



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**Π.Μ.Σ. ΘΕΟΦΡΑΣΤΕΙΟ: ‘ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΙ  
ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ’**

*Διπλωματική Διατριβή*

**ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ-ΓΕΩΧΗΜΙΚΗ ΚΑΙ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ  
ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΟΡΜΟΥ  
ΤΗΣ ΙΤΕΑΣ**



**Συγγραφέας : Εμμανουήλ Γεώργιος - Γλαύκος**  
**Αριθμός Μητρώου : 144Μ/2008006**

**Επιβλέπων Καθηγητής : Π. ΓΑΓΑΝΗΣ**

Μυτιλήνη, Νοέμβριος 2009

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

*Πρόλογος*

*Περίληψη*

## **1. Εισαγωγή - προβληματισμός**

1.1 Η έννοια και η σημασία της παράκτιας ζώνης

1.2 Σκοπός της εργασίας

## **2. Περιοχή μελέτης- Δειγματοληψία**

2.1 Η θέση της περιοχής μελέτης

2.2 Μορφολογία της ευρύτερης περιοχής του όρμου της Ιτέας

2.3 Γεωλογία και της περιοχής

2.4 Στοιχεία για τη μεταλλευτική ιστορία και δραστηριότητα της περιοχής

## **3. Εργασίες πεδίου - Βαθυμετρία - Δειγματοληψία – Περιγραφή**

## **4. Μεθοδολογία, όργανα και υλικά**

4.1 Μεθοδολογική στρατηγική

4.2 Περιγραφή των μεθόδων

4.2.1 Κοκκομετρικές αναλύσεις

4.2.2 Παρατηρήσεις στο διοφθάλμιο μικροσκόπιο

4.2.3 Ορυκτολογικές αναλύσεις - Περιθλασιμετρία ακτίνων X (XRD)

4.2.4 Γεωχημικές αναλύσεις- Φθορισόμετρο ακτίνων X (XRF)

## **5. Παρουσίαση αποτελεσμάτων**

5.1 Τα κοκκομετρικά χαρακτηριστικά των ιζημάτων

5.2 Τα γνωρίσματα της αδρομερούς φάσης των ιζημάτων

5.3 Η ορυκτολογική σύσταση των ιζημάτων

5.4 Γεωχημική σύσταση των ιζημάτων

## **5. Συζήτηση – συμπεράσματα**

**Βιβλιογραφία**

## *Πρόλογος*

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε, στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών ‘ΘΕΟΦΡΑΣΤΙΟΥ’ του Τμήματος Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου του Αιγαίου. Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στα Εργαστήρια Θαλάσσιας Γεωλογίας του Ινστιτούτου Ωκεανογραφίας, του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε), που έχει έδρα την Ανάβυσσο Αττικής.

Από τη θέση αυτή θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στον εμπνευστή και επιβλέποντα της Διπλωματικής Διατριβής αυτής κ. Χρήστο Αναγνώστου, Διευθυντή Ερευνών στο Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας του ΕΛΚΕΘΕ, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και για τις συνεχείς οδηγίες και διευκρινήσεις οι οποίες ήταν καταλυτικός παράγοντας στη διεκπεραίωση της παρούσας διατριβής. Επίσης θέλω να ευχαριστήσω όλο το προσωπικό του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε για την προθυμία τους σε κάθε στιγμή που χρειάστηκα βοήθεια, αλλά ιδιαίτερα την κ. Μαρία Ταξιάρχη και την κ. Γεωργία Καμπούρη, οι οποίες ήταν δίπλα μου από την πρώτη μέχρι την τελευταία στιγμή των εργαστηρίων. Επίσης όλο το διδακτικό προσωπικό του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών ‘ΘΕΟΦΡΑΣΤΙΟΥ’, για τη συμβολή τους στη διεύρυνση των γνώσεων μου, των ερεθισμάτων που απέκτησα στα πλαίσια της ακαδημαϊκής χρονιάς, αλλά πάνω από όλα για την άριστη συνεργασία και κατανόηση που έδειξαν στις δύσκολες στιγμές!

Τέλος οι πιο θερμές ευχαριστίες μου εκφράζονται προς την οικογένειά μου, για την συμπαράστασή τους και για την υπομονή που δείχνουν καθ’ όλη τη διάρκεια της εκπαιδευτικής μου σταδιοδρομίας και γενικότερα της ζωής μου.

## *Περίληψη*

Στην ευρύτερη περιοχή του όρμου της Ιτέας, αλλά και της ευρύτερης περιοχής, λαμβάνουν χώρα μεταλλευτικές δραστηριότητες που επιβαρύνουν τον όρμο σε βαρέα μέταλλα.

Στην παρούσα μελέτη, μια σειρά 26 δειγμάτων επιφανειακών ιζημάτων αναλύθηκαν ιζηματολογικά κα γεωχημικά, με σκοπό τον προσδιορισμό της κοκκομετρικής, γεωχημικής και ορυκτολογικής σύστασης των επιφανειακών ιζημάτων του όρμου.

Στην αρχή γίνεται μια αναφορά για τη βιομηχανική - μεταλλευτική δραστηριότητα της περιοχής και δίνονται πληροφορίες για την περιοχή μελέτης.

Στην συνέχεια ακολουθεί περιγραφή των εργασιών πεδίου και γίνεται εκτενής αναφορά στην μεθοδολογία των κοκκομετρικών, γεωχημικών και ορυκτολογικών αναλύσεων που εφαρμόστηκαν. Επίσης έγινε και προσδιορισμός βαρέων μετάλλων σε σάρκα πεταλίδων.

Τα αποτελέσματα των παραπάνω αναλύσεων, έδειξαν την επιβάρυνση του όρμου σε βαρέα μέταλλα, που σχετίζεται με τις μεταλλευτικές δραστηριότητες της περιοχής.

# 1. Εισαγωγή – προβληματισμός

## 1.1 Η έννοια και η σημασία της παράκτιας ζώνης γενικά

Οι όροι παράκτια ζώνη (coastal zone) και παράκτιος χώρος (coastal area) παρά το ότι χρησιμοποιούνται ευρύτατα στη διεθνή βιβλιογραφία, καθώς και στο ευρύ κοινό, προσλαμβάνουν συχνά διαφορετική σημασία, τόσο ανάμεσα σε διαφορετικούς επιστημονικούς κλάδους όσο και ανάμεσα σε πολιτικούς και οικονομικούς φορείς. Η έννοια της Παράκτιας Ζώνης συχνά παραπέμπει στην ευρέως διαδεδομένη αντίληψη περί της ‘ακτής’ (ή ακτογραμμής), δηλαδή μια στενή ζώνη που περιλαμβάνει την ξηρά και το θαλάσσιο περιβάλλον λίγα μόλις μέτρα εκατέρωθεν της γραμμής διαχωρισμού τους. Η διατύπωσή της, όπως επίσης και της έννοιας του παράκτιου χώρου γίνεται για πρώτη φορά στην ορολογία που δόθηκε στο άρθρο για τη διαχείριση της παράκτιας ζώνης, στην νομοθεσία των Η.Π.Α. το 1972 (Ketchum, 1972) όπου αναφέρεται: “ παράκτια ζώνη είναι το χερσαίο και γειτονικό θαλάσσιο τμήμα (υδάτινο και βυθός) στο οποίο οι χερσαίες διεργασίες επηρεάζουν άμεσα τις θαλάσσιες διεργασίες και χρήσεις και αντίστροφα ”.

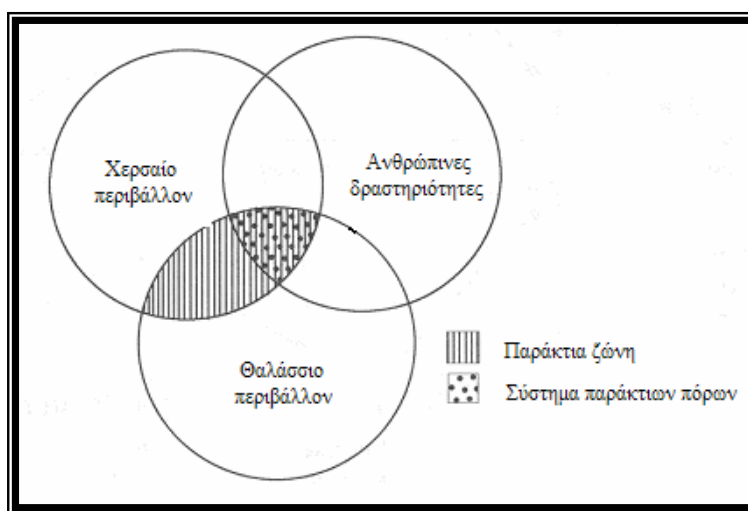
Τα όρια της παράκτιας ζώνης ποικίλουν ανάλογα με την επιθυμητή προσέγγιση, τα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν αλλά και τους στόχους των συγκεκριμένων προγραμμάτων και δεν υπάρχει σαφής τρόπος οριοθέτησης (Clark, 1997).

Η οριοθέτηση μπορεί να έχει σχέση με (Κοκκώσης κ.α., 1999):

- ρυθμίσεις που αφορούν τις χρήσεις της παράκτιας γης,
- επιστημονικές απόψεις για την ποιότητα των θαλάσσιων πόρων στα παράκτια ύδατα, όπου αυτή η ποιότητα εξαρτάται από την αντίστοιχη περιβαλλοντική ποιότητα της ακτής και τη ζώνη μέσα στην οποία η υποδομή και οι δραστηριότητες είναι άμεσα συνδεδεμένες με τη θάλασσα,
- ολόκληρη την έκταση της λεκάνης απορροής όταν πρόκειται για μελέτη γεωλογικών, γεωμορφολογικών ή υδρογεωλογικών διεργασιών στο παράκτιο σύστημα,
- διοικητικές υποδιαιρέσεις (π.χ. τα χερσαία όρια των ΟΤΑ, τα θαλάσσια σύνορα του κράτους κ.λ.π.).

Η παράκτια ζώνη αποτελεί ένα δυναμικό σύστημα με μεγάλη οικονομική και περιβαλλοντική σημασία. Ένας μεγάλος αριθμός δραστηριοτήτων αναπτύσσονται σε αυτή και ένας μεγάλος συνδυασμός απαιτήσεων εκδηλώνεται προς τους πόρους της. Η παράκτια ζώνη συγκεντρώνει τις ευνοϊκές προϋποθέσεις για τη μόνιμη και εποχιακή εγκατάσταση κατοίκων, τον τουρισμό και την αναψυχή, την αλιεία, την ιχθυοκαλλιέργεια και οστρακοκαλλιέργεια, την δημιουργία υποδομών για τις μεταφορές και τη βιομηχανική ανάπτυξη. Η επιτυχής και αποδοτική λειτουργία όλων αυτών των δραστηριοτήτων εξαρτάται καθοριστικά από την καλή ποιότητα του θαλάσσιου περιβάλλοντος, του οποίου η υποβάθμιση μπορεί να επιφέρει καθοριστικά οικονομικά και κοινωνικά πλήγματα στις παράκτιες περιοχές. Ταυτόχρονα όμως, όλες αυτές οι δραστηριότητες ασκούν μεγάλη πίεση στις προσκείμενες θάλασσες, που αποτελούν τον τελικό αποδέκτη των απορροών τους.

Από το σύνολο της έκτασης που καταλαμβάνει η παράκτια ζώνη, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το τμήμα εκείνο στο οποίο οι ανθρώπινες δραστηριότητες αλληλεπιδρούν τόσο με το χερσαίο όσο και με το θαλάσσιο περιβάλλον (Εικ.1). Ο εντοπισμός συνδυασμών δραστηριοτήτων υπαγόμενων στις παραπάνω κατηγορίες στα στενά όρια της παράκτιας ζώνης, οδηγεί συχνά σε έντονο ανταγωνισμό για χώρο, σε προβλήματα, καθώς και συγκρούσεις.



**Εικ. 1** Η περιοχή της Παράκτιας Ζώνης που υποστηρίζει τις ανθρώπινες δραστηριότητες (από Cicin-Sain & Knecht, 1998 μερικώς τροποποιημένο).

Οι κυριότερες ανθρώπινες δραστηριότητες στην παράκτια ζώνη αφορούν την οικιστική χρήση, τις συγκοινωνίες, τις μεταφορές και το εμπόριο, την χρήση βιολογικών, ορυκτών και ενεργειακών πόρων, τον τουρισμό και την αναψυχή, την

απόθεση λυμάτων, την στρατηγική και την άμυνα και τέλος την επιστημονική έρευνα. (Clark, 1997).

Τέτοια περίπτωση αποτελεί και η περιοχή μελέτης μας εξαιτίας της έντονης μεταλλευτικής δραστηριότητας της περιοχής. Πρόκειται για μεταλλεία βωξίτη και γέφυρες εκφόρτωσης. Η δραστηριότητα αυτή συνοδεύεται από την παραγωγή παραπροϊόντων που απορρίπτονται στη θάλασσα.

Ανάμεσα στις πιο επιβλαβείς ουσίες των αποβλήτων, όλων των παραπάνω διαδικασιών, ανήκουν τα βαρέα μέταλλα και οι ενώσεις τους, τα οποία συνιστούν μια ομάδα με σοβαρές επιπτώσεις στο θαλάσσιο οικοσύστημα, αφού δεν αποδομούνται με φυσικές διεργασίες στα νερά, παραμένουν στο περιβάλλον για αρκετό χρονικό διάστημα, αποτελούν αθροιστικούς ρύπους και παρεμβαίνουν στην τροφική αλυσίδα των οργανισμών, διαταράσσοντας την πάντα ευαίσθητη οικολογική ισορροπία. Οξεία τοξικά φαινόμενα ή χρόνιες επιδράσεις είναι δυνατόν να επηρεάσουν την υγεία, την ανάπτυξη και την αναπαραγωγική ικανότητα των θαλασσίων ειδών και να βλάψουν όχι μόνο τις βιοκοινωνίες τους, αλλά και τον τελικό καταναλωτή, τον άνθρωπο. Ο κυριότερος μηχανισμός της τοξικής δράσης των βαρέων μετάλλων είναι η δηλητηρίαση των ενζυμικών συστημάτων κατά το σχηματισμό χηλικών ενώσεων των μεταλλοϊόντων με τις ενεργές ομάδες των οργανικών μορίων των ενζύμων. Αν χορηγηθούν σε έναν οργανισμό συγχρόνως αρκετές από τις τοξικές ενώσεις των μετάλλων, τότε προστίθεται συνήθως η δράση τους. Σύμφωνα με ορισμένες έρευνες για μερικούς συνδυασμούς μετάλλων (Ni+Zn, Cu+Zn, Cu+Cd), έχει παρατηρηθεί μια αύξηση της τοξικής δράσης μέχρι και σε πενταπλάσια τιμή από εκείνη που προκύπτει από την άθροιση των επί μέρους δράσεων. (Φυτιάνος, 1996)

Η τελική κατάληξη των βαρέων μετάλλων είναι η απόθεσή τους στα ιζήματα του πυθμένα της θάλασσας. Η διαρκής συσσώρευση ρύπων μπορεί να μετατρέψει το ίζημα σε δευτερογενή πηγή ρύπανσης, ανάλογα με τις φυσικοχημικές συνθήκες που διαμορφώνονται στα θαλάσσια μάζα. Έτσι, το ίζημα του πυθμένα αποτελεί μια καθοριστική φάση για το θαλάσσιο σύστημα και η μελέτη του αποδεικνύεται ουσιαστική για την κατανόηση των μηχανισμών που ρυθμίζουν την πορεία των βαρέων μετάλλων μέσα σ' αυτό.

Η κατανόηση των μηχανισμών της ρύπανσης είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη διαμόρφωση διαχειριστικών τακτικών για την αντιμετώπισή της, ανάγκη που απορρέει όχι μόνο από την οικονομική της σημασία αλλά και από τη σπουδαιότητα της προστασίας και διατήρησης της φυσικής θαλάσσιας οικολογίας της περιοχής.

Η πλήρης εκτίμηση της θαλάσσιας ρύπανσης συνίσταται στον ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό των ρυπαντικών φορτίων και των τοξικών ουσιών τόσο στο θαλασσινό νερό και στα ιζήματα όσο και στους υδρόβιους οργανισμούς (Jeftic, 1991).

Η ανεύρεση της συγκέντρωσης ενός ρύπου στο θαλασσινό νερό αποτελεί μια ένδειξη της παρουσίας της συγκεκριμένης ουσίας την συγκεκριμένη χρονική στιγμή, παρέχοντας ελάχιστες πληροφορίες όσον αφορά την χωροχρονική του κατανομή. Η μελέτη των ιζημάτων οδηγεί σε χρήσιμες πληροφορίες κατά την πραγματοποίηση γεωχημικών μελετών που αφορούν την θαλάσσια ρύπανση.

## **1.2 Σκοπός της εργασίας**

Σκοπός της παρούσας εργασίας, είναι να γίνει μια εκτίμηση των επιπτώσεων στο θαλάσσιο σύστημα του όρμου της Ιτέας, από τη λειτουργία των μεταλλείων βωξίτη.

Σε επιφανειακά δείγματα ιζήματος που ελήφθησαν από την περιοχή έγιναν κοκκομετρικές, ορυκτολογικές και γεωχημικές αναλύσεις, έτσι ώστε να προσδιοριστεί η ποιότητα των ιζημάτων καθώς και η συγκέντρωση των χημικών στοιχείων στα ιζήματα, με έμφαση στα βαρέα μέταλλα. Επίσης έγινε ένας έλεγχος βαρέων μετάλλων σε σάρκα πεταλίδων για να προσδιοριστεί αν υπάρχει βιοσυσώρευση στην τροφική αλυσίδα της περιοχής. Για την πραγματοποίηση όλων των διαδικασιών χρησιμοποιήθηκαν οι τεχνικές, η μεθοδολογία και ο εξοπλισμός του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε).

Τα αποτελέσματα αυτών των αναλύσεων συντίθενται και συζητούνται υπό την οπτική γωνία των επιπτώσεων στα ιζήματα και κατ' επέκταση στο θαλάσσιο περιβάλλον του όρμου της Ιτέας.

## **2. Περιοχή μελέτης - Δειγματοληψία**

### **2.1 Η θέση της περιοχής μελέτης**

Ο όρμος της Ιτέας βρίσκεται στις βόρειες ακτές του Κορινθιακού κόλπου, στο νομό Φωκίδας και αποτελεί εγκόλπωση του Κρυσσαίου κόλπου (Εικ. 2). Η περιοχή μελέτης επηρεάζεται από σχετικά μικρή λεκάνη απορροής. Η μορφολογία του παράκτιου χώρου της ενότητας είναι ομοιόμορφη και αποτελείται από βραχώδης



ακτές. Οι κλίσεις είναι σχετικά μεγάλες και δεν υπάρχουν προσχωσιγενείς ακτές.

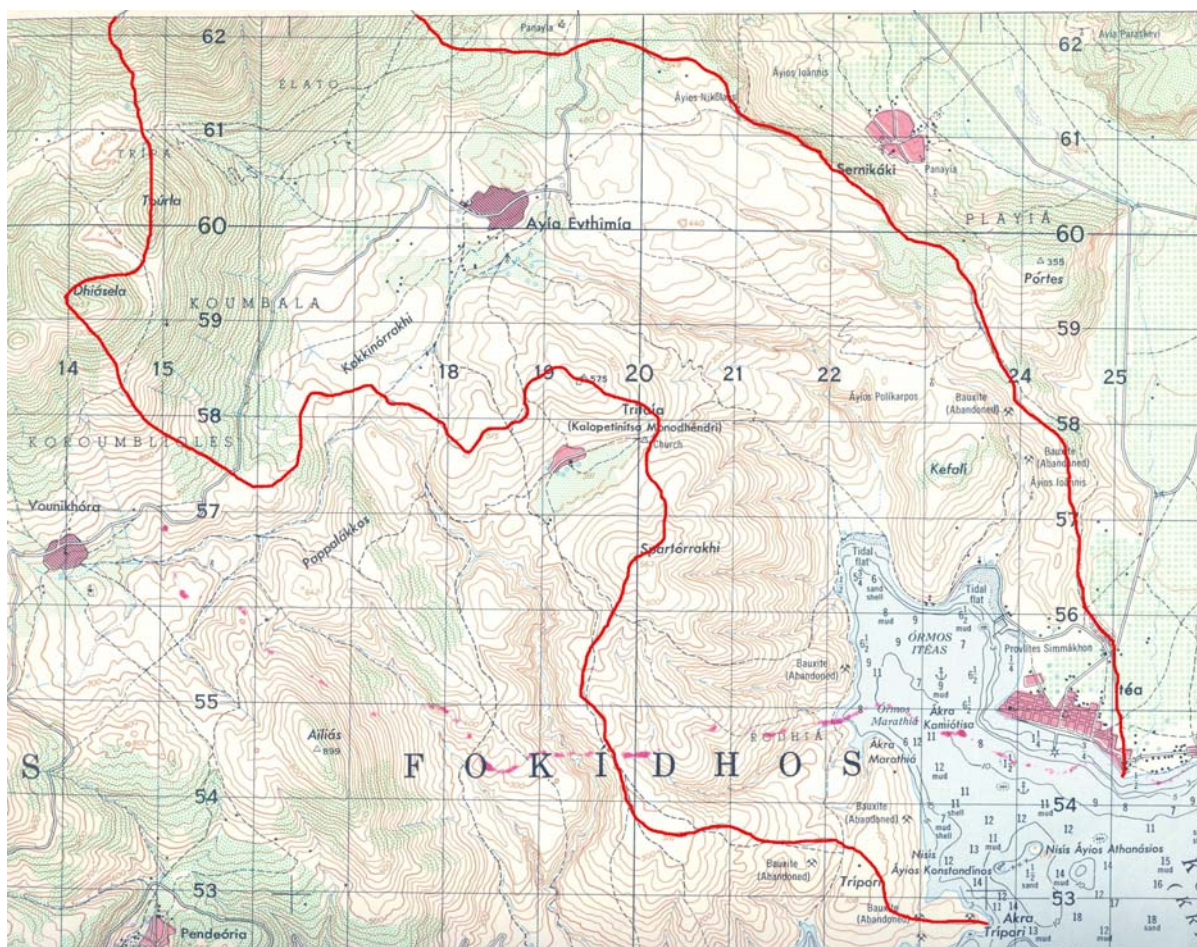


**Εικ. 2.:** Χάρτης περιοχής μελέτης: (επάνω αριστερά) η θέση του Κρισσαίου Κόλπου στον Κορινθιακό Κόλπο, (επάνω δεξιά) ο Κρισσαίος Κόλπος και η οριοθέτηση του όρμου της Ιτέας, (κάτω) ο όρμος της Ιτέας - περιοχή μελέτης

Στην παρούσα εργασία ορίζουμε ως παράκτιο σύστημα του όρμου της Ιτέας, τη γεωγραφική έκταση που οριοθετείται από τον υδροκρίτη του όρμου και ορίζει τη λεκάνη απορροής του θαλάσσιου συστήματος του όρμου.

## 2.2 Μορφολογία της ευρύτερης περιοχής του όρμου της Ιτέας

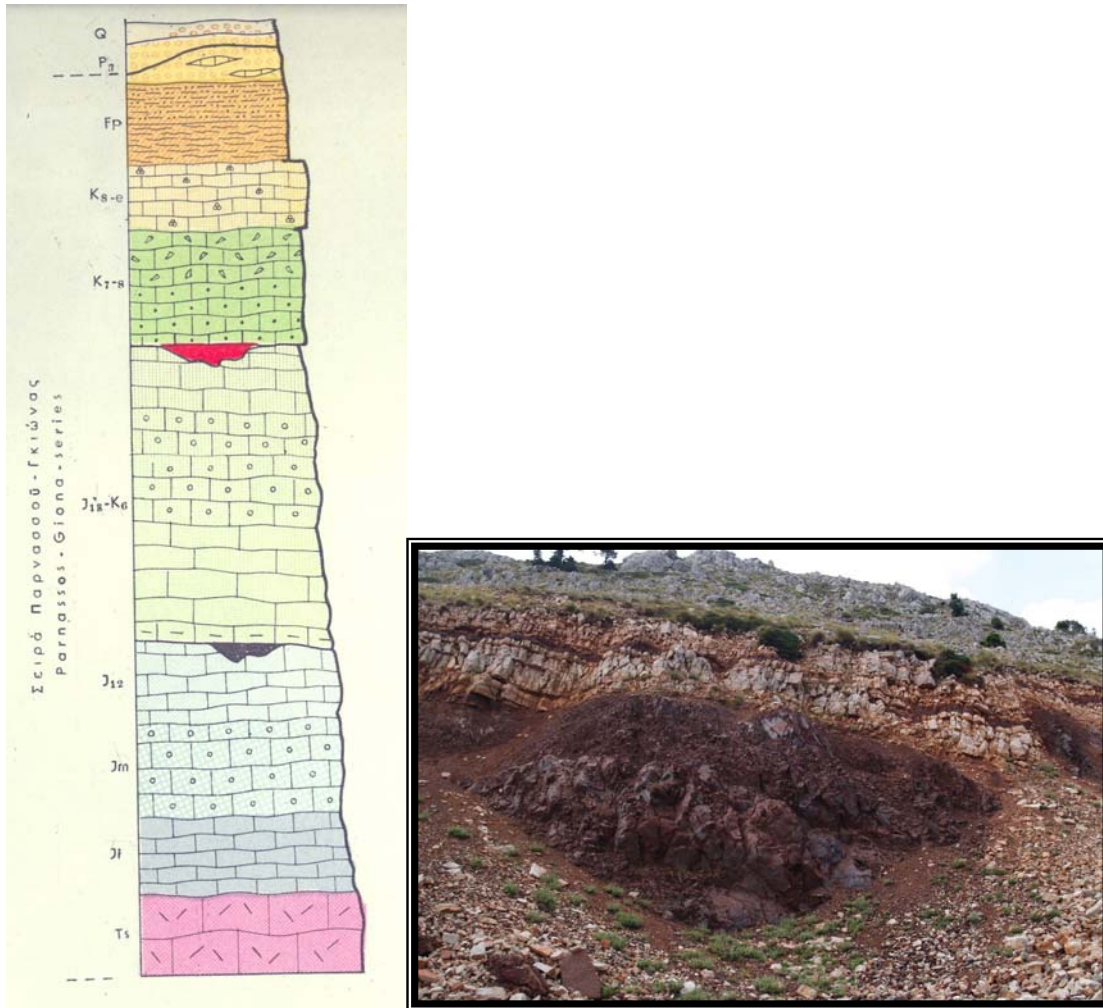
Ως ευρύτερη περιοχή ορίζεται, όπως αναφέρθηκε, η περιοχή που οριοθετείται ως λεκάνη απορροής στον όρμο τη Ιτέας. Η λεκάνη απορροής της περιοχής μελέτης (Εικ. 3), παρουσιάζει ένα επιμήκες σχήμα με προσανατολισμό ΒΔ-ΝΑ. Είναι μία περιοχή με μέγιστο ύψος τα 1457 m., έχει μέγιστο μήκος 8,3 km, μέγιστο πλάτος 5,24 km και ελάχιστο πλάτος 3,25 km. Αποτελείται από λόφους με ύψη που κυμαίνονται από 400-600 m. με απότομες κλίσεις πλην της μικρής πεδιάδας που υπάρχει γύρω από το χωριό της Αγ. Ευθυμίας. Δεν υπάρχουν σημαντικοί ποταμοί που να τροφοδοτούν τις ακτές με φερτές ύλες, παρά μόνο μικροί χείμαροι.



Εικ. 3.: Μορφολογικός χάρτης της λεκάνης απορροής της περιοχής μελέτης (Γ.Υ.Σ., 1951)

### 2.3 Γεωλογία της λεκάνης απορροής

Στο χάρτη της Εικ. 4 φαίνεται η γεωλογία της ευρύτερης περιοχής. Στο χάρτη έχει οριοθετηθεί η λεκάνη απορροής η οποία συμπεριλαμβάνει τα πετρώματα που αποτελούν μητρικά υλικά τροφοδοσίας του όρμου με χειρσογενείς κόκκους ιζημάτων. Στην περιοχή έχουμε αλπικούς σχηματισμούς όσο και μεταλπικούς. Οι αλπικοί σχηματισμοί ανήκουν στη γεωτεκτονική ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας.



**Εικ. 4:** Σχηματική στρωματογραφική στήλη της ζώνης Παρνασσού - Γκιώνας. 1: δολομίτες, 2: ασβεστόλιθοι παχυστρωματώδεις σκοτεινού τεφρού χρώματος, 3: ασβεστόλιθοι ωολιθικοί, 4: ενδιάμεσοι λευκοί ασβεστόλιθοι, 5: ρουδιστοφόροι ασβεστόλιθοι, 6: ασβεστόλιθοι κονδυλώδεις, 7: φλύσχης., **Εικ. 4a** Βωξιτικός ορίζοντας

Το συνολικό πάχος της αλπικής κυρίως ασβεστολιθικής σειράς υπολογίζεται σε 1800 m. στην Εικ. 4 φαίνεται σχηματικά η στρωματογραφική ακολουθία των λιθολογικών σχηματισμών της περιοχής.

Πρώτος αλπικός σχηματισμός είναι ο λευκός δολομίτης που προς τα πάνω εξελίσσεται σε τεφρό και εναλλάσσεται με λεπτές ενστρώσεις ασβεστόλιθων (Ts). Η σειρά εξελίσσεται σε παχύ στρωματώδη τεφρό ασβεστόλιθο ηλικίας Άνω Τριαδικού (Νόριο), (Ji).

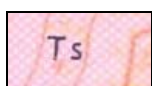
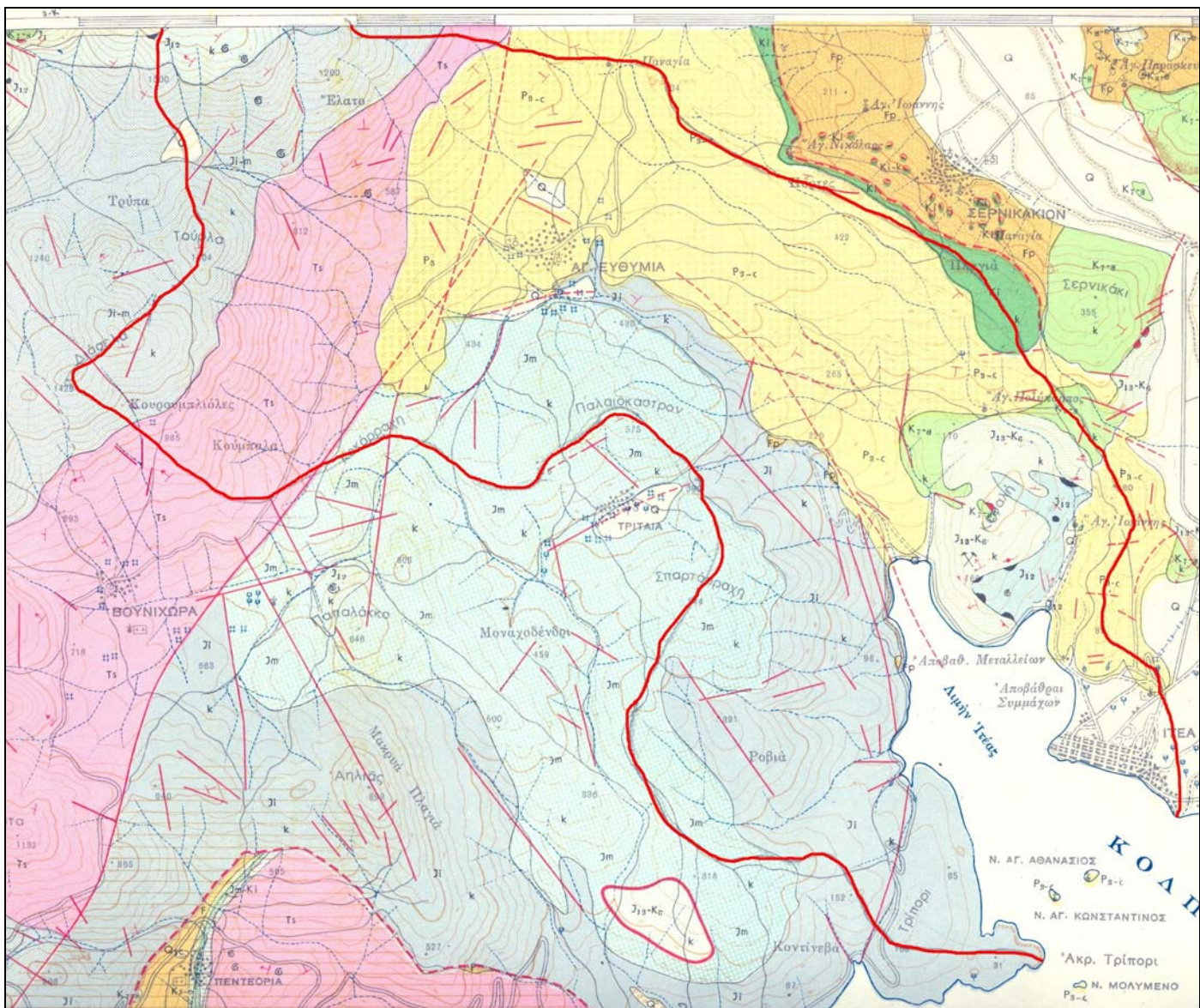
Ακολουθεί ασβεστόλιθος σκοτεινού χρώματος ηλικίας Κάτω Ιουρασικού (Jm) και μετά ωολιθικοί ασβεστόλιθοι του Άνω Ιουρασικού (J<sub>12</sub>).

Πάνω στους ωολιθικούς αυτούς ασβεστόλιθους βρίσκεται ο 1ος (κατώτερος) βωξιτικός ορίζοντας που καλύπτεται από σκοτεινόχρωμους ασβεστόλιθους του Κιμμεριδίου (Ανώτερο Ιουρασικό), (J<sub>18</sub>-K<sub>6</sub>).

Πάνω από τον Κιμμερίδιο ασβεστόλιθο βρίσκεται ο 2ος (μεσαίος) βωξιτικός ορίζοντας, που καλύπτεται από ασβεστόλιθους ηλικίας Τιθωνίου (Ανώτατο Ιουρασικό) - Κενομανίου (Μέσο Κρητιδικό), (K<sub>7-8</sub>). Οι τελευταίοι αυτοί ασβεστόλιθοι ονομάζονται «ενδιάμεσοι ασβεστόλιθοι» επειδή μεσολαβούν μεταξύ δύο βωξιτικών οριζόντων, του 2ου και του 3ου και είναι κυρίως λευκοί ή τεφροί ασβεστόλιθοι. Πάνω στη σειρά των «ενδιαμέσων ασβεστόλιθων» βρίσκεται ο 3ος (ανώτερος) βωξιτικός ορίζοντας (ο οποίος δεν εμφανίζεται στην περιοχή μελέτης), ο οποίος καλύπτεται από μαύρους ρουδιστοφόρους ασβεστόλιθους του Τουρωνίου (Μέσου Κρητιδικού), (K<sub>8-e</sub>).

Η ιζηματογένεση συνεχίζεται προς τα πάνω με ασβεστόλιθους του Άνω Κρητιδικού (Σενώνιο μέχρι Παλαιόκαινο) που στην αρχή είναι λευκοί και εξελίσσονται προς τα πάνω σε κοκκινοπράσινους κονδυλώδεις. Τέλος αποθέεται ο φλύσχης ηλικίας Παλαιοκαίνου - Μέσου Ηωκαίνου που στα κατώτερα στρώματα είναι ασβεστομαργαϊκός, εξελίσσεται σε ψαμμιτοπηλιτικό και κροκαλοπαγή (Fp).

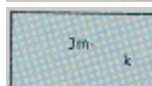
Ακολουθούν νεότεροι σχηματισμοί του Πλειόκενο που αποτελούνται από κροκαλοπαγή, ψαμμίτες και μάργες (P<sub>3</sub>). Τέλος ο πιο σύγχρονος σχηματισμός αποτελείται από προσχώσεις (κροκαλοπαγή), χειμαρρώδους προέλευσης (Q).



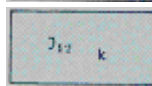
‘Ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί έως δολομίτες, λευκοί έως τεφροί.



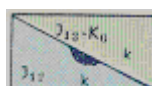
‘Ασβεστόλιθοι, χρώματος τεφρού έως σκοτεινόχρωμοι



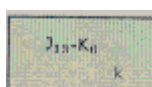
‘Ασβεστόλιθοι χαρακτηριστικά ωολιθικοί, χρώματος τεφρού.



‘Ασβεστόλιθοι παχυστρωματώδεις, σφιφροί, σκοτεινόχρωμοι, ανοιχτόχρωμοι, με λευκές κηλίδες κατά θέσεις.

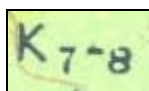


‘Βωξίτες κατώτερου ορίζοντα. Ερυθροφαίοι, πισσολιθικής υφής.



‘Ασβεστόλιθοι «ενδιάμεσοι». Σειρά από ασβεστόλιθους μεσοστρωματώδεις, περιλαμβανομένους μεταξύ ανωτέρου και κατώτερου βωξιτικού ορίζοντα. Οι αμέσως υποκείμενοι των βωξιτών του ανωτέρου του ανώτερου ορίζοντα είναι συνήθως λευκοί, μικροκρυσταλλικοί. Ακολουθούν ασβεστόλιθοι εν πολλοίς

ωολιθικοί, τεφροί. Στην άμεση επαφή των ενδιάμεσων ασβεστόλιθων προς τους βωξίτες του κατώτερου ορίζοντα, οι ασβεστόλιθοι γίνονται μαργαϊκοί, υπέρυθροι και αποκτούν κονδυλώδη υφή. Πάχος ολόκληρης της σειράς μέχρι 400 μ



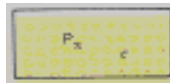
**‘Ασβεστόλιθοι ρουδιστοφόροι**, συνήθως μικροκρυσταλλικοί, τεφροί έως σκοτεινόχρωμοι.



**‘Φλύσσης αδιαίρετος**,



**‘Προσχώσεις**, γενικά σύγχρονες, κροκαλοπαγή και άμμος



**‘Κροκαλοπαγή Αγ. Ευθυμίας**, κροκάλες κυρίως ασβεστολιθικές διαμέτρου έως ένα μέτρο

## 2.4. Στοιχεία για τη μεταλλευτική ιστορία και δραστηριότητα της περιοχής

η μεταλλευτική δραστηριότητα ξεκινά στην ευρύτερη περιοχή της Φωκίδας (Γκιώνα – Παρνασσός – Οίτη) από το 1933. Το 1973 εγκαινιάζεται στην Ιτέα εργοστάσιο εμπλουτισμού του βωξίτη, απ’ όπου το μέταλλευμα μεταφέρεται με φορτηγά πλοία. Αυτή η δραστηριότητα πραγματοποιείται ακριβώς έξω από την παραθαλάσσια πόλη της Ιτέας, στο 2ο χλμ της εθνικής οδού Ιτέας-Ναυπάκτου. Στην περιοχή εδρεύουν δύο γέφυρες εκφόρτωσης ενεργές και μία ανενεργή. Από τις πρώτες δύο η μία ανήκει στην S&B και η δεύτερη στο ‘Αλουμίνιο της Ελλάδος’. Από την πρώτη το μέταλλευμα μεταφέρεται στο εξωτερικό, ενώ από τη δεύτερη πραγματοποιούνται καθημερινά δρομολόγια από την Ιτέα στην Αντίκυρα στο εργοστάσιο επεξεργασίας για λογαριασμό της εταιρίας ‘Αλουμίνιο της Ελλάδος’. Η αποθήκευση του βωξίτη γίνεται σε σωρούς, με αποτέλεσμα την απώλεια ποσοτήτων προς τη θάλασσα όταν επικρατούν βροχοπτώσεις στην περιοχή ή με τη μορφή σκόνης όταν επικρατούν άνεμοι υψηλής εντάσεως, κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες. Η παράκτια περιοχή γύρω από το χώρο των δραστηριοτήτων της εταιρίας είναι εμφανώς επικαλυμμένη με ένα στρώμα βωξίτη, όπως φαίνεται και παρακάτω (Εικόνες 6, 6α).



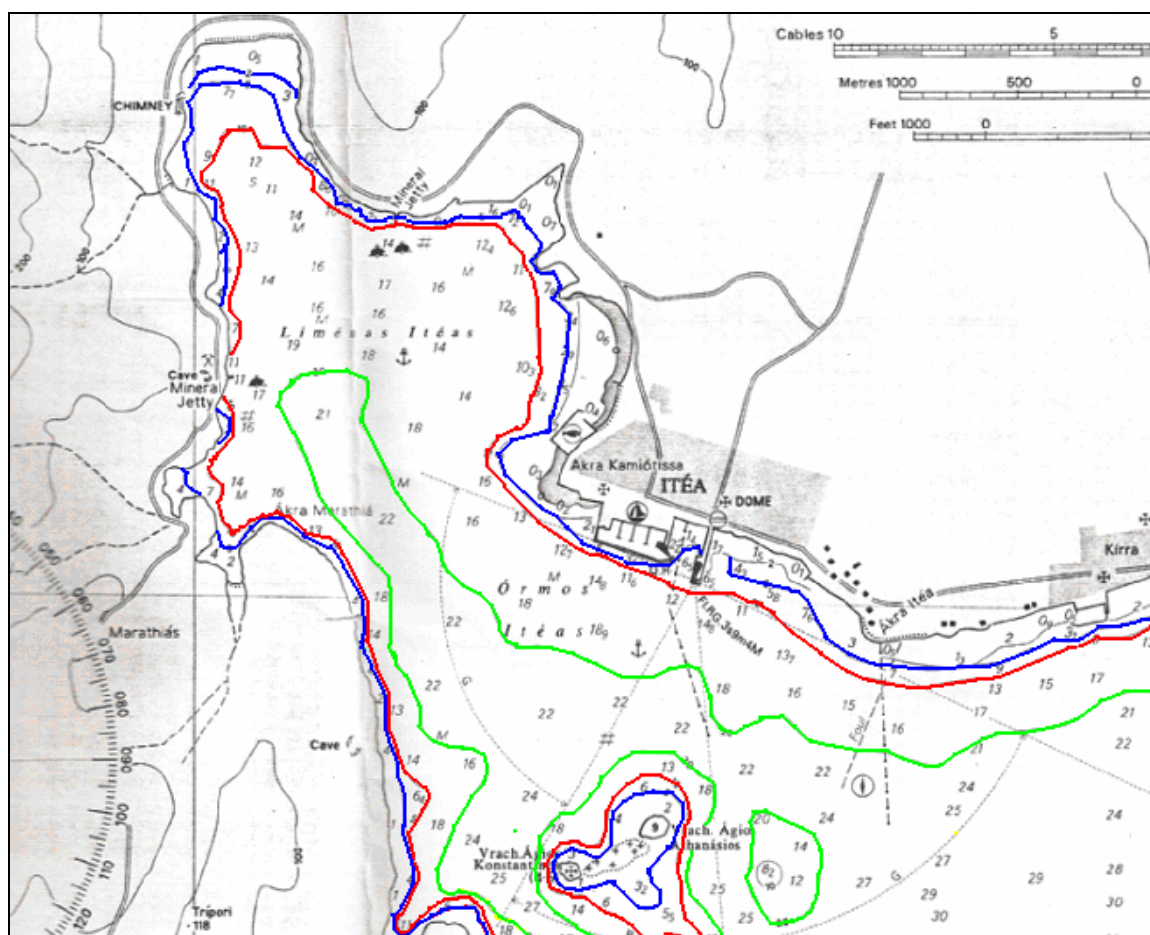
**Εικ. 6, 6α:** Προβλήτα φόρτωσης βωξίτη

Τα ιζήματα θεωρούνται σαν τα περιβαλλοντικά «αρχεία» μιας περιοχής που επιτρέπουν τη διερεύνηση της περιβαλλοντικής της κατάστασης γι' αυτό και η μελέτη τους μας δίνει αξιόπιστες πληροφορίες για τις επιπτώσεις των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στο παρόν, αλλά και το παρελθόν.

### 3. Εργασίες πεδίου - Βαθυμετρία - Δειγματοληψία - Περιγραφή

Για τις εργασίες πεδίου χρησιμοποιήθηκε ως χαρτογραφικό υπόβαθρο ο βαθυμετρικός χάρτης του όρμου της Ιτέας (Εικ. 7). Ο χάρτης αυτός αποτέλεσε τη βάση για τη χάραξη της στρατηγικής της δειγματοληψίας. Η περιοχή έχει μέγιστη απόσταση (μήκος) 3 km, μέγιστο πλάτος 2,1 km και ανώτερο βάθος τα 22 μ. και εμφανίζει απότομη κλίση στο δυτικό - νοτιοδυτικό τμήμα, σε σχέση με το βόρειο – βορειοανατολικό. Στο νότιο τμήμα υπάρχουν δύο νησίδες που δημιουργούν μία νοητή φυσική λεκάνη που περικλείεται από την ισοβαθή των 20 μ. Αποτελείται από βραχώδεις κυρίως ακτές με πολλούς μικρούς ορμίσκους και είναι ιδιαίτερα προστατευμένη από τον υδροδυναμισμό.

- **Οι οριοθετημένες ζώνες προστασίας:** Το δυτικό τμήμα του όρμου έχει ενταχθεί στο δίκτυο NATURA-2000.

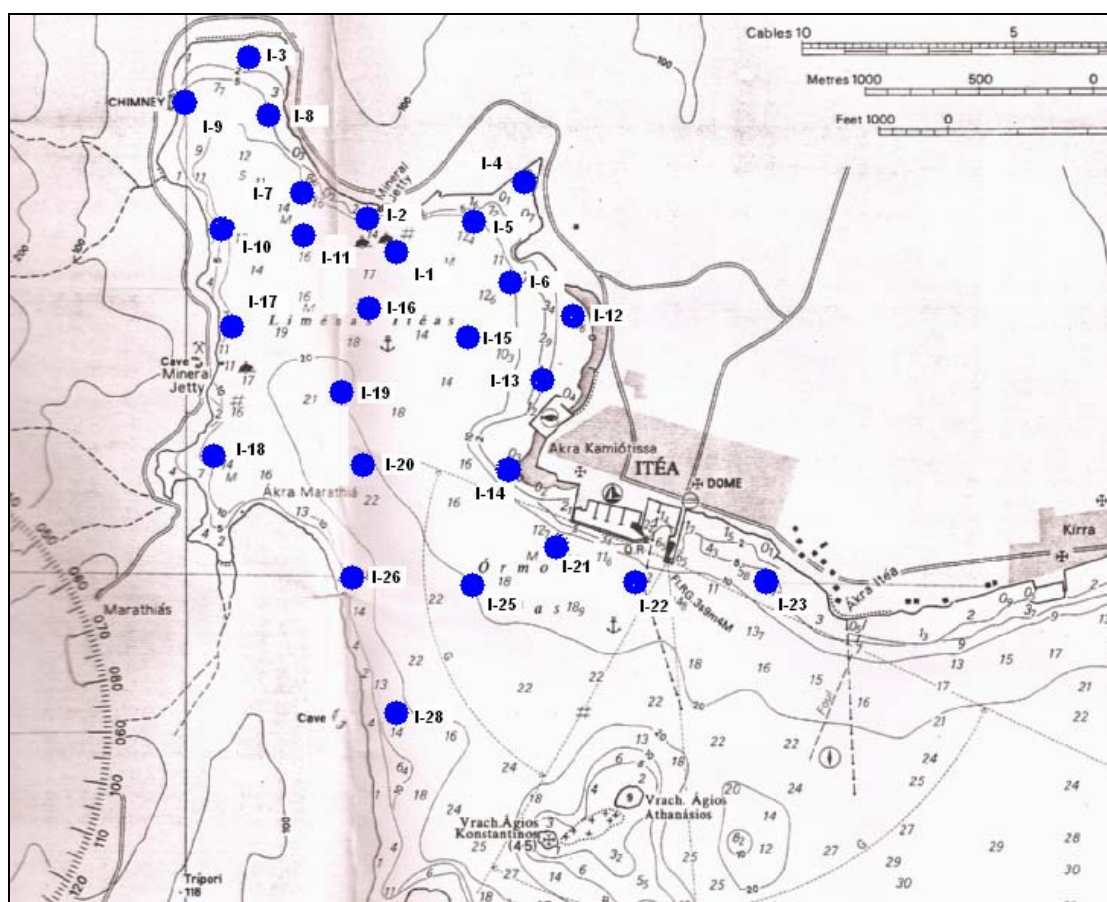


Εικ. 7 Βαθυμετρία του κόλπου της Ιτέας



Η δειγματοληψία των ιζημάτων πραγματοποιήθηκε στις 28/6 και 4/7/09, με χρήση μικρού σκάφους, με ελεύθερη κατάδυση και αυτοσχέδιο δειγματολήπτη, από σωλήνα PVC και χωρίς να έρθουν σε επαφή με οτιδήποτε μεταλλικό αντικείμενο, έτσι ώστε να μην υπάρχει επιμόλυνση (αφού θα μετρήσουμε μέταλλα), στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες και αποθηκεύτηκαν στην κατάψυξη, μέχρι την προκατεργασία. Η πλοήγηση και ο προσδιορισμός της θέσης του σκάφους έγινε με έγινε με Δορυφορικό Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης (Global Positioning System G.P.S) τύπου MAGELLAN NAV 6500.

Για τη μελέτη της κατάστασης του βυθού χαράχθηκε πλέγμα 26 σταθμών δειγματοληψίας οι οποίοι επιλέχθηκαν με βάση την ακόλουθη στρατηγική: πιο πυκνοί κοντά στη ζώνη εκφόρτωσης και μέχρι την ισοβαθή των 15 m και αραιότεροι από το κέντρο του όρμου μέχρι την ισοβαθή των 20 m όπου είναι και οι βαθύτεροι. Η θέση, οι συντεταγμένες και τα αντίστοιχα βάθη τους φαίνονται παρακάτω στην Εικόνα 8 και στον Πίνακα 1



Εικ. 8 Χάρτης σταθμών δειγματοληψίας.

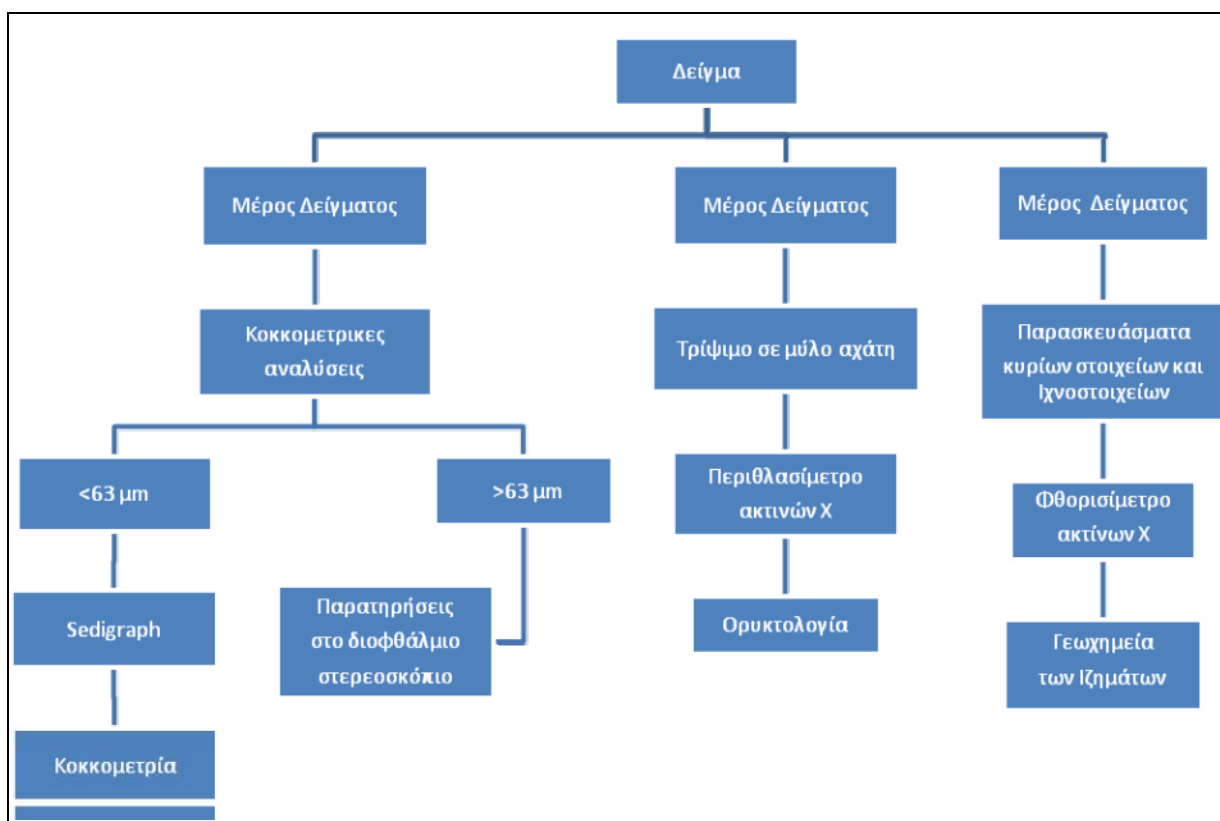
**Πίνακας 1:** Οι συντεταγμένες των σταθμών δειγματοληψίας και παρατηρήσεις πεδίου

Σταθμός	Βάθος	Γ. Μήκος	Γ. Πλάτος	Παρατηρήσεις
I 1	11 m	38° 26' 32 B	022° 24' 33 A	Χρώμα καφέ (βωξίτης), άργιλο-ιλυώδες με νεκρά κελύφη
I 2	10,2 m	38° 26' 33 B	022° 24' 32 A	Χρώμα σκούρο καφέ (βωξίτης), αμμώδες με νεκρά κελύφη
I 3	1,2 m	38° 26' 53 B	022° 24' 11 A	Καφέ - γκρι, άμμο - αργιλώδες με νεκρά κελύφη και οργ. ύλη
I 4	1 m	38° 26' 36 B	022° 24' 59 A	Καφέ - γκρι, άμμο - αργιλώδες με νεκρά κελύφη και οργ. ύλη
I 5	13,5 m	38° 26' 30 B	022° 24' 51 A	Σκούρο γκρι άργιλο-ιλυώδες με ελάχιστα κελύφη
I 6	11,6 m	38° 26' 23 B	022° 24' 58 A	Σκούρο γκρι άμμο - αργιλώδες με ελάχιστα κελύφη
I 7	12,4 m	38° 26' 37 B	022° 24' 22 A	Άμμο - αργιλώδες με ίχνη από κελύφη
I 8	10,8 m	38° 26' 41 B	022° 24' 11 A	Άργιλο - ιλυώδες, χρώματος γκρι ανοιχτό
I 9	7,2 m	38° 26' 40 B	022° 24' 00 A	Άμμο - αργιλώδες με κελύφη και οργ. ύλη
I 10	13,1 m	38° 26' 36 B	022° 24' 05 A	Άμμο - αργιλώδες με ελάχιστα κελύφη
I 11	14,6 m	38° 26' 34 B	022° 24' 19 A	Άργιλο-ιλυώδες με ίχνη από κελύφη
I 12	1,9 m	38° 26' 18 B	022° 25' 05 A	Σκούρο γκρι, άμμο - αργιλώδες με ελάχιστα κελύφη και μεγάλη ποσότητα οργ. ύλης
I 13	4,2 m	38° 26' 08 B	022° 25' 02 A	Χρώμα γκρι σκούρο, άμμο - αργιλώδες με ελάχιστα κελύφη και ίχνη οργ. ύλης
I 14	3,2 m	38° 25' 57 B	022° 24' 58 A	Χρώμα γκρι, άμμο - αργιλώδες με ελάχιστα κελύφη και ελάχιστη οργ. ύλη
I 15	14,8 m	38° 26' 72 B	022° 24' 89 A	Χρώμα γκρι, άμμο - αργιλώδες με ίχνη από κελύφη και οργ. ύλη
I 16	18,9 m	38° 26' 56 B	022° 24' 17 A	Χρώμα γκρι σκούρο, άργιλο-ιλυώδες με ελάχιστα κελύφη
I 17	14 m	38° 26' 70 B	022° 24' 04 A	Χρώμα γκρι σκούρο, άργιλο-ιλυώδες με ελάχιστα θραύσματα από κελύφη
I 18	13,1 m	38° 25' 99 B	022° 24' 62 A	Χρώμα γκρι ανοιχτό, άμμο - αργιλώδες με ίχνη από κελύφη
I 19	19,4 m	38° 26' 43 B	022° 24' 23 A	Χρώμα γκρι, άργιλο-ιλυώδες με αρκετά θραύσματα από δίθυρα και γαστερόποδα
I 20	18,8 m	38° 25' 60 B	022° 24' 02 A	Χρώμα γκρι, άργιλο-ιλυώδες με αρκετά θραύσματα από δίθυρα
I 21	12,4 m	38° 25' 21 B	022° 25' 83 A	Χρώμα γκρι σκούρο, άμμο - αργιλώδες με αρκετά θραύσματα κυρίως από δίθυρα και γαστερόποδα
I 22	12,6 m	38° 25' 07 B	022° 25' 57 A	Χρώμα μαύρο, άμμο-αργιλώδες με ελάχιστα κελύφη και οργ. ύλη. Έντονη μυρωδιά (υποξικές συνθήκες), πάρθηκε λίγα μέτρα από την έξοδο αγωγού ΜΕΥΑ.
I 23	11,2 m	38° 25' 33 B	022° 25' 93 A	Χρώμα γκρι, άργιλο-ιλυώδες με ελάχιστα νεκρά κελύφη και ελάχιστη νεκρή οργ. ύλη
I 25	16,9 m	38° 25' 69 B	022° 24' 01 A	Χρώμα γκρι, αμμώδες με αρκετά θραύσματα κυρίως από κελύφη
I 26	15,6 m	38° 25' 34 B	022° 24' 61 A	Χρώμα γκρι, αμμώδες με πολύ μεγάλο ποσοστό από κελύφη δίθυρων
I 28	16,7 m	38° 25' 17 B	022° 24' 55 A	Χρώμα γκρι ανοιχτό, αμμώδες με πολύ μεγάλο ποσοστό από κελύφη δίθυρων και γαστερόποδων

## 4. Αναλυτική μεθοδολογία, όργανα και υλικά

### 4.1 Μεθοδολογική στρατηγική

Αρχικά από κάθε δείγμα αφού ξηράθηκε μία ποσότητα το μεγαλύτερο μέρος χρησιμοποιήθηκε για κοκκομετρικές αναλύσεις. Μετά το διαχωρισμό των κλασμάτων  $>36 \mu\text{m}$  και  $<63 \mu\text{m}$  τα  $>36 \mu\text{m}$  παρατηρήθηκαν στο διοφθάλμιο μικροσκόπιο, ενώ τα  $<63 \mu\text{m}$  οδηγήθηκαν για ανάλυση στο Sedigraph. Ένα μέρος ορισμένων δειγμάτων τρίφτηκε σε αχάτη και οδηγήθηκε για ορυκτολογικές αναλύσεις (XRD), ενώ όμοια και ένα άλλο μέρος μετά από κατάλληλη προετοιμασία οδηγήθηκε για γεωχημικές αναλύσεις (XRF). Επίσης σε 6 δείγματα πραγματοποιήθηκε κοσκίνισμα και περαιτέρω διαχωρισμός των κλασμάτων της άμμου (Εικ. 9).

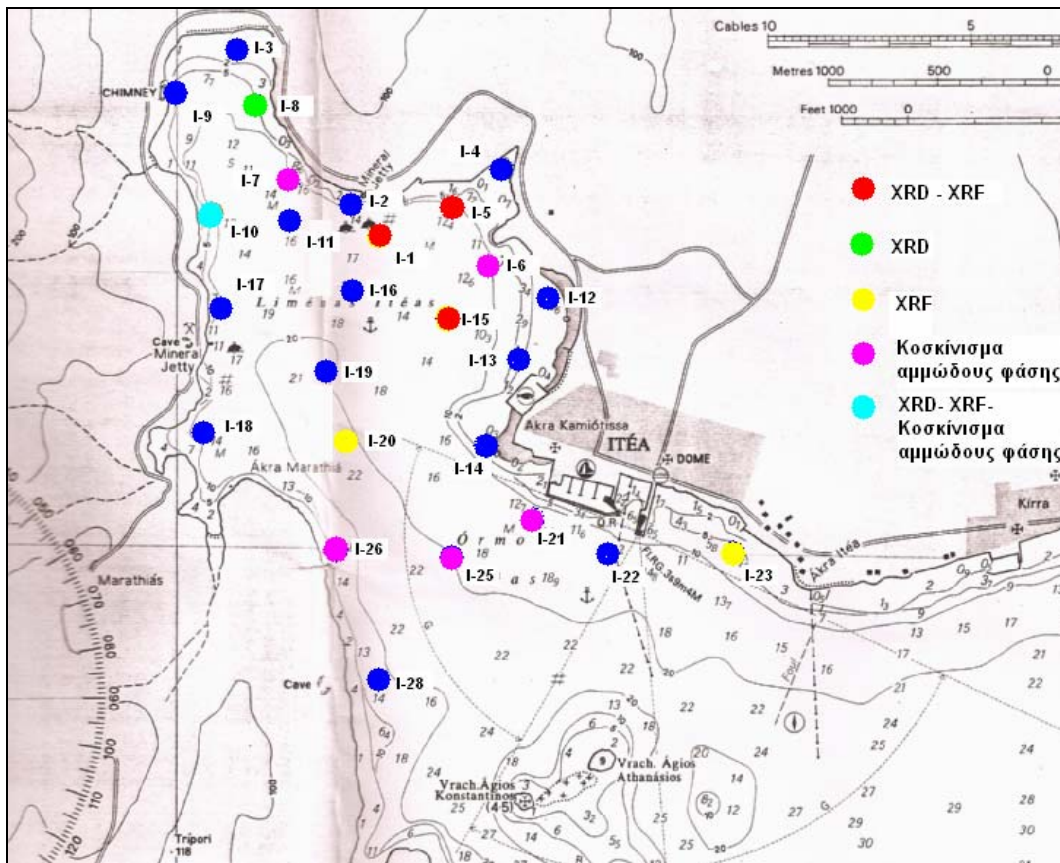


Εικ. 9 Σχεδιάγραμμα της των μεθόδων ανάλυσης που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα.

Στον πίνακα 2 παρουσιάζεται κάθε διαδικασία-ανάλυση που πραγματοποιήθηκε σε κάθε δείγμα. Στην Εικ. 9α παρουσιάζεται σχηματικά το πλαίσιο των αναλύσεων απεικονισμένο στο χάρτη της περιοχής δειγματοληψίας.

**Πίνακας 2.** Αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν σε κάθε δείγμα

Όνομα σταθμού	XRD	XRF	SediGraph	Κοσκίνισμα αμμώδους φάσης
I-4			+	
I-1	+	+	+	
I-2			+	
I-3			+	
I-5	+	+	+	
I-6			+	+
I-7			+	+
I-8	+		+	
I-9			+	
I-10	+	+	+	+
I-11			+	
I-12			+	
I-13			+	
I-14			+	
I-15	+	+	+	
I-21			+	+
I-22			+	
I-23		+	+	
I-16			+	+
I-17			+	
I-18			+	
I-19			+	
I-20		+	+	+
I-25			+	+
I-26			+	
I-28			+	



Εικ. 9α. Χάρτης απεικόνισης των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν σε κάθε δείγμα

## 4.2 Περιγραφή των μεθόδων

### 4.2.1 Κοκκομετρικές αναλύσεις (Sedigraph)

Οι κοκκομετρικές αναλύσεις των δειγμάτων έγιναν με τη χρήση οργάνου micromeritics Sedigraph 5100 (Εικ. 10)

Επεξεργασία δείγματος : Το δείγμα ιζήματος πριν την εισαγωγή του στην συσκευή *Sedigraph* για την κοκκομετρική ανάλυση πρέπει να υποβληθεί σε μία συγκεκριμένη κατεργασία. Αρχικά ξηραίνεται μια ποσότητα από κάθε δείγμα στους 60° C για 24 ώρες για να αφαιρεθεί η υγρασία. Στη συνέχεια το κάθε δείγμα ζυγίστηκε με ζυγό ακριβείας και προστέθηκαν 20 ml Calgon (C = 5,5 gr/l) και έμειναν για 24 h σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στόχος είναι να σπάσουν τα συσσωματώματα έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί ευκολότερα το κοσκίνισμα. Την επόμενη μέρα το κάθε δείγμα πέρασε από κόσκινο διαμέτρου 63 μm για να διαχωριστεί η άμμος από την άργιλο και την ιλύ. Τα κλάσματα της άμμου (>63 μm) τοποθετούνται με απιονισμένο νερό στο φούρνο μέχρι να ξηραθούν πλήρως, έτσι ώστε να πάρουμε μέτρηση του βάρους επί ξηρού, ενώ τα κλάσματα με διάμετρο <63

μm τοποθετήθηκαν με Calgon στο SediGraph (micromeritics SediGraph 5100) για περαιτέρω κοκκομετρική ανάλυση τους. Από τα αποτελέσματα του SediGraph και τα βάρη των κλασμάτων της άμμου προκύπτει η τελική ποσοστιαία ανάλυση (κοκκομετρική ανάλυση) των δειγμάτων.

Αρχή λειτουργίας του οργάνου : Η συσκευή *Sedigraph* αποτελεί μία σύγχρονη μέθοδο ανάλυσης λεπτόκοκκων ιζημάτων, για μέγεθος κόκκων μικρότερων των 63μm. Η μέθοδος ανάλυσης είναι βασισμένη στην απορρόφηση ακτινοβολίας, μαλακών ακτινών X από τους αιωρούμενους κόκκους του δείγματος σε απιονισμένο νερό. Στη συσκευή δημιουργείται μίγμα ιζήματος με απιονισμένο νερό το οποίο ομογενοποιείται με υπερήχους και εισέρχεται σε κυψελίδα όπου προσπίπτει δέσμη μαλακών ακτινών X. Η συσκευή χρησιμοποιεί τη μέθοδο υπολογισμού του ρυθμού καθίζησης των κόκκων του ιζήματος, με συνεχή μέτρηση της απορρόφησης που υφίσταται η προσπίπτουσα δέσμη. Οι τιμές των μετρήσεων εισέρχονται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, όπου και κατασκευάζεται η κοκκομετρική κατανομή του υπό εξέταση δείγματος.



**Εικ. 10.** Συσκευή micromeritics *Sedigraph* 5100 των εργαστηρίων του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών. Στο δεξί εξάρτημα γίνεται ομογενοποίηση του δείγματος με υπερήχους, ενώ στο αριστερό εξάρτημα οδηγείται το δείγμα σε κυψελίδα στην οποία προσπίπτει μαλακή ακτινοβολία X

#### 4.2.2 Παρατηρήσεις στο διοφθάλμιο μικροσκόπιο

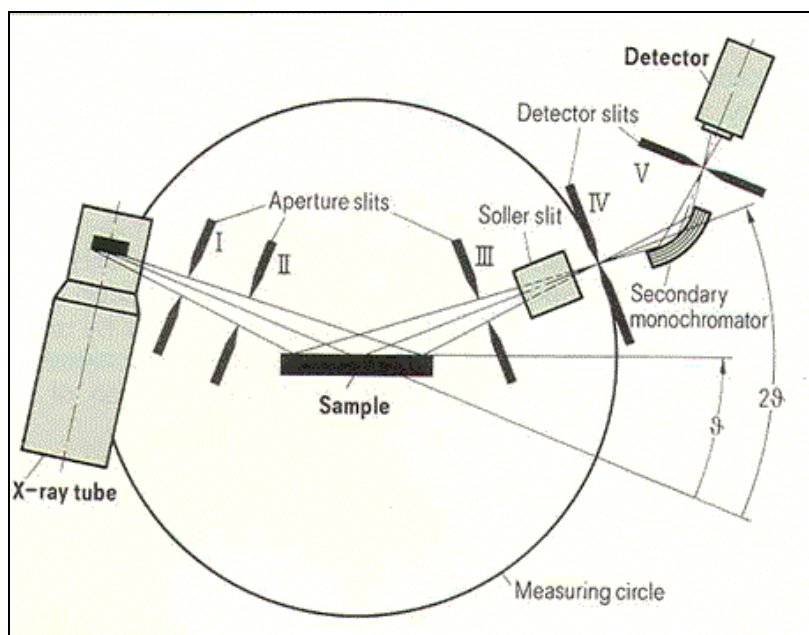
Στο διοφθάλμιο μικροσκόπιο παρατηρήθηκαν και φωτογραφήθηκαν οι αδρομερείς φάσεις των ιζημάτων (>63μm). Οι παρατηρήσεις αυτές μας οδηγούν σε μια διαφοροποίηση των κόκκων ανάλογα με την προέλευση τους. Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε από μικροσκόπιο τύπου OLYMPUS SZX 12 συνδεδεμένο με φωτογραφική μηχανή τύπου SONY Digital Hyper HAD και υπολογιστή.

### 4.2.3 Ορυκτολογικές αναλύσεις - Περιθλασίμετρο ακτίνων X (XRD)

Για τον προσδιορισμό των ορυκτών στα ιζήματα χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της περιθλασιμετρίας ακτίνων X.

Το περιθλασίμετρο ακτίνων X ή X.R.D (*X-Ray power Diffraction*) είναι ένα όργανο προσδιορισμού της ορυκτολογικής σύστασης δείγματος ιζήματος. Η λειτουργία του βασίζεται στην περίθλαση των ακτίνων X που προκαλείται από τα περιθλαστικά κέντρα του κρυστάλλου (τη θέση των ιόντων στο κρυσταλλικό πλέγμα).

Οι ακτίνες X είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με εύρος μηκών κύματος από 10 nm έως 0,1 nm (από τα 10 nm έως το 1 nm ονομάζονται μαλακές ακτίνες X διότι είναι μικρής διεισδυτικής ικανότητας). Παράγονται όταν ηλεκτρόνια από ένα θερμαινόμενο νήμα επιταχυνθούν με διαφορά δυναμικού V και συγκρουσθούν σε μεταλλικό στόχο, συνήθως από χαλκό, βολφράμιο ή μολυβδένιο (Εικόνα 11).



Εικ. 11 Διάταξη παραγωγής ακτίνων X (K.S.Analytical)

Όπως προαναφέρθηκε οι ακτίνες X είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μήκη κύματος της τάξης του 0,1 nm έως 10 nm, δηλαδή της ίδια τάξης μεγέθους με τις διατομικές αποστάσεις στους κρυστάλλους.

Η δομική μονάδα του κρυστάλλου είναι η μοναδιαία κυψελίδα. Αυτή είναι η μικρότερη μονάδα από την οποία μπορεί να οικοδομηθεί ο κρύσταλλος με την επανάληψη της σε τρεις διαστάσεις. Η μοναδιαία κυψελίδα αποτελεί τη θεμελιώδη

επαναληπτική *περιθλαστική μονάδα* του κρυστάλλου που αντιστοιχεί στην σχισμή του οπτικού φράγματος. Οι διευθύνσεις όλων των δεσμών των ακτινών *X* που υφίστανται περίθλαση και μπορούν να βγουν από μία συγκεκριμένη κρυσταλλική δομή, για συγκεκριμένη διεύθυνση της προσπίπτουσας δέσμης καθορίζονται από τη γεωμετρία του τρισδιάστατου πλέγματος των περιθλαστικών κέντρων.

Αντίστοιχα, οι εντάσεις όλων των ακτινών *X* που υφίστανται περίθλαση και μπορούν να εξέλθουν από τον κρύσταλλο, εξαρτώνται από τα περιθλαστικά χαρακτηριστικά της μοναδιαίας κυψελίδας.

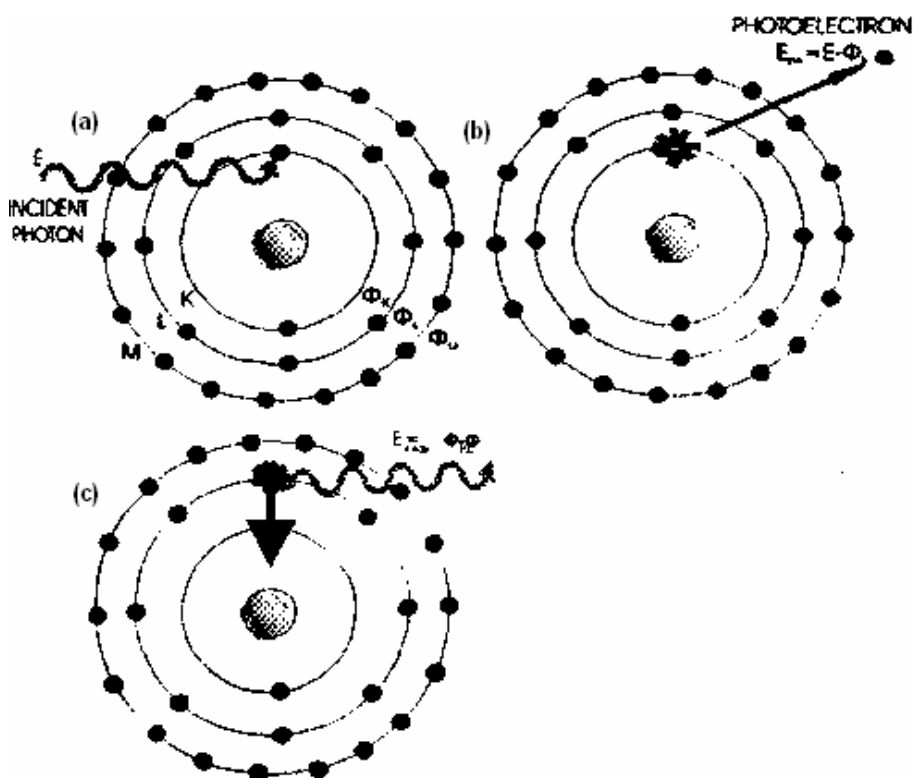
Το δείγμα πριν τοποθετηθεί στο περιθλασίμετρο ακτινών *X* ξηραίνεται σε φούρνο στους 60 °C και τρίβεται σε γουδί από αχάτη μέχρι να πάρει τη μορφή πούδρας ή εισάγεται στο μύλο, ένα όργανο το οποίο έχει δύο δοχεία από αχάτη και τρίβει μηχανικά το ιζήμα. Στη συνέχεια η πούδρα του ιζήματος τοποθετείται σε δισκία από Plexi-glass και εισάγεται στο περιθλασίμετρο. Τα αποτελέσματα σε μορφή διαγραμμάτων εμφανίζονται στην οθόνη ηλεκτρονικού υπολογιστή. Με τη βοήθεια κλείδας, κατά την οποία, για κάθε γωνία περίθλασης αντιστοιχεί και ένα ορυκτό γίνεται η αναγνώριση της ορυκτολογικής σύστασης του ιζήματος (Pei – Yuan Chen, 1977).

Το όργανο περιθλασιμετρίας ακτίνων *X* του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. είναι της εταιρίας Rigaku D/MAX-B.

#### **4.2.4 Γεωχημικές αναλύσεις- Φθορισίμετρο ακτίνων *X* (XRF)**

Το *φθορισίμετρο ακτινών X*, *X.R.F* (*X-Ray Fluorescence Spectrometry*) είναι ένα όργανο με το οποίο γίνεται ποσοτικός και ποιοτικός προσδιορισμός, που για τα ιζήματα διαφοροποιούνται σε κύρια στοιχεία (επί %) και ιχνοστοιχεία (ppm), σε δείγματα πετρωμάτων και ιζημάτων.

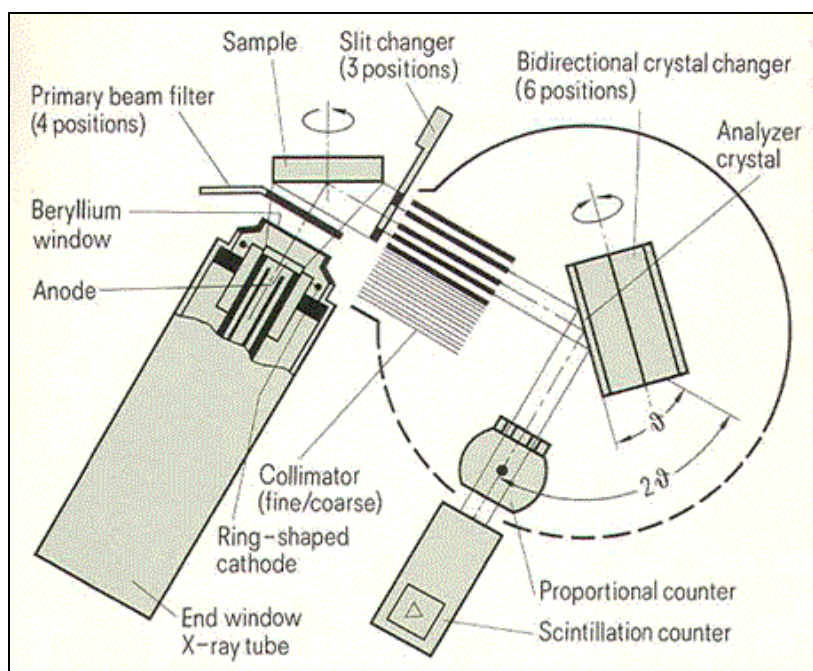




**Εικ. 12** Η φωτοηλεκτρική επίδραση: (a) ένα φωτόνιο συγκρούεται με ένα ηλεκτρόνιο K στιβάδας, (b) το ηλεκτρόνιο μεταπηδά από την ενεργειακή του κατάσταση, (c) με αποτέλεσμα τη δημιουργία x-ray φωτονίου από τη μετάπτωση ενέργειας.

Η αρχή λειτουργίας του φθορισμέτρου ακτίνων X βασίζεται στο φαινόμενο φθορισμού. Στο εξεταζόμενο δείγμα προσπίπτει ακτινοβολία X, τα άτομα απορροφούν την εκπεμπόμενη ακτινοβολία και διεγείρονται. Στην πραγματικότητα ένα φωτόνιο της προσπίπτουσας ακτινοβολίας μπορεί να συγκρουσθεί και να απομακρύνει ένα ηλεκτρόνιο από το άτομο του στόχου, δημιουργώντας μία οπή σε κάποια εσωτερική στιβάδα. Η κατάσταση αυτή του ατόμου χαρακτηρίζεται από υψηλή αστάθεια και για το λόγο αυτό ένα ηλεκτρόνιο από εξωτερική στιβάδα, συμπληρώνει αμέσως την οπή. Η περίσσεια ενέργειας του ηλεκτρονίου της εξωτερικής στιβάδας αποδίδεται ως ένα φωτόνιο ακτίνων (Εικ. 12). Αυτή η παραγόμενη ακτινοβολία παρουσιάζει ιδιαίτερη ενέργεια και κυματικό μήκος (χαρακτηριστική ακτίνα X ή ακτινοβολία φθορισμού).

Στη συνέχεια η ακτινοβολία προσπίπτει σε κρύσταλλο (μονής στρώσης ή πολυστρωματικό), περιθλάται και οδηγείται στο σύστημα των ανιχνευτών (Εικ. 13).



**Εικ. 13:** Διάταξη των οργάνων του φθορισμέτρου ακτίνων Χ.

Οι ανιχνευτές μετατρέπουν την περιθλώμενη ακτινοβολία σε παλμούς τάσης και μετρούν τον αριθμό των παλμών που δημιουργούνται ανά λεπτό *cps* (*counts per second*) από τα κύρια χημικά στοιχεία και ιχνοστοιχεία. Με βάση τον αριθμό παλμών ανά λεπτό, κατασκευάζονται οι καμπύλες αναφοράς και προσδιορίζονται τα στοιχεία και ιχνοστοιχεία του δείγματος.

Για τον προσδιορισμό των ιχνοστοιχείων σε δείγματα ιζήματος παρασκευάστηκαν δισκία από πούδρα του δείγματος. Για το λόγο αυτό το ίζημα ξεράθηκε σε φούρνο στους 60 °C και αλέστηκε σε γουδί από αχάτη μέχρι να πάρει τη μορφή πούδρας. Στη συνέχεια 5 gr από την πούδρα αναμιχτήκαν καλά με 0,5 gr κεριού και το μείγμα συμπιέστηκε (20 tn, 20 sec) σε καπάκι αλουμινίου 31 mm με τη βοήθεια υδραυλικής πρέσας. Το δισκίο του δείγματος που δημιουργείται δεν πρέπει να παρουσιάζει επιφανειακές πτυχές ή ρήγματα. Μετά από αυτή τη διαδικασία το δείγμα είναι για ανάλυση.

Για τον προσδιορισμό των κύριων στοιχείων σε δείγμα ιζήματος έγινε χρήση *fused beads* ή *glass beads* (γυαλάκια). Για την παρασκευή των παραπάνω, το ίζημα ξεράθηκε σε φούρνο στους 60 °C και αλέστηκε σε γουδί από αχάτη μέχρι να πάρει τη μορφή πούδρας. Στη συνέχεια, σε 0,6 gr δείγματος έγινε προσθήκη 5,4 gr συγκολλητικού υλικού (50/50 μεταβορικό λίθιο - τετραβορικό λίθιο) και 0,5 gr νιτρικού λιθίου. Το όλο μίγμα τήχθηκε σε κατάλληλη συσκευή πορσελάνινων

χωνευτηριών, με τη βοήθεια θερμαντικής πηγής (λύχνος *Bunsen*), σε κατάλληλη θερμοκρασία και για θερμοκρασία και για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Τέλος, μεταφέρθηκε στο γυαλί και αφού ψύχθηκε και έγινε έλεγχος για φυσαλίδες ή ρήγματα οδηγήθηκε προς ανάλυση.

Χρησιμοποιήθηκε το όργανο της εταιρίας PHILIPS τύπου PW 2400 x-ray spectrometer που υπάρχει στο ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. (Εικ. 13α). Τα αποτελέσματα που δίνει το όργανο έχουν προκύψει από αναγωγή και διόρθωση των μετρούμενων εντάσεων, με βάση καμπύλες αναφοράς, που έχουν προκύψει από δείγματα γνωστής στοιχειομετρικής σύστασης τόσο για τα κύρια στοιχεία όσο και για τα ιχνοστοιχεία.



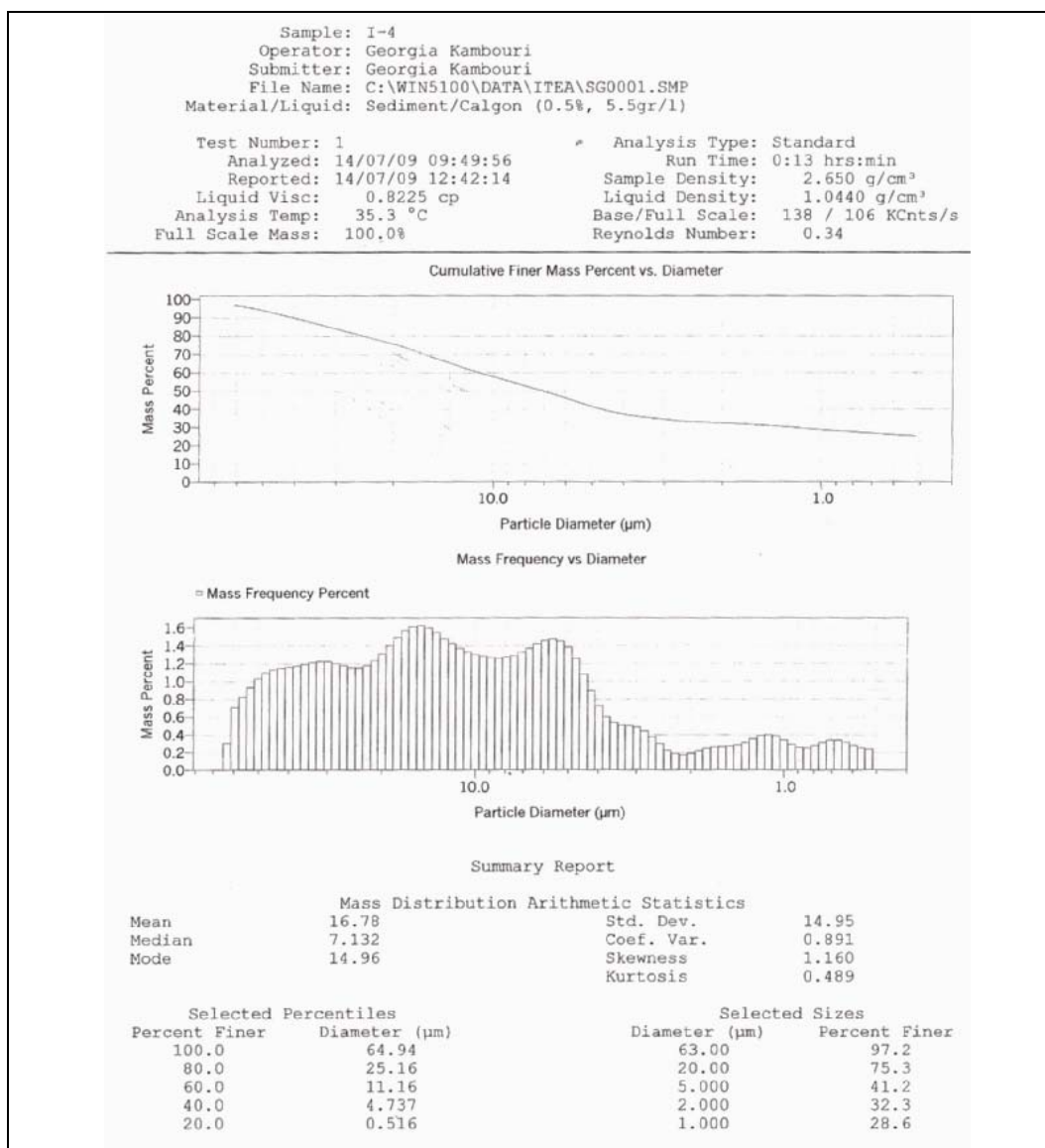
**Εικ. 13α:** Φθορισόμετρο ακτίνων X (XRF) του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε

## 5. Παρουσίαση αποτελεσμάτων

### 5.1 Τα κοκκομετρικά χαρακτηριστικά των ιζημάτων

Με βάση τα αποτελέσματα από το Sedigraph αλλά και το βάρος της αδρομερούς φάσης >63  $\mu\text{m}$ , που έχουμε ήδη προζυγίσει υπολογίζεται η εκατοστιαία κοκκομετρική σύσταση των ιζημάτων για τα τρία βασικά χαρακτηριστικά της: άργιλο (<2  $\mu\text{m}$ ), ιλύ (2-63  $\mu\text{m}$ ) και άμμο (>63  $\mu\text{m}$ ). Στο σχήμα της Εικ. 14 παρουσιάζεται ένα ιστόγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης ενός δείγματος του κόλπου της Ιτέας από την ανάλυση του Sedigraph, όπου φαίνονται οι φάσεις του ιζήματος για διαμέτρους <63  $\mu\text{m}$ . Στο παράρτημα παρατίθενται όλα τα διαγράμματα των δειγμάτων που αναλύθηκαν με το Sedigraph. Η κάτω κατανομή αποτελεί ένα ιστόγραμμα κατανομής των κόκκων με βάση ένα 'βήμα' που έχει επιλεγεί στο όργανο, ενώ η επάνω καμπύλη αποτελεί την αθροιστική καμπύλη των επί μέρους κοκκομετρικών 'μικρο' τάξεων όπως παρουσιάζεται στην υποκείμενη κατανομή. Στον πίνακα 3 τα αποτελέσματα των κοκκομετρικών αναλύσεων. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά σχεδιάστηκε το τριγωνικό διάγραμμα ταξινόμησης των ιζημάτων σύμφωνα με τον Folk (1974). Τα τριγωνικά διαγράμματα των στοιχείων εκφράζουν την εκατοστιαία συσχέτιση (%) των περιεκτικότητων συγκεκριμένων κοκκομετρικών φάσεων του ιζήματος (άμμος, άργιλος, ιλύς). Η παρακάτω τριγωνική ταξινόμηση και χαρακτηρισμός των ιζημάτων (σύμφωνα με τον Folk, 1974), που δεν είναι αυστηρά γεωμετρική (όπως το τρίγωνο του Shepard), προσεγγίζει καλύτερα τη φυσική ταξινόμηση των ιζημάτων (Εικ. 15). Έτσι λοιπόν τα 26 δείγματα της περιοχής μελέτης ταξινομούνται ως εξής:

- 1) ιλυώδης άμμος: (δείγματα I-13, I-22)
- 2) αμμώδης ιλυάργιλος (δείγματα I-1, I-7, I-10, I-12)
- 3) αμμώδης ιλύς: (δείγματα I-6, I-15, I-18, I-21, I-23)
- 4) ιλύς: (δείγματα I-5, I-11, I-16, I-17, I-19, I-20)
- 5) ιλυάργιλος: (δείγμα I-8)
- 6) άμμος: (δείγματα I-2)
- 7) ιλυαργιλώδης άμμος (δείγματα I-3, I-4, I-9, I-14, I-25, I-26, I-28)

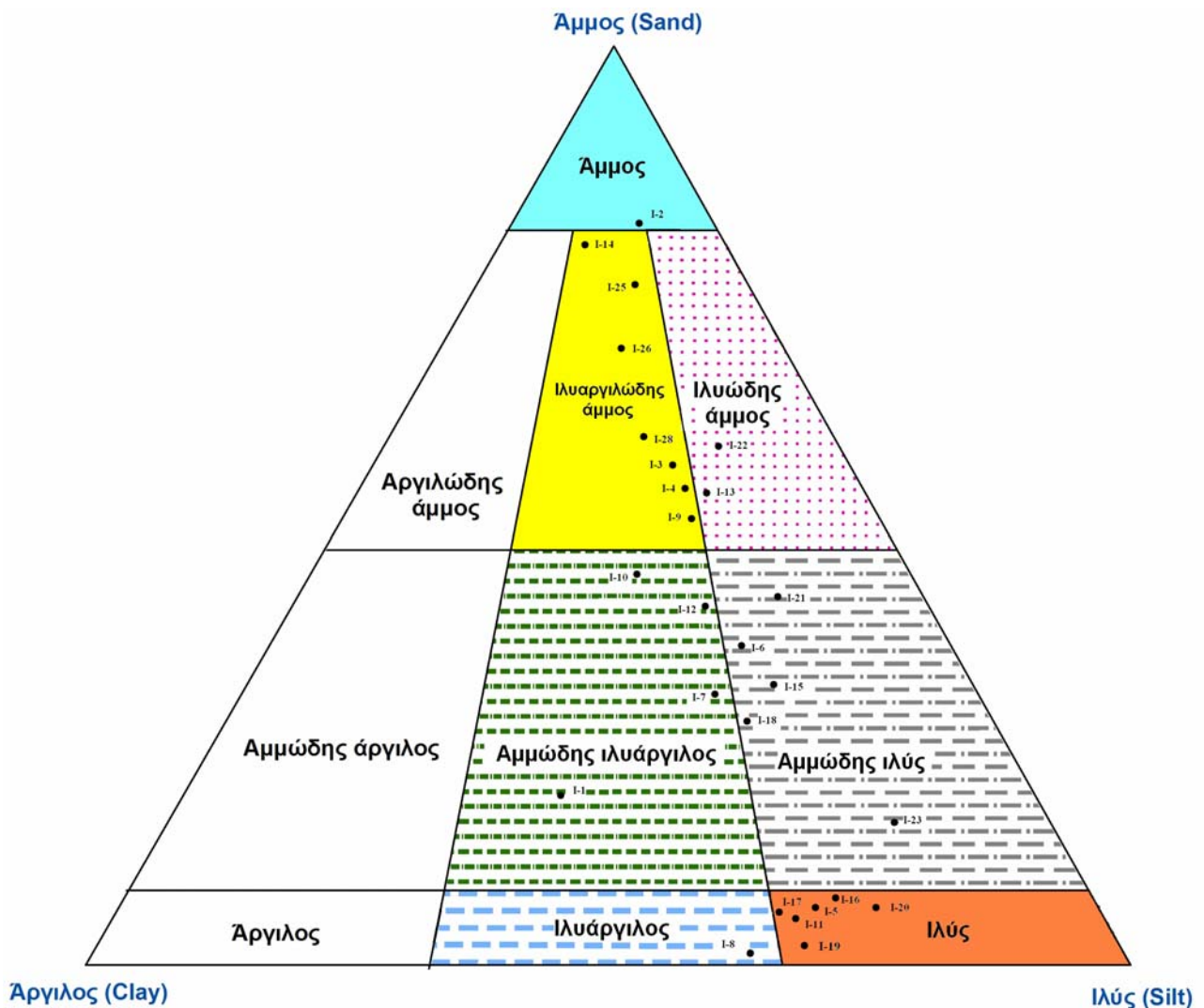


Εικ. 14. Ιστόγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης ενός δείγματος του κόλπου της Ιτέας από την ανάλυση του *Sedigraph*, όπου φαίνονται οι φάσεις του ιζήματος για διαμέτρους <63 mm

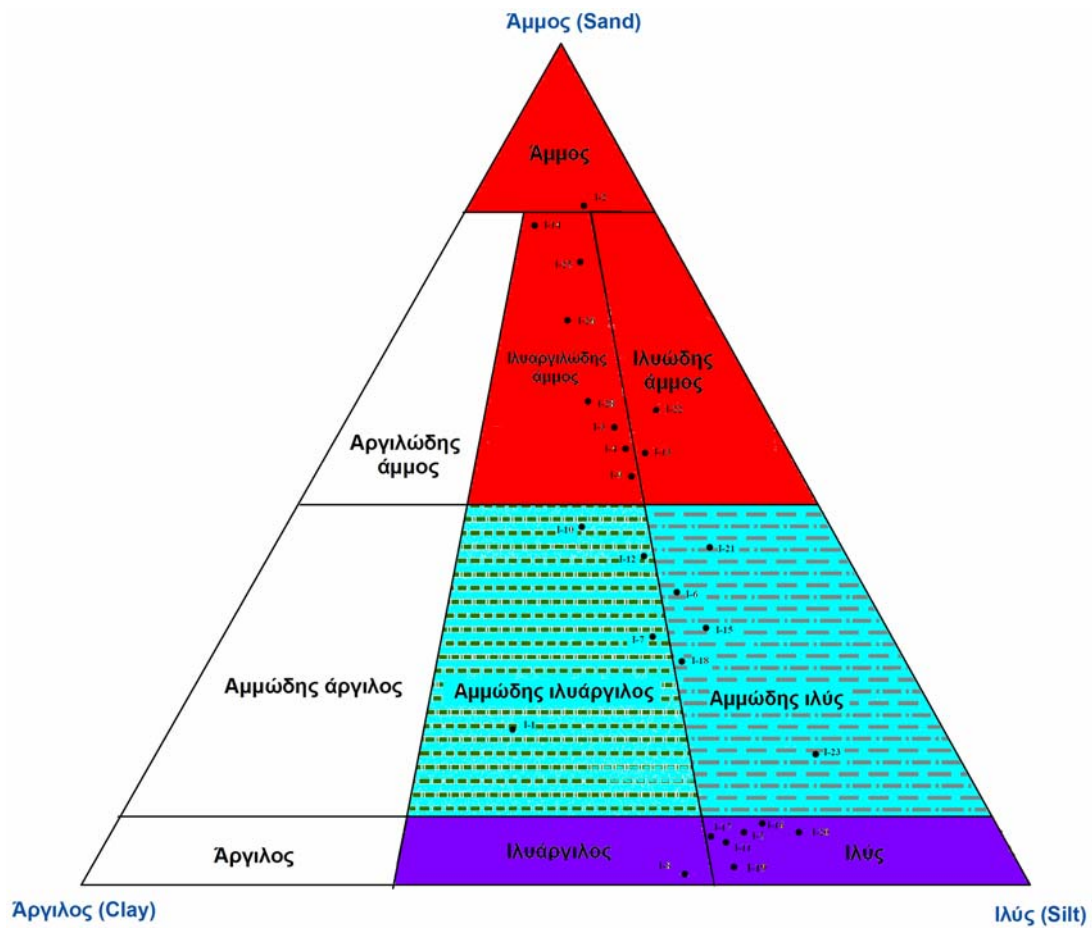
Πίνακας 3. Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης

Όνομα σταθμού	Άμμος (%)	Ιλύς (%)	Άργιλος (%)
I-4	58	28	14
I-1	21	35	44
I-2	90	6	4
I-3	60	24	16
I-5	7	65	28
I-6	37	43	20
I-7	30	45	25
I-8	2	61	37
I-9	55	29	16
I-10	47	32	21
I-11	6	64	30
I-12	40	38	22

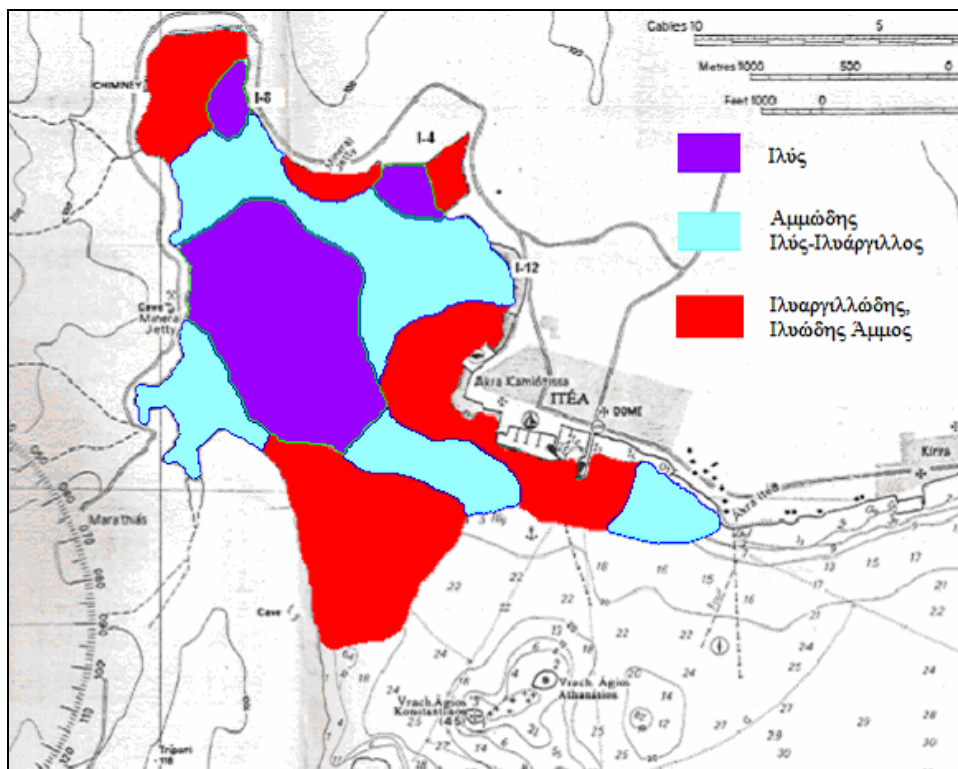
I-13	59	26	15
I-14	88	5	7
I-15	31	49	20
I-21	42	45	13
I-22	62	27	11
I-23	18	64	18
I-16	9	65	26
I-17	7	62	31
I-18	26	49	25
I-19	4	66	30
I-20	7	69	24
I-25	83	10	7
I-26	74	13	13
I-28	63	20	17



Εικ. 15 Ταξινόμηση των ιζημάτων της περιοχής μελέτης σύμφωνα με τη μέθοδο του Folk (1961).



Εικ. 17 Ταξινόμηση των ιζημάτων της περιοχής μελέτης σύμφωνα με τη μέθοδο του Folk (1961), σε τρεις υποκατηγορίες από τις οποίες προκύπτει και ο χάρτης ιζημάτων της Εικ. 18



Εικ. 18 Χάρτης όπου απεικονίζονται οι τύποι ιζημάτων

Οι τύποι των ιζημάτων που προέκυψαν από την παραπάνω ταξινόμηση χρησιμοποιούνται στο χάρτη της Εικ. 18 για να απεικονιστεί η γεωγραφική (χωρική) κατανομή των ιζημάτων στον κόλπο της Ιτέας.

Από τα ιστογράμματα των αμμωδών δειγμάτων έγινε περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων και προέκυψε διαχωρισμός των φάσεων <63 μm, στα κλάσματα <2 μm, 2-8 μm, 8-25 μm και 25-63 μm. Επίσης έγινε διαχωρισμός των κλασμάτων της άμμου σε 6 αμμώδη δείγματα (I-10, I-26, I-6, I-21, I-7, I-25), στα κλάσματα 63-125 μm, 125-250 μm, 250-500 μm 500-1000 μm, 1-2 mm, 2-4 mm και >4 mm. Η ανάλυση της αμμώδους φράσης δεν πραγματοποιήθηκε σε όλα τα αμμώδη δείγματα γιατί δεν υπήρχε αρκετή ποσότητα δείγματος. Τα συνολικά αποτελέσματα όλων των κοκκομετρικών αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν σε κάθε δείγμα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

**Πίνακας 4.** σύνολο αποτελεσμάτων κοκκομετρικών αναλύσεων και μετά το κοσκίνισμα της αμμώδους φάσης των 6 δειγμάτων

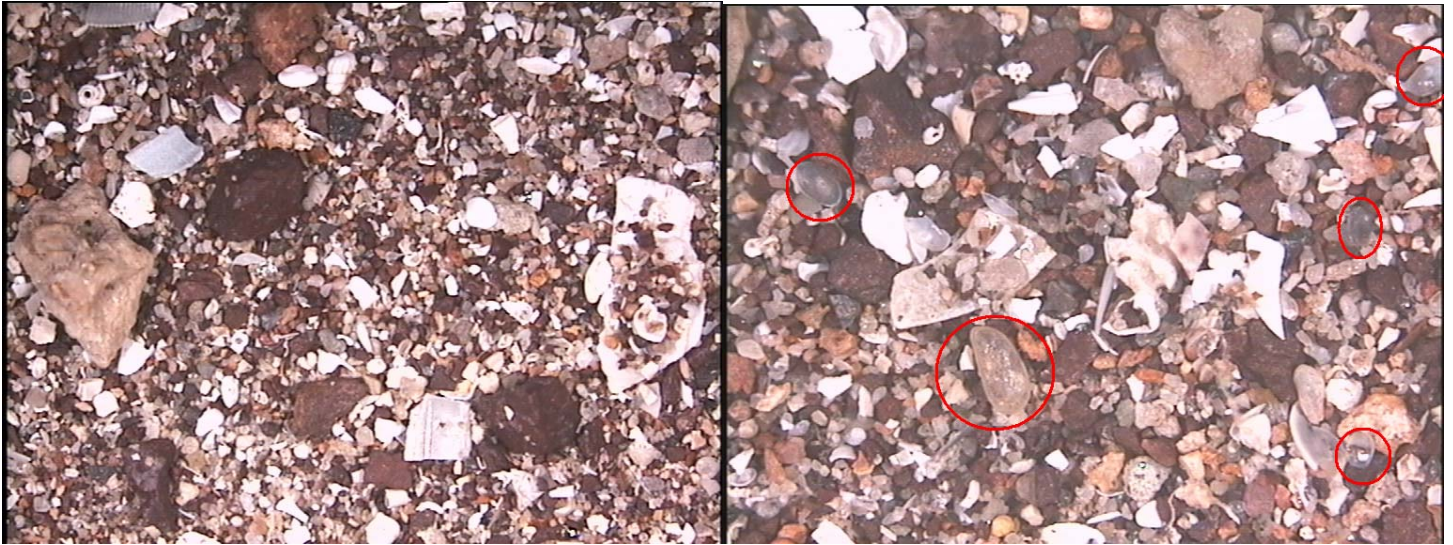
Όνομα (%)	Ιλύς -Άργιλος (<63 μm)				Άμμος (>63 μm)							
	<2 μm	2-8 μm	8-25 μm	25-63 μm	63-125 μm	125-250 μm	250-500 μm	500 μm-1 mm	1-2 mm	2-4 mm	>4 mm	
I-4	4	12	15,5	10,5	58							
I-1	35		14		21							
I-2	6		4		90							
I-3	24		16		60							
I-5	9	24	36	24	7							
I-6	6	14	24	18	20	14	1,5	1	0,5	0,5	0,5	
I-7	8	20	24	17	12	8	4	3	2	1,5	0,5	
I-8	10	33	36	19	2							
I-9	3	18	14	10	55							
I-10	5	15	16	8	2	1	11	3	7	16	16	
I-11	9	25	40	20	6							
I-12	38		22		40							
I-13	26		15		59							
I-14	5		7		88							
I-15	5	15	27	22	31							
I-21	45		13		33	7	1	0,5	0,25	0,25	-	
I-22	27		11		62							
I-23	64		18		18							
I-16	15	27	34	15	9							
I-17	10	29	40	14	7							
I-18	11	21	26	16	26							
I-19	12	27	37	20	4							
I-20	8	23	35	27	7							
I-25	10		7		2	2	6	6	11	21	35	
I-26	13		13		1,5	2	6	15	17	18,5	14	
I-28	20		17		63							



## 5.2 Τα γνωρίσματα της αδρομερούς φάσης των ιζημάτων

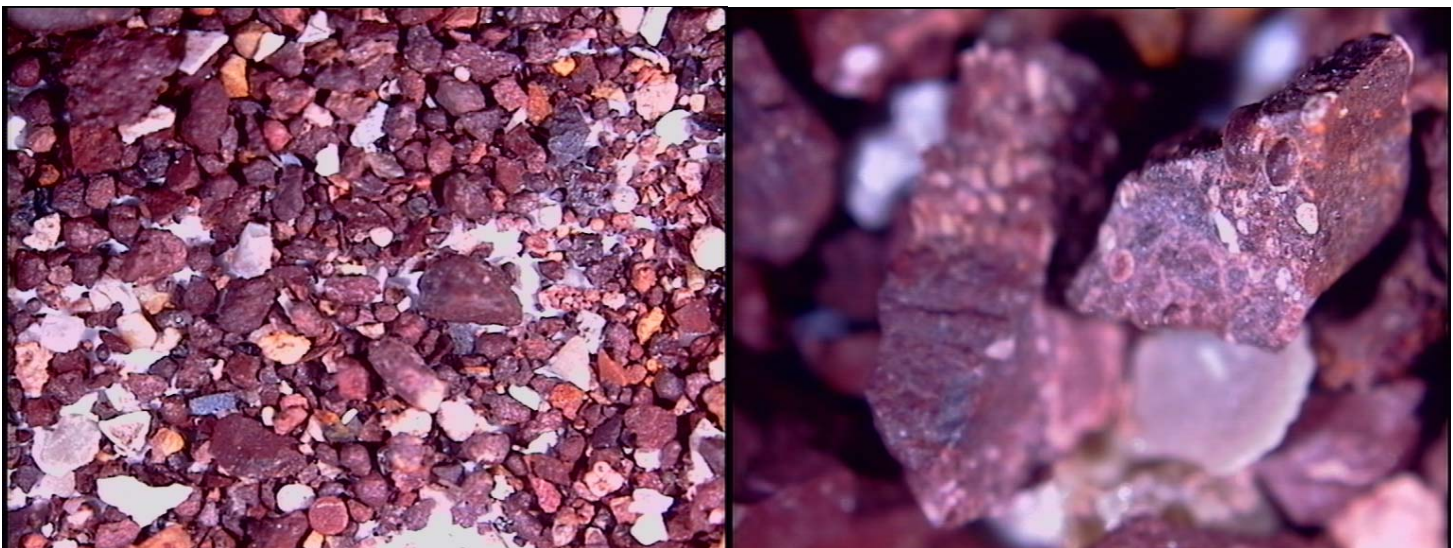
Τα κλάσματα της άμμου των δειγμάτων παρατηρήθηκαν στο διοφθάλμιο μικροσκόπιο και παρουσιάζουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

**I-1:** παρατηρήθηκε μεγάλο ποσοστό κόκκων βωξίτη (40%), βιογενή 20% (μεγάλο ποσοστό θραυσμάτων κυρίως διθύρων και γαστερόποδων μαλακίων, οστρακώδη, τρηματοφόρα, πυριτικές βελόνες σπόγγων), χαλαζίας 35%, άστριοι 5%.



**Εικ. I-1** (αριστερά): εποπτική, (δεξιά): οστρακώδη

**I-2:** παρατηρήθηκαν κόκκοι βωξίτη (90-95%), με διάμετρο της τάξης των δεκάτων χιλιοστών έως 2 cm - το επιφανειακό στρώμα του ιζήματος είναι καλυμμένο με βωξίτη -, τεμάχια ασβεστολίθων και ίχνη θραυσμάτων δίθυρων μαλακίων.



**Εικ. I-2** (αριστερά): εποπτική, (δεξιά): Σφαιρικοί σχηματισμοί του βωξίτη από τα οξείδια του αργιλίου

**I-3:** το δείγμα αποτελείται από ψιλή άμμο, κυριαρχεί ο χαλαζίας και κάποια τεμάχια ασβεστόλιθων (65%), είναι εμφανής η παρουσία βωξίτη και άλλων βαρέων ορυκτών (30%), ενώ παρατηρήθηκαν υπολείμματα θραυσμάτων μαλακίων και νεκρής οργανικής ύλης (5%).



**Εικ. I-3:** εποπτική

**I-4:** το δείγμα αποτελείται από ψιλή – μέτρια άμμο, κυριαρχεί ο χαλαζίας και ορισμένοι άστριοι (85%), είναι εμφανής παρουσία βωξίτη (5-10%), με διάμετρο κόκκων < 1 mm και την παρουσία 4-5 μεγαλύτερων κόκκων της τάξης > 1 cm. Υπολείμματα θραυσμάτων δίθυρων μαλακίων και νεκρής οργανικής ύλης (5%).



**Εικ. I-4:** εποπτική

**I-5:** παρατηρήθηκαν ίχνη βωξιτικών κόκκων διαμέτρου  $< 1$  mm σε ποσοστό 10%, βιογενή 20% (τρηματοφόρα, οστρακώδη, ίχνη από μαλάκια κυρίως δίθυρα και γαστερόποδα, πυριτικές βελόνες σπόγγων), άστριοι 5%, έγχρωμα ορυκτά 10%, συγκρίματα λεπτής άμμου 5% και χαλαζίας 50%.



**Εικ. I-5:** εποπτική

**I-6:** (63-125  $\mu\text{m}$ ), χαλαζίας 80%, άστριοι 5%, έγχρωμα ορυκτά 15% (παρατηρούνται ίχνη βωξίτη).



(125-250  $\mu\text{m}$ ), βιογενή 10%, έγχρωμα ορυκτά 35%, άστριοι 5% και χαλαζίας 50%.



(250-500  $\mu\text{m}$ ), χαλαζίας 50%, άστριοι 5%, έγχρωμα ορυκτά και τεμάχη πετρωμάτων 35%, βιογενή 10% (τρηματοφόρα, οστρακώδη).



**Εικ. I-6** (αριστερά): εποπτική, (δεξιά): Οστρακώδη

(500  $\mu\text{m}$ -1mm), βιογενή 50% (τρηματοφόρα, θραύσματα διθύρων), χαλαζίας - άστριοι 15%, έγχρωμα ορυκτά και θραύσματα πετρωμάτων 30%, συγκρίματα λεπτής άμμου 5%.



(1-4 mm), βιογενή 50%, έγχρωμα ορυκτά 40% και συγκρίματα λεπτής άμμου 10%.

**I-7:** (63-125 μm), βωξίτης 10%, χαλαζίας 65%, άστριοι 5%, έγχρωμα ορυκτά και θραύσματα πετρωμάτων 15%, θραύσματα βιογενών 15% (τρηματοφόρα, οστρακώδη, πυριτικές βελόνες σπόγγων).



**Εικ. I-7** (αριστερά): εποπτική, (δεξιά): Σφαιρικός σχηματισμός βωξίτη, Τρηματοφόρο, Οστρακώδες

(125-250 μm), περισσότερα βιογενή 25%, βωξίτης 15%, έγχρωμα ορυκτά 5%, άστριοι 5% και χαλαζίας 50%.



(250-500  $\mu\text{m}$ ), κυριαρχούν τα βιογενή 50%, βωξίτης 15%, έγχρωμα ορυκτά 5%, άστριοι 5% και χαλαζίας 25%.



(500 μm-1mm), κυριαρχούν τα βιογενή 80%, βωξίτης 10%, όλα τα υπόλοιπα 10%.



(1-4 mm), κυριαρχούν τα βιογενή 90% και όλα τα υπόλοιπα 10%.

(>4mm), αποτελείται μόνο από βιογενή.

**I-8:** το δείγμα αποτελείται από ψιλή άμμο. Αναλογία κόκκων βωξίτη 15% με το υπόλοιπο να αποτελείται από χαλαζιακή άμμο 50%, άστριοι 10%, έγχρωμα ορυκτά 5%, βιογενή 20% (μεγάλος αριθμός πυριτικών βελόνων από σπόγγους).





**I-9:** Το δείγμα αποτελείται από ψιλή – μέτρια άμμο. Χαλαζίας – άστριοι 20%, βιογενή 50% (κελύφη σε αναλογία 60%-40% από δίθυρα και γαστερόποδα μήκους από 0,2 mm έως 1,2 cm), έγχρωμα ορυκτά 30% και ίχνη βωξίτη.



**I-10:** (63-125  $\mu\text{m}$ ), χαλαζίας 70%, άστριοι 10%, βιογενή 10% (μεγάλος αριθμός από οστρακώδη) και έγχρωμα ορυκτά 10%, ενώ παρατηρούνται ίχνη βωξίτη.



**Εικ. I-10:** Μεγάλος αριθμός από οστρακώδη και εμφανής η παρουσία βωξίτη

(125-250  $\mu\text{m}$ ), χαλαζίας 20%, άστριοι 10%, έγχρωμα ορυκτά και ίχνη βωξίτη 20%, βιογενή 30%, συγκρίματα λεπτής άμμου 20%.



(250-500  $\mu\text{m}$ ), βιογενή 65% (μεγάλο ποσοστό τρηματοφόρων και γαστερόποδων), έγχρωμα ορυκτά 25% και συγκρίματα λεπτής άμμου 10%.



(500  $\mu\text{m}$ -1 mm), βιογενή 90% (γαστερόποδα, θραύσματα διθύρων), συγκρίματα λεπτής άμμου και έγχρωμα ορυκτά 10%.



(1-2 mm), κυριαρχούν τα βιογενή 90%, 5% βωξίτης (εξωτικοί κόκκοι μεγάλου

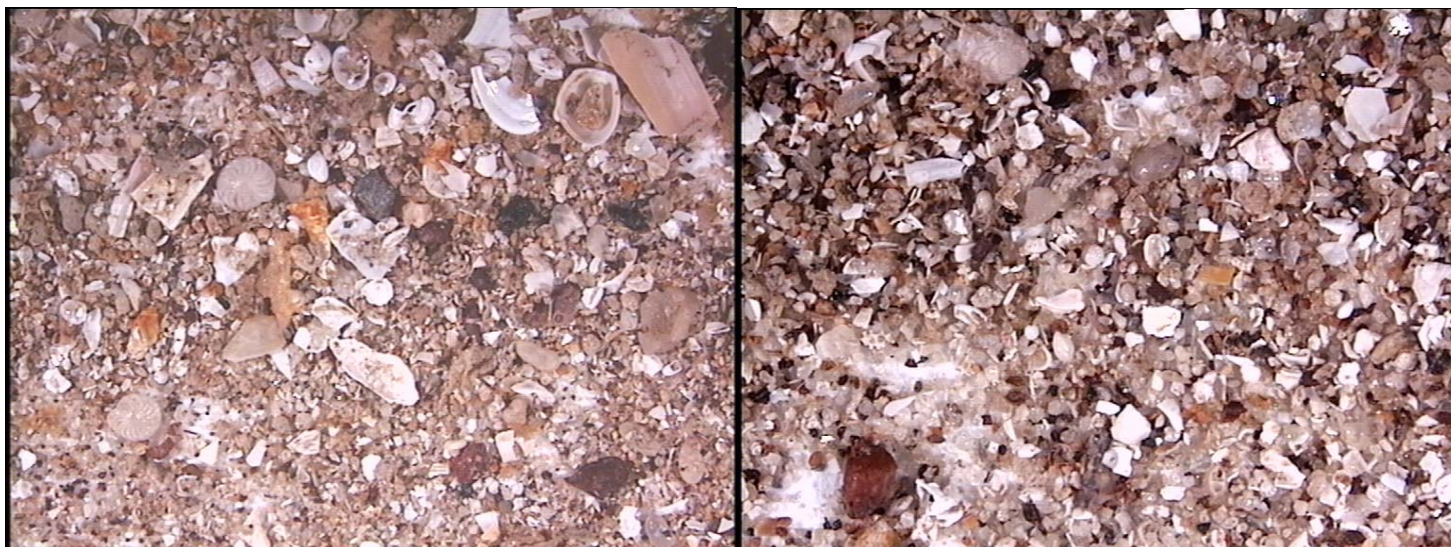
μεγέθους) και συγκρίματα λεπτής άμμου 5%.



(2-4 mm), αποτελείται μόνο από βιογενή

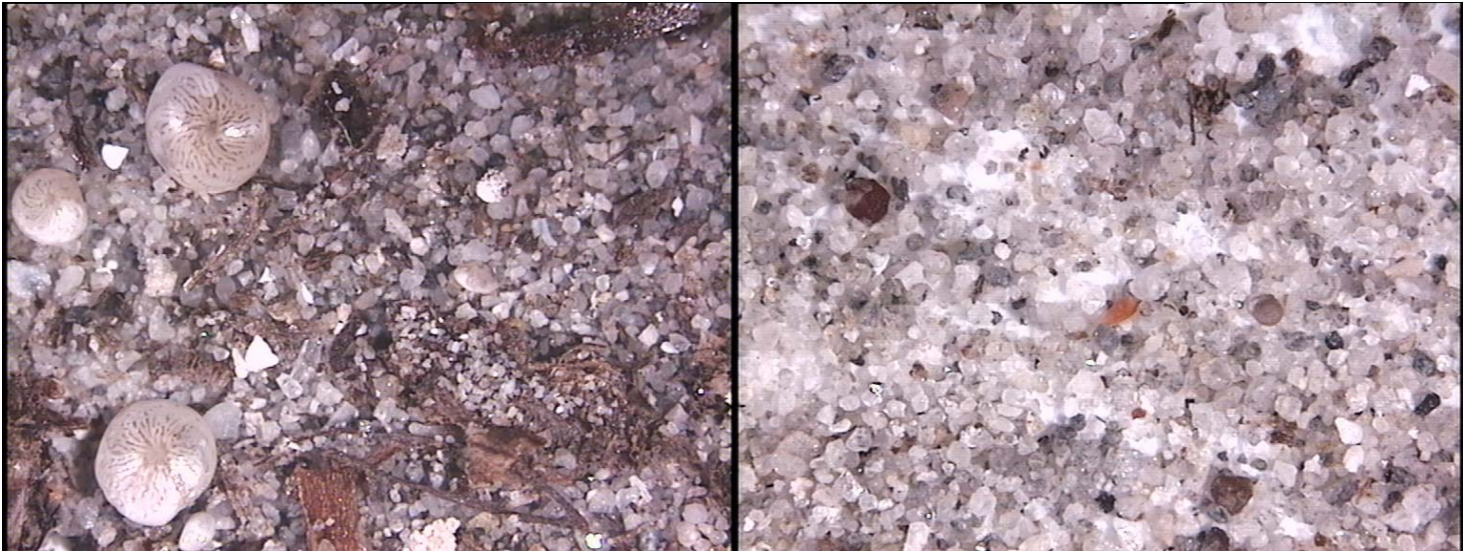
(>4mm), αποτελείται μόνο από βιογενή (επικρατεί η φάση της *Cladocora*).

**I-11:** Το δείγμα αποτελείται από βωξίτη 15%, χαλαζίας 40%, βιογενή 30% (θραύσματα διθύρων και γαστερόποδων, τρηματοφόρα και ελάχιστα οστρακώδη), εγχρωμα ορυκτά και ίχνη αστρίων 15%.



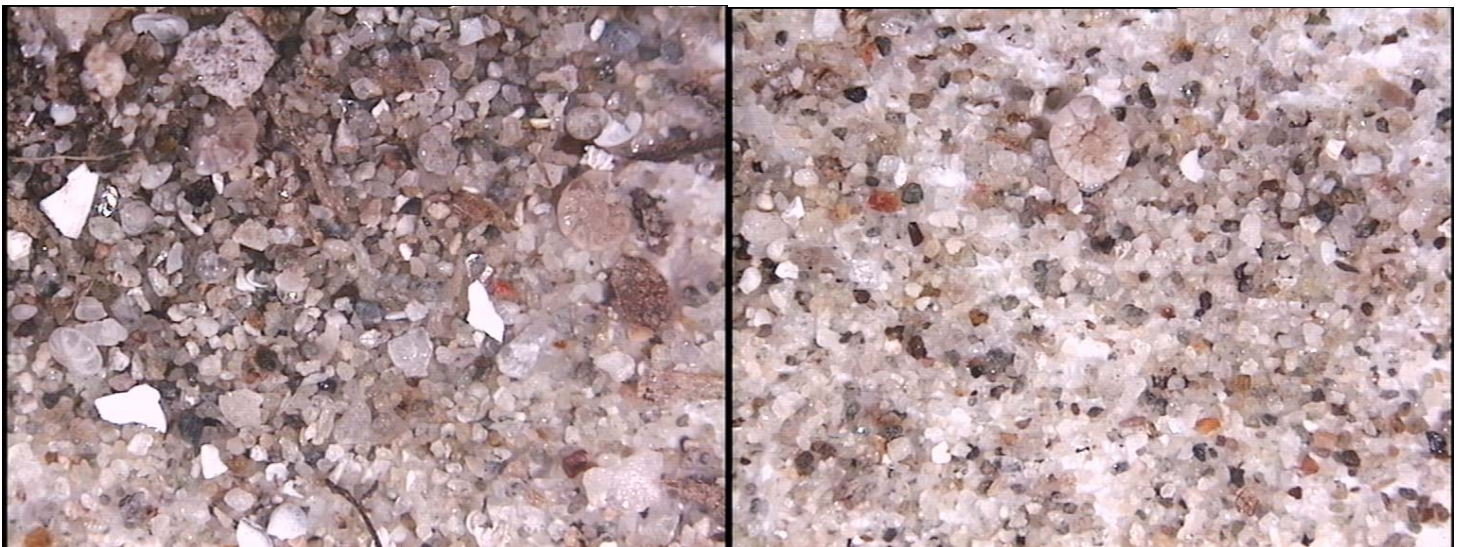
**Εικ. I-11** (αριστερά): εποπτική, (δεξιά): Εστίαση της λεπτότερης φάσης του δείγματος (εντονότερη η παρουσία βωξίτη και οστρακωδών)

**I-12:** Το μεγαλύτερο ποσοστό αποτελείται από χαλαζιακή άμμο 70%. Έχουμε οργανική ύλη 10% που οφείλεται σε νεκρά φυτά (φύλλα φανερόγαμων), βιογενή 10% (κελύφη μαλακίων, τρηματοφόρα), άστριοι 5%, έγχρωμα ορυκτά και ίχνη βωξιτικών κόκκων (0,3-0,5mm) περίπου στο 5%.



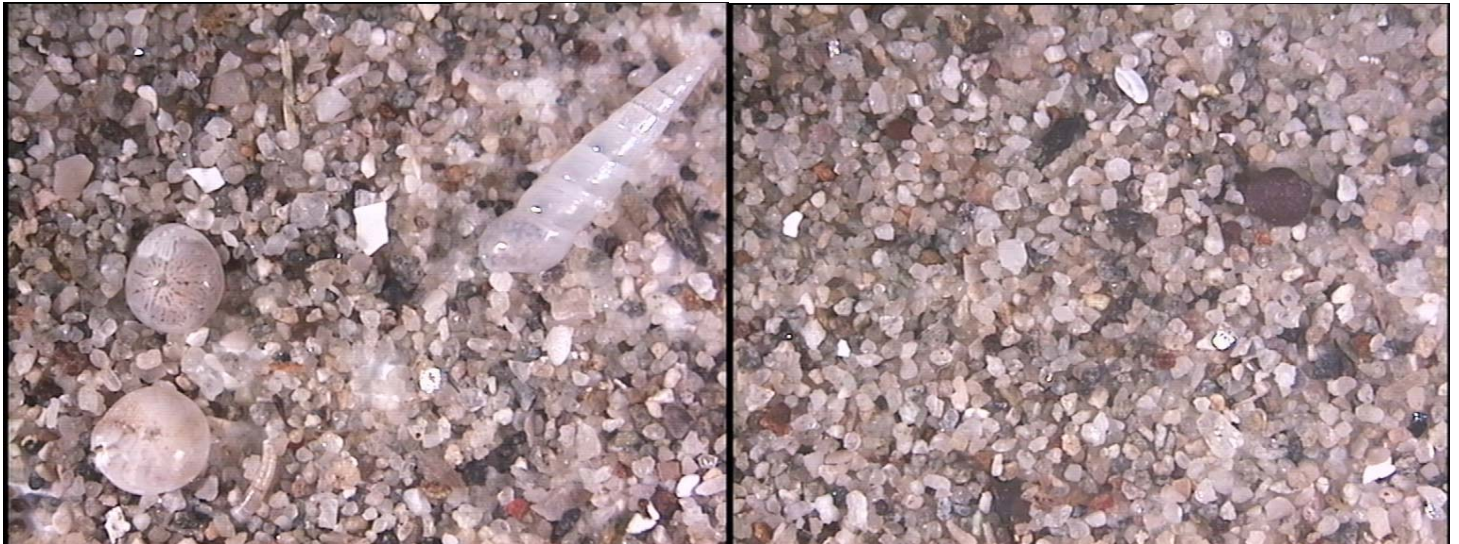
**Εικ. I-12** (αριστερά): εποπτική, (δεξιά): Εστίαση της λεπτότερης φάσης του δείγματος (εντονότερη η παρουσία χαλαζία, ενώ φαίνονται τα ίχνη του βωξίτη)

**I-13:** έχουμε βιογενή 10% (τρηματοφόρα, οστρακώδη, γαστερόποδα και θραύσματα δίθυρων), νεκρή οργανική ύλη 5%. Το δείγμα αποτελείται κυρίως από χαλαζιακή άμμο σε ποσοστό 70%, ενώ παρατηρήθηκαν άστριοι 5%, έγχρωμα ορυκτά και ίχνη βωξιτικών κόκκων 10%.



**Εικ. I-13** (αριστερά): εποπτική, (δεξιά): Εστίαση της λεπτότερης φάσης του δείγματος (εντονότερη η παρουσία χαλαζία, ενώ φαίνονται τα ίχνη του βωξίτη)

**I-14:** όμοια με I-13 αλλά με λιγότερα βιογενή 5% και χαλαζία 75%. Όμοια για τους κόκκους βωξίτη ίσως και σε μικρότερο ποσοστό.

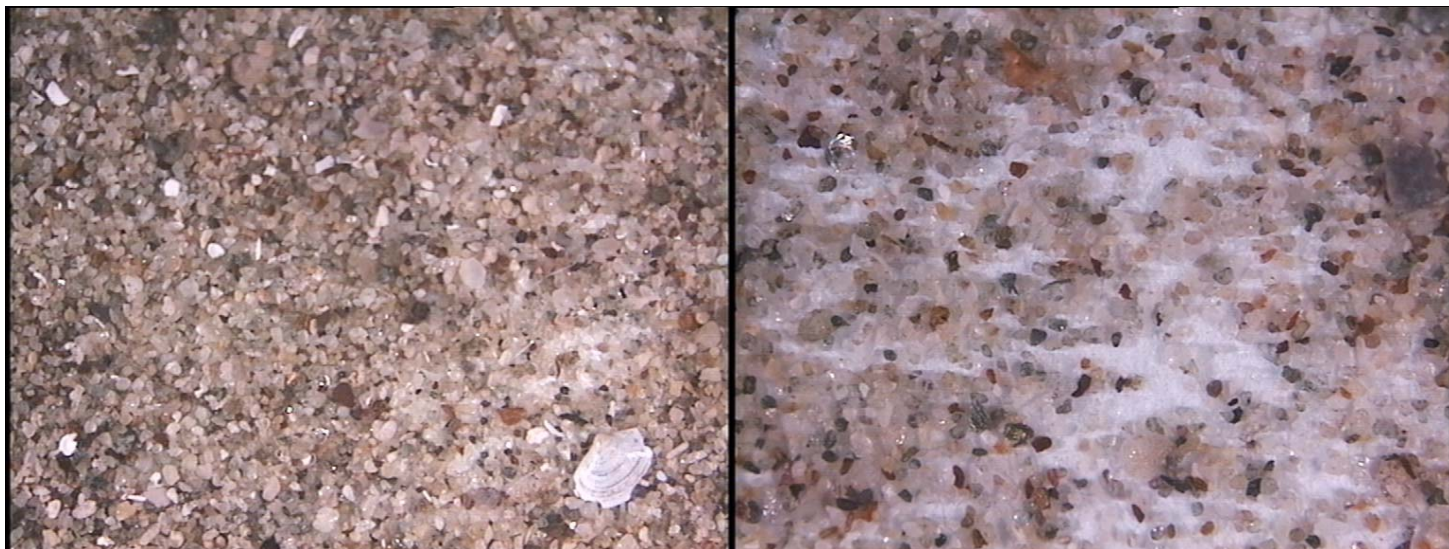


Εικ. I-14: εποπτικές

**I-15:** Το δείγμα αποτελείται από ψιλή άμμο. Επικρατεί η χερσογενής φάση του χαλαζία (50-60%), θραύσματα βιογενών κελυφών 20% (δίθυρα, ολόκληρα τρηματοφόρα και οστρακώδη), ενώ παρατηρούνται ίχνη βαρέων ορυκτών και βωξιτικών κόκκων - μερικοί μεγάλοι από 5 mm-1,2 cm -. (Λιγότερα από 10 στον αριθμό).

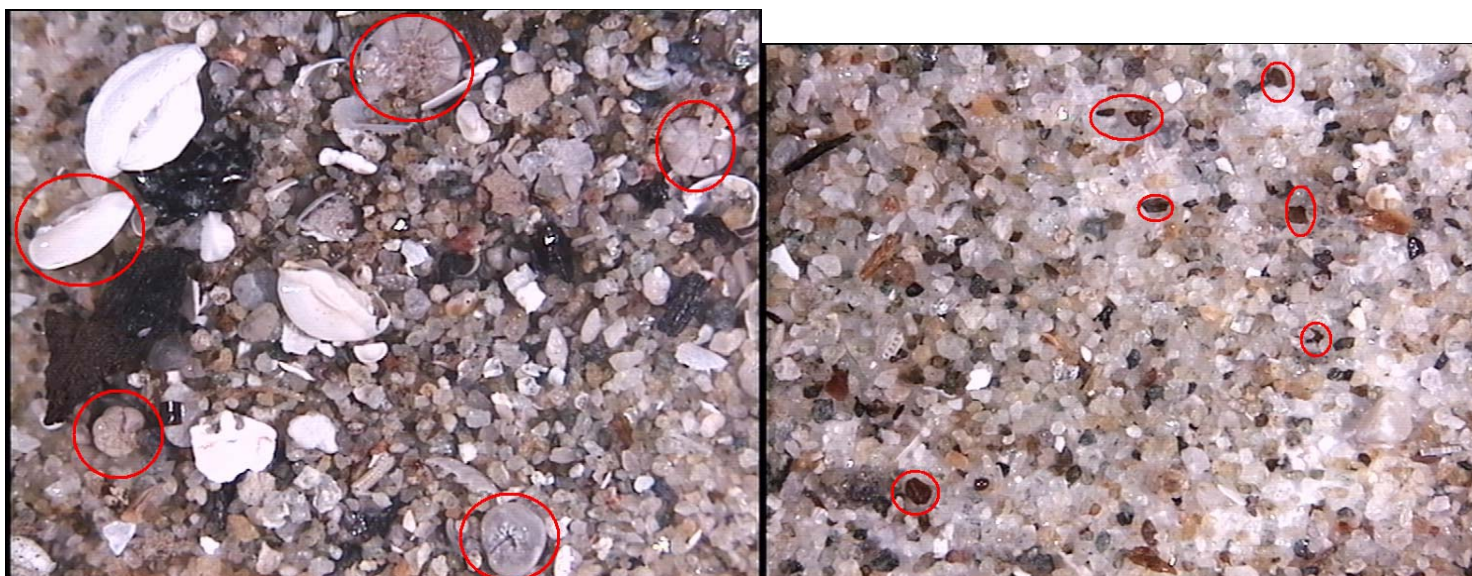


**I-16:** επικρατεί ο χαλαζίας 70%, άστριοι 10%, βιογενή 5%, έγχρωμα ορυκτά 10% και ποσοστό βωξιτικών κόκκων 5%, διαμέτρου από 0,1 mm έως 0,3 mm.



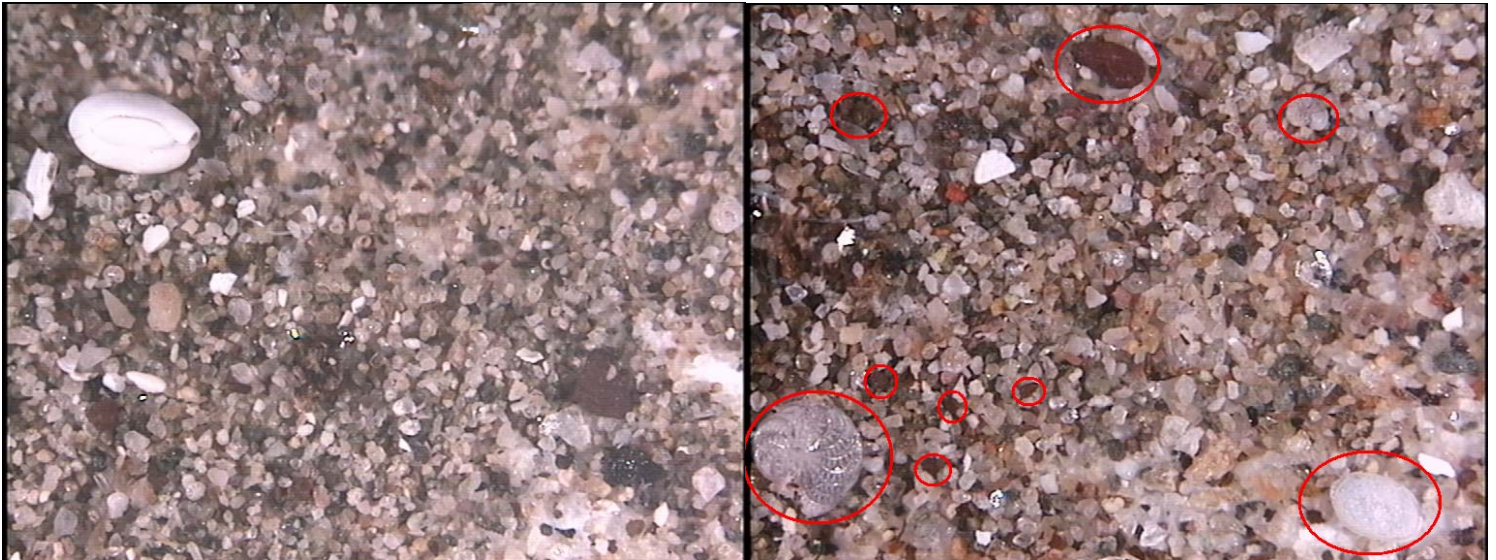
**Εικ. I-16** (αριστερά): εποπτική, (δεξιά): Εστίαση της λεπτότερης φάσης του δείγματος (εντονότερη η παρουσία χαλαζία, ενώ φαίνονται τα ίχνη του βωξίτη)

**I-17:** παρατηρήθηκε κυρίως χαλαζιακή άμμος 75% με ίχνη οργανικής ύλης, βιογενή 10% (θραύσματα δίθυρων και γαστερόποδων, τρηματοφόρα, οστρακώδη), άστριοι 5% και έγχρωμα ορυκτά - τεμάχια πετρωμάτων - ίχνη βωξίτη 10%.



**Εικ. I-17** (αριστερά): εποπτική, παρατηρούνται τρηματοφόρα – οστρακώδη, (δεξιά): Εστίαση της λεπτότερης φάσης του δείγματος (εντονότερη η παρουσία χαλαζία, ενώ φαίνονται τα ίχνη του βωξίτη)

**I-18:** παρατηρήθηκε κυρίως χαλαζιακή άμμος 70%, βιογενή 5% (τρηματοφόρα κυρίως, οστρακώδη και πυριτικές βελόνες σπόγγων), άστριοι 5% και έγχρωμα ορυκτά - τεμάχια πετρωμάτων – ίχνη βωξίτη 20%.



**Εικ. I-18** (αριστερά): εποπτική, παρατηρούνται δύο μεγάλοι κόκκοι βωξίτη, (δεξιά): Εστίαση στο δείγμα (παρατηρούνται δύο τρηματοφόρα και ένα οστρακώδες κάτω δεξιά, ενώ παρατηρούνται ίχνη από βωξίτη)

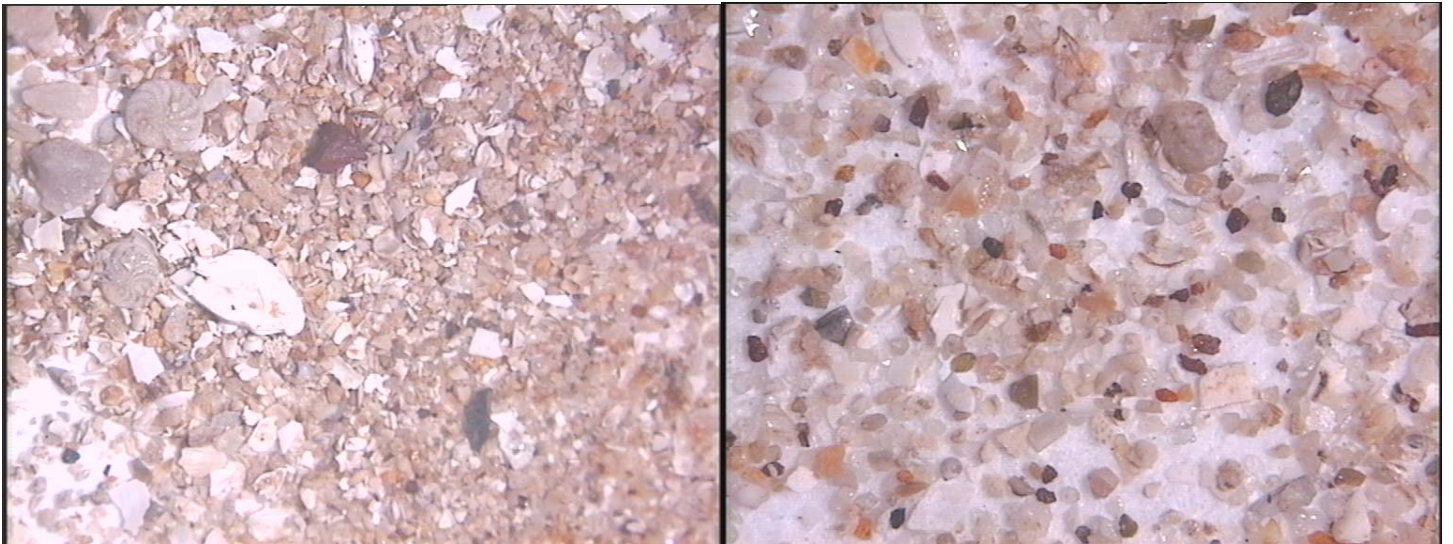
**I-19:** παρατηρήθηκε χαλαζίας 40%, βιογενή 20% (τρηματοφόρα, θραύσματα δίθυρων και γαστερόποδων), έγχρωμα ορυκτά - τεμάχια πετρωμάτων 35-40%. Εμφανής η παρουσία βωξίτη <3%, με εμφάνιση στα μικρά κλάσματα της άμμου, αλλά και παρουσία μεγάλων κόκκων της τάξης του 1 cm.



**Εικ. I-19** (αριστερά): εποπτική, (δεξιά): Σφαιρικοί σχηματισμοί βωξίτη, Τρηματοφόρο, θραύσματα δίθυρων

**I-20:** επικρατεί ο χαλαζίας 70%, βιογενή 20% (τρηματοφόρα και κυρίως θραύσματα δίθυρων), έγχρωμα ορυκτά 5-10%. Εμφανής η παρουσία βωξίτη 3-5%, με μεγαλύτερη εμφάνιση στα μικρά κλάσματα της άμμου.





**Εικ. I-20** (αριστερά): εποπτική, (δεξιά): Εστίαση της λεπτότερης φάσης του δείγματος (έντονη η παρουσία χαλαζία, ενώ φαίνονται τα ίχνη του βωξίτη)

**I-21:** (63-125  $\mu\text{m}$ ), χαλαζίας 80%, άστριοι 10%, έγχρωμα ορυκτά 10%, παρατηρούνται ίχνη βιογενών.



(125-250  $\mu\text{m}$ ), χαλαζίας 70%, άστριοι 5-10%, έγχρωμα ορυκτά και θραύσματα πετρωμάτων 10-15%, θραύσματα βιογενών 10-15% (οστρακώδη, τρημματοφόρα).



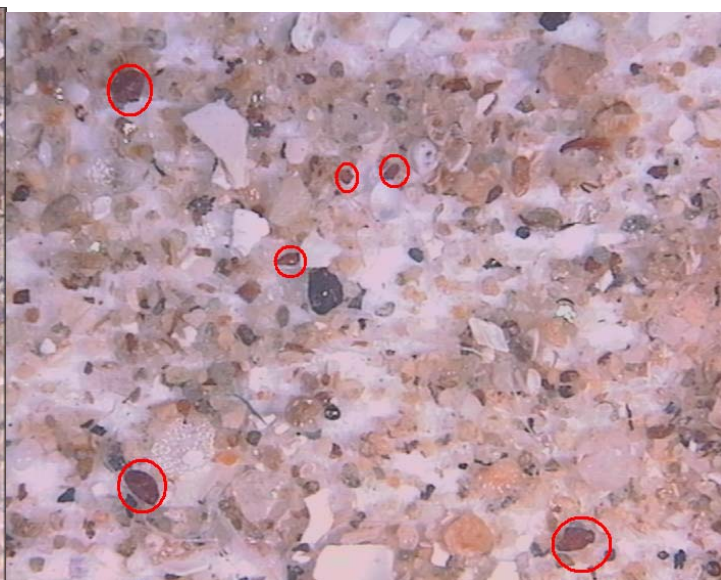
(250-500  $\mu\text{m}$ ), βιογενή 40-50% (μεγάλο ποσοστό τρηματοφόρων σε σχέση με οστρακάδη – παρατηρούνται θραύσματα από δίθυρα και πυριτικές βελόνες σπόγγων), χαλαζίας 30-35%, έγχρωμα ορυκτά 10-15% και παρατηρούνται συγκολλημένοι κόκκοι λεπτής άμμου σε ποσοστό 5%.



(500 μm-1mm), βιογενή 60% (τριηματοφόρα 50%, γαστερόποδα, θραύσματα διθύρων), συγκρίματα λεπτής άμμου 15%, χαλαζίες – άστριοι 15%, έγχρωμα ορυκτά 15%.



**I-22:** επικρατεί ο χαλαζίας 80%, βιογενή 10% (τριηματοφόρα, θραύσματα δίθυρων κυρίως και πυριτικές βελόνες σπόγγων), έγχρωμα ορυκτά 10%. Παρουσιάζονται ίχνη αστρίων και βωξίτη.



**Εικ. I-22** (αριστερά): εποπτική, (δεξιά): Εστίαση της λεπτότερης φάσης του δείγματος (έντονη η παρουσία χαλαζία, ενώ φαίνονται τα ίχνη του βωξίτη)

**I-23:** επικρατεί ο χαλαζίας 75%, άστριοι 5%, βιογενή 15% (τρηματοφόρα, θραύσματα γαστερόποδων κυρίως και πυριτικές βελόνες σπόγγων), έγχρωμα ορυκτά 5%. Παρουσιάζονται ίχνη βωξίτη.



**I-25:** (63-125  $\mu\text{m}$ ), χαλαζίας 60%, άστριοι 5%, έγχρωμα ορυκτά 20%, βιογενή 15%.



(125-250  $\mu\text{m}$ ), χαλαζίας – έγχρωμα ορυκτά και ίχνη αστρίων 15%, βιογενή 85% (τηρηματοφόρα, οστρακώδη, βελόνες αχινών, ελάχιστα βρυόζωα, θραύσματα διθύρων).



(250-500  $\mu\text{m}$ ), βιογενή 90%, χαλαζίας - έγχρωμα ορυκτά κυρίως και ίχνη αστρίων 10%.



(500  $\mu\text{m}$ -1mm), βιογενή 95%, έγχρωμα ορυκτά 5%.



(1-2 mm), βιογενή 100% (αύξηση των γαστερόποδων σε σχέση με τις προηγούμενες φάσεις).



(2-4 mm), βιογενή 100% (γαστερόποδα, δίθυρα, *Cladocora*).

(>4mm), βιογενή 100% (φάση *Cladocora*).



**Εικ. I-25** φάση *Cladocora* (αριστερά): εποπτική, (2-4 mm), (δεξιά): εποπτική, (>4mm)

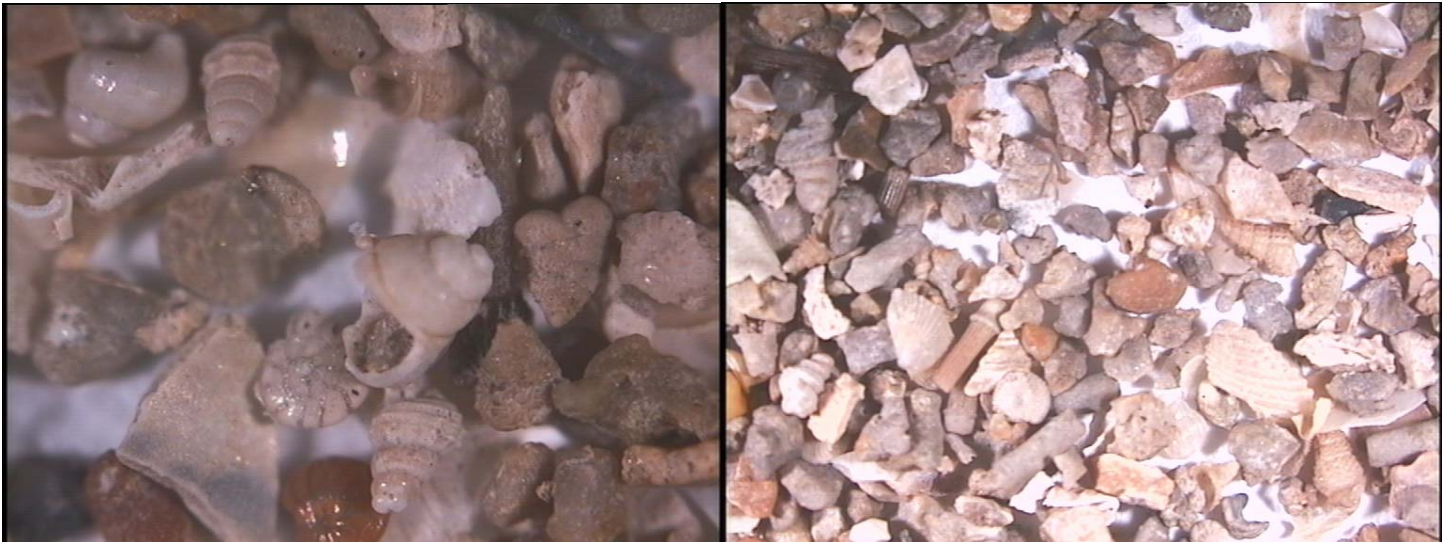
**I-26:** (63-125  $\mu\text{m}$ ), χαλαζίας 60%, άστριοι 10%, έγχρωμα ορυκτά 10%, βιογενή 10%.  
 (125-250  $\mu\text{m}$ ), χαλαζίας 45%, άστριοι 5%, έγχρωμα ορυκτά 15%, βιογενή 35%.



**Εικ. I-26a** (αριστερά): εποπτική, (63-125  $\mu\text{m}$ ), (δεξιά): εποπτική, (125-250  $\mu\text{m}$ )

(250-500  $\mu\text{m}$ ), βιογενή 40%, χαλαζίας 20%, έγχρωμα ορυκτά και τεμάχια πετρωμάτων 35-40% και άστριοι 5%.

(500  $\mu\text{m}$ -1mm), βιογενή 35% κρυσταλλικοί κόκκοι χαλαζία – άστριοι 10%, έγχρωμα ορυκτά 55%.



**Εικ. I-26β** (αριστερά): εποπτική, (250-500 μm), (δεξιά): εποπτική, (500 μm-1mm)

(1-2 mm), βιογενή 50%, έγχρωμα ορυκτά και τεμάχια πετρωμάτων 50%.

(2-4 mm), βιογενή 70%, έγχρωμα ορυκτά και τεμάχια πετρωμάτων 30%.

(>4mm), κυριαρχούν τα βιογενή 90%, έγχρωμα ορυκτά και τεμάχια πετρωμάτων 10%.



**Εικ. I-26γ** (αριστερά): εποπτική, (1-2 mm), (δεξιά): εποπτική, (>2mm)

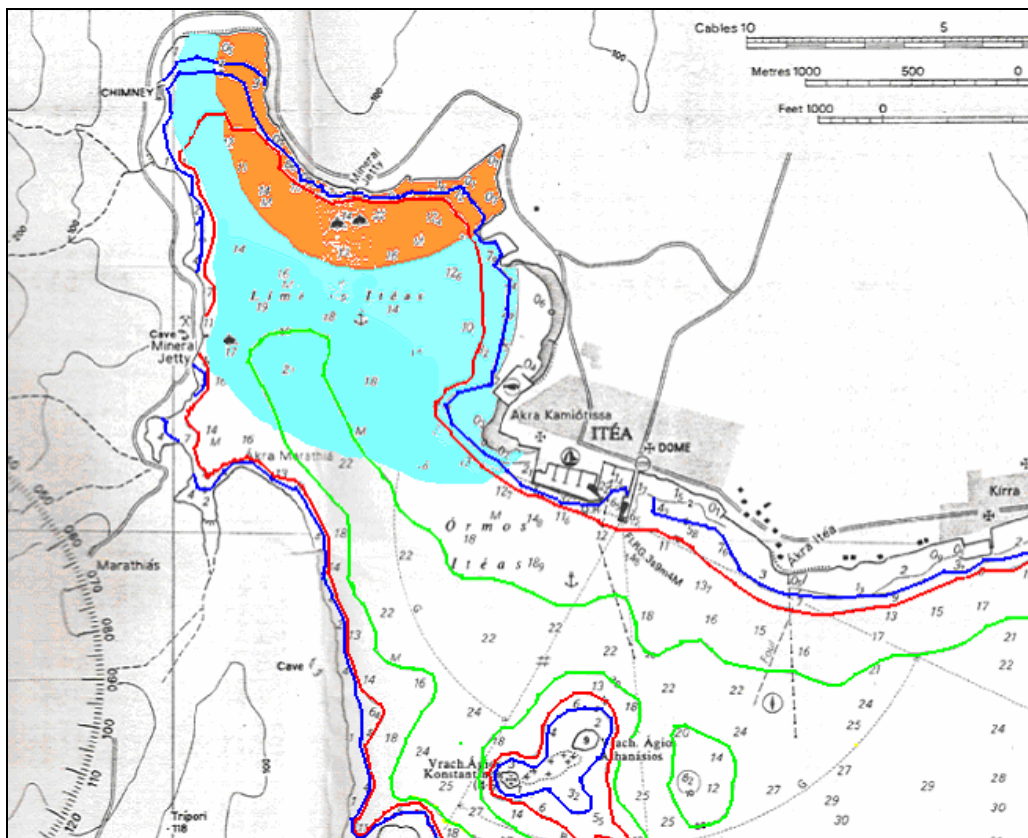
**I-28:** κυριαρχούν τα βιογενή 85% (κυριαρχεί η *Cladocora*, δίθυρα, γαστερόποδα) χαλαζίας 15%, ίχνη από έγχρωμα ορυκτά και άστριους.

(\*όπου αναφέρεται η ύπαρξη από ίχνη βωξίτη αυτό αντιστοιχεί σε ποσοστό)

Από τις παρατηρήσεις στο διοφθάλμιο μικροσκόπιο έγινε μία εκτίμηση της εξάπλωσης του βωξίτη στα επιφανειακά ιζήματα της περιοχής μελέτης. Από τις παρατηρήσεις αυτές προέκυψε ο χάρτης της Εικόνας 18, όπως παρουσιάζεται



παρακάτω.

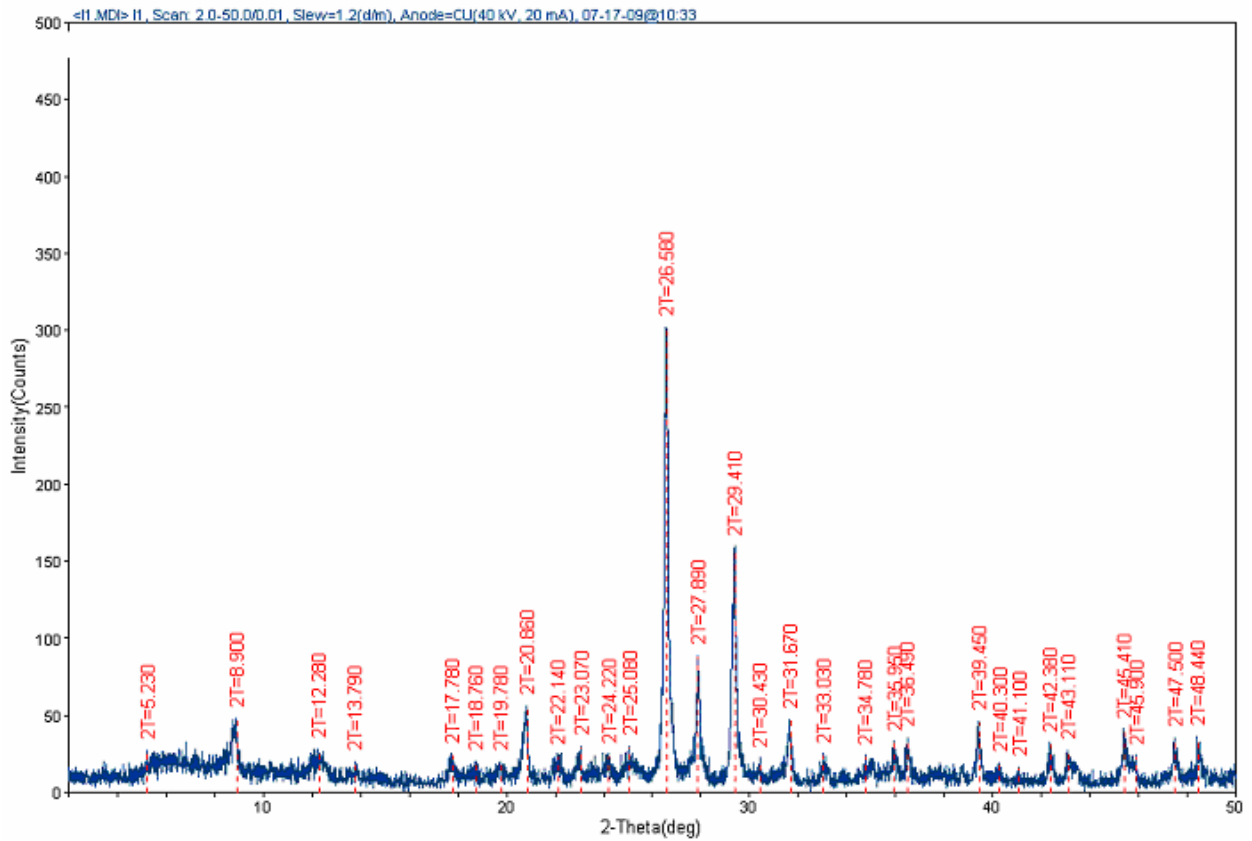


**Εικ. 18:** Βυθομετρικός χάρτης στον οποίο παρουσιάζονται τα όρια εμφάνισης κόκκων βωξίτη (με καφέ χρώμα απεικονίζεται η περιοχή όπου παρατηρήθηκε έντονη παρουσία στα επιφανειακά ιζημάτα >10%, ενώ με γαλάζιο η περιοχή όπου παρατηρήθηκαν ίχνη

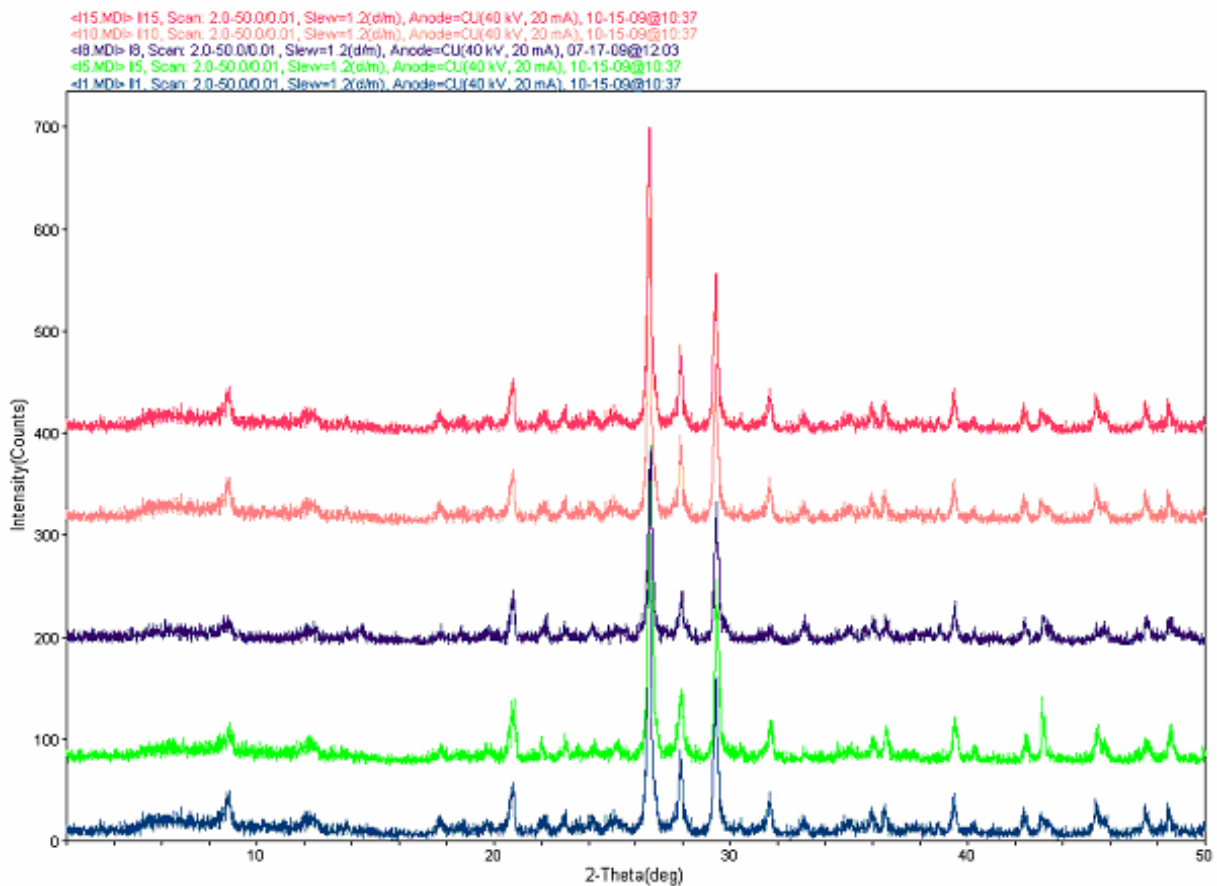
### 5.3 Η ορυκτολογική σύσταση των ιζημάτων

Μέσω του περιθλασίμετρου ακτίνων  $X$  (XRD) παράχθηκαν 6 διαγράμματα (ένα για κάθε δείγμα) αποτύπωσης των επικρατούντων ορυκτών σε κάθε δείγμα. Οι τιμές των γωνιών περίθλασης των ορυκτών διορθώθηκαν ως προς τη γωνία  $2\theta$  με βάση το πρότυπο δείγμα χαλαζία (quartz law). Αντιπροσωπευτικό διάγραμμα προσδιορισμού των ορυκτών φαίνεται στην Εικόνα 19 και στην Εικόνα 20 παρουσιάζονται όλα τα διαγράμματα μαζί. Στο παράρτημα φαίνονται όλα τα ακτινογραφήματα των ορυκτών που έγιναν στα πλαίσια της παρούσας μελέτης.

Από το συνολικά διαγράμματα της Εικόνας 20 είναι φανερό ότι δεν υπάρχει ουσιαστική διαφορά στην ορυκτολογική σύσταση των 5 δειγμάτων, άρα ο σχολιασμός είναι κοινός για όλα. Το κυρίαρχο ορυκτό που επικρατεί σε όλα τα ορυκτολογικά διαγράμματα των δειγμάτων του κόλπου της Ιτέας είναι ο χαλαζίας. Ακολουθούν τα ανθρακικά ορυκτά, οι άστριοι και τα αργιλικά ορυκτά (καολινίτης και ιλλίτης).



Εικ. 19. Διάκριση των ορυκτών του δείγματος, με τη βοήθεια του XRD



Εικ. 20. Παρουσίαση των διαγραμμάτων και των 5 δειγμάτων που προέκυψαν από το XRD

## 5.4 Γεωχημική σύσταση των ιζημάτων

Αποτελέσματα εκατοστιαίων ποσοστών κύριων στοιχείων και ιχνοστοιχείων (XRF) σε ppm

Πίνακας 5. Παρουσίαση κύριων στοιχείων ως ιζημάτων του κόλπου της Ιτέας

ΔΕΙΓΜΑ	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	MgO	SO <sub>3</sub>
I-1	14,1	40,1	0,125	1,226	13,0	0,748	5,85	2,70	2,773	0,351
I-5	10,6	44,9	0,114	1,332	12,4	0,583	4,536	3,20	3,162	0,336
I-10	6,37	25,6	0,095	0,96	26,6	0,356	3,03	2,44	2,27	0,340
I-15	8,7	50,8	0,100	1,218	12,1	0,502	4,027	2,934	3,186	0,287
I-20	9,37	47,4	0,110	1,38	12,4	0,546	4,29	3,06	3,33	0,268
I-23	8,1	48,8	0,097	1,135	13,7	0,480	3,586	2,706	2,883	0,254
PES-21	19.42	27.75	0.202	2.748	22.96	1.113	17.886	1.348	2.95	0.13

Πίνακας 6. Παρουσίαση ιχνοστοιχείων των ιζημάτων του κόλπου της Ιτέας

ΔΕΙΓΜΑ	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Br	Rb	Sr	Y
I-1	135.1	387.8	423.8	19.6	214.9	20.7	85.8	14.9	28.6	53.0	53.1	288.4	21.0
I-5	93.1	364.8	447.3	19.6	197.2	18.8	69.0	11.1	16.8	66.8	57.6	230.2	18.2
I-10	67.6	228.1	351.7	12.8	128.0	13.9	50.8	7.2	15.8	65.8	51.5	1734.3	14.2
I-15	74.0	503.7	443.5	19.3	210.2	17.1	55.9	8.8	11.8	39.2	49.3	182.5	15.5
I-20	82.3	401.8	449.7	18.7	205.6	18.7	68.2	9.6	13.6	56.5	58.5	224.3	17.5
I-23	71.6	393.7	422.5	16.5	166.9	14.6	55.4	8.8	13.7	43.6	47.6	247.3	15.5
AVER	130	90	850	19	68	45	95	-	13	-	-	140	-
PES-21	115	206	1712	28	155	58	89	-	18	47	78	461	-

ΔΕΙΓΜΑ	Zr	Nb	Mo	Sn	Ba	La	Ce	Nd	Pb	Th	U	I
I-1	170.3	12.8	2.1	8.9	142.6	27.1	70.1	20.3	21.3	13.0	4.8	29.4
I-5	146.9	9.9	0.9	8.5	156.6	-	47.1	15.9	15.1	8.4	3.9	35.7
I-10	91.6	5.3	0.7	8.4	126.0	18.8	42.5	17.9	6.3	9.2	10.0	48.0
I-15	135.2	7.4	0.7	8.6	147.9	-	35.1	14.2	10.4	6.2	3.3	9.2
I-20	138.9	8.6	0.6	9.3	157.4	16.5	37.9	17.7	15.4	8.6	3.7	45.7
I-23	133.9	7.4	0.5	11.2	145.2	-	32.7	12.2	13.1	6.1	3.3	19.5
AVER*	130	-	2.6	6	580	-	-	-	20	-	3.7	-
PES-21**	116	-	4	-	231	-	-	-	25	-	-	-

\* AVERAGE SHALE: η μέση περιεκτικότητα στις ιλυαργίλλους από μεγάλο αριθμό αναλύσεων ανά τον κόσμο (SALOMONS & FOERSTNER, 1984)

\*\* PES-21: μετρήσεις από πυρήνα (στο βάθος των 40 cm) που πάρθηκε στα 827 m βάθος στον κεντρικό Κορινθιακό (N-A της περιοχής μελέτης) (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε., 2007)

Από τον Πιν.6 επιλέχθηκαν τα 3 στοιχεία που σύμφωνα με τις συγκεντρώσεις τους δείχνουν επιβαρημένα. Για την αξιολόγηση των τιμών των ιχνοστοιχείων, θα εφαρμόσουμε τους δείκτες εμπλουτισμού, οι οποίοι προκύπτουν από τους λόγους του κάθε στοιχείου του κάθε δείγματος ως προς ένα στοιχείο ουδέτερο και αδρανές στις

ανθρωπογενείς δραστηριότητες (Πιν. 7). Στην παρούσα διαδικασία το στοιχείο που χρησιμοποιούμε είναι το ρουβίδιο (Rb), γιατί είναι αδρανές και γιατί δεν παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση στις τιμές των επιμέρους δειγμάτων. Το αποτέλεσμα κάθε λόγου διαιρείται με τον αντίστοιχο που έχει προκύψει από το δείγμα PES-21 (Πιν.8). Το PES-21 είναι ένα δείγμα που πάρθηκε από το βάθος πυρήνα και είναι δείγμα αναφοράς, αφού δεν είναι επηρεασμένο από την ανθρώπινη δραστηριότητα και απεικονίζει απόλυτα το φυσικό-αδιάβλητο περιβάλλον της ευρύτερης περιοχής.

**Πίνακας 7.** Παρουσίαση ιχνοστοιχείων των ιζημάτων του όρμου της Ιτέας

ΔΕΙΓΜΑ	Ni/Rb	Cr/Rb	As/Rb
I-1	4	7.3	0.54
I-5	3.4	6.3	0.3
I-10	2.5	4.4	0.31
I-15	4.3	10.2	0.24
I-20	3.5	6.9	0.23
I-23	3.5	8.3	0.29
PES-21	2	2.6	0.23

**Πίνακας 8.** Παρουσίαση δεικτών εμπλουτισμού των ιχνοστοιχείων των ιζημάτων του όρμου της Ιτέας

ΔΕΙΓΜΑ	Ni/Rb <sub>στ</sub> /Ni/Rb <sub>PES-21</sub>	Cr/Rb <sub>στ</sub> / Cr/Rb <sub>PES-21</sub>	As/Rb <sub>στ</sub> / As/Rb <sub>PES-21</sub>
I-1	2	2.81	2.35
I-5	1.7	2.4	1.3
I-10	1.25	1.7	1.35
I-15	2.15	3.9	1
I-20	1.75	2.7	1
I-23	1.75	3.2	1.26

### Επιπτώσεις ιχνοστοιχείων στο θαλάσσιο περιβάλλον

#### Χρώμιο

Ανήκει στην έκτη ομάδα του περιοδικού πίνακα και έχει ατομικό αριθμό 24 και σχετική ατομική μάζα 51.99 amu. Είναι αργυρόλευκο, σκληρό και εύθραυστο μέταλλο με χαμηλή πτητικότητα και εμφανίζεται στην οξειδωτική κατάσταση +2, +3, +4, +5, +6.

Το τρισθενές χρώμιο είναι απαραίτητο ιχνοστοιχείο για το μεταβολισμό των σακχάρων και των λιπιδίων. Στα φυσικά ύδατα απαντάται συνήθως με τη μορφή εξασθενούς χρωμίου το οποίο είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο, αφού σε συγκεντρώσεις της

τάξης των 10mg/Kg βάρους προκαλεί νέκρωση ιστών και νεφρική ανεπάρκεια, ενώ χαμηλότερες συγκεντρώσεις προκαλούν ερεθισμό του γαστρικού και εντερικού βλεννογόνου (Καραγιαννίδης, 2002).

Επίσης, παίζει ρόλο στη βιοσύνθεση των λιπιδίων και των αμινοξέων, ενώ ενεργοποιεί ένζυμα που ρυθμίζουν τη γλυκόλυση. Οι ενώσεις του Cr με σθένος +6 είναι τοξικές, αφού σε συγκεντρώσεις της τάξης των 10 mg/Kg βάρους προκαλεί νέκρωση ιστών και απορροφούνται εύκολα (Ξένος, Ξένου, 2003).

Η πιο συνηθισμένη μορφή με την οποία βρίσκεται το Cr στη φύση είναι το τρισθενές κατιόν. Στο θαλάσσιο περιβάλλον βρίσκεται κυρίως με τη σταθερή μορφή του εξασθενούς ιόντος και έχει παρατηρηθεί ένα μεγάλο εύρος τοξικών δράσεων στους θαλάσσιους οργανισμούς όπου και συσσωρεύεται. Μεγάλες ποσότητες Cr καταλήγουν στο περιβάλλον από την καύση ορυκτών καυσίμων και τις μεταλλουργικές βιομηχανίες.

Τα φυσικά επίπεδα της συγκέντρωσής του στο έδαφος είναι γενικά υψηλά. Όμως, λόγω της δυσδιαλυτότητας των ενώσεών του, πολύ μικρές ποσότητες ελευθερώνονται από το έδαφος με έκπλυση από τα νερά της βροχής και καταλήγουν στη θάλασσα, όπου εναποτίθενται στα ιζήματα. Από τα ιζήματα, το Cr δεν επαναδιαλύεται εύκολα, με αποτέλεσμα να μην προσλαμβάνεται από τους θαλάσσιους οργανισμούς σε μεγάλο βαθμό (Φυτιάνος, 1996).

## **Νικέλιο**

Ανήκει στη δέκατη ομάδα του περιοδικού πίνακα και έχει ατομικό αριθμό 28 και σχετική ατομική μάζα 58.69 amu. Είναι αργυρόλευκο, με μεταλλική λάμψη ανθεκτικό στη διάβρωση από τον αέρα και τα χημικά αντιδραστήρια. Εμφανίζεται στην οξειδωτική κατάσταση +2, +4 (Καραγιαννίδης, 2002).

Το Ni είναι πολύ τοξικό για τα φυτά και τους μύκητες, ενώ στα θηλαστικά παρουσιάζει τοξικότητα το Ni(CO)<sub>4</sub>. Ο μηχανισμός δράσης του Ni δεν είναι γνωστός. Πιστεύεται ότι παίζει ρόλο στο μεταβολισμό των πυρηνικών οξέων και είναι καρκινογόνο (Ξένος, Ξένου, 2003).

Λόγω του γεγονότος ότι δεν έχει ακόμη καθορισθεί η σχέση μεταξύ της δόσης του μετάλλου αυτού και της αντίδρασης του ανθρώπινου οργανισμού, τα όρια έκθεσης στο νικέλιο είναι ιδιαίτερα αυστηρά. Έρευνες έδειξαν ότι τα περισσότερα προβλήματα προκαλούνται από παράγωγα του νικελίου όπως το οξείδιο του νικελίου και τα κρυσταλλικά του σύμπλοκα π.χ. Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub>.

## 6. Συζήτηση-Συμπεράσματα

Ο όρμος της Ιτέας αποτελεί μια μικρή εγκόλπωση στις βόρειες ακτές του Κορινθιακού κόλπου της οποίας το βάθος δεν υπερβαίνει τα 24 m. Επηρεάζεται από μια μικρής έκτασης λεκάνη απορροής η οποία τροφοδοτεί τον όρμο με χερσογενή υλικά. Τα υλικά αυτά μεταφέρονται από τους χειμάρρους, οι οποίοι εκβάλλουν σ' αυτόν.

Τα ιζήματα του όρμου της Ιτέας παρουσιάζουν τοπική διαφοροποίηση. Επικρατούν κυρίως τα αμμώδη ιζήματα σε ποσοστό 2/3 (Εικ. 17-18). Στα παράκτια τμήματα του όρμου επικρατούν τα αμμώδη ιζήματα, ενώ τα ιλυώδη υπάρχουν στην κεντρική λεκάνη και πιο χαρακτηριστικά σε βάθη γύρω από την ισοβαθή των 20 m., με εξαίρεση 2 μικρές περιοχές στους 2 βόρειους κολπίσκους (προφανώς θα είναι αποτέλεσμα των επιμέρους χειμάρρων (Εικ. 5) που χύνονται εκεί τροφοδοτώντας λεπτόκοκκο υλικό την περιοχή). Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι, από τις κοκκομετρικές αναλύσεις και τις παρατηρήσεις στο διοφθάλμιο μικροσκόπιο προκύπτει ότι οι περιοχές που χαρακτηρίζονται από αμμώδη ιλύ-ιλυάργιλλο είναι αυτές που συναντάμε τα μεγαλύτερα ποσοστά χαλαζία, δηλαδή μπορούμε να τις χαρακτηρίσουμε ως ζώνες του χαλαζία. Ο χαλαζίας, οι άστριοι και ο ασβεστίτης βιογενούς προέλευσης κυριαρχούν στο αδρόκοκκο κλάσμα, ενώ στο λεπτόκοκκο ο ιλλίτης και ο καολινίτης (αργιλικά). Η έντονη παρουσία του χαλαζία είναι αποτέλεσμα της χερσογενούς μεταφοράς αφού οι μεγαλύτεροι χείμαρροι που καταλήγουν στη θάλασσα κινούνται στα στρώματα των Πλεικαινικών αποθέσεων που παρατηρούνται και ψαμμιτικοί σχηματισμοί.

Από τις παρατηρήσεις στο διοφθάλμιο μικροσκόπιο παρατηρήθηκαν κόκκοι βωξίτη σε παραπάνω από τη μισή επιφάνεια της περιοχής μελέτης. Κοντά στην ακτή-γέφυρες εκφόρτωσης (Βόρειο τμήμα) παρατηρούνται κόκκοι όλων των μεγεθών, από κάποια μm έως τεμάχια του πετρώματος (cm). Στην περιοχή που παρατηρήθηκαν ίχνη οι κόκκοι έχουν ομοιόμορφο μέγεθος ανά δείγμα, το οποίο είναι ανάλογο της απόστασης και του ποσοστού. Αυτό σημαίνει ότι η μεταφορά είναι ομαλή και δεν υπάρχει κανένας παράγοντας που να δημιουργεί σημειακή απόθεση ή κάποιο άλλο ιδιαίτερο φαινόμενο. Κάποιοι μεγάλοι κόκκοι παρατηρήθηκαν σε μακρινά δείγματα από την ζώνη μεγάλου ποσοστού, που δεν συμβαδίζουν με την υδροδυναμική της περιοχής. Προφανώς προέρχονται από τη μεταφορά των πλοίων.

Από τις συγκεντρώσεις των κύριων στοιχείων και των ιχνοστοιχείων έχουμε να

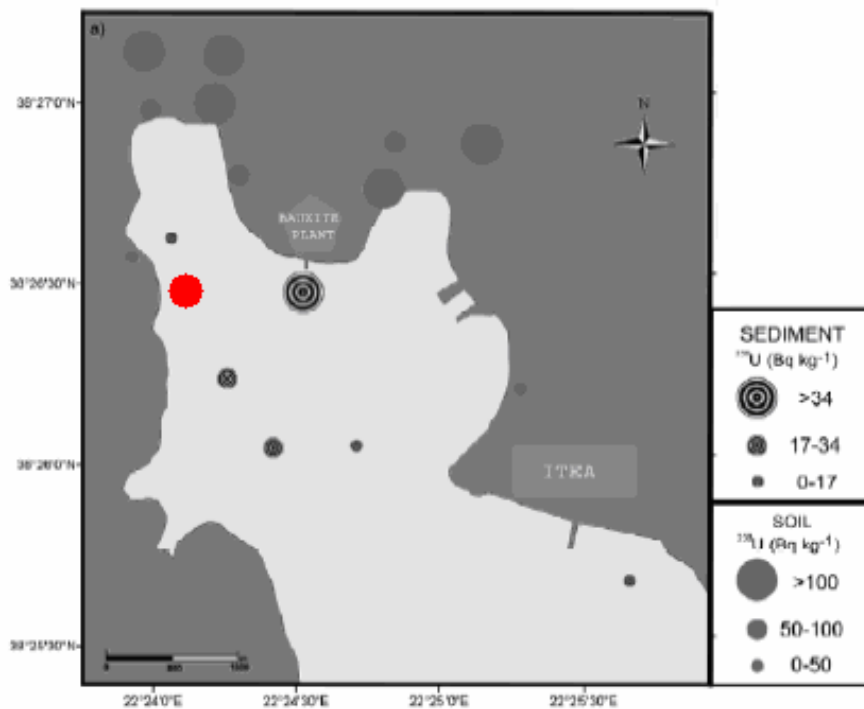
παρατηρήσουμε τα εξής:

Για τα κύρια στοιχεία σε σχέση με το δείγμα αναφοράς (PES-21) υπάρχει μία σχετικά αυξημένη συγκέντρωση του  $\text{SiO}_2$  η οποία δικαιολογείται από την αυξημένη παρουσία του χαλαζία, χερσογενούς προέλευσης, στην παράκτια περιοχή και δεύτερο στα αργιλικά ορυκτά. Το  $\text{K}_2\text{O}$  δεν παρουσιάζει μεγάλες συγκεντρώσεις για τι περιέχεται στους αστρίους, οι οποίοι εμφανίζονται σε μικρά ποσοστά. Το  $\text{CaO}$ , εμφανίζει τη μέγιστη συγκέντρωση στο σταθμό I-10, όπου η αμμόδης φάση του (>1 mm) αποτελείται μόνο από βιογενή. Το  $\text{Al}_2\text{O}_3$  είναι φανερό ότι εμφανίζει τη μέγιστη συγκέντρωση στο σταθμό I-1, λόγω του μεγάλου ποσοστού σε βωξίτη.

Για την αξιοποίηση των ιχνοστοιχείων χρησιμοποιήθηκαν οι δείκτες εμπλουτισμού στα στοιχεία που παρουσίασαν αυξημένη συγκέντρωση στην πλειοψηφία των 6 δειγμάτων δηλ. για το χρώμιο, το νικέλιο και το αρσενικό. Παρατηρούμε από ότι οι συγκεντρώσεις των στοιχείων αυτών αποκλίνουν συγκρινόμενες με τις συγκεντρώσεις του δείγματος αναφοράς (PES-21), παρουσιάζοντας αυξημένες συγκεντρώσεις. Υπάρχουν επίσης και κάποιες σημειακά αυξημένες συγκεντρώσεις κάποιων άλλων στοιχείων σε δύο σταθμούς.

Στο σταθμό I-1 έχουμε την υψηλότερη συγκέντρωση για το V (δείκτης εμπλουτισμού 1,7), το Pb (δείκτης εμπλουτισμού 1,25), το Ni, το Zn και το Th. Αυτό οφείλεται στο ότι το δείγμα έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε Βωξίτη (40%), ο οποίος από τη φύση του εμφανίζει αυξημένες συγκεντρώσεις στα στοιχεία αυτά, κυρίως στο Ni (Καραγιαννίδη, 2007)

Για το σταθμό I-10 έχουμε αυξημένες συγκεντρώσεις για το Sr (δείκτης εμπλουτισμού 5,7), η οποία οφείλεται και στην αντίστοιχα μεγάλη συγκέντρωση του  $\text{CaO}$  στο συγκεκριμένο δείγμα. (αν παρατηρήσουμε τους πίνακες 5,6 θα δούμε ότι η διακύμανση των συγκεντρώσεων τους είναι ανάλογη). Το U και το I. Η αυξημένη συγκέντρωση του U ίσως οφείλεται στις υψηλές συγκεντρώσεις που παρουσιάζονται στην γύρω παράκτια περιοχή του κολλίσκου σύμφωνα με την Εικ. 21.



**Εικ.21** Χάρτης απεικόνισης συγκεντρώσεων U στον όρμο της Ιτέας (Καραγιαννίδη, 2007). Με κόκκινο χρώμα απεικονίζεται η θέση του σταθμού I-10

Από Καραγιαννίδη κ.α (2007), εφαρμόστηκε διαδοχική εκχύλιση των τριών σταδίων, σε επιφανειακά δείγματα πέντε πυρήνων που ανήκουν στην περιοχή μελέτης, η οποία κατατάσσει τα στοιχεία σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες ενώσεών τους, ανάλογα με τη διαλυτότητά τους σε ορισμένους διαλύτες.

**A στάδιο:** Ανταλλάξιμα και ενωμένα με ανθρακικά ιόντα

**B στάδιο:** Ενωμένα με ενώσεις Fe ή Mn, που ανάγονται εύκολα και ήπια (κυρίως οξείδια)

**C στάδιο:** Ενωμένα με οργανικό υλικό και θειούχες ενώσεις

**D στάδιο:** Υπολειμματικό κλάσμα, αργιλικά και πυριτικά ορυκτά

Γενικά, φαίνεται να υπάρχει μια συγκεκριμένη κοινή τάση στην κατανομή των στοιχείων στα τέσσερα κλάσματα για το σύνολο των 5 πυρήνων, γεγονός αναμενόμενο αφού η περιοχή της δειγματοληψίας έχει πολύ μικρή έκταση και επομένως τα δείγματα ανήκουν στο ίδιο υποθαλάσσιο ίζημα. Αναλυτικά για τα 3 στοιχεία που εμφανίζουν αυξημένους δείκτες εμπλουτισμού ισχύει:

- Το Cr εμφανίζει πολύ μικρό ποσοστό στο οργανικό υλικό, ενώ το υπόλοιπο



είναι συνδεδεμένο με αργιλικά ή πυριτικά ορυκτά.

- Το **Ni**, σε ποσοστό 93%, βρίσκεται στο αργιλοπυριτικό ορυκτό, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό συνδέεται με τις τρεις υπόλοιπες φάσεις.
- Το **As** έχει ένα πολύ μικρό ποσοστό σύνδεσης με το οργανικό υλικό, και στους πέντε πυρήνες, ενώ το υπόλοιπο βρίσκεται στο πυριτικό αργιλικό κλάσμα (Καραγιαννίδη, 2007).

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι και τα 3 στοιχεία έχουν πολύ μικρή διαλυτότητα στο νερό, πράγμα που σημαίνει ότι δεν αποτελούν ανησυχητικό παράγοντα επιβάρυνσης για την περιοχή.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γ.Υ.Σ. (1951), Τοπογραφικός Χάρτης, Νο: 1817 I, φύλλο Γαλαξίδι (1:50.000)
- Clark, J.R., 1997 - Coastal Zone Management for the New Century. *Ocean & Coastal Management*, 37(2): 191-216.
- Cicin-Sain, B. & R.W. Knecht, 1998 - *Integrated Coastal and Ocean Management. Concepts and practices*. Island Press, 517 pp.
- ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. (2007), Γεωλογική, Γεωφυσική και Γεωχημική διερεύνηση των αποθέσεων ερυθράς ιλύος στον Κόλπο Αντίκυρας και σχετικές περιβαλλοντικές παράμετροι. Τελική Τεχνική έκθεση. Υπεύθυνος: Δ. Σακελλαρίου, Μάιος 2007.
- Jeftic, L., (1991), Long-Term programme for pollution monitoring and research in the Mediterranean (MED-POL), Second international Symposium on integrated global ocean monitoring (IGOM-II), Leningrad, pp. 18
- Ι.Γ.Μ.Ε. (1962), Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος, φύλλο Γαλαξίδι (1:50.000)
- Καραγιαννίδη Θ., (2007), Επίδραση της εξόρυξης του βωξίτη στα ιζήματα του κόλπου της Ιτέας: προσδιορισμός ιχνοστοιχείων και ραδιενεργών νουκλιδίων, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Πατρών, (σελ. 71, 74-77-78,80)
- Καραγιαννίδης Π., Ειδική Ανόργανη Χημεία, Β' Έκδοση, Θεσσαλονίκη (2002), Εκδόσεις Ζήτη, (σελ. 89,91,129)
- Ketchum, B.H. (Ed.), 1972. *The water's Edge: Critical problems of the coastal zone*. Massachusetts Institute of Technology Press, Cambridge, pp. 29-31
- Ξένος Κ., Ξένου Ε., Γενική και Ανόργανη Χημεία, Περιστέρι (2003), Μακεδονικές Εκδόσεις (σελ. 283-295)
- Pei – Yuan Chen, (1977), Table of Key Lines in X-ray Powder Diffraction Patterns of Minerals in Clays and Associated Rocks, Printed by Authority of the State of Indiana, pp. 11-39
- Robert L. Folk, (1974), Petrology of sedimentary rocks, Library of Congress Catalog, USA, pp. 2-14.
- Th. Karagiannidi, H. Papaefthymiou, G. Papatheodorou, Radioactive impact of a bauxite beneficiation plant in the Itea Gulf (Gulf of Corinth, Greece), *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 279, No.3 (2009),pp. 930

Φυτιάνος Κ., Η ρύπανση των θαλασσών, Θεσσαλονίκη (1996), University Studio Press (σελ. 89-90)

W. Salomons, U. Forstner, (1984), Metals in the Hydrocycle, Springer – Verlag, Berlin-Heidelberg-Tokyo-New York, pp. 149

[www.ksanalytical.com](http://www.ksanalytical.com)