, γεγονός που τον καθιστά ιδανικό μονωτικό υλικό.

2.2. ΧΡΗΣΕΙΣ

Ο περλίτης κατεργασμένος και μη, βρίσκει εφαρμογή σε ποικίλους κλάδους όπως στην οικοδομική δραστηριότητα, στην γεωργία και στην βιομηχανία, ενώ χρησιμοποιείται και ως διακοσμητικός λίθος.

Η πιο σημαντική χρήση του περλίτη σημειώνεται στον τομέα της οικοδομικής δραστηριότητας. Χρησιμοποιείται διογκωμένος για μονωτικό τοίχων και αγωγών χάρη στην θερμομονωτική και ηχομονωτική του ιδιότητα, ως υπόστρωμα ταρατσών και δαπέδων και ως πρόσθετο υλικό για σοβάδες, τούβλα, σκυρόδεμα, κονιάματα, χρώματα και βερνίκια.

Στην γεωργία χρησιμοποιείται ως βελτιωτικό εδαφών που προσδίδει τις κατάλληλες συνθήκες για κάθε φυτό και λουλούδι και ως υπόστρωμα για υδροπονικές καλλιέργειες λόγω του ουδέτερου pH του. Μια βασική ιδιότητα του περλίτη που επιβεβαιώνει την χρησιμότητα του στην γεωργία και συγκεκριμένα στις υδροπονικές καλλιέργειες, είναι το γεγονός ότι δεν αλλοιώνεται από τα φυτοφάρμακα και στα λιπάσματα.

Στον βιομηχανικό κλάδο χρησιμοποιείται κυρίως στη μεταλλουργία, σε πυρίμαχες εφαρμογές στα χυτήρια, καθώς και στην παραγωγή πετρελαίου ως προσθετικό σε πολφούς γεωτρήσεων. Επίσης, συμμετέχει στην παρασκευή χημικών και φαρμακευτικών προϊόντων, λιπασμάτων και αποξεστικών (σαπούνια, καθαριστικά, οδοντόπαστες).

2.3. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Η παραγωγή περλίτη στην Ελλάδα ξεκίνησε το 1958 και αποτελεί μια από τις βασικότερες παραγωγές και εντός της χώρας, αλλά και σε πανευρωπαϊκό επίπεδο, με σημαντικές παραγωγές που φτάνουν τους 1.100.000 τόνους τα έτη 2005, 2006. Η Ελληνική παραγωγή, με ποσοστό περίπου 25% της συνολικής παραγωγής ΒΟΠ της χώρας, κατέχει την πρώτη θέση στις εξαγωγές και την δεύτερη θέση στη παραγωγή περλίτη. Στην πρωταρχική θέση βρίσκονται οι ΗΠΑ που μαζί με την Ελλάδα κατέχουν περισσότερο από το 50% της παγκόσμιας παραγωγής. Η Ελλάδα είναι ο κύριος προμηθευτής της Ευρώπης, με σοβαρούς ανταγωνιστές την Τουρκία, Ιταλία, Ουγγαρία και Αρμενία. Οι εξαγωγές στην Ευρωπαϊκή αγορά αντιστοιχούν στο 45% της συνολικής ετήσιας παραγωγής, ενώ εξάγονται και σημαντικές ποσότητες στις ΗΠΑ και μικρότερες ποσότητες στη Μέση και Άπω Ανατολή.

Κοιτάσματα περλίτη στον ελλαδικό χώρο βρίσκονται στη Μήλο, Κω, Λέσβο, Γυαλί, Αντίπαρο, Νίσυρο, καθώς και στον Έβρο (Λευκίμμη, Λυκόφως, Δαδιά). Τα σημαντικότερα όμως από αυτά τα κοιτάσματα είναι κατά βάση στην Μήλο, αλλά και στη Κω, με μικρότερα αποθέματα από την πρώτη.

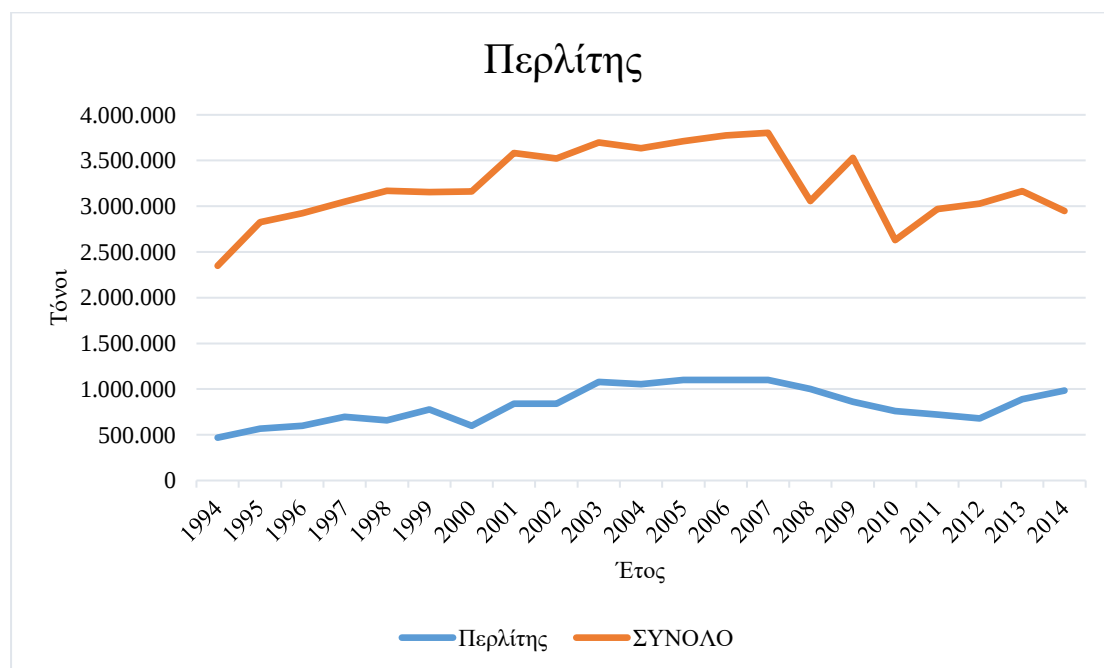
Η κύρια εξόρυξη πραγματοποιείται στην Μήλο από την εταιρία «S&B

Βιομηχανικά Ορυκτά» που ανήκει στην σημερινή «IMERYS ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ ΕΛΛΑΣ ΑΕ» και από την εταιρία «ΠΕΡΛΙΤΕΣ ΑΙΓΑΙΟΥ» σε πολύ μικρό ποσοστό, περίπου 70.000 τόνους ετησίως. Η πρώτη εταιρία, εκτός από τη Μήλο, δραστηριοποιείται και στη Κω, με μικρότερες εξορύξεις.

Η εξόρυξη του περλίτη είναι επιφανειακή, διότι είναι η πιο οικονομικά συμφέρουσα μέθοδος εκμετάλλευσης. Ύστερα από την εξόρυξή του, ο περλίτης υπόκειται σε επεξεργασία που διαδοχικά περιλαμβάνει θραύση σε σπαστήρες, ξήρανση, λειοτρίβηση και διαχωρισμός σε διάφορα κοκκομετρικά κλάσματα. Ο θρυμματισμένος πλέον περλίτης, περνάει μέσα από το κλίβανο σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (750-1000 °C) με αποτέλεσμα να διογκωθεί. Η διογκωμένη του μορφή είναι αυτή που χρησιμοποιείται και έχει περισσότερη ζήτηση στην αγορά.

Οι τιμές του ποικίλουν ανάλογα με την κατεργασία και την επεξεργασία που έχει υποστεί. Για παράδειγμα, ο ακατέργαστος περλίτης έχει περίπου στα 35 €/t και ποικίλει ανάλογα με την κοκκομετρία του (αδρόκοκκος 25-30 €/t, λεπτόκοκκος 40-50 €/t), ενώ ο διογκωμένος έχει ελάχιστη τιμή 280 €/t και χρησιμοποιείται στα απορρυπαντικά και μέγιστη τιμή στα 400 €/t για θερμομόνωση και ως πληρωτικό υλικό.

Η Ελλάδα είναι η πρώτη παραγωγός χώρα περλίτη σύμφωνα με ανακοινώσεις του Αμερικάνικου Ινστιτούτου Έρευνας για τα έτη 2005, 2006. Αυτό γίνεται αντιληπτό και στο Διάγραμμα 2 που απεικονίζει την ετήσια παραγωγή σε τόνους.

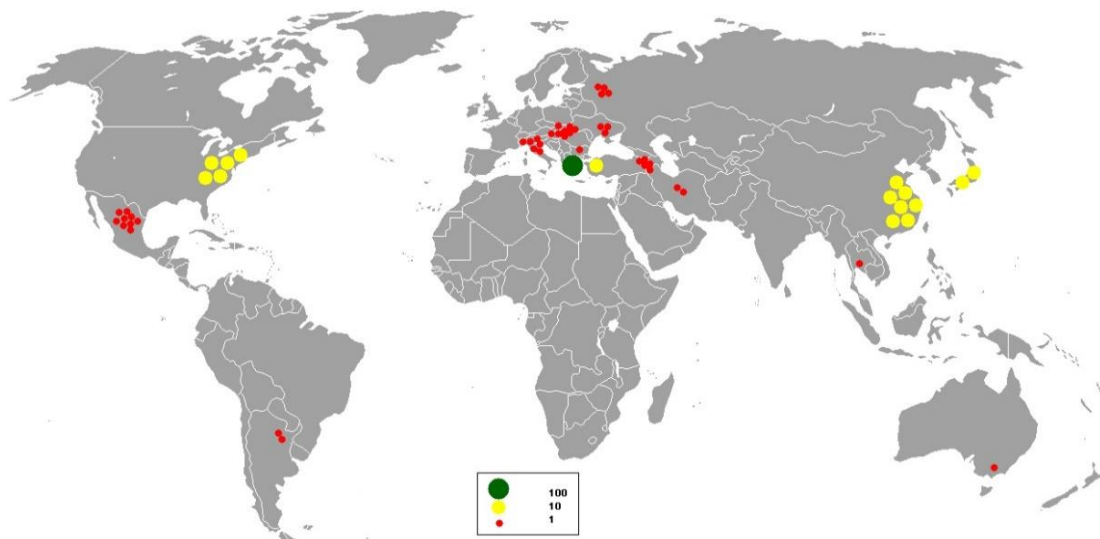


Διάγραμμα 2: Παραγωγή περλίτη σε σύγκριση με την συνολική παραγωγή ΒΟΠ στην Ελλάδα.

Παρατηρείται ότι η καμπύλη του περλίτη (μπλε) βρίσκεται σχετικά πολύ κοντά στη καμπύλη της συνολικής παραγωγής (πορτοκαλί), γεγονός που υποδηλώνει τις μεγάλες ποσότητες περλίτη που παρήχθησαν την εικοσαετία αυτή.

Η παραγωγή από το 1994 έως το 2014 φαίνεται να αυξάνεται σταδιακά, ενώ εμφανίζει μια ελάττωση το 2000. Από το 2009 και μετά η παραγωγή μειώνεται σημαντικά εμφανίζοντας ελάχιστο το 2012, λόγω της έντονης οικονομικής κρίσης της χώρας.

Τα πέντε έτη από το 2003 έως το 2008, η συνολική παραγωγή των βιομηχανικών ορυκτών, ήταν περίπου 3.000.000 τόνοι ανά έτος και από αυτά, περισσότερο από 1.000.000 ήταν ο περλίτης. Το 2005 η παραγωγή σημειώνει την μέγιστη τιμή της στους 1.100.000 τόνους και ανέρχεται στη πρώτη θέση παγκόσμιας παραγωγής, ακολουθώντας η Κίνα, ΗΠΑ και Τουρκία (Εικ. 2.2).



Εικόνα 2.2: Παγκόσμια ποσοστιαία παραγωγή περλίτη το 2005 (Πηγή: www.zeroenergybuildings.org)

Δικαιωματικά η παραγωγή του περλίτη αποτελεί αναμφισβήτητα, μαζί με τον μπετονίτη, μια από τις σημαντικότερες δραστηριότητες που παίζουν καταλυτικό ρόλο στον ελληνικό οικονομικό κλάδο.

Γεωγραφικά η παγκόσμια παραγωγή περλίτη κατανέμεται κατά 44% στην Ευρώπη (Ελλάδα, Τουρκία, Ουγγαρία), 30% ΗΠΑ (Μεξικό και Αριζόνα) και 20% στην Άπω Ανατολή (Κίνα και Ιαπωνία). Η ζήτηση του είναι αυξημένη λόγω των πολλαπλών εφαρμογών, όχι μόνο στον οικοδομικό και κατασκευαστικό κλάδο, αλλά και στην γεωργία, με αποτέλεσμα να αναμένεται και περεταίρω αύξηση ζήτησης στο μέλλον.

3. ΓΥΨΟΣ

Ο όρος γύψος ήταν ήδη γνωστός από την αρχαιότητα και αναφερόταν όχι μόνο στο ορυκτό της γύψου, αλλά και του ασβεστίτη. Οι αρχαίοι λοιπόν, χαρακτήριζαν με τον όρο αυτό την γεώδη ύλη, η οποία σε υψηλές θερμοκρασίες και με προσθήκη νερού μετατρεπόταν σε ένα συμπαγές και σκληρό υλικό, το οποίο χρησιμοποιούσαν στις κατασκευές εκμαγείων και αγαλματιδίων, στην οικοδομική δραστηριότητα, στα υφάσματα, στην κατασκευή οίνου, στη ζωγραφική και ως φάρμακο για τους στομαχικούς πόνους.

Σήμερα, ο όρος γύψος ή διυδρίτης θειικού ασβεστίου, αναφέρεται στο θειικό ορυκτό με χημικό τύπο $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ που σχηματίζεται κατά την διαδικασία της εξάτμισης θαλασσινού νερού, όπως όλοι οι εβαπορίτες (Εικ. 3). Η γύψος αποτελείται χημικά από 35,5% CaO , 46,6% SO_3 και 20,9% H_2O .



Εικόνα 3: Γύψος (Πηγή: www.sme.gr)

Εξωτερικά η γύψος είναι ένα άχρωμο ή λευκό έως τεφρό ορυκτό που πολλές φορές παίρνει διάφορες αποχρώσεις του κόκκινου, κίτρινου και καστανού ενώ έχει χαρακτηριστική υαλώδη έως μαργαριταρώδη λάμψη και πολύ μικρή σκληρότητα. Κάτω από λυχνία υπεριώδους ακτινοβολίας εκπέμπει ένα χαρακτηριστικό πράσινο φως.

Οι κρύσταλλοι της γύψου εμφανίζουν ανώμαλο θραυσμό και τέλειο σχισμό,

σχηματίζοντας εύθραπτα φύλλα και πλακίδια. Το σχήμα τους μπορεί να είναι πρισματικό, πλακώδες, φυλλώδες ή βελονοειδές, δίνοντας στο ορυκτό διάφορες χαρακτηριστικές μορφές. Πολλοί κρύσταλλοι εισχωρούν ο ένας μέσα στον άλλον και σχηματίζουν μια ιδιαίτερη μορφή γνωστή με το όνομα «ουρά χελιδονιού» (Εικ.3.1) και άλλοι σχηματίζουν ρόδακες με τη γνωστή ονομασία «ρόδο της ερήμου» (Εικ. 3.2). Ο σεληνίτης αναφέρεται στη διαφανή ποικιλία της γύψου, ενώ με τον όρο αλάβαστρο χαρακτηρίζεται η λεπτοκρυσταλλική συμπαγής λευκή μορφή της.



Εικόνα 3.1: Ουρά Χελιδονιού (Πηγή: www.orykta.gr)



Εικόνα 3.2: Ρόδο της ερήμου (Πηγή: www.orykta.gr)

3.1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Σε θερμοκρασίες 80-90 °C και σε συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης, η γύψος ξεκινάει να χάνει το νερό του κρυσταλλικού της πλέγματος και στους 107-110 °C, μετατρέπεται σε ημιένυδρο άλας ή ημιυδρίτη. Στους 120-150 °C έχει πλέον μετατραπεί ολοκληρωτικά στο άλας αυτό που ουσιαστικά αποτελεί την πλαστική γύψο ή γύψο ταχείας ψύξεως γνωστή και ως α-γύψος. Η α-γύψος έχει μεγάλη θλιπτική αντοχή και είναι σχετικά σκληρή.

Σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες η απομάκρυνση του νερού γίνεται όλο και περισσότερη με αποτέλεσμα στους 200-300 °C να προκύπτει η β-γύψος ή αλλιώς βιομηχανική γύψος η οποία πήζει γρήγορα και χρησιμοποιείται κυρίως στην τοιχοποιία. Στους 300-500 °C σχηματίζεται η λεγόμενη υδραυλική γύψος με πιο αργή πήξη, ενώ πάνω από τους 500 °C σχηματίζεται η αδρανής γύψος, η οποία χρησιμοποιείται σε μαρμαροκονιάματα και στη παραγωγή τσιμέντων.

Το ιδιαίτερο γνώρισμα της γύψου είναι ότι με αύξηση της θερμοκρασίας χάνει το κρυσταλλικό νερό και γίνεται πιο συμπαγής και σκληρή, μετατρέπεται δηλαδή στην πλαστική γύψο. Όταν όμως η πλαστική γύψος αναμιχθεί με νερό τότε προκύπτει ένα μίγμα που πήζει γρήγορα με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί και πάλι γύψος.

3.2. ΧΡΗΣΕΙΣ

Η γύψος βρίσκει εφαρμογή σε διάφορους κλάδους χάρις στις ιδιότητες που προαναφέρθηκαν. Στην ακατέργαστη μορφή της χρησιμοποιείται στην τσιμεντοβιομηχανία και συνεπώς στην οικοδομική δραστηριότητα, για την παρασκευή τσιμέντων Portland, λειτουργώντας ως ρυθμιστής του χρόνου πήξης του τσιμέντου. Η επεξεργασμένη γύψος από την άλλη, χρησιμοποιείται στην κατασκευή γυψοσανίδων και ειδών υγιεινής, στους πολφούς γεωτρήσεων και στην αγγειοπλαστική.

Χρησιμοποιείται επίσης, στον ιατρικό κλάδο και συγκεκριμένα στην ορθοπεδική και οδοντιατρική, ενώ συμμετέχει και στη βιομηχανία φαρμάκων. Στη γεωργία λειτουργεί ως βελτιωτικό εδαφών, καθώς περιέχει ασβέστιο και θείο που προσδίδει στα φυτά και επιτρέπει την εισροή του νερού σε βάθος. Τέλος, χρησιμοποιείται και ως διακοσμητικός λίθος (αλάβαστρο), σε βάζα και αγαλματίδια, στην παραγωγή ζωοτροφών και υπεραλεσμένη στη παραγωγή ψωμιού και αλευριού.

3.3. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Η παραγωγή και η χρήση της γύψου ξεκίνησε από πριν από πολλές χιλιετίες στην

αρχαία Ελλάδα, καθώς ο άνθρωπος τότε ανακάλυψε τις ιδιότητες του ορυκτού αυτού και τις πολλαπλές εφαρμογές του. Σημαντικά κοιτάσματα και εμφανίσεις γύψου υπάρχουν στο δυτικό τμήμα της χώρας (Κέρκυρα, Ηγουμενίτσα, Αγρίνιο, Αιτωλικό, Πρέβεζα και Επτάνησα) και στην Κρήτη, Ρόδο, Καρδίτσα και Καβάλα. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η μεγαλύτερη παραγωγή αναφέρεται στις Η.Π.Α, στο Ιράν, στο Καναδά και σε μικρότερο ποσοστό στην Ισπανία, στην Κίνα και στο Μεξικό.

Το σημαντικότερο κοιτάσμα μέχρι σήμερα στην Ελλάδα, είναι στο Αλτσί Σητείας της Κρήτης και στην δυτική Αιτωλοκαρνανία (Κατούνα) από τα οποία εξορύσσεται η μεγαλύτερη ποσότητα γύψου της χώρας. Η ελληνική γύψος είναι καθαρή κατά 85-90% και βρίσκεται μαζί με στείρα υλικά. Τα υλικά αυτά αποτελούνται κυρίως από οξειδία του πυριτίου (SiO_2), του σιδήρου (Fe_2O_3), του αργιλίου (Al_2O_3) και από ανθρακικά ορυκτά του ασβεστίου και του μαγνησίου.

Στην περιοχή Αλτσί της Κρήτης η εμφάνιση της γύψου επικαλύπτεται από δολομιτικούς ασβεστόλιθους, ενώ στα κατώτερα στρώματα εμφανίζεται ανυδρίτης. Οι εταιρείες εκμετάλλευσης της γύψου στη περιοχή αυτή, είναι τρεις. Η εταιρία ΛΑΒΑ του ομίλου ΗΡΑΚΛΗ με παραγωγή 270.000 τόνους/έτος, η ΙΝΤΕΡΜΠΙΕΤΟΝ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ του ομίλου ΤΙΤΑΝ με 260.000 τόνους/έτος και η εταιρία ΖΕΡΒΑΚΗΣ με 150.000 τόνους/έτος. Το μεγαλύτερο ποσοστό του εξορυσσόμενου υλικού χρησιμοποιείται στη τσιμεντοβιομηχανία και ένα μικρότερο ποσοστό εξάγεται από την εταιρία ΛΑΒΑ.

Στη περιοχή της Κατούνας στην Αιτωλοκαρνανία, το κοιτάσμα της γύψου έχει καθαρότητα 80-93% και τα αποθέματα υπολογίζονται περίπου στους 100 εκατ. τόνους. Οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται είναι η ΚΝΑUF και η ΒΙΟΓΥΨ ΚΑΡΒΕΛΗΣ.

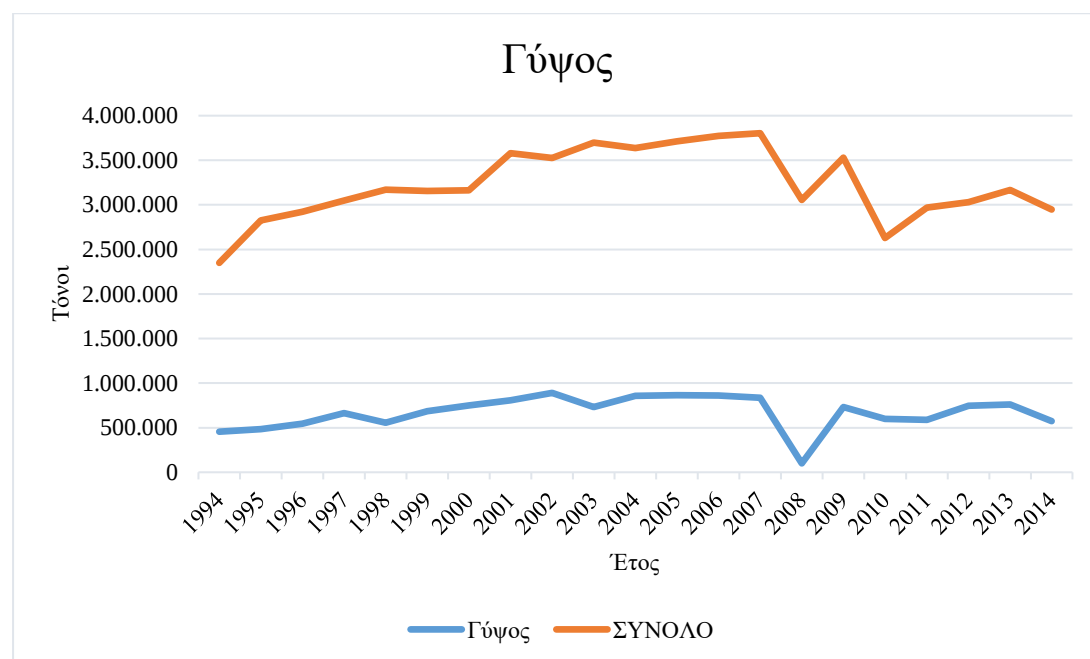
Η παραγωγή γύψου εξαρτάται σε σημαντικό ποσοστό από την παραγωγή τσιμέντου στη χώρα, διότι η βασικότερη χρήση του υλικού είναι στο τομέα της τσιμεντοβιομηχανίας. Εξαγωγές γίνονται προς την Τουρκία η οποία καταναλώνει μεγάλο ποσοστό ελληνικής γύψου, τις χώρες της Μέσης Ανατολής και τα Βαλκάνια.

Η τιμή της ποικίλει ανάλογα με την επεξεργασία της. Η ακατέργαστη γύψος κοστίζει 8,5€/t, η πυροεπεξεργασμένη 17€/t, ως οικοδομικό υλικό 120€/t και για γυψοσανίδες 100€/t.

Η παραγωγή της γύψου ανά τα έτη εμφανίζεται στο Διάγραμμα 3. Από το 1994 έως το 2007 παρατηρείται μια σχετικά αυξανόμενη τάση παραγωγής του υλικού. Αυτή η αυξημένη παραγωγή οφείλεται κυρίως στην οικοδομική δραστηριότητα εκείνης της περιόδου. Το 2008 παρατηρείται μια ανεξήγητη πτώση παραγωγής, ενώ από το 2011

και μετά, αν και η χώρα βρισκόταν στο πρώιμο στάδιο της οικονομικής κρίσης, παρουσιάζει αυξημένη παραγωγή, πιθανώς λόγω εξαγωγών. Μια σημαντική ποσότητα της ελληνικής γύψου, όπως προαναφέρθηκε, εξάγεται στη Τουρκία.

Έτσι λοιπόν, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 3, η παραγωγή της γύψου την τελευταία δεκαετία, παρουσιάζει μια πτώση σε σχέση με την δεκαετία του '90, που είχε μέσο όρο παραγωγής περίπου 713.000 τόνους. Τα τελευταία χρόνια, μετά το 2007 ο μέσος όρος της παραγωγής έπεσε στους 585.000 τόνους γεγονός που δείχνει την επίδραση της οικονομικής κρίσης της χώρας, που επηρέασε αρνητικά την οικοδομική δραστηριότητα και άρα την παραγωγή της γύψου.



Διάγραμμα 3: Παραγωγή γύψου σε σύγκριση με την συνολική παραγωγή ΒΟΠ στην Ελλάδα.

Σε ένα γενικό πλαίσιο, η γύψος είναι ένα λατομικό ορυκτό το οποίο παίζει καταλυτικό ρόλο στην παραγωγική δραστηριότητας της χώρας μας. Αποτελεί κύριο υλικό για την κατασκευή γυψοσανίδων και γενικότερα οικοδομικών κατασκευών, καθώς και στη παραγωγή τσιμέντου. Η ζήτηση του εγχώρια είναι αυξημένη λόγω των χρήσεων του. Σημαντικές είναι όμως και οι εξαγωγές σε τσιμεντοβιομηχανίες του εξωτερικού, οι οποίες αυξάνουν την ελληνική παραγωγή γύψου, ανεξάρτητα της κρίσης που επηρεάζει την εσωτερική αγορά.

4. ΜΑΓΝΗΣΙΤΗΣ

Ο Μαγνησίτης είναι ένα ανθρακικό ορυκτό του μαγνησίου με χημική σύσταση MgO 52,2% και CO_2 47,8%. Το όνομά του προέρχεται από τη χημική του σύσταση που περιέχει μαγνήσιο. Ονομάζεται αλλιώς και λευκόλιθος λόγω του χρώματός του (λευκός λίθος).

Το χρώμα του συνήθως είναι λευκό, άχρωμο, αλλά μπορεί να εμφανιστεί και ως τεφρό, κιτρινωπό ακόμα και καστανό. Έχει υαλώδεις ή αλαμπής λάμψη και χαρακτηριστικό κογχοειδή θραυσμό στις λεπτο- έως κρυπτο-κρυσταλλικές μορφές του (Εικ. 4).



Εικόνα 4: Μαγνησίτης, Βασιλικά Θεσσαλονίκης (Φωτογραφία: Τ. Σολδάτος, Πηγή:
<http://www.geo.auth.gr/courses/gmo/gmo106y/>)

Ο μαγνησίτης στη φύση, έχει μορφή κρυπτοκρυσταλλική ή κρυσταλλική ανάλογα με τον τρόπο δημιουργίας. Στην Ελλάδα φιλοξενείται σε υπερβασικά πετρώματα από την εξαλλοίωση των οποίων και προέρχεται. Πρωτογενή μαγνησιο-πυριτικά ορυκτά (ολιβίνης, πυρόξενος) αφού ενυδατωθούν, μετατρέπονται σε ορυκτά της ομάδας του σερπεντίνη. Η κρυπτοκρυσταλλική μορφή του μαγνησίτη δημιουργείται σε βάθος λόγω της εξαλλοίωσης του σερπεντίνη από νερά πλούσια σε

CO₂. Ενώ η κρυσταλλική μορφή του προκύπτει όταν πάνω σε ανθρακικά πετρώματα (ασβεστόλιθοι, δολομίτες) επιδρούν διαλύματα πλούσια σε μαγνήσιο.

Το μέταλλευμα του μαγνησίτη σχηματίζεται συνήθως σε ρηξιγενείς δομές, που έχουν προκύψει από τεκτονική διεργασία και γεμίζει το κενό χώρο των φλεβών. Έτσι το μέταλλευμα εμφανίζεται με την χαρακτηριστική μορφή φλεβιδίων σε όλο το μήκος των εφελκυστικών πεδίων που δημιουργούνται σε μεγάλα βάθη. Οι περισσότερες από τις φλέβες του μαγνησίτη διακλαδίζονται μεταξύ τους σχηματίζοντας ένα πυκνό δίκτυο φλεβών γνωστό ως stockwork (Εικ. 4.1).



Εικόνα 4.1: Δίκτυο φλεβών μαγνησίτη (stockwork) σε αλλοιωμένο δουνίτη (Φωτογραφία: Α. Κορωναίος, Πηγή: <http://www.geo.auth.gr/courses/gmo/gmo106y/>)

4.1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Τα προϊόντα που προκύπτουν από την εξορυκτική δραστηριότητα είναι ο ακατέργαστος ή ώμος μαγνησίτης, το υλικό δηλαδή κατευθείαν μετά την εξόρυξη, η καυστική και η δίπυρη μαγνησία. Ο ακατέργαστος μαγνησίτης είναι μαλακός, απορροφητικός, χημικά αδρανής και οι εφαρμογές του είναι περιορισμένες. Η καυστική μαγνησία δημιουργείται με πύρωση του ακατέργαστου μαγνησίτη στους 600-1.000 °C. Όταν πυρώνεται με τη σειρά της η καυστική μαγνησία στους >1.450 °C μετατρέπεται σε δίπυρη ή πυρίμαχη μαγνησία.

Η δίτυρη μαγνησία είναι ένα παράγωγο υλικό πιο σκληρό και πυκνό σε σχέση με τα πρώιμα. Είναι χημικά αδρανής, με υψηλότερο σημείο τήξης και παρουσιάζει έντονη πυριμαχικότητα. Η δίτυρη μαγνησία αποτελεί το πιο σημαντικό υλικό λόγω των πολυάριθμων εφαρμογών του.

Με πύρωση των παραπάνω προϊόντων σε ηλεκτρικό φούρνο στους 3.000 °C περίπου, δηλαδή του ακατέργαστο μαγνησίτη, της καυστικής μαγνησίας και της δίτυρης μαγνησίας, προκύπτει η τηγμένη μαγνησία με πολύ υψηλό ποσοστό MgO.

Οι προσμίξεις στον μαγνησίτη παίζουν καταλυτικό ρόλο στη ποιότητα του τελικού προϊόντος. Ιδιαίτερα βλαβερά συστατικά είναι το CaO, SiO₂, Fe₂O₃ και Al₂O₃, διότι όταν βρεθούν σε μεγάλο ποσοστό, ο μαγνησίτης παρουσιάζει δυσκολίες στη κατεργασία του εμφανίζοντας πολύ χαμηλή αντοχή στη θερμοκρασία.

4.2. ΧΡΗΣΕΙΣ

Ο μαγνησίτης αποτελεί ένα ορυκτό το οποίο, ανάλογα με την κατεργασία που έχει υποστεί, βρίσκει πολλές εφαρμογές σε διάφορους κλάδους. Τα προϊόντα επεξεργασίας του ορυκτού, εκτός από τον ακατέργαστο μαγνησίτη, είναι η καυστική και η δίτυρη μαγνησία.

Ο ακατέργαστος αρχικά μαγνησίτης, χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη στην παραγωγή του μετάλλου του μαγνησίου, στις βιομηχανίες χάλυβα, λιπασμάτων (π.χ. εντομοκτόνα, μικροβιοκτόνα), ζάχαρης, στη κεραμική, στη μεταλλουργία και στην υαλουργία. Το μαγνήσιο είναι ένα μέταλλο που βρίσκει εφαρμογή στην κατασκευή αεροσκαφών, αυτοκινήτων, πυραύλων, διάφορων μηχανών (π.χ. φωτογραφική μηχανή), καθώς και στη παρασκευή πυροτεχνημάτων και φωτοβολίδων.

Η καυστική μαγνησία χρησιμοποιείται στη γεωργία ως βελτιωτικό εδαφών, στην παρασκευή ποτών και ζάχαρης, ζωοτροφών και λιπασμάτων, τσιμέντων και ειδών υαλουργίας. Στις φαρμακοβιομηχανίες και βιομηχανίες καλλυντικών χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη και συμβάλλει επίσης σε περιβαλλοντικά ζητήματα όπως στη διαχείριση όξινων απορροών και βιομηχανικών αποβλήτων και στην αντιμετώπιση μολυσμένων εδαφών από βαρέα μέταλλα.

Η δίτυρη μαγνησία που είναι η πιο ανθεκτική, χρησιμοποιείται στη κατασκευή πυρίμαχων τούβλων και μαζών και ως μονωτικό καλωδίων.

Η τηγμένη μαγνησία χρησιμοποιείται μόνο στην κατασκευή πυρίμαχων προϊόντων.

4.3. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Ο ελληνικός μαγνησίτης συνδέεται με υπερβασικά πετρώματα και αποτελεί τμήμα οφιολιθικών συμπλεγμάτων του ωκεάνιου φλοιού της Τηθύος Θάλασσας. Το πέτρωμα που φιλοξενεί το υλικό είναι συνήθως σερπεντινιωμένο. Τις περισσότερες φορές το μετάλλευμα του μαγνησίτη εμφανίζεται σε δίκτυο φλεβών που έχουν δημιουργηθεί στο πέτρωμα από τεκτονικές διεργασίες.

Έντονη ερευνητική και παραγωγική δραστηριότητα σημειώνεται ιδιαίτερα στη δεκαετία του '70 και '80, με αποτέλεσμα την ανακάλυψη και εκμετάλλευση των κοιτασμάτων μαγνησίτη του Ελληνικού χώρου. Τα σημαντικότερα κοιτάσματα στην Ελλάδα βρίσκονται στη Χαλκιδική και στην Εύβοια. Η Μυτιλήνη επίσης παρουσιάζει κοιτασματολογικό ενδιαφέρον, ενώ μικρότερης σημασίας είναι οι εμφανίσεις στα Γρεβενά, την Κοζάνη και την Ερμιονίδα.

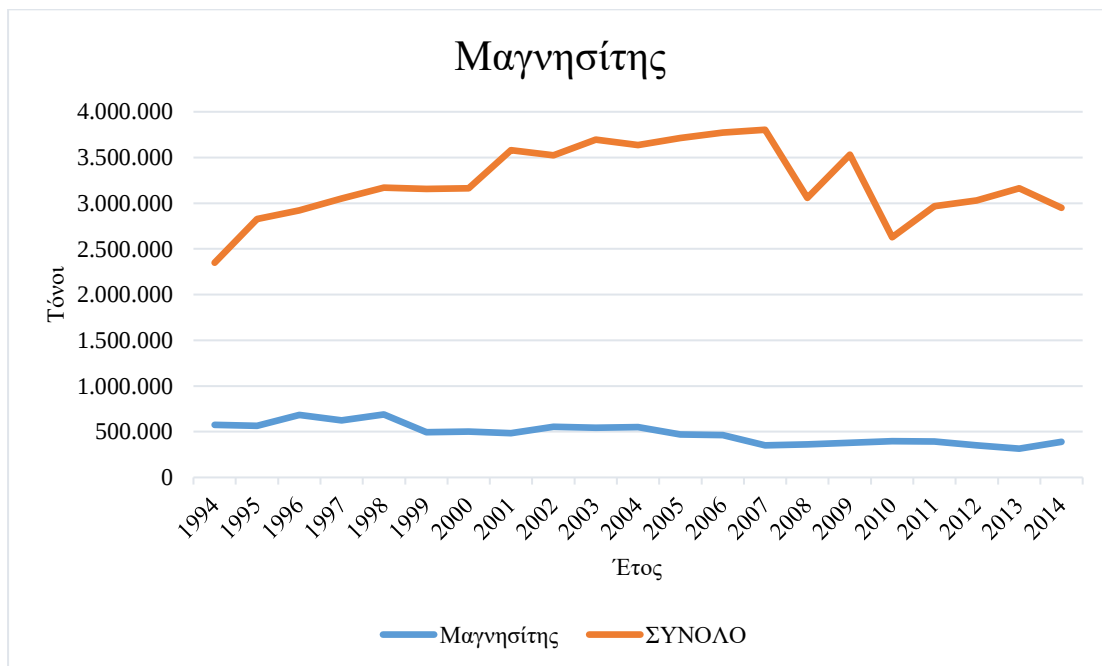
Η τιμή του μαγνησίτη διαφέρει ανά χώρα και σχετίζεται με την διαδικασία επεξεργασίας και μετατροπής του ακατέργαστου ορυκτού σε καυστική, δίπυρη ή τηγμένη μαγνησία. Η τιμή του ακατέργαστου ελληνικού μαγνησίτη με $\text{SiO}_2 < 3,5\%$ κυμαίνεται στα 50-55€/t. Η καυστική μαγνησία στην Ευρώπη κοστίζει 110-140€/t όταν πρόκειται για γεωργική χρήση, ενώ για βιομηχανική χρήση κοστίζει 200-390€/t. Τέλος, η δίπυρη μαγνησία έχει διάφορες τιμές ανά χώρες από 450-500€/t που είναι στην Αυστραλία (97,2% MgO) έως 100-110€/t στη Κίνα, ενώ η τηγμένη μαγνησία έχει 800-900€/t.

Οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται στην εκμετάλλευση του μαγνησίτη στην Ελλάδα είναι η «ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ» στη Γερακινή της Χαλκιδικής από το 1959 και η «ΤΕΡΝΑ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ» που ιδρύθηκε το 2013 ως διάδοχος της «FIMISCO» και της παλιάς «VIOMAGN» που λειτούργησαν το 1996-2000.

Η πρώτη εταιρία, «ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ», αποτελεί τη μεγαλύτερη παραγωγό εταιρία λευκόλιθου στην Ευρώπη με καθαρά εξαγωγική, κατά 90%, δραστηριότητα. Η παραγωγή της είναι ετησίως περίπου 450.000 τόνοι καθαρού λευκόλιθου και 200.000 τόνοι των προϊόντων παραγωγής όπως καυστική και δίπυρη μαγνησία, πυρίμαχα υλικά και τούβλα. Το κοιτάσμα μαγνησίτη της Χαλκιδικής είναι φλεβικού τύπου με λευκό χρώμα, κογχώδη θραυσμό και κρυπτοκρυσταλλική μορφή. Στην αγορά έχει την καλύτερη ποιότητα διότι οι ξένες προσμίξεις από οξειδία του Fe και του Ca, είναι πολύ μικρές. Αντίθετα, τα κοιτάσματα της Αυστρίας και την Κίνας περιέχουν μεγαλύτερα ποσοστά οξειδίων και θεωρούνται κατώτερης ποιότητας.

Η δεύτερη εταιρία, «ΤΕΡΝΑ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ», είναι μια σχετικά καινούρια εταιρία και διαθέτει 14 κοιτάσματα λευκόλιθου στη Β. Εύβοια με βέβαια αποθέματα 15 εκατ. τόνους και 4 κοιτάσματα στη Χαλκιδική με αποθέματα 450.000 τόνους.

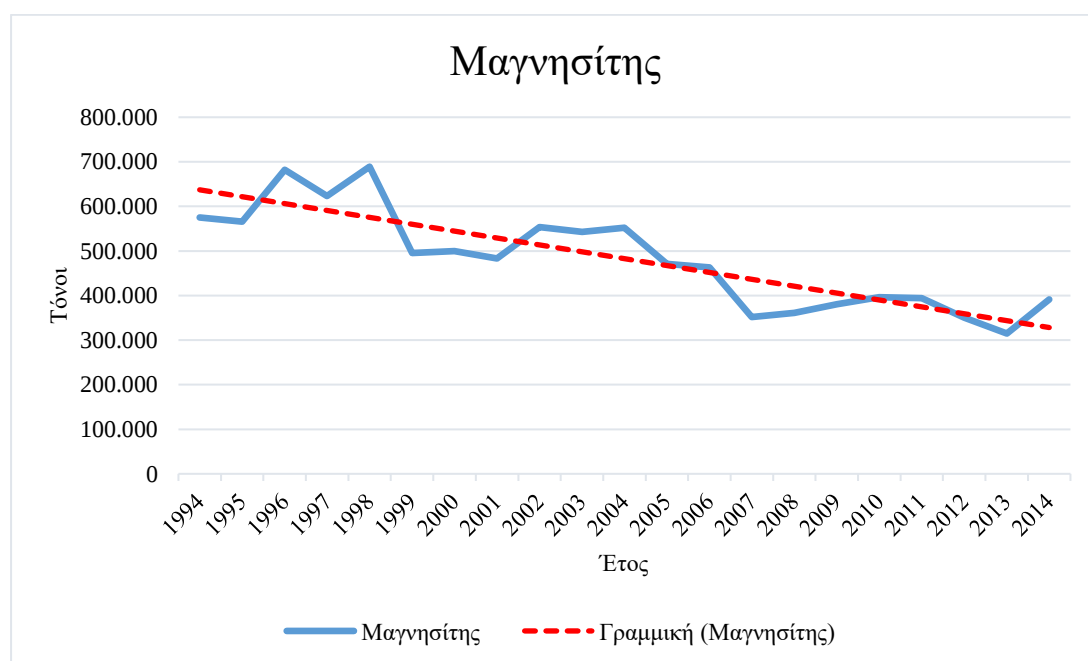
Η ελληνική παραγωγική δραστηριότητα μαγνησίτη παρουσιάζει διάφορες διακυμάνσεις ανά τα έτη. Ιδιαίτερα από το 1994 και μετά παρουσιάζει μια αυξανόμενη τάση στη παραγωγή όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγ. 4). Αυτή η βελτίωση που παρατηρείται οφείλεται σε επενδύσεις που έγιναν στη παραγωγική διαδικασία, στη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων και στη δημιουργία νέων αγορών. Όπως και η συνολική παραγωγή βιομηχανικών ορυκτών στην Ελλάδα από το 1994, έτσι και η παραγωγή του μαγνησίτη φαίνεται να αυξάνονται αναλογικά μέχρι το 1998. Ακολούθως, η παραγωγή του μαγνησίτη παραμένει σχετικά σταθερή στους 500.000 τόνους περίπου, μέχρι και το 2007, οπότε ξεκινά η επίδραση της κρίσης στην Ελλάδα που δεν αφήνει ανεπηρέαστη και αυτή την οικονομική δραστηριότητα. Από το 2014 φαίνεται μία τάση αύξησης της παραγωγής του μαγνησίτη που μένει να επαληθευτεί με τα νεότερα στοιχεία.



Διάγραμμα 4: Παραγωγή μαγνησίτη σε σύγκριση με την συνολική παραγωγή ΒΟΠ στην Ελλάδα.

Η παραγωγική δραστηριότητα του μαγνησίτη σε ένα σημαντικό ποσοστό επηρεάζεται από την εγχώρια κατάσταση της αγοράς, όχι όμως σε τέτοιο βαθμό όσο άλλα ορυκτά, διότι ο μαγνησίτης σε μεγάλες ποσότητες είναι εξαγωγικό προϊόν.

Στο Διάγραμμα 4.1 προβάλλεται η καμπύλη παραγωγής μόνο του μαγνησίτη, σε τόνους ανά έτος. Αν και παρατηρούνται σημαντικές αυξομειώσεις στη καμπύλη παραγωγής, είναι εμφανής η σταθερή πτώση της παραγωγής από το 1994 έως το 2014. Εμφανίζει μέγιστη τιμή το 1998 που η παραγωγή είχε φτάσει τους 689.049 τόνους σε αντίθεση με το 2013 που η τιμή ήταν 314.770. Η μείωση αυτή ξεκινάει από το 2011 και μετά και πιθανότατα οφείλεται στην οικονομική κρίση της Ελλάδας που επηρέασε σημαντικά την παραγωγική δραστηριότητα πολλών ορυκτών, όπως και του μαγνησίτη.



Διάγραμμα 4.1: Παραγωγή μαγνησίτη και χρονική τάση αυτής στην Ελλάδα.

Η διεθνής κατανάλωση αφορά κυρίως τη δίπτυρη μαγνησία διότι αποτελεί το κύριο υλικό για πολλά πυρίμαχα προϊόντα στη μεταλλουργία και στο τομέα της τσιμεντοβιομηχανίας. Η ελληνική παραγωγή βασίζεται στο λευκόλιθο ή μαγνησίτη, στη καυστική και δίπτυρη μαγνησία, καθώς και σε πυρίμαχα τούβλα. Ο Ελληνικός μαγνησίτης παίζει σημαντικό ρόλο στην εξαγωγική δραστηριότητα της χώρας, καθώς η μεγαλύτερη ποσότητά του εξάγεται σε χώρες της Ευρώπης, στην Αμερική, Ασία, Ωκεανία και Αφρική.

5. ΚΑΟΛΙΝΗΣ

Ο καολίνης ανήκει στην ομάδα των αργιλοπυριτικών ορυκτών με χημικό τύπο $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ και ποσοστό Al_2O_3 39,5%. Το όνομά του προέρχεται από ένα βουνό στη Κίνα, το Κάο Λίνγκ. Είναι ουσιαστικά ένας λευκός και μαλακός άργιλος που αποτελείται κυρίως από το ορυκτό καολινίτης. Στη πραγματικότητα τα κοιτάσματα καολίνη δεν αποτελούνται εξ ολοκλήρου από καολινίτη, αλλά περιέχουν 10-60% του ορυκτού αυτού σε συνδυασμό και με άλλα αργιλικά ορυκτά και προσμίξεις.

Η λάμψη του καολίνης σε καλά κρυσταλλωμένο υλικό είναι μαργαριταρώδης, ενώ σε συσσωματώματα είναι αλαμπής. Έχει κυρίως λευκό χρώμα, αλλά μπορεί να βρεθεί και σε αποχρώσεις του κίτρινου, κοκκινωπού, καστανωπού έως και τεφρού, εξαιτίας των προσμίξεων. Το χαμηλό κόστος παραγωγής και η ιδιότητες, όπως η χημική του αδράνεια, τον καθιστούν ένα χρήσιμο με πολλές εφαρμογές ορυκτό.



Εικόνα 5 : Καολινίτης (Φωτογραφία: Τ. Σολδάτος, Πηγή:
<http://www.geo.auth.gr/courses/gmo/gmo106y/>)

Ο καολίνης δημιουργείται από εξαλλοίωση αστρίων, η γνωστή καολινίωση των αστρίων που συμβαίνει με υδροθερμικές διεργασίες ή με αποσάθρωση μαγματικών πετρωμάτων (γρανίτες, γνεύσιοι), πλούσιων σε Si και Al. Για παράδειγμα, ο καολίνης

μπορεί να δημιουργηθεί με την επίδραση υδροθερμικού διαλύματος σε έναν γρανίτη και συγκεκριμένα στους αστρίους που περιέχει ο γρανίτης.

Πρωτογενής τύπος του καολίνη χαρακτηρίζεται ο καολίνης που παρέμεινε στο σημείο σχηματισμού του ενώ δευτερογενής ονομάζεται ο καολίνης που μεταφέρθηκε και αποτέθηκε κάπου αλλού ως ίζημα. Η άργιλος έχει μέγεθος κόκκων έως και 2 μμ, ενώ οι πρωτογενείς άργιλοι έχουν μεγαλύτερο μέγεθος κόκκων από τους δευτερογενείς, καθώς οι δεύτεροι μεταφέρθηκαν και καταπονήθηκαν περισσότερο.

5.1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Οι φυσικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν γενικά την άργιλο είναι το μέγεθος των κόκκων, η πλαστικότητα, το χρώμα, η συστολή/συρρίκνωση και η ικανότητα ανταλλαγής ιόντων. Συγκεκριμένα, στον καολίνη σημαντικό ρόλο στην αγορά παίζει το χρώμα, δηλαδή το πόσο λευκός ή τεφρός είναι, η λαμπρότητα, η αδιαφάνεια και το ιξώδες.

Οι ιδιότητες του καολίνη εξαρτώνται από τη χημική σύσταση και τη κρυσταλλική δομή του ορυκτού. Οι δεσμοί των μορίων, των ιόντων και των ατόμων είναι τόσο ισχυροί που καθιστούν τον καολίνη κακό αγωγό θερμότητας και ηλεκτρισμού. Ο καολίνης λοιπόν, είναι ένα φτηνό πληρωτικό υλικό με πολύ καλές μονωτικές ιδιότητες.

Στην αγορά ο καολίνης υπάρχει είτε πλαστικός είτε ισχνός. Ο πλαστικός καολίνης καταναλώνεται για την παραγωγή της πορσελάνης, ενώ ο ισχνός χρησιμοποιείται στη χαρτοβιομηχανία. Ο καολίνης που προορίζεται για την πορσελάνη πρέπει να παραμείνει στο ψήσιμο εντελώς λευκός, δηλαδή να μην περιέχει προσμίξεις Fe και Ti και να έχει αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, ενώ για την παραγωγή χαρτιού ο καολίνης πρέπει να περιέχει μικρές ποσότητες άλλων αργιλικών ορυκτών.

Καταλυτικό ρόλο σε όλα αυτά παίζουν οι προσμίξεις στο πέτρωμα, είτε οργανικές είτε ανόργανες, που μεταβάλλουν τις ιδιότητες του πετρώματος και την διαδικασία της επεξεργασίας του καολίνη στην εκάστοτε περίπτωση.

5.2. ΧΡΗΣΕΙΣ

Ο καολίνης βρίσκει εφαρμογή ως χρωστικό ή ως πληρωτικό υλικό, σε πολλές βιομηχανίες όπως του χαρτιού, των ελαστικών και πλαστικών, ακόμα και των μελανών εκτύπωσης. Χρησιμοποιείται ακόμα στην κατασκευή προϊόντων PVC, στα καλώδια λόγω της μονωτικής του ιδιότητας και στη παρασκευή προϊόντων νάilon και βινυλίου.

Ως πρώτη ύλη χρησιμοποιείται στα κεραμικά, στις πορσελάνες, στη τσιμεντοβιομηχανία, σε είδη υγιεινής, σε μαγειρικά σκεύη και στην αγγειοπλαστική, στην παρασκευή συνθετικού ζεόλιθου, καθώς και στην κατασκευή ηλεκτροτεχνικών συσκευών. Τέλος, λόγω της απορροφητικότητας του ο καολίνης χρησιμοποιείται στην παρασκευή φαρμάκων, καλλυντικών και συμπληρωμάτων ζωοτροφών.

Ωστόσο, η ποιότητα του ελληνικού καολίνη δεν είναι η ιδανική για την κεραμική και την βιομηχανία πυρίμαχων προϊόντων, που αποτελούν ένα μεγάλο ποσοστό κατανάλωσης στη παγκόσμια παραγωγή. Έτσι, ο καολίνης της Ελλάδας δεν βρίσκει μεγάλη εφαρμογή στα κεραμικά και τα πυρίμαχα, λόγω των ποσοτήτων Fe_2O_3 και των θεϊκών οξειδίων, που είναι επιβλαβή συστατικά. Το μεγαλύτερο ποσοστό καολίνη στην Ελλάδα καταναλώνεται από την τσιμεντοβιομηχανία και δευτερευόντως από τη χαρτοποιία.

5.3. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Εμφανίσεις καολίνη στην Ελλάδα υπάρχουν στα νησιά Λέσβο (Πέτρα, Μεσότοπος), Κίμωλο, Κω, Θήρα και Μήλο, καθώς και στο Κιλκίς (Γρίβα) και στη Δράμα (Λευκόγεια). Από αυτές τις αποθέσεις οι μοναδικές που εκμεταλλεύονται ή έχουν υποστεί εκμετάλλευση είναι της Μήλου και της Δράμας. Και στις δύο περιοχές τα ορυκτολογικά και χημικά χαρακτηριστικά του καολίνη, δεν είναι τέτοια ώστε να προκύπτει υψηλής ποιότητας εξαγόμενο υλικό.

Στη περιοχή της Μήλου, το κοίτασμα που υπάρχει, έχει δημιουργηθεί από υδροθερμική εξαλλοίωση ηφαιστειοκλαστικών υλικών και ο καολίνης εμφανίζεται σε φακοειδής σχηματισμούς. Στην ορυκτολογική του σύσταση συμμετέχουν τα ορυκτά χαλαζίας, χριστοβαλίτης, αλουνίτης (θειούχο ορυκτό), βαρύτης, καθώς και οξείδια του Fe. Η ποιότητά του είναι σχετικά χαμηλή εξαιτίας των οπαλιοειδών σχηματισμών και του αλουνίτη που υπάρχουν στο κοίτασμα. Στη χημική του σύσταση, εκτός των άλλων, περιέχεται 13-20% Al_2O_3 και 0,3-0,6% Fe_2O_3 .

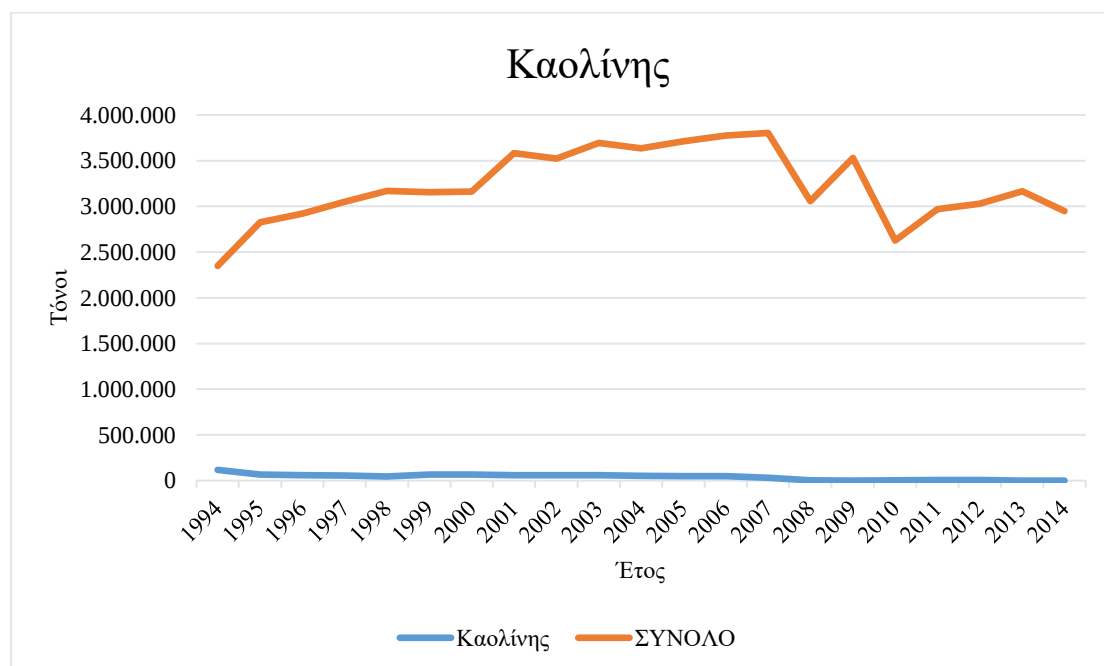
Στα Λευκόγεια της Δράμας το εκμεταλλεύσιμο κοίτασμα έχει προκύψει από εξαλλοίωση γνευσίων και ορυκτολογικά περιέχει επιπλέον χαλαζία, άστριους και μαρμαρυγίες. Στη χημική του σύσταση περιέχεται περίπου 18% Al_2O_3 και 2,5% Fe_2O_3 .

Η τιμή του υλικού ποικίλει από 15 έως και πάνω από 400€/t. Για παράδειγμα, ο ακατέργαστος καολίνης κοστίζει 20-50€/t, ενώ ο πυροεπεξεργασμένος 400€/t για τα χρώματα και 270€/t για το χαρτί. Για πληρωτικό υλικό η τιμή του είναι 80€/t και για

επικάλυψη 90-130€/t. Οι διαφορές στις τιμές βασίζονται στο τρόπο και τη διαδικασία (χρόνος, μηχανήματα, μεταφορά κ.ά.) του υλικού κατά το στάδιο επεξεργασίας του.

Οι εταιρίες που εμπλέκονται στην εξόρυξη του καολίνης στη Μήλο είναι η «S&B BIOMHXANIKA OPYKTA» και η «INTERBETON ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ», θυγατρική της τσιμεντοβιομηχανίας TITAN, ενώ στη Δράμα λειτουργεί η εταιρία «LEFKOGIA». Για τις ανάγκες της εγχώριας τσιμεντοβιομηχανίας καταναλώνεται το 80% του καολίνης της Μήλου, ενώ ένα μικρό ποσοστό, περίπου 10%, εξάγεται για την παραγωγή λευκού τσιμέντου. Όλη τη παραγωγή των Λευκογείων, συνήθιζε να την καταναλώνει η εταιρία «Filkeram Johnson» για τη παρασκευή πλακιδίων δαπέδου και τοίχου, έως το 2010, αφού από το 2011 και μετά σταμάτησε η παραγωγή της εταιρίας λόγω πτώχευσης.

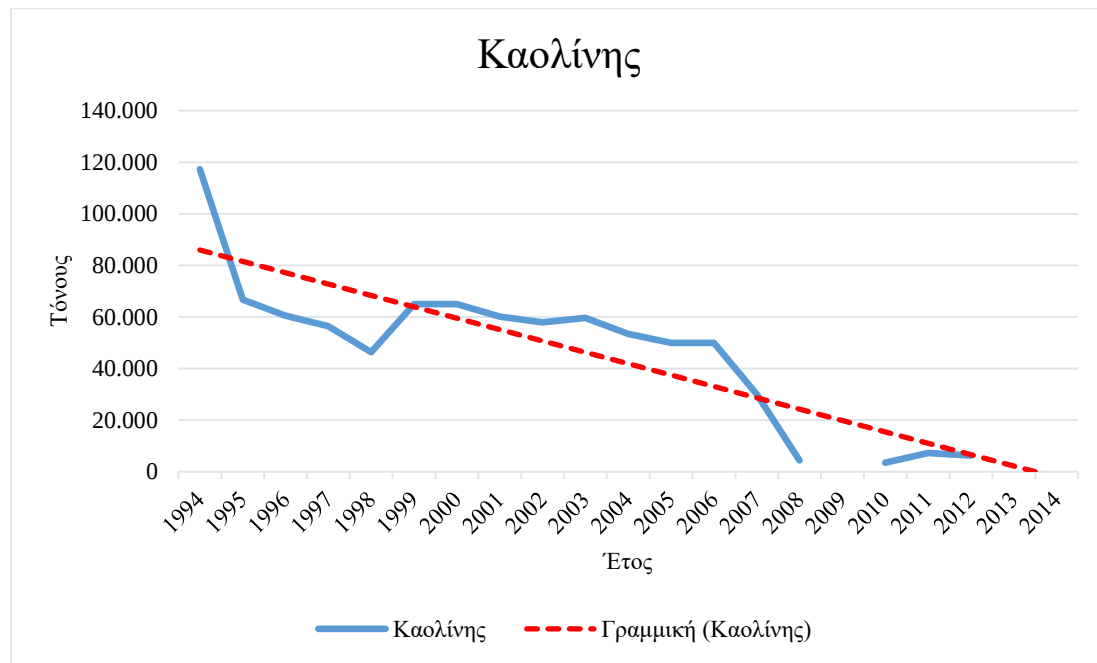
Οι ανάγκες της χώρας για καολίνη υψηλής ποιότητας καλύπτονται από εισαγωγές. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα (Διάγ. 5), η παραγωγική δραστηριότητα καολίνης σε σχέση με τη συνολική παραγωγή ΒΟΠ της Ελλάδας είναι σχεδόν ασήμαντη. Συγκεκριμένα, ενώ η συνολική παραγωγή των ορυκτών ξεπερνάει τα 3,5 εκατ. τόνους, ο καολίνης αγγίζει κατά μέσο όρο μόνο τους 47.752 τόνους.



Διάγραμμα 5: Παραγωγή καολίνης σε σύγκριση με την συνολική παραγωγή ΒΟΠ στην Ελλάδα.

Το 1994 παρουσιάζεται η μέγιστη τιμή σε τόνους παραγωγής, όπως γίνεται αντιληπτό και από το διάγραμμα 5.2, γεγονός όμως που αποτελεί την αφετηρία για μια μετέπειτα σταθερή και έντονη πτωτική πορεία παραγωγής. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η απότομη πτώση στη καμπύλη παραγωγής το 1995, η οποία δεν δείχνει να

ανέρχεται μέχρι το 2014. Η πτώση αυτή απεικονίζεται και στη γραμμική τάση του παρακάτω διαγράμματος (Διάγ. 5.2), η οποία δείχνει την σημαντική ελάττωση της παραγωγής καολίνη τη δεκαετία αυτή που οφείλεται στην έλλειψη αποθεμάτων αξιόλογης ποιότητας καολίνη.



Διάγραμμα 5.2: Παραγωγή καολίνη και χρονική τάση αυτής στην Ελλάδα.

Ο ρυθμός της ελληνικής παραγωγής καολίνη είναι χαμηλός τόσο σε σχέση με τις μεγάλες διεθνείς καταναλώσεις, όσο και με την συνολική παραγωγή των ορυκτών της χώρας. Όπως προαναφέρθηκε ένα πολύ μικρό ποσοστό εξάγεται, λόγω της χαμηλής ποιότητας, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό χρησιμοποιείται στην εγχώρια τσιμεντοβιομηχανία. Η οικονομική κρίση της χώρας όμως, οδήγησε στον περιορισμό της οικοδομικής δραστηριότητας και συνεπώς την ελάττωση της παραγωγής τσιμέντου. Ως απόρροια όλων των παραπάνω, αποτελεί η συνεχής πτωτική τάση της παραγωγής για το διάστημα 1994-2014.

6. ΤΑΛΚΗΣ

Ο τάλκης είναι ένα πυριτικό ορυκτό του Mg με χημικό τύπο $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ και περιέχει περίπου 32% MgO. Το όνομα του προέρχεται από την αραβική λέξη talq που σημαίνει αγνός, λόγω του χρώματος της γραμμής σκόνης (λευκή). Ανήκει στην ομάδα

των φυλλοπυριτικών ορυκτών 2:1 καθώς 2 τετράεδρα Si^{+4} εμπεριέχουν 1 οκτάεδρο Mg^{+2} και κρυσταλλώνεται στο τριγωνικό σύστημα.

Αποτελεί το πιο μαλακό ορυκτό στη φύση, με σκληρότητα 1 στην κλίμακα Mohs, χαράσσεται με το νύχι και αφήνει λευκή γραμμή πάνω σε ένα φύλλο χαρτί. Το χρώμα του μπορεί να είναι ανοικτοπράσινο, λευκό, τεφρό ενίοτε κιτρινωπό, κοκκινωπό και καστανό εξαιτίας των προσμίξεων οξειδίων σιδήρου. Το χαρακτηριστικό του είναι η λιπαρή, σαπυνοειδή υφή με μαργαριταρώδη, αλαμπή λάμψη.



Εικόνα 6: Φυλλώδης τάλκης, Ασβεστοχώρι Θεσσαλονίκης (Φωτογραφία: Τ. Σολδάτος, <http://www.geo.auth.gr/courses/gmo/gmo106y/>)

Ο τάλκης αποτελεί ένα δευτερογενές ορυκτό που προκύπτει από υδροθερμική εξαλλοίωση κυρίως υπερβασικών πετρωμάτων, από μεταμόρφωση πυριτικού δολομίτη σε χαμηλές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης και πιο σπάνια εμφανίζεται μέσα σε στρώματα μαγνησίτη. Εμφανίζεται σε φυλλώδεις μάζες (Εικ. 6) ή φυλλώδη ακτινωτά συσσωματώματα και σε κοκκώδης, συμπαγείς μάζες. Σχετίζεται και συνυπάρχει πολλές φορές με ορυκτά όπως ο σερπεντίνης, χλωρίτης, τρεμολίτης, ανθοφυλλίτης, μαγνησίτης, δολομίτης, ασβεστίτης, χαλαζίας, καθώς και θειούχα ορυκτά.

6.1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Ο τάλκης έχει λιπαρή υφή, είναι πολύ μαλακός και εύθρυπτος με φυλλώδη κρυσταλλική δομή, του οποίου τα φύλλα έχουν μέγεθος από $<1\mu\text{m}$ έως και $>100\mu\text{m}$. Η σύνδεση των κρυσταλλικών φύλλων του ορυκτού γίνεται με δυνάμεις Van der Waals, οι οποίες είναι πολύ ασθενείς και επιτρέπουν τα φύλλα να ολισθαίνουν εύκολα μεταξύ τους προσδίδοντάς του τις χαρακτηριστικές του ιδιότητες.

Οι ιδιότητες αυτές του τάλκη (μαλακότητα, λιπαρότητα) σε συνδυασμό με την κατακράτηση οσμών και την απορροφητική του ικανότητα, αποτελούν χρήσιμα χαρακτηριστικά για την παρασκευή φαρμακευτικών και καλλυντικών προϊόντων.

Η θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα του τάλκη είναι εξαιρετικά χαμηλές, δεν αναφλέγεται και δεν προσβάλλεται από ασθενή οξέα και αλκάλια. Έχει υψηλό σημείο τήξης ($1.500\text{ }^{\circ}\text{C}$), υψηλή απορροφητική ικανότητα και είναι χημικά αδρανής.

Με την κονιοποίηση δίνει μια λευκή σκόνη-πούδρα που βρίσκει εφαρμογή ως πληρωτικό υλικό. Η σκόνη αυτή έχει την ιδιότητα να απορροφά έλαια και λίπη, να είναι αδιάλυτη στο νερό και ανθεκτική σε διάβρωση και αποσάθρωση.

Ο τάλκης προσφέρει στα ελαστικά και στα πλαστικά μεγάλη αντοχή στη κρούση και στη θέρμανση, ενώ στον τομέα του χαρτιού βελτιώνει την απορρόφηση της μελάνης, την ποιότητα του χαρτιού ως προς το χρώμα και την αδιαφάνεια, καθώς και την υφή και ομαλότητά του.

Στους ιζηματογενείς δολομίτες εντοπίζεται τάλκης υψηλής καθαρότητας, ενώ αντίθετα, στα υπερβασικά πετρώματα είναι κατώτερης ποιότητας. Σε αυτό οφείλεται και το γεγονός ότι στην Ελλάδα υπάρχει χαμηλής ποιότητας τάλκης, ο οποίος σχετίζεται με υπερβασικά πετρώματα.

Ο τάλκης μπορεί επίσης να βρεθεί στην αγορά και ως μεταμορφωμένο πέτρωμα που αποτελείται από τάλκη μαζί με χλωρίτη, μαρμαρυγίες, πυρόξενους κ.ά. και ονομάζεται σαπωνόλιθος. Ο στεατίτης είναι επίσης ένα μεταμορφωμένο πέτρωμα που αποτελείται από τάλκη και άλλες προσμίξεις, με την διαφορά όμως ότι είναι υψηλής καθαρότητας και συνεκτικότητας σε αντίθεση με τον σαπωνόλιθο. Τέλος, η γαλλική κιμωλία μια πολύ μαλακή ποικιλία του τάλκη, ενώ ο πυροφυλλίτης έχει παρόμοιες ιδιότητες με τον τάλκη και χρησιμοποιείται κυρίως στα εντομοκτόνα.

6.2. ΧΡΗΣΕΙΣ

Λόγω των ιδιοτήτων του ο τάλκης βρίσκει εφαρμογή στην κεραμική, στη κατασκευή πλακιδίων, ειδών υγιεινής και μονωτικών προϊόντων. Επίσης,

χρησιμοποιείται ως πληρωτικό στη βιομηχανία χαρτιού, στην υφαντουργία για κολλάρισμα, στην κατασκευή χρωμάτων, βαφών, εντομοκτόνων (πυροφυλλίτης), λιπασμάτων, στην επεξεργασία τροφών και ως συμπλήρωμα ζωοτροφών. Ακόμα, χρησιμοποιείται στα ελαστικά και πλαστικά εξαιτίας της μεγάλης αντοχής του στη κρούση και στην υψηλή θερμοκρασία και στις χημικές βιομηχανίες ως καταλύτης. Ο τάλκης όμως με προσμίξεις σε σιδηρούχα ορυκτά δεν είναι αποδεκτός για βιομηχανικές χρήσεις.

Ο τάλκης επίσης χρησιμοποιείται στη παρασκευή φαρμακευτικών προϊόντων, σκόνης τάλκη, σαπουνιών, ειδών προσωπικής περιποίησης όπως καλλυντικά, κρέμες, μέικ απ και στην επεξεργασία μαστίχας, τροφίμων, κρεάτων κ.ά.

6.3. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Αποθέσεις τάλκη υπάρχουν σε όλες τις ηπείρους σε διάφορες ποιότητες, που προσδιορίζονται από τα τοπικά φαινόμενα μεταμόρφωσης και συνεπώς επηρεάζουν την οικονομική τους αξία. Οι εκμεταλλεύσιμες εμφανίσεις τάλκη συναντώνται κυρίως αποσαθρωμένες μέσα στο μητρικό πέτρωμα. Η εξόρυξη γίνεται επιφανειακά ή υπόγεια. Η υπόγεια εξόρυξη τάλκη, αποτελεί μια πολύ δύσκολη διαδικασία με κινδύνους εξαιτίας της ολισθηρής και λιπαρής ιδιότητας του τάλκη. Οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι είναι η επιλεκτική εξόρυξη ή χειροδιαλογή επειδή δεν αλλοιώνεται η ποιότητα του εξαγόμενου υλικού, όπως θα γινόταν για παράδειγμα με την χρήση τρυπανιών ή εκρηκτικών.

Σημαντικά κοιτάσματα τάλκη βρίσκονται στην Αυστραλία, Αυστρία, Βραζιλία, Γαλλία, Ιταλία, Κίνα, Ινδία, Φινλανδία, Ιαπωνία, Κορέα και ΗΠΑ. Τα μεγαλύτερα όμως κοιτάσματα βρίσκονται στην ΗΠΑ, ενώ η Κίνα διαθέτει υψηλής καθαρότητας τάλκη. Η τελευταία έχει την μεγαλύτερη παραγωγή καθαρού προϊόντος με ποσοστό 40% της παγκόσμιας παραγωγής. Μετά την Κίνα ακολουθούν η Γαλλία, Ιταλία και Αυστρία.

Στην Ελλάδα τα κοιτάσματα τάλκη εντοπίζονται με τη μορφή φλεβών, φακών ακόμη και ακανόνιστων σωμάτων μέσα σε σερπεντινίτες και οφιόλιθους που έχουν υποστεί υδροθερμική εξαλλοίωση ή μεταμορφική δράση. Τα ορυκτά που συνοδεύουν τον ελληνικό τάλκη είναι χλωρίτης, τρεμολίτης, μαγνησίτης, ασβεστίτης και χαλαζίας.

Πολλές εμφανίσεις τάλκη έχουν εντοπισθεί σε όλη τη χώρα όπως στη Σίφνο, Σύρο, Εύβοια, Άρνισσα Πέλλας, Δίβουνο Κιλκίς χωρίς όμως να έχουν οικονομικό ενδιαφέρον (Μηνόπουλος 1990, Κράββας 1991). Σημαντικές ακόμα είναι και οι

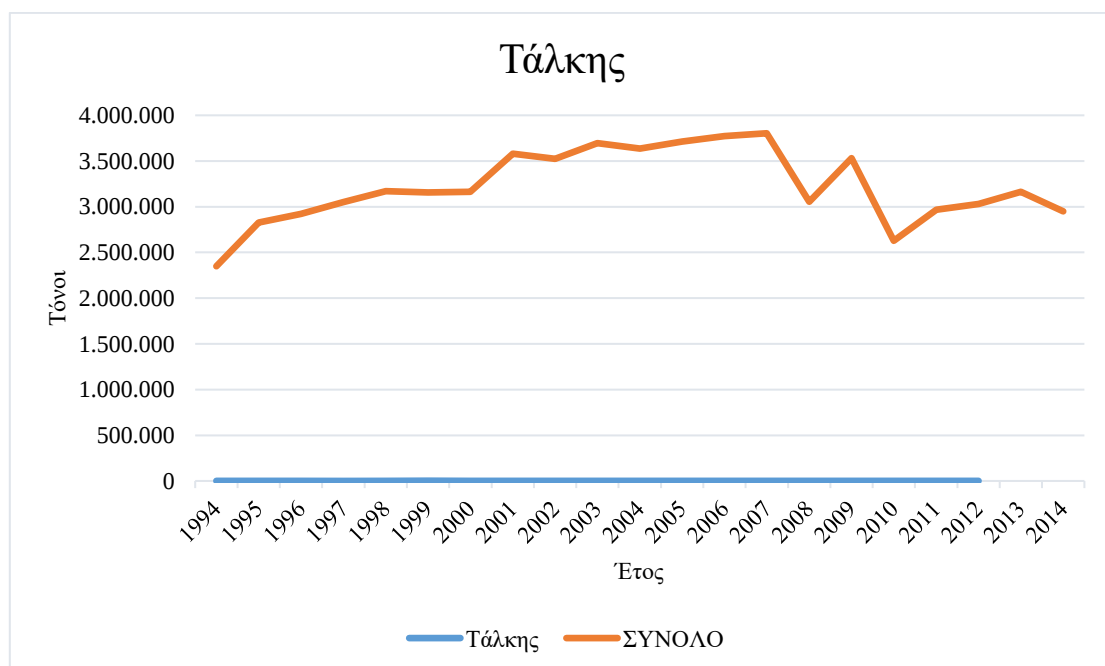
εμφανίσει στα υπερβασικά πετρώματα Οργάνης-Μυρτίσκης-Χλόης στη Ροδόπη (Μάρανθος 1990).

Τα κοιτάσματα τάλκη που εκμεταλλεύτηκαν στο παρελθόν βρίσκονται στη Τήνο, στην Ιεράπετρα της Κρήτης, στη Λάρισα και στο Χορτιάτη της Θεσσαλονίκης. Το κοιτάσμα της Τήνου είναι το μοναδικό που εκμεταλλεύεται μέχρι σήμερα. Εξίσου σημαντικά ωστόσο είναι και τα σερπεντινωμένα σώματα στην σειρά Βερτίσκου της Σερβομακεδονικής Ζώνης και στον Ασκό του Λαγκαδά. Στον Ασκό τα αποθέματα που είναι πλούσια σε τάλκη και βερμικουλίτη, υπολογίζονται περίπου σε 700.000 τόνους και περιέχουν 2,5-5,5% Fe_2O_3 (Νταμπίτζιας & Κουγκούλης 1994).

Η εξόρυξη του τάλκη στην Ελλάδα μέχρι το 1991 γινόταν από τις εταιρείες «Καραολάνης» Θεσσαλονίκης, «Εταιρία γενικού εμπορίου και αντιπροσωπειών» Τήνου, «Μεταλλεία Έδεσσας» Πέλλας και «Κολιόπουλος» Λάρισας. Από το 1991 και μετά η μοναδική εταιρία εκμετάλλευσης είναι της Τήνου.

Η ποιότητα του τάλκη της Ελλάδας υστερεί κατά πολύ σε καθαρότητα και λευκότητα έναντι άλλων χωρών. Έτσι, η χώρα, για να καλύψει τις ανάγκες της εισάγει ποσότητες υψηλής ποιότητας τάλκη από την Φινλανδία, το Σουδάν και την Αίγυπτο.

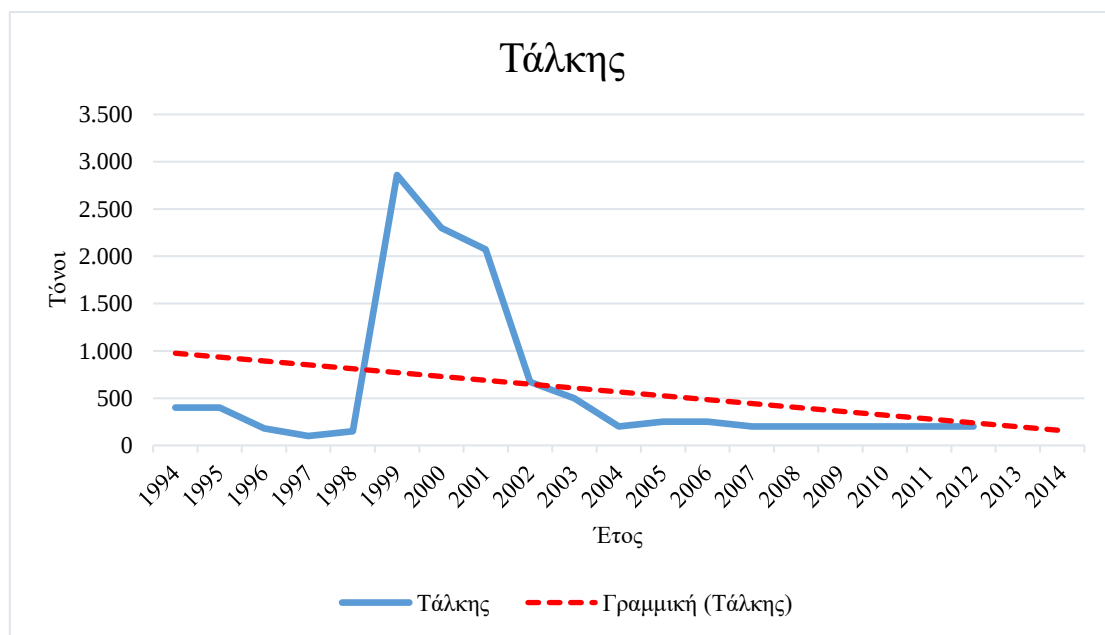
Η ελληνική παραγωγική δραστηριότητα του τάλκη, όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγ. 6) είναι ελάχιστη σε σύγκριση με την συνολική παραγωγή των βιομηχανικών ορυκτών και πετρωμάτων της Ελλάδας.



Διάγραμμα 6: Παραγωγή τάλκη σε σύγκριση με την συνολική παραγωγή ΒΟΠ στην Ελλάδα.

Η ποιότητα του τάλκη σε συνδυασμό και με την οικονομική κρίση καθιστά την παραγωγή τόσο μικρή ώστε δεν μπορεί να καλύψει τις εγχώριες ανάγκες στη βιομηχανία επιστρώσεων, παρασκευή γεωργικών φαρμάκων, κεραμικών, ελαστικών, πλαστικών και χαρτοβιομηχανία.

Η παραγωγή τάλκη που απεικονίζεται στο διάγραμμα 6.1 σε τόνους ανά έτος, παρουσιάζει μια σημαντική διακύμανση και εμφανίζει μέγιστη τιμή το 1999 με παραγωγή 2.860 τόνους. Από το 1999 και μετά η παραγωγή μειώνεται δραματικά και φτάνει σε μέσο όρο τους 200 τόνους σταθερά τη δεκαετία 2004-2014.



Διάγραμμα 6.1: Παραγωγή τάλκη και χρονική τάση αυτής στην Ελλάδα.

Στην ελληνική αγορά ο καολίνης και ο ασβεστίτης αποτελούν ανταγωνιστικά προϊόντα για τον τάλκη, λόγω των χαμηλότερων τιμών τους, γεγονός που επηρεάζει σημαντικά την παραγωγή του τάλκη καθώς υπάρχει πιο φθηνή πρώτη ύλη για να τον αντικαταστήσει.

7. ΑΣΤΡΙΟΙ

Οι άστριοι μαζί με τον χαλαζία αποτελούν τα σπουδαιότερα πετρογενετικά ορυκτά και έχουν καταλυτικό ρόλο στην ονομασία και ταξινόμηση των πετρωμάτων του φλοιού της γης. Έχει υπολογιστεί ότι είναι τα αφθονότερα ορυκτά και αποτελούν το 60% των επιφανειακών πετρωμάτων. Επικρατούν κυρίως σε όξινα πυριγενή

πετρώματα (γρανίτες, πηγματίτες) αλλά και σε βασικά (γάββροι, βασάλτες). Η παρουσία τους επίσης είναι σημαντική και στα αντίστοιχα μεταμορφωμένα (γνεύσιοι, αμφιβολίτες) και ιζηματογενή πετρώματα (αρκόζες).

Οι κρύσταλλοί τους είναι συνήθως πρισματικοί και το χρώμα τους άχρωμο ή λευκό έως τεφρό, με υαλώδη και μαργαριταρώδη λάμψη (Εικ. 7).

Διακρίνονται σε τρία ακραία μέλη $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (Αλβίτης), KAlSi_3O_8 (Ορθόκλαστο) και $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (Ανορθίτης) και χωρίζονται στους αλκαλιόχους αστρίους (σανίδινο, ορθόκλαστο, μικροκλινής κ.ά.) και στα πλαγιόκλαστα (αλβίτης, λαβραδόριο κ.ά.).



Εικόνα 7: Κρύσταλλος αλβίτη από την Κρήτη (Πηγή: www.orykta.gr)

7.1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Οι φυσικές ιδιότητες των αστρίων που παίζουν ρόλο στην έκταση των εφαρμογών τους ως πληρωτικό υλικό είναι το σχήμα των τεμαχιδίων, η σκληρότητα, η λαμπρότητα, ο δείκτης διάθλασης, η χημική αδράνεια, η σταθερότητα του pH, η ελαιοαπορροφητικότητα, η διασπορά τεμαχιδίων και η ικανότητα λεπτομερούς κονιοποίησης.

Κάποιες μορφές αστρίων μπορούν να θεωρηθούν ως ημιπολύτιμοι λίθοι. Για παράδειγμα, όταν το ορθόκλαστο είναι διαυγές, όταν ο μικροκλινής έχει πράσινο

χρώμα και όταν το λαβραδόριο παρουσιάζει εναλλαγές χρωμάτων τότε αυτοί οι τρεις τύποι χρησιμοποιούνται ως ημιπολύτιμοι λίθοι.

Η πιο διαδεδομένη χρήση των αστρίων είναι στο τομέα της κεραμικής, όπου καταναλώνεται ένα ποσοστό 10-55% των αστρίων. Από την μία πλευρά οι νατριούχοι άστριοι παρουσιάζουν ισχυρή ευτηκτική δράση και είναι πολύ οικονομικοί στην αγορά, ενώ από την άλλη πλευρά οι καλιούχοι άστριοι προσδίδουν έντονη πυριμαχικότητα και ανθεκτικότητα. Έτσι λοιπόν, αν και οι νατριούχοι άστριοι χρησιμοποιούνται περισσότερο από τους καλιούχους στα κεραμικά, οι τελευταίοι παράγουν πολύ πιο ανθεκτικά προϊόντα.

Στην υαλουργία οι άστριοι χρησιμοποιούνται σε ποσοστό έως 18%. Συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται ως πηγή Al_2O_3 , Na_2O , K_2O και SiO_2 . Τα αλκάλια των αστρίων προσδίδουν ευτηκτικότητα και επηρεάζουν τα υπόλοιπα ορυκτά ως προς την τήξη τους, παράγοντας διάφορους τύπους γυαλιού.

Τέλος, οι άστριοι στα χρώματα και στα πλαστικά δίνουν μεγαλύτερη αντοχή και ανθεκτικότητα. Συγκεκριμένα, στα πλαστικά βελτιώνουν την αντοχή τους στην κηλίδωση, απόξεση και χημική προσβολή.

7.2. ΧΡΗΣΕΙΣ

Η χρήση των αστρίων στους διάφορους τομείς βασίζεται στις φυσικές ιδιότητες και την χημική σύσταση του ορυκτού, που καθορίζουν την αξία του. Σημασία έχει η περιεκτικότητα σε αλκάλια και ο λόγος ή το άθροισμα των οξειδίων νατρίου και καλίου σε συνδυασμό με τις ανεπιθύμητες προσμίξεις σιδήρου, τιτανίου και ασβεστίου.

Η κεραμική και η υαλουργία απορροφούν το 85-90% της παγκόσμιας παραγωγής αστρίων. Στη κεραμική προτιμάται κατά κύριο λόγο ο καλιούχος άστριος για κατασκευή ειδών υγιεινής, πλακίδια τοίχου ή δαπέδου, πορσελάνη ηλεκτρικών ειδών κ.ά. Ο νατριούχος άστριος χρησιμοποιείται κυρίως στη κατασκευή υαλουργικών προϊόντων όπως υαλοβάμβακα, υαλοπίνακες, εργαστηριακά είδη κ.ά.

Επίσης, οι άστριοι χρησιμοποιούνται ως πληρωτικά υλικά στα ελαστικά, πλαστικά, χρώματα, καθαριστικά και στεγανωτικά, ενώ οι αλκαλιούχοι ως πρώτη ύλη στη βιομηχανία πορσελάνης και άλλων κεραμικών, στην υαλουργία και στην επισμάλτωση αντικειμένων. Τέλος, μια ακόμα ευρέως αναγνωρισμένη χρήση τους είναι ως ημιπολύτιμοι και διακοσμητικοί λίθοι.

7.3. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Η παγκόσμια παραγωγή αστρίων κυμαίνεται στα 10,8 εκατομμύρια τόνους. Πάνω από 40 χώρες συνεισφέρουν στην παραγωγή αυτή, με την Ιταλία και την Τουρκία να αποτελούν τις δύο πρωταγωνιστικές χώρες που παράγουν περίπου το 40% των αστρίων. Στη συνέχεια ακολουθούν οι χώρες ΗΠΑ, Ταϊλάνδη, Γαλλία, Γερμανία, Ισπανία και άλλες συμπεριλαμβανομένου και της Ελλάδας.

Εμφανίσεις αστρίων στην Ελλάδα υπάρχουν στον Έβρο (Κόρυβος, Πρωτοκλησιά), στο Παρανέστι Δράμας, στη Θεσσαλονίκη (Λευκοχώρι, Νικόπολη, Καλαμωτό), στη Σιθωνία Χαλκιδικής και στη Σαμοθράκη. Συνήθως τα κοιτάσματα των αστρίων συνδέονται με πηγματιτικές φλέβες μεγάλου πάχους μέχρι 17m και μήκους μέχρι 11km (Παπαδόπουλος & Θεοδωρούδης 1994, Sikalidis et al. 1997, Κράββας 1999). Στη περιοχή του όρους Βερτίσκου, στην κεντρική Μακεδονία, οι πηγματιτικές φλέβες είναι πλούσιες σε νατριούχους αστρίους, ενώ στο Παρανέστι Δράμας σε καλιούχους αστρίους. Το κοιτάσμα της Σαμοθράκης μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για ορισμένα προϊόντα κεραμικής και υαλουργίας.

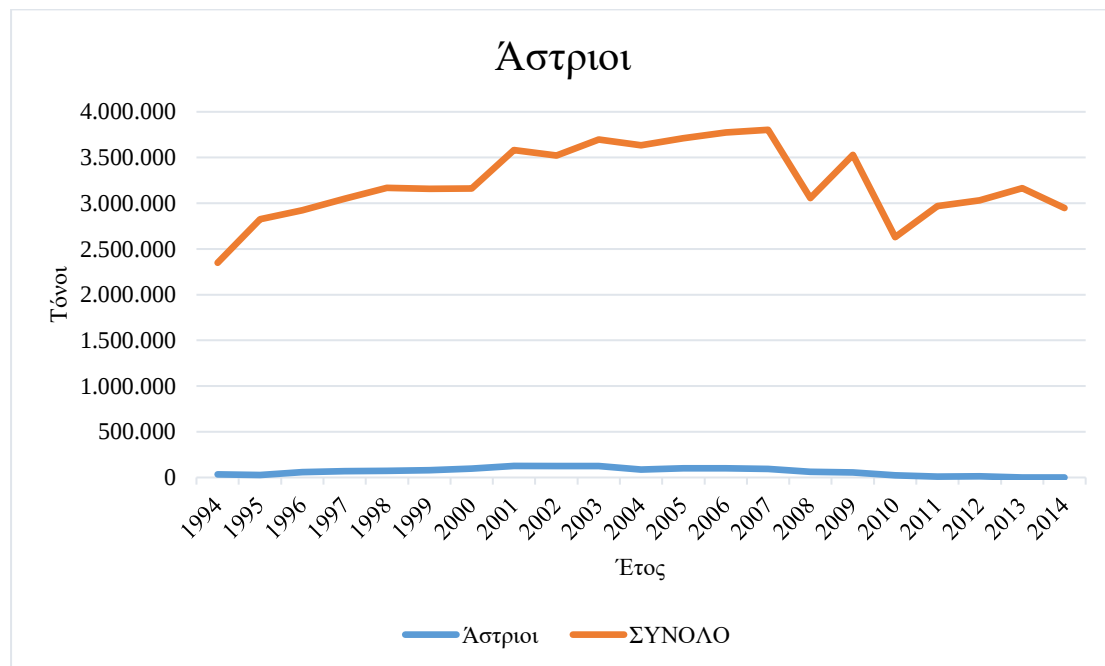
Σε όλη την Ελλάδα υπάρχουν πλούσιες φλέβες, που όμως έχουν μείνει ανεκμετάλλευτες. Έτσι λοιπόν, για να καλυφθούν οι εγχώριες ανάγκες απαιτούνται εισαγωγές. Η κεραμική βιομηχανία απαιτεί 40.000 τόνους τον χρόνο από τους οποίους εισάγεται μία μικρή ποσότητα. Η ελληνική υαλουργία απαιτεί 15.000 τόνους τον χρόνο και καλύπτει τις ανάγκες της εξ' ολοκλήρου με εισαγωγή νορβηγικού νεφελινικού συηνίτη.

Οι τιμές των αστρίων ποικίλουν ανάλογα με τις φυσικές τους ιδιότητες. Για κεραμική χρήση η τιμή κυμαίνεται από 60-140€/t για τον νατριούχο, ενώ ο καλιούχος κοστίζει 130€/t. Στην υαλουργία ο νατριούχος κοστίζει 40-50€/t και ο καλιούχος 90-100€/t.

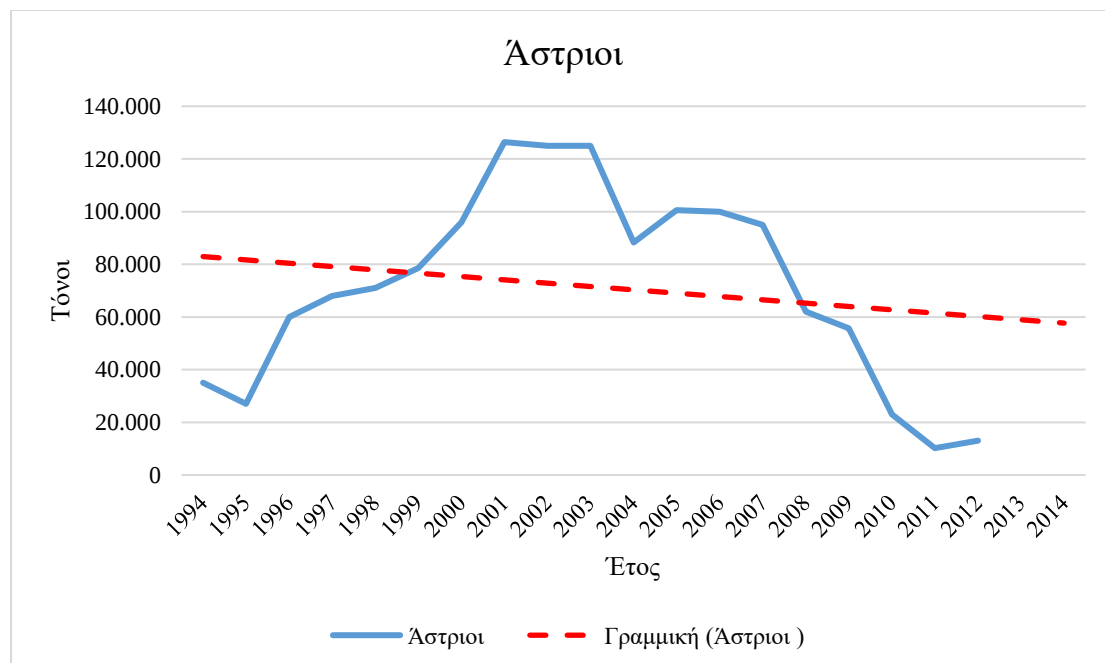
Η μοναδική εταιρία παραγωγής αστρίων στην Ελλάδα είναι η «ΜΕΒΙΟΡ» και η εκμετάλλευση γίνεται στο βόρειο τμήμα της χώρας. Το μητρικό πέτρωμα από το οποίο γίνεται η εξόρυξη νατριούχου αστρίου, αποτελείται από 70-75% αστρίους, 15-25% χαλαζία, μαρμαρυγίες και μικρές προσμίξεις σιδήρου. Η παραγωγή όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγ. 7) είναι πολύ μικρή σε σύγκριση με την συνολική παραγωγή ΒΟΠ της Ελλάδας, με το 50 % αυτής να εξάγεται στην Ιταλία και το υπόλοιπο να καλύπτει τις ανάγκες της χώρας.

Η εταιρία «Vitruvit» καταναλώνει 1.200 τόνους το έτος για κατασκευές ειδών υγιεινής. Η «Fileram Johnson», μέχρι το 2010, κατανάλωνε κάθε χρόνο 30.000 τόνους της συνολικής ελληνικής παραγωγής για παρασκευή πλακιδίων τοίχου και δαπέδου.

Η ελληνική κρίση έπληξε πολλές βιομηχανίες της χώρας, όπως και την υαλουργία. Το 2011 η εταιρία «Fileram Johnson» σταμάτησε την παραγωγή και το 2012 απέλυσε 225 εργαζομένους. Όλα αυτά είχαν αντίκτυπο στην ελληνική παραγωγή που περιορίστηκε σημαντικά μετά το 2007, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 7.1.



Διάγραμμα 7: Παραγωγή αστρίων σε σύγκριση με την συνολική παραγωγή ΒΟΠ στην Ελλάδα.



Διάγραμμα 7.1: Παραγωγή αστρίων και χρονική τάση αυτής στην Ελλάδα.

Η παραγωγή από το 1994 παρουσιάζει μια σχετικά απότομη αύξηση που αγγίζει τη μέγιστη τιμή της, το 2001, στους 126.400 τόνους. Από το 2001 και μετά παραμένει σε υψηλές ποσότητες παραγωγής μέχρι το 2007, οπότε και αρχίζει μία σταθερή πτωτική τάση. Τα τελευταία χρόνια δεν φαίνεται να έχει αλλάξει κάτι και η παραγωγική δραστηριότητα των αστρίων παραμένει χαμηλή.

8. ΒΑΡΥΤΗΣ

Ο βαρύτης αποτελεί θειικό ορυκτό του βαρίου με χημικό τύπο BaSO_4 και περιέχει 65,7% BaO . Το όνομά του προέρχεται την ελληνική λέξη «βαρύς» λόγω του μεγάλου ειδικού του βάρους.

Είναι άχρωμος, λευκός, τεφρός ή καστανός με υαλώδη έως ρητινώδη λάμψη. Οι κρύσταλλοί του είναι πλακώδεις, ρομβικοί πρισματικοί και εμφανίζει λεπιδωτά, φυλλώδη και ινώδη συσσωματώματα. Ο βαρύτης έχει ιζηματογενής προέλευση ή είναι προϊόν υδροθερμικής εξαλλοίωσης.



Εικόνα 8: Πλακώδη συσσωματώματα βαρύτη, Μαρόκο (Πηγή:

<http://www.geo.auth.gr/courses/gmo/gmo106y/>)

8.1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Το πιο χαρακτηριστικό γνώρισμα του βαρύτη, όπως το αποκαλύπτει και το όνομά του, είναι το μεγάλο ειδικό του βάρος (4,5) που σε συνδυασμό με την χημική του αδράνεια και σταθερότητα βρίσκει εφαρμογή σε διάφορους κλάδους. Με βάση τα χημικά του χαρακτηριστικά αποτελεί την κύρια πηγή βαρίου και των προϊόντων του.

8.2. ΧΡΗΣΕΙΣ

Ο βαρύτης χάρις τις φυσικές και χημικές του ιδιότητες βρίσκει εφαρμογή στις γεωτρήσεις πετρελαίου για την παρασκευή πολφού εκπλύσεως της γεώτρησης. Χρησιμοποιείται ακόμη, ως πληρωτικό ή επικαλυπτικό υλικό στην υαλουργία, στην βιομηχανία ελαστικών και πλαστικών, στην χαρτοβιομηχανία, στις χημικές βιομηχανίες, στην ιατρική (ακτινοδιαγνωστική), στην φαρμακοβιομηχανία και στους πυρηνικούς αντιδραστήρες (ακτινοβολία-X). Τέλος, συμβάλλει στη παρασκευή χημικών προϊόντων όπως BaO , Ba(OH)_2 , BaS , BaCl_2 , λιθοπονίου (λευκή χρωστική) και το καθαρό μέταλλο βάριο.

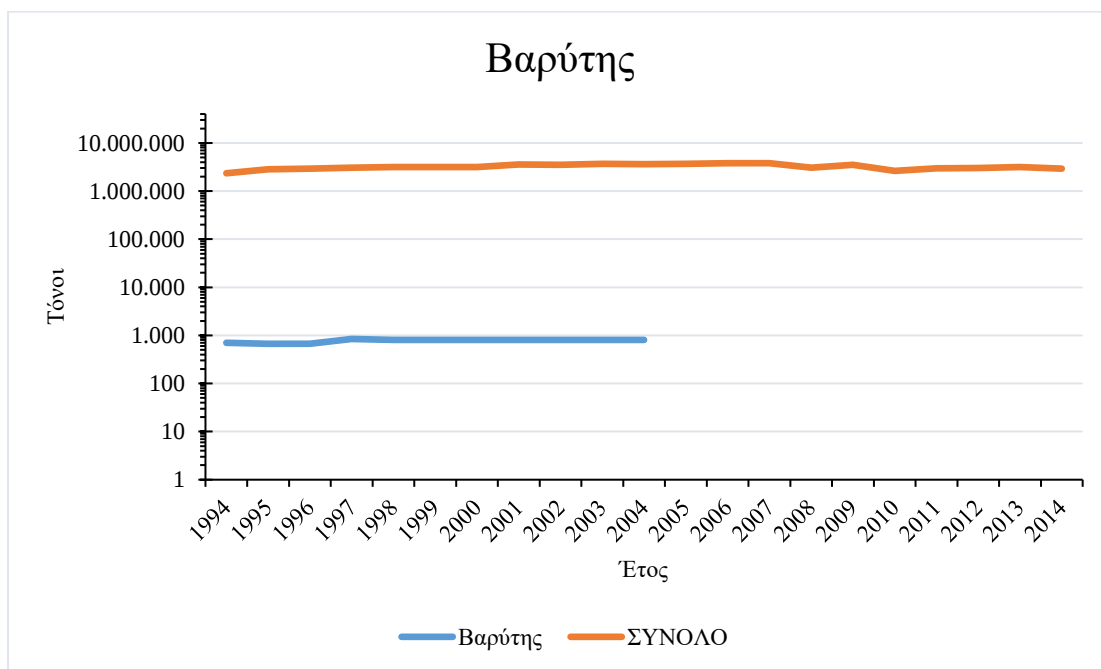
8.3. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Σημαντικά κοιτάσματα και αυξημένη παραγωγή βαρύτη σημειώνεται στις χώρες Κίνα, Ινδία, Μαρόκο, ΗΠΑ, Ιράν και Μεξικό. Η Ελλάδα βρίσκεται χαμηλά στη λίστα παραγωγής λόγω της μειωμένης εκμετάλλευσης, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια.

Κοιτάσματα και εμφανίσεις βρίσκονται στη Θάσο, στο Κιλκίς, στη Λευκάδα, στη Τυρό Αρκαδίας, στους Μολάους Λακωνίας, στη Κίμωλο, στη Πολύαιγο, στη Κω, στη Μήλο και στη Μύκονο. Τα μόνα κοιτάσματα που εκμεταλλεύτηκαν στο παρελθόν είναι του Κιλκίς, της Μήλου και της Μυκόνου. Στη Μήλο δραστηριοποιήθηκε η εταιρία «S&B ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ» και εξασφάλιζε της ανάγκες της εγχώριας αγοράς μαζί με εισαγωγές από Τουρκία και Ιρλανδία. Τα μεγαλύτερα όμως αποθέματα βρίσκονταν στην Μύκονο με 2 εκατ. τόνους, τα οποία εκμεταλλεύτηκε η εταιρία «ΜΥΚΟΒΑΡ» που αργότερα εξαγοράσθηκε από την «S&B ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ».

Τα κοιτάσματα της Ελλάδας σχετίζονται με ορυκτά όπως ο απατίτης, ασβεστίτης, ροδοχρωσίτης, γύψος, αντιμονίτης, γαληνίτης, σφαλερίτης, ενώ περιέχουν ποσότητες αργύρου, αντιμονίου, κοβαλτίου, μαγνησίου, μολύβδου και χαλκού, που τα καθιστούν αρκετά ανταγωνιστικά από οικονομικής άποψης.

Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα δεν πραγματοποιείται καμία συστηματική εκμετάλλευση βαρύτη. Όπως φαίνεται και από το παρακάτω διάγραμμα (Διάγ. 8) η εκμετάλλευση που έγινε στο παρελθόν ήταν τόσο μικρή σε σχέση με τη συνολική παραγωγή με αποτέλεσμα να σταματήσει ολοκληρωτικά το 2004. Όπως γίνεται αντιληπτό η παραγωγή ανέκαθεν ήταν σταθερά χαμηλή, εμφανίζοντας ένα σχετικό μέγιστο το 1997 τους 842 τόνους.



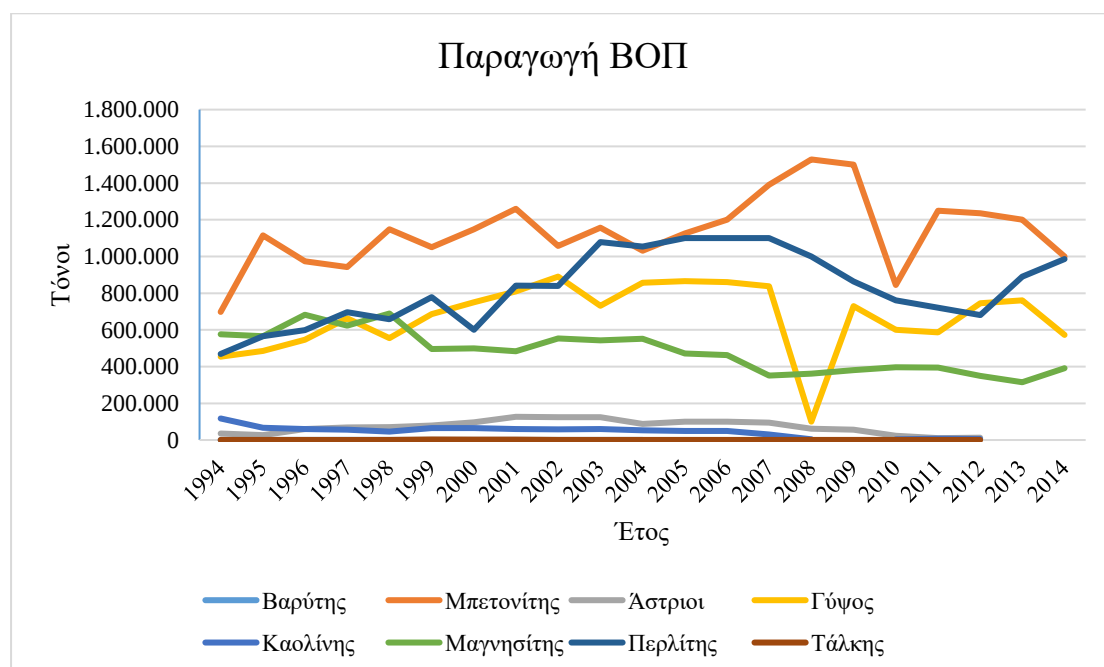
Διάγραμμα 8: Παραγωγή βαρύτη σε σύγκριση με την συνολική παραγωγή ΒΟΠ στην Ελλάδα.

Η χαμηλή ποιότητα των κοιτασμάτων, το μεγάλο κόστος παραγωγής, η πτώση της ζήτησης και η εξάντληση του εκμεταλλεύσιμου κοιτάσματος είναι κάποιοι από τους παράγοντες που επηρεάζουν αρνητικά την παραγωγή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όσο πλούσια και αξιοζήλευτη είναι η ιστορία της Ελλάδας άλλο τόσο και ακόμα παραπάνω είναι και το υπέδαφός της. Παρά τις διαδικαστικές δυσκολίες, παράγει έναν ικανοποιητικό αριθμό ΒΟΠ από διάφορες περιοχές και νησιά της χώρας.

Στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 9) απεικονίζεται η συνολική παραγωγή των βιομηχανικών ορυκτών που προαναφέρθηκαν στην εργασία, το χρονικό διάστημα από το 1994 έως το 2014. Ο μπετονίτης, ο περλίτης, η γύψος και ο μαγνησίτης είναι τα ορυκτά που κυριαρχούν στην παραγωγική δραστηριότητα της χώρας. Ακολουθώντας, σε μικρότερες ποσότητες παράγονται άστριοι, καολίνης, τάλκης και βαρύτης.



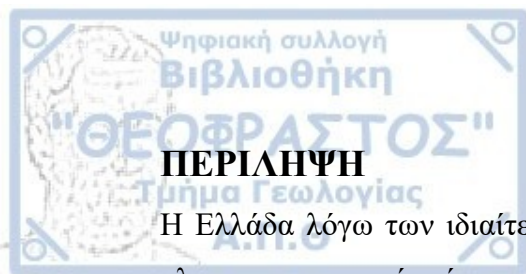
Διάγραμμα 9: Συνολική παραγωγή ΒΟΠ στην Ελλάδα (1994-2014).

Σε ένα γενικό πλαίσιο, από το 1994 έως το 2004 η παραγωγή των ορυκτών και πετρωμάτων που προαναφέρθηκαν έχουν μια σχετικά ανοδική τάση, καθώς αυξάνεται η ζήτηση τους στην αγορά. Τα τεχνικά έργα, οι οικοδομικές επιχειρήσεις, οι διάφορες βιομηχανίες, η κεραμική και η υαλουργία συνεχώς αυξάνουν την ζήτηση τους σε πρώτη ύλη. Μέχρι το 2004 περίπου για τα περισσότερα ΒΟΠ, και μέχρι το 2010 για τον μπετονίτη, η ζήτηση των βιομηχανικών ορυκτών και των αδρανών υλικών ήταν πολύ υψηλή στην εξωτερική, αλλά και στην εσωτερική αγορά. Η παραγωγή πρώτων υλών βρισκόταν στην άνθιση της εκείνο το διάστημα, λόγω των Ολυμπιακών αγώνων

και των κατασκευαστικών και οικοδομικών έργων που απαιτούσαν μεγάλες ποσότητες αυτών των υλικών. Το γεγονός αυτό είναι ξεκάθαρο για τον μπετονίτη και τον περλίτη που καταναλώνονται σε σημαντικές ποσότητες από την οικοδομική και κατασκευαστική δραστηριότητα.

Από το 2010 και έκτοτε η Ελλάδα πέρασε μία σημαντικότερη οικονομική, πολιτική και κοινωνική αστάθεια που επίδραση σε όλους τους τομείς της βιομηχανικής παραγωγής τόσο στον πρωτογενή, όσο και στον δευτερογενή τομέα. Η μικρή αγορά της Ελλάδας δεν είναι ικανή να απορροφήσει τις εγχώριες παραγωγές, μεταξύ των οποίων και τα ΒΟΠ, ως αποτέλεσμα της οικονομικής κρίσης η οποία έχει ξεκινήσει να δείχνει την επιρροή της σε όλους τους κλάδους και πόσο μάλλον στις βιομηχανίες. Η παραγωγή ΒΟΠ μειώνεται, οι απολύσεις εργαζομένων και η ανεργία αυξάνονται και εταιρείες προχωρούν σε κλείσιμο ή αναστολή εργασιών. Ωστόσο, ο εξαγωγικός χαρακτήρας που έχουν αρκετές εταιρίες του κλάδου των ΒΟΠ βοηθάει τον τομέα αυτό της οικονομικής δραστηριότητας της χώρας να επιβιώσει για το συγκεκριμένο κρίσιμο διάστημα της κρίσης και να παρουσιάσει, σε ορισμένα ΒΟΠ, ικανοποιητική εξαγωγική δραστηριότητα.

Οι προσδοκίες για περεταίρω εκμετάλλευση και αξιοποίηση του ορυκτού της πλούτου είναι υψηλές για το μέλλον, απαιτείται όμως δραστική βελτίωση του ζητήματος της γραφειοκρατίας και της επιτάχυνση της χρονοβόρας αδειοδότησης από την πλευρά του κράτους, καθώς και της ενημέρωσης του κοινωνικού συνόλου. Η ορθή εκμετάλλευση των ορυκτών πρώτων υλών της χώρας μας μπορεί να ενισχύσει σημαντικά την εθνική οικονομία και η Ελλάδα να καταστεί αυτάρκης στον τομέα αυτό.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Ελλάδα λόγω των ιδιαίτερων γεωτεκτονικών χαρακτηριστικών της, αποτελεί μια πλουτοπαραγωγική χώρα με σημαντικά αποθέματα ΟΠΥ. Εξορύσσονται μεγάλες ποσότητες βιομηχανικών ορυκτών και πετρωμάτων όπως μπεντονίτη, περλίτη, μαγνησίτη κ.ά. Τα ΒΟΠ χάρις στις φυσικές και χημικές τους ιδιότητες βρίσκουν εφαρμογή σε μια πληθώρα βιομηχανιών (τσιμεντοβιομηχανία, χαρτοβιομηχανία κ.ά.), καθώς και στη προστασία του περιβάλλοντος. Ένα μικρό ποσοστό της παραγωγής καλύπτει τις εγχώριες ανάγκες, ενώ το υπόλοιπο εξάγεται στο εξωτερικό. Αν και η χώρα παρουσιάζει διακυμάνσεις στη παραγωγική δραστηριότητα, αναμένεται προοδευτικά η ανάπτυξη στην εξορυκτική βιομηχανία παρά τις δυσκολίες που αυτή εμφανίζει.

ANALYSIS AND PROSPECTS OF GREEK INDUSTRIAL MINERALS AND ROCKS – *BACHELOR THESIS*

by

Apostolia D. Chatzivretta

ABSTRACT

Due to its unique geotectonic characteristics and position, Greece is a rich production country in many mineral raw materials. Large quantities of industrial minerals and rocks such as bentonite, perlite, magnesite etc. are mined. Due to their unique physical and chemical properties, industrial minerals and rocks are used in a variety of industries (cement industry, paper industry, etc.), as well as in environmental protection. Only a small amount of the production covers domestic needs, while the rest is exported abroad. Although the country is experiencing fluctuations in productive activity, growth in the mining industry is progressively expected despite the difficulties it presents.

Christidis G. 1992. Origin, physical and chemical properties of the bentonite deposits from the Aegean Islands of Milos, Kimolos and Chios, Greece. Ph.D Thesis, Univ Leicester, UK.

Sikalidis C., Kassoli-Fournaraki A. & Filippidis A. 1997. Feldspars from the Paraneستي Pegmatite Veins (NE Greece) for the Ceramic and Glass Industry.

Virta R., Lorenz W. & Regueiro M. 1994. Industrial minerals and rocks: classification of end uses.

Ελληνική

Αλεξοπούλου, Κ., Γαλάνη, Δ., & Θεοδωράκη, Ε., 2015. Η οικονομική εκμετάλλευση του ορυκτού πλούτου της Ελλάδας.

Γεωργιάδης Γ. 2003. Τα ορυκτά στη ζωή μας. Χρηστικότητα, Περιβάλλον, Προβλήματα. Εκδοτικός Οργανισμός Λιβάνη, Αθήνα.

Κοσιάρης Γ. & Μιχαήλ Κ. 1995. Έρευνα για εντοπισμό βιομηχανικών ορυκτών στις Τριτογενείς λεκάνες της Θράκης. Έκθεση ΙΓΜΕ, Αθήνα.

Κράββας Χ. 1999. Γεωλογική-κοιτασματολογική έρευνα για την αξιοποίηση του χαλαζιοαστριούχου κοιτάσματος της περιοχής Σιθωνίας Ν. Χαλκιδικής. Έκθεση ΙΓΜΕ, Θεσσαλονίκη.

Μηνόπουλος Π. 1990. Γεωλογική κοιτασματολογική μελέτη τάλκη Άρνισσας (υποπεριοχή Δροσιάς) Ν. Πέλλας. Έκθεση ΙΓΜΕ, Θεσσαλονίκη.

Νταμπίτζιας Σ. & Κουγκούλης Χ. 1994. Το κοιτάσμα τάλκη-βερμικουλίτη στο σερπεντινιτικό σώμα Τ6 περιοχής Ασκού Θεσσαλονίκης.

Παπαδόπουλος Χ. & Θεοδωρούδης Α. 1994. Έρευνα για αστρίους σε πηγματίτες-γρανίτες στη Μακεδονική κρυσταλλική μάζα. Πρόδρομα αποτελέσματα. Έκθεση ΙΓΜΕ, Θεσσαλονίκη.

Πασσά, Κ.Σ., 2007. Βιομηχανικά ορυκτά για περιβαλλοντικές χρήσεις: μελέτη φυσικών, χημικών και ορυκτολογικών ιδιοτήτων του Περίτη της νήσου Μήλου (Doctoral dissertation).

Τσιραμπίδης, Α., 2005. Ο ορυκτός πλούτος της Ελλάδος. *Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη*.



ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

<https://www.bgs.ac.uk/mineralsuk/statistics/europeanStatistics.html>

<https://www.sme.gr/>

<https://www.orykta.gr/>

<http://www.oryktosploutos.net/>

<http://www.geo.auth.gr/>

http://www.zeroenergybuildings.org/2012/03/blog-post_25.html

<http://www.paver.gr/texnika-arthra/110-mpetonitis>

<https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/2073319/theFile/2073322>

<https://www.wikipedia.org/>