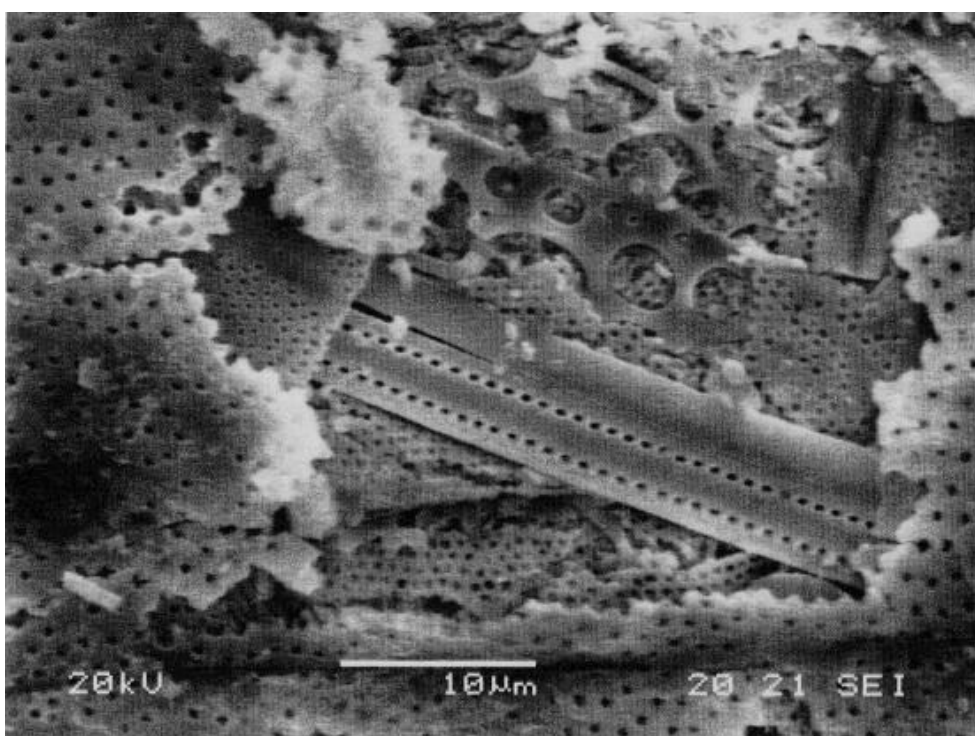




ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ-ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ



ΔΙΑΤΟΜΙΤΕΣ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΛΗΜΝΟΥ: ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΑ, ΟΡΥΚΤΟΧΗΜΙΚΑ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ



ΣΤΕΦΑΝΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ - Α.Ε.Μ: 4519

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επιβλέπων

Ν. Καντηράνης

Λέκτορας Α.Π.Θ.

Θεσσαλονίκη 2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
1.1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΔΙΑΤΟΜΙΤΕΣ.....	3
1.2. ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΔΙΑΤΟΜΙΤΩΝ.....	8
1.3. ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ ΔΙΑΤΟΜΙΤΩΝ.....	13
1.4. ΔΙΑΤΟΜΙΤΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ.....	22
2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΛΗΜΝΟΥ.....	33
2.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	39
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	41
3.1 ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΜΕΤΡΙΑ ΑΚΤΙΝΩΝ -X (XRD).....	43
3.2 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ ΣΑΡΩΣΗΣ (SEM).....	45
3.3 ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ ΑΚΤΙΝΩΝ-X (XRF).....	46
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	48
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	57
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	58

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο διατομίτης, είναι ένα βιομηχανικό πέτρωμα, του οποίου οι ιδιότητες αποτελούν σημαντικές εφαρμογές στην βιομηχανία καθώς είναι αποτελεσματικές και πολυποίκιλες. Η ορυκτολογική και χημική του σύσταση καθώς και η μικροσκοπική δομή του, προσδίδουν μια ιδιαιτερότητα και ιδιομορφία όσον αφορά τις χρήσεις του, καθιστώντας το με αυτόν τον τρόπο ένα «πολυλειτουργικό» βιομηχανικό πέτρωμα.

Η παρούσα διπλωματική εργασία, αποτελεί εκτενής αναφορά στην ύπαρξη εκμεταλλεύσιμων ποσοτήτων διατομιτών στη νήσο Λήμνο, ύστερα από εκτεταμένες ερευνητικές εργασίες που πραγματοποιήθηκαν το έτος 2005 από τον κύριο Γεώργιο Γεωργιάδη (Dr Μεταλλειολόγος Μηχανικός). Συνολικά εκτελέστηκαν 26 ερευνητικές γεωτρήσεις σε δημοτική έκταση 268,705 στρεμμάτων στη θέση «Μπούντα» του Δημοτικού Διαμερίσματος Κοντιά, του Δήμου Νέας Κούταλης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Λέκτορα κύριο Νικόλαο Καντηράνη κυρίως για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, αλλά επίσης και για την πολύτιμη συμβολή που είχε για την υλοποίηση και εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας. Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον κύριο Γεώργιο Γεωργιάδη, χρηματοδότη ερευνών, που συναίνεσε στην επιλογή του συγκεκριμένου θέματος και στον κύριο Χατζηχαλαράμπους Κωνσταντίνο, υπεύθυνο της διεξαγωγής ερευνών, που μου παρείχε τα απαιτούμενα στοιχεία για την συγγραφή της διπλωματικής εργασίας. Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου για την τεράστια υποστήριξη όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά για τους διατομίτες

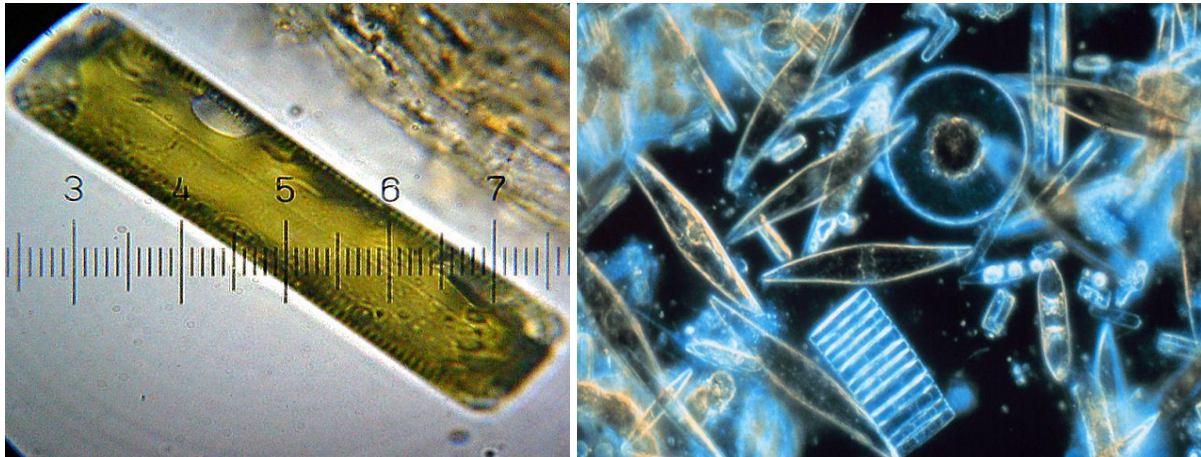
Ο διατομίτης, είναι ένα εξαιρετικά λεπτόκοκκο, εύθρυπτο και γεώδες στη λάμψη ιζηματογενές πέτρωμα, βιογενούς προέλευσης και με υψηλή περιεκτικότητα σε άμορφο διοξείδιο του πυριτίου (Εικ.1, Diatomite, NSW DEPARTMENT OF PRIMARY INDUSTRIES). Στη γλώσσα της γεωλογίας, ο όρος *διατομίτης* αναφέρεται στη συσσώρευση μικροσκοπικών σκελετικών τμημάτων των *διατόμων*, τα οποία φτάνοντας σε ένα ορισμένο πάχος στρώματος σε ιζηματογενείς συνθήκες αποκτούν γεωλογικό ενδιαφέρον.



Εικόνα 1. Διατομίτης από την περιοχή Barraba, Αυστραλία.

Τα διάτομα, είναι μονοκύτταροι οργανισμοί οι οποίοι αποτελούνται από ένα λεπτό σώμα (κυτταρόπλασμα) το οποίο περιβάλλεται εξωτερικά από σκελετό οπαλίου. Αποτελούν την κύρια ομάδα των μονοκύτταρων, υδρόβιων και φωτοσυνθετικών οργανισμών (*άλγη*) και είναι μεταξύ των πιο συνηθισμένων τύπων φυτοπλαγκτόν (Εικ. 2). Η σημασία του φυτοπλαγκτόν και γενικά του πλαγκτόν είναι μεγάλη, διότι είναι σε θέση να δημιουργήσει οργανικές και ανόργανες ενώσεις (κελύφη) από τα στοι-

χεία που βρίσκονται σε διάλυση μέσα στο νερό και να τροφοδοτήσει την ιζηματογένεση με αυτές. Στην προκειμένη περίπτωση ο σχηματισμός διατομίτη προϋποθέτει τον αρχικό σχηματισμό ανόργανων ουσιών οι οποίες καταλήγουν στον σχηματισμό πυριτικών ιζηματογενών αποθέσεων.



Εικόνα 2. Διάτομο (αριστερά) και διάτομα Ανταρκτικής (δεξιά)

Τα διάτομα, έχουν πλήρως προσαρμοστεί σε ένα μεγάλο εύρος υδάτινων περιβαλλόντων, συμπεριλαμβανομένων των θαλάσσιων, υφάλμυρων και καθαρών νερών. Για την διαβίωση των διατόμων σε θαλάσσιο περιβάλλον, οι ιδανικές συνθήκες προϋποθέτουν: α) Σταθερότητα της θερμοκρασίας, β) Υψηλές τιμές αλμυρότητας, γ) Ιδανικές τιμές pH και δ) Επάρκεια θρεπτικών συστατικών, σε αντίθεση με τα λιμναία προέλευσης διάτομα, όπου λίγο πολύ υπάρχει ένα μεγάλο εύρος τιμών στα συγκεκριμένα κριτήρια. Στον Πίνακα 1, παρουσιάζεται συνοπτικά μια συγκριτική μελέτη του θαλάσσιου και λιμναίου περιβάλλοντος των διατόμων, καθώς και οι παράγοντες που επηρεάζουν τον σχηματισμό τους. Βάση στοιχείων που προέκυψαν ύστερα από συστηματική μελέτη των διατόμων, βρέθηκε ότι τα διάτομα ζουν αποκλειστικά σε ψυχρά και καθαρά νερά, ιδιαίτερα στις περιοχές γύρω από τον Βόρειο Ειρηνικό Ωκεανό, την Ανταρκτική, και τον Βόρειο Παγωμένο Ωκεανό (Εικ.2). Πολλές απόψεις έχουν εκφραστεί επίσης σχετικά με το συσχετισμό των διατομιτών με το περιβάλλον σχηματισμού τους. Σύμφωνα με τον Conger (1942), οι διατομίτες που σχηματίζονται σε καθαρά νερά, πιθανόν να σχετίζονται με συσσωρεύσεις ιζημάτων διατομιτών σε ορεινές λίμνες ή και σε λίμνες κρατήρα. Ωστόσο, σήμερα επικρατεί η άποψη ότι οι συνθήκες σχηματισμού διατομιτών σε ωκεάνια περιβάλλοντα είναι εξαιρετικά ήπιες και ιδανικές,

καθώς επικρατεί η ηρεμία των υδάτινων ρευμάτων και τα εξαιρετικά μεγάλα βάθη που συντελούν στη διάλυση των ανθρακικών οργανισμών.

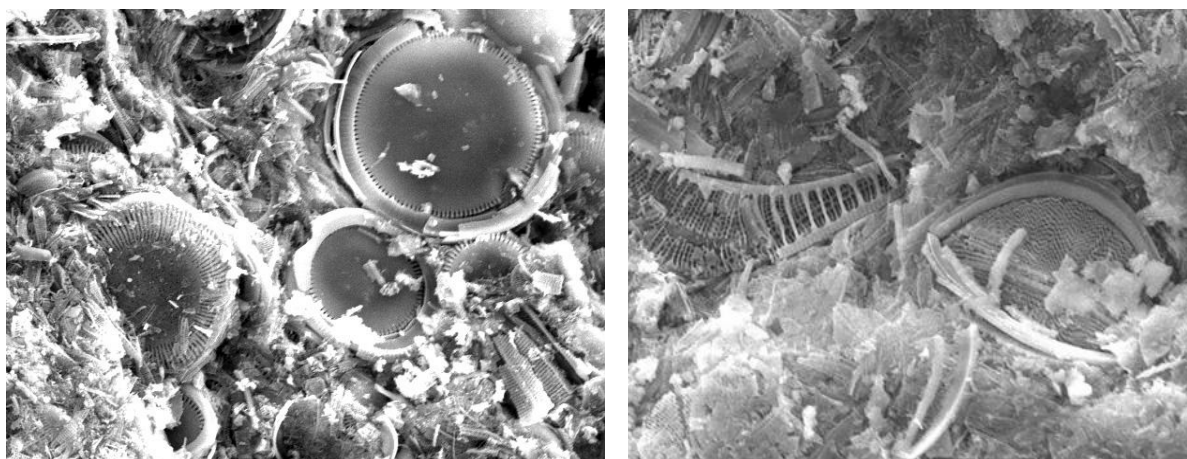
Πίνακας 1. Συγκριτικοί παράγοντες σε θαλάσσιες και λιμναίες αποθέσεις διατομιτών (Moyle P. and Dolley T., 2003).		
Συγκριτικοί παράγοντες	Θαλάσσιες αποθέσεις	Λιμναίου (Ηπειρωτικού) περιβάλλοντος αποθέσεις
Διάτομα και περιβάλλον ανάπτυξης	Αρχικές πλαγκτονικές μορφές, λιγότερο βενθονικές μορφές. Βενθονικές μορφές σπάνιες σε περιβάλλοντα βαθιάς θάλασσας	Πλαγκτονικές και βενθονικές μορφές σε λίμνες, με επικράτηση πλαγκτονικών μορφών. Βενθονικές μορφές επικρατέστερες σε ποτάμια περιβάλλοντα
	20.000 συνολικά είδη διατόμων παγκοσμίως θαλάσσιας και λιμναίας προέλευσης.	
	Αρχικά ηπειρωτικά περιθώρια και ανάβρυσμα υδάτων με κυκλική κίνηση, πλούσια σε θρεπτικά συστατικά τα οποία εκπλύθηκαν από τον πυθμένα σε βάθος 200 μ. περίπου. Παρουσία πλαγκτόν βαθιάς θάλασσας	Αρχικά λιμναία συστήματα που σχετίζονται με μαγματισμό, εξαιτίας του οποίου σχηματίζονται λεκάνες. Απαιτείται καθαρό νερό πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά πυριτικής σύστασης. Επίσης παρουσία αποθέσεων σε ήρεμα ποτάμια συστήματα, λίμνες, βαλτώδη νερά
	Σταθερή θερμοκρασία, αλμυρότητα, pH, θρεπτικά συστατικά, κυκλοφορία νερού	Ευρεία τιμή θερμοκρασίας, αλμυρότητας, pH, θρεπτικών συστατικών, κυκλοφορίας νερού.
Περιβάλλον απόθεσης	Συνθήκες υψηλής παραγωγικότητας διατομιτών με μεγάλη διάρκεια σχηματισμού. Πολύ μικρή διάλυση βιογενών συστατικών και κλαστών. Η στήλη νερού επιτρέπει τα διάτομα να φτάσουν τον πυθμένα	Συνθήκες υψηλής παραγωγικότητας διατομιτών , μεγάλη διάρκεια σχηματισμού αλλά μικρότερη από τον σχηματισμό θαλάσσιων αποθέσεων. Πολύ μικρή διάλυση βιογενών συστατικών και κλαστών.
Συνθήκες διάλυσης	Διάλυση σε χερσαίο περιβάλλον, κοντά σε ηπειρωτικά περιθώρια ή σε θαλάσσιο περιβάλλον από βιογενείς παράγοντες (ραδιολάρια) κατά τη διάρκεια απόθεσης	Διάλυση σε κλαστική ιζηματοπόθεση, καθώς και σε ηφαιστειακή στάχτη μέσα σε λεκάνες.

Διαγένεση και διατήρηση	Αρχικά η διατήρηση των ιζημάτων οφείλεται στο περιεχόμενο πυρίτιο των κελυφών των διατόμων. Η εκ νέου επικάλυψη από νέα θαλάσσια ιζήματα λειτουργεί ως προστατευτικό κάλυμμα από την αποσάθρωση και διάβρωση των ιζημάτων κατά την ανύψωσή τους στην επιφάνεια της γης	Αρχικά η διατήρηση των ιζημάτων οφείλεται στο περιεχόμενο πυρίτιο των κελυφών των διατόμων. Η συνεχόμενη επικάλυψη από ιζήματα χερσαίας και ηφαιστειακής προέλευσης λειτουργεί ως προστατευτικό κάλυμμα από την αποσάθρωση και διάβρωση των ιζημάτων κατά την ανύψωσή τους στην επιφάνεια της γης
Γεωλογική περίοδος	Κάτω Κρητιδικό - Ολόκαινο	Ηώκαινο - Ολόκαινο
Περίοδος βέλτιστης απόθεσης	Μειόκαινο	Μειόκαινο (Μέσο Μειόκαινο)

Το κυριότερο και πιο σημαντικό συστατικό στοιχείο σχηματισμού διατομιτών είναι το άμορφο διοξείδιο του πυριτίου. Σχηματίζεται πρωτίστως από τη συσσώρευση των πυριτικών σκελετών των διατόμων από τα οποία έχουν επισήμως αναγνωριστεί περισσότερα από 12.000 είδη παγκοσμίως, και δευτερευόντως από βελόνες σπόγγων, σκελετούς πυρίτιο-μαστιγοφόρων ή και ακτινόζων. Τα κυτταρικά τοιχώματα των διατόμων αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από άμορφη ένυδρη πυριτία (οπάλιος, $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Το συνηθισμένο μέγεθος των κελυφών των διατόμων είναι 50 - 100 μm , με ποικίλη συμμετρία και σχήμα (Εικ. 3 και 4) περίπου ακτινωτό (δισκοειδές, τροχοειδές) μέχρι δίπλευρο (πτεροειδής ή επιμήκης μορφή).

Τα διατομιτικά πετρώματα, εκτός από το άμορφο διοξείδιο του πυριτίου που περιέχουν ως κύριο συστατικό τους (περιεκτικότητα συνήθως 80-90 %), μπορούν να περιέχουν επίσης πηλό, ανθρακικά ορυκτά, χαλαζία, αστρίους ή/και ηφαιστειακή ύαλο. Αναλόγως της δευτερογενούς σύστασής ποικίλλει και το χρώμα τους. Όταν είναι καθαρά, απαλλαγμένα από δευτερογενή ορυκτά συστατικά εμφανίζονται λευκά, ενώ σε ανάμιξή τους με διάφορα ανθρακούχα υλικά εμφανίζονται με σκούρο τεφρό χρώμα. Ως δευτερεύοντα χημικά στοιχεία, έχουν εντοπιστεί, με βάση αναλύσεις: σίδηρος, κάλιο, αργίλιο και νάτριο (Πίν. 1). Επίσης, έχουν παρατηρηθεί σημαντικές ποσότητες ηφαιστειακής τέφρας και στάχτης συγκολλημένες στο ίζημα, γεγονός που

υποδεικνύει την άμεση σχέση του περιβάλλοντος σχηματισμού των διατομιτών με την ηφαιστειακή δράση. Αξίζει επίσης να επισημάνουμε ότι ως πιο συνηθισμένα βιογενή συστατικά διατομιτών, αναφέρονται κυρίως διάφορα είδη οστρακοειδών, διθύρων, πυριτικά μέρη σπόγγων, τα ραδιολάρια, ενανθρακωμένα απολιθώματα φύλλων καθώς επίσης και διάφορα σκελετικά τμήματα ψαριών.



Εικόνα 3. Δισκοειδή (αριστερά) και σκαφοειδή (δεξιά) κελύφη διατόμων μικρού μεγέθους από τη Ν. Σάμο (Μακρή Ε., Σταματάκης Μ., 2005).

Πίνακας 2. Χημική σύσταση φυσικών διατομιτών (Oven-dried Basis) (Kadey, 1983)								
ΣΥΣΤΑΣΗ (%)	California	Nevada	Kenya Soysambu	Denmark Moler	Spain Albacete	Mexico Jalisco	Chile	PRC Jillin
SiO ₂	89,70	89,82	84,50	67,80	88,60	91,20	89,68	90,07
Al ₂ O ₃	3,72	2,32	3,06	10,30	0,62	3,20	2,18	1,98
Fe ₂ O ₃	1,09	0,84	1,86	6,85	0,20	0,70	0,38	0,67
TiO ₂	0,10	0,11	0,17	1,21	0,05	0,16	0,05	0,09
P ₂ O ₅	0,10	0,01	0,04	0,21	-	0,05	0,04	0,06
CaO	0,30	0,44	1,80	1,35	3,00	0,19	0,41	0,39
MgO	0,55	0,47	0,39	1,64	0,81	0,42	0,31	0,28
Na ₂ O	0,31	0,67	1,19	0,46	0,50	0,13	0,97	0,22
K ₂ O	0,41	0,19	0,91	1,47	0,39	0,24	0,45	0,35
Απώλεια πύρωσης	3,70	5,40	6,08	7,91	5,20	3,60	5,90	6,30
Σύνολο	99,98	100,27	100,00	99,20	99,37	99,89	100,37	100,41

Ως παραπλήσιες με τον όρο διατομίτης αναφέρονται επίσης οι έννοιες *διατομική γη* ή *γη διατόμων*, ενώ λιγότερο έγκυρες και περισσότερο ξεπερασμένες θεωρούνται οι έννοιες *τριπολίτης* και *τριπολίτης γη* όπου ουσιαστικά αναφέρονται γενικά σε λεπτόκοκκα, πολύ πορώδη, λευκού έως κίτρινου χρώματος πυριτικά ιζήματα, τα οποία προκύπτουν από την αποσάθρωση (απόπλυση και ενυδάτωση) των πυριτικών ασβεστολίθων και κερατολίθων. Επίσης ο όρος *moler* χαρακτηρίζει τον διατομίτη που περιέχει προσμίξεις 30 % αργιλικών ορυκτών, ενώ ο γερμανικός όρος *Kieselguhr* χαρακτηρίζει κυρίως το αποθετικό περιβάλλον του ιζήματος.

Τα διάτομα πρωτοεμφανίστηκαν πριν από 100 εκ. χρόνια, περίπου κατά το Άνω Κρητιδικό, ενώ η πλειοψηφία των διατομιτών που σχηματίστηκαν σε βαθιά θαλάσσια περιβάλλοντα είναι: α) Τριτογενούς ή Τεταρτογενούς ηλικίας (Καλιφόρνια, Η.Π.Α, Μεξικό, Περού, παράκτια ζώνη του Περού και βόρεια Ιαπωνία), β) Παλαιοκαίνου–Ηωκαίνου (Δανία), γ) Ολιγοκαίνου–Μειοκαίνου (Πολωνία) και Μειοκαίνου (Αλγερία, Ισπανία, Νότια Κορέα, Χιλή και Νέα Ζηλανδία). Οι διατομίτες λιμναίας προέλευσης ανήκουν κυρίως στο Μειόκαινο και σχετίζονται κυρίως με ηφαιστειακά περιβάλλοντα που σχηματίστηκαν πριν από 24 εκ. χρόνια έως 10.000 χρόνια περίπου (Ορεγκον, Ουάσιγκτον, Η.Π.Α).

1.2. Ιδιότητες και χρήσεις των διατομιτών

1.2.1. Φυσικές - χημικές ιδιότητες

Ο διατομίτης, είναι ένα βιομηχανικό υλικό εξαιρετικά χαμηλής θερμικής αγωγιμότητας, το οποίο χρησιμοποιείται για την κατασκευή ελαφριών τούβλων οικοδομικής χρήσεως. Μια από τις εξίσου σημαντικές ιδιότητες των διατομιτών, είναι η ικανότητα της μόνωσης. Οι χαλαροί κόκκοι των διατομιτών, η πολύπλοκη μορφή και αλληλοσύνδεσή τους, καθιστούν το υλικό αυτό εξαιρετικά θερμομονωτικό. Επίσης, ως μια από τις κύριες φυσικές ιδιότητες των διατομιτών αναφέρεται η χαμηλή πυκνότητα των κόκκων τους σε σύγκριση με άλλα κοκκώδη ιζήματα, η οποία κυμαίνεται μεταξύ 320 μέχρι 640 g/l.

Η βασική χημική σύσταση και η πολύπλοκη δομή των κελυφών των διατόμων, προσδίδει στα διατομιτικά πετρώματα μια ιδιαίτερη εμπορική αξία, καθώς επίσης και μια μοναδικότητα στις εφαρμογές διήθησης και υλικών πλήρωσης. Ύστερα από μελέτες στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM), των διατομιτικών κελυφών, έχουν διαπιστωθεί ιδιαίτερα περίπλοκες επιφανειακές λεπτομέρειες της μικροδομής τους.

Αυτή η ποικιλία στο σχήμα προσδίδει στους διατομίτες δύο από τις πιο βασικές ιδιότητές τους: α) την εξαιρετικά μεγάλη ειδική επιφάνεια και β) τη χαλαρή σύνδεση του υλικού, λόγω των κενών που υφίστανται μεταξύ των μεμονωμένων και άτακτα τοποθετημένων στον χώρο κελυφών. Οι δύο αυτοί παράγοντες, προσδίδουν στο διατομικό υλικό υψηλό πορώδες που μπορεί να ξεπερνά το 75 % του συνολικού όγκου καθώς επίσης και προσροφητικές ιδιότητες. Εξίσου πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό τους, είναι η ικανότητα διύλισης που απαιτείται στις εφαρμογές διηθήσεως. Λόγω των φυσικών τους ιδιοτήτων, τα διατομικά υλικά παρουσιάζουν εξαιρετική απορροφητική ικανότητα καθώς επίσης και χαμηλή θερμική αγωγιμότητα. Το σημείο τήξης τους κυμαίνεται μεταξύ 1400 και 1750 °C.

Η μεταβολή και προσαρμογή των φυσικών ιδιοτήτων των διατομιτών στις εκάστοτε ανάγκες βιομηχανικής χρήσης, μπορεί να επιτευχθεί μέσω της θερμικής διαδικασίας συμπύκνωσης. Η πύρωση, κατά κύριο λόγο, ελαττώνει την ειδική επιφάνεια του αλεσμένου κονιάματος από 10-30 m²/g σε 0,5-5 m²/g, εξαιτίας της αλλοίωσης και καταστροφής της δομής των διατομιτών, ενώ αντίθετα αυξάνει την σκληρότητα του πυριτίου από 4,5-5 σε 5,5-6 στην κλίμακα Mohs. Ο δείκτης διάθλασης των φυσικών αλεσμένων κονιαμάτων ποικίλλει από 1,40 έως 1,46 και αυξάνεται μέσω πύρωσης σε 1,49.

Συνοψίζοντας, οι πιο σημαντικές φυσικές και χημικές ιδιότητες των διατομιτών οι οποίες τους καθιστούν ένα «πολύ-λειτουργικό» βιομηχανικό πέτρωμα, είναι: η χαμηλή πυκνότητα, το υψηλό πορώδες, η μεγάλη ειδική επιφάνεια, οι μονωτικές τους ιδιότητες, η χημική τους αδράνεια, η ικανότητα απορρόφησης και η φωτεινότητά τους

1.2.2. Χρήσεις

- **Φίλτρα διήθησης:** Οι διατομίτες μπορούν με επιτυχία να χρησιμοποιηθούν ως φίλτρα διήθησης, εξαιτίας της ιδιαίτερης δομής και φύσης τους και σε συνδυασμό με την ικανότητά τους να λειτουργούν ως χημικά αδρανή υλικά (πληρωτικά υλικά). Το σχήμα και το μέγεθος των κόκκων του διατομίτη, προσδίδει στο φίλτρο διήθησης υψηλή διαπερατότητα και αρκετά μεγάλη ικανότητα ροής υγρών (η ακανόνιστη μορφή των κόκκων του διατομίτη σχηματίζει ένα στρώμα που περιέχει 85-90% κενά, όπου είναι εύκολο να παγιδευτούν οι διάφορες ουσίες). Οι ιδιότητες αυτές, ελέγχονται και προσαρμόζονται μέσω θερμικής συμπύκνωσης και κατανομής του μεγέθους των κόκκων, έτσι ώστε να παράγουν στο τέλος ένα ευρύ φάσμα φίλτρων

με διηθητικές ικανότητες. Στον Πιν. 3 (Harben 1992) αναφέρονται οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των πιο σημαντικών προϊόντων φίλτρων διήθησης. Αξίζει να σημειωθεί επίσης, ότι τα φυσικά προϊόντα των διατομιτών, προσδίδουν μικρό βαθμό ρευστότητας και αρκετά μεγάλο βαθμό διύλισης, σε αντίθεση με τα τεχνητά τροποποιημένα (πυρωμένα) προϊόντα, τα οποία προσθέτουν επιπλέον μεγάλο (γρήγορο) ρυθμό ρευστότητας και χαμηλό βαθμό διύλισης. Ο κατάλληλος βαθμός διήθησης του φίλτρου, καθορίζεται με βάση το μικρότερο μέγεθος των μορίων κόκκων διατομίτη καθώς επίσης και βάσει του βαθμού διύλισης που πρέπει να επιτευχθεί. Ο βέλτιστος βαθμός διήθησης, προϋποθέτει μια σειρά από διαφορετικά προαπαιτούμενα στάδια διήθησης.

Πίνακας 3. Οι σημαντικότερες φυσικές και χημικές ιδιότητες των διατομιτών.			
Ιδιότητα	Ακατέργαστος	Πυρωμένος	Ρευστοποιημένος
Χρώμα	Λευκός	Ροζ	Λευκός
Υγρασία (%)	4,0	-	-
Ειδικό βάρος	2,0	2,2	2,3
pH	8	7	10
Δείκτης διάθλασης	1,46	1,46	1,46
SiO ₂ (% κ.β.)	89,2	92,8	89,5
Al ₂ O ₃	4,0	4,2	4,1
Fe ₂ O ₃	1,5	1,6	1,5
CaO	0,5	0,6	0,6
MgO	0,3	0,3	0,3
Na ₂ O	-	-	3,5
Άλλα οξείδια	0,5	0,5	0,5
Απώλεια πύρωσης	4,0	-	-

Ως φίλτρο διήθησης, ο διατομίτης έχει πλήθος εφαρμογών στην κατασκευή οινοπνευματώδων ποτών και πόσιμων ειδών, στον καθαρισμό και φιλτράρισμα νερού (π.χ σε χώρους πισινών), ως στεγνοκαθαριστικό διαλυτικό μέσο, στα αντιβιοτικά και γενικά στα φαρμακευτικά είδη, στους χυμούς φρούτων, στα ακατέργαστα λίπη, στα διάφορα λιπαντικά λάδια, στα ανόργανα και οργανικά χημικά είδη

και στα βερνίκια. Η πλειοψηφία των προϊόντων διήθησης υφίστανται την διαδικασία της πύρωσης, με σκοπό την σμίκρυνση της ειδικής επιφάνειας και την αύξηση του μεγέθους των πόρων, με σκοπό την αύξηση του βαθμού διήθησης.

- **Πληρωτικά:** Αναλόγως τον σκοπό και τη λειτουργία της προσθετικής ουσίας στην τελική εμφάνιση του προϊόντος, τα πληρωτικά, διαχωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες: τα *λειτουργικά* και τα *μη λειτουργικά*. Τα μη λειτουργικά πληρωτικά υλικά, λειτουργούν περισσότερο ως μέσα αύξησης του όγκου του κατεργασμένου προϊόντος, ενώ τα λειτουργικά πληρωτικά, λειτουργούν ως χημικά πρόσθετα, τα οποία μεταβάλλουν και βελτιώνουν τις ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Οι φυσικές ιδιότητες των λειτουργικών πληρωτικών, προσαρμόζονται ανάλογα με τις ανάγκες των μεμονωμένων εφαρμογών ξεχωριστά.

Ως πληρωτικό μέσο, ο διατομίτης έχει μεγάλο εύρος εφαρμογών κυρίως στη κατασκευή χρωμάτων, στη χαρτοβιομηχανία και κατασκευή χαρτονιών, στη κατασκευή ελαστικών, στην παρασκευή οδοντόπαστας και διαφόρων άλλων φαρμακευτικών προϊόντων. Για την παραγωγή και κατασκευή χαρτιών και ειδικών χαρτονιών ο διατομίτης λειτουργεί ως βελτιωτικό μέσο της μορφολογίας, του σχήματος και απορροφητικής ικανότητας του χαρτιού. Επίσης, μια αρκετά σημαντική εφαρμογή του, είναι αυτή της απορρόφησης νιτρογλυκερίνης κατά τη παρασκευή της δυναμίτιδας, καθώς και της ελάττωσης της έντασης της ανάφλεξης των σπίρτων.

- **Οικοδομικές κατασκευές:** Ο διατομίτης, είναι βιομηχανικό υλικό χαμηλής πυκνότητας και θερμικής αγωγιμότητας, το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως για την κατασκευή τούβλων οικοδομικής χρήσης και άλλων λίθων παρόμοιας χρήσης. Το ακανόνιστο σχήμα των κόκκων του, καθώς επίσης και η χαλαρή δομή τους (κυρίως στη μορφή *moler*), προσδίδουν σε αυτό εξαιρετική θερμομονωτική και ηχομονωτική ικανότητα, με αποτέλεσμα να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό στην κατασκευή μονωτικών υλικών. Ο διατομίτης, και πολύ περισσότερο ο ασβεστούχος διατομίτης, έχει άμεση χρήση στην παραγωγή κλίνκερ τσιμέντου σε μεγάλη κλίμακα, καθώς και ως ποζολανικό πρόσθετο τσιμέντου λόγω του υψηλού ποσοστού δραστικού πυριτίου που περιέχει. Στα τσιμέντα και ειδικότερα όταν ο διατομίτης χρησιμοποιείται ως ποζολάνη, το άμορφο πυρίτιο των κελυφών των διατόμων αντιδρά με

το $\text{Ca}(\text{OH})_2$ του τσιμέντου και παράγει ένυδρα ασβεστοπυριτικά ορυκτά, τα οποία είναι υπεύθυνα για την ανάπτυξη αντοχής στο τσιμέντο.

- **Παρασκευή εντομοκτόνων:** Η εφαρμογή και η χρήση των διατομιτών στην παρασκευή εντομοκτόνων, οφείλεται κατά κύριο λόγο στο οξύληκτο σχήμα των κόκκων τους, σε συνδυασμό με την προσροφητική τους ικανότητα. Οι λεπτομερείς κόκκοι του διατομίτη, έχουν την ιδιότητα να προσκολλώνται στο εσωτερικό των εντόμων και μέσω των οξύληκτων, μικροσκοπικού μεγέθους τεμαχίων, να απομυζούν τα υγρά τους, προκαλώντας με αυτόν τον τρόπο αφυδάτωση και εν τέλει θάνατο.
- **Μέσο απορρύπανσης:** Ο διατομίτης μπορεί να λειτουργεί ως μέσο απορρύπανσης και κατακράτησης επικίνδυνων ουσιών. Συγκεκριμένα, έχει εξακριβωθεί η ικανότητά του στην προσρόφηση της υγρής φάσης και διαφόρων ουσιών που περιέχονται σε ρευστά απόβλητα ελαιοτριβείων. Ειδικότερα, ο ωμός και ο φρυγμένος διατομίτης είναι αποτελεσματικά υλικά στην συγκράτηση της υγρής φάσης των αποβλήτων, καθώς και της προσρόφησης των ιόντων NH_4 , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Cl^- , PO_4^{3-} , φαινολών, ολικών διαλυμένων στερεών, καθώς και στερεού υπολείμματος, με αποτέλεσμα να εξουδετερώνεται η οξύτητα των αποβλήτων.
- **Λειαντικό μέσο:** Ο διατομίτης έχει άμεση και ευρεία εφαρμογή στην παραγωγή λειαντικών και στιλβωτικών μέσων (π.χ οδοντόπαστα, υαλιστικά είδη). Η ικανότητά του ως λειαντικό μέσο, οφείλεται στην μεταβολή της δομής του, ύστερα από άσκηση πίεσης.
- **Υποκατάστατα προϊόντων:** Έχει διαπιστωθεί ότι οι διατομίτες μπορούν να λειτουργήσουν με επιτυχία ως υποκατάστατα πολλών πρώτων υλών βιομηχανικής χρήσης. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι:
 - Γύψος
 - Ζεόλιθος
 - Ατταπουλγίτης
 - Βωξίτης και αλουμίνα
 - Στην παραγωγή τεχνητών διαμαντιών

- Άστριοι
- Γρανάτες
- Οξείδια σιδήρου
- Ολιβίνης
- Περλίτης
- Χαλαζιακή άμμος
- Ιλμενίτης
- Μπεντονίτης
- Σεπιόλιθος
- Βερμικουλίτης
- Ως θερμομονωτικό και ηχομονωτικό μέσο σε αργίλους (brick clays)

1.3. Παγκόσμιες αποθέσεις διατομιτών

Οι διατομίτες, τόσο θαλάσσιας, όσο και λιμναίας προέλευσης, αξιοποιούνται παγκοσμίως για εμπορικούς σκοπούς. Παρόλο που αποθέσεις διατομιτών εμφανίζονται συχνότερα σε ιζήματα Τεταρτογενούς και νεώτερης ηλικίας, οι υψηλού βαθμού «καθαρότητας» διατομίτες, είναι αρκετά σπάνιοι. Αξίζει να σημειωθεί, ότι η ταξινόμηση αυτή σε υψηλό ή χαμηλό βαθμό «καθαρότητας», εξαρτάται από την τελική μορφή που θα λάβει κατά την χημική επεξεργασία (π.χ. παρόλο που ο χαμηλής καθαρότητας διατομίτης είναι ακατάλληλος ως ενισχυτικό διηθητικών φίλτρων, μπορεί να λειτουργήσει με επιτυχία ως προσροφητικό μέσο).

Έχει διαπιστωθεί ότι οι εκμεταλλεύσεις διατομιτών λιμναίας προέλευσης, είναι πολύ περισσότερες από εκείνες των διατομιτών θαλάσσιας προέλευσης (Εικ. 5&6). Στις Η.Π.Α, ο διατομίτης εξορύσσεται σε πολλές πολιτείες (Καλιφόρνια, Νεβάδα, Όρεγκον, Ουάσιγκτον, και μέχρι πρόσφατα στην Αριζόνα). Στην Ευρώπη, πραγματοποιείται συστηματική αξιοποίηση και εκμετάλλευση σε πολλές χώρες όπως π.χ. στη Γαλλία, στη Δανία, στην Ισπανία, στην Ουγγαρία, στην Γερμανία, στην Ισλανδία, καθώς επίσης στην Ρουμανία και στις χώρες της πρώην Σοβιετικής Δημοκρατίας. Στην Αφρική, οι περιοχές που παράγουν αξιόλογες ποσότητες διατομίτη, είναι η Αλγερία και η Κένυα, ενώ στην Ασία, οι σημαντικότερες χώρες με αξιόλογες εξορυκτικές δραστηριότητες, είναι η Ιαπωνία, η νότια Κορέα, η Κίνα και η Τουρκία. Επίσης, σημαντικές ποσότητες διατομίτη παράγει και η Αυστραλία. Στην Λατινική Αμερική, το Μεξικό κατέχει την πρωτιά στην παραγωγή διατομίτη. Ακολουθούν η Βραζιλία, η Αργεντινή,

η Χιλή και η Κολομβία (Γράφημα 1). Στη συνέχεια αναφέρονται με περισσότερη λεπτομέρεια οι πιο σημαντικές χώρες παραγωγής και εξόρυξης διατομίτη.

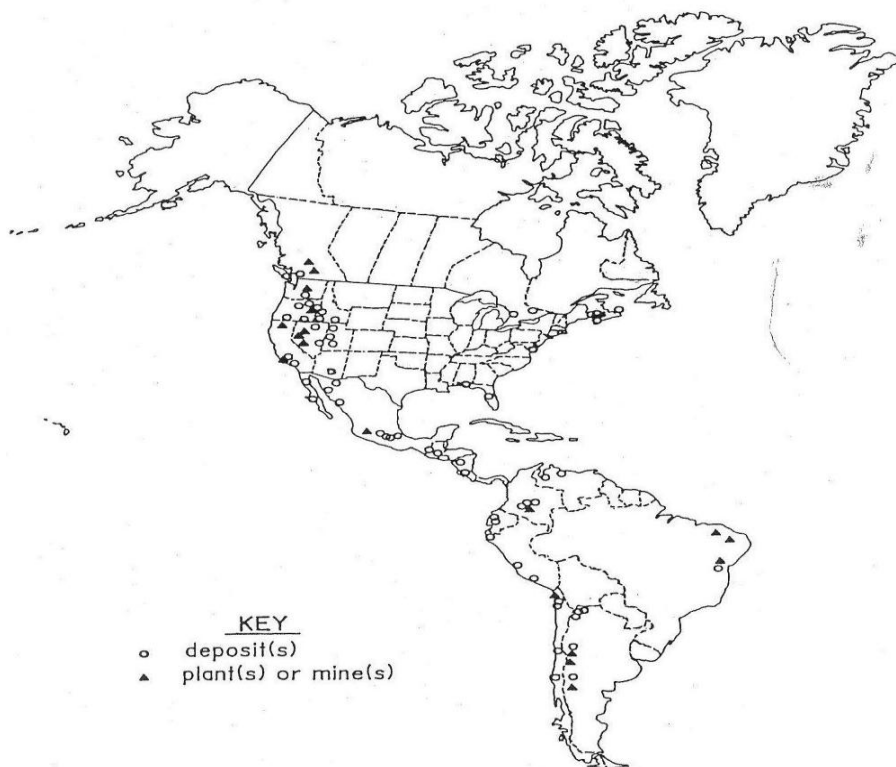


Fig. 7. Diatomite deposits and processing plants in North and South America.

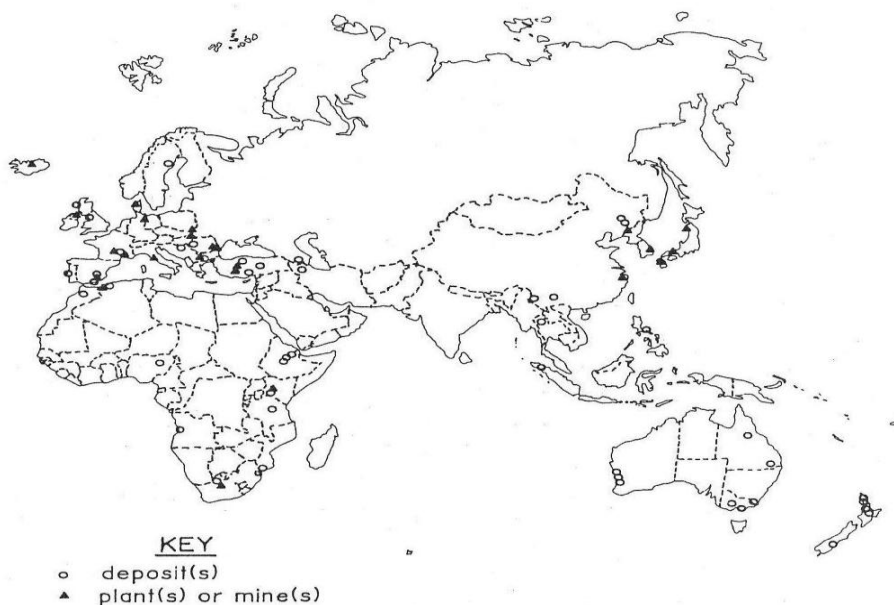
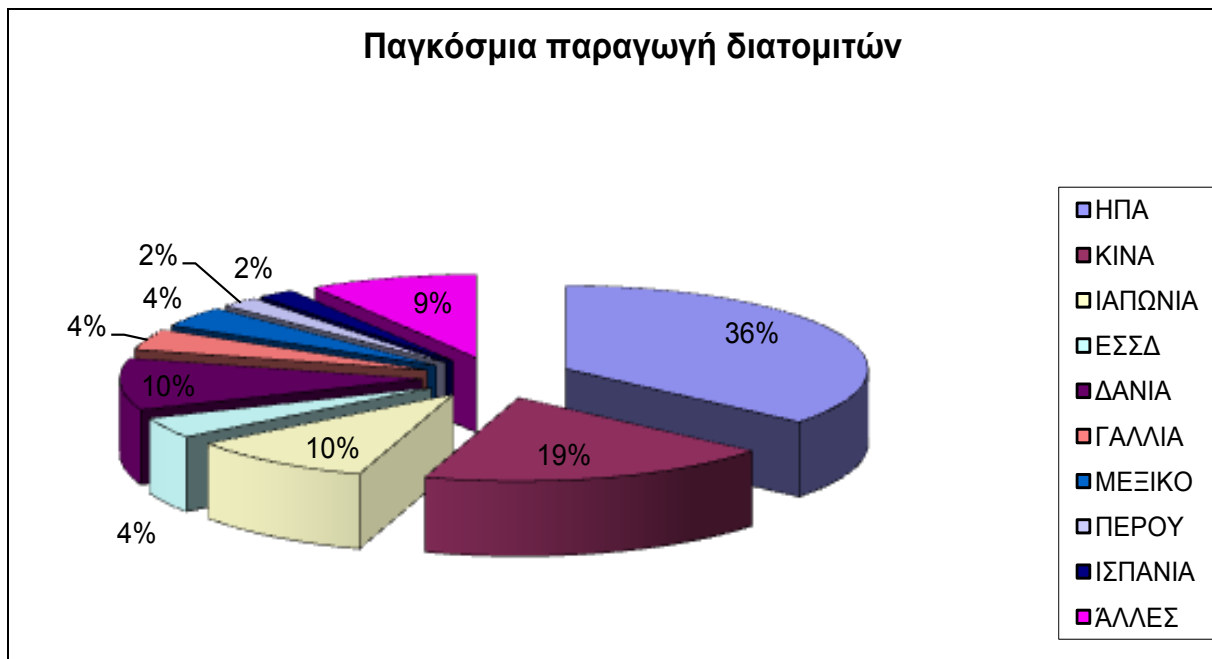


Fig. 8. Diatomite deposits and processing plants in Africa, Asia, and Oceania.

Εικόνες 5&6. Παγκόσμια κοιτάσματα διατομιτών.



Γράφημα 1. Οι σημαντικότερες χώρες παραγωγής διατομίτη.

1.3.1. Βόρεια Αμερική

Στην βόρεια Αμερική και συγκεκριμένα στην Καλιφόρνια (περιοχή Lompoc, Santa Barbara County), παράγεται και εξορύσσεται η μεγαλύτερη ποσότητα διατομίτη στις Η.Π.Α. Οι μεταλλευτικές δραστηριότητες στην περιοχή Lompoc (Εικ. 7), περιλαμβάνουν την εξόρυξη του υλικού και την περαιτέρω επεξεργασία του (άλεσμα). Αξίζει να αναφερθεί, ότι η περιοχή Lompoc, είναι το μεγαλύτερο κέντρο παραγωγής διατομίτη σε όλο τον κόσμο, με τους διατομίτες, να ξεπερνούν σε πάχος τα 300 μέτρα. Άλλα μεταλλευτικά κέντρα εκμετάλλευσης διατομίτη στην Καλιφόρνια, αναφέρονται στην περιοχή Lake Britton (American Resources mine) και στην περιοχή Herlong (Lassinite Industry facility).

Αξιοσημείωτες αποθέσεις διατομιτών, έχουν παρατηρηθεί σε όλες σχεδόν τις δυτικές πολιτείες των Η.Π.Α, σε πολλούς Τεταρτογενείς ιζηματογενείς σχηματισμούς λιμναίας φάσης (Truckee, Desert Peak, Carlin, Esmeralda και Panaca Formations of Oregon, Bandury Basalt and Idaho Formation), σε Τεταρτογενείς ιζηματογενείς σχηματισμούς στην περιοχή Utah κ.α. Επίσης, κατά μήκος της ανατολικής ακτής των Η.Π.Α, έχουν εντοπιστεί πολλά κοιτάσματα διατομιτών, κυρίως σε ελώδεις περιοχές.

Στον Καναδά, η παραγωγή βασίζεται κατά κύριο λόγο στους λιμναίας προέλευσης διατομίτες. Οι περισσότερο αντιπροσωπευτικές περιοχές είναι η Kamloops και Quesnel (British Columbia).

Το Μεξικό, αναφέρεται ως η χώρα με την μεγαλύτερη παραγωγή σε διατομίτη, ανάμεσα στις χώρες της Λατινικής Αμερικής, με λατομικές εγκαταστάσεις κυρίως στο νοτιοανατολικό τμήμα της Γουαδαλαχάρα (Jalisco State, Mexico). Οι διατομικές εμφανίσεις σε λιμναίες καταθέσεις, έχουν μεγάλη οικονομική και εμπορική σημασία, καθώς μπορούν να παράγουν έναν μεγάλο αριθμό πληρωτικών μέσων και φίλτρων διήθησης, τα οποία εξάγονται σε όλη την Λατινική Αμερική και Ευρώπη.



Εικόνα 7. Άποψη από το μεταλλείο διατομίτη Miguelito Mine, Lompoc, Santa Barbara County, Η.Π.Α. (Snelling A., 1995).

1.3.2. Κεντρική - Νότια Αμερική

Στην Βραζιλία, κοιτάσματα διατομιτικών πετρωμάτων εμφανίζονται κατά μήκος της ανατολικής ακτής, στις περιοχές Ceara, Rio Grande, Bahia, Pernambuco, Santa Catarina και Sao Paulo. Οι διατομίτες αυτοί έχουν ελώδη προέλευση, ρηχού λιμναίου περιβάλλοντος και περιέχουν σε αρκετά μεγάλο ποσοστό οργανική ύλη, η οποία καίγεται κατά τη διαδικασία πύρωσης. Η απομάκρυνση της οργανικής ύλης πραγματοποιείται σε ξηραντήρες-φούρνους, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι κοντά στα σημεία εκμετάλλευσης του διατομίτη. Μετά την απομάκρυνση της οργανικής ύλης, υποβάλλονται στην τελική διαδικασία παρασκευής πληρωτικών μέσων και βοηθητικών ενισχυτικών φίλτρων διήθησης μέσω πυροεπεξεργασίας.

Σε σχέση με άλλες χώρες της Λατινικής Αμερικής, η παραγωγή διατομίτη εμπορικής χρήσης στην Αργεντινή κυμαίνεται σε χαμηλούς ρυθμούς. Αναφορικά, οι σημαντικότερες θέσεις διατομιτικών αποθέσεων λιμναίας προέλευσης, εντοπίζονται στην περιοχή Neuquen, La Rioja, στις περιοχές Rio Negro, Catamarca, Chubut, Salta και Jujuy.

Στην Χιλή, η παραγωγή και αξιοποίηση των πολυάριθμων διατομιτικών κοιτασμάτων λιμναίας προέλευσης, εστιάζεται κυρίως στο βόρειο τμήμα της χώρας, κοντά στην περιοχή Arica, ενώ σε μικρότερο ποσοστό έχουν εντοπιστεί μικρότερες εμφανίσεις διατομιτών στο βόρειο τμήμα της περιοχής Tarapaca, μέχρι νότια της περιοχής Chiloe. Θαλάσσιας προέλευσης διατομίτες, έχουν εντοπιστεί και εξορυχθεί με επιτυχία κοντά στην περιοχή La Serena, 400 km βόρεια του Σαντιάγκο.

Σημαντικές εμφανίσεις διατομιτών τόσο θαλάσσιας, όσο και λιμναίας προέλευσης, αναφέρονται κατά μήκος των δυτικών ακτών του Περού, καθώς επίσης και στην δυτική πλευρά των Άνδεων. Αξιόλογες εξίσου είναι οι θαλάσσιες αποθέσεις διατομιτών κοντά στην περιοχή Pisco, καθώς επίσης και τα φωσφορικής σύστασης ιζήματα στην περιοχή Bayovar. Λιγότερες εμφανίσεις διατομιτικών αποθέσεων έχουν εντοπιστεί νότια της περιοχής Quito, στο Εκουαδόρ, στη λίμνη Brava στη Βενεζουέλα και κοντά στην περιοχή Puntarenas στην Κόστα Ρίκα.

1.3.3. Ευρώπη

Στην Ευρώπη, οι χώρες με τα σημαντικότερα και τα πιο αξιόλογα αποθέματα διατομιτών, είναι η Γαλλία, η Ρουμανία και οι χώρες της Πρώην Σοβιετικής Ένωσης. Στην παρασκευή φίλτρων διήθησης και πληρωτικών μέσων, οι σημαντικότερες χώρες-παραγωγοί είναι η Ισπανία, η Γερμανία, η Ισλανδία και η Γαλλία, ενώ η Δανία αναφέρεται ως η χώρα με την μεγαλύτερη παραγωγή στον κόσμο διατομιτικής γης (moler). Στον Πίν. 4 αναφέρονται είδη των διατόμων από τη Δανία και τη θαλάσσια περιοχή της Νορβηγίας. Η Δανία είναι η σημαντικότερη χώρα παραγωγής διατομικής γης θαλάσσιας προέλευσης, τύπου moler (moler earth). Η ακατέργαστη μορφή του μεταλλεύματος, περιέχει πάνω από 30 % πηλό πλαστικής μορφής, σύσταση απαγορευτική για την παραγωγή βοηθητικών μέσων διήθησης.

Οι πιο αξιόλογες πηγές προέλευσης των διατομιτών με σημαντικά αποθέματα διατομιτών κοιτασμάτων, βρίσκονται στους λιμναίους ιζηματογενείς σχηματισμούς, Τεταρτογενούς ηλικίας στη Γαλλία (Massif Central). Στην περιοχή Murat (Γαλλία), έχει

εντοπιστεί ένα από τα σημαντικότερα κοιτάσματα σε όλη την χώρα και σήμερα αξιοποιείται με επιτυχία ως μέσο διήθησης, από την εταιρεία Celite Corporation.

Αξιοσημείωτα και με αρκετά μεγάλη εμπορική αξία θεωρούνται επίσης τα διατομικά κοιτάσματα στην Ισπανία. Οι διατομίτες είναι θαλάσσιες προέλευσης και έχουν εντοπιστεί πλησίον των ακτών στο νότιο τμήμα της χώρας. Μολονότι οι διατομίτες είναι ανθρακικής σύστασης, θεωρούνται εξαιρετικής ποιότητας, καθώς μπορούν να παράγουν ένα ευρύ φάσμα πληρωτικών ειδών.

Πίνακας 4. Είδη διατόμων των διατομιτών της Δανίας και της θαλάσσιας περιοχής της Νορβηγίας (Perch-Nielsen K., 1976).

AGE	SILICOFLAGELLATE ZONES & INDICATORS Bulky & Foster 1974	SILICOFLAGELLATE SUBZONES Denmark & Norwegian Sea Perch-Nielsen, this paper	SUBZONAL INDICATOR	SILICOFLAGELLATE ZONES & INDICATORS Martini 1974
OLIGOCENE	D. hexacantha +			N. lata *
LATE EOCENE	D. hexacantha	N. punctilia	N. punctilia +	N. biapiculata
		N. vemae	N. vemae +	M. apiculata *
MIDDLE EOCENE			N. vemae *	D. bimucronata
	D. hexacantha *			D. spinosa +
				N. foliacea
				D. bimucronata *
				N. minor
				D. transitoria +
				D. transitoria
				D. transitoria *
		N. aspera	N. aspera +	
		C. naviculoidea	C. naviculoidea +	D. naviculoidea
EARLY EOCENE	N. constricta	D. elongata	C. naviculoidea *	D. naviculoidea *
		N. danica	D. elongata *	
		N. constricta	N. danica *	D. deflandrei
PALAEOCENE	N. constricta *		N. constricta *	D. deflandrei *

Η Γερμανία είναι η πρώτη χώρα στην παραγωγή και αξιοποίηση των διατομιτών, με την εταιρεία Vereinigte Deutsche Kieselgurwerke GmbH & Co. KG (VDK), να δραστηριοποιείται στην εξόρυξη και εκμετάλλευση του, με πολλά λατομεία παραγωγής, κυρίως στην περιοχή Luneburg Health area of Lower Saxony. Σημαντικές εξίσου εμφανίσεις διατομικών πετρωμάτων παρατηρούνται στις περιοχές Klieken και Vogelsberg Mountain, στην Βαυαρία. Επίσης, στην Ιταλία εμφανίσεις διατομιτών παρατηρούνται στην επαρχία Viterbo.

Στην Βόρεια Ισλανδία, έχουν εφαρμοστεί πρωτοποριακές και καινοτόμες μέθοδοι αξιοποίησης και εκμετάλλευσης διατομικών πετρωμάτων. Συγκεκριμένα, η αρχι-

κή διαδικασία περιλαμβάνει την εξαγωγή διατομιτών λασπώδους μορφής, οι οποίοι έχουν αρχικώς εντοπιστεί κάτω από την λίμνη Mynath βόρειας Ισλανδίας. Στη συνέχεια, οι λάσπες, με την μορφή πηλού, μέσω αντλητικού συστήματος (Εικ. 8), τοποθετούνται σε ειδικό σύστημα υδροκυκλώνων, όπου οι διάφορες προσμίξεις απομακρύνονται. Το προκύπτον ακατέργαστο μέταλλευμα αφυδατώνεται και στη συνέχεια αποξηραίνεται μέσω γεωθερμικού ατμού πριν την διαδικασία της τελικής πυροεπεξεργασίας.



Εικόνα 8. Σύστημα υδροκυκλώνων, Kisilidjan HF, Ισλανδία

(<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=388688091168428&set=a.388688084501762.77260.388684387835465&type=1&theater>)

Επίσης, εκμεταλλεύσιμης μορφής διατομίτες λιμναίας προέλευσης, εμφανίζονται στην Πορτογαλία (Couto Mineiro de jardim, Rio Maior).

Η παραγωγή διατομιτών στη Ρουμανία, καθώς και στις χώρες της Πρώην Σοβιετικής Ένωσης είναι αξιόλογη, παρόλα αυτά δεν υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες για εξορυκτικές δραστηριότητες και τρόποι αξιοποίησης των κοιτασμάτων. Τα αποθέματα διατομιτών τόσο θαλάσσιας, όσο και λιμναίας προέλευσης, θεωρούνται εξαιρετικά μεγάλα σε μέγεθος και εμφανίζονται στην περιοχή Βόλγα, στην Γεωργία, στην Ουκρανία, στην Αρμενία, καθώς και στην περιοχή St. Petersburg. Στην Ρουμανία, σημαντική εξορυκτική δραστηριότητα παρατηρείται στις περιοχές Adamclisi, Patirlapele - Buzau και Minis Arad. Στην Ουγγαρία, στην περιοχή Erdobenye, στην Γιουγκοσλαβία στις περιοχές Prilep και Kriva Palanka, ενώ εξίσου σημαντικά κοιτά-

σματα αξιοποιούνται με επιτυχία στην Βουλγαρία στην περιοχή Blangoenvgard, καθώς επίσης και νοτιοανατολικά της Πολωνίας.

1.3.4. Αφρική

Εμφανίσεις διατομιτών, κυρίως θαλάσσιας προέλευσης, έχουν εντοπιστεί στην Αλγερία στις περιοχές Sig και Mostaganem, ενώ μεγάλες διατομιτικές εμφανίσεις λιμναίας προέλευσης παρατηρούνται στην κοιλάδα της Κένυας και σε μικρότερο βαθμό σε περιοχές της νότιας Αφρικής, στην Αγκόλα, στο Τζιμπουτί, στην κεντρική Αιθιοπία, στην παράκτια ζώνη της Μοζαμβίκης, στη Νιγηρία και στο Ζιμπάμπουε. Ειδικότερα στην περιοχή Mostaganem, ο διατομίτης, η σύσταση του οποίου χαρακτηρίζεται από υψηλό ποσοστό σε άνθρακα, εξορύσσεται και εκμεταλλεύεται υπόγεια. Στην περιοχή Soysambu, εξορύσσονται και αξιοποιούνται σε μεγάλο βαθμό κοιτάσματα διατομίτη από την μεταλλευτική εταιρεία African Diatomite Industries Ltd. (Εικ.9)



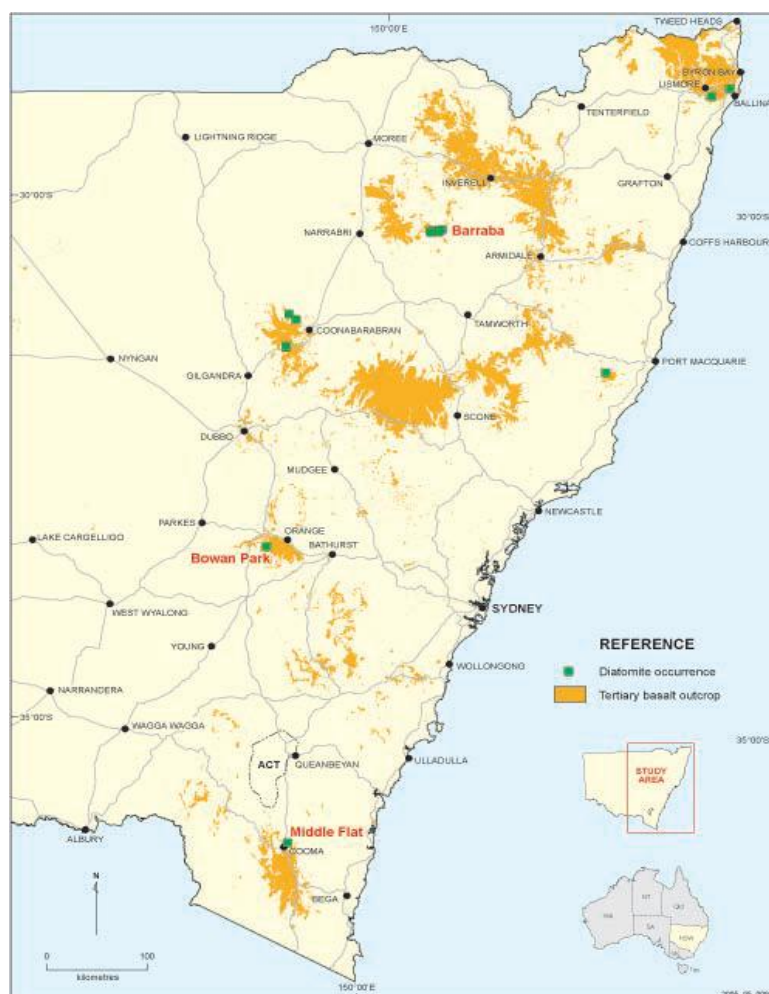
Εικ. 9: Η μεταλλευτική εταιρεία African Diatomite Industries θεωρείται από τις σημαντικότερες εταιρείες εκμετάλλευσης διατομίτη σε όλη την Αφρική (<http://africanconfidential.com/wp-content/uploads/2012/09/The-General-Manager-Mr.-Collins-Kiptoo-Left-tours-the-factory-with-departmental-managers.-Photo-by-Daniel-Sitole..jpg>).

1.3.5. Ασία και Ωκεανία

Η ετήσια παραγωγή διατομίτη, στις χώρες της Κίνας και Ιαπωνίας μπορεί να εκτιμηθεί μόνο κατά προσέγγιση. Γενικά, η συνολική παραγωγή διατομίτη είναι αρκετά μεγάλη και αξιοσημείωτη, αν ληφθούν υπόψη οι πολλές μεταλλευτικές δραστηριότητες στον ευρύτερο χώρο της Ασίας (Showa Chemical Industry Co, Chuo Silica,

Hokushu Keisodo, Hakusan). Τα μεγαλύτερα σε μέγεθος και πιο αξιόλογα σε εμπορική αξία αποθέματα διατομιτών στην Κίνα, εντοπίζονται κυρίως στην επαρχία Jillin (Jilin Province) στα σύνορα με την Βόρεια Κορέα. Λιμναίας προέλευσης διατομίτες εντοπίζονται κυρίως στην περιοχή Zhejiang (ανθρακικής σύστασης) σε πολύ μεγάλες ποσότητες, ενώ σε μικρότερο αριθμό στη νοτιοδυτική επαρχία Yunnan (Yunnan Province).

Τόσο λιμναίας, όσο και θαλάσσιας προέλευσης διατομίτες έχουν παρατηρηθεί στο νοτιοανατολικό τμήμα της Κορέας. Εξίσου σημαντικά αποθέματα έχουν εντοπιστεί στο Βιετνάμ και στην Ταϊλάνδη και αξιοποιούνται κατάλληλα για την παραγωγή πληρωτικών μέσων και διηθητικών φίλτρων. Στην Τουρκία επίσης, και πολύ περισσότερο στο κεντρικό τμήμα της χώρας, έχουν εντοπιστεί πολλές εμφανίσεις διατομιτών λιμναίας προέλευσης.



Εικόνα 10: Εμφανίσεις διατομιτών ανατολικά της περιοχής New South Wales (Diatomite, NSW DEPARTMENT OF PRIMARY INDUSTRIES).

Στην Αυστραλία, οι σημαντικότερες περιοχές εξόρυξης και παραγωγής διατομίτη, είναι οι New South Wales, Victoria και Queensland. Στην περιοχή New South Wales, οι διατομιτικές αποθέσεις είναι Τεταρτογενούς ηλικίας(Εικ. 10). Η απόθεση έγινε σε λιμναία περιβάλλοντα τα οποία σχηματίστηκαν ύστερα από γεωτεκτονικές διεργασίες. Σε πολλές περιπτώσεις, ο σχηματισμός των διατομιτικών πετρωμάτων, έλαβε χώρα ταυτόχρονα με τη δημιουργία των ηφαιστειακών πετρωμάτων, όπου κατά τη διάρκεια σχηματισμού τους, η λάβα βοήθησε στη διατήρησή τους.

1.4 Διατομίτες της Ελλάδας

Στην Ελλάδα απαντώνται πολλές αποθέσεις διατομιτών ποικίλων αποθετικών περιβαλλόντων και καθαρότητας. Όλοι οι τύποι των διατομιτικών πετρωμάτων (α-σβεσπιτικοί, αργιλικοί, πλούσιοι σε άμορφο πυρίτιο), εμφανίζονται σε Τριτογενείς θαλάσσιες ή λιμναίες ιζηματογενείς λεκάνες. Οι περιοχές που αναφέρονται με τα πιο αξιόλογα αποθέματα διατομιτών είναι, η Θεσσαλία (λεκάνη Δρυμού-Σαραντάπορου), η Δυτική Μακεδονία (Κομνηνά Πτολεμαΐδας, Αιανή Κοζάνης, Μεγαλόπολη, Κλειδί Φλώρινας), στο Αιγαίο στα νησιά της Σάμου, Μήλου, Γαύδου, Κρήτης (λεκάνες Καστελλίου και Ηρακλείου) και στην περιοχή του Ιονίου στο νησί της Ζακύνθου. Το περιβάλλον σχηματισμού των διατομιτών στις λεκάνες Κομνηνών Πτολεμαΐδας, Δρυμού-Σαραντάπορου είναι λιμναίο (γλυκού νερού), στις λεκάνες Αιανής Κοζάνης και Σάμου αλατούχου-αλκαλικής λίμνης, στη Μήλο, Γαύδο και στην περιοχή της Κρήτης αβαθούς θάλασσας, ενώ στη Ζάκυνθο το περιβάλλον είναι βαθιάς θάλασσας. Επίσης, στο ευρύτερο δυτικό τμήμα της Πελοποννήσου και ειδικότερα στις τοποθεσίες Χελιδόνι, Σκιλλουντία και Γρύλος (σχηματισμός Βούναργου) ύστερα από έρευνες, έχουν εντοπιστεί σημαντικές ποσότητες διατόμων, η παρουσία των οποίων αντικατοπτρίζει τις παλαιοπεριβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούσαν στο Άνω Πλειόκαινο. Συγκεκριμένα η κυριαρχία των ειδών *Epithemia argus* και *Epithemia goeppertiana* στις περιοχές Χελιδόνι και Σκιλλουντία, υποδηλώνει λιμναίες αποθέσεις που έλαβαν χώρα κάτω από ολιγαλόβιες έως μεσοευρύαλες συνθήκες, ενώ η ποικιλία των διατόμων που παρατηρήθηκε στην περιοχή Γρύλλος φανερώνει αλλαγή παλαιοπεριβαλλοντικών συνθηκών (Φρυδάς Δ. και Οικονόμου-Αμίλλη Α., 1994).

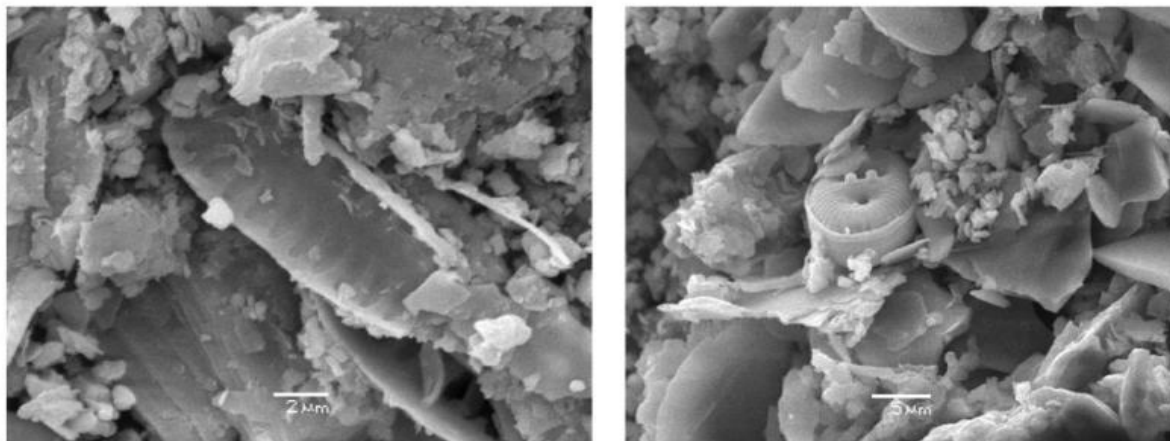
Στην Ελλάδα, μία από τις κυριότερες βιομηχανικές χρήσεις των διατομιτών, είναι η εφαρμογή του ως προσροφητικό μέσο των αποβλήτων και συγκεκριμένα της υγρής φάσης τους που παράγονται στα ελαιοτριβεία. Ειδικότερα, οι αρχικοί ασβεστούχοι δι-

ατομίτες έχουν την ικανότητα να συγκρατούν το 86 % περίπου των φαινολικών ενώσεων που περιέχονται στο ελαιόλαδο, το 82 % των διαλυμένων αλάτων και το 74 % των υπολειμματικών στερεών συστατικών, με αποτέλεσμα να μειώνεται σε σημαντικό βαθμό η οξύτητά τους. Τα χρησιμοποιημένα υλικά, μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν ως ασβεστοπυριτικές πρώτες ύλες τσιμέντου στην παραγωγή κλίνκερ.

Στην συνέχεια γίνεται εκτενής αναφορά, βάσει γεωλογικών στοιχείων και δεδομένων, στις διατομικές εμφανίσεις των περιοχών Κλειδί (Δυτική Μακεδονία), Σαρανταπόρου - Δρυμού (Θεσσαλία), Σάμου (Ανατολικό Αιγαίο), Μήλος (Κεντρικό Αιγαίο) και Ζακύνθου

1.4.1. Περιοχή Κλειδί - Λιγνιτική λεκάνη Φλώρινας, Δυτική Μακεδονία

Η περιοχή Κλειδί αποτελεί τμήμα της ευρύτερης Νεογενούς λεκάνης της Βορειοδυτικής Μακεδονίας. Η λεκάνη εκτείνεται από την περιοχή Μοναστήρι των Σκοπίων, ακολουθώντας μια ΒΒΔ–ΝΝΑ διεύθυνση, μέχρι τα όρη του Βούρινου στην Κοζάνη, διαμέσου των πόλεων της Φλώρινας, Αμυνταίου και Πτολεμαΐδας, έχοντας συνολικό μήκος 100 χιλιομέτρων και πλάτος 15–20 χιλιομέτρων περίπου.



Εικόνα 11. Καλοδιατηρημένα κελύφη διατόμων από την περιοχή: Κλειδί. (Ilia I.et al., 2009).

Στην περιοχή της δυτικής Μακεδονίας (Ilia I.et al., 2009), οι ιζηματογενείς λεκάνες των περιοχών Κομνηνά, Βεγόρα και Κλειδί (Φλώρινας) φιλοξενούν σημαντικά και αξιόλογα αποθέματα αργιλικών διατομιτών (περίπου 5.000.000 m³) τα οποία επικαλύπτουν ως υπερκείμενα στρώματα, τους λιγνίτες ηλικίας Άνω Μειοκαίνου. Σπάνια εμφανίζονται με ενδιαστρώσεις ψαμμιτών. Κύρια συστατικά στοιχεία των διατομιτών είναι το πυρίτιο, το αργίλιο και τα διάφορα οξείδια του σιδήρου. Το SiO₂ εμφανίζεται

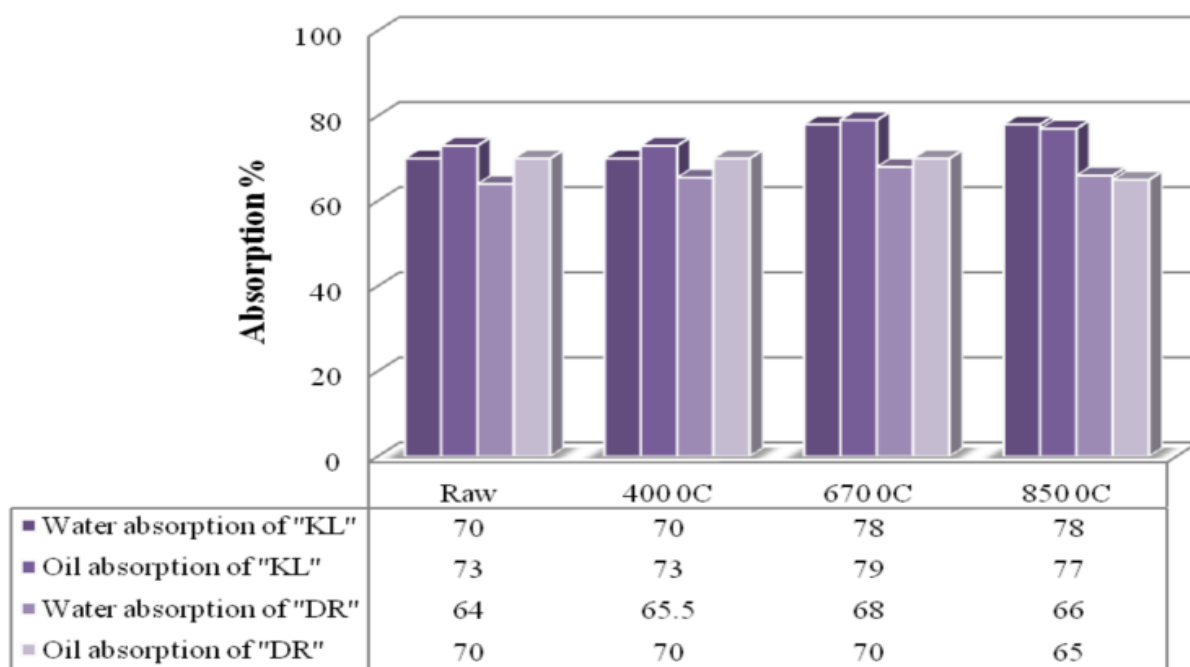
σε ποσοστό 64–65% περίπου, ύστερα από χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν σε δείγματα αργιλικών διατομιτών και σχετίζεται άμεσα με την παρουσία πυριτικών και αργιλοπυριτικών ορυκτών (χαλαζίας και οπάλιος-Α), ενώ το Fe_2O_3 με ποσοστό 10,9-12,2%, σχετίζεται με την παρουσία χλωρίτη και βερμικουλίτη (Πιν. 5). Σημαντική επίσης είναι η περιεκτικότητά τους σε Al με ποσοστό περίπου 13%, ενώ μικρότερο ποσοστό καταλαμβάνουν το Ca, Mg, Na, K, Ti, Mn, P και S. Εξίσου σημαντικό χαρακτηριστικό της χημικής σύστασης των διατομιτών, αποτελεί η αφθονία τους σε φωσφορικά άλατα τα οποία έχουν αντικαταστήσει τα διάφορα φυτικά υπολείμματα και φύλλα.

Πίνακας 5. Χημική ανάλυση δειγμάτων διατομιτών στην περιοχή Κλειδί (Ilia I.et al., 2009).

%	Κοκκομετρία <0,3 mm	Κοκκομετρία 0,3 -1,7 mm
SiO_2	64,70	64,10
Al_2O_3	13,55	12,90
Fe_2O_3	10,90	12,20
CaO	2,51	2,30
MgO	1,86	1,80
Na_2O	1,47	1,22
K_2O	1,92	1,83
TiO_2	0,65	0,60
MnO	0,20	0,24
P_2O_5	0,37	0,62
SO_3	0,02	0,02
Απώλεια πύρωσης	2,26	2,25
Σύνολο	100,41	100,08

Έχει διαπιστωθεί, ύστερα από πειραματικούς έλεγχους και μελέτες σε δείγματα, ότι τα αργιλικά διατομιτικά πετρώματα της λιγνιτικής λεκάνης Φλώρινας (περιοχή Κλειδί), παρουσιάζουν σημαντικό βαθμό προσρόφησης στα υγρά απόβλητα (περίπου 70 – 79 %), καθιστώντας τα με αυτό τον τρόπο ως τα καταλληλότερα προσρο-

φητικά μέσα, με σημαντική εμπορική αξία, σε πολλές βιομηχανικές εφαρμογές (Γράφημα 2).



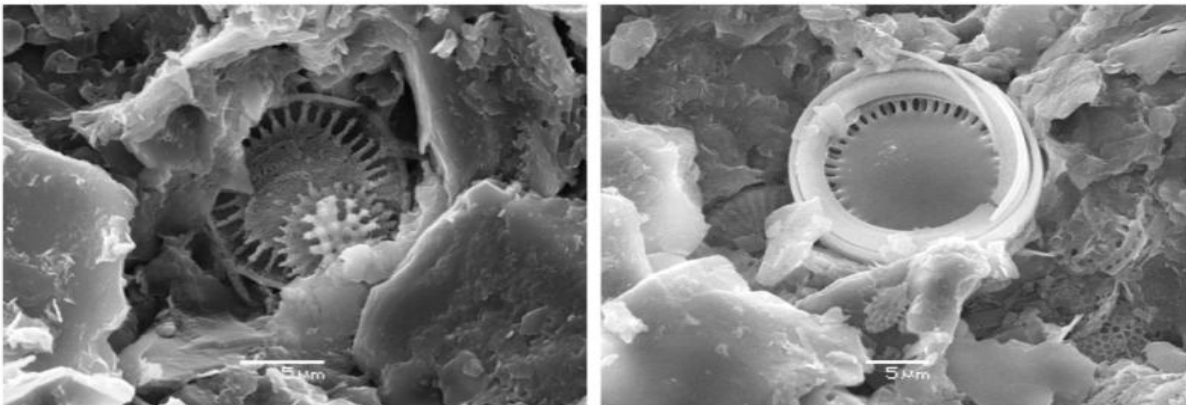
Γράφημα 2. Ποσοστό προσρόφησης νερού και πετρελαίου των διατομιτών πριν και μετά την πύρωση (400 °C, 670°C και 850 °C αντίστοιχα) στις περιοχές Κλειδί και Δρυμός (Ilia I.et al., 2009)

1.4.2. Λεκάνη Σαραντάπορου - Δρυμού, Θεσσαλία

Η λεκάνη Σαρανταπόρου–Δρυμού, εκτείνεται νότια της Νεογενούς λεκάνης της Βορειοδυτικής Μακεδονίας. Σχηματίστηκε κατά το Άνω Μειόκαινο, πάνω στο μεταμορφωμένο υπόβαθρο και τους οφιολίθους της Πελαγονικής ζώνης. Οι κατάλληλες φυσικοχημικές συνθήκες (pH, Eh), καθώς και το πλούσιο σε φυτικά συστατικά περιβάλλον συνετέλεσαν στην ανάπτυξη και την δημιουργία λιγνιτικών κοιτασμάτων και διατομιτικών πετρωμάτων σε όχι τόσο σημαντικό βαθμό σε σχέση με τα κοιτάσματα διατομιτών στη λεκάνη της Φλώρινας (περιοχή Κλειδί). Τα διατομιτικά στρώματα, είναι σε μεγάλο βαθμό ομοιογενή και επικαλύπτουν τους λιγνίτες. Επιπλέον, εμφανίζονται αργιλικών διατομιτών, πάχους 100 μέτρων περίπου, εντοπίζονται κυρίως στα χωριά Γιαννώτα και Λυκούδη, βόρεια της Ελασσόνας, στην Θεσσαλία.

Κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα των διατομιτικών δειγμάτων της λεκάνης Σαραντάπορου–Δρυμού (Ilia I.et al., 2009), είναι η παρουσία βερμικουλίτη, ως επικρατούσα αργιλική φάση, εξαλλοιωμένου χαλαζία και αστρίων σε σημαντικές ποσότητες, και η απουσία σμεκτίτη, ενώ το άμορφο πυρίτιο, με την μορφή οπαλίου εμφανίζεται κυ-

ρίως ως δισκοειδής–σκαφοειδής μορφή των κελυφών των διατόμων (Εικ. 14). Η χημική σύσταση των διατομιτών, αντιπροσωπεύεται από την παρουσία του πυριτίου (ως επικρατέστερο συστατικό), αργιλίου και σιδήρου, ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία και ιχνοστοιχεία, συμμετέχουν σε μικρότερο ποσοστό.(Πιν. 6). Βάσει μελετών και αναλύσεων, έχει προσδιοριστεί ο βαθμός προσρόφησης στο λάδι και το νερό σε ποσοστό που κυμαίνεται από 64 % έως 70 % περίπου, χαρακτηρίζοντάς το έτσι ως άριστο προσροφητικό μέσο.



Εικόνα 12. Καλοδιατηρημένα κελύφη διατόμων μέσα σε αργιλική συνδετική ύλη από την περιοχή Σαραντάπορου–Δρυμού (Ilia I.et al., 2009)

Οι διατομίτες της λεκάνης Σαραντάπορου, έχει διαπιστωθεί ότι είναι κατάλληλοι για χρήση ως προσθετικά μέσα σε μίγματα τσιμέντου, καθώς επίσης και στην παραγωγή μιγμάτων ελαφροβαρών υλικών. Όπως στην λεκάνη της Φλώρινας, έτσι και στη λεκάνη Σαραντάπορου, χαρακτηριστικό συστατικό στοιχείο των διατομιτών, αποτελούν τα φωσφορικά άλατα Fe και Ca (αναπαΐτης, μιτριδαΐτης), τα οποία σχηματίζονται κατά την διάρκεια χημικής αντικατάστασης της οργανικής ύλης.

Πίνακας 6. Χημική ανάλυση δειγμάτων διατομιτών στην περιοχή Σαραντάπορου–Δρυμού (Ilia I. et al., 2009).

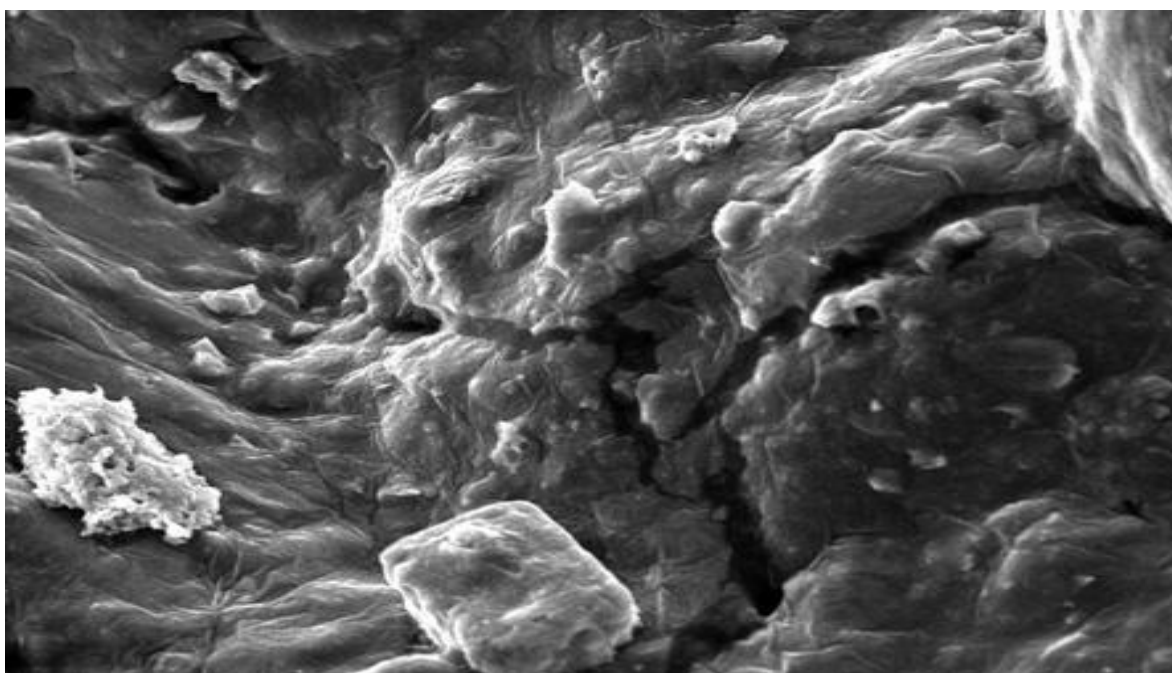
%	Κοκκομετρία <0,3mm	Κοκκομετρία 0,3 -1,7mm
SiO ₂	65.20	65.70
Al ₂ O ₃	16.60	16.60
Fe ₂ O ₃	6.33	6.74
CaO	1.92	1.69
MgO	1.92	2.02
Na ₂ O	1.52	1.24
K ₂ O	2.57	2.57
TiO ₂	0.87	0.82
MnO	0.11	0.21
P ₂ O ₅	0.13	0.17
SO ₃	0.65	0.63
Απώλεια πύρωσης	2.71	2.10
Σύνολο	100.53	100.49

1.4.3. Λεκάνη Σάμου

Στην λεκάνη της Σάμου, εμφανίσεις διατομιτών, πλούσιοι σε οπάλιο-A (άμορφη φάση), εντοπίζονται κυρίως στα ανώτατα στρώματα των ιζηματογενών πετρωμάτων της λεκάνης των Μυτιληνίων, ανατολικά της Σάμου, ηλικίας Άνω Μειοκαίνου. Στα κατώτερα στρώματα, ο διατομίτης έχει μετασχηματιστεί σε πορσελανίτη (πλούσιος σε οπάλιο-CT), λόγω των διαγενετικών εξαλλοιώσεων που υπέστη σε αλμυρό-αλκαλικό περιβάλλον, με αποτέλεσμα να επικαλύπτονται από τα στρώματα των διατομιτών που είναι πλούσια σε οπάλιο-A. Τμηματικά, τα πλούσια σε οπάλιο πετρώματα, επικαλύπτονται από συμπαγή ηφαιστειακή τέφρα πάχους 20 μέτρων περίπου. Τα περισσότερα δείγματα, είναι πλούσια σε ασβέστιο (CaO), με το ποσοστό σε πυρίτιο να κυμαίνεται μεταξύ 25–47 %, ύστερα από αναλυτικές μελέτες στις στρωματογραφικές ενότητες Χώρα, Μαυρατζαίη και Κοκκαρή.

Εξαιτίας της ιδιαίτερης ορυκτολογικής και χημικής σύνθεσής τους, οι διατομίτες της Σάμου έχουν αξιολογηθεί ως πρόσθετα μίγματα, σε πειραματικό στάδιο, στην παραγωγή τσιμέντου και συνθετικού βολλαστονίτη. Ο συνθετικός βολλαστονίτης, παράγεται με μορφή σφαιριδίων (Εικ.13), μετά από ανάμιξη του με μείγμα ατταπουλγί-

τη/μπεντονίτη σε ποσοστό 5% για τις ανάγκες σφαιροποίησης και φρύξη για 20 λεπτά περίπου των σφαιριδίων διαμέτρου 0,5–2 cm, σε εργαστηριακό κλίβανο σε θερμοκρασία ~1100 °C. Έχει διαπιστωθεί η καταλληλότητα του διατομίτη και των σφαιριδίων βολλαστονίτη, λόγω της σύστασής τους, στην αύξηση του pH του διαλύματος των ρευστών αποβλήτων των ελαιοτριβείων, καθώς και στη συγκράτηση ιόντων Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Cl^- , PO_4^{3-} , φαινολών, ολικών διαλυμένων στερεών και στερεού υπολείμματος των ρευστών αποβλήτων των ελαιοτριβείων (Μακρή Ε. και Σταματάκης Μ., 2005).



Εικόνα 13. Μικρές οπές και ασυνέχειες - εσωτερική δομή σφαιριδίων συνθετικού βολλαστονίτη (Μακρή Ε. και Σταματάκης Μ., 2005)

Σύμφωνα με χημικές (XRF) και ορυκτολογικές (XRD) αναλύσεις σε δείγματα διατομίτη, διαπιστώθηκαν ιδιαίτερα αυξημένες τιμές αργιλίου, σιδήρου, καλίου και μαγνησίου, γεγονός που αντανακλά την αυξημένη παρουσία των αργιλικών ορυκτών και αστρίων (Πίν. 7 και 8).

Επίσης, η μελέτη στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, φυσικών δειγμάτων διατομίτη και φρυγμένου υλικού, έδειξε ότι ο διατομίτης περιέχει πολλά μικρά δισκοειδή και σκαφοειδή κελύφη διατόμων, λιμναίας προέλευσης (Εικ. 3 ,4).

Πίνακας 7. Ορυκτολογική σύσταση διατομιτών Σάμου (Μακρή Ε. και Σταματάκης Μ., 2005).

Ολικό δείγμα	Ορυκτολογική σύσταση	Κατανομή ορυκτών
Σάμος (Χώρα & Μυτιληνιοί)	Ασβεστίτης	Κύριο
	Χαλαζίας	Επουσιώδεις
	Οπάλιος - Α	Κύριο
	Ιλλίτης	Επουσιώδεις
	Αραγωνίτης	Επουσιώδεις
	Σανίδινο	Επουσιώδεις

Πίνακας 8. Χημική σύσταση (% κ.β) διατομιτών Σάμου (Μακρή Ε. και Σταματάκης Μ., 2005).

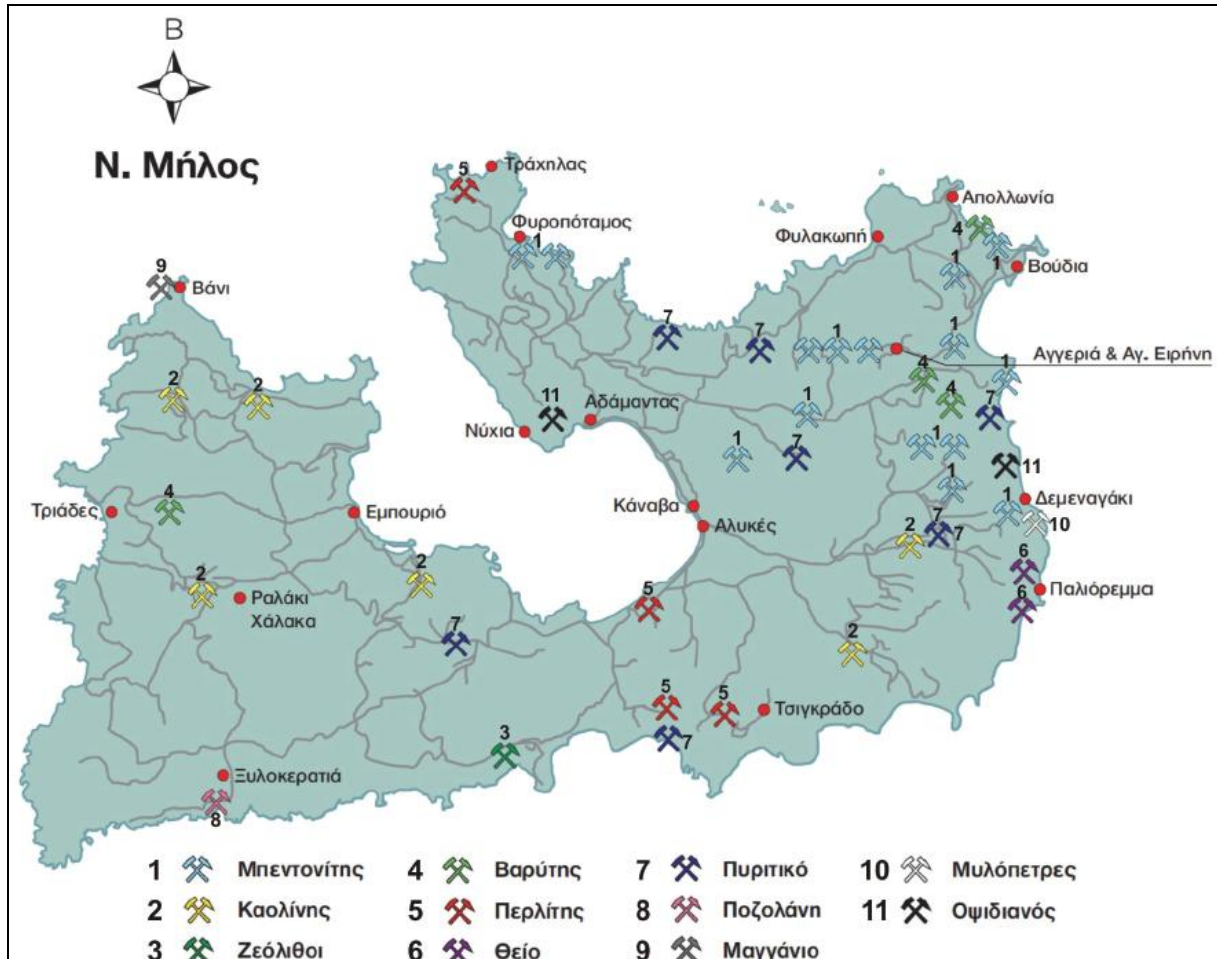
SiO ₂	46,54
Al ₂ O ₃	4,36
Fe ₂ O ₃	2,52
CaO	24,60
MgO	1,09
K ₂ O	0,48
Na ₂ O	0,19
Απώλεια πύρωσης	20,52
Σύνολο	10,14

1.4.4. Νήσος Μήλος

Το νησί της Μήλου, βρίσκεται στην κεντρική πλευρά του Αιγαίου, αντιπροσωπεύοντας ένα από τα υπολείμματα του ηφαιστειακού τόξου της ευρύτερης θαλάσσιας περιοχής του νότιου Αιγαίου. Το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής, ανήκει στην μεταμορφωμένη Αττικοκυκλαδική μάζα της Πελαγονικής ζώνης και αποτελείται από επιζωνικά παρά- και ορθό- μεταμορφωμένα πετρώματα.

Οι διατομιτικοί σχηματισμοί είναι ηλικίας Άνω Πλειόκαινου και το πάχος τους κυμαίνεται από μερικά εκατοστά μέχρι και 20 μέτρα περίπου. Εμφανίζονται εξαλλοιωμένοι ως ενστρώσεις σε συμπαγείς ηφαιστειακούς σχηματισμούς κίσηρης, ελαφρόπετρας και ηφαιστειακής στάχτης σε πολλά μέρη του νησιού, κυρίως στο νοτιοανατολικό τμήμα (Ξυλοκερατιά, Φράγκο, κόλπος Αδάμας), καθώς και στη βόρεια ακτή

του νησιού (Αλίμια, Σαρακηνικό, Αγία Ειρήνη). Αρκετά διατομικά δείγματα έχουν εξεταστεί ως ποζολανικά πρόσθετα σε βιομηχανικές χρήσεις, λόγω της παρουσίας των φάσεων ενεργού πυριτίου, συγκεκριμένα του οπαλίου-Α και ηφαιστειακής υάλου.



Εικόνα 13. Σκαρίφημα με τις κυριότερες θέσεις εμφάνισης ποζολάνης και άλλων σημαντικών βιομηχανικών ορυκτών της Μήλου (http://www.geo.auth.gr/courses/gmo/gmo765e/santorini-milos/print/milos_oghgog.pdf).

Στην Εικ. 13 παρουσιάζονται οι κυριότερες θέσεις εμφάνισης ποζολάνης και άλλων σημαντικών βιομηχανικών ορυκτών της Μήλου. Τα ποζολανικά υλικά που χρησιμοποιούνται σήμερα στην τσιμεντοβιομηχανία, περιλαμβάνουν φυσικά προϊόντα, όπως ηφαιστειακά προϊόντα με υψηλές ποσότητες ηφαιστειακού γυαλιού (τόφφοι, σποδός, κίσσηρη), ζεολιθικοί τόφφοι, διάφορες ποιότητες «ακάθαρτων» διατομιτών, μετακαολινίτης, ιπτάμενη τέφρα, κ.α.

1.4.5. Νήσος Ζάκυνθος

Οι διατομίτες της Ζακύνθου είναι ηλικίας Κατωτέρου–Μέσου Μειοκαίνου και εντοπίζονται κυρίως στο κεντρικό τμήμα του νησιού (Ράχες), έχοντας πάχος 500 μέτρα περίπου, καθώς και στην περιοχή Ρομίρι με πάχος περίπου 50 μέτρα. Αναφέρονται ως οι παλαιότεροι της Ελλάδας και έχουν μελετηθεί τόσο όσον αφορά στην πετρολογία και διαγένεσή τους, όσο και στις δυνατότητες χρήσης τους ως βιομηχανικό υλικό στην παραγωγή υδραυλικών κονιαμάτων και ποζολανικών πρόσθετων τσιμέντου. Ως συνοδά ορυκτά των διατομιτών της Ζακύνθου, αναφέρονται ο ασβεστίτης, ο κλαστικός χαλαζίας, αυθιγενή ορυκτά όπως ζεόλιθοι (κλινοπτιλόλιθος), βαρίτης και οπάλιος-CT (ημικρυσταλλική μορφή τριδυμίτη–χριστοβαλίτη). Τα ορυκτά αυτά θεωρείται ότι σχηματίστηκαν κατά τη διαγένεση οργανικού υλικού πλούσιου σε βάριο και θείο (βαρίτης), αλλά και κελυφών διατόμων σε περιβάλλον βαθιάς θάλασσας (οπάλιος και ζεόλιθοι).

Από τις ορυκτολογικές ανάλυσης που πραγματοποιήθηκαν (Μακρή Ε. και Σταματάκης Μ., 2005), διαπιστώθηκε ότι τα διατομιτικά υλικά αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από ασβεστίτη και άμορφο πυρίτιο (οπάλιος-Α) που συνθέτει τα κελύφη των διατόμων (Πίν. 9).

Πίνακας 9. Ορυκτολογική σύσταση δειγμάτων διατομίτη.

Ολικό δείγμα	Ορυκτολογική σύσταση	Κατανομή ορυκτών
Ζάκυνθος	Ασβεστίτης	Κύριο
	Χαλαζίας	Επουσιώδεις
	Οπάλιος-Α	Κύριο

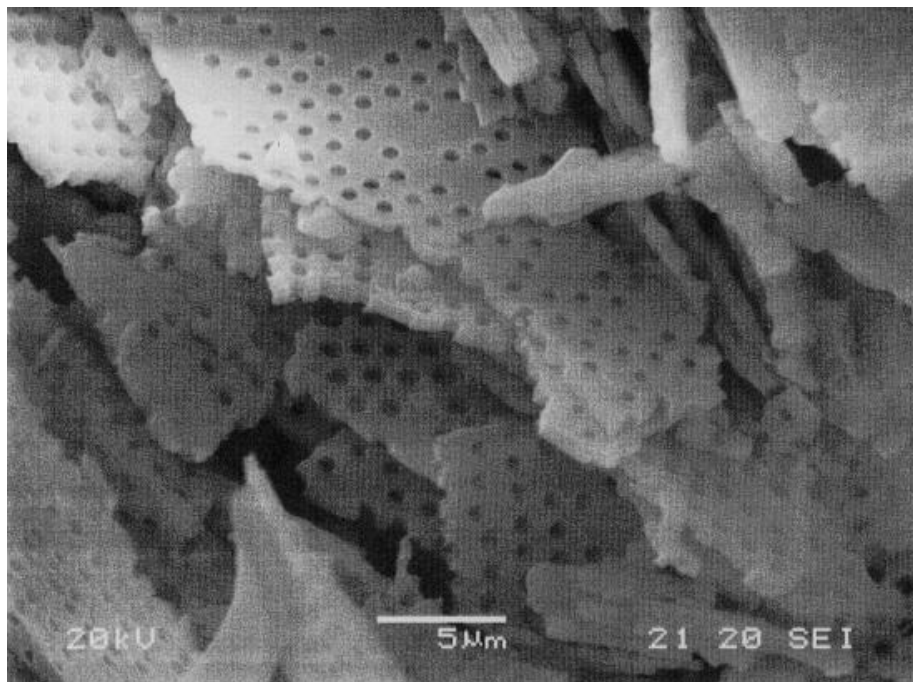
Από την χημική ανάλυση που έγινε με χρήση XRF στα εργαστήρια τσιμεντοβιομηχανίας TITAN Α.Ε (Μακρή Ε. και Σταματάκης Μ., 2005), διαπιστώθηκε αυξημένη τιμή ασβεστίτη (CaO), ενώ αντίθετα χαμηλές τιμές σε αργίλιο, σίδηρο και μαγνήσιο (Πιν. 10).

Η μελέτη στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης των φυσικών δειγμάτων διατομίτη και του φρυγμένου υλικού, έδειξε ότι ο διατομίτης της Ζακύνθου, θαλάσσιας προέλευσης, περιέχει πολλά μεγάλα και πεπλατυσμένα κελύφη διατόμων, σε κακή-μέτρια κατάσταση διατήρησης (Εικ. 14). Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται κατά κύριο

λόγο σε διαγενετικούς παράγοντες. Σπανιότερα συναντώνται βελόνες σπόγγων, πυριτιομαστιγωτά και κελύφη ραδιολαρίων.

Πίνακας 10. Χημική σύσταση (% κ.β) διατομιτών Ζακύνθου.

SiO ₂	46,91
Al ₂ O ₃	1,58
Fe ₂ O ₃	0,52
CaO	28,65
MgO	0,05
K ₂ O	0,24
Na ₂ O	0,16
SO ₃	BDL
Απώλεια πύρωσης	22,57
Σύνολο	100,52

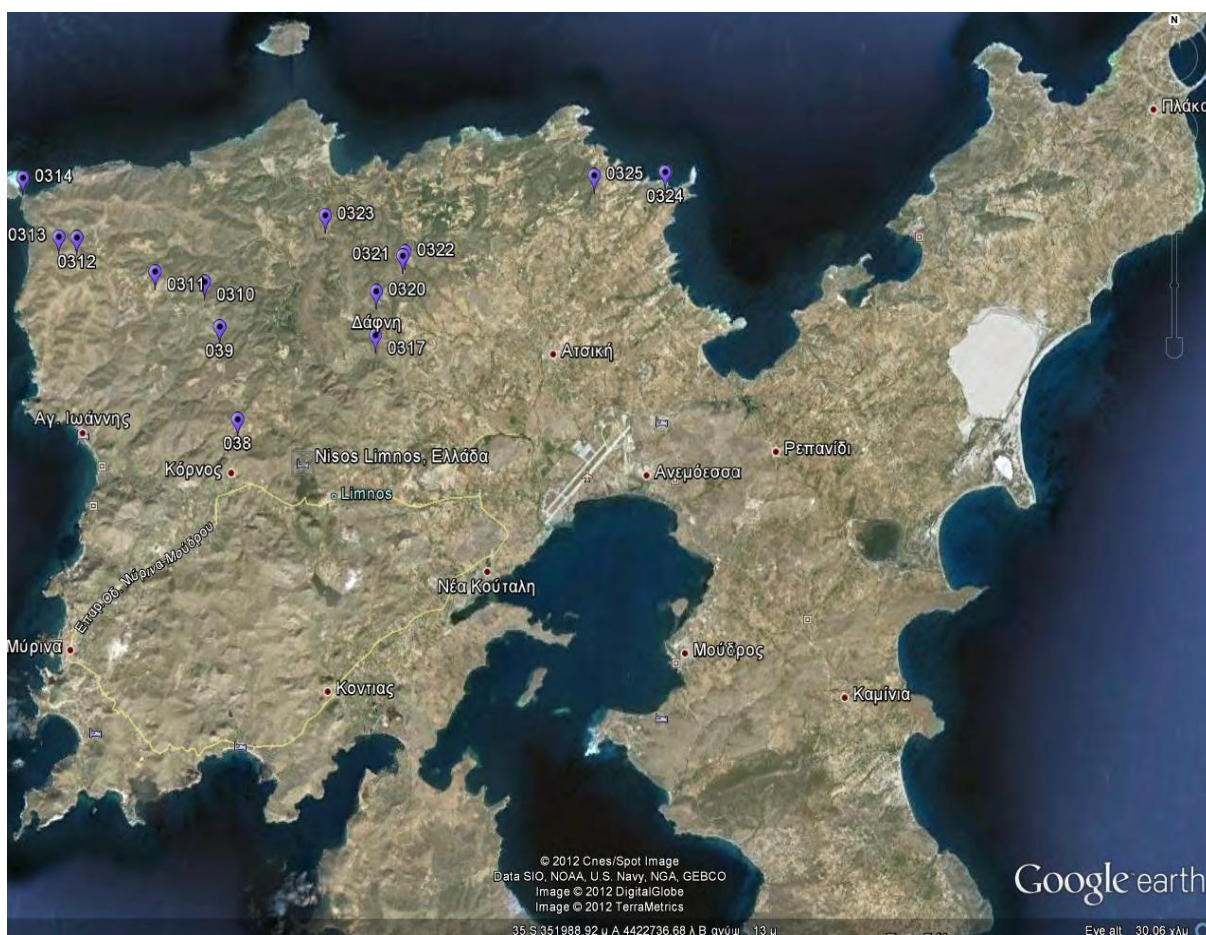


Εικόνα 14: Διατομής Ζακύνθου. Θραύσματα σε πυκνή διάταξη (Μακρή Ε. και Σταματάκης Μ., 2005).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΛΗΜΝΟΥ

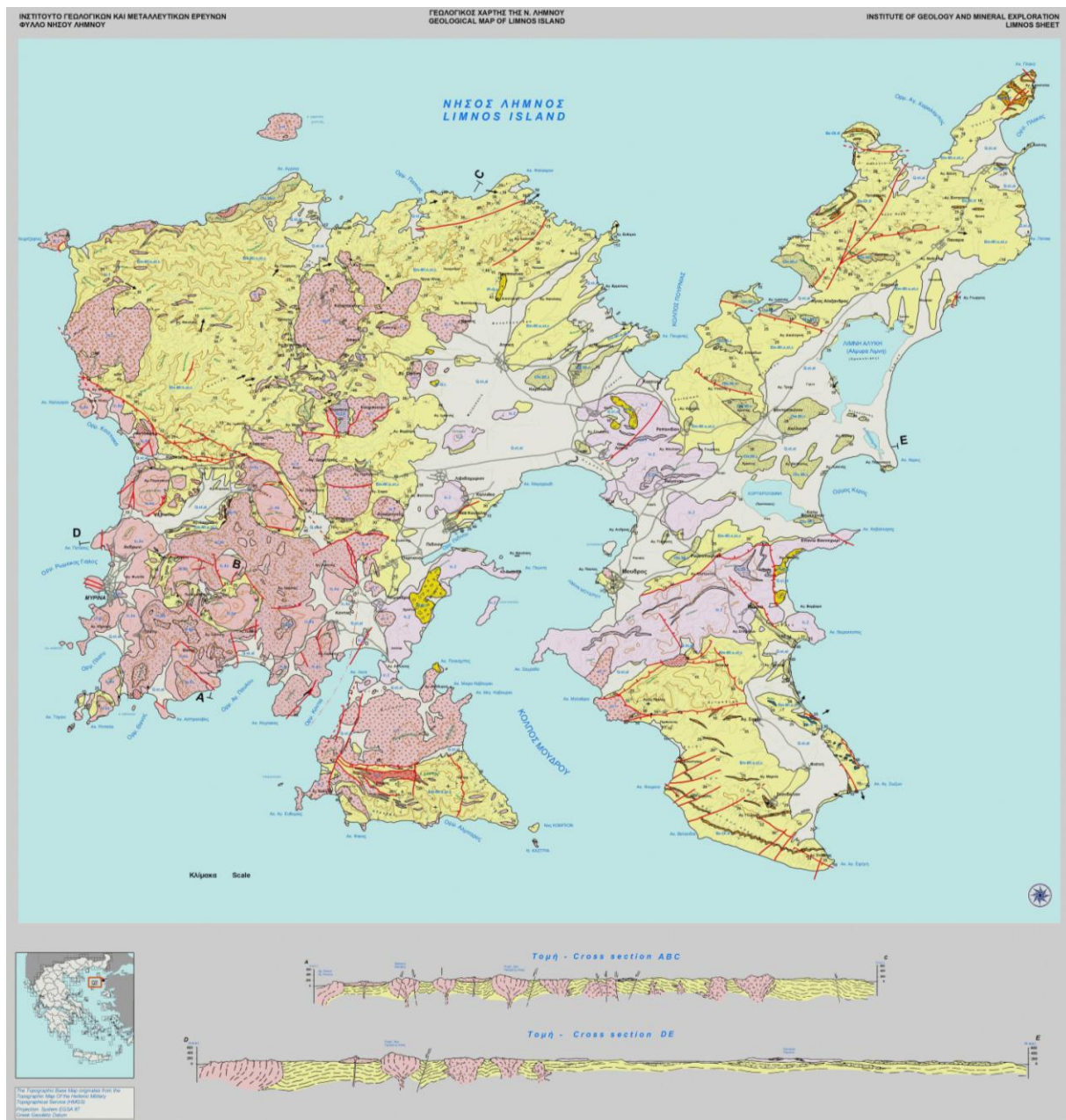
Στο νησί της Λήμνου (Εικ. 15) δεν εντοπίζονται πουθενά εμφανίσεις υποβάθρου, έτσι ώστε να μπορεί να ενταχτεί σε κάποια από τις γνωστές γεωτεκτονικές ενότητες. Με βάση τα γεωλογικά δεδομένα των πετρογραφικών σχηματισμών που συντελούν στη δομή της, όσο και από τις γεωλογικές και τεκτονικές συνθήκες της όλης περιοχής του Βορείου Αιγαίου, της Χαλκιδικής και της Θράκης, η Λήμνος, αποτελεί μερική εμφάνιση Τριτογενούς λεκάνης, η οποία αναπτύσσεται στην περιοχή της κρυσταλλοσχιστώδους μάζας του μεταμορφωμένου συγκροτήματος της Ροδόπης.

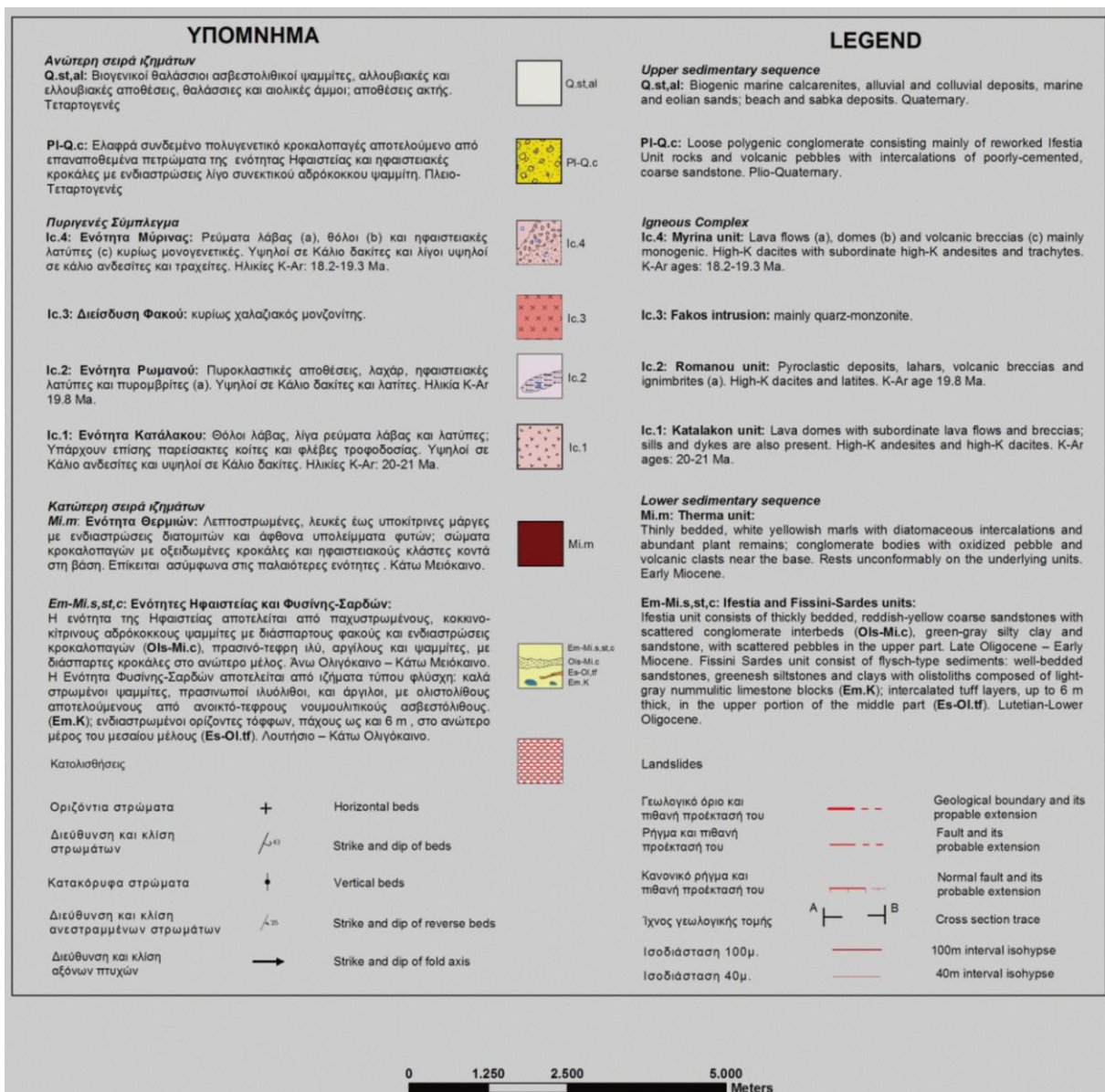


Εικόνα 15. Χάρτης της νήσου Λήμνος (Google Earth).

Όσον αφορά την γεωλογία του νησιού (Εικ. 16) τα ιζήματα που εμφανίζονται χωρίζονται σε δύο μονάδες, την κατώτερη και την ανώτερη. Η κατώτερη γεωλογική μονάδα αποτελείται από ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, καθώς επίσης και τουρβιδίτες

(φλύσξης) ηλικίας κατώτερου Ηωκαίνου–άνωτερου Ολιγοκαίνου, ενώ η ανώτερη είναι ηλικίας κατώτερου Ολιγοκαίνου και αποτελείται από ιζήματα ρηχής θάλασσας κυρίως, αλλά και από δελταϊκές αποθέσεις και ιζήματα υφαλοκρηπίδας. Στην οροφή της ακολουθίας παρατηρούνται ηφαιστειακά ιζήματα ηλικίας κατώτερου Μειοκαίνου, τα οποία χωρίζονται σε 3 ενότητες (Κατάλακκο, Ρωμανό, Μύρινα).





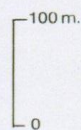
Εικόνα 16. Γεωλογικός χάρτης της Νήσου Λήμνος (Ι.Γ.Μ.Ε., 1983)

- Οι στρωματογραφικοί ορίζοντες (Εικ. 17) που συνιστούν τη δομή του νησιού (Ι.Γ.Μ.Ε., 1983), από τις αρχαιότερες προς τις νεώτερες αποθέσεις περιγράφονται παρακάτω:

Φλύσξης (Ηώκαινο)

Η ηωκαινική διάπλωση του φλύσχη, καταλαμβάνει κυρίως το ΒΔ και ΝΑ τμήμα του νησιού. Ο ορίζοντας του φλύσχη, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα, αποτελεί το γεωλογικό υπόβαθρο του νησιού, πάνω στο οποίο επικάθονται όλοι οι νεώτεροι ιζηματογενείς σχηματισμοί, καθώς και τα υπό μορφή τόφων, δόμων έκχυτα εκρηξιγενή πετρώματα.

ΓΕΝΙΚΗ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΗΛΗ
GENERAL STRATIGRAPHIC COLUMN



36

Κυανές μάργες - Ψαμμίτες (Ολιγόκαινο)

Ασύμφωνα επί του φλύσχη επικάθεται μια σειρά κυανών ολιγοκαινικών μαργών, των οποίων η όψη μοιάζει περίπου με εκείνη του φλύσχη. Η ιζηματογένεση κυριαρχεί κατεξοχήν στο Βόρειο και Βορειοανατολικό τμήμα του νησιού και συγκεκριμένα στην περιοχή των Δημοτικών Διαμερισμάτων Παναγιάς–Πλάκας. Η σειρά των μαργών αυτών περικλείει μικρού πάχους διαστρώσεις τεφρών συμπαγών ψαμμιτών, γεγονός που ενισχύει την κατ' όψη ομοιότητά τους με εκείνη του φλύσχη.

Ασβεστολιθικές μάργες - Ψαμμίτες (Νεογενές)

Η διάπλαση του Νεογενούς, καταλαμβάνει κυρίως το κεντρικό και βορειοανατολικό τμήμα του νησιού (Αττική, Παναγιά, Πλάκα) και επίσκειται ασύμφωνα των προαναφερθέντων σχηματισμών, συγκεκριμένα του Ηωκαινικού φλύσχη και των Ολιγοκαινικών μαργών. Το Νεογενές αντιπροσωπεύεται γενικώς από κίτρινες ασβεστολιθικές μάργες που εναλλάσσονται με κίτρινους χαλαρούς ψαμμίτες.

Ασβεστολιθικοί ψαμμίτες - Μάργες - Άμμοι (Τυρρήνιο)

Οι αποθέσεις αυτές αναπτύσσονται γενικώς στο νότιο τμήμα του νησιού, το οποίο σήμερα βρίσκεται σε βραδεία ανοδική κίνηση και βρίσκονται σε σαφή ασυμφωνία με τους σχηματισμούς του Νεογενούς.

Το Τυρρήνιο χαρακτηρίζεται από λεπτόκοκκους ψαμμιτικούς κυρίως ορίζοντες που εναλλάσσονται με διαστρώσεις μαργών. Το χρώμα των αποθέσεων αυτών είναι κίτρινο έως φαιοκίτρινο, λευκό.

Η παλαιοπανίδα των σχηματισμών αυτών, με μικρή ποικιλία ειδών, περιορίζεται κυρίως σε αντιπροσώπους παχυοστράκων, από τους οποίους απουσιάζουν οι καθοδηγητικές μορφές του Τυρρηνίου.

Άργιλοι - Άμμοι - Κορήματα - Θίνες (Αλλουβιακοί σχηματισμοί)

Οι προσχωματικοί αλλουβιακοί σχηματισμοί, αναπτύσσονται κυρίως στη χαμηλή ζώνη του νησιού και συγκεκριμένα στις κοιλάδες της Αττικής και του Κορνού, καθώς και στην πλησίαλο ζώνη στο ανατολικό διαμέρισμα του νησιού από Πλάκα έως Φυσίνη.

Οι αλλουβιακοί σχηματισμοί, συνίστανται κυρίως στους αργίλους, άμμους, κορήματα και μαργαϊκό υλικό, προϊόντα αποσάθρωσης, αποκομιδής και απόθεσης των

μαργαϊκών και ψαμμιτικών διαπλάσεων, του φλύσχη και των εκρηξιγενών πετρωμάτων (λάβες-τόφφοι).

Λόγω της αιολικής δράσης των ισχυρών βόρειων και νότιων ανέμων που πνέουν στο νησί, στην πλησίαλο ζώνη του ΝΑ και ΒΔ διαμερίσματος της Λήμνου, παρατηρείται σχηματισμός θινών σε μεγάλη έκταση και ικανό πάχος.

Έκχυτα εκρηξιγενή πετρώματα

- Ανδεσίτες, τραχείτες, δακίτες, τραχειοανδεσίτες (Κ. Μειόκαινο-Κ. Πλειστόκαινο):

Τα έκχυτα εκρηξιγενή πετρώματα της νήσου Λήμνου υπό μορφή ηφαιστειακών δόμων και σε κάποιες περιπτώσεις υπό μορφή ρευμάτων, καταλαμβάνουν κυρίως το δυτικό διαμέρισμα του νησιού.

Οι ηφαιστίτες της Λήμνου αποτελούν προϊόντα 2 διαφορετικών περιόδων εκρήξεων, εκ των οποίων η παλαιότερη τοποθετείται στο κατώτερο Μειόκαινο και χαρακτηρίζεται ως (Α) ηφαιστειακή δράση και η νεότερη τοποθετείται στο κάτω Πλειόκαινο και χαρακτηρίζεται ως (Β) ηφαιστειακή δράση.

Οι λάβες της πρώτης (Α) ηφαιστειακής έκρηξης, διέσχισαν τα στρώματα του φλύσχη και των ολιγοκαινικών μαργών και εξήλθαν στην επιφάνεια σχηματίζοντας δόμους και ρεύματα επί των διαπλάσεων του Παλαιογενούς. Επομένως, παρατηρούμε τη Νεογενή ιζηματογένεση να επίκειται σε πολλές περιπτώσεις των παλαιότερων αυτής λαβών.

Οι λάβες της δεύτερης (Β) ηφαιστειακής δράσης διέτρησαν αφενός το γεωλογικό υπόβαθρο του νησιού (φλύσχη) και αφετέρου τις ολιγοκαινικές και νεογενείς αποθέσεις, σχηματίζοντας μικροδόμους και ρεύματα επί των νεογενών σχηματισμών και σε κάποιες περιπτώσεις επί των ηφαιστιτών της πρώτης (Α) ηφαιστειακής δράσης. Έτσι με τις νεώτερες λάβες έρχονται σε επαφή οι τυρρήνιες αποθέσεις και οι σχηματισμοί του Ολιγοκαίνου.

- Ηφαιστειακοί τόφφοι (Κ. Μειόκαινο - Κ. Πλειστόκαινο)

Οι ηφαιστειακοί τόφφοι της Λήμνου, αποτελούν προϊόντα των δύο προαναφερθέντων ηφαιστειακών δράσεων του νησιού και αναπτύσσονται σε ικανού πάχους στρώματα τόσο γύρω από τους ηφαιστειακούς δόμους, όσο και σε πεδία που δε γειτνιάζουν άμεσα με τις λάβες.

Το κύριο ανάπτυσμα των τόφφων παρουσιάζεται στο δυτικό διαμέρισμα του νησιού, καθώς και στις περιοχές των Δημοτικών Διαμερισμάτων Βάρους, Ρουσοπουλίου και Τσιμανδρίων. Οι τόφφοι γενικώς παρουσιάζονται υπό μορφή χαλαρού φαιοκίτρινου κροκαλοπαγούς, του οποίου η συνδετική ύλη είναι άργιλος με χαλαζιακή άμμο.

Η παραπάνω πετρογραφική σύσταση των τόφφων συνετέλεσε στην πυριτίωση (απολίθωση) φυτικών λειψάνων, με την συμμετοχή των πλούσιων σε πυριτικά διαλύματα υδάτων. Έτσι, στην περιοχή των Δημοτικών διαμερισμάτων Ρουσοπουλίου και Βάρους, ανευρίσκονται σε μικρό βάθος εντός των τόφφων, απολιθωμένοι (πυριτιωμένοι), κορμοί δέντρων που ανήκουν πιθανώς σε κωνοφόρα είδη, των οποίων η πυριτική απολίθωση είναι σε τόσο τέλεια, ώστε να είναι δυνατό να εξαχθούν συμπεράσματα για την παλαιοπανίδα και απ' αυτήν για το παλαιό κλίμα της περιοχής.

Πλουτώνια πετρώματα

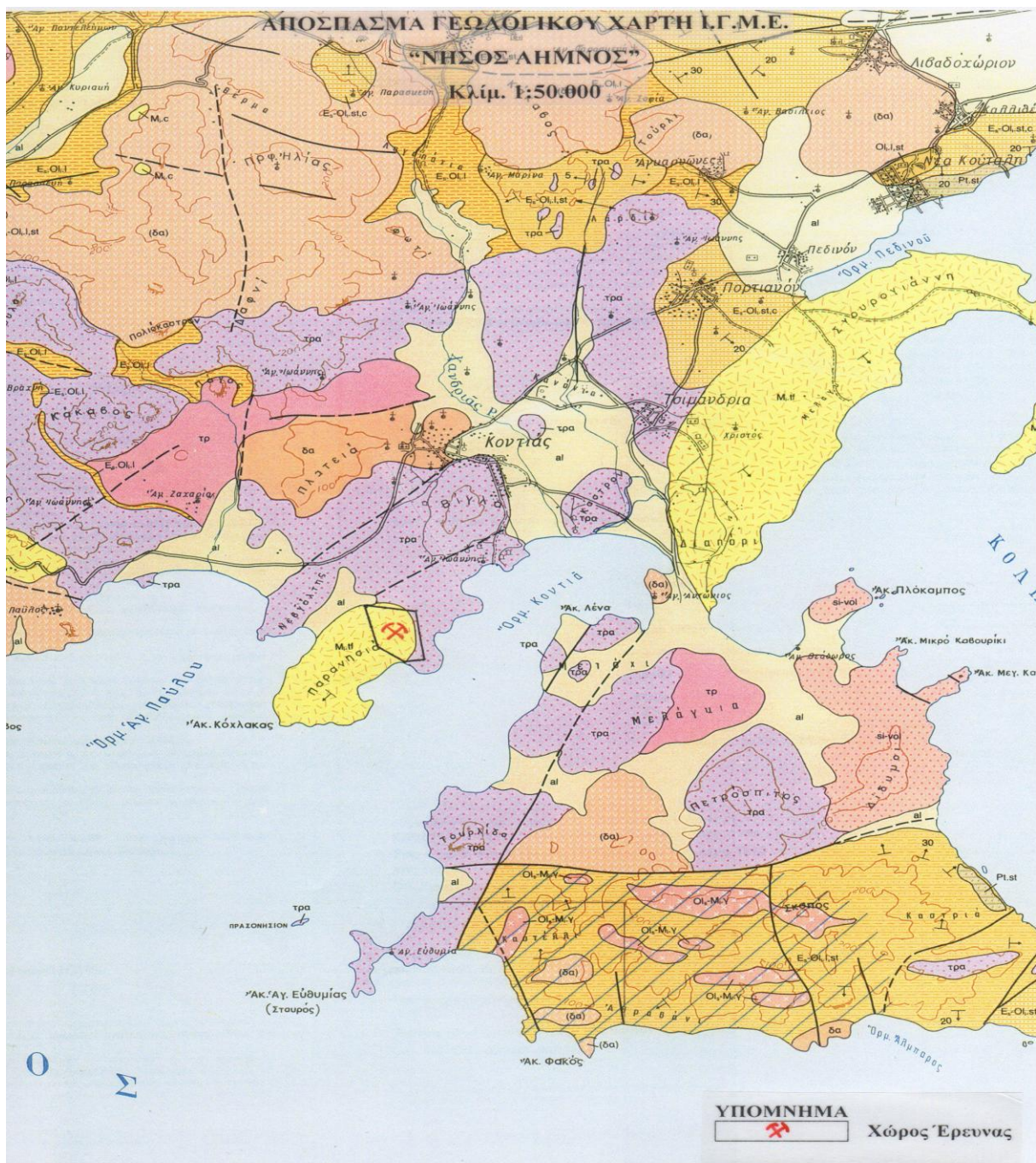
Πλουτώνια πετρώματα στη νήσο Λήμνο, παρουσιάζονται σε πολύ περιορισμένη έκταση στη χερσόνησο του Φακού και είναι κυρίως μονζονιτικής σύστασης. Οι Ηωκαινικής ηλικίας πλουτωνίτες του νησιού, βρίσκονται εγκλωβισμένοι εντός της διάπλασης του φλύσχη.

2.1. Γεωλογικά στοιχεία περιοχής μελέτης

Με βάση τα στοιχεία του γεωλογικού χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. και την επιτόπια αναγνώριση, τα πετρώματα που συμμετέχουν στην γεωλογική δομή της εξεταζόμενης περιοχής είναι οι ηφαιστειακοί τόφφοι και οι τραχείτες, οι οποίοι κατά τόπους είναι εξαλλοιωμένοι (Εικ. 18).

Τα παραπάνω πετρώματα καλύπτουν τον χώρο έρευνας επιφανειακά, ενώ κάτω από αυτά φαίνεται να αναπτύσσεται το κοίτασμα του διατομίτη. Συγκεκριμένα ο διατομίτης αναπτύσσεται κάτω από τους ηφαιστειακούς τόφφους, το πάχος των οποίων στο χώρο έρευνας κυμαίνεται από 0,5 m έως 30 m περίπου.

Στα βόρεια του χώρου και σε περιορισμένη έκταση εμφανίζονται αλλουβιακές αποθέσεις, ενώ το γεωλογικό υπόβαθρο του νησιού δεν εμφανίζεται σε κανένα σημείο της ευρύτερης περιοχής.



Εικόνα 18. Απόσπασμα γεωλογικού χάρτη Λήμνου με την εξεταζόμενη περιοχή.

Κεφάλαιο 3^ο

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ

3.1. Δειγματοληψία

Η μορφολογία του εδάφους, καθώς επίσης και το γεγονός ότι το κοίτασμα είναι στρωματοειδούς μορφής και υπάρχουν οι επιφανειακές εμφανίσεις του, επέτρεψαν την έρευνα με γεωτρήσεις πυρηνοληψίας διαμέτρου 3 ιντσών. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 26 ερευνητικές γεωτρήσεις στην περιοχή (A1-A26), ενώ η συλλογή των δειγμάτων έγινε σε ειδικά κασάκια. Στόχος αυτών των ερευνητικών εργασιών είναι η εξόρυξη ορισμένης ποσότητας διατομίτη (300 τόνοι), με σκοπό την παραγωγή 50 τόννων δειγμάτων βιομηχανικών πετρωμάτων για περαιτέρω αξιολόγηση..

Το μέσο βάθος ανά γεώτρηση υπολογίζεται περίπου στα 25 μέτρα, ενώ τα κύρια υλικά διάτρησης είναι διατομίτης και μάργα. Το μεγαλύτερο μέρος των δειγμάτων είναι εξαλλοιωμένα, εκτός του δείγματος A9, όπου και διασώζεται ολόκληρη η στρωματογραφική στήλη του καρότου της γεώτρησης (Εικ.19).



Εικόνα 19. Δείγματα από τη γεώτρηση A9.

DRILL No A9

ALTITUDE 28 m

YEAR 2005

DEPTH (m)	DESCRIPTION	REMARKS
0	ΕΔΑΦΟΣ - ΧΩΜΑ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ
1	ΔΕΙΓΜΑ A9α	HAΤΤ: 14.957,571
2	ΜΑΡΓΑ ΓΚΡΙ	ΕΓΣΣΑ '87: 0597633
3	A9β	10.097,524
4	0,8 - 4,6	
5	ΜΑΡΓΑ ΜΩΒ	
6	A9γ	4,6 - 8,5
7		
8		
9		
10		
11		
12	ΔΙΑΤΟΜΙΤΗΣ ΥΠΟΛΕΥΚΟΣ	A9δ 8,5 - 15,8
13		
14		
15		
16	ΔΙΑΤΟΜΙΤΗΣ ΓΚΡΙ	A9ε 15,8 - 16,9
17	ΜΑΡΓΑ ΠΡΑΣΙΝΗ - ΚΑΦΕ	A9στ 15,7 - 19,1
18	ΔΙΑΤΟΜΙΤΗΣ ΥΠΟΛΕΥΚΟΣ	
19	ΔΙΑΤΟΜΙΤΗΣ ΜΕ ΟΞΕΙΔΙΑ	
20	ΔΙΑΤΟΜΙΤΗΣ ΥΠΟΛΕΥΚΟΣ	A9ζ 19,1 - 21,0
21	ΔΙΑΤΟΜΙΤΗΣ ΜΕ ΟΞΕΙΔΙΑ	
22	ΜΑΡΓΑ ΜΑΥΡΗ - ΓΚΡΙ	A9η 21,5 - 22,5
23	ΔΙΑΤΟΜΙΤΗΣ ΜΑΥΡΟΣ	
24	ΜΑΡΓΑ ΜΑΥΡΗ ΜΕ ΟΞΕΙΔΙΑ	
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		

Εικόνα 20. Τροποποιημένη τομή της γεώτρησης A9 και θέσεις δειγματοληψίας των εξεταζόμενων δειγμάτων.

Για την ορυκτολογική και ορυκτοχημική ανάλυση, συλλέχθηκαν 8 δείγματα μαργαϊκού και διατομιτικού υλικού βάρους 700-800g το καθένα, από την περιοχή της Παρανησιάς της νήσου Λήμνος. Το υλικό κονιοποιήθηκε και ομογενοποιήθηκε σε αχάτινο γουδί στο χέρι και στη συνέχεια ετοιμάστηκαν παρασκευάσματα για ακτινογραφική εξέταση προκειμένου να γίνει ποιοτικός και εν συνεχεία ποσοτικός προσδιορισμός των ορυκτών συστατικών των εξεταζόμενων υλικών με τη μέθοδο της περιθλασιμετρίας ακτίνων-X (XRD).

3.2. Περιθλασιμετρία ακτίνων-X (XRD)

Η μελέτη της ορυκτολογικής σύστασης και του άμορφου υλικού των εξεταζόμενων δειγμάτων έγινε με την χρήση περιθλασιμέτρου τύπου PHILIPS PW1820/00 (Τομέας Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας), εξοπλισμένο με μικροεπεξεργαστή PW1710/00, λυχνία Cu και φίλτρο Ni για τη λήψη CuKα ακτινοβολίας, ενώ η περιοχή σάρωσης γωνίας 2θ ήταν 3-63° και η ταχύτητα σάρωσης 1,2°/min (Εικ. 22). Χρησιμοποιήθηκαν 2 λογισμικά προγράμματα, το PC-APD (1994) για την αυτόματη λήψη και επεξεργασίας των δεδομένων της σάρωσης σε ψηφιακή μορφή και το CRYST (Stergiou, 1995) που αναπτύχθηκε για τον υπολογισμό του βαθμού κρυσταλλικότητας ενός δείγματος. Πριν την ακτινογράφιση των δειγμάτων έγινε έλεγχος της ευαισθησίας και της ακρίβειας του περιθλασιμέτρου με ειδικό πρότυπο καθαρού πυριτίου. Ο τρόπος προετοιμασίας των τυχαία προσανατολισμένων παρασκευασμάτων, οι δειγματολήπτες και οι συνθήκες σάρωσης όλων των δειγμάτων ήταν ακριβώς οι ίδιες.

Ο ημιποσοτικός προσδιορισμός των ορυκτολογικών φάσεων πραγματοποιήθηκε βάσει των απαριθμήσεων (counts) συγκεκριμένων ανακλάσεων, οι οποίες δεν επηρεάζονται από καμία άλλη ανάκλαση και λαμβάνοντας υπόψη την πυκνότητα και τον συντελεστή απορρόφησης μάζας των ορυκτολογικών φάσεων που αναγνωρίστηκαν.

Το άμορφο υλικό κάθε δείγματος υπολογίστηκε με δύο τρόπους. Στην πρώτη μέθοδο, με την βοήθεια του λογισμικού PC-APD, προσδιορίζονται τα όρια της γωνίας 2θ στα οποία εμφανίζονται οι πλατύκυρτες ανακλάσεις των άμορφων υλικών, έπειτα υπολογίζεται το εμβαδό της οριοθετημένης περιοχής και αφαιρείται από το εμβαδό των εμπεριεχομένων ανακλάσεων των κρυσταλλικών φάσεων. Το εναπομένον καθαρό εμβαδό συγκρίνεται με το εμβαδό του πρότυπου δείγματος, 100% άμορφου υ-

λικού (Καντηράνης κ.α., 2004) και προκύπτει η ημιποσοτική εκτίμηση του άμορφου υλικού που περιέχει το εξεταζόμενο δείγμα.

Στη δεύτερη μέθοδο, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό CRYST. Η μέθοδος υπολογίζει την κρυσταλλικότητα των εξεταζόμενων δειγμάτων. Αρχικά οριοθετείται το εμβαδό όλου του περιθλασιογράμματος (τιμή Cobs). Έπειτα, βάσει μαθηματικών συναρτήσεων (Gauss, Lorentz) δημιουργείται μια συνισταμένη καμπύλη η οποία περιλαμβάνει όλες τις κρυσταλλικές ανακλάσεις και όλες τις πλατύκυρτες του άμορφου (τιμή Ccal). Η σύγκλιση των δυο τιμών (Cobs, Ccal) σημαίνει ότι ο υπολογισμός του βαθμού κρυσταλλικότητας του υλικού έγινε σωστά. Ως μέτρο καλής ταύτισης του θεωρητικού με το πειραματικό προφίλ του περιθλασιογράμματος χρησιμοποιείται ο δείκτης αξιοπιστίας Rp. Όσο μικρότερη είναι η τιμή του συντελεστή αυτού, τόσο καλύτερη είναι η ταύτιση των δύο καμπύλων. Η τιμή του βαθμού κρυσταλλικότητας δίνεται από τις παραμέτρους Cobs, Ccal, ενώ η διαφορά από το 1, που αντιστοιχεί σε 100% κρυσταλλική φάση, δίνει το ποσοστό του άμορφου υλικού.

Οι δύο μέθοδοι έχουν επαληθευτεί με πρότυπα υλικά και βρέθηκε ότι μεταξύ των δύο μεθόδων υπάρχει πολύ καλή ταύτιση και η απόκλισή τους σε σχέση με τις πραγματικές τιμές κυμάνθηκε στο $\pm 3 \%$ κ.β. ως μέγιστο (Καντηράνης κ.α., 2004).



Εικόνα 21. Περιθλασίμετρο ακτίνων-Χ τύπου PHILIPS PW1820/00 του Τομέα Ο-Π-Κ.

3.3. Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (SEM)

Το κύριο όργανο σχηματισμού εικόνας από τα δευτερογενή ηλεκτρόνια είναι το σαρωτικό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (scanning electron microscope, SEM). Το σαρωτικό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (SEM) αποτελείται από τα εξής μέρη: α) το ηλεκτρονικό τηλεβόλο, β) τον έλεγχο ευθυγράμμισης, γ) την αεροστεγής βαλβίδα, δ) τους συμπυκνωτές φακούς, ε) το διάφραγμα, στ) τα πηνία σάρωσης, ζ) τον αντικειμενικό φακό, η) την τράπεζα και θ) τον θάλαμο δείγματος.

Το ηλεκτρονικό τηλεβόλο είναι η πηγή του φωτός για το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Είναι ο χώρος όπου παράγονται, επιταχύνονται και εστιάζονται τα ηλεκτρόνια της ηλεκτρονικής δέσμης. Η ηλεκτρονική δέσμη παράγεται από ένα νήμα βολφραμίου που έχει σχήμα “V” και αποτελεί την κάθοδο (αρνητικό δυναμικό). Στο νήμα εφαρμόζεται ρεύμα με αποτέλεσμα αυτό να πυρακτώνεται και να εκπέμπει τη δέσμη ηλεκτρονίων. Η άνοδος (θετικό δυναμικό) έλκει τα ηλεκτρόνια ώστε αυτά να επιταχύνονται.

Καθώς η δέσμη διέρχεται από τη στήλη του μικροσκοπίου περνάει από το σύστημα των συμπυκνωτών φακών. Αυτοί οι φακοί μειώνουν την διάμετρο της δέσμης και ελέγχουν την φωτεινότητα της ηλεκτρονικής δέσμης που πέφτει πάνω στο δείγμα.

Ο αντικειμενικός φακός είναι ο βασικός φακός του μικροσκοπίου που σχηματίζει το είδωλο του δείγματος και συνδυάζεται με το διάφραγμα. Η διάμετρος του διαφράγματος καθορίζει το ποσοστό των ηλεκτρονίων που θα εισέλθουν από αυτό και θα συνεισφέρουν στο σχηματισμό της εικόνας του δείγματος.

Τα πηνία σάρωσης δημιουργούν ένα μαγνητικό πεδίο που αναγκάζει τη δέσμη να κινείται μπρος πίσω σαρώνοντας έτσι την επιφάνεια του δείγματος.

Στην περίπτωση που οι παρατηρούμενες επιφάνειες δεν είναι αγωγιμες, κυρίως στα βιολογικά παρασκευάσματα, γίνεται εξάχνωση ενός λεπτού αγωγίμου υμενίου ώστε να αποφευχθούν προβλήματα από την τοπική φόρτιση του δείγματος. Η διακριτική ικανότητα της επιφάνειας στο σαρωτικό μικροσκόπιο δεν είναι πολύ μεγάλη επειδή το ίχνος της δέσμης πάνω σε αυτήν μεγαλώνει από πολλαπλή σκέδαση. Καλύπτει την περιοχή μεταξύ του οπτικού μικροσκοπίου και του ηλεκτρονικού διερχόμενης δέσμης και είναι της τάξης μεγέθους του 0,1 μm . Το τελικό είδωλο είναι ιδιαίτερα φωτεινό και πλούσιο σε αντίθεση (contrast).

Οι ακτίνες-X που εκπέμπονται από το δείγμα δίνουν πληροφορίες για τη χημική σύσταση του δείγματος. Επομένως, μπορεί να γίνει στοιχειομετρική ανάλυση του

δείγματος που ονομάζεται *μικροανάλυση*. Σε περίπτωση χρήσης διαγράμματος έντασης-ενέργειας γίνεται ανάλυση ενεργειακής διασποράς σε αντίστοιχο φασματόμετρο (Energy Dispersive Spectrometer, EDS). Η διαδικασία χρήσης μικροαναλυτή περιλαμβάνει τα εξής βήματα: α) την προετοιμασία δειγμάτων για ανάλυση, β) την προετοιμασία οργάνου, και γ) την ανάλυση και επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

Αντιπροσωπευτικό δείγμα από το στρώμα διατομής Α9η μελετήθηκε με την μέθοδο της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας με χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης τύπου Jeol JSM - 840 του εργαστηρίου ηλεκτρονικής μικροσκοπίας του Α.Π.Θ. (Εικ. 22), προκειμένου να εξαχθούν μορφολογικά συμπεράσματα σχετικά με το διατομικό υλικό του εξεταζόμενου δείγματος. Οι συνθήκες λειτουργίας του οργάνου ήταν 15 kV, ένταση ηλεκτρονικής δέσμης < 3 nA και διαμέτρου 1 μm .



Εικόνα 22. Σαρωτικό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (SEM)

3.4 Φασματοσκοπία φθορισμού ακτίνων-X (XRF)

Η μέθοδος φθορισμού ακτίνων X είναι μια τεχνική ανάλυσης ολικού δείγματος. Το δείγμα ακτινοβολείται με μία δέσμη ακτίνων-X που προκαλεί την εκπομπή φθοριζόντων ακτίνων-X. Η ενέργεια ή τα μήκη κύματος των εκπεμπόμενων ακτίνων-X, χρησιμοποιούνται για να αναγνωριστούν τα χημικά στοιχεία που υπάρχουν στο υπό

ανάλυση δείγμα, ενώ οι συγκεντρώσεις των στοιχείων καθορίζονται από την ένταση των ακτίνων-X. Τα κύρια στοιχεία που αναλύθηκαν σε μορφή οξειδίων είναι τα: Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K και P, ενώ η απώλεια πύρωσης του κάθε δείγματος μετρήθηκε με πύρωση στους 1050 °C για 2 ώρες.

Κατά την προετοιμασία των 8 εξεταζόμενων δειγμάτων (A9α - A9η), φροντίσαμε να είναι: α) Αντιπροσωπευτικά του υλικού που θέλαμε να αναλύσουμε (μάρκες και διατομής), β) Ομογενές, γ) Η επιφάνεια να είναι λεία, χωρίς ανωμαλίες, δ) Τα δείγματα να έχουν τη μορφή δισκίων με διάμετρο που κυμαίνεται από 20 μέχρι 50mm, ε) Οι επιφάνειες των δισκίων να είναι εντελώς επίπεδες γιατί οι δευτερογενείς ακτίνες X των ελαφριών στοιχείων εκπέμπονται από τα πρώτα μη της επιφάνειας του δείγματος. Στη συνέχεια το υλικό κονιοποιήθηκε πολύ καλά (αναφής σκόνη) και κατασκευάστηκαν υαλοποιημένα δισκία (fused beads), όπου η σκόνη αναμιγνύεται με ειδικά αντιδραστήρια (βορικές ενώσεις Li) και τήκεται σε θερμοκρασίες 1100-1200 °C σε ειδικές συσκευές.

Το φασματοσκόπιο φθορισμού ακτίνων X είναι τύπου S4 Pioneer, Brucker AXS, GmbH (Εικ. 23).



Εικόνα 23. Φασματοσκόπιο φθορισμού ακτίνων X (XRF)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1. Ορυκτολογική ανάλυση

Στον Πίνακα 11 παραθέτονται τα αποτελέσματα της % κ.β. αναλογίας του άμορφου, καθώς και η % κ.β. αναλογία των ορυκτών που συμμετέχουν σε κάθε δείγμα ξεχωριστά, ενώ στις Εικ. 24-31 παρουσιάζονται τα περιθλασιογράμματά τους. Παρατηρούμε ότι το ποσοστό του άμορφου υλικού κυμαίνεται μεταξύ 5-9% κ.β. και από τη μορφολογία των περιθλασιογραμμάτων μπορούμε να συμπεράνουμε ότι πρόκειται για ηφαιστειακό γυαλί (Καντηράνης κ.α. 2004). Σε όλα τα δείγματα αναγνωρίζονται αργιλικά ορυκτά με το ποσοστό τους να κυμαίνεται μεταξύ 4% κ.β. (δείγμα Α9ζ) και 45% κ.β. (δείγμα Α9στ). Οι μαρμαρυγίες (κυρίως μοσχοβίτης) εμφανίζονται σε 5 από τα 8 δείγματα σε ποσοστά που κυμαίνονται μεταξύ 3% κ.β. (Α9ε) και 60% κ.β. (δείγμα Α9γ), ενώ το σύνολο των φυλλοπυριτικών ορυκτών (αργιλικά ορυκτά+μαρμαρυγίες) που χαρακτηρίζουν ή όχι ένα δείγμα ως μάργα κυμαίνεται μεταξύ 4% κ.β. (δείγμα Α9ζ) και 79% κ.β. (δείγμα Α9γ). Ως μάργες χαρακτηρίζονται κλαστικά δείγματα με περισσότερο από 35% κ.β. άργιλο είναι επομένως πλούσιες σε φυλλοπυριτικά ορυκτά, δηλαδή τα δείγματα Α9α, Α9β, Α9γ.

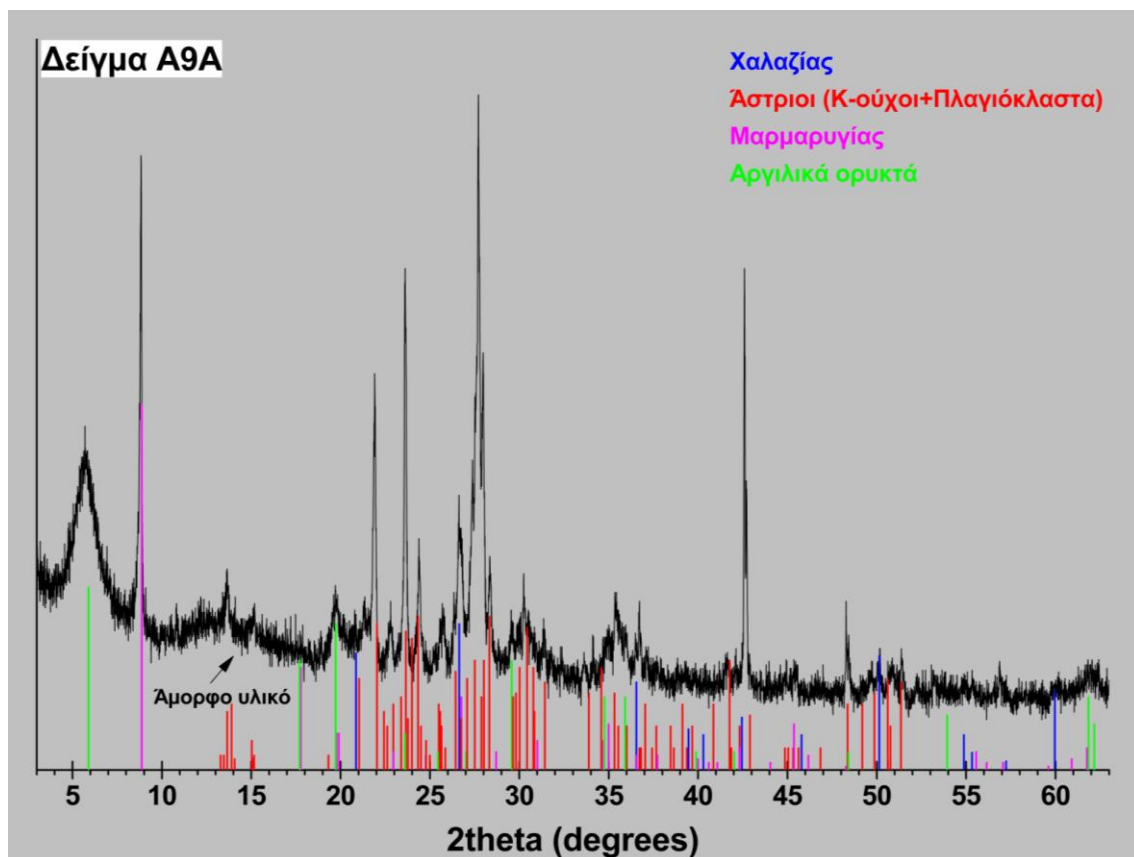
Πιν. 11: Ημιποσοτική ορυκτολογική ανάλυση (% κ.β.) των δειγμάτων της Λήμνου.

ΔΕΙΓΜΑ	Αργιλικά ορυκτά	Μαρμαρυγίες	Χαλαζίας	Άστριοι	Οπάλιος (Α+CT)	Γύψος	Άμορφο υλικό
Α9α	24	45	4	20	-	-	7
Α9β	44	19	14	15	-	-	8
Α9γ	19	60	-	21	-	-	-
Α9δ	25	-	6	3	57	-	9
Α9ε	18	3	8	12	40	11	8
Α9στ	45	-	7	5	38	-	-
Α9ζ	4	-	2	1	86	-	7
Α9η	12	8	12	30	22	16	-

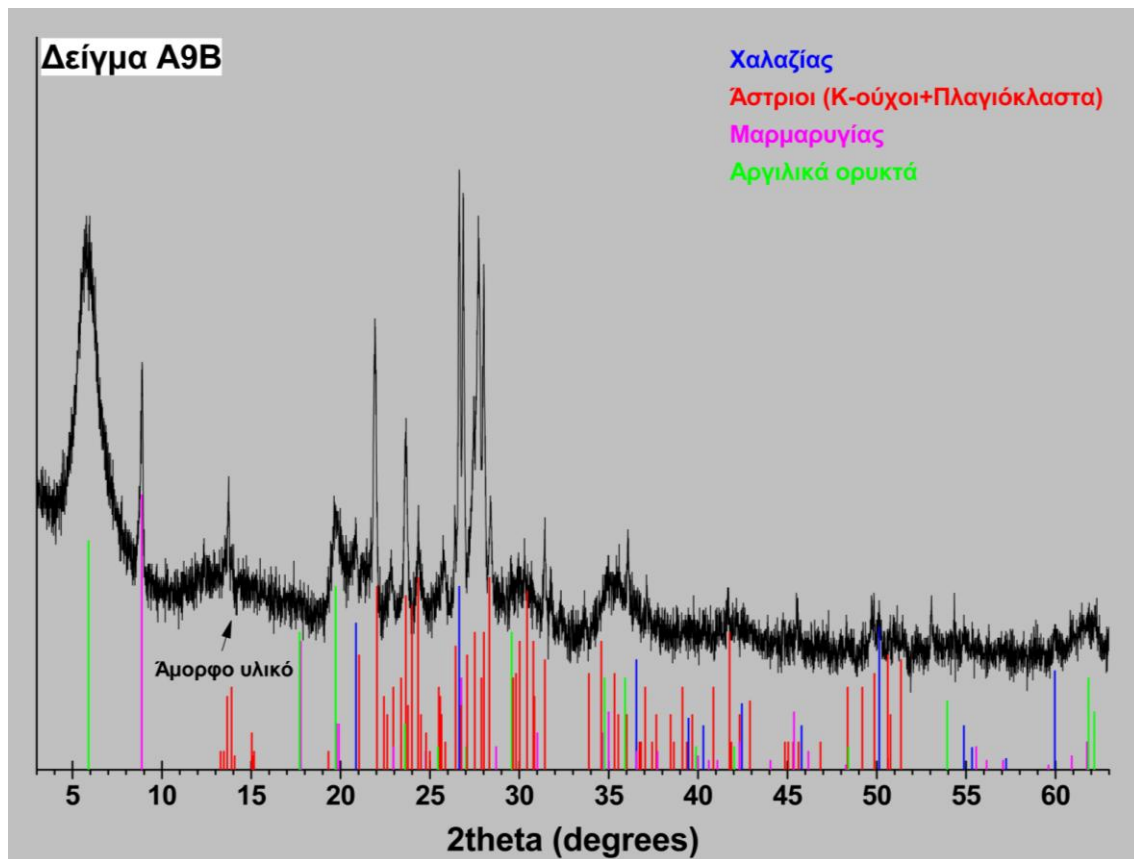
Ο οπάλιος (Α+CT) εμφανίζεται σε 5 από τα 8 δείγματα, εντοπίζεται στους βαθύτερους ορίζοντες και κυμαίνεται μεταξύ 22% κ.β. (δείγμα Α9η) και 86% κ.β. (δείγμα

A9ζ). Ιδιαίτερα για το δείγμα A9ζ, το οποίο περιέχει και τον περισσότερο οπάλιο, μπορούμε να αναφέρουμε ότι μορφολογικά το περιθλασιόγραμμα παραπέμπει στην παρουσία σημαντικού ποσοστού οπαλίου-CT. Άστριοι αναγνωρίζονται σε όλα τα δείγματα σε ποσοστά που κυμαίνονται μεταξύ 1% κ.β. (δείγμα A9ζ) και 30% κ.β. (δείγμα A9η), ενώ ο χαλαζίας αναγνωρίστηκε σε 7 από τα 8 δείγματα σε μικρότερα ποσοστά που κυμαίνονται μεταξύ 2% κ.β. (δείγμα A9ζ) και 14% κ.β. (δείγμα A9η).

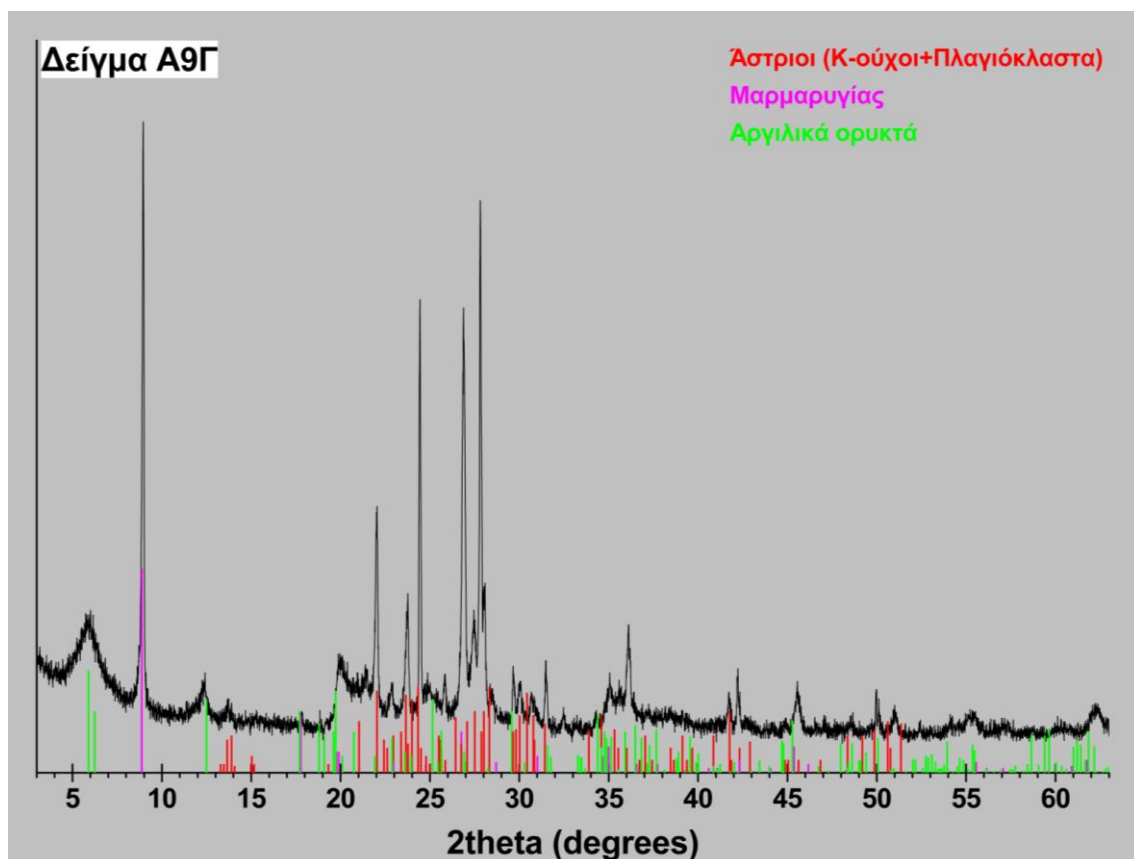
Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει για τη γύψο η οποία αναγνωρίστηκε σε δύο δείγματα στους βαθύτερους ορίζοντες A9ε (11% κ.β.) και A9η (16% κ.β.) και η παρουσία της δείχνει εβαποριτικό περιβάλλον συναπόθεσης.



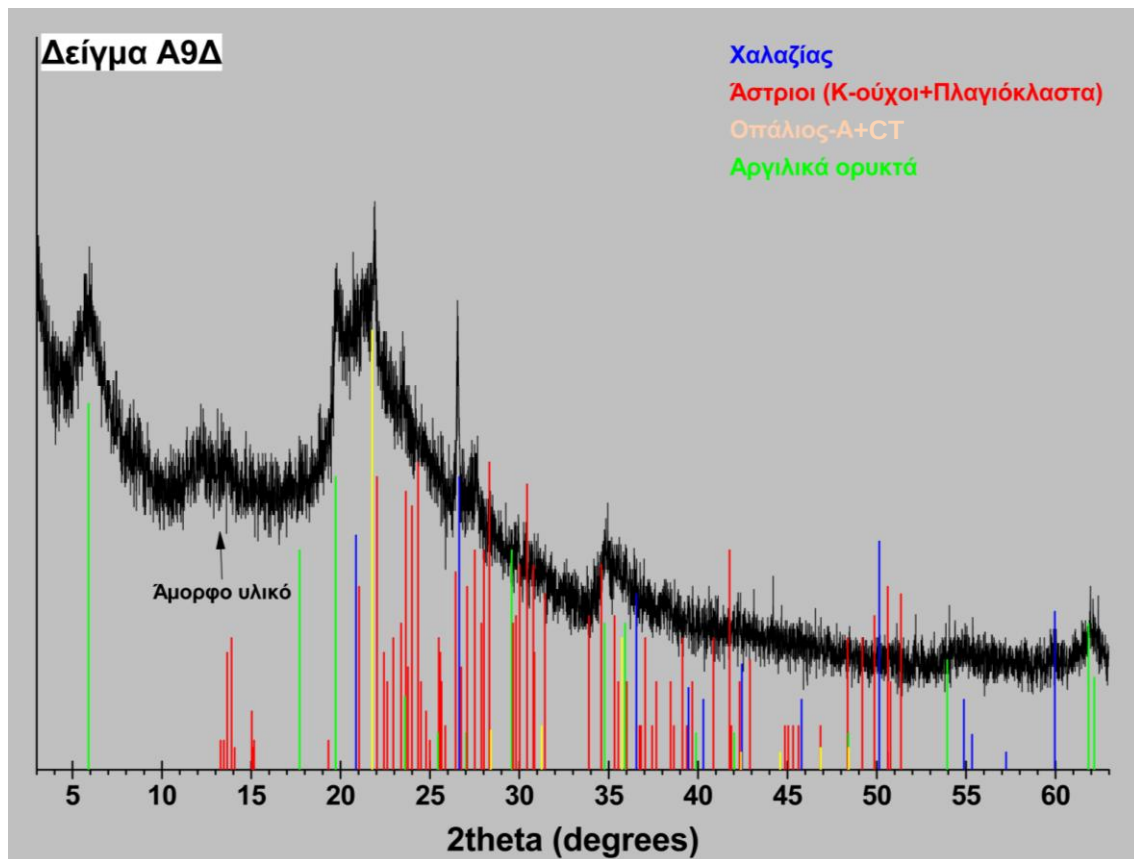
Εικόνα 24. Περιθλασιόγραμμα του δείγματος A9A.



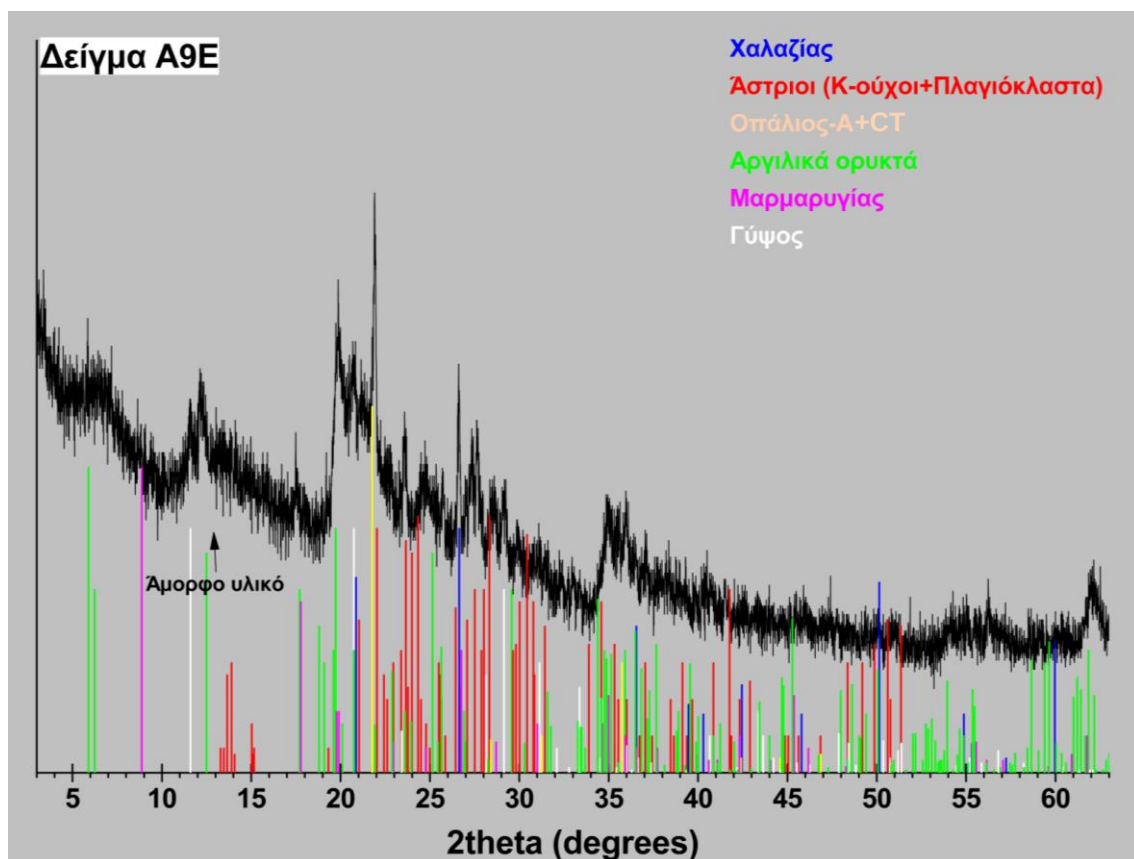
Εικόνα 25. Περιθλασιόγραμμα του δείγματος A9B.



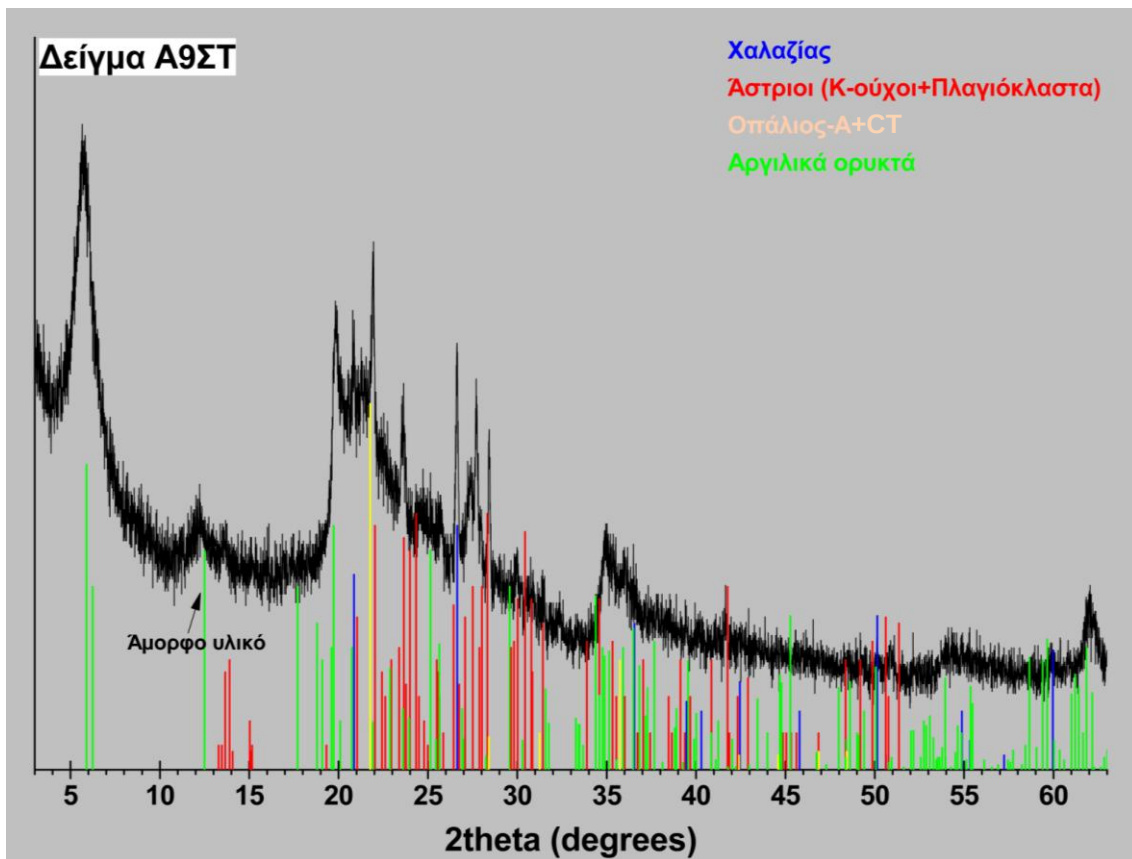
Εικόνα 26. Περιθλασιόγραμμα του δείγματος A9Γ.



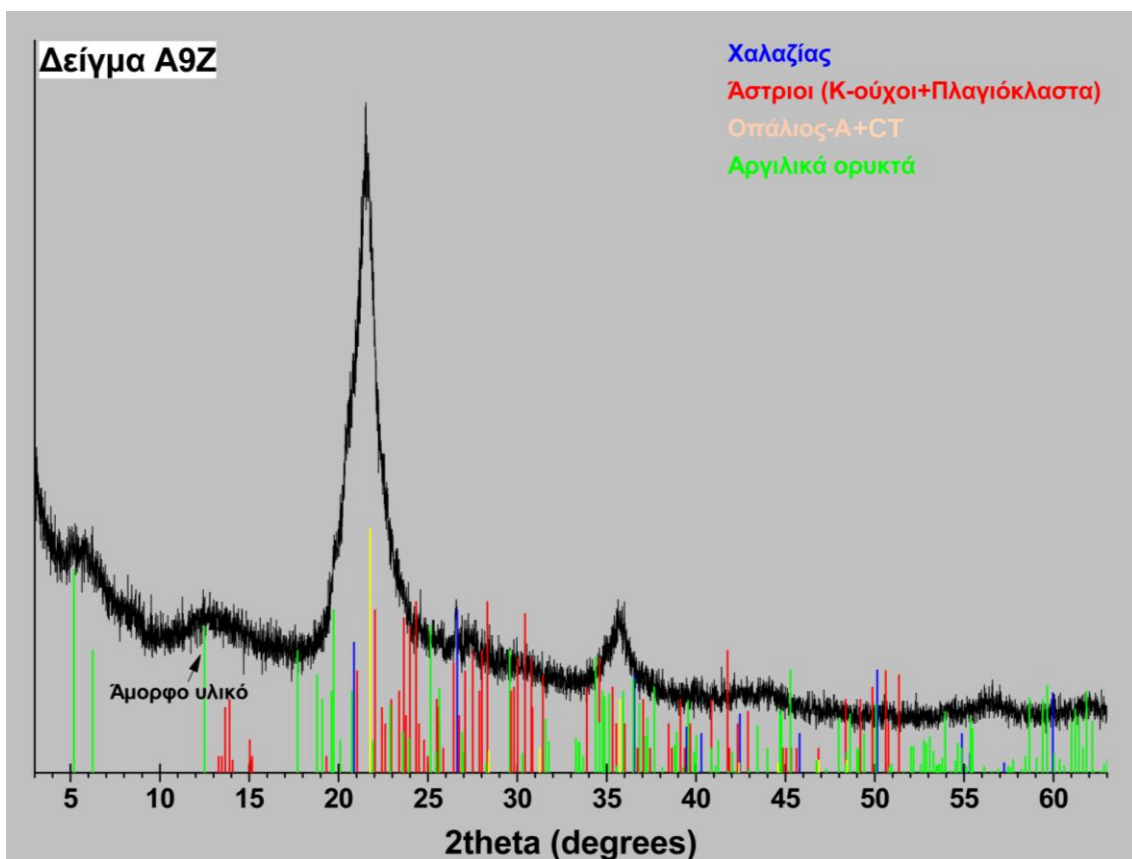
Εικόνα 27. Περιθλασιόγραμμα του δείγματος A9Δ.



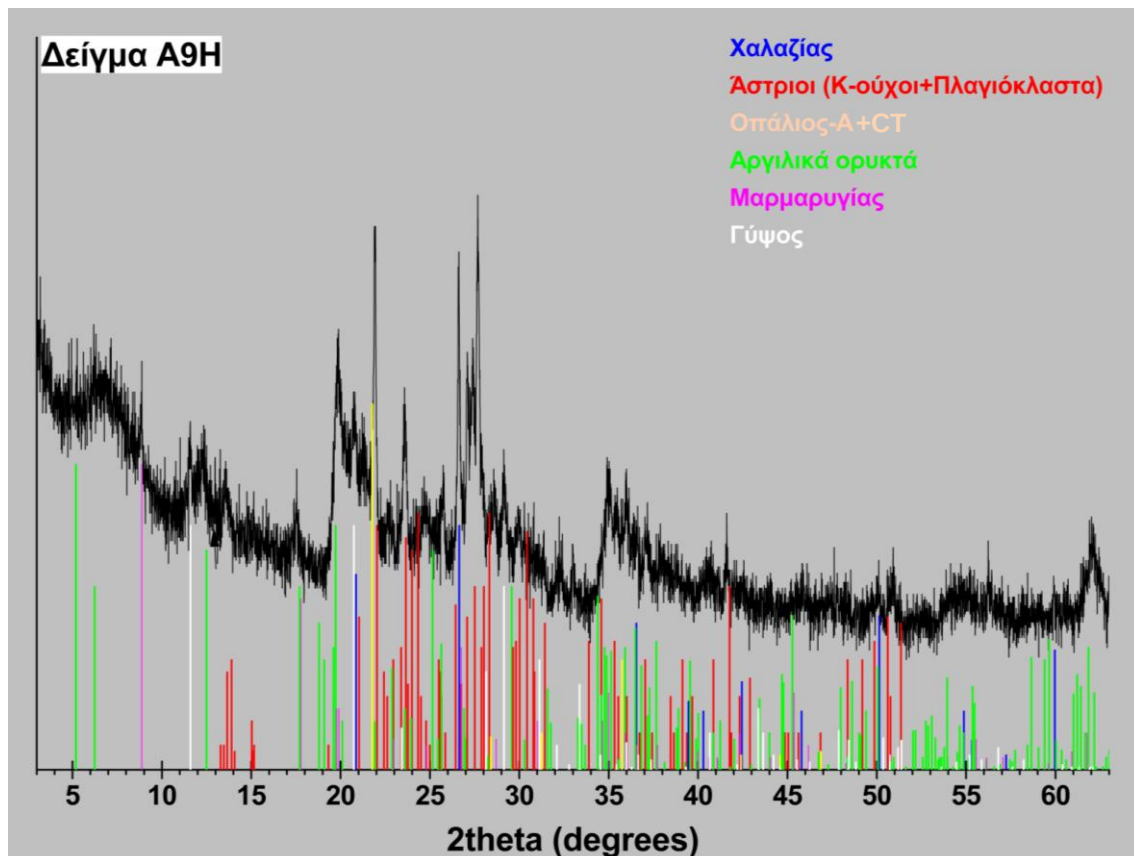
Εικόνα 28. Περιθλασιόγραμμα του δείγματος A9Ε.



Εικόνα 29. Περιθλασιόγραμμα του δείγματος A9ΣΤ.



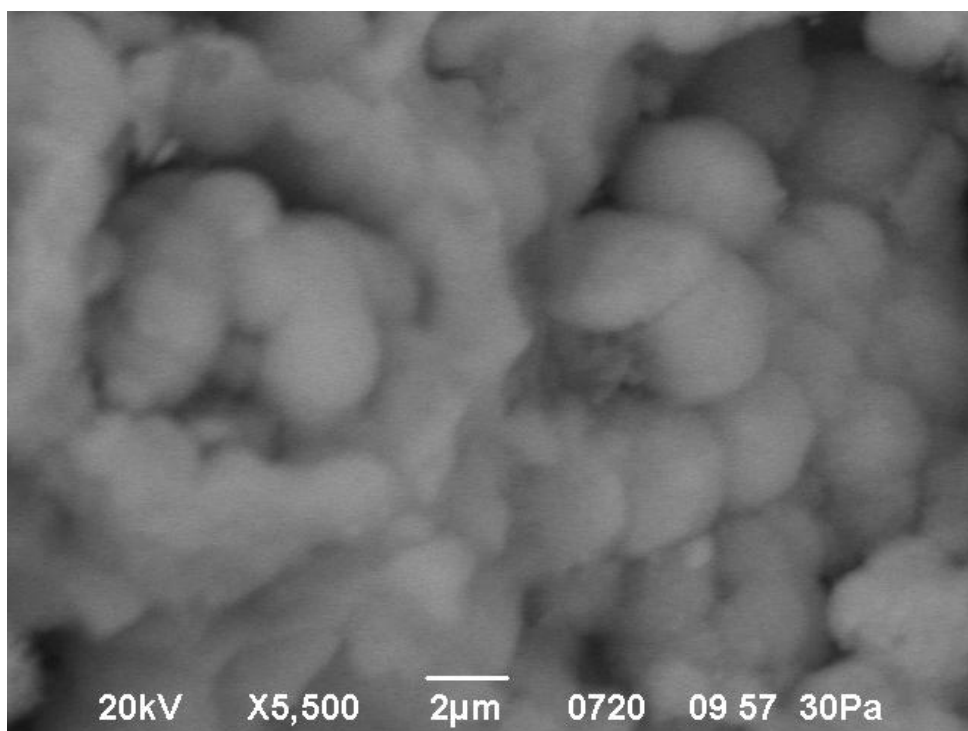
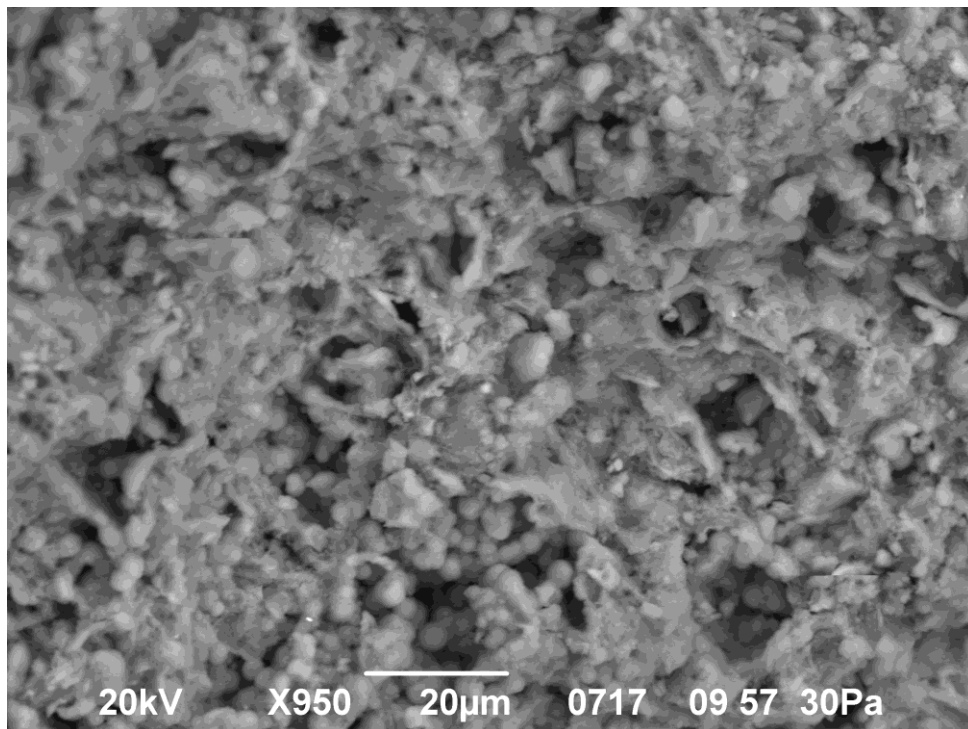
Εικόνα 30. Περιθλασιόγραμμα του δείγματος A9Z.



Εικόνα 31. Περιθλασιόγραμμα του δείγματος A9H.

4.3. Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης

Θραύσματα από το δείγμα A9ζ, το οποίο διαπιστώθηκε ότι είναι και το πλουσιότερο σε οπάλιο (A+CT), μελετήθηκαν στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης προκειμένου να διαπιστωθεί εάν είναι εμφανής η μορφολογία των διατόμων. Στην Εικ. 33 παρουσιάζονται φωτογραφίες του εξεταζόμενου δείγματος από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Διαπιστώνεται ότι επικρατούν κυρίως συσσωματώματα σφαιρικών μορφών που έρχονται σε επαφή μεταξύ τους. Πουθενά δεν υπάρχουν ευδιάκριτες μορφές διατόμων. Αυτό μας οδηγεί να υποθέσουμε ότι οι διατομίτες έχουν υποστεί διαγένεση, η οποία οδήγησε στην αλλαγή της μορφολογίας του δείγματος (σκελετικά στοιχεία διατόμων $\Rightarrow$ συσσωματώματα σφαιρικών μικροδομών) και στο σχηματισμό οπαλίου-CT (αύξηση της κρυσταλλικότητας) σύμφωνα με τις παρατηρήσεις της ορυκτολογικής μελέτης. Καθώς το βιογενές πυρίτιο θάβεται κάτω από μέτρα ή χιλιόμετρα ιζημάτων, η έκθεση σε υψηλότερες θερμοκρασίες και πιέσεις μεταβάλλει τη δομή του βιογενούς υλικού, μετατρέποντάς την από άμορφο οπάλιο-A σε οπάλιο-CT και σε ορισμένες περιπτώσεις σε κερατόλιθο (π.χ. Williams and Crerar 1985, Williams et al. 1985, Hesse 1989, Knauth 1994).



Εικόνα 32. Μικροφωτογραφίες του εξεταζόμενου δείγματος διατομή A9ζ.

Η μετατροπή του οπάλιου-A σε οπάλιο-CT κατά κανόνα ξεκινά μεταξύ 35-50 °C, που αντιστοιχεί σε βάθη ταφής μερικών εκατοντάδων μέτρων. Σε ορισμένα περιβάλλοντα αυτή η θερμοκρασία μπορεί να είναι αρκετά χαμηλότερη στους 17-21 °C

(Matheney και Knauth 1993) ή ακόμα και 0-4 °C στην Ανταρκτική (Botz και Bohrmann 1991). Ο οπάλιος-CT εμφανίζεται με τη μορφή σφαιρών διαμέτρου έως από ορισμένα μm έως και 10-15 mm, που ονομάζονται *lepispheres*, οι οποίες αποτελούνται από λεπιδοειδείς κρυστάλλους χριστοβαλίτη ή/και τριδυμίτη πάχους 30-50 nm. Οι Kastner et al. (1977) αναφέρουν ότι ο σχηματισμός της μορφής-CT του οπαλίου είναι αποτελέσματα αντιδράσεων διάλυσης ακολουθούμενων από επανακαθίζηση που ευνοούνται από την παρουσία ιόντων μαγνησίου, υδροξυλίων και υψηλής αλκαλικότητας. Η παρουσία αργιλοπυριτικών φάσεων στο αρχικό υλικό συνήθως επιβραδύνει το σχηματισμό οπαλίου-CT (Hinman 1998).

4.4. Χημική ανάλυση

Τα αποτελέσματα των γεωχημικών αναλύσεων με τη μέθοδο φθορισμού ακτίνων-X (XRF) παρουσιάζονται στον Πίν. 12.

Πίνακας 12. Χημική ανάλυση (% κ.β.) κύριων στοιχείων των εξεταζόμενων δειγμάτων.												
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	L.O.I.	Σύνολο
A9α	56,43	0,83	17,87	4,45	0,019	1,38	3,45	3,74	2,62	0,41	8,56	99,751
A9β	56,86	0,76	16,90	6,19	0,017	1,60	2,47	3,05	2,19	0,21	9,54	99,783
A9γ	53,45	1,24	21,26	4,22	0,021	1,47	1,24	1,72	2,73	0,17	12,12	99,626
A9δ	77,49	0,33	7,58	1,52	0,005	0,51	0,39	0,39	0,47	0,03	11,93	100,651
A9ε	58,12	0,63	15,62	4,08	0,009	0,81	0,67	0,58	0,98	0,11	18,52	100,129
A9στ	67,83	0,53	11,59	1,91	0,006	0,80	0,68	0,62	0,88	0,04	14,96	99,846
A9ζ	81,60	0,17	4,50	1,17	0,009	0,44	0,43	0,25	0,32	0,02	11,45	100,363
A9η	49,76	0,86	19,36	6,53	0,008	1,20	1,01	1,11	1,91	0,17	18,37	100,285

Από τις χημικές αναλύσεις κύριων στοιχείων του παραπάνω πίνακα προκύπτει το SiO₂ και το Al₂O₃ είναι τα κύρια στοιχεία των εξεταζόμενων δειγμάτων με ποσοστά που κυμαίνονται μεταξύ 49,76 (δείγμα A9η) και 81,60% κ.β. (δείγμα A9ζ) για το SiO₂ και 4,50 (δείγμα A9ζ) και 21,26% κ.β. (δείγμα A9γ) για το Al₂O₃. Από τα υπόλοιπα κύρια στοιχεία που μετρήθηκαν, το TiO₂ κυμαίνεται μεταξύ 0,17 (δείγμα A9ζ) και 1,24% κ.β. (δείγμα A9γ), ο Fe₂O₃ μεταξύ 1,17 (δείγμα A9η) και 6,53% κ.β. (δείγμα

A9ζ), το MnO μεταξύ 0,005 (δείγμα A9δ) και 0,021% κ.β. (δείγμα A9γ), το MgO μεταξύ 0,44 (δείγμα A9ζ) και 1,60% κ.β. (δείγμα A9β), το CaO μεταξύ 0,39 (δείγμα A9δ) και 3,45% κ.β. (δείγμα A9α), το Na₂O μεταξύ 0,25 (δείγμα A9ζ) και 3,74% (δείγμα A9α), το K₂O μεταξύ 0,32 (δείγμα A9ζ) και 2,73% κ.β. (δείγμα A9γ), ενώ το P₂O₅ μεταξύ 0,02 (δείγμα A9ζ) και 0,41% κ.β. (δείγμα A9α). Τέλος, η απώλεια πύρωσης μετρήθηκε μεταξύ 8,56 (δείγμα A9α) και 18,52% κ.β. (δείγμα A9ε).

Από την αξιολόγηση των χημικών αναλύσεων διαπιστώνεται ότι είναι σε καλή συμφωνία με τα αποτελέσματα των ορυκτολογικών αναλύσεων. Τα δείγματα με υψηλή περιεκτικότητα σε SiO₂ έχουν και σημαντική περιεκτικότητα σε οπάλιο-A+CT.

Ιδιαίτερης αναφοράς χρήζει το στρώμα A9ζ το οποίο εμφανίζει την υψηλότερη περιεκτικότητα σε SiO₂ και οπάλιο και ακολουθούμενο από το στρώμα A9δ δείχνει να είναι το καλύτερο διατομικό υλικό της τομής.

Κεφάλαιο 5°

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οκτώ δείγματα ιζηματογενών σχηματισμών (μάργες και διατομίτες) συλλέχθηκαν από την ερευνητική γεώτρηση Α9, στην περιοχή Παρανησιά της Ν. Λήμνου. Τα δείγματα εξετάστηκαν ορυκτολογικά, μορφολογικά-ορυκτοχημικά και χημικά με στόχο της αξιολόγησης των εμφανιζόμενων στρωμάτων διατομιτών.

Ορυκτολογικά, αναγνωρίστηκαν άμορφο υλικό σε ποσοστά 7-9% κ.β., αργιλικά ορυκτά με το ποσοστό τους να κυμαίνεται μεταξύ 4 και 45% κ.β., μαρμαρυγίες (κυρίως μοσχοβίτης) εμφανίζονται σε 5 από τα 8 δείγματα σε ποσοστά που κυμαίνονται μεταξύ 3 και 60% κ.β., ενώ το σύνολο των φυλλοπιριτικών ορυκτών (αργιλικά ορυκτά+μαρμαρυγίες) που χαρακτηρίζουν ή όχι ένα δείγμα ως μάργα κυμαίνεται μεταξύ 4 και 79% κ.β. Ως μάργες χαρακτηρίζονται τα δείγματα Α9α, Α9β, Α9γ. Ο οπάλιος-Α εμφανίζεται σε 5 από τα 8 δείγματα, εντοπίζεται στους βαθύτερους ορίζοντες και κυμαίνεται μεταξύ 22 και 86% κ.β. Άστριοι αναγνωρίζονται σε όλα τα δείγματα σε ποσοστά που κυμαίνονται μεταξύ 1 και 30% κ.β., ενώ ο χαλαζίας αναγνωρίστηκε σε 7 από τα 8 δείγματα σε μικρότερα ποσοστά. Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει για τη γύψο η οποία αναγνωρίστηκε σε δύο δείγματα σε βαθύτερους ορίζοντες και η παρουσία της δείχνει εβαποριτικό περιβάλλον συναπόθεσης.

Η μελέτη του εξεταζόμενου δείγματος στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης ανέδειξε ότι επικρατούν κυρίως συσσωματώματα σφαιρικών μορφών. Η ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Α9ζ σε συνδυασμό με την παρατήρηση της δομής στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο μας επιτρέπουν να διαπιστώσουμε ότι το συγκεκριμένο υλικό έχει υποστεί διαγένεση, η οποία οδήγησε στην αλλαγή της μορφολογίας του δείγματος και στο σχηματισμό οπαλίου-CT.

Από τις χημικές αναλύσεις κυρίων στοιχείων διαπιστώθηκε ότι το SiO_2 και το Al_2O_3 είναι τα κύρια στοιχεία των εξεταζόμενων δειγμάτων με ποσοστά που κυμαίνονται μεταξύ 49,76-81,60% κ.β. για το SiO_2 και 4,50-21,26% κ.β. για το Al_2O_3 . Από τα υπόλοιπα κύρια στοιχεία που μετρήθηκαν, ο Fe_2O_{3t} κυμαίνεται μεταξύ 1,17 και 6,53% κ.β., το CaO μεταξύ 0,39 και 3,45% κ.β., το Na_2O μεταξύ 0,25 και 3,74%, το K_2O μεταξύ 0,32 και 2,73% κ.β., ενώ τα TiO_2 και P_2O_5 σε χαμηλές περιεκτικότητες. Τέλος, η απώλεια πύρωσης μετρήθηκε μεταξύ 8,56 και 18,52% κ.β.

Από την αξιολόγηση των χημικών αναλύσεων διαπιστώνεται ότι είναι σε καλή συμφωνία με τα αποτελέσματα των ορυκτολογικών αναλύσεων. Τα δείγματα με υψηλή περιεκτικότητα σε SiO_2 έχουν και σημαντική περιεκτικότητα σε οπάλιο-A+CT.

Ιδιαίτερης αναφοράς χρήζει το στρώμα A9ζ το οποίο εμφανίζει την υψηλότερη περιεκτικότητα σε SiO_2 και οπάλιο και ακολουθούμενο από το στρώμα A9δ δείχνουν να είναι τα καλύτερα διατομικά υλικά της τομής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

Ι.Γ.Μ.Ε. 1983. Γ.Φ.Χ. Ν. Λήμνου. Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Αθήνα.

Καντηράνης Ν., Στεργίου Χ.Α., Φιλιππίδης Α. και Δρακούλης Α., 2004. Υπολογισμός του ποσοστού του άμορφου υλικού με τη χρήση περιθλασιογραμμάτων ακτίνων-Χ. 10^ο Διεθνές Συνέδριο Ε.Γ.Ε., Θεσσαλονίκη, Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., 36(1), 446-453.

Μακρή Ε., Σταματάκης Μ., 2005. Η χρήση μικροπορώδων υλικών στην προστασία του περιβάλλοντος. Εφαρμογή ωμού και φρυγμένου ασβεστιτικού διατομίτη στην απορρύπανση αποβλήτων ελαιοτριβείων και στάβλων, και ρευστών πλούσιων σε φωσφορικά ιόντα. 2^ο Συνέδριο της Επιτροπής Οικονομικής Γεωλογίας, Ορυκτολογίας & Γεωχημείας, Θεσσαλονίκη, 199-208.

Σκλαβούνος Σ. Καντηράνης Ν., Παπαδοπούλου Λ., 2011. Εργαστηριακές Μέθοδοι Έρευνας Ορυκτών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Εκδόσεων, 96 σ.

Τσιραμπίδης Α., 2008. Ιζηματογενή Πετρώματα. Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη, 317 σ.

Φρυδάς Δ. και Οικονόμου-Αμίλλη Α., Μάιος 1994. Παλαιοοικολογία από διατομίτες του Ανώτερου Πλειόκαινου στη δυτική Πελοπόννησο. Πρακτικά 7ου Επιστημονικού Συνεδρίου Ε.Γ.Ε., Θεσσαλονίκη, Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, 30(2), 417 – 427.

Ξενόγλωσση

- Botz R. and Bohrmann G., 1991. Low-temperature opal-CT precipitation in Antarctic deep-sea sediments - evidence from oxygen isotopes. *Earth Planet. Sci. Lett.* 107, 612–617.
- Breese O.Y.R., 1994. Diatomite. In: Carr D.D. (S. Ed.) *Industrial Minerals and Rocks*, 6th edn, Soc. of Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., Colorado, 397-411.
- Conger P.S., 1942. Accumulation of diatomaceous deposits. *J. Sed. Petrol.*, 12(2), 55-66.
- Harben P.W., 1992. Diatomite. *The Industrial Minerals Handybook IV*, Industrial Minerals Information, Surrey UK, 118-122.
- Hesse R., 1989. Silica diagenesis: origin of inorganic and replacement cherts. *Earth Sci. Rev.* 26, 253–284.
- Hinman N.W., 1998. Sequences of silica phase transitions: effects of Na, Mg, K, Al, and Fe ions. *Mar. Geol.* 147,13–24.
- Ilia K.I., Stamatakis G.M., Perraki S.Th., 2009. Mineralogy and technical properties of clayey diatomites from north and central Greece. *Central European Journal of Geosciences*, 1(4), 393-403.
- Inglethorpe S.D.J., 1993. *Industrial Minerals Laboratory Manual*, “Diatomite”. British Geological Survey.
- Kadey F.L., 1983. Diatomite. In: S. J. Lefond, ed., *Industrial Minerals and Rocks*, 5th Edition, AIME, New York, NY.
- Kantiranis, N., Tsirambides A., Filippidis, A., and Christaras, B., 1999. Technological characteristics of the calcined limestone from Agios Panteleimonas, Macedonia, Greece. *Materials & Structures* 32, 546-551.
- Kastner M., Keene J.B., and Gieskes J.M., 1977. Diagenesis of siliceous oozes: 1. Chemical controls on the rate of opal-A to opal-CT transformation - experimental study. *Geochim. Cosmochim. Acta* 41, 1041–1058.
- Knauth L.P., 1994. Petrogenesis of chert. *Rev. Min.* 29, 233–258.
- Matheney R.K. and Knauth L.P., 1993. New isotopic temperature estimates for early silica diagenesis in bedded cherts. *Geology* 21, 519–522.
- Moyle R.P. and Dolley P.T., 2003. With or Without Salt - a Comparison of Marine and Continental - Lacustrine Diatomite Deposits. Chapter D of *Contributions to Industrial - Minerals Research*, USGS.

- PC-APD, 1994. Software for automated powder diffraction, version 3.6, The Netherlands, Philips Analytical XRay B.V.
- Perch-Nielsen, K. 1976. New silicoflagellates and a silicoflagellate roton in north European Palaeocene and Eocene diatomites. Bull. geol. Soc. Denmark, 25, 27-40.
- Snelling A.A., 1995. The Whale Fossil In Diatomite, <http://my.icr.org/i/pdf/technical/The-Whale-Fossil-in-Diatomite-Lompoc-California.pdf>
- Stamatakis M. and Stamatakis G, 2010. The use of diatomaceous rocks of Greek origin as absorbents of olive-oil wasters. Πρακτικά 12ου Διεθνούς Συνεδρίου, Πάτρα, Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, 43(5), 2739-2571.
- Stergiou, A., 1995. "CRYST". Program for crystallinity determination, by XRD profile fitting. Thessaloniki, Department of Physics, Aristotle University of Thessaloniki.
- Williams L.A. and Crerar D.A., 1985. Silica diagenesis: II. General mechanisms. J. Sedim. Petrol. 55, 312–321.
- Williams L.A., Parks G.A., and Crerar D.A., 1985. Silica diagenesis: I. Solubility controls. J. Sedim. Petrol. 55, 301–311.

ΙΣΤΟΧΩΡΟΣ

- https://www.google.gr/search?q=diatomites+photos&rlz=1C1GGGE_enGR473GR473&es_sm=122&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=jAlZUtz4FJGX0QXtt4GoDA&ved=0CC8QsAQ&biw=1280&bih=845&dpr=1
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Diatom>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Diatomaceous_earth
- <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=388688091168428&set=a.388688084501762.77260.388684387835465&type=1&theater>
- <http://africanconfidential.com/kenyas-diatomite-industry-targets-european-market/>