ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΠΟΔΟΜΩΝ
Δ/ΝΣΗ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ
ΜΕ ΣΥΜΒΑΣΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗΣ (Δ16)

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ
Μελέτη - Κατασκευή - Χρηματοδότηση - Λειτουργία - Συντήρηση και Εκμετάλλευση του Έργου Μόνιμης Υποθαλάσσιας Οδικής Ζεύξης Νήσου Σαλαμίνας

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ, ΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΤΟΥ ΔΙΑΥΛΟΥ ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ-ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ

ADVANCED ENVIRONMENTAL STUDIES A.E.
(δ.τ. ADENS A.E.)
Βασ. Σοφίας 98Α, Τ.Κ. 115 28, Αθήνα,
Τηλ. 210-7788665,
Fax: 210-7788668 E-mail: info@adens.gr

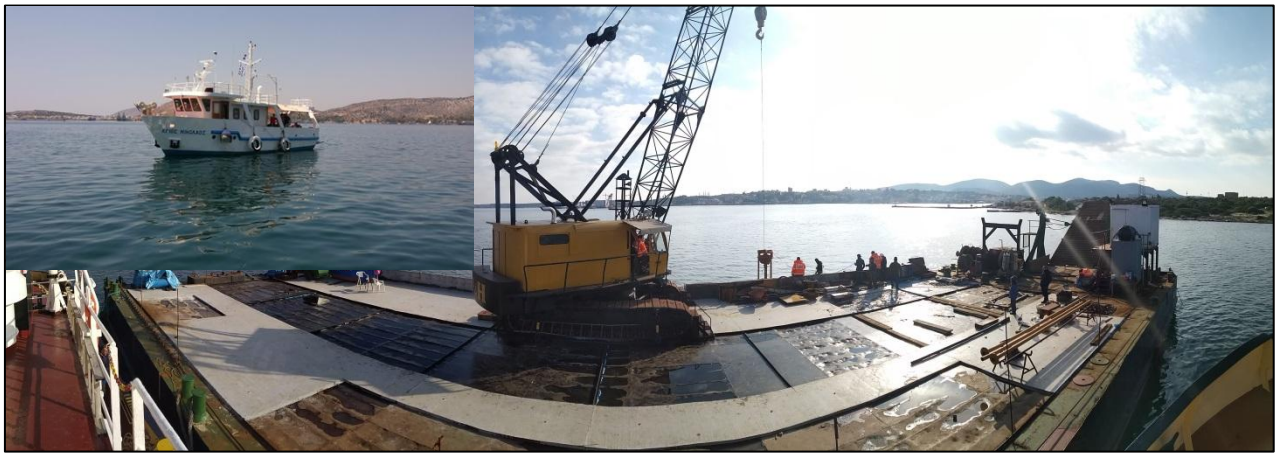
Μάρτιος, 2021

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΠΟΔΟΜΩΝ
ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΜΕ ΣΥΜΒΑΣΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗΣ

ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΖΕΥΞΗΣ ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ, ΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΤΟΥ ΔΙΑΥΛΟΥ ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ-ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ

ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ



Τελική Τεχνική Έκθεση

ΦΑΣΗ Α & ΦΑΣΗ Β

ΠΑΤΡΑ 2019

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 4
2. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ 4
3. ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ 6
4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ 8
4.1 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ ΙΖΗΜΑΤΩΝ 8
4.1.1 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ - ΦΑΣΗ Α, 7/2018 9
4.1.2 ΠΥΡΗΝΟΛΗΨΙΕΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ - ΦΑΣΗ Β, 12/2018 12
4.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ 13
4.2.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΙΖΗΜΑΤΩΝ 14
4.2.1.1 ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ 14
4.2.1.2 ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ – ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ 15
4.2.1.3 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ 20
4.2.2 ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΙΖΗΜΑΤΩΝ 21
4.2.2.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ – ΟΛΙΚΗ ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ 21
4.2.2.2 ΣΥΣΤΑΣΗ ΕΚΠΛΥΜΑΤΟΣ (LEACHING) 22
4.2.2.3 ΟΛΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ (TOC) 23
4.2.3 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ 23
4.2.3.1 ΒΙΟΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ 23
4.2.3.2 ΒΕΝΘΙΚΗ ΜΑΚΡΟΠΑΝΙΔΑ 24
5. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 26
5.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ 26
5.2 ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ 28
5.2.1 ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΠΥΡΗΝΩΝ 28
5.2.1.1 ΠΥΡΗΝΑΣ SPVC2 29
5.2.1.2 ΠΥΡΗΝΑΣ SPVC3 31
5.2.1.3 ΠΥΡΗΝΑΣ SPVC4 33
5.2.2 ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΠΥΡΗΝΩΝ ΙΖΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΣΕΙΣΜΟΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ 34
5.2.2.1. ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ 34
5.2.2.2. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΠΥΡΗΝΩΝ ΙΖΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΙΣ ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ 37
5.3 ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΙΖΗΜΑΤΩΝ – ΓΕΩΧΗΜΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ 38
5.3.1 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ – ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΘΕΣΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ 38
5.3.2 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ – ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ 42

5.3.3 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ (EF) 47
5.3.4 ΔΕΙΚΤΗΣ ΓΕΩΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗΣ (Igeo) ΓΙΑ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ 50
5.3.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΕΚΒΑΘΥΝΣΗΣ ΒΑΣΗ ΤΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΕΚΠΛΥΣΗΣ (LEACHING) ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ 2003/33/ΕΚ 54
5.3.6 ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ 59
5.3.6.1 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΟΛΙΚΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΑΚΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 59
5.3.6.2 ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΥ ΚΛΑΣΜΑΤΟΣ ΕΚΠΛΥΣΗΣ 63
5.3.7 ΠΟΛΥΚΥΚΛΙΚΟΙ ΑΡΩΜΑΤΙΚΟΙ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ (PAH's) ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΙΖΗΜΑΤΩΝ (SEDIMENT QUALITY GUIDELINES, SQGs) 66
5.3.8 ΒΑΘΜΟΣ ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑΣ 68
5.3.9 ΣΥΝΘΕΣΗ ΒΕΝΘΙΚΗΣ ΜΑΚΡΟΠΑΝΙΔΑΣ 69
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ 72
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 80
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α 84
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β 87
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ 90

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα τεχνική έκθεση παρουσιάζει τις μεθόδους ανάλυσης και τα αποτελέσματα των φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών καθώς και της βενθικής μακροπανίδας των επιφανειακών και υποεπιφανειακών ιζημάτων της περιοχής μελέτης στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος «**Θαλάσσιες έρευνες στην περιοχή της υποθαλάσσιας Ζεύξης Περάματος Σαλαμίνας»** το οποίο αποτελεί προπαρασκευαστική έρευνα για την διεξαγωγή του έργου «ΜΕΛΕΤΗ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ, ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ, ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ, ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΜΟΝΙΜΗΣ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΟΔΙΚΗΣ ΖΕΥΞΗΣ ΝΗΣΟΥ ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ». Την έρευνα εκτέλεσε το Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας (ΕΘΑΓΕΦΩ) του Τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών για λογαριασμό του Υπουργείου Υποδομών & Μεταφορών, Γεν. Γραμ. Υποδομών, Γεν. Δ/νση Συγκ/κων Υποδομών, Δ/νση Προγραμματισμού Υποδομών με Σύμβαση Παραχώρησης. Η μελέτη της βενθικής μακροπανίδας εκτελέστηκε από το Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Οικολογίας Υδάτινων Οικοσυστημάτων του τμήματος Τεχνολογίας Αλιείας-Υδατοκαλλιεργειών του Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας. Η δειγματοληπτική έρευνα οργανώθηκε και πραγματοποιήθηκε στην θαλάσσια περιοχή της υποθαλάσσιας ζεύξης Περάματος Σαλαμίνας σε δύο φάσεις, στις 4 Ιουλίου 2018 (Φάση Α) και στις 20 Δεκεμβρίου 2018 (Φάση Β) ενώ οι εργαστηριακές αναλύσεις ολοκληρώθηκαν εντός του διαστήματος Ιουλίου-Αυγούστου 2018 και Φεβρουαρίου – Απριλίου 2019 για τις δύο φάσεις αντιστοίχως.

2. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

Το επιστημονικό προσωπικό που έλαβε μέρος στις εργασίες πεδίου, στις εργαστηριακές αναλύσεις, στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και την σύνταξη της παρούσας έκθεσης αποτελείται από:

Τα παρακάτω μέλη του Ε.ΘΑ.ΓΕ.Φ.Ω του Τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών:

Dr. Γ. Παπαθεοδώρου, Καθηγητής Περιβαλλοντικής και Γεωλογικής Ωκεανογραφίας, Τμήμα Γεωλογίας

Dr. Μ. Γεραγά, Αν. Καθηγήτρια Περιβαλλοντικής και Γεωλογικής Ωκεανογραφίας, Τμήμα Γεωλογίας

Dr. Δ. Χριστοδούλου, Γεωλόγος – Ωκεανογράφος, Επιστημονικός Συνεργάτης, Τμήμα Γεωλογίας

Dr. Η. Φακίρης, Γεωλόγος – Ωκεανογράφος, Επιστημονικός Συνεργάτης, Τμήμα Γεωλογίας

Σ. Σεργίου, MSc. Γεωλόγος – Ωκεανογράφος, Υποψήφιος διδάκτορας, Τμήμα Γεωλογίας

Ξ. Δήμας, MSc. Γεωλόγος – Ωκεανογράφος, Υποψήφιος διδάκτορας, Τμήμα Γεωλογίας

Ν. Γεωργίου, MSc. Γεωλόγος – Ωκεανογράφος, Υποψήφιος διδάκτορας, Τμήμα Γεωλογίας

καθώς και τα μέλη του Εργαστηρίου Εφαρμοσμένης Οικολογίας Υδάτινων Οικοσυστημάτων του Τμήματος Τεχνολογίας Αλιείας-Υδατοκαλλιεργειών του Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας (νυν Πανεπιστημίου Πατρών):

Dr. Αλ. Ράμφος, Αναπλ. Καθηγητής

Ολ. Κατσάνη, MSc Ιχθυολόγος

3. ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ

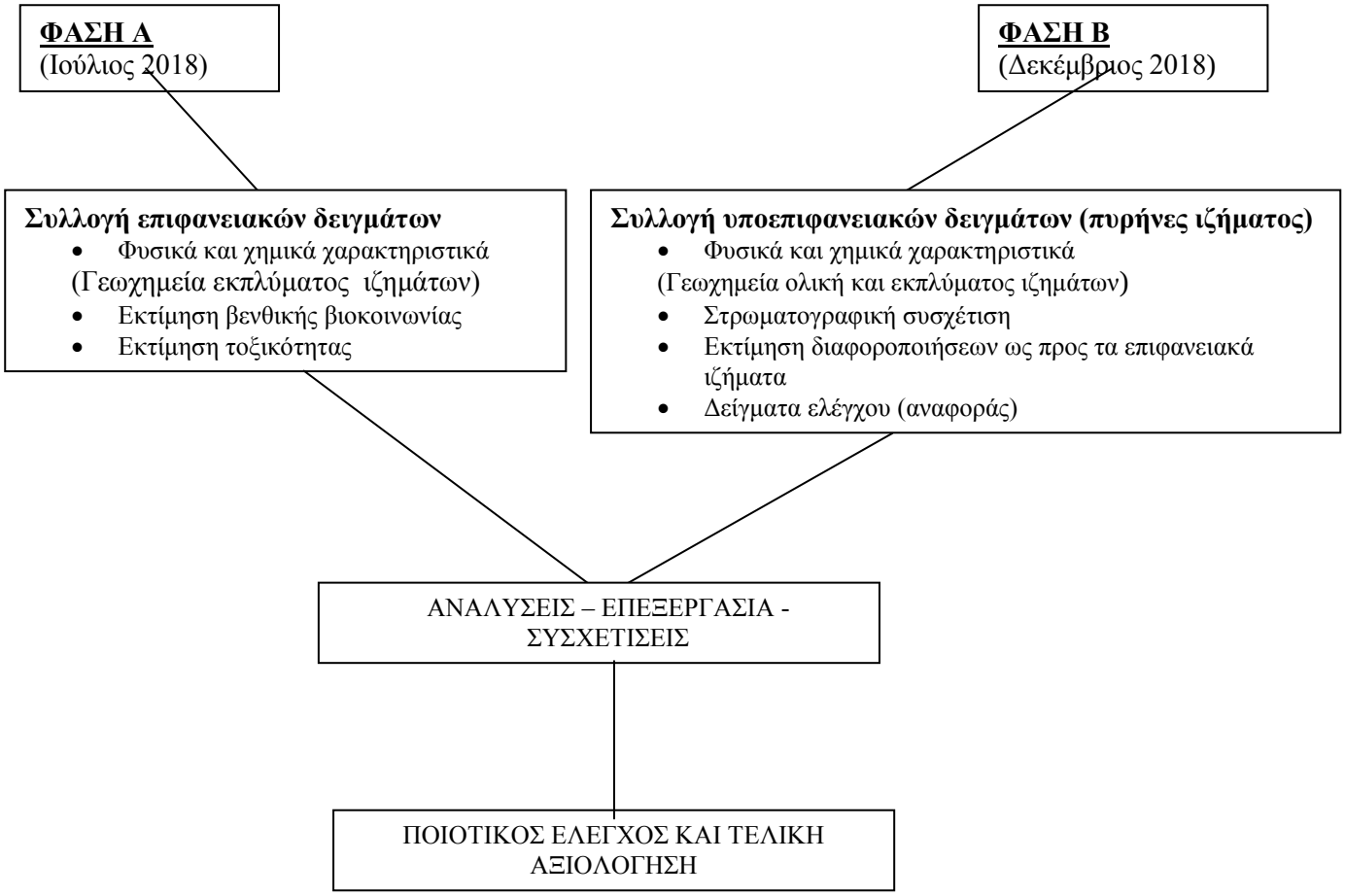
Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στον ποιοτικό έλεγχο των υλικών εκσκαφής του διαύλου Περάματος – Σαλαμίνας και την τελική αξιολόγηση αυτών ως προς τον πιθανό βαθμό ρύπανσης ή/και τοξικότητας συγκριτικά με τα φυσικά θαλάσσια ιζήματα και τις βενθικές βιοκοινωνίες.

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις προκειμένης της επίτευξης όλων των απαραίτητων ερευνητικών στόχων (Διάγραμμα 3.1). Κατά την πρώτη φάση (Φάση Α) πραγματοποιήθηκαν:

- Δειγματοληψίες των επιφανειακών ιζημάτων από τη ζώνη εκσκαφής του διαύλου για τον έλεγχο των φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών των βυθοκορημάτων που θα προκύψουν.
- Δειγματοληψίες των επιφανειακών ιζημάτων από τη ζώνη εκσκαφής του διαύλου για την εκτίμηση της βενθικής βιοκοινωνίας.
- Δειγματοληψίες των επιφανειακών ιζημάτων από τη ζώνη εκσκαφής του διαύλου για την εκτίμηση της τοξικότητας των ιζημάτων στους βενθικούς οργανισμούς.

Ακολούθως, κατά την δεύτερη φάση (Φάση Β) πραγματοποιήθηκαν:

- Πυρηνοληψίες θαλασσίων ιζημάτων από τη ζώνη εκσκαφής για τη μελέτη των υποεπιφανειακών φυσικών ιζημάτων (background) και την σύγκριση αυτών με τα επιφανειακά ιζήματα του πυθμένα ως προς την ενδεχόμενη περιβαλλοντική επιβάρυνση
- Πυρηνοληψία θαλασσίων ιζημάτων μακριά από τη ζώνη εκσκαφής ως θέση ελέγχου (αναφοράς) των φυσικών και χημικών διαφοροποιήσεων των ιζημάτων.

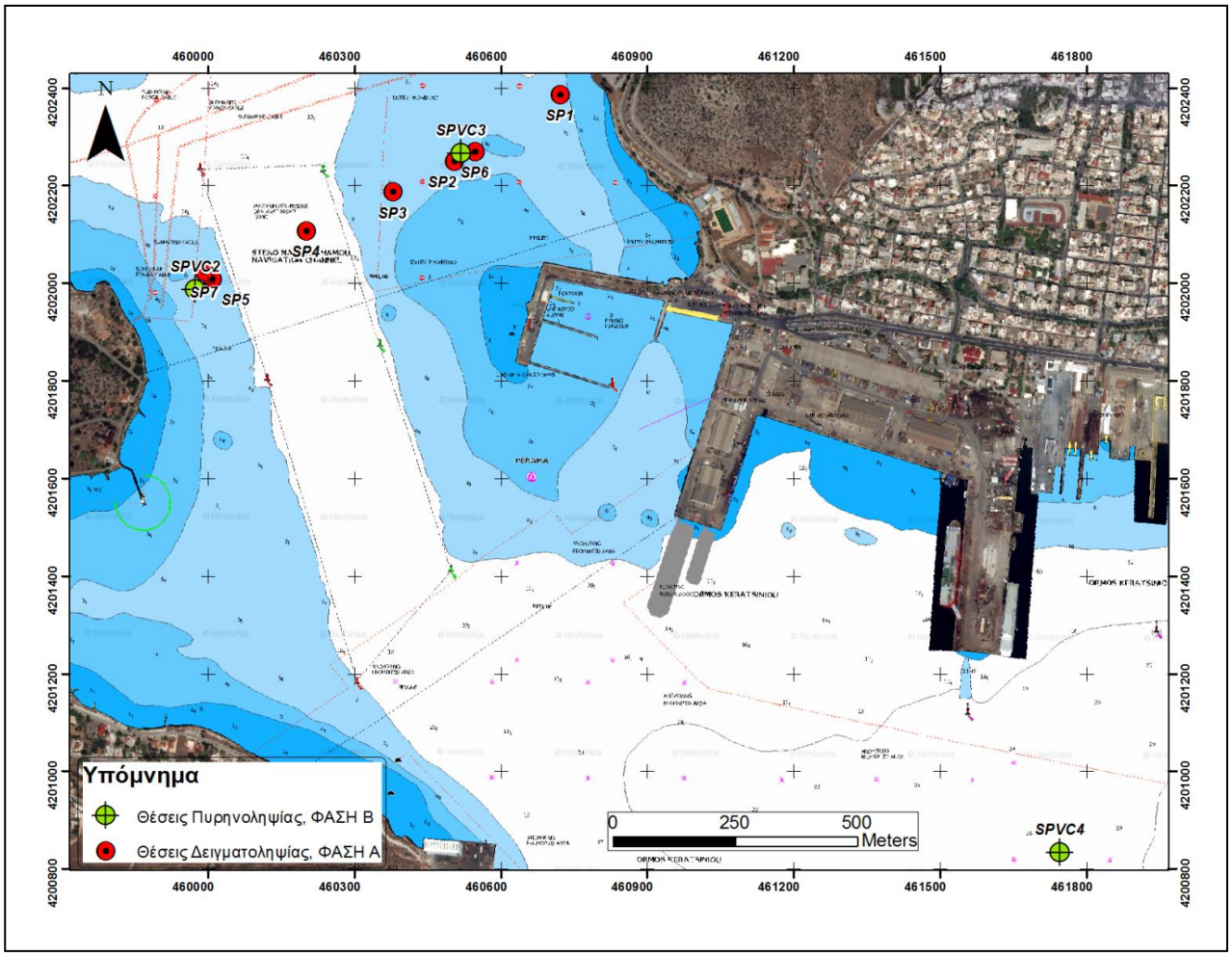


Διάγραμμα 3.1: Σχεδίαση ερευνών της παρούσας μελέτης

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

Κατά τις δύο δειγματοληπτικές αποστολές στην περιοχή μελέτης (Φάση Α και Φάση Β), συλλέχτηκαν συνολικά επτά (7) δείγματα επιφανειακών ιζημάτων και τρεις (3) πυρήνες γεωτρήσεως κρούσης (Vibrocorer) σε θέσεις που κατέδειξε η προκαταρκτική θαλάσσια γεωφυσική έρευνα (Εικ. 4.1.1). Στα υποκεφάλαια 4.1.1 και 4.1.2 αναλύεται ξεχωριστά η μεθοδολογία των δύο δειγματοληπτικών αποστολών.



Εικόνα 4.1.1. Περιοχή μελέτης και θέσεις δειγματοληψίας των δύο φάσεων έρευνας

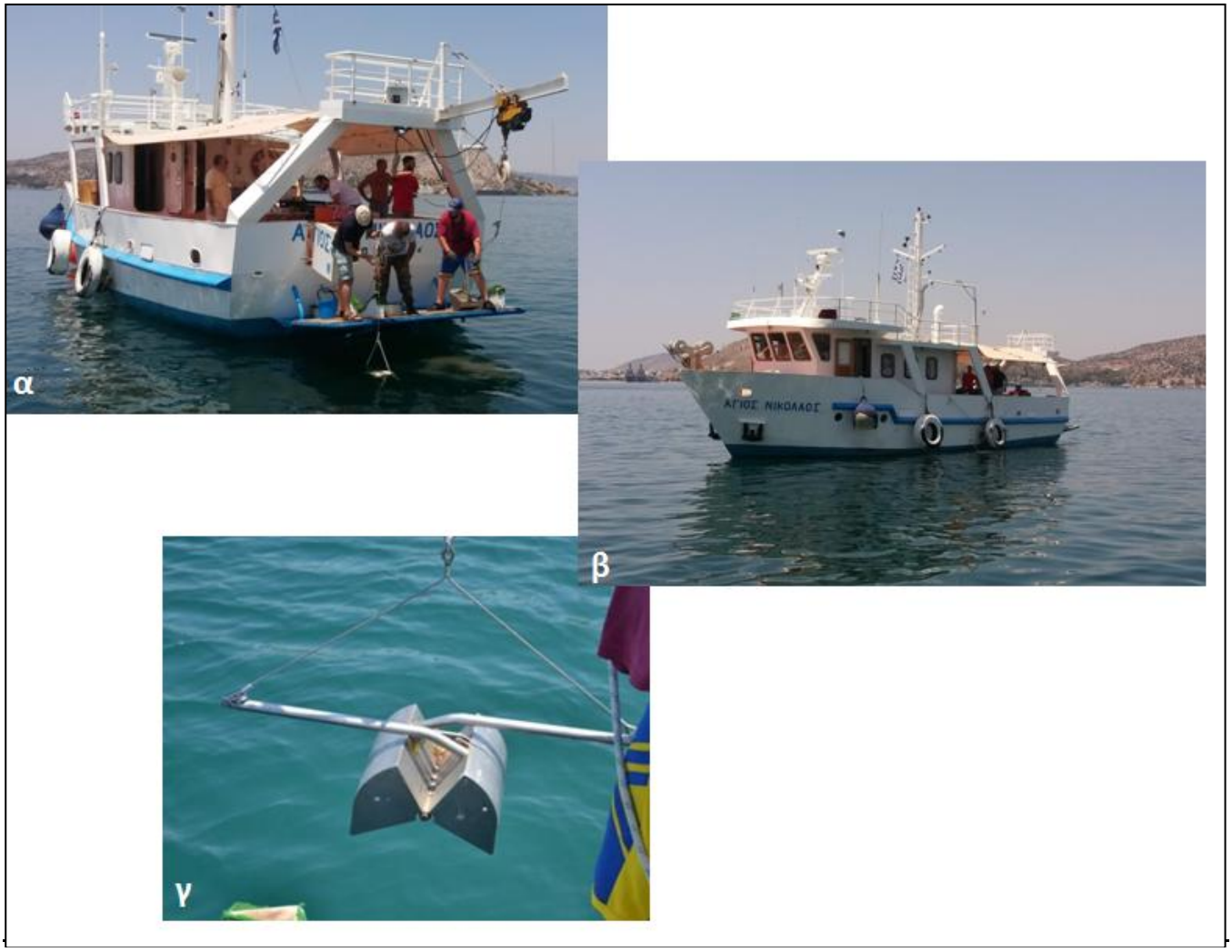
4.1.1 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ - ΦΑΣΗ Α, 7/2018

Η πρώτη δειγματοληπτική εργασία πραγματοποιήθηκε στις 4 Ιουλίου 2018 με το πλωτό ‘’ΑΓΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ’’ (Εικ. 4.1.1.1 α- β). Για την λήψη ιζήματος από τον πυθμένα της περιοχής έρευνας χρησιμοποιήθηκε η αρπάγη ‘’Van-Veen’’ της HydroBios (Εικ. 4.1.1.1γ). Το βασικό της πλεονέκτημα της αρπάγης αυτού του τύπου είναι η μεγάλη ποσότητα ιζήματος που μπορεί να συλλέξει (περί τα 8 kg) γεγονός που επιτρέπει τη λήψη καλύτερα ομογενοποιημένου υποδείγματος για περαιτέρω αναλύσεις και περισσότερο υλικό προς αποθήκευση.

Τα δείγματα περιγράφηκαν αρχικώς μακροσκοπικά πάνω στο σκάφος ενώ στη συνέχεια αποθηκεύονται σε ψυγείο μέχρι την έναρξη των εργαστηριακών αναλύσεων (Εικ. 4.1.1.2). Οι θέσεις δειγματοληψίας επιλέχθηκαν με βάση την πρώτη επεξεργασία των δεδομένων του τομογράφου υποδομής πυθμένα, του βυθομέτρου ευρείας σάρωσης και του ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης. Από την περιοχή μελέτης συλλέχθηκαν πέντε δείγματα επιφανειακών ιζημάτων (θέσεις SP1 έως SP5) για τον έλεγχο των φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών των ιζημάτων. Επίσης συλλέχθηκαν σε δύο θέσεις (SP6 και SP7) δύο τριπλά επιφανειακά δείγματα ιζήματος για την εκτίμηση της βενθικής μακροπανίδας και τρία δείγματα επιφανειακών ιζημάτων (SP3, SP6 και SP7) για την εκτίμηση της τοξικότητας των ιζημάτων στους θαλάσσιους οργανισμούς.

Πιο συγκεκριμένα, οι δειγματοληψίες για την εκτίμηση της βενθικής μακροπανίδας πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση αρπάγης τύπου Van-Veen με επιφάνεια δειγματοληψίας 0.0625m^2. Σε κάθε σημείο δειγματοληψίας πραγματοποιήθηκαν τρεις επαναλήψεις. Το ίζημα που συνέλεγε η αρπάγη κοσκινιζόταν επιτόπου σε κόσκινο με μεταλλικό πλέγμα διαμέτρου 0.5mm ώστε να αφαιρεθεί όλο το λεπτόκοκκο υλικό του ιζήματος. Όλο το υλικό που απέμενε στο κόσκινο τοποθετούνταν σε δοχείο με ουδετεροποιημένο διάλυμα φορμαλδεΰδης 4% και ερυθρό της Βεγγάλης ώστε να πραγματοποιηθεί επιλεκτική χρώση των ζωντανών οργανισμών.

Στον Πίνακα 4.1.1.1 παρουσιάζονται οι συντεταγμένες, το βάθος νερού στη θέση δειγματοληψίας και ο τύπος ανάλυσης για κάθε δείγμα. Οι θέσεις δειγματοληψίας παρουσιάζονται στον χάρτη της εικόνας 4.1.1



Εικόνα 4.1.1.1: (α, β) Εργασίες πεδίου και (γ) η αρπάγη Van-Veen της HydroBios που χρησιμοποιήθηκε κατά την φάση Α.

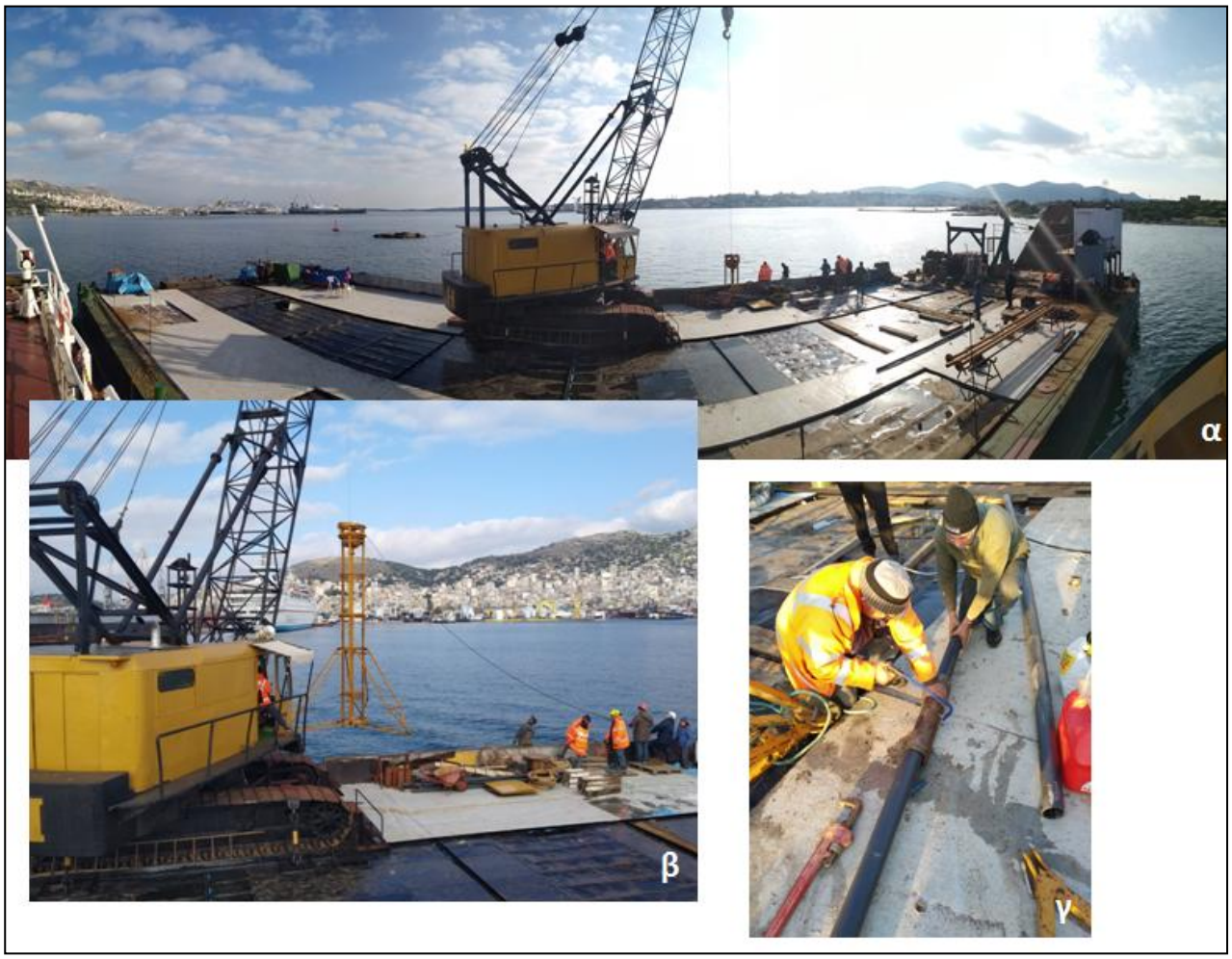
Εικόνα 4.1.1.2. Τυπικό δείγμα ιζήματος από την περιοχή της ζώνης εκσκαφής

Πίνακας 4.1.1.1 Συντεταγμένες και βάθος θέσεων δειγματοληψίας - Τύπος Ανάλυσης

Θέση Δειγματοληψίας	X	Y	Βάθος (m)	Τύπος ανάλυσης
SP1	460573	4202098	-7	Φυσικο-Χημικά χαρακτηριστικά
SP2	460355	4201962	-6.4	Φυσικο-Χημικά χαρακτηριστικά
SP3	460230	4201899	-6.7	Φυσικο-Χημικά χαρακτηριστικά και Τοξικότητα
SP4	460052	4201820	-14.6	Φυσικο-Χημικά χαρακτηριστικά
SP5	459859	4201720	-7.9	Φυσικο-Χημικά χαρακτηριστικά
SP6	460398	4201982	-6.5	Ποιότητα Βενθικής Βιοκοινωνίας και Τοξικότητα
SP7	459842	4201736	-7.8	Ποιότητα Βενθικής Βιοκοινωνίας και Τοξικότητα

4.1.2 ΠΥΡΗΝΟΛΗΨΙΕΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ - ΦΑΣΗ Β, 12/2018

Η δεύτερη δειγματοληπτική αποστολή πραγματοποιήθηκε στις 20 Δεκεμβρίου 2018. Οι πυρηνοληψίες πραγματοποιήθηκαν σε πλατφόρμα γεώτρησης με χρήση κρουστικού γεωτρύπανου (Vibrocorer) (Εικόνα 4.1.2.1 α,β) στο οποίο τοποθετούνταν ειδικός PVC δειγματοληπτικός σωλήνας μήκους 5 m. Οι πυρήνες εξέρχονταν του γεωτρύπανου πάνω στην πλατφόρμα και κόβονταν σε τμήματα (sections) μέγιστου μήκους 1 m (Εικόνα 4.1.2.1 γ)



Εικόνα 4.1.2.1: Εργασίες πεδίου κατά την φάση Β.

Συνολικά συλλέχτηκαν:

- Δύο πυρήνες από τη ζώνη εκσκαφής: SPVC2 (μήκους 1.43 m) και SPVC3 (μήκους 4.28 m), πλησίον των θέσεων των επιφανειακών δειγμάτων SP5 και SP2 της Φάσης Α αντιστοίχως, καλύπτοντας έτσι τις κρηπίδες Περάματος και Σαλαμίνας
- Ένας πυρήνας σε μακρινή θέση έξω από τη ζώνη εκσκαφής: SPVC4 (μήκους 1.45 m). Η θέση του συγκεκριμένου πυρήνα αποτελεί θέση ‘’αναφοράς’’ για τον καθορισμό των φυσικοχημικών παραμέτρων των ιζημάτων εκτός της ζώνης του έργου.

Οι πληροφορίες των πυρήνων παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1.2.1 ενώ οι θέσεις τους φαίνονται στον χάρτη της εικόνας 4.1.1.

Πίνακας 4.1.2.1 Συντεταγμένες, μήκος και βάθος νερού θέσεων πυρηνοληψίας (Vibrocorer)

Πυρήνας	X	Y	Μήκος (m)	Βάθος (m)
SPVC2	459824	4201700	1.43	-8.8
SPVC3	460369	4201980	4.28	-7.5
SPVC4	461597	4200546	1.45	-28

4.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

Η αναλυτική προσέγγιση του υλικού που συλλέχτηκε κατά τις δύο φάσεις της έρευνας και, ακολούθως, η επιλογή των κατάλληλων εργαστηριακών μεθόδων ανάλυσης προς εφαρμογή, βασίστηκε σε δύο άξονες:

1. Στη διάκριση του επιφανειακού ιζηματογενούς στρώματος, που υπόκειται της επίδρασης ανθρωπογενών διεργασιών, από τα φυσικά υποεπιφανειακά ιζήματα (background)

2. Στη σύγκριση των τιμών των περιβαλλοντικών, φυσικοχημικών παραμέτρων του φυσικού υποστρώματος (background) με αυτές των αντίστοιχων παραμέτρων στο επιφανειακό στρώμα ώστε να εκτιμηθεί η περιβαλλοντική επιβάρυνση.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.2.1) παρουσιάζονται συνολικά οι εργαστηριακές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη για τις δύο φάσεις έρευνας ενώ στα υποκεφ. 4.2.1 – 4.2.3 περιγράφονται ξεχωριστά οι αναλυτικές μέθοδοι. Το σύνολο των φυσικών ιδιοτήτων μετρήθηκε στο ΕΘΑΓΕΦΩ, η μελέτη της βενθικής μακροπανίδας εκτελέστηκε στο Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Οικολογίας Υδάτινων Οικοσυστημάτων του τμήματος Τεχνολογίας Αλιείας-Υδατοκαλλιεργειών του Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας και οι αναλύσεις των χημικών και βιοχημικών ιδιοτήτων πραγματοποιήθηκαν στα εργαστήρια της εταιρείας ALS Geochemistry (Co.Galway, Ireland & Prague, Czech Republic) με πιστοποιήσεις ISO 9001:2015 και ISO 17025:2005.

Πίνακας 4.2.1 Εργαστηριακές μέθοδοι ανάλυσης ανά φάση έρευνας

	ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ			ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ			ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	
	Μακροσκοπική περιγραφή	Κοκκομετρία – Λιθολογικός προσδιορισμός	Γεωτεχνικές ιδιότητες	Στοιχειακές κατανομές	Δοκιμή έκπλυσης	Οργανικός άνθρακας	Βιοχημικές αναλύσεις	Βενθική μακροπανίδα
Επιφανειακά δείγματα (**ΦΑΣΗ Α**)	**x**	**x**	**x**		**x**	**x**	**x**	**x**
Πυρήνες ιζήματος (**ΦΑΣΗ Β**)	**x**	**x**		**x**	**x**	**x**		

4.2.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

4.2.1.1 ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Η μακροσκοπική περιγραφή οδηγεί στον προσδιορισμό σημαντικών παραμέτρων όπως το χρώμα, η ιστολογική κατάσταση και η συσχέτιση βιογενών/λιθογενών συστατικών, ενώ σε περιπτώσεις πυρήνων ιζήματος διακρίνονται οι διαφορετικές λιθολογικές ενότητες και οργανώνεται η μετέπειτα επιλογή δειγμάτων από τις κατάλληλες θέσεις για τις μετρήσεις των εξεταζόμενων παραμέτρων.

Κατά την φάση Α, η μακροσκοπική περιγραφή πραγματοποιήθηκε στο ερευνητικό σκάφος, ενώ στη δεύτερη φάση, οι πυρήνες ιζημάτων που συλλέχθηκαν, μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας του Πανεπιστημίου Πατρών, όπου ανοίχτηκαν, φωτογραφήθηκαν εκτενώς και περιγράφθηκαν μακροσκοπικά προκειμένου να διακριθούν διαφορετικές λιθολογικές ενότητες.

Η διάκριση αυτή βασίστηκε κυρίως:

- Στην αλλαγή του χρώματος των ιζημάτων σύμφωνα με το χρωματολόγιο του Munsell (Munsell Soil Color Chart).
- Στην ιστολογική σύσταση των ιζημάτων.
- Στην αναγνώριση ιζηματογενών και βιογενών δομών.

Η διάκριση διαφορετικών λιθολογικών ενοτήτων σε συνδυασμό με τις αναλύσεις που ακολούθησαν οδήγησαν στον καθορισμό της λιθοστρωματογραφίας των πυρήνων που συλλέχτηκαν (υποκεφ. 5.2). Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α παρουσιάζονται οι φωτογραφίες των πυρήνων.

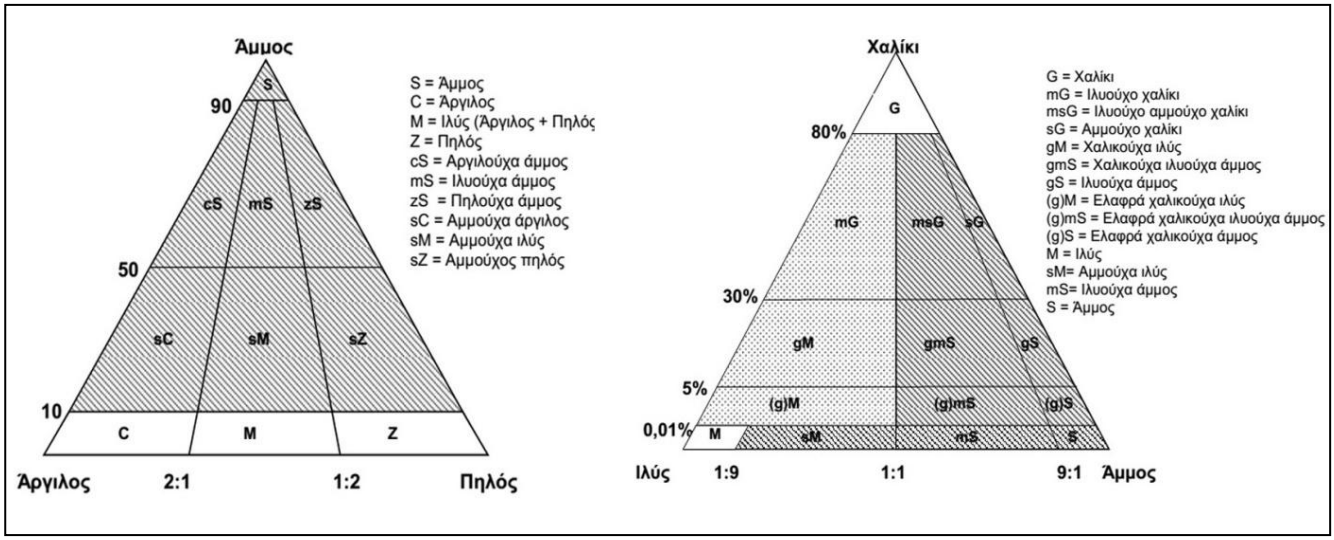
4.2.1.2 ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ – ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ

Η κοκκομετρική ανάλυση θεωρείται ίσως η βασικότερη εργαστηριακή ανάλυση σε δείγμα ιζήματος καθώς αποδίδει μια πιστή εικόνα για την ένταση των διεργασιών ιζηματογένεσης, το περιβάλλον απόθεσης και τη συμπεριφορά του μέσου μεταφοράς και της απόθεσης (Nichols, 2009). Ουσιαστικά πρόκειται για τη διαδικασία διαχωρισμού των ιζημάτων σε ομάδες συστατικών (κλάσεις μεγέθους) κάθε μια από τις οποίες αποτελείται από κόκκους που το μέγεθος της διαμέτρου αυτών αναφέρεται μεταξύ ορισμένων ορίων. Το εκατοστιαίο ποσοστό των ομάδων (κλάσεων) αυτών καθορίζει και το λιθολογικό χαρακτήρα του ιζήματος.

Για τον καθορισμό του λιθολογικού χαρακτήρα των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα Wentworth-Krumbein-Udden (Πίνακας 4.2.1.2.1) σε συνδυασμό με τα τρίγωνα ταξινόμησης κατά Folk, (1974) (Εικόνα 4.2.1.2.1). Η βάση της συγκεκριμένης μεθόδου ταξινόμησης βασίζεται στον προσδιορισμό της εκατοστιαίας συχνότητας κάθε κλάσης μεγέθους σε κάθε δείγμα.

Πίνακας 4.2.1.2.1. Η κλίμακα των Wentworth-Krumbein-Udden.
Gravel: χαλίκι (ψηφίτης), Sand: άμμος, Mud: ιλύς, Silt: πηλός, Clay: άργιλος

mm	phi	Name	
256	–8	Boulders	Gravel Conglomerate
128	–7		
64	–6	Cobbles	
32	–5		
16	–4		
8	–3	Pebbles	
4	–2	Granules	
2	–1	Very coarse sand	Sand Sandstone
1	0	Coarse sand	
0.5	1	Medium sand	
0.25	2	Fine sand	
0.125	3	Very fine sand	
0.063	4	Coarse silt	Mud Mudrock
0.031	5	Medium silt	
0.0156	6	Fine silt	
0.0078	7	Very fine silt	
0.0039	8	Clay	



Εικόνα 4.2.1.2.1. Τα τριγωνικά διαγράμματα ταξινόμησης κατά Folk, (1974).

Τέλος, μέσω της μαθηματικής μεθόδου των ροπών (moments method) (Pye and Blott, 2004), υπολογίστηκαν οι τέσσερεις (4) στατιστικές παράμετροι (μέσο μέγεθος, σταθερή απόκλιση, λοξότητα, κύρτωση) του κάθε δείγματος, οι οποίες δίνουν πληροφορίες σχετικά με τις ιζηματογενείς διεργασίες (Πίνακας 4.2.1.2.2). Πιο συγκεκριμένα:

Αριθμητικός Μέσος (Mean size, Mz): δείχνει τη διακύμανση μεγέθους του διαθέσιμου υλικού και το ποσό ενέργειας που μεταδόθηκε στο ίζημα, το οποίο εξαρτάται από την ταχύτητα του ρεύματος ή από το στροβιλισμό του μέσου μεταφοράς (Folk, 1974).

Σταθερά Απόκλιση (Standard Deviation, σi): δείχνει τον βαθμό διασποράς γύρω από το μέσο μέγεθος και εκφράζει την ομοιομορφία ή τον βαθμό ταξιθέτησης των ιζημάτων. Ο βαθμός ταξιθέτησης εξαρτάται από τη διακύμανση του μεγέθους του υλικού με το οποίο τροφοδοτείται το περιβάλλον ιζηματογένεσης, το μέσο και τον τρόπο μεταφοράς και απόθεσης και τον ρυθμό προσφοράς ιζήματος σε σχέση με το μέσο ταξιθέτησης. (Folk, 1974).

Ασυμμετρία (Skewness, Ske): Δείχνει πόσο η κατανομή του μεγέθους των κόκκων πλησιάζει την κανονική κατανομή του Gauss. Μια συμμετρική κατανομή έχει Sk=0 και τείνουν σ' αυτή τα ιζήματα που προέρχονται από μία πηγή, ενώ αυτά που έχουν πολλές πηγές έχουν έντονη λοξότητα. Θετικές τιμές ασυμμετρίας δείχνουν περίσσεια ποσότητας λεπτόκοκκου υλικού, ενώ οι αρνητικές τιμές, αντίθετα, περίσσεια αδρόκοκκου υλικού (Folk, 1974).

Κύρτωση (Kurtosis, KG): Είναι μια μέτρηση του βαθμού ταξιθέτησης των άκρων μιας κοκκομετρικής καμπύλης σε σχέση με τη ταξιθέτηση του κεντρικού τμήματός της. Η κύρτωση με άλλα λόγια μετρά την αναλογία μεταξύ της διασποράς των τιμών (sorting) στα άκρα και της διασποράς των τιμών στην κεντρική περιοχή της κατανομής, δηλαδή αναφέρεται στο βαθμό συγκέντρωσης των τιμών της μεταβλητής γύρω από το μέσον και τα άκρα (“tails”) της κατανομής (Folk, 1974).

Σύμφωνα με τις τιμές των στατιστικών παραμέτρων, ένα δείγμα ιζήματος μπορεί να ταξινομηθεί στις επιμέρους κατηγορίες που παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2.1.2.2.

Πίνακας 4.2.1.2.2. Ερμηνεία και διακύμανση τιμών ανά κοκκομετρική στατιστική παράμετρο

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	**ΟΡΙΑ (phi)**	**ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ**
Σταθερή απόκλιση (σi)	<0,35	Πολύ καλή διαβάθμιση
	0,35-0,50	Καλή διαβάθμιση
	0,50-0,70	Μέτρια καλή διαβάθμιση
	0,70-1,00	Μέτρια διαβάθμιση
	1,00-2,00	Φτωχή διαβάθμιση
	2,00-4,00	Πολύ φτωχή διαβάθμιση
	>4,00	Εξαιρετικά φτωχή διαβάθμιση
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	**ΟΡΙΑ**	**ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ**
Ασσυμετρία (Ske)	< (-1,30)	Πολύ αρνητική ασσυμετρία
	(-0,43) – (-1,30)	Αρνητική ασσυμετρία
	(-0,43)-(0,43)	Συμμετρία
	(0,43)-(1,30)	Θετική ασσυμετρία
	>(1,30)	Πολύ θετική ασσυμετρία
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	**ΟΡΙΑ**	**ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ**
Κύρτωση (KG)	<1,70	Πολύ πλατύκυρτη
	1,70-2,55	Πλατύκυρτη
	2,55-3,70	Μεσόκυρτη
	3,70-7,40	Λεπτόκυρτη
	>7,40	Πολύ λεπτόκυρτη

Η κοκκομετρική ανάλυση των επιφανειακών δειγμάτων της Φάσης Α πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της ξηρής κοσκίνησης (Folk, 1974) κατά την οποία η ποσότητα του αναλυθέντος δείγματος διαχωρίζεται στις επιμέρους κοκκομετρικές κλάσεις. Για αυτήν την διαδικασία χρησιμοποιήθηκε ο ειδικός δονητής κοσκίνων ‘’FRITSCH’’ (Εικ. 4.2.1.2.2). Η μέθοδος αυτή ενδείκνυται σε αδρόκοκκα ιζήματα (ποσοστό ιλύος < 10%)

Για τον διαχωρισμό του κάθε δείγματος στους κόκκους που το απαρτίζουν, προηγήθηκε προσθήκη περί των 25 ml υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2) συγκέντρωσης 30% με το οποίο αντέδρασε το δείγμα προκαλώντας αφρισμό. Η χρήση H_2O_2 διευκολύνει την αποσυμπέτρωση με την απελευθέρωση του οξυγόνου (O_2) ενώ συγχρόνως το ίδιο το οξυγόνο οξειδώνει και καταστρέφει το οργανικό υλικό το οποίο προκαλεί την συγκόλληση των κλαστικών κόκκων.

Εικόνα 4.2.1.2.2. Ο κοσκινιτής ‘’FRITSCH’’ και η σειρά κοσκίνων που χρησιμοποιήθηκε στις κοκκομετρικές αναλύσεις των ιζημάτων.

Στην Φάση Β, χρησιμοποιήθηκε κυρίως η μέθοδος της περίθλασης με ακτίνες lazer (Pye and Blott, 2004), σε συγκεκριμένα δείγματα των λιθολογικών ενοτήτων που διακρίθηκαν ενώ χρησιμοποιήθηκε επίσης η ξηρή κοσκίνιση σε περιπτώσεις αδρόκκοκκων δειγμάτων.

Η μέθοδος της περίθλασης με ακτίνες lazer, πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της συσκευής Malvern Mastersizer 2000 Hydro (Εικόνα 4.2.1.2.3). Η συγκεκριμένη μέθοδος προσδιορισμού του κοκκομετρικού μεγέθους είναι η καλύτερη για την λεπτομερή σύγκριση δειγμάτων ίδιας

προέλευσης (Pye and Blott, 2004) και ενδείκνυται σε περιπτώσεις λεπτόκοκκων ιζημάτων (ποσοστό ψηφιτών < 5 %)

Εικόνα 4.2.1.2.3. Συσκευή Malvern Mastersizer 2000 Hydro

Τα δεδομένα που λήφθηκαν από τον κοκκομετρικό αναλυτή ήταν το κοκκομετρικό κλάσμα σε μm και το αντίστοιχο (%) ποσοστό κατ' όγκο των κλασμάτων (άμμος, πηλός, άργιλος), όπως προτείνεται από τους Folk & Ward (1957).

Τα αποτελέσματα των κοκκομετρικών αναλύσεων των δύο ερευνητικών φάσεων παρουσιάζονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.

4.2.1.3 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Στα πέντε (5) δείγματα ιζήματος που λήφθηκαν από τη ζώνη εκσκαφής κατά την Φάση Α, πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές αναλύσεις προσδιορισμού των γεωτεχνικών ιδιοτήτων: περιεχόμενη υγρασία w, και ειδικό βάρος Gs. Τα όρια Attenberg και οι συσχετιζόμενοι δείκτες υδαρότητας και πλαστικότητας (LL, PL) δεν υπολογίστηκαν λόγω του αδρόκοκκου χαρακτήρα των δειγμάτων. Τα στοιχεία που προέκυψαν συνδυάστηκαν και με αυτά της μακροσκοπικής περιγραφής που διεξήχθη στο πεδίο (βλ. υποκεφ. 4.2.1.1).

Περιεχόμενη υγρασία (w)

Η περιεχόμενη υγρασία ενός δείγματος ιζήματος ορίζεται ο λόγος (εκφρασμένος επί τοις εκατό) του βάρους του νερού που περιέχει προς το βάρος των ξηρών κόκκων του ιζήματος.

Ο προσδιορισμός της περιεχόμενης υγρασίας στην παρούσα μελέτη έγινε σύμφωνα με το σύστημα ASTM D2216 (USCS, 2000), με το όποιο λαμβάνονται αντιπροσωπευτικά δείγματα ιζήματος, τα οποία ζυγίζονται αρχικά σε φυσική κατάσταση και στη συνέχεια ζυγίζονται εκ νέου αφού ξηραθούν σε θερμοκρασία 105-110º C.

Ειδικό Βάρος (G_s)

Το ειδικό βάρος των κόκκων ενός υλικού ορίζεται ως ο λόγος του βάρους στον αέρα δεδομένου όγκου κόκκων από το υλικό αυτό προς το βάρος στον αέρα ίσου όγκου απεσταγμένου νερού θερμοκρασίας 4ºC. Στην παρούσα μελέτη εφαρμόστηκαν τα τεστ AASHTO T 100-T85 & ASTM D 854-83 (USCS, 2000), όπου για τη μέτρηση του ειδικού βάρους ιζήματος (προζυγισμένου και κονιοποιημένου) χρησιμοποιήθηκε ογκομετρική φιάλη των 100ml.

4.2.2 ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

4.2.2.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ – ΟΛΙΚΗ ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ

Στα δείγματα ιζημάτων των πυρήνων (Φάση Β) πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις ποσοτικού προσδιορισμού 48 κύριων στοιχείων και ιχνοστοιχείων συμπεριλαμβανομένων των βαρέων μετάλλων: Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sn, U, V, Zn . Οι αναλύσεις αυτές βασίστηκαν στην φασματοσκοπία μαζών επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry, ICP-MS). Η πλήρης χημική σύσταση των ιζημάτων (bulk geochemistry) κατά μήκος των πυρήνων συμπεριλαμβάνει τόσο τη συμμετοχή των βαρέων μετάλλων σε θέσεις πλέγματος των ορυκτών όσο και σε εξωπλεγματικές θέσεις, συμπεριλαμβανομένης της ανθρωπογενούς ρυπογόνου επίδρασης (Barbieri 2016).

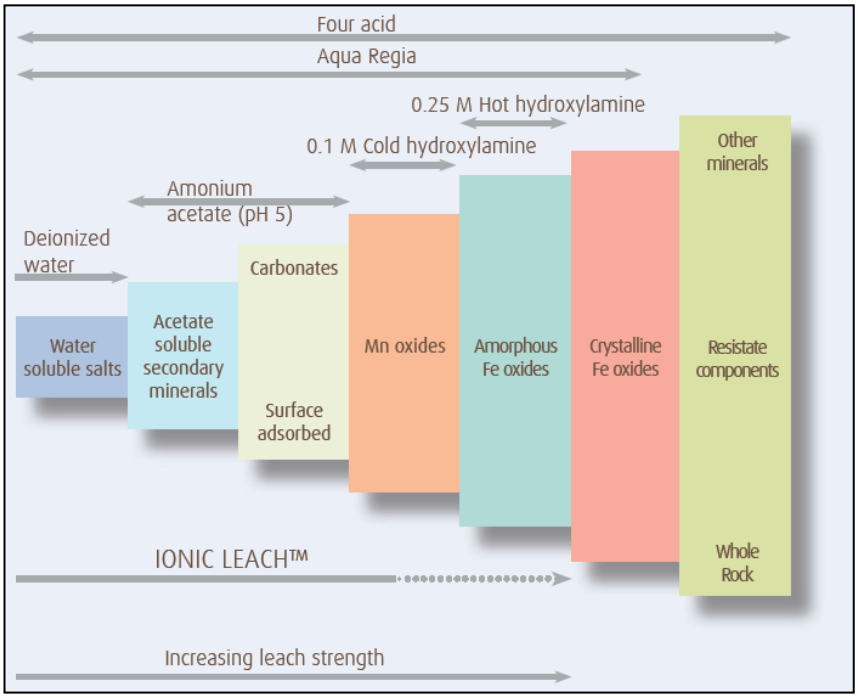
Κατά την αναλυτική διαδικασία, χρησιμοποιείται ανάμιξη 0,25 gr ξηρού κονιοποιημένου δείγματος με ένα μείγμα τεσσάρων ισχυρών οξέων (four acid digestion): υδροχλωρικού HCL, νιτρικού HNO_3, υπερχλωρικού $HCLO_4$, και υδροφθορίου HF. Τα αποτελέσματα αυτής της ανάλυσης έχουν τον μεγαλύτερο δυνατό βαθμό ακρίβειας καθώς πραγματοποιείται σχεδόν ολική διάσπαση και αποδόμηση των πυριτικών ορυκτών, των ανθεκτικότερων δομών που απαρτίζουν τα ιζήματα (Εικόνα 4.2.2.2.1). Στη συνέχεια, αφού το διάλυμα αφήνεται να ψυχθεί σε θερμοκρασία δωματίου, αραιώνεται με απιονισμένο νερό και ακολουθεί η διαδικασία της φασματοσκοπίας.

4.2.2.2 ΣΥΣΤΑΣΗ ΕΚΠΛΥΜΑΤΟΣ (LEACHING)

Ο προσδιορισμός της χημικής σύστασης των εκπλυμάτων των ιζημάτων αντιστοιχεί στο πιο πρόσφατο προσροφημένο υλικό στον ιζηματογενή ιστό. Το υλικό αυτό περιλαμβάνει υδατοδιαλυτές ουσίες και ασθενή δευτερογενή ορυκτά, ανθρακικές ρίζες και ιόντα, μεταλλικά ιόντα, οργανικές και αργιλικές επικαλύψεις, καθώς και μη κρυσταλλικά Fe και Mn οξείδια (Εικόνα 4.2.2.2.1).

Κατά την αναλυτική μέθοδο, χρησιμοποιείται ποσότητα των 50 gr ακατέργαστου δείγματος, προκειμένου να αποφευχθεί πλήρως η πιθανότητα επιμόλυνσης από διεργασίες προεργασίας. Για την έκπλυση χρησιμοποιείται αλκαλικό (pH ~ 8.5) διάλυμα χλωριούχου αμμωνίου (NH_4Cl), κιτρικού οξέος ($C_6H_8O_7$) και EDTA (Αιθυλενοδιαμινοτετραοξικό οξύ, $C_{10}H_{16}N_2O_8$). Στη συνέχεια, το εκπλυόμενο υλικό υποβάλλεται σε φασματοσκοπία μαζών επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry, ICP-MS).

Η συγκεκριμένη μέθοδος έκπλυσης ενδείκνυται για τον προσδιορισμό μεταλλικών ιόντων που βρίσκονται προσροφημένα στον ιστό των επιφανειακών ιζημάτων. Ένα από τα μεγάλα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η ίση αναλογία ποσότητας δείγματος / διαλύματος (1:1). Με τον τρόπο αυτό ελαχιστοποιείται η αραίωση του δείγματος και επιτυγχάνονται τα χαμηλότερα δυνατά όρια ανιχνευσιμότητας, οδηγώντας σε μέγιστης ακρίβειας αποτελέσματα.



Εικόνα 4.2.2.2.1. Δυναμική διάσπασης των ιζηματογενών συστατικών για διαφορετικά διαλύματα.

4.2.2.3 ΟΛΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ (TOC)

Ο οργανικός άνθρακας αντιπροσωπεύει το οργανικό υλικό των ιζημάτων. Αποτελεί θεμελιώδη γεωχημική παράμετρο καθώς συμβάλλει καθοριστικά στην αναγνώριση και προσδιορισμό περιβαλλόντων απόθεσης ενώ συνδέεται με την παρουσία βαρεών μετάλλων (ρόφηση) (Leeder 2011, Nichols 2009).

Το οργανικό υλικό αφθονεί περισσότερο σε περιοχές όπου υπάρχει έντονη βιολογική δραστηριότητα, όπως στο θαλάσσιο και λιμναίο πυθμένα, σε περιοχές όπου το μορφολογικό ανάγλυφο βυθίζεται γρήγορα και όπου υπάρχει έλλειψη βακτηριακής δράσης. Ευνοϊκές συνθήκες συσσώρευσης οργανικού υλικού παρέχουν τα στάσιμα, αναγωγικού χαρακτήρα νερά.

Ποιοτικά το οργανικό υλικό, αναγνωρίζεται από τα χουμικά και τα βιτουμενιούχα συστατικά. Ποσοτικά προσδιορίζεται με τον υπολογισμό του εκατοστιαίου ποσοστού του οργανικού άνθρακα που περιέχεται σε ένα δείγμα ιζήματος.

Κατά την αναλυτική διαδικασία, σε κάθε δείγμα ποσότητας περίπου 0,1 gr έγινε απόπλυση του ανόργανου ανθρακικού κλάσματος με χρήση διαλύματος HCL (25%) ενώ έπειτα πραγματοποιήθηκε στοιχειακή ανάλυση άνθρακα (οργανικό κλάσμα) με την συσκευή ανάλυσης *LECO FURNACE carbon analyzer.*

4.2.3 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

4.2.3.1 ΒΙΟΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

Οι αναλύσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν σε τρία (3) επιλεγμένα δείγματα κατά την πρώτη φάση έρευνας (Φάση Α, Πίνακας 4.1.1.1) και περιλαμβάνουν:

- Μετρήσεις οργανικών υδρογονανθράκων: Η ανάλυση πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων - PAHs και πολυχλωριωμένων διφαινόλων – PCBs πραγματοποιήθηκε με αέριο χρωματογράφο (Gas-Chromatography) και βασίστηκε στις επίσημες προδιαγραφές: US EPA 8270, CSN EN 15527, ISO 18287.
- Βαθμός τοξικότητας (microtox): Ο βαθμός τοξικότητας προσδιορίστηκε με την τεχνική της φωτομετρίας επί του φωτοβακτηρίου *Vibrio fischeri* με χρήση της φωτομετρικής συσκευής Microtox Model 500 Analyzer και σύμφωνα με τις προδιαγραφές: CSN EN ISO11348-2.

4.2.3.2 ΒΕΝΘΙΚΗ ΜΑΚΡΟΠΑΝΙΔΑ

Από κάθε δείγμα απομονώθηκαν όλοι οι χρωματισμένοι οργανισμοί (βλ. υποκεφ. 4.1.1) οι οποίοι καταμετρήθηκαν και αναγνωρίσθηκαν σε επίπεδο οικογένειας με τη χρήση στερεοσκοπίου. Οι νηματώδεις αν και καταμετρήθηκαν, δεν συμμετείχαν στην ανάλυση των αποτελεσμάτων γιατί λόγω του μικρού τους μεγέθους δεν συλλέγονται ποσοτικά με το συγκεκριμένο τρόπο συλλογής.

Για την εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης στις διάφορες θέσεις χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης BQI-Family (Dimitriou et al, 2012). Ο δείκτης βασίζεται στο δείκτη BQI (Benthic Quality Index) (Rosenberg et al., 2004) και τα αποτελέσματα του είναι σύμφωνα με όλους τους αντίστοιχους δείκτες που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης σε ενδιαιτήματα μαλακού υποστρώματος όπως ο AZTI και ο BENTIX (Dimitriou et al., 2012).

Σύμφωνα με το δείκτη, οι οργανισμοί της μακροβενθικής πανίδας λαμβάνουν μία τιμή «ευαισθησίας» (sensitivity value) ανάλογα με την ευαισθησία τους σε περιβαλλοντικές πιέσεις (π.χ. οργανική ρύπανση). Ο δείκτης λαμβάνει υπόψη την αφθονία κάθε οργανισμού, τον αριθμό των ειδών στο δείγμα και τη συνολική αφθονία των οργανισμών στο δείγμα.

Η τιμή του δείκτη υπολογίζεται από τον τύπο:

$$BQI = \left[\sum_{i=1}^{S_{classified}} \left(\frac{N_i}{N_{classified}} * Sensitivity\ value_i \right) \right] * \log_{10}(S+1) * \left(\frac{N_{total}}{N_{total}+5} \right),$$

Όπου: N_i: Η αφθονία των ατόμων της οικογένειας i,

$N_{classified}$: Η αφθονία των οργανισμών που έχουν τιμή ευαισθησίας

Sensitivity Value i: Η τιμή ευαισθησίας της οικογένειας i

S: Ο αριθμός των οικογενειών στο δείγμα.

N_{total}: Η συνολική αφθονία των οργανισμών στο δείγμα.

Σε κάθε θέση, ο δείκτης υπολογίσθηκε από τη μέση αφθονία των οργανισμών μεταξύ των επαναληπτικών δειγμάτων (replicates). Οι τιμές του δείκτη μπορούν να κυμαίνονται από 0 έως >16 και σύμφωνα με τους Dimitriou et al. (2012) η βαθμονόμηση των τιμών του δείκτη αντιστοιχεί στο οικολογικό καθεστώς που καθορίζεται από την Ευρωπαϊκή οδηγία για τα νερά (WFD 2000/60) όπως φαίνεται παρακάτω:

Οικολογικό καθεστώς	Τιμές δείκτη BQI-Family
Υψηλό	$16 < BQI_{Family}$
Καλό	$12 < BQI_{Family} < 16$
Μέτριο	$8 < BQI_{Family} < 12$
Φτωχό	$4 < BQI_{Family} < 8$
Κακό	$0 < BQI_{Family} < 4$

5. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

5.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

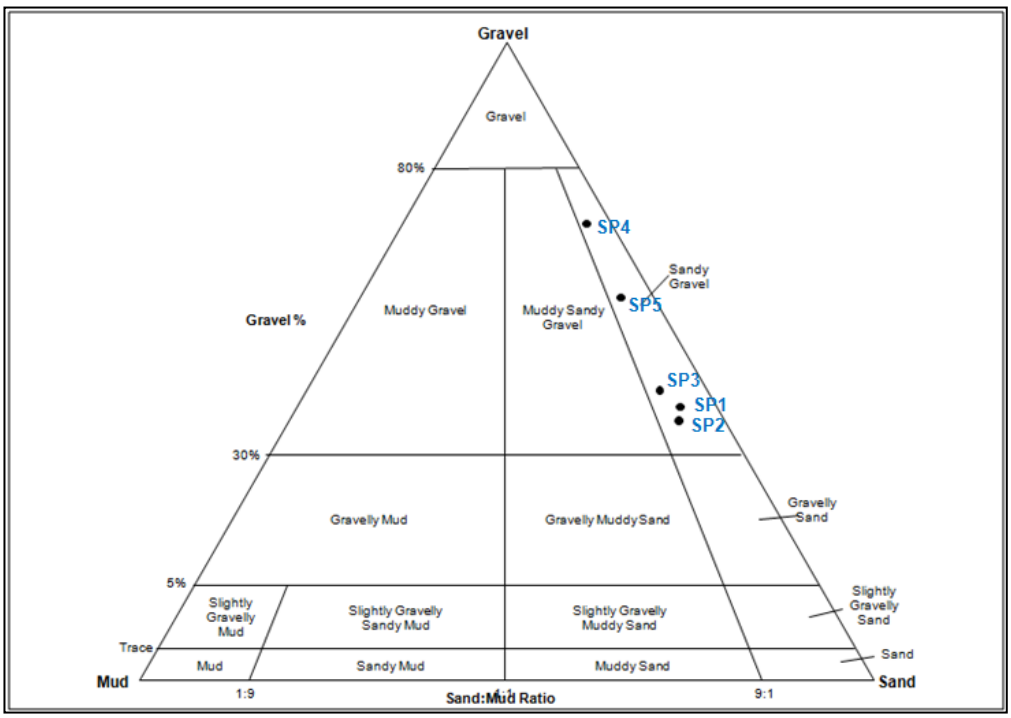
Ο συνδυασμός της μακροσκοπικής εξέτασης, της κοκκομετρικής ανάλυσης και των γεωτεχνικών δοκιμών που εφαρμόστηκαν οδηγεί στον λιθολογικό και ιστολογικό χαρακτηρισμό των αναλυθέντων επιφανειακών δειγμάτων της περιοχής μελέτης. Τα δείγματα στο σύνολό τους κατατάσσονται ως ελαιο-καφέ (Olive brown 2.5Y 4/3) γωνιώδεις έως υπογωνιώδεις αμμώδεις ψηφίτες (sandy gravel) φτωχής διαβάθμισης (σi: 1-2) με μεγάλη παρουσία βιογενών θραυσμάτων (Εικ. 4.1.1.2, 5.1.1). Η παρουσία των ευμεγεθών βιογενών θραυσμάτων και κελυφών που διαπιστώθηκε αρχικά μακροσκοπικά, έχει σαφή επίδραση και στην κοκκομετρική κατανομή των ιζημάτων. Τα ιζήματα του πυθμένα πλησίον της κρηπίδας της Σαλαμίνας (SP4, SP5) είναι ελαφρώς αδρομερέστερα των υπολοίπων (Mz: 0,1-0,33 phi).

Η περιεχόμενη υγρασία (w) είναι της τάξης του 45-52 %, ενώ το ειδικό βάρος (Gs) κυμαίνεται από 2.54 – 2.61 για τα δείγματα SP1, SP2, SP3, SP4, ενώ για το δείγμα SP5, είναι της τάξης του 2.91. Οι τιμές αυτές είναι σε συμφωνία με τις τιμές ειδικού βάρους των κύριων ορυκτών χαλαζία (2.65) και ασβεστίτη (2.71) (Τσώλη-Καταγά και Καταγάς, 2009). Τα ορυκτά αυτά αποτελούν τους κυριότερους εκπροσώπους των λιθογενών/πυριτικών και βιογενών/ανθρακικών συστατικών των ιζημάτων αντιστοίχως. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του δείγματος SP5 του οποίου η τιμή ειδικού βάρους συγκρίνεται με αυτή του αραγωνίτη (2.95) γεγονός που θα μπορούσε να αποδοθεί στην καθοριστική παρουσία βιογενών θραυσμάτων και κελυφών αραγωνιτικής σύστασης στα ιζήματα της κρηπίδας της Σαλαμίνας.

Στον Πίνακα 5.1.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των κοκκομετρικών αναλύσεων και γεωτεχνικών δοκιμών που εφαρμόστηκαν.

Πίνακας 5.1.1 Κοκκομετρικά και γεωτεχνικά χαρακτηριστικά των αναλυθέντων δειγμάτων

Δείγμα	Βάθος (m)	Λιθολογία (Folk, 1974)	Ψηφίτες (%)	Άμμος (%)	Ιλύς (%)	Mz (phi)	σi	Ske	KG	Περιεχόμενη Υγρασία (w %)	Ειδικό Βάρος (Gs)
SP1	-7	Αμμώδεις ψηφίτες	40.3	56.1	3.6	0.73	1.69	0.64	2.35	45.10	2.54
SP2	-6.4	Αμμώδεις ψηφίτες	37.9	57.6	4.5	0.75	1.74	0.60	2.27	48.04	2.61
SP3	-6.7	Αμμώδεις ψηφίτες	43.2	52.1	4.7	0.74	1.73	0.65	2.34	48.34	2.56
SP4	-14.6	Αμμώδεις ψηφίτες	72.6	25.1	2.3	0.10	1.34	1.50	5.40	51.92	2.61
SP5	-7.9	Αμμώδεις ψηφίτες	59.6	37.2	3.2	0.33	1.49	1.23	3.96	50.19	2.91



Εικόνα 5.1.1. Λιθολογική ταξινόμηση των αναλυθέντων δειγμάτων κατά Folk, 1974

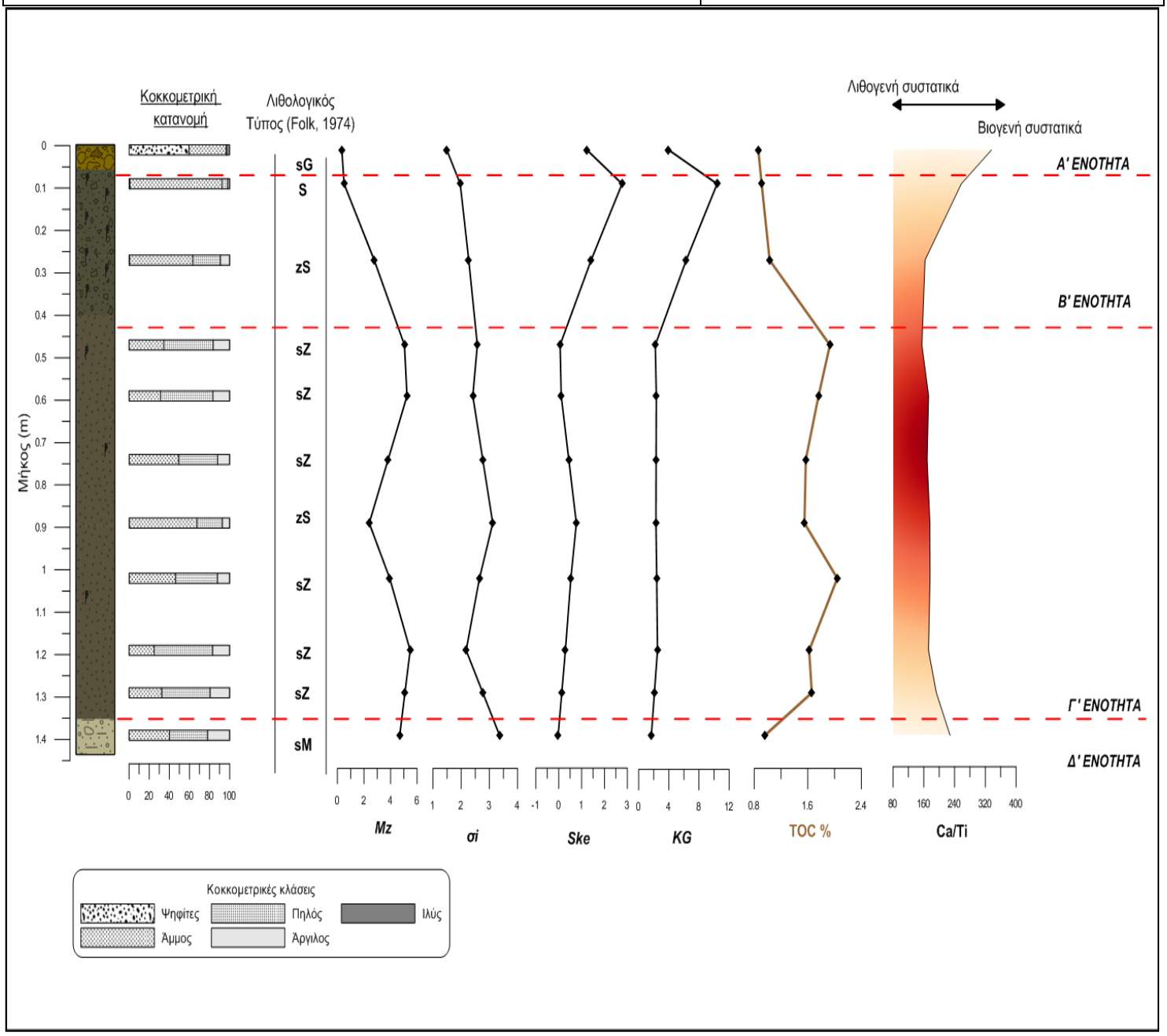
5.2 ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

5.2.1 ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΠΥΡΗΝΩΝ

Ο συνδυασμός της μακροσκοπικής περιγραφής, των κοκκομετρικών αναλύσεων, της κατακόρυφης κατανομής οργανικού άνθρακα (TOC) καθώς και του λόγου των στοιχείων Ca/Ti (ως γεωχημικός δείκτης εμπλουτισμού σε βιογενή συστατικά έναντι λιθογενών, Croudace and Rothwell 2015) επέτρεψε την δημιουργία της λιθοστρωματογραφικής στήλης των εξεταζόμενων πυρήνων όπου διακρίνονται οι διαφορετικές λιθολογικές ενότητες. Εκτός αυτού, η διάκριση των διαφορετικών λιθολογικών ενοτήτων επαληθεύτηκε και από στις σεισμικές τομογραφίες της θαλάσσιας γεωφυσικής έρευνας που προηγήθηκε των δειγματοληψιών, όπως περιγράφεται και στο υποκεφάλαιο 5.2.2. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κατακόρυφες κατανομές των λιθολογικών χαρακτηριστικών και των ενοτήτων των πυρήνων.

5.2.1.1 ΠΥΡΗΝΑΣ SPVC2

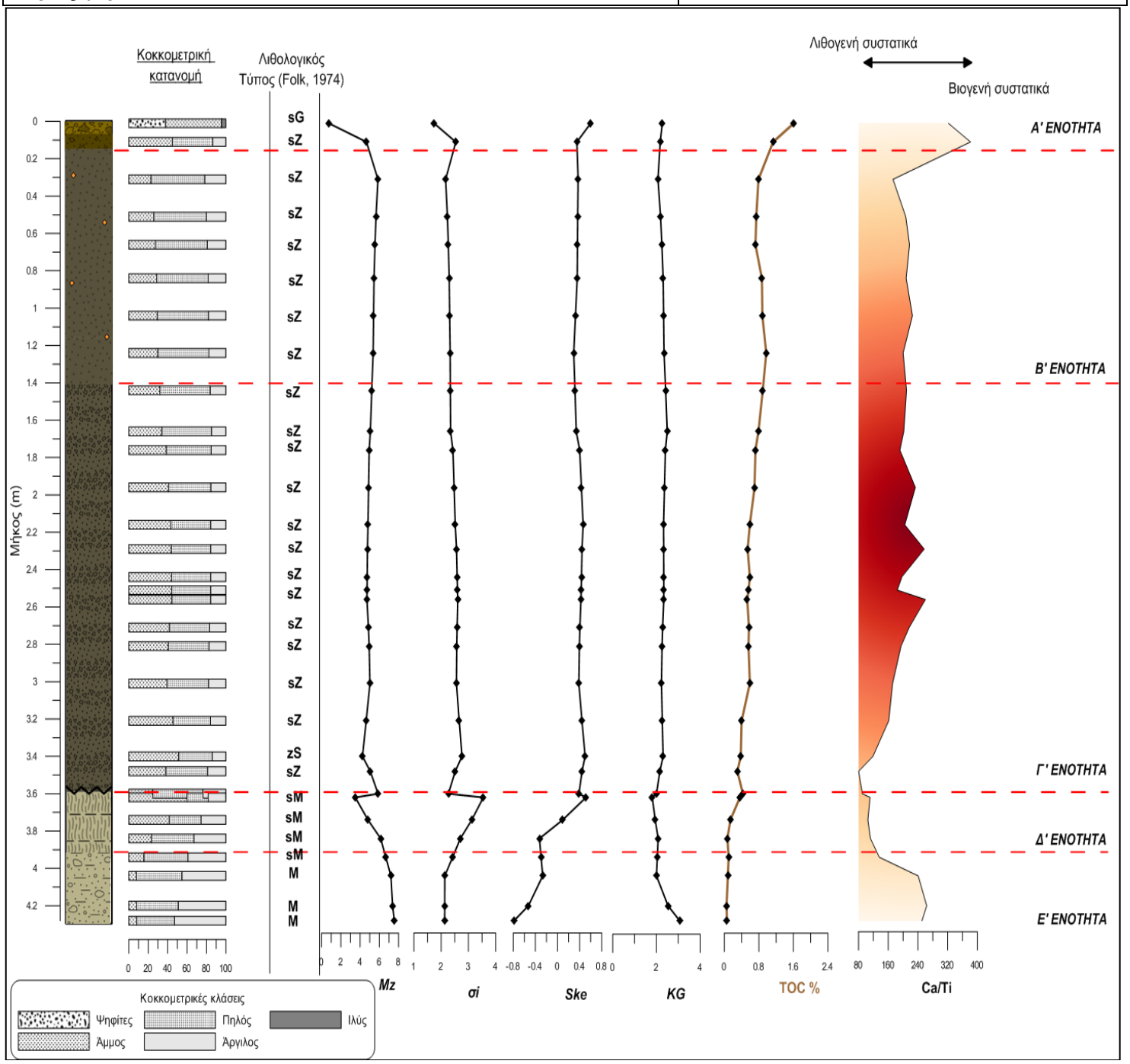
Πυρήνας	**SPVC2**
Βάθος νερού (m)	**8.8**
Μήκος (m)	**1.43**



ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΒΑΘΟΣ (m)	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ			
			Mz	**σi**	**Ske**	**KG**
Α	0 – 0,05	Ελαιο-καφέ (Olive brown 2.5Y 4/3) γωνιώδεις έως υπογωνιώδεις αμμώδεις ψηφίτες με υψηλή παρουσία βιογενών θραυσμάτων.	Αδρόκοκκη άμμος	φτωχής διαβάθμισης	θετικά ασύμμετρη κατανομή	λεπτόκυρτη κατανομή
Β	0,05 – 0,4	Ελαιο-γκρί (Olive gray 5Y 4/2) πηλούχος άμμος με βαθμιαία μείωση των βιογενών θραυσμάτων και φυτικών υπολειμμάτων κατά βάθος	Μεσόκοκκη άμμος	πολύ φτωχής διαβάθμισης	πολύ θετικά ασύμμετρη κατανομή	πολύ λεπτόκυρτη κατανομή
Γ	0,4 – 1,35	Σκουρόχρωμος γκρι-καφέ (Dark grayish-brown 2.5Y 4/2) αμμούχος πηλός αυξημένης περιεκτικότητας σε οργανικό υλικό με αραιή έως σποραδική παρουσία βιογενών θραυσμάτων και φυτικών υπολειμμάτων	Αδρόκοκκος πηλός	πολύ φτωχής διαβάθμισης	συμμετρική κατανομή	πλατύκυρτη κατανομή
Δ	1,35 – 1,43	Αχνή κίτρινη (Pale yellow 2.5Y 7/3) αμμώδης ιλύς αυξημένου ανθρακικού κλάσματος σε εν μέρει ανάμιξη με το υπερκείμενο στρώμα και με σποραδική παρουσία συνεκτικών αμμωδών-ψηφιτωδών συσσωματωμάτων (intraclasts).	Αδρόκοκκος πηλός	πολύ φτωχής διαβάθμισης	συμμετρική κατανομή	πολύ λεπτόκυρτη κατανομή

5.2.1.2 ΠΥΡΗΝΑΣ SPVC3

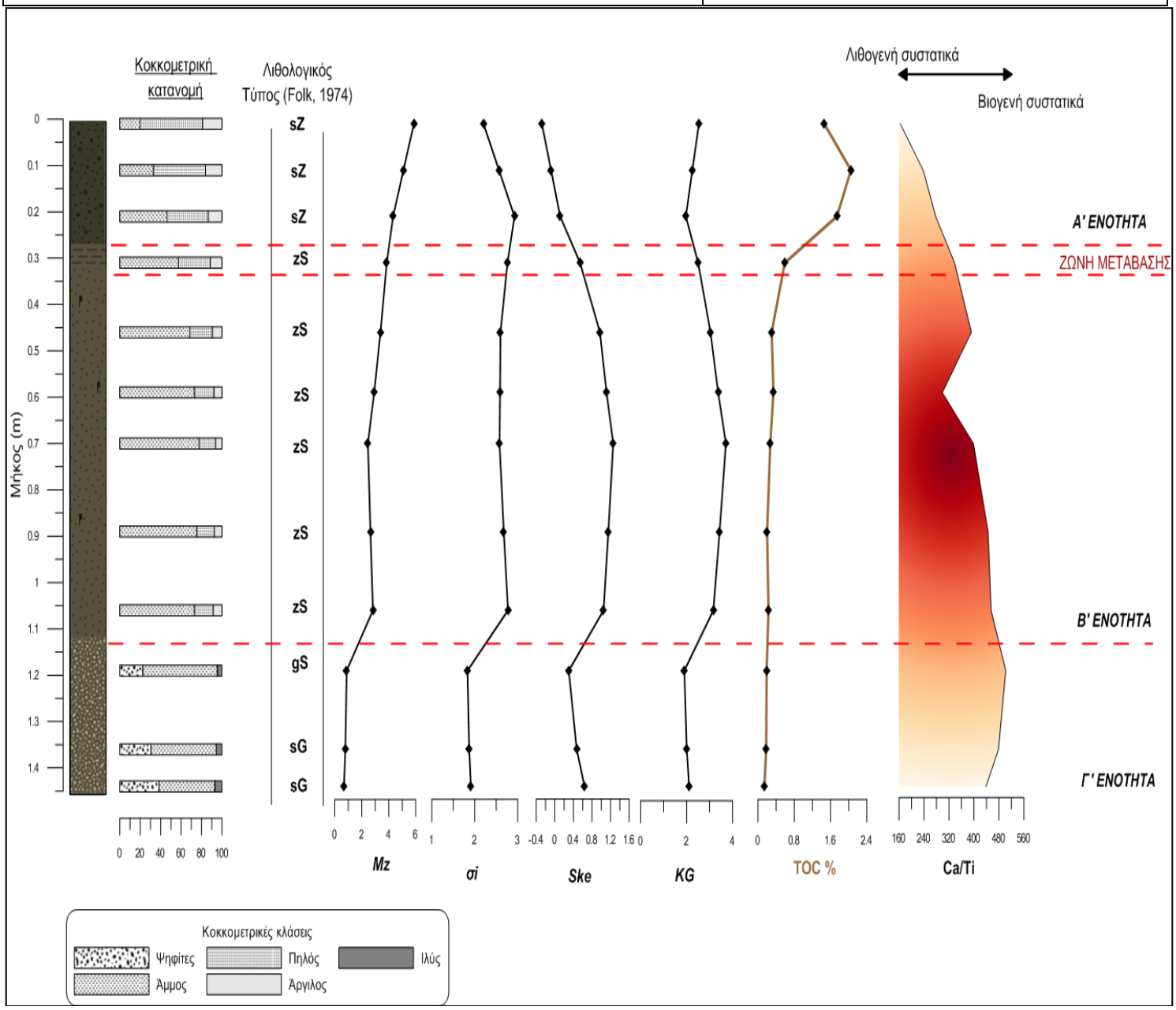
Πυρήνας	**SPVC3**
Βάθος νερού (m)	**7.5**
Μήκος (m)	**4.28**



ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΒΑΘΟΣ (m)	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ			
			Mz	**σi**	**Ske**	**KG**
Α	0 – 0,14	Ελαιο-καφέ (Olive brown 2.5Y 4/3) έως ελαιο-γκρί (Olive gray 5Y 4/2) ψηφιτούχος, ιλυούχος άμμος υψηλής παρουσίας βιοκλαστών και οργανικού υλικού	Λεπτόκοκκη άμμος	πολύ φτωχής διαβάθμισης	θετικά ασύμμετρη κατανομή	πλατύκυρτη κατανομή
Β	0,14 – 1,4	Ελαιο-γκρί (Olive gray 5Y 5/2) αμμούχος πηλός με αραιή παρουσία βιογενών θραυσμάτων και Fe-οξειδίων	Μεσόκοκκος πηλός	πολύ φτωχής διαβάθμισης	συμμετρική κατανομή	πλατύκυρτη κατανομή
Γ	1,4 – 3,57	Ελαιο-γκρί (Olive gray 5Y 5/2) αμμούχος πηλός με συστηματική παρουσία βιοκλαστικού υλικού σε ορίζοντες ανάμιξης με τα εκατέρωθεν ιζήματα. Διαβρωσιγενής επαφή βάσης	Αδρόκοκκος πηλός	πολύ φτωχής διαβάθμισης	συμμετρική κατανομή	πλατύκυρτη κατανομή
Δ	3,57 – 3,92	Ανοιχτόχρωμη κιτρινο-καφέ (Light yellowish brown 2.5Y 6/3) αμμούχος ιλύς με συστηματική παρουσία ασυνεχών, ακανόνιστων στιγμάτων ως ενδείξεις βιοτουρβιδισμού. Διαβρωσιγενής επαφή οροφής	Μεσόκκοκος πηλός	πολύ φτωχής διαβάθμισης	συμμετρική κατανομή	λεπτόκυρτη κατανομή
Ε	3,92 – 4,28	κίτρινη (Pale yellow 2.5Y 7/3) ιλύς αυξημένου ανθρακικού κλάσματος με σποραδική παρουσία συνεκτικών αμμωδών-ψηφιτωδών συσσωματωμάτων (intraclasts)	Πολύ λεπτόκοκκος πηλός	πολύ φτωχής διαβάθμισης	αρνητικά ασύμμετρη κατανομή	πλατύκυρτη κατανομή

5.2.1.3 ΠΥΡΗΝΑΣ SPVC4

Πυρήνας	**SPVC4**
Βάθος νερού (m)	**28**
Μήκος (m)	**1.45**



ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΒΑΘΟΣ (m)	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ			
			Mz	**σi**	**Ske**	**KG**
Α	0 – 0,27	Πολύ σκουρόχρωμος γκρι έως ελαιο-γκρι (5Y 3/1 – 5Y 4/2) αμμούχος πηλός με υψηλή παρουσία οργανικού υλικού	Μεσόκκοκος πηλός	πολύ φτωχής διαβάθμισης	συμμετρική κατανομή	πλατύκυρτη κατανομή
Β	0,33 – 1,13	Ελαιο-γκρί (Olive gray 5Y 5/2) πηλούχος άμμος με αραιή έως σποραδική παρουσία βιογενών θραυσμάτων και φυτικών υπολειμμάτων	Πολύ λεπτόκοκκη άμμος	πολύ φτωχής διαβάθμισης	θετικά ασύμμετρη κατανομή	μεσόκυρτη κατανομή
Γ	1,13 – 1,45	Ελαιο-γκρί (Olive gray 5Y 5/2) αμμούχοι ψηφίτες με υψηλή παρουσία βιοκλαστικού υλικού και συνεκτικών αμμωδών-ψηφιτωδών συσσωματωμάτων (intraclasts) χρώματος αχνού κίτρινου (Pale yellow 2.5Y 7/3)	Αδρόκοκκος πηλός	φτωχής διαβάθμισης	θετικά ασύμμετρη κατανομή	πλατύκυρτη κατανομή

5.2.2 ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΠΥΡΗΝΩΝ ΙΖΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΣΕΙΣΜΟΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

5.2.2.1. ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ

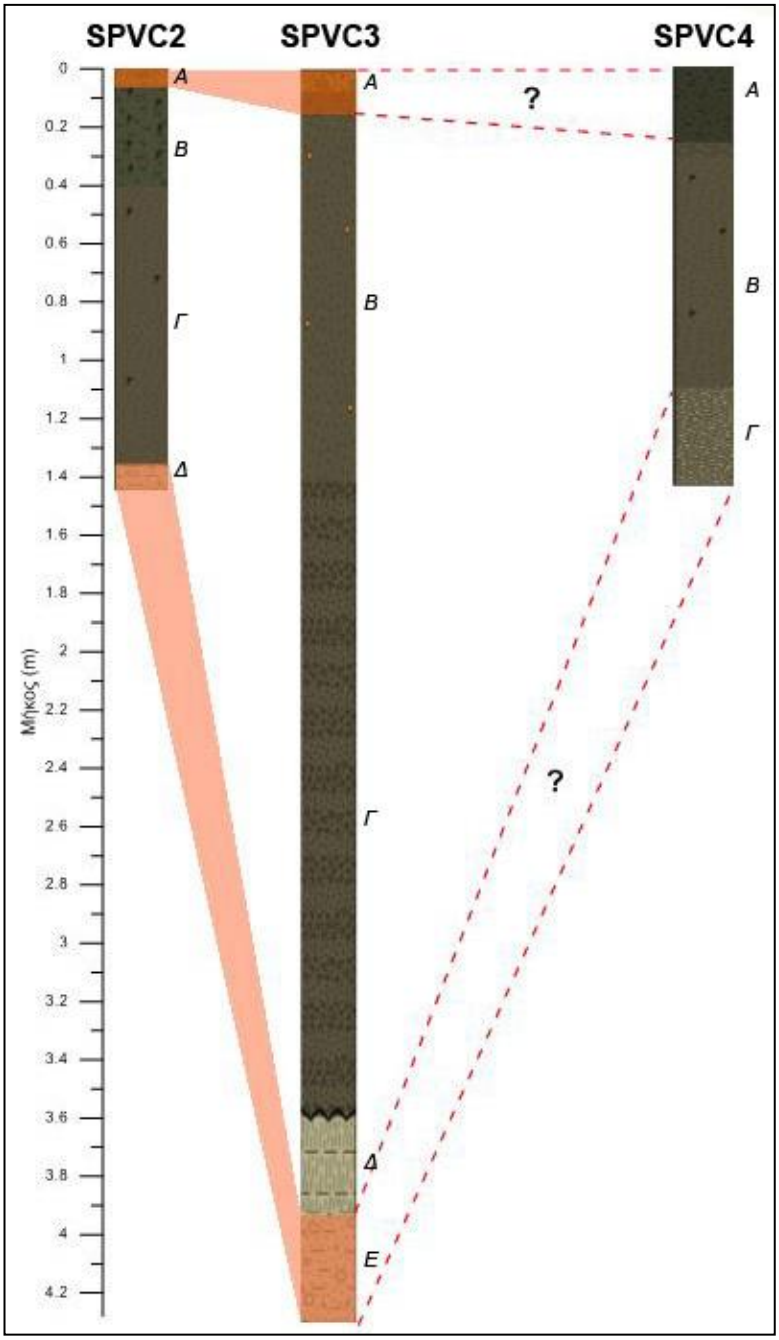
Από την επισκόπηση των λιθολογικών ενοτήτων και την εμφάνισή τους στους πυρήνες, προέκυψε η στρωματογραφική συσχέτιση (Εικόνα 5.2.2.1):

1. Επιφανειακή Ενότητα (Ενότητα Α) εντός της ζώνης εκσκαφής στις κρηπίδες Περάματος (Α' λιθολογική ενότητα, SPVC3) και Σαλαμίνας (Α' λιθολογική ενότητα, SPVC2) με κυρίαρχα χαρακτηριστικά τον αδρόκοκκο λιθολογικό χαρακτήρα, την έντονη παρουσία βιοκλαστικού υλικού και τις έλαιο-καφέ αποχρώσεις (2.5Y 4/3) που παραπέμπουν σε οξειδωτικές συνθήκες. Το επιφανειακό αυτό στρώμα ταυτίζεται με τα επιφανειακά ιζήματα που συλλέχτηκαν κατά την Φάση Α (υποκεφ. 5.1)

2. Ενότητα Βάσης (Ενότητες Δ και Ε των πυρήνων SPVC2 και SPVC3, αντιστοίχως). Το στρώμα αυτό αποτελεί τη βάση των πυρήνων της ζώνης εκσκαφής και διαφοροποιείται εντόνως από τα υπερκείμενα στρώματα. Χαρακτηρίζεται από αχνές κίτρινες αποχρώσεις (2.5Y 7/3) και αυξημένη παρουσία ανθρακικού υλικού. Η συμμετοχή των αδρόκοκκων συσσωματωμάτων (intraclasts) διαφοροποιείται στις δύο κρηπίδες, Περάματος – Σαλαμίνας, οδηγώντας σε διαφορετικές τιμές κοκκομετρικών στατιστικών παραμέτρων, κυρίως του μέσου μεγέθους (Mz) και ασυμμετρίας (Ske).

Τα ενδιάμεσα στρώματα μεταξύ της Επιφανειακής και της Ενότητας Βάσης (ενότητες Β, Γ και Β, Γ, Δ των πυρήνων SPVC2 και SPVC3 αντιστοίχως), εντός της ζώνης εκσκαφής, στερούνται σαφούς στρωματογραφικής συσχέτισης και δηλώνουν την έντονη διαφοροποίηση των υπεπιφανειακών οριζόντων ανάμεσα στις δύο κρηπίδες όσο αναφορά στο ρυθμό ιζηματογένεσης (πάχος στρωμάτων), στην παρουσία βιοκλαστών και φυτικών υπολειμάτων αλλά και στο ποσοστό του οργανικού υλικού (TOC). Είναι πάντως, γενικώς αμμώδη, ρηχού περιβάλλοντος ελαιο-γκρί (5Y 4/2 – 5Y 5/2) ιζήματα χερσογενούς προέλευσης.

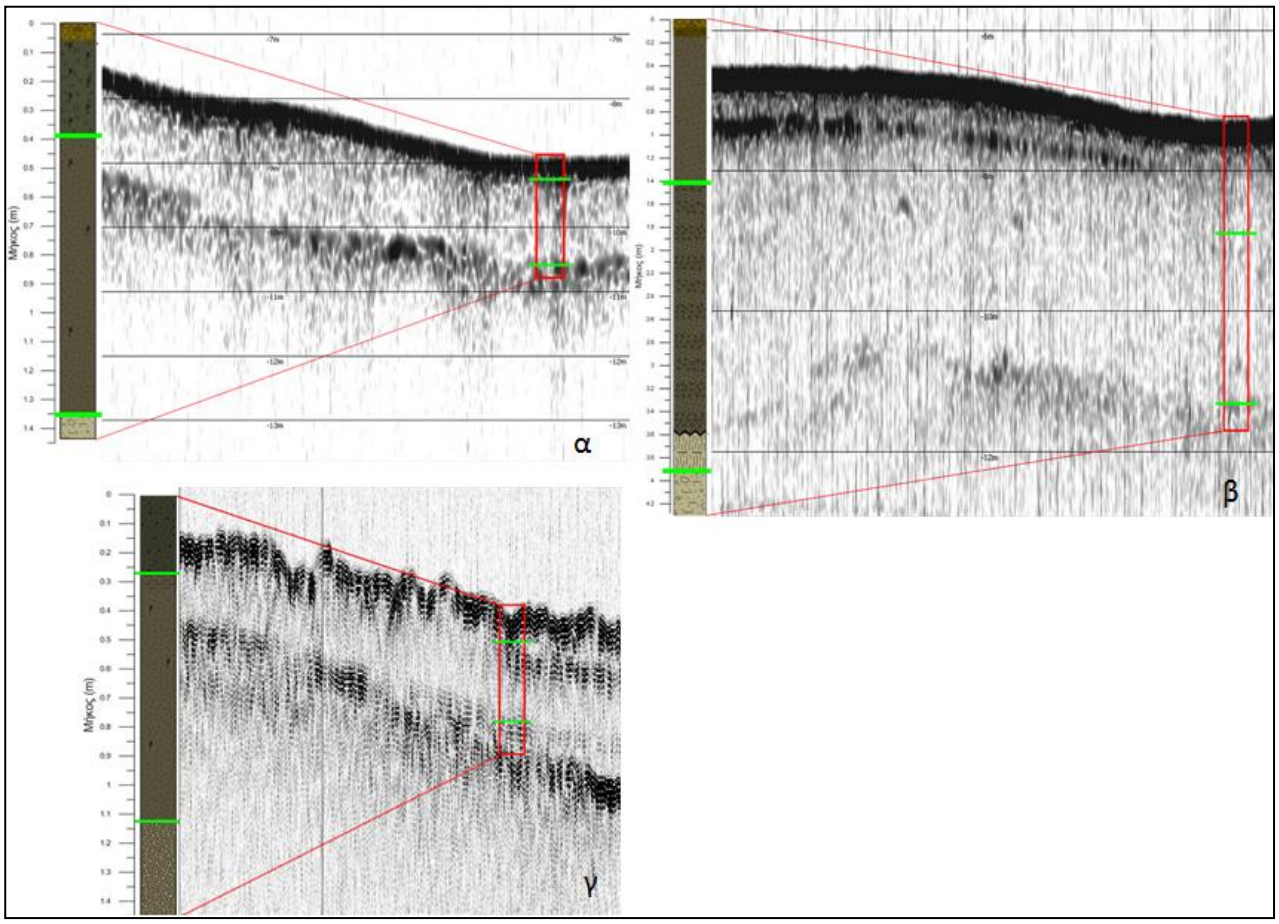
Η στρωματογραφία των ιζημάτων της ζώνης εκσκαφής παρουσιάζει περιορισμένες ομοιότητες (π.χ. βαθμός ταξινόμησης, αποχρώσεις) αλλά και έντονες διαφορές με τα ιζήματα της θέσης αναφοράς (πυρήνας SPVC4) που εκτός των άλλων οφείλονται και στη σημαντική βυθομετρική διαφορά των θέσεων πυρηνοληψίας. Οι στρωματογραφικές συσχετίσεις που φαίνονται στην ζώνη εκσκαφής δεν παρατηρούνται στη θέση αναφοράς, γεγονός που μαρτυρά τη γεωγραφική διαφοροποίηση των ιζηματογενών διεργασιών (Εικόνα 5.2.2.1). Χαρακτηριστική είναι πάντως η παρουσία των αδρόκκοκων ανθρακικών συσσωματωμάτων (intraclasts) στην ενότητα βάσης (λιθολογική ενότητα Γ) της θέσης αναφοράς που αποτελεί κοινό ορίζοντα υποβάθρου με αυτόν (ενότητες Δ και Ε) της ζώνης εκσκαφής.



Εικόνα 5.2.2.1.1 Στρωματογραφικές συσχετίσεις μεταξύ των εξεταζόμενων πυρήνων ιζήματος.

5.2.2.2. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΠΥΡΗΝΩΝ ΙΖΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΙΣ ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Η θαλάσσια γεωφυσική διασκόπηση που προηγήθηκε των δειγματοληψιών, έδειξε την παρουσία των κοινών Ενοτήτων οροφής (επιφανειακού) και βάσης και στους τρεις πυρήνες (Εικόνα 5.2.2.2.1 α - γ). Το πάχος των ενοτήτων αυτών, όπως καταγράφηκε από στις σεισμικές τομογραφίες, ταυτίζεται με το πάχος που διακρίθηκε κατά την αναλυτική διαδικασία οδηγώντας σε ακόμη μεγαλύτερη αξιοπιστία των εργαστηριακών αποτελεσμάτων. Η διάκριση των διαφορετικών ενοτήτων στις σεισμικές τομογραφίες, προκύπτει από την καταγραφή διαφορετικών ακουστικών ανακλάσεων λόγω της μεταβολής θεμελιωδών φυσικών / μηχανικών χαρακτηριστικών των ιζηματογενών στρωμάτων όπως το κοκκομετρικό μέγεθος, η πυκνότητα, η συνεκτικότητα και η περιεκτικότητα σε νερό.



Εικόνα 5.2.2.2.1 Συσχέτιση πυρήνων ιζήματος και σεισμικών τομογραφιών (α: SPVC2, β: SPVC3, γ: SPVC4)

5.3 ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΙΖΗΜΑΤΩΝ – ΓΕΩΧΗΜΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

Το σύνολο των γεωχημικών, βιοχημικών και βιολογικών αναλύσεων οδήγησε στην αξιολόγηση των ιζημάτων ως προς τον ενδεχόμενο βαθμό περιβαλλοντικής ρυπογόνου επιβάρυνσης. Όπως αναλύεται στα επόμενα υποκεφάλαια, η αξιολόγηση αυτή βασίζεται σε επίσημους περιβαλλοντικούς δείκτες και Ευρωπαϊκές νομοθετικές οδηγίες.

Οι πίνακες με τα συνολικά αποτελέσματα των χημικών (στοιχειακές κατανομές, έκπλυση) και βιοχημικών (οργανικοί υδρογονάνθρακες) αναλύσεων για τις δύο φάσεις έρευνας καθώς και τα όρια ανίχνευσης των χημικών παραμέτρων για κάθε ανάλυση παρουσιάζονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ.

5.3.1 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ – ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΘΕΣΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Οι αναλύσεις των επιφανειακών ιζημάτων (Φάση Α) τόσο της ολικής γεωχημείας (στοιχειακές κατανομές) όσο και αυτές των εκπλυμάτων παρουσιάζονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ. Οι μέσες συγκεντρώσεις της ολικής γεωχημείας και αυτής των εκπλυμάτων των επιφανειακών ιζημάτων, των ιζημάτων της θέσης αναφοράς καθώς και οι τιμές των λόγων μεταξύ ζώνης εκσκαφής και θέσης αναφοράς παρουσιάζονται στους πίνακες 5.3.1.1 και 5.3.1.2.

Πίνακας 5.3.1.1 Συγκεντρώσεις ολικής γεωχημείας των επιφανειακών ιζημάτων

Χημικό στοιχείο	Μονάδα μέτρησης	Μ.Ο. συγκέντρωσης ζώνης εκσκαφής	Μ.Ο. θέσης αναφοράς	Ζώνη εκσκαφής / Θέση Αναφοράς
Ag	ppm	0,31	1,84	0,17
Al	%	1,30	2,16	0,60
As	ppm	11,90	34,05	0,35
Ba	ppm	70,00	235,00	0,30
Be	ppm	0,39	0,74	0,52
Bi	ppm	0,29	1,79	0,16
Ca	%	26,53	23,00	1,15
Cd	ppm	0,19	0,54	0,35
Ce	ppm	17,98	27,05	0,66

Co	ppm	6,20	8,55	0,73
Cr	ppm	123,33	217,50	0,57
Cs	ppm	1,39	2,57	0,54
Cu	ppm	58,20	298,00	0,20
Fe	%	1,44	2,45	0,59
Ga	ppm	3,18	5,00	0,64
Ge	ppm	0,14	0,06	2,33
Hf	ppm	0,40	0,65	0,62
In	ppm	0,02	0,07	0,34
K	%	0,35	0,64	0,55
La	ppm	9,27	15,10	0,61
Li	ppm	10,47	17,95	0,58
Mg	%	1,06	1,72	0,62
Mn	ppm	207,00	283,00	0,73
Mo	ppm	3,28	1,79	1,83
Na	%	0,98	1,44	0,69
Nb	ppm	2,07	3,60	0,57
Ni	ppm	61,43	79,75	0,77
P	ppm	320,00	670,00	0,48
Pb	ppm	56,40	312,00	0,18
Rb	ppm	16,03	30,05	0,53
Re	ppm	0,01	0,01	1,12
S	%	0,59	0,86	0,69
Sb	ppm	1,04	1,89	0,55
Sc	ppm	3,67	4,75	0,77
Se	ppm	1,67	1,00	1,67
Sn	ppm	3,93	12,80	0,31
Sr	ppm	3216,67	2055,00	1,57
Ta	ppm	0,15	0,28	0,52
Te	ppm	0,05	0,13	0,40
Th	ppm	2,41	3,34	0,72
Ti	%	0,08	0,12	0,65
Tl	ppm	0,16	0,36	0,45
U	ppm	4,17	3,60	1,16
V	ppm	32,00	46,00	0,70
W	ppm	0,30	0,50	0,60

Y	ppm	8,63	13,40	0,64
Zn	ppm	187,33	775,50	0,24
Zr	ppm	12,93	24,45	0,53

Πίνακας 5.3.1.2 Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων των εκπλυμάτων των επιφανειακών ιζημάτων

Στοιχείο	Μονάδα μέτρησης	Μ.Ο. συγκέντρωσης ζώνης εκσκαφής	Μ.Ο. θέσης αναφοράς	Ζώνη εκσκαφής / Θέση Αναφοράς
Ag	**ppb**	15,40	13,80	1,12
As	**ppb**	64,37	23,40	2,75
Au	**ppb**	1,32	12,75	0,10
Ba	**ppb**	-	10,00	-
Be	**ppb**	0,25	-	-
Bi	**ppb**	-	-	-
Br	**ppm**	19,24	26,90	0,72
Ca	**ppm**	143,62	381,00	0,38
Cd	**ppb**	1,88	11,20	0,17
Ce	**ppb**	0,20	0,40	0,50
Co	**ppb**	60,18	175,00	0,34
Cr	**ppb**	15,67	19,00	0,82
Cs	**ppb**	2,29	3,70	0,62
Cu	**ppb**	4608,50	18900,00	0,24
Dy	**ppb**	0,83	0,90	0,92
Er	**ppb**	0,43	0,40	1,08
Eu	**ppb**	0,15	0,10	1,50
Fe	**ppm**	18,30	6,60	2,77
Ga	**ppb**	-	-	-
Gd	**ppb**	0,93	0,80	1,16
Ge	**ppb**	0,10	0,10	1,00
Hf	**ppb**	0,08	0,07	1,07
Hg	**ppb**	0,42	0,30	1,38
Ho	**ppb**	0,17	0,10	1,70
I	**ppm**	0,61	0,51	1,19
In	**ppb**	-	-	-

La	**ppb**	-	0,10	-
Li	**ppb**	57,40	76,00	0,76
Lu	**ppb**	0,10	0,10	1,00
Mg	**ppm**	295,75	522,00	0,57
Mn	**ppm**	2,59	2,06	1,25
Mo	**ppb**	56,54	67,30	0,84
Nb	**ppb**	0,15	0,10	1,50
Nd	**ppb**	0,62	0,70	0,89
Ni	**ppb**	324,50	642,00	0,51
Pb	**ppb**	972,50	2780,00	0,35
Pd	**ppb**	0,06	0,12	0,46
Pr	**ppb**	0,10	0,10	1,00
Pt	**ppb**	0,10	0,20	0,50
Rb	**ppb**	102,33	205,00	0,50
Re	**ppb**	0,31	0,36	0,85
Sb	**ppb**	8,04	13,40	0,60
Sc	**ppb**	1,25	2,00	0,63
Se	**ppb**	76,50	111,00	0,69
Sm	**ppb**	0,45	0,40	1,13
Sn	**ppb**	4,34	12,10	0,36
Sr	**ppb**	2031,17	5570,00	0,36
Ta	**ppb**	-	-	-
Tb	**ppb**	0,10	0,10	1,00
Te	**ppb**	0,68	-	-
Th	**ppb**	0,53	0,23	2,28
Ti	**ppb**	9,67	9,00	1,07
Tl	**ppb**	0,62	1,67	0,37
Tm	**ppb**	0,10	0,10	1,00
U	**ppb**	16,95	8,06	2,10
W	**ppb**	1,82	1,50	1,21
Y	**ppb**	5,77	5,70	1,01
Yb	**ppb**	0,45	0,40	1,13
Zn	**ppb**	2851,67	11300,00	0,25
Zr	**ppb**	5,83	4,50	1,30

Από τους παραπάνω πίνακες φαίνεται πως οι τιμές συγκέντρωσης των χημικών στοιχείων μεταξύ ζώνης εκσκαφής και θέσης αναφοράς είναι συγκρίσιμες. Σημειώνεται δε, πως ο λόγος των τιμών των χημικών παραμέτρων της ζώνης εκσκαφής προς τη θέση αναφοράς, είναι κατά βάση μικρότερος της μονάδας, γεγονός που μαρτυρά συγκριτικά αυξημένες συγκεντρώσεις στη θέση αναφοράς. Εξαίρεση αποτελούν τα στοιχεία Ca, Ge, Mo, Re, Se, Sr και U, τα οποία παρουσιάζουν υψηλότερες συγκεντρώσεις στη ζώνη εκσκαφής από αυτές της θέσης αναφοράς. Από αυτή την ομάδα στοιχείων, ο εμπλουτισμός των Ca, Ge, Re και Sr οφείλεται σε διεργασίες φυσικού εμπλουτισμού ή φυσικές διεργασίες καθώς είναι στοιχεία που δεν σχετίζονται με ανθρωπογενείς επιδράσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον. Αντίθετα ο εμπλουτισμός των στοιχείων Mo, Se και U σχετίζεται πιθανώς με ανθρώπινες ρυπογόνες δράσεις.

Οι λόγοι των εκπλυμάτων των επιφανειακών ιζημάτων συγκριτικά με αυτές της θέσης αναφοράς παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.3.1.2. Τα στοιχεία Ag, As, Fe, Hg, U, Th Zr παρουσιάζουν σαφώς υψηλότερες συγκεντρώσεις σε σχέση με τη θέση αναφοράς. Πρέπει να τονισθεί ότι οι επιφανειακές συγκεντρώσεις της θέσης αναφοράς δεν θα πρέπει να θεωρούνται φυσικές συγκεντρώσεις απαλλαγμένες από ανθρώπινες ρυπογόνες δράσεις καθώς η θέση βρίσκεται σε μια ευρύτερη περιοχή λιμενικών εγκαταστάσεων, ναυπηγείων και πυκνής θαλάσσιας κυκλοφορίας. Περαιτέρω σχολιασμός αυτού ακολουθεί στο υποκεφάλαιο 5.3.3.

5.3.2 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ – ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

Στο παρόν υποκεφάλαιο, υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές συγκεντρώσεων των χημικών στοιχείων στα υποεπιφανειακά ιζήματα όλων των πυρήνων ιζήματος (ζώνη εκσκαφής και θέση αναφοράς). Τα υποεπιφανειακά ιζήματα των πυρήνων θεωρούνται ως αδιατάρακτα από ανθρώπινες δραστηριότητες και συνεπώς απαλλαγμένα από ανθρωπογενείς ρυπογόνες ουσίες. Συνεπώς, οι συγκεντρώσεις των χημικών στοιχείων των υποεπιφανειακών ιζημάτων αντιπροσωπεύουν τις συγκεντρώσεις υποβάθρου (background) της περιοχής. Παρόμοια με την προσέγγιση που αναπτύχθηκε στο υποκεφάλαιο 5.3.1, στους πίνακες που ακολουθούν (5.3.2.1 και 5.3.2.2) παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των χημικών στοιχείων στα υποεπιφανειακά στρώματα, που αντιπροσωπεύουν τις τιμές υποβάθρου. Οι τιμές υποβάθρου συγκρίνονται με τις τιμές των επιφανειακών συγκεντρώσεων (υποκεφ. 5.3.1) και υπολογίζεται ο λόγος «επιφανείας / υποβάθρου».

Ειδικότερα και αναλυτικά, οι συσχετίσεις των συγκεντρώσεων επιφανείας σε σχέση με τις τιμές υποβάθρου περιγράφονται στα υποκεφάλαια 5.3.3 και 5.3.4

Πίνακας 5.3.2.1 Συγκεντρώσεις ολικής γεωχημείας των ιζημάτων υποβάθρου και συσχέτιση με τις μέσες τιμές των επιφανειακών ιζημάτων.

Χημικό στοιχείο	Μονάδα μέτρησης	Μ.Ο. Συγκέντρωσης υποβάθρου	Μ.Ο. Συγκέντρωσης επιφανειακών ιζημάτων	Επιφανειακά ιζήματα / Υπόβαθρο
Ag	ppm	0,11	0,31	2,90
Al	%	2,17	1,30	0,60
As	ppm	14,66	11,90	0,81
Ba	ppm	88,98	70,00	0,79
Be	ppm	0,62	0,39	0,62
Bi	ppm	0,19	0,29	1,48
Ca	%	23,49	26,53	1,13
Cd	ppm	0,12	0,19	1,65
Ce	ppm	22,04	17,98	0,82
Co	ppm	9,41	6,20	0,66
Cr	ppm	97,94	123,33	1,26
Cs	ppm	2,16	1,39	0,64
Cu	ppm	15,95	58,20	3,65
Fe	%	1,53	1,44	0,94
Ga	ppm	5,22	3,18	0,61
Ge	ppm	0,11	0,14	1,23
Hf	ppm	0,62	0,40	0,64
In	ppm	0,02	0,02	0,97
K	%	0,62	0,35	0,57
La	ppm	11,26	9,27	0,82
Li	ppm	17,15	10,47	0,61
Mg	%	1,30	1,06	0,82
Mn	ppm	202,82	207,00	1,02
Mo	ppm	9,85	3,28	0,33
Na	%	1,11	0,98	0,89
Nb	ppm	3,53	2,07	0,59
Ni	ppm	69,95	61,43	0,88
P	ppm	173,06	320,00	1,85
Pb	ppm	23,37	56,40	2,41

Rb	ppm	28,34	16,03	0,57
Re	ppm	0,04	0,01	0,39
S	%	0,70	0,59	0,84
Sb	ppm	1,05	1,04	0,99
Sc	ppm	5,06	3,67	0,72
Se	ppm	1,11	1,67	1,51
Sn	ppm	1,07	3,93	3,69
Sr	ppm	2599,27	3216,67	1,24
Ta	ppm	0,25	0,15	0,58
Te	ppm	0,12	0,05	0,43
Th	ppm	2,87	2,41	0,84
Ti	%	0,12	0,08	0,65
Tl	ppm	0,33	0,16	0,50
U	ppm	8,41	4,17	0,50
V	ppm	44,65	32,00	0,72
W	ppm	0,35	0,30	0,86
Y	ppm	9,55	8,63	0,90
Zn	ppm	48,12	187,33	3,89
Zr	ppm	23,39	12,93	0,55

Πίνακας 5.3.2.2 Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων των εκπλυμάτων των ιζημάτων υποβάθρου και συσχέτιση με τις μέσες τιμές των επιφανειακών ιζημάτων.

Στοιχείο	Μονάδα μέτρησης	Μ.Ο. Συγκέντρωσης υποβάθρου	Μ.Ο. Συγκέντρωσης επιφανειακών ιζημάτων	Επιφανειακά ιζήματα / Υπόβαθρο
Ag	**ppb**	27,69	15,40	0,56
As	**ppb**	28,87	64,37	2,23
Au	**ppb**	1,57	1,32	0,84
Ba	**ppb**	15,00	-	-
Be	**ppb**	-	0,25	-
Bi	**ppb**	-	-	-
Br	**ppm**	24,13	19,24	0,80
Ca	**ppm**	340,21	143,62	0,42
Cd	**ppb**	11,69	1,88	0,16
Ce	**ppb**	0,35	0,20	0,57

Co	**ppb**	682,25	60,18	0,09
Cr	**ppb**	12,59	15,67	1,24
Cs	**ppb**	4,42	2,29	0,52
Cu	**ppb**	3445,36	4608,50	1,34
Dy	**ppb**	1,14	0,83	0,73
Er	**ppb**	0,48	0,43	0,89
Eu	**ppb**	0,20	0,15	0,74
Fe	**ppm**	2,15	18,30	8,51
Ga	**ppb**	-	-	-
Gd	**ppb**	1,11	0,93	0,84
Ge	**ppb**	0,15	0,10	0,67
Hf	**ppb**	0,08	0,08	0,98
Hg	**ppb**	0,27	0,42	1,53
Ho	**ppb**	0,18	0,17	0,94
I	**ppm**	0,12	0,61	5,04
In	**ppb**	-	-	-
La	**ppb**	0,35	-	-
Li	**ppb**	121,96	57,40	0,47
Lu	**ppb**	0,10	0,10	1,00
Mg	**ppm**	473,40	295,75	0,62
Mn	**ppm**	0,55	2,59	4,70
Mo	**ppb**	2008,99	56,54	0,03
Nb	**ppb**	0,56	0,15	0,27
Nd	**ppb**	0,84	0,62	0,74
Ni	**ppb**	3569,64	324,50	0,09
Pb	**ppb**	771,33	972,50	1,26
Pd	**ppb**	0,10	0,06	0,56
Pr	**ppb**	0,14	0,10	0,74
Pt	**ppb**	0,20	0,10	0,49
Rb	**ppb**	238,93	102,33	0,43
Re	**ppb**	3,77	0,31	0,08
Sb	**ppb**	14,63	8,04	0,55
Sc	**ppb**	1,00	1,25	1,25
Se	**ppb**	101,35	76,50	0,75

Sm	**ppb**	0,62	0,45	0,73
Sn	**ppb**	1,88	4,34	2,31
Sr	**ppb**	4934,57	2031,17	0,41
Ta	**ppb**	-	-	-
Tb	**ppb**	0,15	0,10	0,69
Te	**ppb**	-	0,68	-
Th	**ppb**	0,13	0,53	3,96
Ti	**ppb**	9,88	9,67	0,98
Tl	**ppb**	3,65	0,62	0,17
Tm	**ppb**	0,10	0,10	1,00
U	**ppb**	31,22	16,95	0,54
W	**ppb**	0,54	1,82	3,35
Y	**ppb**	6,92	5,77	0,83
Yb	**ppb**	0,43	0,45	1,05
Zn	**ppb**	1723,33	2851,67	1,65
Zr	**ppb**	2,84	5,83	2,05

Από τους παραπάνω πίνακες φαίνεται πως οι τιμές συγκέντρωσης των χημικών στοιχείων στα επιφανειακά ιζήματα στη ζώνη εκσκαφής σε σχέση με τις συγκεντρώσεις υποβάθρου είναι σχετικά συγκρίσιμες. Σημειώνεται δε, πως οι λόγοι των επιφανειακών συγκεντρώσεων της ζώνης εκσκαφής προς τις τιμές του υποβάθρου, είναι συνήθως μικρότερος της μονάδας. Εξαίρεση αποτελούν τα στοιχεία Ag, Bi, Ca, Cd, Cr, Cu, Ge, P, Pb, Se, Sr και Zn, τα οποία παρουσιάζουν υψηλότερες συγκεντρώσεις στα επιφανειακά ιζήματα της ζώνης εκσκαφής συγκριτικά με τις συγκεντρώσεις υποβάθρου. Από αυτή την ομάδα χημικών στοιχείων τα Bi, Ca, Ge και Sr, δεν σχετίζονται με ανθρωπογενείς ρυπογόνες δραστηριότητες. Αντίθετα τα βαρέα μέταλλα, Ag, Cd, Cr, Cu, P, Pb, Se, και Zn είναι στοιχεία που σχετίζονται με μία ή περισσότερες ρυπογόνες δραστηριότητες και η αυξημένη τους συγκέντρωση στη ζώνη εκσκαφής σε σχέση με τις συγκεντρώσεις υποβάθρου πιθανώς υποδηλώνουν ρυπαντικές δραστηριότητες.

Οι λόγοι των εκπλυμάτων των επιφανειακών ιζημάτων συγκριτικά με τις συγκεντρώσεις έκπλυσης του υποβάθρου παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.3.2.2. Τα βαρέα μέταλλα As, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Sn, Th, Zn και Zr παρουσιάζουν σαφή επιφανειακό εμπλουτισμό.

5.3.3 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ (EF)

Για την εκτίμηση της επιβάρυνσης των ιζημάτων, έγινε ο υπολογισμός του Συντελεστή Εμπλουτισμού (EF, Enrichment Factor) (Barbieri 2016) των εξεταζόμενων γεωχημικών παραμέτρων στα επιφανειακά ιζήματα των κρηπίδων Περάματος (πυρήνας SPVC3) και Σαλαμίνας (πυρήνας SPVC2). Για τον υπολογισμό του Συντελεστή Εμπλουτισμού χρησιμοποιήθηκαν ως συγκεντρώσεις υποβάθρου:

(α) η μέση συγκέντρωση των υποεπιφανειακών ιζημάτων των πυρήνων SPVC3 και SPVC2,
(β) η μέση συγκέντρωση του επιφανειακού στρώματος του πυρήνα της θέσης αναφοράς SPVC4

Ο δείκτης αυτός εκφράζει την δυνητική αύξηση της γεωχημικής παραμέτρου σχετικά με την φυσική της συγκέντρωση. Ο συντελεστής υπολογίζεται σύμφωνα με την μαθηματική σχέση:

$$EF = Cff / Cb$$

Όπου,

- **Cff**: συγκέντρωση γεωχημικής παραμέτρου στις θέσεις εκσκαφής
- **Cb**: συγκέντρωση των υποεπιφανειακών ιζημάτων ή στη θέση αναφοράς

Οι τιμές του EF ταξινομούνται ως εξής (Barbieri 2016, Sutherland et al 2000, Zhang et al 2002, Yongming et al 2006) :

EF<2	**Μηδαμινή έως μικρή επιβάρυνση**
2< EF <5	Μέτρια επιβάρυνση
5< EF <20	Σημαντική επιβάρυνση
20< EF <40	Υψηλή επιβάρυνση
EF>40	Πολύ υψηλή επιβάρυνση

Πίνακας 5.3.3.1. Συντελεστής εμπλουτισμού (EF) για τα ιζήματα εκσκαφής των δύο κρηπίδων.

	Συντελεστής εμπλουτισμού (EF) με βάση τα υποεπιφανειακά ιζήματα		Συντελεστής εμπλουτισμού (EF) με βάση τη θέση αναφοράς	
Παράμετρος	*Υλικά εκσκαφής κρηπίδας Περάματος*	*Υλικά εκσκαφής κρηπίδας Σαλαμίνας*	*Υλικά εκσκαφής κρηπίδας Περάματος*	*Υλικά εκσκαφής κρηπίδας Σαλαμίνας*
T.O.C.	**2,65**	0,56	0,78	0,43
Ag	**7,61**	**2,90**	0,17	0,22
Al	0,59	0,53	0,63	0,82
As	1,10	0,53	0,40	0,24
Ba	0,82	0,69	0,30	0,35
Be	0,70	0,48	0,58	0,63
Bi	**3,63**	1,14	0,16	0,20
Ca	1,20	1,13	1,20	1,03
Cd	**2,43**	0,88	0,43	0,19
Ce	0,89	0,71	0,71	0,69
Co	0,55	0,67	0,67	0,99
Cr	0,87	1,30	0,38	0,95
Cs	0,73	0,45	0,57	0,75
Cu	**5,29**	**3,20**	0,19	0,22
Fe	0,90	0,79	0,59	0,61
Ga	0,61	0,49	0,68	0,81
Ge	1,01	1,60	**2,17**	**3,20**
Hf	0,71	0,55	0,69	0,90
In	1,09	0,69	0,38	0,33
K	0,62	0,46	0,59	0,74
La	0,92	0,65	0,67	0,58
Li	0,66	0,47	0,62	0,76
Mg	0,92	0,78	0,63	0,71
Mn	0,95	1,11	0,72	0,76
Mo	0,31	0,18	**2,29**	0,70
Na	1,24	0,54	0,89	0,65
Nb	0,56	0,56	0,60	0,75
Ni	0,71	0,78	0,58	1,41
P	**2,41**	1,59	0,46	0,63

Pb	**8,48**	1,31	0,18	0,20
Rb	0,62	0,41	0,57	0,73
Re	0,49	0,16	1,52	0,57
S	1,05	0,55	0,82	0,49
Sb	1,19	0,54	0,68	0,36
Sc	0,71	0,65	0,84	0,95
Se	1,93	1,13	**2,00**	1,50
Sn	**6,18**	**2,52**	0,30	0,37
Sr	1,32	1,16	1,73	1,11
Ta	0,57	0,55	0,55	0,67
Te	0,00	0,00	0,40	0,00
Th	0,95	0,62	0,80	0,71
Ti	0,59	0,69	0,67	0,84
Tl	0,47	0,58	0,43	0,55
U	0,55	0,32	1,39	0,81
V	0,72	0,54	0,76	0,74
W	0,73	0,72	0,50	0,88
Y	1,02	0,73	0,69	0,63
Zn	**6,85**	**2,18**	0,27	0,18
Zr	0,55	0,52	0,55	0,80

Όπως διαπιστώνεται στον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 5.3.3.1), οι τιμές του EF εμφανίζονται γενικώς χαμηλότερες όταν χρησιμοποιείται ως τιμή υποβάθρου το επιφανειακό στρώμα της θέσης αναφοράς (βλ. υποκεφ. 5.3.1). Αυτό αποδίδεται αφενός στην πιθανή περιβαλλοντική επιβάρυνση του επιφανειακού στρώματος της θέσης αναφοράς (γειτνίαση με ζώνη λιμενικών και βιομηχανικών δραστηριοτήτων στο δυτικό περιθώριο της πρωτεύουσας), και αφετέρου στην γενικότερη ιζηματολογική διαφοροποίηση της θέσης αναφοράς ως προς την περιοχή της ζώνης εκσκαφής με κυρίαρχη τη διαφορά στο κοκκομετρικό μέγεθος (βλ. υποκεφ. 5.2.2) καθώς τα λεπτομερέστερα ιζήματα χαρακτηρίζονται από υψηλότερες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων συγκριτικά με τα αδρόκοκκα ιζήματα.

Η χρήση των συγκεντρώσεων των υποεπιφανειακών ιζημάτων ως τιμή υποβάθρου για τον υπολογισμό του EF, δίνει μια πιο αξιόπιστη εκτίμηση της ενδεχόμενης ρυπογόνου επιβάρυνσης των επιφανειακών ιζημάτων εντός της ζώνης εκσκαφής. Από τα παραπάνω προκύπτει ο συνοπτικός Πίνακας 5.3.3.2:

Πίνακας 5.3.3.2. Βαθμός επιβάρυνσης επιφανειακών ιζημάτων της ζώνης εκσκαφής με βάση τον Συντελεστή Εμπλουτισμού (EF) και τις συγκεντρώσεις υποβάθρου των υποεπιφανειακών ιζημάτων των πυρήνων.

ΒΑΘΜΟΣ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗΣ	ΚΡΗΠΙΔΑ ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ	ΚΡΗΠΙΔΑ ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ
Μικρή επιβάρυνση	Se, As, Sb	P, Pb, Se, Cr
Μέτρια επιβάρυνση	TOC, Bi, Cd, P	Ag, Cu, Sn, Zn
Σημαντική επιβάρυνση	**Ag, Cu, Pb, Sn, Zn**	

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει πως συνολικά τα ιζήματα της ζώνης εκσκαφής παρουσιάζουν επιβάρυνση σε **Σελήνιο (Se), Αρσενικό (As), Αντιμόνιο (Sb), Μόλυβδο (Pb), Χρώμιο (Cr) και Φώσφορο (P)**, μέτρια επιβάρυνση σε **Κάδμιο (Cd), Άργυρο (Ag), Χαλκό (Cu), Κασσίτερο (Sn), Ψευδάργυρο (Zn) και Φώσφορο (P)** και σημαντική επιβάρυνση σε **Άργυρο (Ag), Χαλκό (Cu), Μόλυβδο (Pb) Κασσίτερο (Sn) και Ψευδάργυρο (Zn)**. Ο Συντελεστής Εμπλουτισμού διαφοροποίησε τις δύο επιμέρους περιοχές της ζώνης εκσκαφής, την κρηπίδα Περάματος και Σαλαμίνας. Η κρηπίδα Περάματος είναι περισσότερο ρυπασμένη από αυτή της Σαλαμίνας. Οι δύο κρηπίδες χαρακτηρίζονται επιβαρυμένες από μια κοινή ομάδα βαρέων μετάλλων και στοιχείων και συγκεκριμένα από Ag, Cu, Sn, Zn, Pb, Se και P. Η κρηπίδα Περάματος είναι επιπλέον επιβαρυμένη με As, Sb και Cd ενώ η κρηπίδα Σαλαμίνας επιπλέον επιβαρυμένη με Cr.

5.3.4 ΔΕΙΚΤΗΣ ΓΕΩΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗΣ (Igeo) ΓΙΑ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Η αξιολόγηση των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων στα δείγματα βασίστηκε στον επίσημο Δείκτη Γεωσυσσώρευσης Igeo (Muller, 1979), ο οποίος δίνεται από τον τύπο:

$$\mathbf{Igeo = \log_2 Cn/1.5 \times Bn}$$

όπου:

Cn: είναι η συγκέντρωση του μετάλλου στο αργιλικό κλάσμα (<4 μm) των ιζημάτων,
Bn: είναι η συγκέντρωση υποβάθρου του ίδιου μετάλλου στους τυπικούς σχιστόλιθους ή σε φυσικά ιζήματα αντίστοιχων περιβαλλόντων.
1.5: σταθερός όρος ο οποίος χρησιμοποιείται για ελαχιστοποίηση των λιθολογικών επιδράσεων.

Ο δείκτης γεωσυσσώρευσης ταξινομείται σε 7 τάξεις μεγέθους (Πίνακας 5.3.2.1), η υψηλότερη των οποίων (6) αντιπροσωπεύει 96-φορές εμπλουτισμό του συγκεκριμένου μετάλλου έναντι της συγκέντρωσης υποβάθρου του (2^6 = 64 x 1.5 = 96).

Πίνακας 5.3.4.1. Igeo και τάξεις μεγέθους

Igeo	Igeo-τάξη	Βαθμός Επιβάρυνσης
>5	6	Ρυπασμένη
4-5	5	Έντονα επιβαρυμένη έως ρυπασμένη
3-4	4	Έντονα επιβαρυμένη
2-3	3	Ελαφρά έως έντονα επιβαρυμένη
1-2	2	Ελαφρά επιβαρυμένη
0-1	1	Μη επιβαρυμένη έως ελαφρά επιβαρυμένη
<0	0	Μη επιβαρυμένη περιοχή

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα και τον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 5.3.4.2), προκύπτει ο Πίνακας 5.3.4.3 (α, β) ο οποίος διαμορφώνεται σύμφωνα με τα αποτελέσματα των αναλύσεων της παρούσας μελέτης. Ο δείκτης Igeo επιλέχθηκε να εφαρμοστεί σε βαρέα μέταλλα που παρουσιάζουν εμπλουτισμό με βάση το Συντελεστή Εμπλουτισμού (EF) και είναι βαρέα μέταλλα που συνδέονται με ανθρωπογενείς ρυπογόνες δραστηριότητες. Παρόμοια με το προηγούμενο υποκεφάλαιο (5.3.3), ως συγκέντρωση υποβάθρου χρησιμοποιήθηκε:

(α) η μέση συγκέντρωση των υποεπιφανειακών ιζημάτων των πυρήνων SPVC3 και SPVC2,
(β) η μέση συγκέντρωση του επιφανειακού στρώματος του πυρήνα της θέσης αναφοράς SPVC4

Πίνακας 5.3.4.2. Τιμές Igeo στα αναλυθέντα δείγματα

	IGEO Με βάση τα υποεπιφανειακά ιζήματα		IGEO Με βάση τη θέση αναφοράς	
	Υλικά εκσκαφής κρηπίδας Περάματος	*Υλικά εκσκαφής κρηπίδας Σαλαμίνας*	*Υλικά εκσκαφής κρηπίδας Περάματος*	*Υλικά εκσκαφής κρηπίδας Σαλαμίνας*
Ag	2,34	0,95	-3,13	-2,67
As	-0,44	-1,51	-1,91	-2,54
Ba	-0,87	-1,13	-2,33	-2,14
Cd	0,70	-0,78	-1,82	-2,53
Co	-1,45	-1,16	-1,17	-0,75
Cr	-0,79	-0,20	-1,99	-0,79
Cu	1,82	1,09	-2,96	-2,82
Fe	-0,74	-0,93	-1,34	-1,40
Mn	-0,66	-0,43	-1,06	-1,02
Mo	-2,29	-3,07	0,61	-0,87
Ni	-1,08	-0,94	-1,38	-0,34
Pb	2,50	-0,19	-3,03	-2,82
Se	0,36	-0,42	0,42	0,00
Sn	2,04	0,75	-2,30	-2,09
U	-1,46	-2,21	-0,11	-0,85
V	-1,06	-1,48	-0,98	-1,18
Zn	2,19	0,54	-2,45	-2,89

Πίνακας 5.3.4.3α. Δείκτης Igeo στα ιζήματα της κρηπίδας Περάματος

IGEO *Κρηπίδα Περάματος*	**Τάξεις Igeo**						
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Ως προς τα υποεπιφανειακά ιζήματα	**As, Ba, Co, Cr, Fe, Mn, Mo, Ni, U, V**	**Cd, Se**	**Cu**	**Ag, Pb, Sn, Zn**			
Ως προς τη θέση αναφοράς	**Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sn, U, V, Zn**	**Mo, Se**					

Πίνακας 5.3.4.3β. Δείκτης Igeo στα ιζήματα της κρηπίδας Σαλαμίνας

IGEO *Κρηπίδα Σαλαμίνας*	**Τάξεις Igeo**						
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Ως προς τα υποεπιφανειακά ιζήματα	**As, Ba, Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, U, V**	**Ag, Sn, Zn**	**Cu**				
Ως προς τη θέση αναφοράς	**Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, U, V, Zn**	**Se**					

Ο Πίνακας των τιμών του Igeo έδειξε ότι η χρησιμοποίηση των συγκεντρώσεων της θέσης αναφοράς ως συγκεντρώσεις υποβάθρου υποεκτιμά την επιβάρυνση των επιφανειακών ιζημάτων της ζώνης εκσκαφής καθώς τα επιφανειακά ιζήματα της θέσης αναφοράς δεν είναι απαλλαγμένα από ρυπογόνες ανθρώπινες δραστηριότητες. Παρόμοιες τάσεις διαπιστώθηκαν άλλωστε και στον υπολογισμό του Συντελεστή Εμπλουτισμού (EF). Για το λόγο αυτό θεωρούνται περισσότερο αξιόπιστες οι τιμές Igeo που υπολογίστηκαν με βάση τις υποεπιφανειακές συγκεντρώσεις υποβάθρου.

Οι τιμές Igeo δείχνουν ότι τα ιζήματα της κρηπίδας Περάματος παρουσιάζονται μη επιβαρυμένα έως ελαφρά επιβαρυμένα σε **Κάδμιο (Cd) και Σελήνιο (Se)**, ελαφρά επιβαρυμένα σε **Χαλκό (Cu)** και ελαφρά έως έντονα επιβαρυμένα σε **Άργυρο (Ag), Μόλυβδο (Pb) , Κασσίτερο (Sn) και Ψευδάργυρο (Zn).**

Τα επιφανειακά ιζήματα της κρηπίδας Σαλαμίνας παρουσιάζονται μη επιβαρυμένα έως ελαφρά επιβαρυμένα σε **Άργυρο (Ag), Κασσίτερο (Sn) και Ψευδάργυρο (Zn)** και ελαφρά επιβαρυμένα σε **Χαλκό (Cu).**

Η κρηπίδα Περάματος είναι περισσότερο επιβαρυμένη από αυτή της Σαλαμίνας, όπως άλλωστε διαπιστώθηκε και από τον Συντελεστή Εμπλουτισμού (EF). Οι δύο κρηπίδες επιβαρύνονται από την ίδια ομάδα βαρέων μετάλλων και συγκεκριμένα από Ag, Cu, Sn και Zn, ενώ η κρηπίδα Περάματος ρυπαίνεται επιπλέον από Cd, Se και Pb.

5.3.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΕΚΒΑΘΥΝΣΗΣ ΒΑΣΗ ΤΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΕΚΠΛΥΣΗΣ (LEACHING) ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ 2003/33/ΕΚ

Έπειτα από τις δοκιμές έκπλυσης και ανάλυσης των υλικών (ιζημάτων) εκσκαφής, έγινε η ταξινόμηση σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά πρότυπα όπως αυτά ορίζονται στην οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 2003/33/ΕΚ σύμφωνα με την "Απόφαση του Συμβουλίου, της 19ης Δεκεμβρίου 2002, για τον καθορισμό κριτηρίων και διαδικασιών αποδοχής των αποβλήτων στους χώρους υγειονομικής ταφής σύμφωνα με το άρθρο 16 και το παράρτημα ΙΙ της οδηγίας 1999/31/ΕΚ"

Στον Πίνακα 5.3.5.1 παρουσιάζονται οι οριακές τιμές για χαρακτηρισμό των αποβλήτων ως αδρανών (Στήλη 1), ως μη επικίνδυνων (Στήλη 2) και ως επικίνδυνων (Στήλη 3) σύμφωνα με την οδηγία της ευρωπαϊκής ένωσης 2003/33/ΕΚ, καθώς και οι μέσες συγκεντρώσεις έκπλυσης των μετάλλων στα ιζήματα εκσκαφής των δύο κρηπίδων και για τις δύο φάσεις έρευνας.

Δεδομένου ότι στην οδηγία 2003/33/ΕΚ δεν γίνεται αναφορά σε θαλάσσια υλικά εκσκαφής (βυθοκορήματα) τα οποία χρήζουν ειδικής μεταχείρισης, κρίθηκε καταλληλότερη η μέθοδος έκπλυσης που περιγράφεται στο υποκεφάλαιο 4.2.2.2 η οποία οδηγεί σε αποτελέσματα ανώτερης αξιοπιστίας και ακρίβειας (ISO 9001:2015) από τις δοκιμές που προτείνονται στην οδηγία 2003/33/ΕΚ.

Προκειμένου να διακριθεί η πραγματική ρυπογόνος επιβάρυνση από τις φυσικές υψηλές συγκεντρώσεις των μετάλλων στα εκπλύματα των υλικών εκσκαφής, οι μέσες τιμές συγκέντρωσης (ΦΑΣΗ Α και Β) των επιφανειακών δειγμάτων συγκρίθηκαν με τις μέσες τιμές των υποεπιφανειακών ιζημάτων των πυρήνων της Β φάσης έρευνας (Πίνακας 5.3.5.2).

Εκτός αυτού, οι αναλύσεις σε TOC και PCBs των δειγμάτων της παρούσας μελέτης για τις δύο φάσεις έρευνας συγκρίνονται με τα επίσης οριοθετημένα εύρη τιμών που έχουν θεσμοθετηθεί με βάση την ίδια οδηγία (Πίνακας 5.3.5.3).

Πίνακας 5.3.5.1 Οριακές τιμές για χαρακτηρισμό αποβλήτων σύμφωνα με την 2003/33/ΕΚ και οι συγκεντρώσεις έκπλυσης των μετάλλων στα ιζήματα εκσκαφής.

Στοιχείο	ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	Μέσες τιμές ΦΑΣΗΣ Α (7/2018)		Μέσες τιμές ΦΑΣΗΣ Β (12/2018)	
	Οριακές τιμές για αδρανή απόβλητα (mg/kg)	Οριακές τιμές για μη επικίνδυνα απόβλητα (mg/kg)	Οριακές τιμές για επικίνδυνα απόβλητα (mg/kg)	Κρηπίδα Περάματος	Κρηπίδα Σαλαμίνας	Κρηπίδα Περάματος	Κρηπίδα Σαλαμίνας
As	0,10	0,40	6,00	0,08	0,09	0,02	0,03
Ba	7,00	30,00	100,00	-	-	-	-
Cd	0,03	0,60	3,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Cr	0,20	4,00	25,00	0,02	0,02	0,01	0,02
Cu	0,90	25,00	50,00	0,20	0,22	**13,80**	**13,00**
Hg	0,00	0,05	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Mo	0,30	5,00	20,00	0,05	0,05	0,07	0,08
Ni	0,20	5,00	20,00	0,18	**0,22**	**0,48**	**0,68**
Pb	0,20	5,00	25,00	**0,84**	**1,40**	**0,44**	**0,93**
Sb	0,02	0,20	2,00	0,01	0,01	0,00	0,01
Se	0,06	0,30	4,00	**0,06**	**0,08**	**0,10**	**0,08**
Zn	2,00	25,00	90,00	1,81	1,98	**4,28**	**5,25**

Από τον παραπάνω πίνακα, διαπιστώνεται ότι:

- Τα μέταλλα As, Ba, Cd, Cr, Hg, Mo, και Sb παρουσιάζουν συγκεντρώσεις εκπλύματος που βρίσκονται κάτω των οριακών τιμών για αδρανή απόβλητα.
- Τα μέταλλα Cu, Ni, Pb, Se και Zn παρουσιάζουν συγκεντρώσεις εκπλύματος που βρίσκονται άνω των οριακών τιμών για αδρανή υλικά αλλά κάτω των οριακών τιμών για επικίνδυνα απόβλητα.

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 5.3.5.2) συγκρίνεται η επιφανειακή συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων στο έκπλυμα των ιζημάτων με την τιμή τους στα υποεπιφανειακά ιζήματα, όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

Πίνακας 5.3.5.2 Σύγκριση τιμών συγκεντρώσεων των εκπλυμάτων των επιφανειακών και υποεπιφανειακών ιζημάτων στις κρηπίδες Περάματος και Σαλαμίνας εντός της ζώνης εκσκαφής.

Στοιχείο	Μονάδα μέτρησης	Κρηπίδα Περάματος Επιφ.	Κρηπίδα Περάματος Υποβ.	Κρηπίδα Περάματος Επιφ. / Υπόβ.	Κρηπίδα Σαλαμίνας Επιφ.	Κρηπίδα Σαλαμίνας Υποβ.	Κρηπίδα Σαλαμίνας Επιφ. / Υπόβ.
Ag	**ppb**	19,73	5,77	**3,42**	11,07	34,18	**0,32**
As	**ppb**	71,33	18,09	**3,94**	57,40	29,74	**1,93**
Au	**ppb**	1,49	0,25	**5,96**	1,14	1,37	**0,83**
Ba	**ppb**	-	-	**-**	-	10,00	**0,00**
Be	**ppb**	0,30	-	**-**	0,20	0,23	**0,87**
Bi	**ppb**	-	-	**-**	-	-	**-**
Br	**ppm**	19,77	22,04	**0,90**	18,70	28,28	**0,66**
Ca	**ppm**	129,93	359,64	**0,36**	157,30	345,00	**0,46**
Cd	**ppb**	2,33	6,80	**0,34**	1,43	16,98	**0,08**
Ce	**ppb**	0,20	0,50	**0,40**	0,20	0,28	**0,71**
Co	**ppb**	61,03	1538,71	**0,04**	59,33	440,70	**0,13**
Cr	**ppb**	17,33	13,57	**1,28**	14,00	12,20	**1,15**
Cs	**ppb**	2,50	4,29	**0,58**	2,07	4,78	**0,43**
Cu	**ppb**	4481,67	1978,57	**2,27**	4735,33	3906,00	**1,21**
Dy	**ppb**	0,83	1,16	**0,72**	0,83	1,12	**0,74**
Er	**ppb**	0,43	0,47	**0,91**	0,43	0,48	**0,90**
Eu	**ppb**	0,13	0,20	**0,65**	0,17	0,18	**0,94**
Fe	**ppm**	19,93	1,76	**11,32**	16,67	2,24	**7,44**
Ga	**ppb**	-	-	**-**	-	-	**-**
Gd	**ppb**	0,93	1,14	**0,82**	0,93	1,04	**0,89**
Ge	**ppb**	0,10	0,15	**0,67**	0,10	0,12	**0,83**
Hf	**ppb**	0,09	0,07	**1,29**	0,06	0,08	**0,75**
Hg	**ppb**	0,43	0,45	**0,96**	0,40	0,24	**1,67**
Ho	**ppb**	0,17	0,19	**0,89**	0,17	0,18	**0,94**
I	**ppm**	0,82	0,04	**20,50**	0,39	0,21	**1,86**
In	**ppb**	-	-	**-**	-	-	**-**
La	**ppb**	-	0,10	**0,00**	-	-	**-**
Li	**ppb**	51,70	118,93	**0,43**	63,10	131,74	**0,48**
Lu	**ppb**	0,10	0,10	**1,00**	0,10	0,10	**1,00**

Mg	**ppm**	308,67	428,86	**0,72**	282,83	566,60	**0,50**
Mn	**ppm**	2,78	0,65	**4,28**	2,39	0,56	**4,27**
Mo	**ppb**	58,40	3601,57	**0,02**	54,67	1898,40	**0,03**
Nb	**ppb**	0,17	0,82	**0,21**	0,13	0,46	**0,28**
Nd	**ppb**	0,67	0,84	**0,80**	0,57	0,66	**0,86**
Ni	**ppb**	371,00	3911,43	**0,09**	278,00	5030,00	**0,06**
Pb	**ppb**	1241,00	38,80	**31,98**	704,00	1332,00	**0,53**
Pd	**ppb**	0,05	0,11	**0,45**	0,06	0,11	**0,55**
Pr	**ppb**	0,10	0,18	**0,56**	0,10	0,10	**1,00**
Pt	**ppb**	0,10	0,21	**0,48**	0,10	0,20	**0,50**
Rb	**ppb**	108,33	258,29	**0,42**	96,33	242,00	**0,40**
Re	**ppb**	0,29	4,93	**0,06**	0,32	3,57	**0,09**
Sb	**ppb**	9,37	11,63	**0,81**	6,70	13,16	**0,51**
Sc	**ppb**	1,00	1,00	**1,00**	1,50	1,00	**1,50**
Se	**ppb**	80,33	90,29	**0,89**	72,67	115,00	**0,63**
Sm	**ppb**	0,47	0,64	**0,73**	0,43	0,52	**0,83**
Sn	**ppb**	4,60	-	**-**	4,07	0,65	**6,26**
Sr	**ppb**	1840,00	5175,71	**0,36**	2222,33	5108,00	**0,44**
Ta	**ppb**	-	-	**-**	-	-	**-**
Tb	**ppb**	0,10	0,17	**0,59**	0,10	0,14	**0,71**
Te	**ppb**	0,85	-	**-**	0,50	0,50	**1,00**
Th	**ppb**	0,56	0,11	**5,09**	0,49	0,16	**3,06**
Ti	**ppb**	8,67	10,80	**0,80**	10,67	10,60	**1,01**
Tl	**ppb**	0,30	5,92	**0,05**	0,93	4,53	**0,21**
Tm	**ppb**	0,10	0,10	**1,00**	0,10	0,10	**1,00**
U	**ppb**	18,12	35,84	**0,51**	15,77	21,31	**0,74**
W	**ppb**	1,70	0,30	**5,67**	1,93	1,00	**1,93**
Y	**ppb**	5,90	6,84	**0,86**	5,63	7,18	**0,78**
Yb	**ppb**	0,47	0,43	**1,09**	0,43	0,46	**0,93**
Zn	**ppb**	3070,00	160,00	**19,19**	2633,33	2540,00	**1,04**
Zr	**ppb**	6,43	2,14	**3,00**	5,23	2,84	**1,84**

Από τον πίνακα 5.3.5.2 φαίνεται ότι:

- Τα μέταλλα **Αρσενικό (As), Χρώμιο (Cr), Χαλκός (Cu), και Ψευδάργυρος (Zn),** παρουσιάζουν αυξημένες επιφανειακές συγκεντρώσεις στο έκπλυμα συγκριτικά με τις υποεπιφανειακές συγκεντρώσεις υποβάθρου και στις δύο κρηπίδες (Περάματος και Σαλαμίνας) της περιοχής έρευνας.
- Τα μέταλλα **Σίδηρος (Fe) και Μαγγάνιο (Mn)** παρουσιάζουν επίσης αυξημένες επιφανειακές συγκεντρώσεις στο έκπλυμα συγκριτικά με τις υποεπιφανειακές συγκεντρώσεις υποβάθρου και στις δύο κρηπίδες (Περάματος και Σαλαμίνας) της περιοχής έρευνας. Σημειώνεται ότι τα οξείδια σιδήρου και μαγγανίου είναι πολύ σημαντικές γεωχημικές φάσεις των θαλασσίου ιζημάτων.
- Τα μέταλλα **Άργυρος (Ag) και Μόλυβδος (Pb)** παρουσιάζουν αυξημένες επιφανειακές συγκεντρώσεις στο έκπλυμα συγκριτικά με τις υποεπιφανειακές συγκεντρώσεις υποβάθρου αποκλειστικά στην κρηπίδας του Περάματος.

Στον Πίνακα 5.3.5.3 συγκρίνονται οι τιμές TOC των επιφανειακών ιζημάτων των δύο φάσεων έρευνας σε σχέση με τις οριακές τιμές της οδηγίας 2003/33/ΕΚ της ευρωπαϊκής ένωσης, ενώ στον Πίνακα 5.3.5.4 οι τιμές των PCBs ομοίως όπως μετρήθηκαν στα δείγματα της φάσης Α.

Πίνακας 5.3.5.3. Τιμές TOC στα επιφανειακά ιζήματα

	ΦΑΣΗ Α, 7/2018		ΦΑΣΗ Β, 12/2018		
	Υλικά εκσκαφής κρηπίδας Περάματος	*Υλικά εκσκαφής κρηπίδας Σαλαμίνας*	*Υλικά εκσκαφής κρηπίδας Περάματος*	*Υλικά εκσκαφής κρηπίδας Σαλαμίνας*	**Οριακή τιμή 2003/33/ΕΚ**
Τ.Ο.C (%)	0,24	0,12	1,61	0,86	≤ 5

Πίνακας 5.3.5.4. Τιμές συνολικών PCBs στα επιφανειακά ιζήματα (ΦΑΣΗ Α)

	Μονάδες μέτρησης	SP6	SP3	SP7	Οριακή τιμή 2003/33/ΕΚ
Σύνολο PCBs	mg/kg	<0.020	<0.020	<0.020	≤ 1

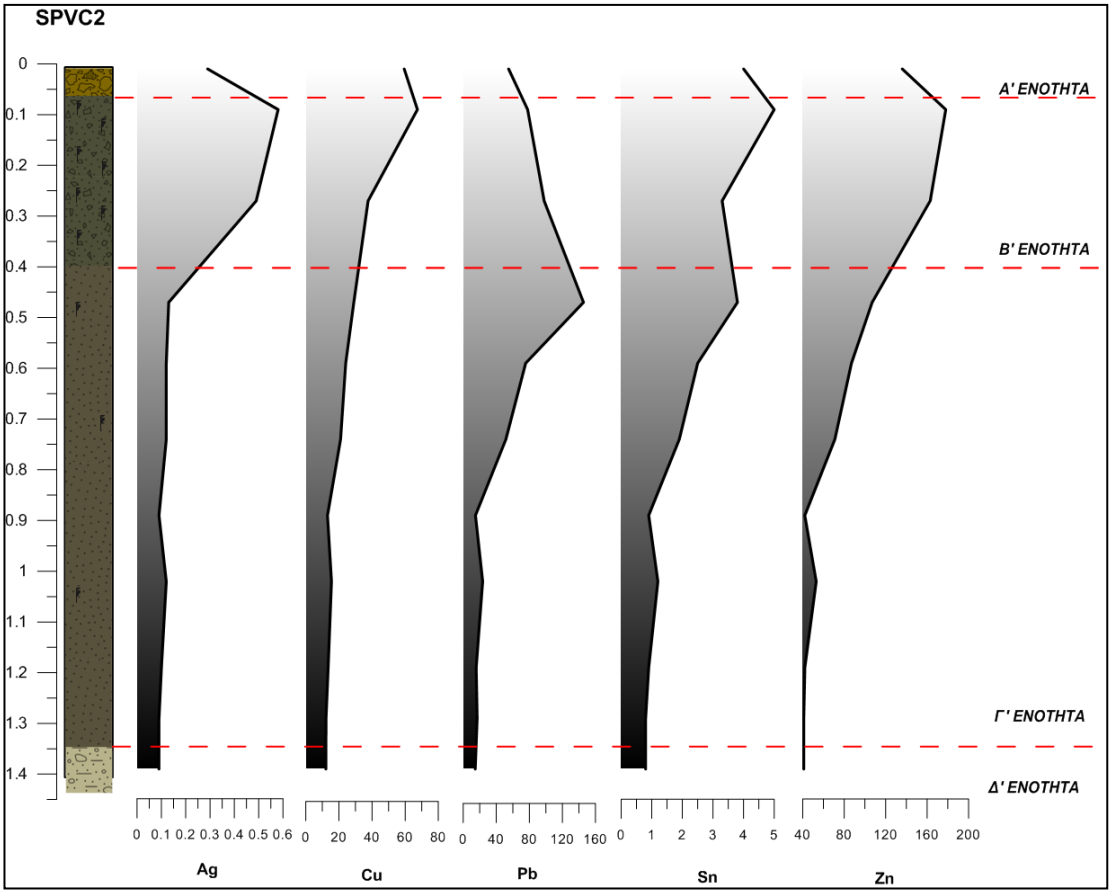
5.3.6 ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

Με βάση το σύνολο των γεωχημικών αναλύσεων (υποκεφ. 5.3.1 – 5.3.5) γίνεται σαφές πως τα μέταλλα Ag, Cu, Pb, Sn, και Zn, παρουσιάζουν την σημαντικότερη επιβάρυνση στο σύνολο της ζώνης εκσκαφής. Οι αυξημένες τιμές συγκέντρωσης των μετάλλων αυτών στα επιφανειακά ιζήματα συνδέεται με ανθρωοπογενείς διεργασίες καθώς τα υλικά διάβρωσης του γεωλογικού υποβάθρου δεν δικαιολογεί αυτές τις τιμές. Η ευρύτερη περιοχή που συγκαταλέγεται η ζώνη του διαύλου Περάματος – Σαλαμίνας και η θέση αναφοράς δομείται κυρίως από Μεσοζωικούς ασβεστόλιθους και δολομίτες (Παπανικολάου 2015). Η φυσική διάβρωση των πετρωμάτων αυτών οδηγεί στην συσσώρευση παράκτιων και ρηχών θαλάσσιων ιζημάτων ανθρακικής και δευτερευόντως πυριτικής σύστασης (βλ. υποκεφ. 5.1) στα οποία η συμμετοχή βαρέων ορυκτών και μετάλλων είναι μηδαμινή έως ελάχιστη.

5.3.6.1 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΟΛΙΚΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΑΚΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ

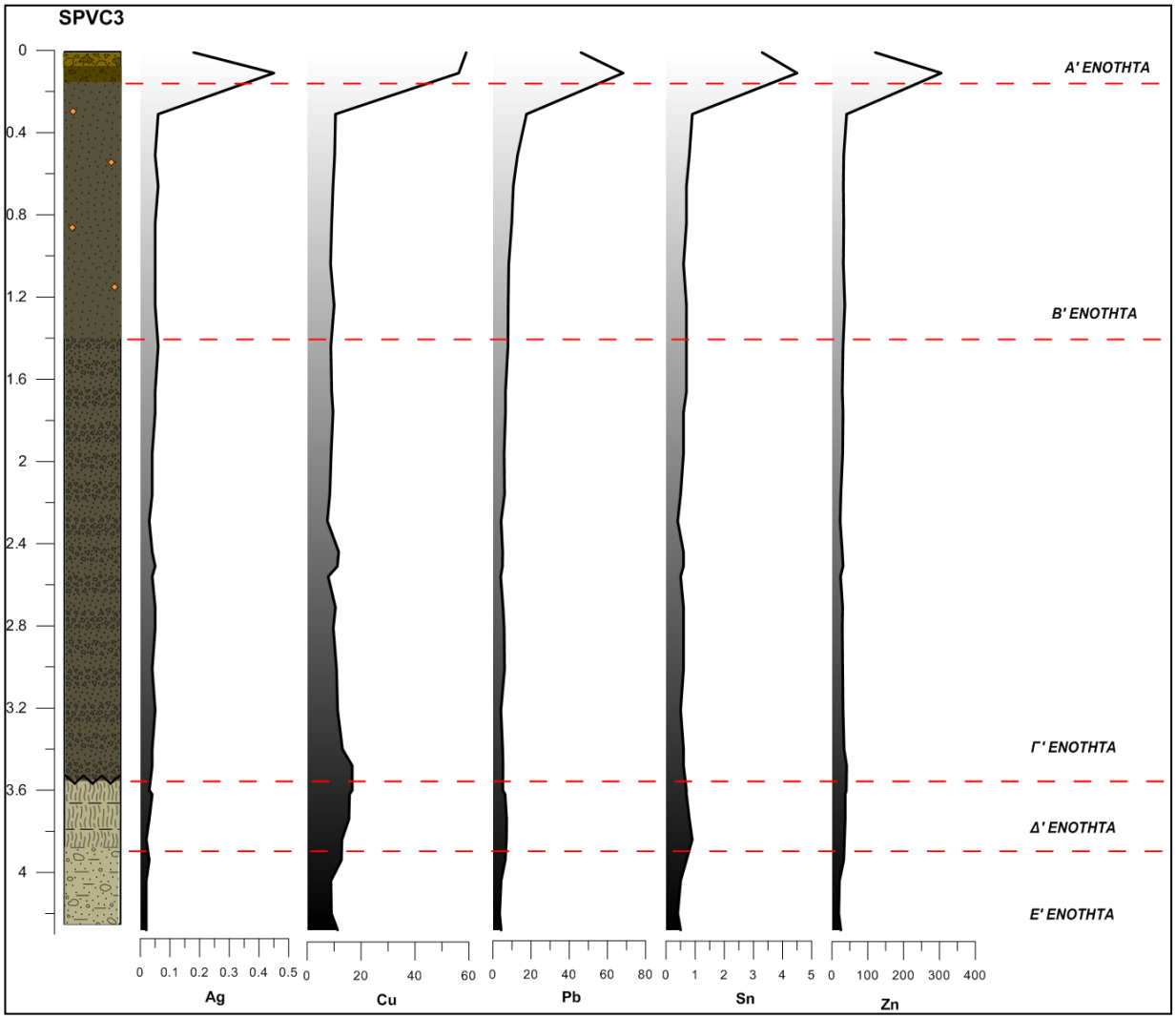
Στο παρόν υποκεφάλαιο παρουσιάζεται και σχολιάζεται η κατακόρυφη διακύμανση των μετάλλων αυτών στους υπό μελέτη πυρήνες οι οποίοι αντιπροσωπεύουν την κρηπίδα της Σαλαμίνας (SPVC2), του Περάματος (SPVC3) και της θέσης αναφοράς (SPVC4)

Στην κρηπίδα της Σαλαμίνας, τα συγκεκριμένα μέταλλα έχουν αυξημένη συγκέντρωση στα άνω 40 cm (με τον μόλυβδο (Pb) και τον κασσίτερο (Sn) να επιμένουν έως και τα 50 cm) ενώ συνεχίζοντας στα βαθύτερα ιζήματα μειώνονται σταδιακά υποδεικνύοντας πιθανή κατείσδυση ή/και διάχυση των μετάλλων στην δεύτερη ενότητα (ενότητα Β) που υπόκειται του επιφανειακού στρώματος (ενότητα Α). Οι δύο αυτές ενότητες παρουσιάζουν γενικά αρκετές λιθολογικές ομοιότητες (βλ. υποκεφ. 5.2.1.1 και ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α) και ως εκ τούτου οι παραπλήσιες τιμές συγκέντρωσης των μετάλλων είναι αναμενόμενες. Χαρακτηριστικό δε, πως οι δύο υποκείμενες ενότητες (Γ και Δ) αν και πιο επιρρεπείς σε διεργασίες προσρόφησης βαρέων μετάλλων, καθότι αποτελούνται από λεπτομερέστερα ιζήματα και παρουσιάζουν αυξημένες τιμές οργανικού υλικού σε σχέση με τις άνω ενότητες, παρουσιάζουν μειωμένες συγκεντρώσεις στα συγκεκριμένα μέταλλα, γεγονός που μαρτυρά πως η επιβάρυνση των μετάλλων αφορά αποκλειστικά το επιφανειακό στρώμα το οποίο επηρεάζεται από ανθρωπογενείς διεργασίες (Εικόνα 5.3.6.1.1).



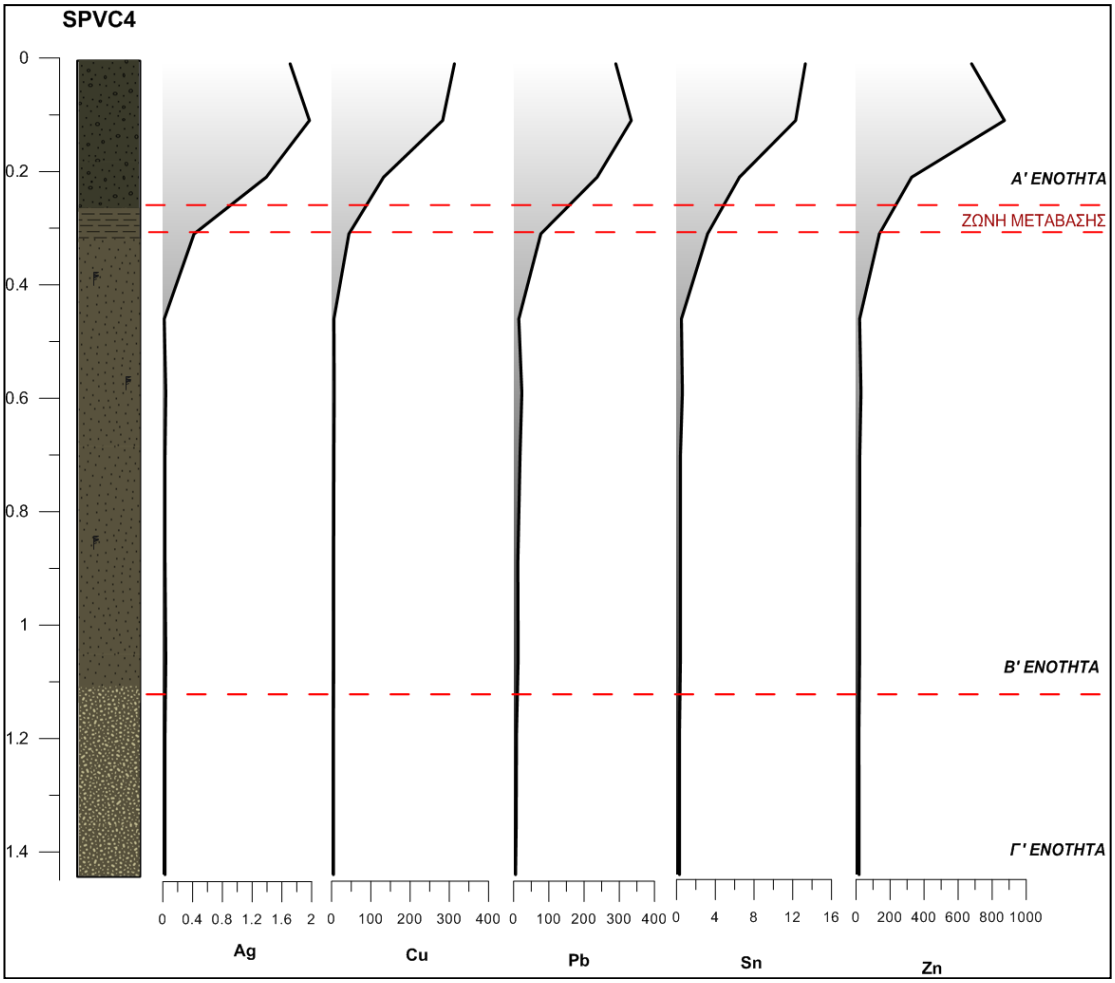
Εικόνα 5.3.6.1.1. Κατακόρυφες κατανομές των μετάλλων στην κρηπίδα της Σαλαμίνας (οι τιμές σε ppm)

Στην κρηπίδα του Περάματος, οι αυξημένες συγκεντρώσεις των μετάλλων περιορίζονται στα άνω 30 cm, δηλ. στο επιφανειακό στρώμα (ενότητα Α) και στα πρώτα 10 cm της ενότητας Β. Η απότομη μείωση όλων των μετάλλων και η σταθερή χαμηλή τιμή κατά βάθος των υποκειμένων ενοτήτων είναι ενδεικτική της ανθρωπογενούς παρέμβασης που αφορά αποκλειστικά τα επιφανειακά ιζήματα (Εικόνα 5.3.6.1.2). Η μικρή αύξηση που παρατηρείται στις ενότητες Δ και Ε πιστοποιεί την σαφή λιθολογική διαφορά των εν λόγω ενοτήτων σε σχέση με τις άνω ενότητες (βλ. υποκεφ. 5.2.1.2 και ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α)



Εικόνα 5.3.6.1.2. Κατακόρυφες κατανομές των μετάλλων στην κρηπίδα του Περάματος (οι τιμές σε ppm)

Στη θέση αναφοράς οι συγκεντρώσεις των μετάλλων είναι αυξημένες στα άνω 30 cm (επιφανειακό στρώμα, ενότητα Α), στη συνέχεια μειώνονται σταδιακά κατά βάθος και κάτω των 45 cm ελαχιστοποιούνται (Εικόνα 5.3.6.1.3). Και τα πέντε μέταλλα παρουσιάζουν ακριβώς το ίδιο μοτίβο κατά μήκος του πυρήνα, ενώ η σαφής και σχετικά απότομη μείωση έως ελαχιστοποίηση της συγκέντρωσης αυτών κάτω του επιφανειακού στρώματος, καταδεικνύει την ανθρωπογενή προέλευση των μετάλλων στον πυθμένα της θέσης αναφοράς



Εικόνα 5.3.6.1.3. Κατακόρυφες κατανομές των μετάλλων στη θέση αναφοράς (οι τιμές σε ppm)

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι:

- Οι αυξημένες συγκεντρώσεις στα επιφανειακά ιζήματα των κρηπίδων Σαλαμίνας και Περάματος, καθώς και στη θέση αναφοράς, οφείλονται σε ανθρωπογενείς διεργασίες.
- Εντός της ζώνης εκσκαφής, η ανθρωπογενής επιβάρυνση είναι εντονότερη στην κρηπίδα Περάματος καθώς η απόκλιση των τιμών συγκέντρωσης των μετάλλων στο επιφανειακό

στρώμα έναντι των ιζημάτων υποβάθρου είναι πολύ μεγαλύτερη σχετικά με την αντίστοιχη στην κρηπίδα της Σαλαμίνας

- Η ζώνη ανθρωπογενούς επιβάρυνσης έχει μεγαλύτερη έκταση (πάχος ιζήματος) στην κρηπίδα της Σαλαμίνας, γεγονός που οφείλεται κυρίως όμως σε λιθολογικά αίτια.
- Η μεγάλη απόκλιση των τιμών συγκέντρωσης των μετάλλων στα υποεπιφανειακά ιζήματα υποβάθρου της θέσης αναφοράς σε σχέση με τις αντίστοιχες στη ζώνη εκσκαφής, επισημαίνει την έντονη γεωγραφική διαφοροποίηση των ιζηματογενών διεργασιών στην περιοχή, όπως αναφέρθηκε και στο υποκεφ. 5.2.2.1

5.3.6.2 ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΥ ΚΛΑΣΜΑΤΟΣ ΕΚΠΛΥΣΗΣ

Με βάση την κατακόρυφη στοιχειακή κατανομή των μετάλλων στους πυρήνες (υποκεφ. 5.3.6.1) γίνεται σαφές ότι η ζώνη επιβάρυνσης εκτείνεται σε ένα μέσο πάχος των 40 cm κάτω από την επιφάνεια του πυθμένα και στις τρεις θέσεις πυρηνοληψίας περιλαμβάνοντας, εκτός του επιφανειακού ορίζοντα (ενότητα Α) και μέρος της πρώτης υποεπιφανειακής ενότητας (ενότητα Β).

Σε αυτή τη ζώνη, εξεχούσης σημασίας κρίνεται ο προσδιορισμός του ποσοστού συμμετοχής του εκπλυόμενου κλάσματος της συγκέντρωσης των μετάλλων Ag, Cu, Pb, Sn, Zn στη συνολική τους στοιχειακή συγκέντρωση. Το ποσοστό αυτό αντιστοιχεί στο προσροφημένο κλάσμα των μετάλλων στον ιζηματογενή ιστό και είναι ενδεικτικό της ανθρωπογενούς επιβάρυνσης (Παπαθεοδώρου 2010, Δασενάκης 2015). Με τον προσδιορισμό αυτό επιτυγχάνεται και η ποσοτική ταξινόμηση των μετάλλων σχετικά με τη δυνατότητα προσρόφησής τους στον ιζηματογενή ιστό της ζώνης επιβάρυνσης.

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 5.3.6.2.1) παρουσιάζεται το ποσοστό συμμετοχής του εκπλυόμενου κλάσματος στην συνολική στοιχειακή κατανομή των μετάλλων Ag, Cu, Pb, Sn, Zn για τη ζώνη επιβάρυνσης στην κρηπίδα Περάματος, Σαλαμίνας καθώς και στη θέση αναφοράς.

Πίνακας 5.3.6.2.1. Μέσες τιμές στοιχειακών συγκεντρώσεων και ποσοστό εκπλυμάτων για τις δύο κρηπίδες και τη θέση αναφοράς αναφορικά με τη ζώνη επιβάρυνσης (άνω 40 cm)

		Ag	Cu	Pb	Sn	Zn
Κρηπίδα Περάματος	Μέση στοιχειακή συγκέντρωση (ppm)	0,12	34,75	31,85	2,1	81
	Μέση συγκέντρωση εκπλύματος (ppm)	0,02	7,75	0,26	0,001	2,23
	Ποσοστό εκπλύματος (%)	**17,92**	**19,79**	**0,71**	**0,04**	**1,98**
Κρηπίδα Σαλαμίνας	Μέση στοιχειακή συγκέντρωση (ppm)	0,39	48,5	76,4	3,65	149,5
	Μέση συγκέντρωση εκπλύματος (ppm)	0,08	10,18	1,58	0,002	6,01
	Ποσοστό εκπλύματος (%)	**21,02**	**20,73**	**1,99**	**0,06**	**4,01**
Θέση αναφοράς	Μέση στοιχειακή συγκέντρωση (ppm)	1,07	178,55	183,6	8,25	408
	Μέση συγκέντρωση εκπλύματος (ppm)	0,09	17,18	2,85	0,008	10,45
	Ποσοστό εκπλύματος (%)	**19,21**	**20,54**	**2,37**	**0,09**	**4,34**

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, τα βαρέα μέταλλα Ag, Cu, Pb, Sn και Zn τα οποία βρίσκονται σε αυξημένες συγκεντρώσεις στα επιφανειακά ιζήματα, παρουσιάζουν τιμές εκπλύματος κάτω του 20% σε σχέση με την ολική τους στοιχειακή κατανομή. Όπως αναφέρθηκε και στο υποκεφάλαιο 4.2.2.2, οι συγκεντρώσεις των μετάλλων στο έκπλυμα των ιζημάτων αντιστοιχούν κυρίως σε διεργασίες προσρόφησης και ιοντοαναταλλαγής με τους κόκους των ιζημάτων, σύνδεσης με το οργανικό υλικό και με Fe/Mn υδροξείδια. Αυτές οι διεργασίες συμβαίνουν κατά την αιώρηση και κατακρήμνιση των μετάλλων στο θαλάσσιο περιβάλλον και συνδέονται με λεπτόκοκκα ιζήματα (πηλοί και άργιλοι) (Παπαθεοδώρου 2010). Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με α) τον αδρόκοκκο χαρακτήρα και β) την μικρή παρουσία οργανικού υλικού στα επιφανειακά ιζήματα της ζώνης εκσκαφής (και δευτερευόντως σε αυτά της θέσης αναφοράς μιας και πιο λεπτόκοκκα και εμπλουτισμένα σε οργανικό υλικό ιζήματα) οδηγεί στο συμπέρασμα πως τα μέταλλα αυτά συμμετέχουν κατά κύριο λόγο στο λιθογενές κλάσμα του ιζηματογενούς ιστού εξαιτίας της αποσάθρωσης βιομηχανικών και μεταλλευτικών αποβλήτων της περιοχής ή/και απευθείας εκφόρτισης ρυπογόνων υλικών στον πυθμένα.

Σχετικά με την ικανότητα προσρόφησης, προκύπτει πως τα επιφανειακά ιζήματα της ζώνης εκσκαφής και της θέσης αναφοράς προσροφούν περισσότερο τα μέταλλα Χαλκό (Cu) και Άργυρο (Ag) (ποσοστό εκπλύματος ≈ 20%) ενώ έχουν σαφώς πολύ μικρότερη προσροφητική ικανότητα σε Ψευδάργυρο (Zn) και ο Μόλυβδο (Pb) (ποσοστό εκπλύματος: 1-5%) και αμελητέα σε Κασσίτερο (Sn) (ποσοστό εκπλύματος < 1%).

5.3.7 ΠΟΛΥΚΥΚΛΙΚΟΙ ΑΡΩΜΑΤΙΚΟΙ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ (PAH's) ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΙΖΗΜΑΤΩΝ (SEDIMENT QUALITY GUIDELINES, SQGs)

Με βάση την οδηγία 2003/33/ΕΚ υπάρχουν θεσμοθετημένες οριακές τιμές συγκέντρωσης για την χημική σύσταση των εκπλυμάτων και το οργανικό φορτίο των υλικών εκσκαφής (βλ. υποκεφ. 5.3.5). Αντιθέτως, για την περίπτωση των PAHs δεν υπάρχουν συγκεκριμένες τιμές προτεινόμενες από την Ευρωπαϊκή Ένωση, επομένως η περιβαλλοντική εκτίμηση πιθανής τοξικότητας βασίστηκε στις επονομαζόμενες ***«Κατευθυντήριες Γραμμές για την Ποιότητα των Ιζημάτων (Sediment Quality Guidelines, SQGs)»***, οι οποίες έχουν αναπτυχθεί προκειμένου να χρησιμεύσουν ως εργαλεία για το σχεδιασμό και την υλοποίηση προγραμμάτων παρακολούθησης και αποκατάστασης θαλάσσιων περιοχών (Burton 2002, McDonald et al 2000)

Τέτοιες κατευθυντήριες γραμμές συνήθως καθορίζουν δύο επίπεδα συγκεντρώσεων των χημικών ρυπαντών. Το πρώτο επίπεδο αφορά στη συγκέντρωση της υπό εξέταση ένωσης μέχρι την οποία θεωρείται απίθανο να προκληθούν επιπτώσεις στο οικοσύστημα ενώ το δεύτερο επίπεδο αφορά σε συγκέντρωση πάνω από την οποία είναι πιθανόν να προκληθούν επιπτώσεις στο οικοσύστημα. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι οι τιμές TEL (Threshold Effect Level) και PEL (Probable Effect Level) που αντιστοιχούν στην πρώτη και δεύτερη βαθμίδα αντίστοιχα (Burton 2002).

Τα SQGs μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ταξινομήσουν τα ιζήματα ως προς την πιθανή τοξικολογική επιβάρυνση σε ζώντες οργανισμούς και να κατηγοριοποιήσουν τις υπό εξέταση περιοχές ανάλογα με τη συχνότητα και το βαθμό που ξεπερνούν τις κατευθυντήριες γραμμές (Long and MacDonald, 1998). Το TEL και PEL ενός χημικού ρυπαντή αριθμητικά είναι αντίστοιχα ο γεωμετρικός μέσος του 15ου και 50ου εκατοστημορίου της κατανομής των συγκεντρώσεων του συγκεκριμένου ρύπου, λαμβάνοντας υπόψη και τις συγκεντρώσεις όπου δεν εμφανίζονται επιπτώσεις στα βιολογικά συστήματα.

Στην παρούσα μελέτη όλοι οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες-PAHs που αναγνωρίστηκαν και μετρήθηκαν είναι σε ασφαλή επίπεδα (κάτω των επίσημων TEL) χαρακτηρίζοντας τα ιζήματα της περιοχής, ακίνδυνα ως προς τις παραμέτρους αυτές (Πίνακας 5.3.7.1).

Πίνακας 5.3.7.1. Τιμές PAHs στα αναλυθέντα δείγματα (ΦΑΣΗ Α) και οριακές τιμές TEL, PEL (τροποποίηση από Burton, 2002)

PAH	TEL (μg/kg)	PEL (μg/kg)	SP6 (μg/kg)	SP3 (μg/kg)	SP7 (μg/kg)
Acenaphthene	6.71	88.9	-	-	-
Acenaphthylene	5.87	127.87	-	-	-
Anthracene	46.85	245	-	-	14
Fluorene	21.17	144.35	-	-	-
Naphthalene	34.57	390.64	-	-	27
Phenanthrene	86.68	543.53	16	23	48
LMW PAHs	311.7	1442	-	-	-
B(a)Anthracene	74.83	692.53	-	-	-
Benzo(b)fluor	-	-	40	45	50
Benzo(k)fluor	-	-	16	18	19
Benzo(a)pyrene	88.81	763.22	32	38	42
Dibenzo(a,h)anthracene	6.22	134.61	-	-	-
Chrysene	107.77	845.98	24	25	36
Fluoanthene	112.82	1493.54	56	60	79
Pyrene	152.66	1397.6	47	50	64
HMW PAHs	655.34	6676.14	-	-	-
Total PAHs	1684.06	16770.4	308	338	472

Στον συγκριτικό πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 5.3.7.2) παρουσιάζονται αποτελέσματα μελετών σε θαλάσσιες περιοχές του Ελληνικού χώρου σχετικά με τις συγκεντρώσεις PAHs σε δείγματα επιφανειακών ιζημάτων. Διαπιστώνεται ότι σε πανελλαδικό επίπεδο, αν και υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις, οι συνολικές συγκεντρώσεις PAHs κυμαίνονται σε ασφαλή επίπεδα με εξαίρεση τον κόλπο της Ελευσίνας που όμως δεν υπερβαίνει την επίσημη τιμή PEL (βλ. Πίνακα 5.3.7.1).

Επίσης, αξίζει να σημειωθεί πως τα αποτελέσματα τις παρούσας μελέτης (μέσες τιμές) κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα συγκριτικά με προηγούμενες μελέτες σε γειτονικές θέσεις εντός του Σαρωνικού κόλπου (Πίνακας 5.3.7.2)

Πίνακας 5.3.7.2. Συγκεντρώσεις PAHs σε επιφανειακά ιζήματα διάφορων Ελληνικών θαλάσσιων περιοχών. Οι τιμές που αναφέρονται σε θέσεις εντός Σαρωνικού κόλπου σημειώνονται με μπλε χρώμα.

ΠΕΡΙΟΧΗ	Total PAHs (μg/kg)	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ
Δίαυλος Σαλαμίνας-Περάματος, Σαρωνικός κόλπος	**372.6**	Παρούσα μελέτη
Σαρωνικός κόλπος	**1226.7**	ΕΛΚΕΘΕ, 2017
Ανατολικός Σαρωνικός κόλπος	**166**	ΕΛΚΕΘΕ, 1997
Άγιος Κοσμάς Αττικής	**1464**	Karatheodoris and Hantzianestis, 2003
Κόλπος Ελευσίνας	**3037**	Sklivagou et al, 2001
Θερμαϊκός κόλπος	421	Hatzianestis et al, 2001, Catsiki et al 2001
Νότιος Ευβοϊκός κόλπος	208	ΕΛΚΕΘΕ, 2001
Στόμιο ποταμού Νέστου	174	Hatzianestis and Sklivagou 2000
Στρυμονικός κόλπος	569	Hatzianestis and Sklivagou 2001
Στόμιο ποταμού Έβρου	1560	Kanellopoulos et al, 2000
Κόλπος Ηγουμενίτσας	620	Lelekis et al. 2001
Αιγαίο πέλαγος	103	Hatzianestis et al, 1998

5.3.8 ΒΑΘΜΟΣ ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑΣ

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου με χρήση του βακτηρίου Vibrio fischeri έγινε προσπάθεια μέτρησης της τοξικότητας των δειγμάτων. Κατά την αναλυτική διαδικασία (CSN EN ISO11348-2), όταν η αναστολή της φωταύγειας (average inhibition) των βακτηρίων ξεπεράσει το 20% και 50% υπολογίζονται με μαθηματικές φόρμουλες οι τιμές IC_{20} και IC_{50} αντιστοίχως που εκφράζουν τις ανάλογες συγκεντρώσεις των βακτηρίων όπου προκαλούν την αναστολή αυτή. Εάν η τιμή της αναστολής της φωταύγειας είναι χαμηλότερη των δύο προαναφερθέντων – όπως στην παρούσα μελέτη- το δείγμα χαρακτηρίζεται ως μη τοξικό (Guzzella, 1998, Salizzato et al 1998).

Οι τιμές αναστολής φωταύγειας των δειγμάτων της παρούσας μελέτης ήταν ιδιαίτερα χαμηλές (< 5%) με αποτέλεσμα την αδυναμία υπολογισμού των IC_{20} και IC_{50} (Πίνακας 5.3.8.1). Κατά συνέπεια των παραπάνω, τα δείγματα της παρούσας μελέτης χαρακτηρίζονται ως μη τοξικά για τα βενθικά οικοσυστήματα.

Πίνακας 5.3.8.1. Αποτελέσματα τοξικολογικών αναλύσεων

	Μονάδες μέτρησης	SP6	SP3	SP7
Αναστολή φωταύγειας	%	4.1	3.9	4.4
IC_{20}	mL/L	-	-	-
IC_{50}	mL/L	-	-	-

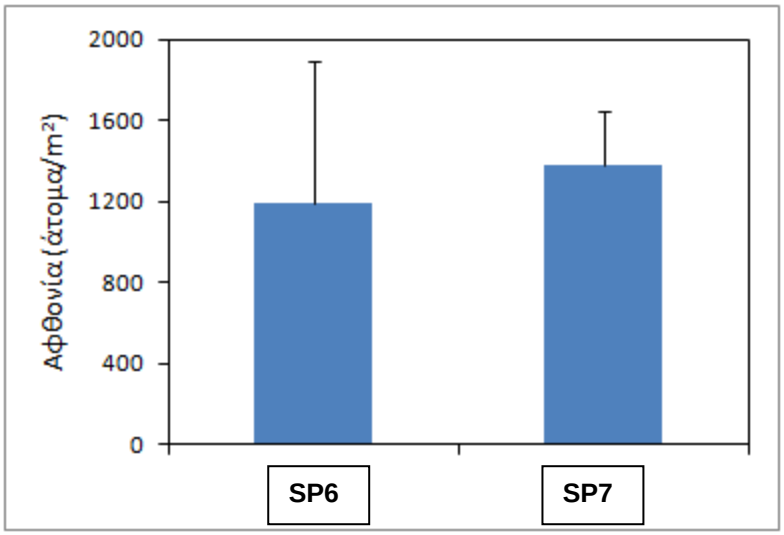
5.3.9 ΣΥΝΘΕΣΗ ΒΕΝΘΙΚΗΣ ΜΑΚΡΟΠΑΝΙΔΑΣ

Η μέση συνολική αφθονία των οργανισμών ήταν παραπλήσια μεταξύ των θέσεων δειγματοληψίας και κυμάνθηκε μεταξύ 1189 άτομα/m^2 (SP6) και 1381 άτομα/m^2 (SP7) (Πίνακας 5.3.9.1, Εικόνα 5.3.9.1).

Σε όλες τις θέσεις δειγματοληψίας κυρίαρχη ταξινομική ομάδα ήταν οι πολύχαιτοι με σχετική αφθονία που κυμάνθηκε μεταξύ 74.4% και 79.9% (Εικόνα 5.3.9.2). Σημαντική παρουσία είχαν επίσης τα αρθρόποδα καρκινοειδή με σχετική αφθονία από 5% έως 15% καθώς και οι νηματώδεις με σχετική αφθονία μεταξύ 8.5% και 9.3%. Ταξινομικές ομάδες όπως τα δίθυρα και τα εχινόδερμα, βρέθηκαν πιο περιστασιακά στα δείγματα (Πίνακας 5.3.9.2).

Πίνακας 5.3.9.1: Μέση, ελάχιστη και μέγιστη αφθονία ζωοβενθικών οργανισμών στους σταθμούς δειγματοληψίας. Παρουσιάζεται και ο αριθμός των διαφορετικών taxa που βρέθηκαν συνολικά στα δείγματα κάθε σταθμού.

Σταθμός	Μέση Αφθονία (άτομα/m^2)	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστο (Άτομα/m^2)	Μέγιστο (Άτομα/m^2)	Αριθμός Taxa
SP6	1189.3	701.5	656	1984	5
SP7	1381.3	265.0	1104	1632	5

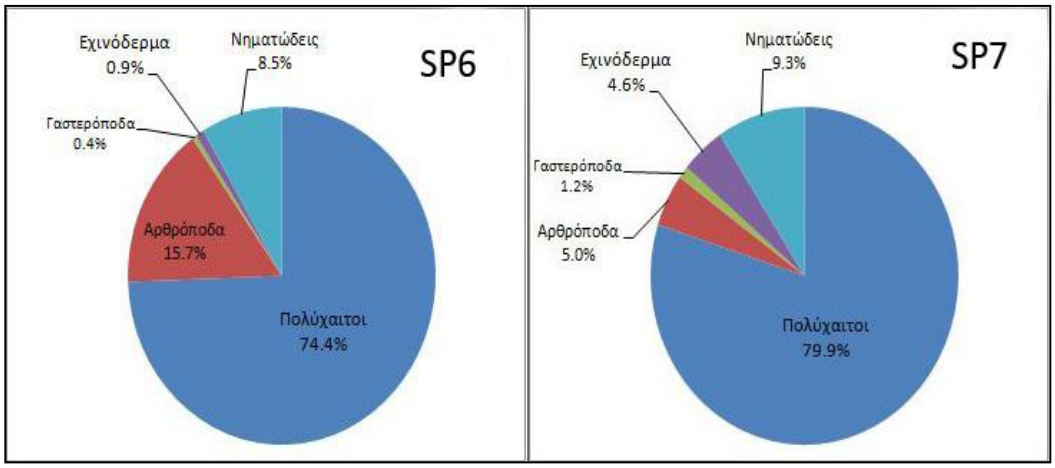


Εικόνα 5.3.9.1: Μέση αφθονία (και τυπική απόκλιση) της μακροβενθικής πανίδας στις θέσεις δειγματοληψίας.

Όσον αφορά στην κυρίαρχη ομάδα των πολυχαίτων, στη θέση SP6 κυριάρχησαν πολύχαιτοι των οικογενειών Spionidae, Capitellidae, Dorvilleidae και Maldanidae. Αντίστοιχα, στη θέση SP7 κυριάρχησαν πολύχαιτοι των οικογενειών Maldanidae, Spionidae και Capitellidae.

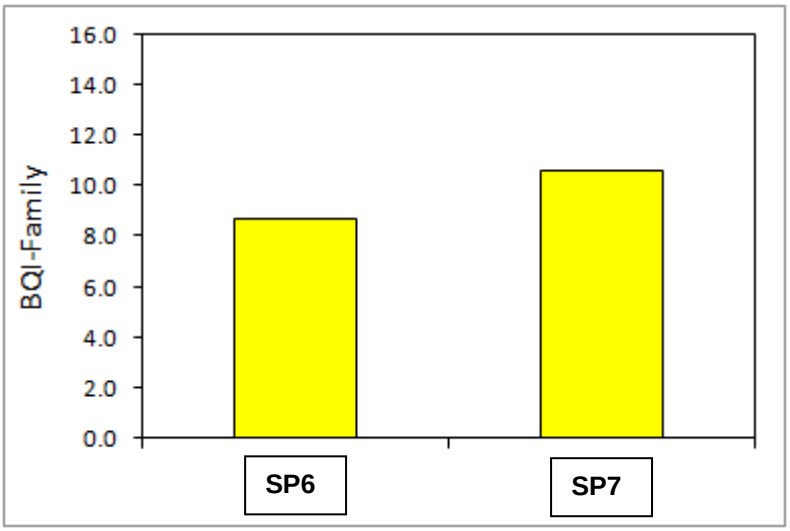
Πίνακας 5.3.9.2: Μέση αφθονία (± τυπική απόκλιση) των taxa της ζωοβενθικής μακροπανίδας σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας στην περιοχή μελέτης.

	SP6	SP7
Πολύχαιτοι	1104±264.4	885.3±505
Αρθρόποδα	69.3±9.2	186.7±160.3
Γαστερόποδα	16±27.7	5.3±9.2
Εχινόδερμα	64±27.7	10.7±9.2
Νηματώδεις	128±69.7	101.3±37
Πολύχαιτοι	1104±264.4	885.3±505
Σύνολο	**1381.3±265**	**1189.3±701.5**



Εικόνα 5.3.9.2: Σχετική αφθονία των taxa της μακροβενθικής πανίδας στις θέσεις δειγματοληψίας.

Οι τιμές του δείκτη εκτίμησης οικολογικής κατάστασης BQI-Family, ήταν στην θέση SP6 ίση με 8.7 και στη θέση SP7 ίση με 10.6 και έδειξαν οικολογικό καθεστώς που εντάσσεται στην κατηγορία «μέτριο» (Εικόνα 5.3.9.3).



Εικόνα 5.3.9.3: Τιμές του δείκτη BQI-Family στις θέσεις δειγματοληψίας.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Στη ζώνη εκσκαφής του διαύλου Περάματος – Σαλαμίνας, πραγματοποιήθηκαν δύο ερευνητικές αποστολές στις οποίες συλλέχτηκαν δείγματα των επιφανειακών και υποεπιφανειακών ιζημάτων (πυρήνες) με σκοπό τη μελέτη των φυσικών, χημικών και βιολογικών τους ιδιοτήτων, της στρωματογραφίας του διαύλου και την αξιολόγηση της ενδεχόμενης περιβαλλοντικής επιβάρυνσης.

Τα υλικά εκσκαφής (επιφανειακά ιζήματα) χαρακτηρίζονται ως βιοκλαστικοί αμμώδεις ψηφίτες. Ο αδρόκοκκος αυτός λιθολογικός χαρακτήρας μειώνει την ένταση των διεργασιών (προσ)ρόφησης των βαρέων μετάλλων και του οργανικού υλικού στον ιζηματογενή ιστό, με αποτέλεσμα οι συγκεντρώσεις τους να είναι σχετικά χαμηλότερες συγκριτικά με τις αναμενόμενες στην περίπτωση που τα ιζήματα είχαν λεπτόκοκκο λιθολογικό χαρακτήρα (πηλός, ιλύς, άργιλος).

Η μελέτη των υποεπιφανειακών στρωμάτων των δύο κρηπίδων, Περάματος – Σαλαμίνας δείχνει την ύπαρξη ενός κοινού ορίζοντα βάσης ο οποίος διαπιστώνεται και στον πυρήνα της θέσης αναφοράς. Η αδυναμία απόλυτης στρωματογραφικής συσχέτισης των ενδιάμεσων στρωμάτων των πυρήνων της ζώνης εκσκαφής με τα υποεπιφανειακά στρώματα της θέσης αναφοράς ενισχύει την άποψη περί σημαντικής γεωγραφικής διαφοροποίησης των ιζηματογενών διεργασιών μεταξύ της ζώνης εκσκαφής και θέσης αναφοράς.

Ο ποιοτικός έλεγχος των ιζημάτων βασίστηκε στην εφαρμογή επίσημών δεικτών και οδηγιών (Πίνακας 6.1). Από την εφαρμογή του συντελεστή εμπλουτισμού (EF) προκύπτει πως συνολικά τα ιζήματα της ζώνης εκσκαφής παρουσιάζουν μέτρια έως σημαντική επιβάρυνση σε Άργυρο (Ag), Χαλκό (Cu), Κασσίτερο (Sn) και Ψευδάργυρο (Zn) με το πρόβλημα να είναι εντονότερο στην κρηπίδα του Περάματος (σημαντική επιβάρυνση) που παρουσιάζει επίσης σημαντική επιβάρυνση σε Μόλυβδο (Pb). Επιπλέον, η εφαρμογή του δείκτη γεωσυσσώρευσης (Igeo) έδειξε πως τα ιζήματα της κρηπίδας Περάματος παρουσιάζονται μη επιβαρυμένα έως ελαφρά επιβαρυμένα σε Κάδμιο (Cd) και Σελήνιο (Se), ελαφρά επιβαρυμένα σε Χαλκό (Cu) και ελαφρά έως έντονα επιβαρυμένα σε Άργυρο (Ag), Μόλυβδο (Pb) , Κασσίτερο (Sn) και Ψευδάργυρο (Zn). Τα ιζήματα της κρηπίδας Σαλαμίνας παρουσιάζονται μη επιβαρυμένα έως ελαφρά επιβαρυμένα σε Άργυρο (Ag), Κασσίτερο (Sn) και Ψευδάργυρο (Zn) και ελαφρά επιβαρυμένα σε Χαλκό (Cu) .

Σύμφωνα με την οδηγία 2003/33/ΕΚ, οι συγκεντρώσεις οργανικού άνθρακα (TOC) και πολυχλωριωμένων διφαινόλων (PCBs) είναι επιτρεπτές ενώ τα υλικά εκσκαφής χαρακτηρίζονται ως μη επικίνδυνα για τα μέταλλα Χαλκός (Cu), και Ψευδάργυρος (Zn), Μόλυβδος (Pb), Νικέλιο (Ni) (και οριακά σε Σελήνιο, Se). Για τα υπόλοιπα μέταλλα τα ιζήματα της ζώνης εκσκαφής χαρακτηρίζονται ως αδρανή απόβλητα.

Στον Πίνακα 6.1. παρουσιάζονται οι μέσες συγκεντρώσεις των μετάλλων καθώς και τα ποσοστά της συγκέντρωσης των εκπλυμάτων τους στα ανώτερα 40 cm των ιζημάτων των πυρήνων συγκριτικά με τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις και ποσοστά των υποεπιφανειακών ιζημάτων. Τα ανώτερα 40 cm των ιζημάτων παρουσιάζουν σαφή επιβάρυνση όσον αφορά στις συγκεντρώσεις των συγκεκριμένων βαρέων μετάλλων, όπως φαίνεται άλλωστε και στα ποσοστά των εκπλυμάτων τους, συγκριτικά με τις συγκεντρώσεις των υποεπιφανειακων ιζημάτων οι οποίες μπορούν να χαρακτηριστούν ως συγκεντρώσεις υποβάθρου της περιοχής.

Πίνακας 6.1. Μέσοι όροι συγκεντρώσεων μετάλλων και ποσοστά εκπλύματος στα επιφανειακά και υποεπιφανειακά ιζήματα της ζώνης εκσκαφής.

	Ag		Cu		Pb		Sn		Zn		Κοκκομετρία	
	BG* (ppm)	LP** (%)	BG* (ppm)	LP** (%)	BG* (ppm)	LP** (%)	BG* (ppm)	LP** (%)	BG* (ppm)	LP** (%)	Mz (phi)	Λιθολογικός τύπος (Folk, 1974)
Ζώνη επιβάρυνσης (άνω 40 cm)	0,68	19,38	96,62	20,35	118,47	1,69	5,28	0,06	272,80	3,44	3,25	**gmS** Ψηφιδούχος, ιλυούχος άμμος
Υγιές υπόβαθρο (κάτω των 40 cm)	0,06	15,40	11,29	15,32	21,27	1,24	0,87	0,00	37,38	0,91	3,95	**sZ** Αμμούχος πηλός

Όπου *: Ολική στοιχειακή κατανομή
**: Ποσοστό εκπλύματος

Σύμφωνα με τις «Κατευθυντήριες Γραμμές για την Ποιότητα των Ιζημάτων (Sediment Quality Guidelines, SQGs)», τα υλικά εκσκαφής δεν δύνανται να προκαλέσουν καμία επίπτωση στα οικοσυστήματα ως προς τις συγκεντρώσεις τους σε πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAHs) και επιπλέον κατατάσσονται ως μη τοξικά για τα βενθικά οικοσυστήματα.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των δειγμάτων της βενθικής μακροπανίδας στην περιοχή, φάνηκε ότι το οικολογικό καθεστώς στην θαλάσσια περιοχή της μελέτης μεταξύ Περάματος - Σαλαμίνας χαρακτηρίζεται ως «μέτριο». Ο δείκτης ταξινόμησης που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη (BQI-family) δίνει την ίδια ταξινόμηση με τους θεσμοθετημένους Ευρωπαϊκούς δείκτες AMBI, BENTIX και BQI σύμφωνα με τη μελέτη των Dimitriou et al. (2012).

Το «μέτριο» οικολογικό καθεστώς της περιοχής όπως βρέθηκε στην παρούσα μελέτη, συμφωνεί με τη γενικότερη οικολογική κατάσταση της ευρύτερης περιοχής. Στην 1η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής (EL05), το οικολογικό καθεστώς της παράκτιας ζώνης στην περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται ως «μέτριο» (ΦΕΚ Β' 4672/ 29-12-2017). Επίσης, τα πιο πρόσφατα διαθέσιμα επιστημονικά στοιχεία για την συγκεκριμένη περιοχή του εσωτερικού τμήματος του Σαρωνικού Κόλπου, χαρακτηρίζουν το

οικολογικό καθεστώς της περιοχής από «φτωχό» στον Κόλπο της Ελευσίνας έως «μέτριο» πλησίον του Περάματος (Simboura et al., 2014).

Τα παραπάνω συνοψίζονται στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 6.2)

Πίνακας 6.2. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα των μεθόδων ποιοτικού ελέγχου

Δείκτης ελέγχου/ Μέθοδος	Υλικά εκσκαφής κρηπίδας Περάματος	Υλικά εκσκαφής κρηπίδας Σαλαμίνας
Συντελεστής εμπλουτισμού (EF)	Σημαντική επιβάρυνση σε **Ag, Cu, Pb, Sn, Zn**	Μέτρια επιβάρυνση σε **Ag, Cu, Sn, Zn**
Δείκτης Γεωσσυσώρευσης (Igeo)	Μη επιβαρυμένα έως ελαφρά επιβαρυμένα σε **Cd, Se**. Ελαφρά επιβαρυμένα σε **Cu**. Ελαφρά έως έντονα επιβαρυμένα σε **Ag, Pb, Sn, Zn**	Μη επιβαρυμένα έως ελαφρά επιβαρυμένα σε **Ag, Sn, Zn**. Ελαφρά επιβαρυμένα σε **Cu**
Δοκιμή έκπλυσης (Leaching)	Αδρανή υλικά, και μη επικίνδυνα σε **Cu, Zn, Pb**, **Ni**	Αδρανή υλικά, και μη επικίνδυνα σε **Cu, Zn, Pb, Ni**
SQGs	Μη ρυπογόνα	Μη ρυπογόνα
microtox	Μη τοξικά	Μη τοξικά
BQI-family	Μέτριο οικολογικό καθεστώς	Μέτριο οικολογικό καθεστώς

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 6.2) ως γενικό συμπέρασμα του ποιοτικού ελέγχου των ιζημάτων της ζώνης εκσκαφής, τα μέταλλα που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής λόγω της αυξημένης συγκέντρωσής τους, σχετιζόμενη με ρυπογόνο ανθρωπογενή επιβάρυνση, είναι κυρίως τα: Άργυρος (Ag), Χαλκός (Cu), Μόλυβδος (Pb), Κασσίτερος (Sn) και Ψευδάργυρος (Zn), και δευτερευόντως τα: Κάδμιο (Cd), Σελήνιο (Se). Ανάλογα τη χημική τους κατάσταση (ιοντικό σθένος), τα μέταλλα αυτά χαρακτηρίζονται από μέτρια / ενδιάμεση τοξικότητα (Cd^{+2} , Pb^{+2} , Sn^{+2} , Cu^{+2} , Zn^{+2}) έως μεγάλη τοξικότητα (Ag^{+} , Cu^{+} , Pb^{+4}) σύμφωνα με την ταξινόμηση των Nieboer and Richrdson 1980.

Η αυξημένες συγκεντρώσεις των παραπάνω μετάλλων οφείλονται σε ανθρωπογενή αίτια καθώς οι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής και τα υλικά διάβρωσης αυτών δεν δικαιολογούν τη γεωχημική σύσταση των επιφανειακών ιζημάτων της ζώνης εκσκαφής (Παπανικολάου 2015).

Οι ανθρωπογενείς πηγές εισόδου των παραπάνω μετάλλων στο θαλάσσιο περιβάλλον ποικίλουν. Σύμφωνα με τις μελέτες των W.C. Butterman & H.E. Hilliard (2005), C.R. Hammond (2000) και Moore et al (1984) αναφέρονται τα εξής:

- Ο <u>άργυρος (Ag)</u> χρησιμοποιείται ευρέως στα φωτογραφικά υλικά, στην κατασκευή κοσμημάτων, ασημικών και καθρεπτών. Επίσης τα νανοσωματίδια και τα νανοσύρματα αργύρου χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο σε πληθώρα ιατρικών και βιομηχανικών εφαρμογών.
- Ο <u>χαλκός (Cu)</u> συνδέεται άμεσα με τη βιομηχανία ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών καθώς γίνεται ευρεία χρήση του κατά την κατασκευή πάσης φύσεως αγωγούς (καλώδια), ηλεκτρονικά εξαρτήματα, όπως πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων, πηνία, ηλεκτρομαγνήτες πάσης φύσεως για ηλεκτροκινητήρες και γεννήτριες κτλ. Χρησιμοποιείται επίσης στα διυλιστήρια πετρελαίου, ναυπηγεία, βιομηχανίες χημικών προϊόντων και λιπασμάτων.
- <u>Ο μόλυβδος (Pb)</u> χρησιμοποιείται σε μονώσεις, στις μπαταρίες αυτοκινήτων, στον ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό και σε διάφορα κράματα. Λόγω της ανθεκτικότητάς του στη διάβρωση, χρησιμοποιείται εκτενώς στην οικοδόμηση κτιρίων.
- <u>Ο κασσίτερος (Sn)</u> χρησιμοποιείται κυρίως στη μεταλλουργία ως αντιδιαβρωτικό υλικό επιμετάλλωσης σιδήρου ή χάλυβα (όπως και ο ψευδάργυρος). Εξαιτίας της σχετικά χαμηλής τοξικότητάς του, επικασσιτερωμένα μέταλλα, συνήθως χάλυβας, χρησιμοποιούνται συχνά για την κονσερβοποίηση τροφίμων και λεπτών λαμαρινών.
- <u>Ο ψευδάργυρος (Zn)</u> χρησιμοποιείται στην χημική βιομηχανία και μεταλλουργεία.
- <u>Το κάδμιο (Cd)</u> χρησιμοποιείται σε συσκευασίες (εκτός τροφίμων), σε μπαταρίες, σε βαφές κεραμικών, πλαστικών, σε τσιμέντο, καθώς και σε φωσφορικά λιπάσματα και απορρυπαντικά. Καταλήγει στο θαλάσσιο περιβάλλον μέσω της ατμόσφαιρας από τον καπνό των μεταλλουργείων και καύσης απορριμμάτων καθώς και με την ιλύ από τις εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού.
- <u>Το σελήνιο (Se)</u> χρησιμοποιείται κυρίως στην υαλουργία και σε βαφές. Εκτός αυτών, συνήθεις ανθρωπογενείς δραστηριότητες που επιβαρύνουν το θαλάσσιο περιβάλλον με σελήνιο είναι κυρίως η καύση ορυκτών καυσίμων, η καύση απορριμμάτων (π.χ. ελαστικά, χαρτιά), τα αστικά λύματα και πιθανώς λιπάσματα εμπλουτισμένα με σελήνιο.

Σύμφωνα με τα παραπάνω και τις επιπλέον μελέτες των Dixit et al (2015), Batjes (1997) και Δασενάκης (2015) δημιουργείται ο πίνακας 6.2 στον οποίο φαίνεται η σύνδεση ανθρωπογενών δραστηριοτήτων και υλικών με τα βαρέα μέταλλα που προκύπτουν από αυτές ως ρύποι στο θαλάσσιο περιβάλλον. Λαμβάνοντας υπόψη τις βιομηχανικές και αστικές δραστηριότητες της περιοχής, τα αστικά λύματα, η καύση ορυκτών καυσίμων και οι ακτοπλοϊκές - ναυπηγοεπισκευαστικές δραστηριότητες μπορεί να θεωρηθούν ως πιθανές αιτίες ρύπανσης των ιζημάτων του διαύλου Περάματος – Σαλαμίνας. Επίσης η αυξημένη συγκέντρωση αργύρου παραπέμπει σε αποσάθρωση αποβλήτων που σχετίζονται με φωτογραφικά και διακοσμητικά υλικά. Τέλος, η αυξημένη συγκέντρωση χαλκού πιθανώς να οφείλεται, επιπλέον, και στις χαλκοσωλήνες που αποτελούσαν το κύριο μέσο του δικτύου ύδρευσης της Αττικής στο παρελθόν

μέχρι τη σταδιακή αποκατάστασή τους από σωλήνες χάλυβα, χυτοσιδήρου και PVC σύμφωνα με την ΕΥΔΑΠ.

Πίνακας 6.2. Ανθρωπογενείς δραστηριότητες και σχετιζόμενα βαρέα μέταλλα. Με έντονο χρώμα τα μέταλλα αυξημένης συγκέντρωσης της παρούσας μελέτης

Ανθρώπινη δραστηριότητα και υλικά	Βαρέα Μέταλλα
Μεταλλουργεία	**Zn, Cd, Pb**, Hg, Fe, Mn, Cr, Ni, **Cu**
Λιπάσματα	**Cd**, Cr, Mo, **Pb**, U, V, **Zn**
Ζιζανιοκτόνα	**Cu**, As, Hg, **Pb**, Mn, **Zn**
Συντηρητικά ξύλου	**Cu**, As, Cr
Κτηνοτροφικά απόβλητα	**Cu**, As, **Zn, Cd**, Ni, Pb
Καύση ορυκτών καυσίμων	**Pb, Cd, Zn**, As, Sb, **Se, Cu**, Mn, V
Ηλεκτρικά - ηλεκτρονικά υλικά, μπαταρίες	**Cu, Pb, Cd**, Ni, **Zn, Se**, Ga
Χρώματα	**Pb**, Cr, As, Sb, **Se**, Mo, **Cd**, Ba, **Zn**, Co, I, Ti
Ζώνες Ναυπηγείων	**Cu, Pb, Zn**, Ni, V

Στον πίνακα 6.3. δίνονται οι μέσες συγκεντρώσεις διάφορων μετάλλων στα υλικά εκσκαφής των κρηπίδων Περάματος και Σαλαμίνας σε σύγκριση με συγκεντρώσεις μετάλλων σε επιφανειακά ιζήματα λιμένων, κόλπων και παράκτιων περιοχών της Μεσογείου Θάλασσας (τροποποίηση από Papaefthymiou and Papatheodorou, 2011). Σύμφωνα με τον πίνακα, οι συγκεντρώσεις των συγκεκριμένων μετάλλων στα υλικά εκσκαφών είναι σχετικά χαμηλές έως συγκρίσιμες ενώ παρατηρείται μεγάλη απόκλιση μεταξύ των θέσεων. Αξιοσημείωτο πάντως το γεγονός πως οι

τιμές συγκέντρωσης των μετάλλων της παρούσας μελέτης είναι κατά πολύ χαμηλότερες των αντίστοιχων εντός Σαρωνικού Κόλπου σύμφωνα με τον συγκριτικό πίνακα.

Πίνακας 6.3. Συγκεντρώσεις μετάλλων (εύρος – μέσες τιμές, ppm) σε επιφανειακά ιζήματα λιμένων, κόλπων και παράκτιων περιοχών της Μεσογείου Θάλασσας (τροποποίηση από Papaefthymiou and Papatheodorou, 2011, συμπεριλαμβανομένων των εσωτερικών βιβλιογραφικών αναφορών) και σύγκριση με τις τιμές της παρούσας μελέτης

	As	Ba	Co	Cr	Ni	U	Zn	Se	Μέθοδος Ανάλυσης
Υλικά εκσκαφής κρηπίδας Περάματος	**13.55**	**70.00**	**5.70**	**82.00**	**46.10**	**5.00**	**213.00**	**2.00**	ICP-MS
Υλικά εκσκαφής κρηπίδας Σαλαμίνας	**8.80**	**80.00**	**7.60**	**188.50**	**94.40**	**3.00**	**157.00**	**1.50**	ICP-MS
Patras Harbour, Greece	1.0-3.3	192-385	11-19	192-210	66-110	1.3-2.7	55-120	NA	INAA/ICP-MS
Saronikos Gulf, Greece	119-566	NA	13-24	180-629	NA	NA	223-617	NA	INAA
Keratsini harbour	212.2	NA	NA	463.46	NA	NA	253.8	19.6	ICP-AES
Black Sea, Turkey	NA	NA	NA	45-85	30-60	NA	65-70	NA	INAA/XRF
Marmara Sea, Turkey	NA	NA	NA	65-85	35-50	NA	80-100	NA	INAA/XRF
Gulf of Saros, Turkey	4.0-6.0	NA	NA	35-75	5-75	1.4-6.2	25-120	NA	INAA/XRF
Rijeka Harbour, Croatia	9.50-37.7	NA	NA	42.7-119	54.8-143	NA	69.8-1260	NA	ICP/ICP-MS
Šibenik Harbour, Croatia	18.3-41.4	NA	NA	20.1-71.2	17.1-55.2	NA	83.8-687	NA	ICP-MS
Bagnoli Harbour, Italy	0.5-4.0	NA	NA	4-54	0.01-52.5	NA	91-2313	NA	AAS
Bagnoli coastal area, Italy	2.2-55	NA	1.3-28	4-103	3.41-181	NA	93-2829	NA	ICP-OES/AAS
Naples Harbour, Italy	1-1121	NA	NA	7-1798	4-362	NA	17-7234	NA	ICP-AES/ICP-

Ceuta Harbour, Spain	NA	NA	NA	13-381	8-671	NA	29-695	NA	ICP-OES
Mediterranean Coast, Spain	5.5-14	NA	1.9-8.0		NA	NA	16-120	NA	INAA/ICP-MS
Adriatic Sea, Croatia	14.3	NA	NA		NA	NA	167	NA	XRF
Sea of Galilee, Israel		187-278	7.5-40.2	44-214	NA	0.9-2.2	56-95	NA	INAA

NA: Δεν αναλύθηκε
INAA: Instrumental Neutron Activation Analysis – Ενόργανος Ανάλυση Ενεργοποίησης Νετρονίων
ICP-MS: Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry – Φασματοσκοπία μαζών επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος
AAS: Atomic absorption spectroscopy - Φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης
ICP-AES: Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy - Φασματοσκοπία ατομικής εκπομπής επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος
ICP-OES: Inductively coupled plasma optical emission spectrometry – Φασματομετρία εκπομπής οπτικά συζευγμένου πλάσματος
XRF: X-ray fluorescence - Φασματοσκοπία ακτινών Χ φθορισμού

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ASTM Standard D2487, 2000, "Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2000,DOI: 10.1520/D2487-00.

- Barbieri M., 2016. The Importance of Enrichment Factor (EF) and Geoaccumulation Index (Igeo) to Evaluate the Soil Contamination. J. Geol Geophys 5: 237

- Burton Jr., G.A. 2002 Sediment Quality Criteria in Use around the World. Limnology, 3, 65-76

- Butterman W C, H E Hilliard. 2005. Silver-Mineral Commodity Profiles. U.S. Geological Survey Publications

- Catsiki, V., Hatzianestis, I., Strogyloudi, E., Belou, O., Gogou, M. & Rigas, F., 2001 Distributions of metals and organic contaminants in mussels from Thermaikos Gulf. Proceedings, 7th International Conference on Environmental Science and Technology, 3-6 September, Syros, Greece, Vol. A', 106-113.

- Croudace, I.W., Rothwell, R.G., 2015. Micro-XRF Studies of Sediment Cores: Applications of a non-destructive tool for the environmental sciences, Developments in Paleoenvironmental Research

- Dimitriou P.D, Apostolaki E.T.,Papageorgiou N., Reizopoulou S., Simboura N., Arvanitidis C. 2012. Meta-analysis of a large data set with Water Framework Directive indicators and calibration of a Benthic Quality Index at the family level. Ecological Indicators 20: 101–107.

- Dixit, R., Wasiulla, Malaviya, D., Pandiyan, K., Singh, U.B., Sahu, A., Shukla, R., Singh, B.P., Rai, J.P., Kumar, P., Lade, H.S., Paul, D., 2015. Bioremediation of heavy metals from soil and aquatic environment: an overview of principles and criteria of fundamental processes. Sustainability 7, 2189–2212

- Folk, R.L. 1974. Petrology of sedimentary rocks, Hemphil Publ. Co., Austin-Texas, 182 p.

- Guzzella, L. 1998. Comparison of test procedures for sediment toxicity evaluation with Vibrio fischeri bacteria. Chemosphere 37, 2895–2909.

- Hammond, C. R. (2000). The Elements, in Handbook of Chemistry and Physics 81st edition

- Hatzianestis, I., Sklivagou, E. & Friligos, N., 1998. Hydrocarbons in surface sediments from the Northern Aegean Sea. Rapp. Comm. int. Mer. Medit., 35: 264-265.

- Hatzianestis, I. & Sklivagou, E., 2000 Contamination from hydrocarbons and chlorinated compounds in sediments from the Nestos estuary. Proccedings V International Conference on Protection and Restoration of the Environment. Thassos, Greece, 3-6 July 2000, Vol. I, 503-510.

- Hatzianestis, I. & Sklivagou, E., 2001 Distribution and origin of hydrocarbons and chlorinated compounds in sediments from the Strymonikos gulf in the Northern Aegean Sea, Greece. Rapp. Comm. int. Mer. Medit. 36: 134

- HCMR, 1997. Short and long-term effects of oil spillage in the Western Saronikos Gulf ecosystem. Final Report, May 1997, Athens, Hatzianestis I. (Ed).

- HCMR, 2001. Petroleum pollution in the Southern Evoikos Gulf. Final Report, June 2001, Athens, Hatzianestis I. (Ed).

- Kanellopoulos, TH., Angelidis, M.O & Hatzianestis, I., 2000. Distribution of aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in the Evros delta. Proc. 6th Hel. Symp. Oceanogr. & Fish., Chios 23-26 May 2000, Vol. π, 464-468.

- Karageorgis, A.P. and Hatzianestis, I., 2003. Surface sediment chemistry in the Olympic Games 2004 Sailing Center (Saronikos Gulf). Mediterranean Marine Science, 4(1): 5-22.

- Lelekis, J., Petalas, S., Hatzianestis, I. & Sklivagou, E., 2001. Determination of anthropogenic organic compounds in the sediments of a deltaic-coastal area. The case of the Igoumenitsa Gulf and Kalamas River. Proceedings, 7th International Conference on Environmental Science and Technology, 3-6 September, Syros, Greece, Vol. C', 251-257

- Leeder M., 2011. Sedimentology and Sedimentary Basins: From Turbulence to Tectonics, 2nd Edition.

- Long E.R. and MacDonald D.D., 1998. Recommended uses of empirically derived sediment quality guidelines for marine and estuarine ecosystems. Human and Ecological Risk Assessment, 4 (5), 1019-1039

- MacDonald, L.M. Di Pinto, J. Field, C.G. Ingersol, E.R. Long, and R.C. Swartz, 2000. Development and evaluation ofconsensus-based sediment effect concentrations for polychlorinated biphenyls, Environ. Toxicol. Chem. 19 1403–1413.

- Moore, James W. and Ramamoorthy, S., 1984. Heavy Metals in Natural waters: Applied Monitoring and Impact Assessment, Springer-Verlag; New York, 28 - 246

- Muller G., 1979. Schwermetalle in den sedimenten des Rheins Veranderungen seit 1971. Umschau 79:778-783

- Nichols G., 2009. Sedimentology and Stratigraphy, 2nd edition

- Nieboer e and Richardson D H S., The replacement of the nondescript term “heavy metals” by a biologically and chemically significant classification of metal ions, Environ. Pollut. Ser B, 1: 3-10, 1980.

- Papaefthymiou, H., Papatheodorou, G., 2011. A comparison between INAA and ICP-MS for the determination of element concentrations in marine sediments. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 289, pp. 679-688.

- Rosenberg, R., Blomqvist, M., Nilsson, H., Dimming, A., 2004. Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. Marine Pollution Bulletin 49, 728–739.

- Salizzato, M., Pavoni, B., Volpi Ghirardini, A., Ghetti, P.F., 1998. Sediment toxicity measured using Vibrio fischeri as related to the concentrations of organic (PCBs, PAHs) and inorganic (metals, sulphur) pollutants. Chemosphere 36, 2949-2968

- Simboura N., Zenetos A. & Pancucci-Papadopoulou M.A. 2014. Benthic community indicators over a long period of monitoring (2000–2012) of the Saronikos Gulf, Greece, Eastern Mediterranean. Environmental Monitoring Assessment 186: 3809-3821.

- Sutherland RA, Tolosa CA, Tack FMG, Verloo MG., 2000. Characterization of selected element concentrations and enrichment ratios in background and anthropogenically impacted roadside areas. Arch Environ Contam Toxicol 38: 428-438.

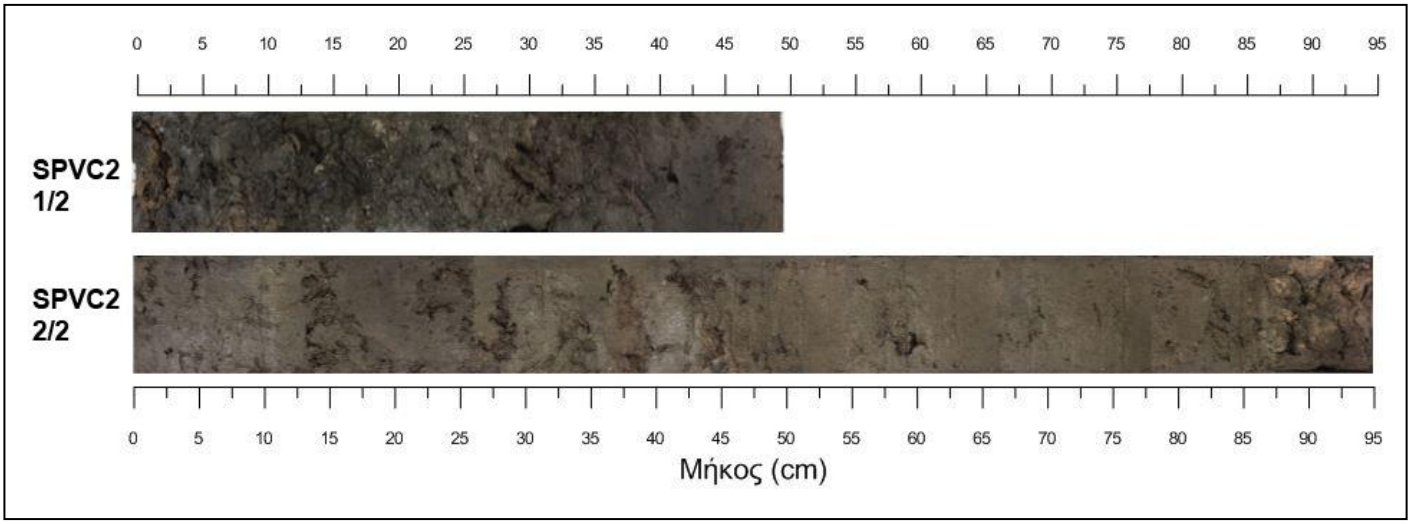
- Yongming H, Peixuan D, Junji C, Posmentier ES., 2006. Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of Xi'an, Cent, China. Sci Total Environ 355: 176-186.

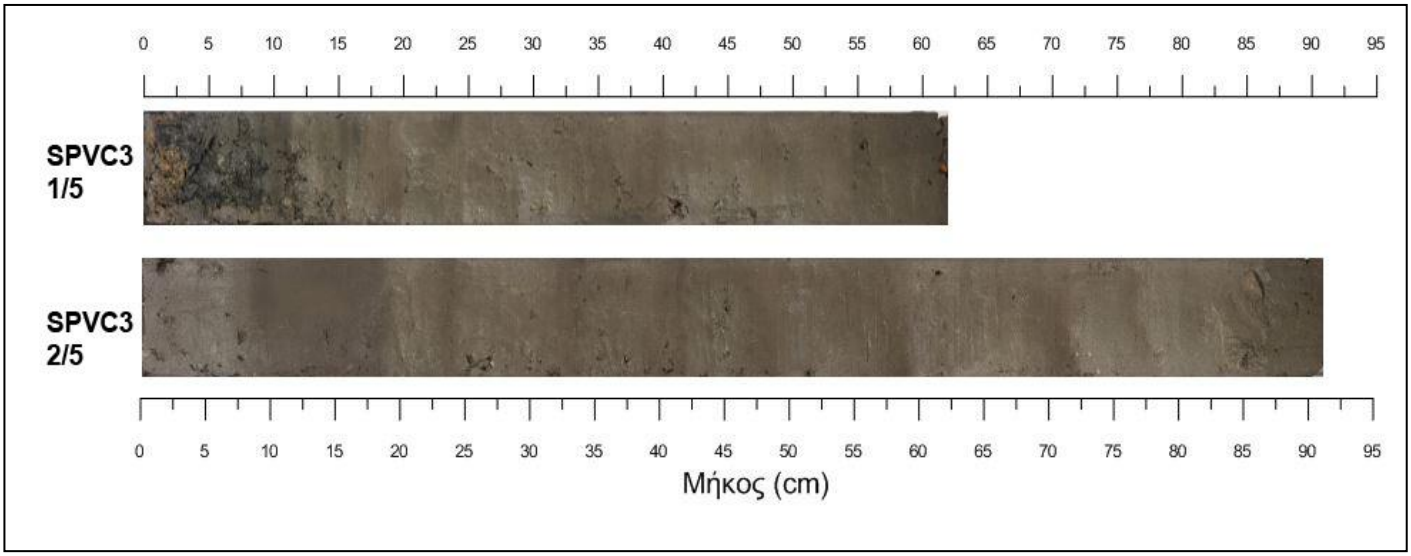
- Zhang J, Liu CL., 2002. Riverine composition and estuarine geochemistry of particulate metals in China-weathering features, anthropogenic impact and chemical fluxes. Estuar Coast Shelf Sci 54: 1051-1070.

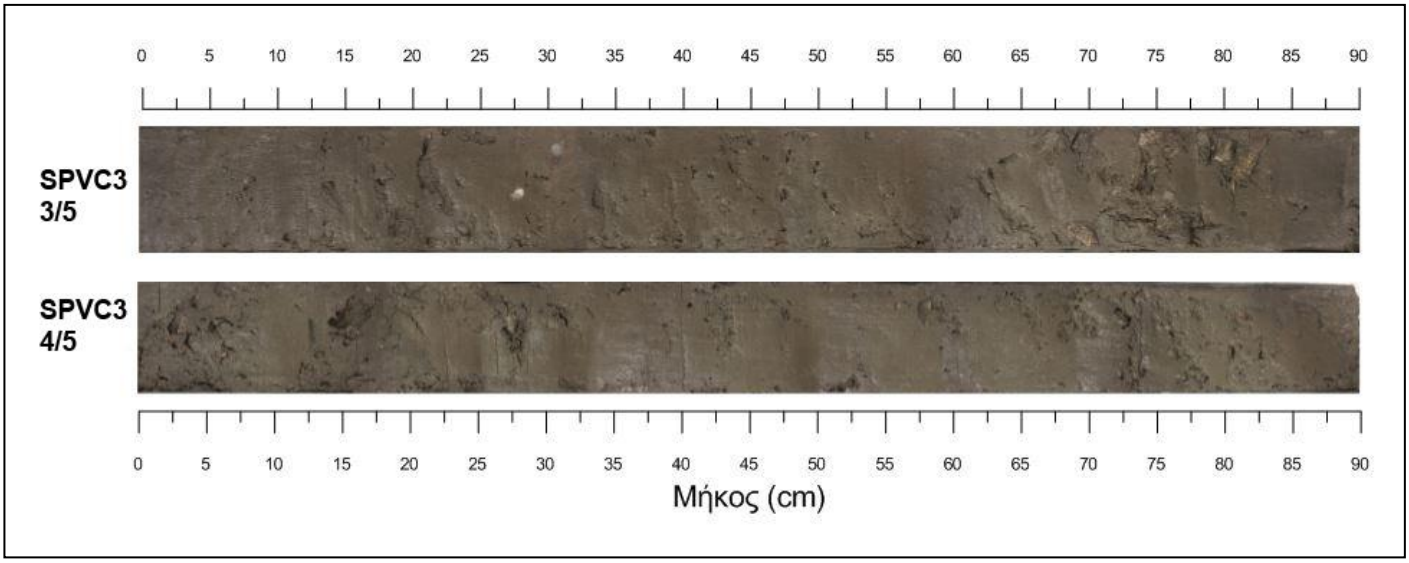
- Δασενάκης, Ε., Καραβόλτσος, Σ., Λαδάκης, Ε., Παρασκευοπούλου, Β. 2015. *Χημική ωκεανογραφία*. Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.

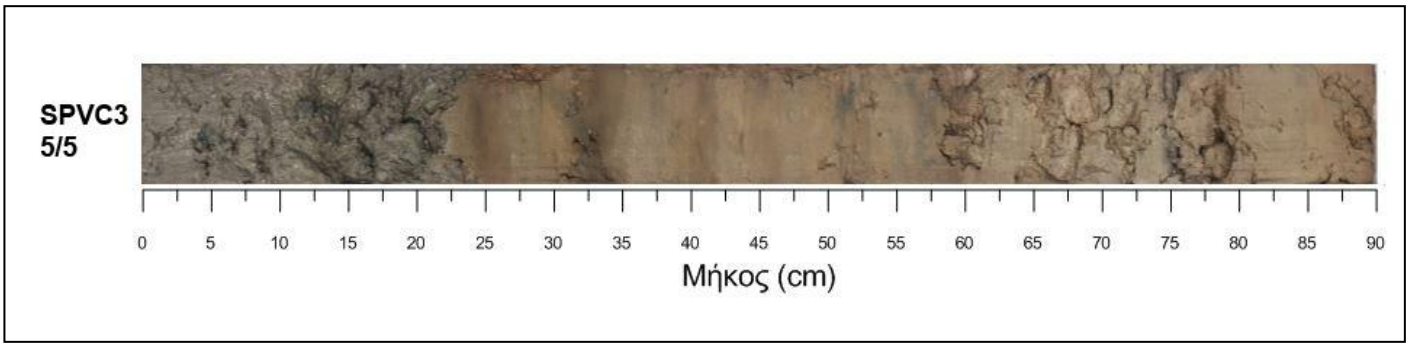
- ΕΛΚΕΘΕ 2017. Μελέτη του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. για τις επιπτώσεις της ρύπανσης που προκλήθηκε από το ναυάγιο του Δ/Ξ “ΑΓΙΑ ΖΩΝΗ ΙΙ”, Ν.Π. 11763, στο Σαρωνικό Κόλπο.
- Παπαθεοδώρου Γ., 2010. *Περιβαλλοντική Ωκεανογραφία*. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών.
- Παπανικολάου Δ. 2015. *Γεωλογία της Ελλάδος*. Εκδόσεις Πατάκη
- Τσώλη-Καταγά Π., Καταγάς Χ., 2009. *Εισαγωγή στην Ορυκτολογία*. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών.
- 2003/33/ΕΚ ΑΠΟΦΑΣΗ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 19ης Δεκεμβρίου 2002 για τον καθορισμό κριτηρίων και διαδικασιών αποδοχής των αποβλήτων στους χώρους υγειονομικής ταφής σύμφωνα με το άρθρο 16 και το παράρτημα ΙΙ της οδηγίας 1999/31/ΕΚ.

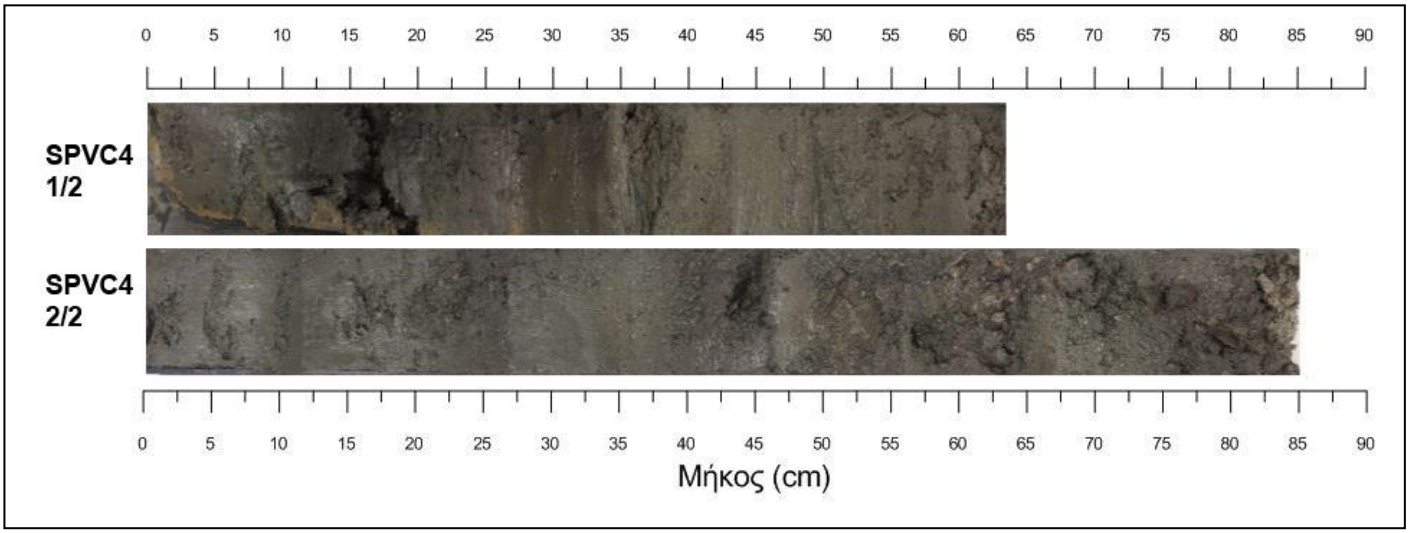
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α


0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95
SPVC2 1/2
SPVC2 2/2
Μήκος (cm)


0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95
SPVC3 1/5
SPVC3 2/5
Μήκος (cm)


0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90
SPVC3
3/5
SPVC3
4/5
Μήκος (cm)


SPVC3
5/5
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90
Μήκος (cm)


0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90
SPVC4
1/2
SPVC4
2/2
Μήκος (cm)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Πυρήνας	Δείγμα	Ψηφίτες %	Άμμος %	Πηλός %	Άργιλος %	Ιλύς %	mz	si	ske	kg	Βάθος (m)
SP2	SP2-1	59,60	37,20	0,00	0,00	3,20	0,33	1,49	1,23	3,96	0,01
SP2	SP2-2	0,85	91,53	5,72	1,90	0,00	0,50	1,96	2,77	10,41	0,09
SP2	SP2-3	0,42	63,08	27,40	9,10	0,00	2,77	2,27	1,41	6,30	0,27
SP2	SP2-4	0,00	34,62	49,08	16,30	0,00	5,04	2,57	0,06	2,20	0,47
SP2	SP2-5	0,00	31,29	52,16	16,55	0,00	5,24	2,41	0,11	2,33	0,59
SP2	SP2-6	0,13	49,29	38,72	11,86	0,00	3,82	2,77	0,44	2,31	0,74
SP2	SP2-7	0,26	67,30	25,28	7,16	0,00	2,39	3,12	0,77	2,29	0,89
SP2	SP2-8	0,13	46,15	41,72	12,00	0,00	3,93	2,65	0,53	2,39	1,02
SP2	SP2-9	0,00	25,01	58,16	16,84	0,00	5,48	2,18	0,29	2,49	1,19
SP2	SP2-10	0,00	32,59	48,10	19,31	0,00	5,08	2,77	0,13	2,08	1,29
SP2	SP2-11	0,00	40,18	38,04	21,78	0,00	4,69	3,36	-0,03	1,68	1,39
Πυρήνας	**Δείγμα**	**Ψηφίτες %**	**Άμμος %**	**Πηλός %**	**Άργιλος %**	**Ιλύς %**	**mz**	**si**	**ske**	**kg**	**Βάθος (m)**
SP3	SP3-1	37,90	57,60	0,00	0,00	4,50	0,75	1,74	0,60	2,27	0,01
SP3	SP3-2	0,00	44,87	41,70	13,43	0,00	4,67	2,54	0,35	2,17	0,11
SP3	SP3-3	0,00	22,95	55,31	21,74	0,00	5,85	2,16	0,37	2,07	0,31
SP3	SP3-4	0,00	25,87	54,10	20,03	0,00	5,65	2,23	0,36	2,19	0,51
SP3	SP3-5	0,00	27,33	53,50	19,18	0,00	5,55	2,26	0,36	2,25	0,66
SP3	SP3-6	0,00	28,78	52,89	18,33	0,00	5,44	2,29	0,36	2,31	0,84
SP3	SP3-7	0,00	29,41	52,66	17,93	0,00	5,40	2,31	0,32	2,33	1,04
SP3	SP3-8	0,00	30,04	52,43	17,53	0,00	5,35	2,33	0,29	2,35	1,24
SP3	SP3-9	0,00	32,03	51,81	16,16	0,00	5,21	2,34	0,32	2,42	1,44
SP3	SP3-10	0,00	34,01	51,19	14,80	0,00	5,06	2,34	0,34	2,50	1,66
SP3	SP3-11	0,00	38,63	46,16	15,21	0,00	4,94	2,43	0,40	2,41	1,76
SP3	SP3-12	0,00	40,94	43,64	15,42	0,00	4,88	2,47	0,43	2,37	1,96
SP3	SP3-13	0,00	43,25	41,13	15,63	0,00	4,82	2,52	0,46	2,33	2,16
SP3	SP3-14	0,00	43,79	40,54	15,67	0,00	4,76	2,56	0,44	2,33	2,29
SP3	SP3-15	0,00	44,07	40,25	15,69	0,00	4,74	2,59	0,43	2,34	2,44
SP3	SP3-16	0,00	44,20	40,10	15,70	0,00	4,72	2,60	0,43	2,34	2,51
SP3	SP3-17	0,00	44,34	39,95	15,71	0,00	4,71	2,61	0,42	2,34	2,56
SP3	SP3-18	0,00	41,88	41,33	16,80	0,00	4,86	2,58	0,40	2,28	2,71
SP3	SP3-19	0,00	40,65	42,01	17,34	0,00	4,94	2,57	0,40	2,26	2,81
SP3	SP3-20	0,00	39,42	42,70	17,88	0,00	5,02	2,56	0,39	2,23	3,01
SP3	SP3-21	0,00	45,45	38,57	15,98	0,00	4,63	2,66	0,44	2,27	3,21

SP3	SP3-22	0,00	51,49	34,44	14,07	0,00	4,25	2,76	0,50	2,31	3,4
SP3	SP3-23	0,00	38,17	42,97	18,86	0,00	5,05	2,51	0,44	2,16	3,48
SP3	SP3-24	0,00	24,85	51,50	23,65	0,00	5,86	2,26	0,39	2,01	3,6
SP3	SP3-25	0,18	59,86	21,65	18,30	0,00	3,50	3,54	0,51	1,81	3,62
SP3	SP3-26	0,09	41,61	32,71	25,59	0,00	4,82	3,12	0,09	1,94	3,74
SP3	SP3-27	0,00	23,36	43,76	32,87	0,00	6,13	2,70	-0,33	2,08	3,84
SP3	SP3-28	0,00	15,59	45,38	39,03	0,00	6,67	2,42	-0,30	2,04	3,94
SP3	SP3-29	0,00	7,81	47,00	45,19	0,00	7,20	2,13	-0,27	2,00	4,04
SP3	SP3-30	0,00	7,98	42,97	49,05	0,00	7,38	2,13	-0,53	2,53	4,2
SP3	SP3-31	0,00	8,14	38,94	52,91	0,00	7,55	2,13	-0,79	3,06	4,28
Πυρήνας	**Δείγμα**	**Ψηφίτες %**	**Άμμος %**	**Πηλός %**	**Άργιλος %**	**Ιλύς %**	**mz**	**si**	**ske**	**kg**	**Βάθος (m)**
SP4	SP4-1	0,00	19,74	61,31	18,95	0,00	5,86	2,20	-0,28	2,53	0,01
SP4	SP4-2	0,00	32,99	50,86	16,15	0,00	5,09	2,56	-0,08	2,25	0,11
SP4	SP4-3	0,00	46,23	40,40	13,36	0,00	4,32	2,92	0,11	1,97	0,21
SP4	SP4-4	0,00	57,47	31,22	11,31	0,00	3,85	2,76	0,54	2,50	0,31
SP4	SP4-5	0,00	68,71	22,04	9,25	0,00	3,39	2,60	0,97	3,04	0,46
SP4	SP4-6	0,00	73,18	19,10	7,72	0,00	2,92	2,59	1,11	3,37	0,59
SP4	SP4-7	0,00	77,65	16,16	6,19	0,00	2,45	2,58	1,26	3,71	0,7
SP4	SP4-8	0,00	75,43	17,22	7,35	0,00	2,64	2,67	1,15	3,44	0,89
SP4	SP4-9	0,00	73,21	18,28	8,51	0,00	2,83	2,77	1,05	3,16	1,06
SP4	SP4-10	22,60	73,00	0,00	0,00	4,40	0,88	1,83	0,30	1,90	1,19
SP4	SP4-11	30,50	63,90	0,00	0,00	5,60	0,78	1,87	0,47	2,01	1,36
SP4	SP4-12	38,40	54,80	0,00	0,00	6,80	0,68	1,91	0,64	2,11	1,44

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΟΡΙΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΟΛΙΚΗΣ ΓΕΩΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΚΠΛΥΜΑΤΩΝ

ΟΛΙΚΗ ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ			ΕΚΠΛΥΣΗ		
Στοιχείο	**Μονάδα μέτρησης**	**Όριο ανίχνευσης**	**Στοιχείο**	**Μονάδα μέτρησης**	**Όριο ανίχνευσης**
Ag	ppm	0.01	Ag	ppb	0.1
Al	%	0.01	As	ppb	0.5
As	ppm	0.2	Au	ppb	0.02
Ba	ppm	10	Ba	ppb	10
Be	ppm	0.05	Be	ppb	0.2
Bi	ppm	0.01	Bi	ppb	0.3
Ca	%	0.01	Br	ppm	0.05
Cd	ppm	0.02	Ca	ppm	0.2
Ce	ppm	0.01	Cd	ppb	0.2
Co	ppm	0.1	Ce	ppb	0.1
Cr	ppm	1	Co	ppb	0.3
Cs	ppm	0.05	Cr	ppb	1
Cu	ppm	0.2	Cs	ppb	0.1
Fe	%	0.01	Cu	ppb	1
Ga	ppm	0.05	Dy	ppb	0.1
Ge	ppm	0.05	Er	ppb	0.1
Hf	ppm	0.1	Eu	ppb	0.1
In	ppm	0.005	Fe	ppm	0.1
K	%	0.01	Ga	ppb	0.5
La	ppm	0.5	Gd	ppb	0.1
Li	ppm	0.2	Ge	ppb	0.1
Mg	%	0.01	Hf	ppb	0.05
Mn	ppm	5	Hg	ppb	0.1
Mo	ppm	0.05	Ho	ppb	0.1
Na	%	0.01	I	ppm	0.01
Nb	ppm	0.1	In	ppb	0.1
Ni	ppm	0.1	La	ppb	0.1

P	ppm	10	Li	ppb	0.2
Pb	ppm	0.5	Lu	ppb	0.1
Rb	ppm	0.1	Mg	ppm	0.01
Re	ppm	0.002	Mn	ppm	0.01
S	%	0.01	Mo	ppb	0.5
Sb	ppm	0.05	Nb	ppb	0.1
Sc	ppm	0.1	Nd	ppb	0.1
Se	ppm	1	Ni	ppb	1
Sn	ppm	0.2	Pb	ppb	0.1
Sr	ppm	0.2	Pd	ppb	0.05
Ta	ppm	0.05	Pr	ppb	0.1
Te	ppm	0.05	Pt	ppb	0.1
Th	ppm	0.01	Rb	ppb	0.1
Ti	%	0.005	Re	ppb	0.01
Tl	ppm	0.02	Sb	ppb	0.5
U	ppm	0.1	Sc	ppb	1
V	ppm	1	Se	ppb	2
W	ppm	0.1	Sm	ppb	0.1
Y	ppm	0.1	Sn	ppb	0.2
Zn	ppm	2	Sr	ppb	1
Zr	ppm	0.5	Ta	ppb	0.05
			Tb	ppb	0.1
			Te	ppb	0.5
			Th	ppb	0.02
			Ti	ppb	5
			Tl	ppb	0.05
			Tm	ppb	0.1
			U	ppb	0.05
			W	ppb	0.1
			Y	ppb	0.1
			Yb	ppb	0.1
			Zn	ppb	10
			Zr	ppb	0.1

ΦΑΣΗ Α

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΚΠΛΥΣΗΣ

		Δείγμα				
Στοιχείο	**Μονάδα μέτρησης**	**SP1**	**SP2**	**SP3**	**SP4**	**SP5**
Ag	ppb	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
As	ppb	60.3	91.1	88	104.5	83.6
Au	ppb	0.86	0.62	0.5	0.48	0.51
Ba	ppb	<10	<10	<10	<10	<10
Be	ppb	0.2	0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Bi	ppb	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Br	ppm	14.1	18.1	18.3	19.7	19.6
Ca	ppm	63.5	69.4	73.5	75	79.8
Cd	ppb	0.4	0.2	0.4	0.5	0.5
Ce	ppb	<0.1	0.3	0.1	0.3	0.1
Co	ppb	60.1	50.7	62.1	59.1	65
Cr	ppb	11	19	17	20	14
Cs	ppb	1.2	1.4	1.3	1.7	1.7
Cu	ppb	255	151	119	110	335
Dy	ppb	0.9	0.8	0.8	0.8	0.9
Er	ppb	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5
Eu	ppb	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2
Fe	ppm	17.6	29.5	26.5	32.1	25
Ga	ppb	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Gd	ppb	1.1	1	0.9	1	1
Ge	ppb	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1
Hf	ppb	<0.05	<0.05	0.05	0.09	<0.05
Hg	ppb	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Ho	ppb	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
I	ppm	0.37	0.45	0.72	1.07	0.94
In	ppb	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

La	ppb	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Li	ppb	29.9	43.4	48.3	50.4	52.1
Lu	ppb	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Mg	ppm	170.5	239	270	289	301
Mn	ppm	2.77	2.78	3.52	3.79	3.67
Mo	ppb	42.8	50	48.4	54	42.6
Nb	ppb	0.1	0.2	0.2	0.3	0.1
Nd	ppb	0.5	0.8	0.6	0.7	0.7
Ni	ppb	165	185	209	198	236
Pb	ppb	847	830	1170	1440	1350
Pd	ppb	<0.05	0.06	<0.05	<0.05	0.05
Pr	ppb	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Pt	ppb	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Rb	ppb	67	84	81.4	81.8	83.7
Re	ppb	0.18	0.11	0.14	0.13	0.13
Sb	ppb	7.6	8.3	9.7	13.1	9.8
Sc	ppb	<1	1	1	1	1
Se	ppb	52	68	77	78	80
Sm	ppb	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5
Sn	ppb	4.6	5.2	4.3	5.3	4.7
Sr	ppb	870	917	1070	1120	1210
Ta	ppb	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Tb	ppb	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Te	ppb	<0.5	0.5	0.6	0.9	0.8
Th	ppb	0.67	0.68	0.63	0.84	0.7
Ti	ppb	10	9	7	9	9
Tl	ppb	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Tm	ppb	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
U	ppb	17.45	19.25	21.5	23.8	19.3
W	ppb	2.5	2.6	2.3	2.4	2.1
Y	ppb	5.2	6.6	5.7	6.7	6.3
Yb	ppb	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5
Zn	ppb	1990	1630	1900	1910	2050
Zr	ppb	5	7.4	7	8.8	7.2

ΦΑΣΗ Α

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ

			Δείγμα		
Εξεταζόμενη παράμετρος	**Μονάδα μέτρησης**	**Όριο ανίχνευσης**	**SP6**	**SP3**	**SP7**
Polycyclic Aromatics Hydrocarbons (PAHs)					
Acenaphthene	mg/kg DW	0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Acenaphthylene	mg/kg DW	0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Anthracene	mg/kg DW	0.010	<0.010	<0.010	**0.014**
Benz(a)anthracene	mg/kg DW	0.010	**0.024**	**0.024**	**0.035**
Benzo(a)pyrene	mg/kg DW	0.010	**0.032**	**0.038**	**0.042**
Benzo(b)fluoranthene	mg/kg DW	0.010	**0.040**	**0.045**	**0.050**
Benzo(g.h.i)perylene	mg/kg DW	0.010	**0.024**	**0.025**	**0.028**
Benzo(k)fluoranthene	mg/kg DW	0.010	**0.016**	**0.018**	**0.019**
Chrysene	mg/kg DW	0.010	**0.024**	**0.025**	**0.036**
Dibenz(a.h)anthracene	mg/kg DW	0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Fluoranthene	mg/kg DW	0.010	**0.056**	**0.060**	**0.079**
Fluorene	mg/kg DW	0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Indeno(1.2.3.cd)pyrene	mg/kg DW	0.010	**0.028**	**0.028**	**0.032**
Naphthalene	mg/kg DW	0.010	<0.010	<0.010	**0.027**
Phenanthrene	mg/kg DW	0.010	**0.016**	**0.023**	**0.048**
Pyrene	mg/kg DW	0.010	**0.047**	**0.050**	**0.064**
Sum of 12 PAH (waste)	mg/kg DW	0.120	**0.308**	**0.338**	**0.472**
Sum of 16 PAH	mg/kg DW	0.160	**0.308**	**0.338**	**0.472**
Sum of carcinogenic PAH	mg/kg DW	0.0700	**0.164**	**0.179**	**0.212**
Sum of other PAH	mg/kg DW	0.0900	**0.143**	**0.159**	**0.260**
				Δείγμα	
Εξεταζόμενη παράμετρος	**Μονάδα μέτρησης**	**Όριο ανίχνευσης**	**SP6**	**SP3**	**SP7**
PCBs					
PCB 101	mg/kg DW	0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030
PCB 118	mg/kg DW	0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030
PCB 138	mg/kg DW	0.0030	<0.0030	<0.0030	**0.0033**

PCB 153	mg/kg DW	0.0020	**0.0026**	**0.0022**	**0.0029**
PCB 180	mg/kg DW	0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030
PCB 28	mg/kg DW	0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030
PCB 52	mg/kg DW	0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030
Sum of 6 PCBs	mg/kg DW	0.0170	<0.0170	<0.0170	<0.0170
Sum of 7 PCBs	mg/kg DW	0.020	<0.020	<0.020	<0.020

ΦΑΣΗ Β

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

Στοιχείο	Μονάδα μέτρησης	SP2_1	SP2_2	SP2_3	SP2_4	SP2_5	SP2_6	SP2_7	SP2_8	SP2_9	SP2_10	SP2_11
Ag	ppm	0,29	0,58	0,49	0,13	0,12	0,12	0,09	0,12	0,1	0,09	0,09
Al	%	1,2	1,8	2,61	3,27	3,07	3,04	2,74	2,98	2,89	2,65	2,17
As	ppm	8,6	9	18,5	18	17,1	15,9	13,7	16,2	15	17,5	18,4
Ba	ppm	70	90	100	150	130	130	110	120	120	110	80
Be	ppm	0,3	0,5	0,79	1,04	0,92	0,9	0,84	0,81	0,84	0,77	0,6
Bi	ppm	0,27	0,44	1,03	0,43	0,34	0,32	0,12	0,18	0,13	0,13	0,13
Ca	%	24,2	25,5	23,8	21,7	21,9	21,6	20,4	21,5	21	21,2	25,1
Cd	ppm	0,11	0,17	0,48	0,15	0,14	0,14	0,08	0,11	0,08	0,1	0,16
Ce	ppm	15,35	20,4	28,3	30,2	28,2	26,2	23,4	23,8	24,6	23,2	18,6
Co	ppm	7,2	8	17	8,7	8,6	10,5	8,6	9,3	10,1	11,7	17,3
Cr	ppm	206	171	340	108	100	162	72	87	82	101	251
Cs	ppm	1,21	1,88	3,53	3,83	3,71	3,71	3,4	3,42	3,45	3,04	2,72
Cu	ppm	59,4	67,4	37,6	29	24,1	21	13,1	15,5	13,5	12,2	12,1
Fe	%	1,41	1,38	2,32	1,87	1,71	1,76	1,48	1,71	1,66	1,64	1,81
Ga	ppm	2,71	3,94	5,86	7,83	7,66	7,33	6,54	6,96	7,01	6,21	5,23
Ge	ppm	0,16	0,16	0,11	0,1	0,1	0,1	0,11	0,1	0,11	0,09	0,08
Hf	ppm	0,3	0,6	0,9	1,1	0,9	0,9	0,7	0,7	0,8	0,7	0,6
In	ppm	0,017	0,024	0,032	0,035	0,033	0,033	0,028	0,03	0,028	0,023	0,024
K	%	0,3	0,5	0,71	1,01	0,97	0,96	0,93	0,94	0,91	0,85	0,63
La	ppm	7,7	9,1	13	15,6	14,6	14,3	12,2	12,7	13,1	11,3	9,4
Li	ppm	9	13,4	18,8	27,2	26,8	26,8	24,9	24,4	25,4	22,5	17,8
Mg	%	1,03	1,34	1,25	1,65	1,61	1,6	1,47	1,62	1,58	1,54	1,28
Mn	ppm	214	205	222	203	188	184	169	198	188	174	173

Mo	ppm	1,65	1,29	2,52	6,74	6,38	12	8,05	10,45	13,05	9,26	5,71
Na	%	0,4	1,33	1,18	1,82	1,82	1,69	1,66	1,76	1,63	1,72	1,14
Nb	ppm	1,9	2,6	4	4,8	4,4	4,2	3,9	3,9	3,9	3,5	3,4
Ni	ppm	92,1	96,7	263	107	90,9	109	75,2	81,3	85,5	97,9	178,5
P	ppm	340	490	290	470	260	230	210	230	250	220	190
Pb	ppm	54,9	77,9	97,9	145,5	75,5	51,6	14,8	23,5	15,7	16,8	14,5
Rb	ppm	13,8	21,4	36,2	50,2	49,2	45,8	44,6	44,2	45,5	39,4	29,5
Re	ppm	0,004	0,012	0,025	0,031	0,04	0,043	0,057	0,06	0,052	0,068	0,07
S	%	0,36	0,63	0,91	1	0,87	0,93	0,83	0,94	0,91	0,94	0,84
Sb	ppm	0,56	0,8	1,05	1,2	1,23	1,38	1,16	1,36	1,04	1,31	1,53
Sc	ppm	3	4,6	6,8	6,4	6,1	6	5,2	5,8	5,8	5,1	5,3
Se	ppm	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	2
Sn	ppm	4	5	3,3	3,8	2,5	1,9	0,9	1,2	0,9	0,8	0,8
Sr	ppm	2540	2710	1740	2630	2580	2480	2380	2400	2370	2260	1450
Ta	ppm	0,13	0,19	0,3	0,35	0,33	0,31	0,27	0,3	0,29	0,25	0,24
Te	ppm	<0,05	<0,05	0,26	0,06	0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Th	ppm	1,85	2,5	3,34	4,14	4,01	3,84	3,34	3,39	3,62	3,27	2,52
Ti	%	0,072	0,099	0,146	0,14	0,127	0,128	0,116	0,122	0,122	0,11	0,11
Tl	ppm	0,18	0,24	0,32	0,32	0,36	0,37	0,35	0,37	0,37	0,4	0,41
U	ppm	2,5	3,5	4,8	8,3	8,1	9,1	10,8	10,3	11,2	10,4	10,4
V	ppm	26	35	51	56	53	57	53	60	58	64	60
W	ppm	0,4	0,3	0,4	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
Y	ppm	7,3	9	12,2	12,7	12,7	11,9	10	11	11,6	10,2	8,3
Zn	ppm	136	178	163	107	87	71	42	53	42	41	41
Zr	ppm	11,7	19,3	27	37,9	32,8	33,3	28,4	27,6	28,9	27,2	23,9
Στοιχείο	**Μονάδα μέτρησης**	**SP3_1**	**SP3_2**	**SP3_3**	**SP3_4**	**SP3_5**	**SP3_6**	**SP3_7**	**SP3_8**	**SP3_9**	**SP3_10**	**SP3_11**
Ag	ppm	0,18	0,45	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05
Al	%	1,37	1,33	2,74	2,51	2,34	2,36	2,2	2,51	2,19	2,03	2,17
As	ppm	11,7	15,4	17,3	16,5	15,4	14,6	12,9	14,2	12,2	12,1	12,1
Ba	ppm	60	80	120	100	90	90	90	100	80	80	80
Be	ppm	0,38	0,48	0,86	0,79	0,7	0,71	0,63	0,77	0,63	0,61	0,59
Bi	ppm	0,22	0,37	0,12	0,12	0,1	0,1	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08
Ca	%	26,4	29	22,3	23,4	23,9	22,9	23,2	23,6	22,8	21,2	22,2
Cd	ppm	0,06	0,4	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,08	0,06
Ce	ppm	17,7	20,9	28,5	26,1	24,2	24,3	22,4	23,6	20,9	20,7	20,3
Co	ppm	6,8	4,6	6,6	6,7	6,6	6,1	6,2	6,5	6,3	6,5	7,6
Cr	ppm	90	74	78	70	62	67	68	75	76	72	95

Cs	ppm	1,25	1,7	3,23	3,04	2,75	2,8	2,57	2,88	2,44	2,33	2,22
Cu	ppm	59	56,2	10,5	10,2	9,6	9,1	8,7	10	8,8	9,1	9,6
Fe	%	1,8	1,1	1,57	1,47	1,43	1,4	1,33	1,48	1,38	1,34	1,49
Ga	ppm	3,37	3,45	6,6	6,29	5,92	5,88	5,53	6,11	5,24	5,12	4,99
Ge	ppm	0,14	0,12	0,11	0,13	0,13	0,18	0,18	0,18	0,15	0,14	0,13
Hf	ppm	0,4	0,5	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6
In	ppm	0,024	0,028	0,028	0,027	0,027	0,025	0,022	0,026	0,02	0,021	0,021
K	%	0,35	0,41	0,86	0,76	0,71	0,72	0,67	0,77	0,66	0,6	0,63
La	ppm	9,3	10,8	14,9	13,5	12,6	12,1	11,3	12,3	10,9	10,5	10,3
Li	ppm	10,5	11,9	23,7	22,2	20,6	20,8	19,5	20,8	17,7	17,1	17,1
Mg	%	1,12	1,03	1,19	1,07	1,11	1,23	1,2	1,33	1,26	1,13	1,18
Mn	ppm	253	154	196	159	195	153	150	171	157	156	179
Mo	ppm	4,44	3,76	27,8	23,7	21	28,3	27,6	30,6	25,5	24,1	21,2
Na	%	1,39	1,16	1,29	1,16	1,25	1,25	1,36	1,32	1,27	1,12	1,14
Nb	ppm	2	2,3	4,2	3,9	3,7	3,8	3,4	3,9	3,5	3,3	3,3
Ni	ppm	53,3	38,9	57,6	57	55,6	57,8	57,1	65,8	63,2	62,4	83,8
P	ppm	340	280	120	100	90	110	100	120	120	90	110
Pb	ppm	46,1	68,2	17,6	12,9	10,7	9,9	8,3	8	7,9	6,6	6,6
Rb	ppm	14,7	19,6	42,6	39,5	36,8	36,3	32,4	36,7	31	29,6	28,1
Re	ppm	0,01	0,028	0,056	0,048	0,056	0,062	0,053	0,047	0,058	0,045	0,041
S	%	0,63	0,78	1,08	0,97	0,92	0,92	0,87	0,89	0,84	0,81	0,85
Sb	ppm	1,22	1,33	1,35	1,2	1,22	1,3	1,13	1,33	1,15	1,17	1,13
Sc	ppm	4,6	3,4	5,3	5,2	5	4,9	4,7	5,1	4,6	4,7	4,8
Se	ppm	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sn	ppm	3,3	4,5	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6
Sr	ppm	3440	3670	3910	3990	3660	3400	3320	3330	3260	3000	3260
Ta	ppm	0,15	0,16	0,3	0,28	0,25	0,28	0,24	0,26	0,25	0,23	0,23
Te	ppm	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Th	ppm	2,47	2,9	4,2	3,73	3,49	3,41	3,07	3,18	2,97	2,77	2,82
Ti	%	0,082	0,076	0,129	0,113	0,11	0,11	0,103	0,118	0,109	0,105	0,116
Tl	ppm	0,16	0,15	0,36	0,35	0,37	0,37	0,35	0,35	0,35	0,33	0,35
U	ppm	4,4	5,6	12,3	11,6	12,1	13,6	12,7	12,9	13,1	11,9	11,3
V	ppm	38	32	57	47	48	48	47	48	48	45	48
W	ppm	0,3	0,2	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
Y	ppm	8,9	9,7	10,9	10,6	9,7	10,7	9,4	10	9,2	8,2	7,9
Zn	ppm	121	305	41	33	32	33	32	36	31	29	31
Zr	ppm	11,5	15,6	30,4	28	29,3	29	25,2	26,3	24	40,2	22,7

Στοιχείο	Μονάδα μέτρησης	SP3_12	SP3_13	SP3_14	SP3_15	SP3_16	SP3_17	SP3_18	SP3_19	SP3_20	SP3_21	SP3_22
Ag	ppm	0,04	0,04	0,03	0,04	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,04
Al	%	2,11	1,78	1,56	2,09	2,17	1,66	2,12	2,09	2,16	2,18	2,51
As	ppm	12,9	11,9	11,2	11	12,7	9	10,9	13,5	12,8	14,2	20
Ba	ppm	80	70	60	80	80	70	80	80	80	70	70
Be	ppm	0,58	0,53	0,46	0,5	0,61	0,51	0,57	0,59	0,54	0,5	0,53
Bi	ppm	0,09	0,07	0,06	0,07	0,08	0,06	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07
Ca	%	24	19,85	22,1	23,4	23,6	24,2	23,8	24,1	22,5	22,9	20,2
Cd	ppm	0,06	0,07	0,06	0,06	0,08	0,06	0,08	0,09	0,08	0,09	0,11
Ce	ppm	20,3	18,6	16,2	18,05	18,95	16,35	19,85	20,3	19,8	19,4	19,45
Co	ppm	6,8	7,3	5,9	6,9	8,3	5,8	7,8	8,3	9,5	10,3	12,6
Cr	ppm	75	75	65	76	99	64	96	107	115	137	165
Cs	ppm	2,28	1,89	1,62	1,76	1,95	1,69	2,07	1,94	1,9	1,54	1,62
Cu	ppm	8,9	8,4	7,5	11,7	11,2	7,8	10,5	9,7	10,9	11,3	13,1
Fe	%	1,39	1,26	1,11	1,5	1,66	1,14	1,46	1,59	1,69	1,83	2,29
Ga	ppm	5,01	4,46	3,88	4,68	5,28	4,12	5,36	5,02	5,23	5,43	6,09
Ge	ppm	0,15	0,12	0,13	0,13	0,14	0,12	0,12	0,12	0,11	0,12	0,09
Hf	ppm	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,7
In	ppm	0,022	0,021	0,017	0,019	0,022	0,018	0,022	0,023	0,02	0,023	0,026
K	%	0,62	0,5	0,44	0,55	0,58	0,49	0,58	0,56	0,55	0,46	0,52
La	ppm	9,9	9,5	8	9,1	9,8	8,1	9,6	10,2	10,1	9,5	10,2
Li	ppm	17,1	15,1	13,5	15	16,9	14,3	18	16,8	16,6	15,5	16,7
Mg	%	1,18	1,01	1	1,2	1,25	1,09	1,27	1,26	1,21	1,25	1,27
Mn	ppm	170	159	159	196	224	163	204	210	208	260	288
Mo	ppm	21,2	15,45	12,2	12,3	14,15	11,8	16,2	12,55	10,5	6,72	7,52
Na	%	1,19	0,96	0,97	1,16	1,07	1	1,07	1,1	1,08	1,05	1,05
Nb	ppm	3,2	3	2,6	3,3	3,7	2,8	3,4	3,5	3,5	3,6	4,1
Ni	ppm	65,4	62,8	48,3	52,6	68,8	50,5	67,4	68,8	80	91,3	90,6
P	ppm	120	100	100	130	120	110	110	120	130	160	160
Pb	ppm	5,9	6,1	4,3	5,1	5	4,1	5,3	5,9	6,1	4,2	5,1
Rb	ppm	29,7	24,4	21,5	23,2	26,1	22,6	27,9	25,5	25,4	21,3	22,7
Re	ppm	0,052	0,037	0,036	0,037	0,042	0,035	0,037	0,057	0,041	0,036	0,049
S	%	0,82	0,69	0,62	0,71	0,73	0,61	0,65	0,78	0,78	0,66	0,8
Sb	ppm	1,19	1	0,98	1,03	1,19	0,91	1,08	1,38	1,17	1,09	1,78
Sc	ppm	4,7	4,7	4,1	4,5	5,6	3,8	5,3	5,3	5,6	7	7,8
Se	ppm	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sn	ppm	0,6	0,5	0,4	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6

Sr	ppm	3600	2990	3520	3650	3560	3820	3640	3490	3230	3350	2670
Ta	ppm	0,21	0,21	0,18	0,24	0,25	0,2	0,23	0,24	0,24	0,24	0,27
Te	ppm	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Th	ppm	2,81	2,45	2,14	2,42	2,5	2,18	2,57	2,62	2,53	2,29	2,36
Ti	%	0,103	0,097	0,086	0,119	0,128	0,093	0,11	0,124	0,131	0,142	0,17
Tl	ppm	0,32	0,3	0,28	0,32	0,36	0,28	0,35	0,37	0,35	0,35	0,38
U	ppm	11,6	9,3	9	9,2	10,2	10,1	11,6	10	8,8	8,1	7,5
V	ppm	45	38	33	42	46	33	41	48	51	53	66
W	ppm	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3
Y	ppm	8,1	7,6	6,9	7,3	8,7	6,6	8,7	9,4	8,8	9,6	10,9
Zn	ppm	30	25	23	29	31	24	30	29	30	31	34
Zr	ppm	23,2	19,3	18,2	18,3	20,4	17,5	22,3	26,7	21,2	18,2	19,7
Στοιχείο	**Μονάδα μέτρησης**	**SP3_23**	**SP3_24**	**SP3_25**	**SP3_26**	**SP3_27**	**SP3_28**	**SP3_29**	**SP3_30**	**SP3_31**		
Ag	ppm	0,04	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02		
Al	%	3,29	3,04	2,8	3,08	2,98	2,69	1,75	1,51	1,6		
As	ppm	19,8	22,3	18,4	8,7	4,9	8	3,8	1,6	1,4		
Ba	ppm	80	80	100	120	120	110	80	60	80		
Be	ppm	0,54	0,6	0,69	0,85	0,87	0,76	0,52	0,39	0,44		
Bi	ppm	0,07	0,07	0,09	0,12	0,11	0,09	0,06	0,05	0,06		
Ca	%	19,9	19,85	20,9	19,95	21,2	23,9	27,2	29	30,6		
Cd	ppm	0,14	0,13	0,15	0,18	0,18	0,16	0,13	0,09	0,1		
Ce	ppm	24,7	22,7	26,8	31,8	30,8	26	18,9	15,1	16,15		
Co	ppm	17,8	14,6	13,5	30,6	18,4	27,9	14,8	8,2	7,4		
Cr	ppm	292	186	148	83	70	91	47	41	41		
Cs	ppm	1,43	1,57	2,02	2,02	2,07	1,89	1,24	0,9	0,98		
Cu	ppm	16,7	16,7	15,7	15,5	12,9	12,7	8,8	9	11,3		
Fe	%	3,21	2,99	2,26	1,94	1,68	1,65	1,04	0,99	1,11		
Ga	ppm	8,11	7,31	6,9	7,27	7,17	6,08	4,12	3,78	3,91		
Ge	ppm	0,09	0,09	0,1	0,13	0,14	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		
Hf	ppm	0,4	0,8	0,8	1	1	1	0,6	0,4	0,4		
In	ppm	0,034	0,03	0,028	0,03	0,032	0,029	0,021	0,018	0,021		
K	%	0,55	0,57	0,72	0,85	0,87	0,75	0,49	0,33	0,37		
La	ppm	12,5	11,4	13,7	15,7	15,5	13,3	9,4	6,8	7,3		
Li	ppm	16	17,3	18,5	19	18,6	15,6	11,1	9,1	9,2		
Mg	%	1,35	1,43	1,34	1,34	1,19	1,15	0,85	0,74	0,72		
Mn	ppm	477	348	281	254	229	269	198	213	194		
Mo	ppm	5,28	4,13	4,62	0,61	0,28	0,76	0,29	0,21	0,33		

Na	%	1,11	1,05	0,92	0,72	0,68	0,74	0,56	0,55	0,56
Nb	ppm	5,3	4,7	5,2	5,7	6	5,1	3,4	3,1	3,5
Ni	ppm	118,5	92	80,7	63,3	52,5	68,7	35,1	30,1	32,5
P	ppm	380	220	160	150	140	140	100	70	50
Pb	ppm	5,3	5,2	6,4	7,2	7,1	6,5	4,3	3,5	4,3
Rb	ppm	19,8	22,9	30,2	33,7	33,8	29,9	18,9	11,9	13,3
Re	ppm	0,048	0,042	0,032	0,011	0,003	0,011	0,004	0,002	<0,002
S	%	0,84	0,94	0,74	0,29	0,16	0,24	0,14	0,08	0,07
Sb	ppm	1,67	1,53	1,32	0,74	0,58	0,64	0,34	0,26	0,26
Sc	ppm	9,8	10	7,7	7,5	6,6	6,4	4,3	4,5	4,5
Se	ppm	1	1	1	1	<1	<1	1	1	1
Sn	ppm	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,7	0,5	0,4	0,5
Sr	ppm	2240	1820	1920	614	567	791	654	555	503
Ta	ppm	0,36	0,33	0,36	0,39	0,4	0,4	0,27	0,24	0,26
Te	ppm	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Th	ppm	2,52	2,48	3,1	3,88	3,89	3,39	2,35	1,69	1,76
Ti	%	0,248	0,22	0,188	0,19	0,189	0,176	0,113	0,11	0,122
Tl	ppm	0,34	0,32	0,36	0,23	0,26	0,43	0,37	0,2	0,14
U	ppm	7,8	6,5	6,9	5,8	5,2	6,1	4,4	3,7	2
V	ppm	86	81	63	55	50	48	31	34	34
W	ppm	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3
Y	ppm	12,7	12	11,2	11,3	11,4	8,9	6,3	5,6	5,7
Zn	ppm	41	40	37	37	35	33	21	19	25
Zr	ppm	14,1	21,5	29,3	38,1	39,6	35,3	21,3	14,7	17,3

Στοιχείο	**Μονάδα μέτρησης**	**SP4_1**	**SP4_2**	**SP4_3**	**SP4_4**	**SP4_5**	**SP4_6**	**SP4_7**	**SP4_8**	**SP4_9**	**SP4_10**	**SP4_11**	**SP4_12**	**SP4_13**
Ag	ppm	1,71	1,97	1,39	0,42	0,02	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
Al	%	2,49	1,82	1,58	1,46	1,29	1,78	1,33	1,27	1,16	0,97	1,04	1,06	1,1
As	ppm	31	37,1	29,3	19,9	18,6	19,5	18	19,6	21,8	18,9	18,9	18,4	5,1
Ba	ppm	240	230	150	100	60	80	60	60	60	50	60	60	60
Be	ppm	0,85	0,63	0,62	0,5	0,48	0,67	0,49	0,45	0,41	0,35	0,38	0,33	0,39
Bi	ppm	1,83	1,75	2,8	0,5	0,07	0,09	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,05	0,04
Ca	%	21,8	24,2	23,6	25	23,9	26,3	25,5	27,6	27,3	25,6	26,8	27,2	27,8
Cd	ppm	0,35	0,73	0,67	0,13	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,09	0,1
Ce	ppm	28,3	25,8	23,7	20,5	19,5	24	20,7	18,65	17,8	21,4	17,2	18,25	17
Co	ppm	9,4	7,7	7,2	5,3	4,6	6,1	5,2	4,5	4,8	4	4,1	3,5	2,6
Cr	ppm	237	198	147	81	48	58	48	43	45	38	39	42	44
Cs	ppm	3,09	2,05	1,81	1,68	1,52	2,09	1,54	1,44	1,27	1,09	1,14	1,02	1,26

Cu	ppm	313	283	132,5	44,1	5,9	6,7	5,9	5,3	5,5	4,6	4,9	4,6	5
Fe	%	2,62	2,28	1,71	1,21	0,88	1,21	0,97	0,99	1	0,87	0,97	0,96	0,64
Ga	ppm	5,89	4,1	3,79	3,39	3,05	4,23	3,29	2,97	2,63	2,35	2,48	2,32	2,69
Ge	ppm	0,07	0,05	0,05	0,05	<0,05	0,05	0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06
Hf	ppm	0,8	0,5	0,5	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4
In	ppm	0,074	0,063	0,038	0,025	0,014	0,021	0,016	0,014	0,014	0,012	0,012	0,012	0,012
K	%	0,74	0,54	0,47	0,47	0,4	0,57	0,44	0,42	0,38	0,32	0,35	0,35	0,36
La	ppm	15,6	14,6	13,9	11,2	9,9	13	10,7	9,9	9,3	11,9	9,1	9,5	8,2
Li	ppm	21,1	14,8	14	13,5	12,6	17,2	13,5	12,3	11,3	9,4	10,1	8,9	8,1
Mg	%	1,77	1,67	1,5	1,56	1,42	1,66	1,5	1,58	1,51	1,33	1,39	1,39	0,96
Mn	ppm	291	275	238	199	161	214	181	184	174	147	156	160	117
Mo	ppm	1,49	2,09	3,73	1,44	1,06	1,94	2,35	1,97	1,96	1,95	2	1,77	1,61
Na	%	1,54	1,33	1,09	1	0,79	0,99	0,9	0,88	0,84	0,81	0,81	0,7	0,79
Nb	ppm	4,2	3	3	2,4	2,1	3	2,2	2,1	2	1,8	1,9	2,1	2,6
Ni	ppm	92,6	66,9	57,4	42,7	36,2	42,8	36,5	31	34,7	26,6	28,9	25,4	27
P	ppm	680	660	470	280	140	160	140	150	160	140	140	130	70
Pb	ppm	290	334	237	77,2	14,7	23,4	18,2	12	12,8	8,2	7,1	5,4	3,6
Rb	ppm	36,1	24	21,7	21,5	19,8	27,2	20,8	18,5	15,3	13,2	14,2	12,9	15,2
Re	ppm	0,011	0,014	0,015	0,019	0,021	0,013	0,014	0,016	0,022	0,02	0,019	0,017	0,012
S	%	0,69	1,02	1,09	0,64	0,46	0,59	0,55	0,57	0,56	0,52	0,56	0,55	0,34
Sb	ppm	1,88	1,89	1,64	0,97	0,84	0,51	0,55	0,58	0,78	0,71	0,92	0,83	0,56
Sc	ppm	5,5	4	3,7	3,1	2,7	3,6	2,9	2,6	2,3	2	2,1	2	2,4
Se	ppm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sn	ppm	13,3	12,3	6,5	3,2	0,5	0,6	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4
Sr	ppm	1740	2370	2280	2630	2560	2680	2740	2890	2750	2550	2500	2470	2670
Ta	ppm	0,32	0,24	0,23	0,18	0,16	0,23	0,17	0,16	0,18	0,14	0,14	0,17	0,18
Te	ppm	0,14	0,11	0,22	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Th	ppm	3,63	3,05	2,83	2,63	2,45	3,24	2,59	2,25	2,25	2,66	1,94	2,08	1,99
Ti	%	0,133	0,102	0,085	0,074	0,061	0,088	0,064	0,062	0,06	0,051	0,056	0,062	0,068
Tl	ppm	0,34	0,38	0,35	0,31	0,29	0,35	0,32	0,28	0,32	0,26	0,27	0,25	0,13
U	ppm	3,5	3,7	4,1	5,1	4,8	6	4,6	5	5,7	6,6	7,9	10,1	11,4
V	ppm	51	41	33	28	23	26	21	19	21	18	20	18	21
W	ppm	0,6	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Y	ppm	13,8	13	12,9	9,6	8,8	11,8	10,3	9,1	8,7	7,6	7,9	7,4	7,2
Zn	ppm	679	872	327	137	21	29	22	21	21	17	18	18	19
Zr	ppm	29,6	19,3	18,2	15,6	14,4	23,9	16,1	13,4	12,7	10,9	11,3	12,2	15,7

ΦΑΣΗ Β

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΚΠΛΥΣΗΣ

		Δείγμα						
Στοιχείο	**Μονάδα μέτρησης**	**SP2_1L 0.03m**	**SP2_2L 0.26m**	**SP2_3L 0.47m**	**SP2_4L 0.76m**	**SP2_5L 1.01m**	**SP2_6L 1.41m**	**SP3_1L 0.03m**
Ag	ppb	58,9	106,5	16,9	16,1	15,3	16,1	33
As	ppb	25,9	20,6	30,2	31,9	33,5	32,5	20,8
Au	ppb	3,49	3,9	2,06	0,23	0,23	0,41	1,94
Ba	ppb	<10	<10	10	<10	<10	<10	<10
Be	ppb	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	<0,2	0,2
Bi	ppb	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Br	ppm	20	21,2	33	31,9	32	23,3	23,9
Ca	ppm	235	344	360	363	337	321	339
Cd	ppb	6	34,9	14	7,3	6,2	22,5	3,7
Ce	ppb	0,2	0,4	0,2	0,3	0,2	<0,1	0,1
Co	ppb	59	193,5	273	272	335	1130	67,2
Cr	ppb	18	15	14	11	12	9	12
Cs	ppb	4,1	4,1	5,4	5,5	5,3	3,6	3,6
Cu	ppb	13000	7360	6630	2140	1950	1450	13800
Dy	ppb	0,8	1	1,2	1,3	1,2	0,9	0,8
Er	ppb	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3
Eu	ppb	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
Fe	ppm	2,7	2,8	2,4	1,8	2,3	1,9	2,9
Ga	ppb	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Gd	ppb	0,8	1,2	1,1	1,1	1	0,8	0,7
Ge	ppb	<0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Hf	ppb	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,05	0,06
Hg	ppb	1,1	0,6	0,3	0,1	0,1	0,1	1
Ho	ppb	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
I	ppm	0,44	0,19	0,36	0,2	0,2	0,12	0,34
In	ppb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
La	ppb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Li	ppb	52,6	63,2	137,5	166	172,5	119,5	116

Lu	ppb	<0,1	<0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1
Mg	ppm	336	399	659	648	656	471	439
Mn	ppm	0,87	0,34	1,32	0,42	0,34	0,37	1,62
Mo	ppb	78,6	222	1765	3320	3030	1155	71,2
Nb	ppb	0,1	0,1	0,1	0,7	0,9	0,5	0,1
Nd	ppb	0,6	1,1	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4
Ni	ppb	679	4440	2770	3930	4080	9930	484
Pb	ppb	933	2230	3470	476	382	102	435
Pd	ppb	<0,05	0,1	0,1	0,09	0,08	0,17	<0,05
Pr	ppb	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1
Pt	ppb	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
Rb	ppb	159,5	236	260	249	256	209	138
Re	ppb	0,61	2,75	2,46	3,29	3,65	5,68	0,67
Sb	ppb	5,2	5,3	14,8	15,5	17,6	12,6	4,2
Sc	ppb	1	1	1	1	1	1	2
Se	ppb	83	84	137	128	127	99	98
Sm	ppb	0,4	0,7	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
Sn	ppb	3,8	0,5	0,8	<0,2	<0,2	<0,2	2,4
Sr	ppb	3190	5050	5700	5430	5260	4100	4880
Ta	ppb	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tb	ppb	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
Te	ppb	<0,5	<0,5	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Th	ppb	0,14	0,16	0,17	0,19	0,19	0,1	0,12
Ti	ppb	8	6	12	11	18	6	13
Tl	ppb	0,3	1,16	1,16	1,73	1,79	16,8	0,93
Tm	ppb	<0,1	<0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1
U	ppb	11,25	20	18,2	19,85	20,7	27,8	10,6
W	ppb	0,6	0,2	1,8	1,5	1,1	0,4	0,7
Y	ppb	4,7	7,2	7,3	7,8	7,8	5,8	5,1
Yb	ppb	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3
Zn	ppb	5250	6770	4790	550	200	390	4280
Zr	ppb	3,3	3,7	3,5	2,2	2,8	2	3,3
		Δείγμα						
Στοιχείο	**Μονάδα μέτρησης**	**SP3_2L 0.33m**	**SP3_3L 1.05m**	**SP3_4L 1.96m**	**SP3_5L 2.81m**	**SP3_6L 3.46m**	**SP3_7L 3.71m**	**SP3_8L 4.16m**
Ag	ppb	10,5	8,1	7,5	8,1	2,9	2,4	0,9

As	ppb	15,3	12,3	13,5	13,5	23	30,5	18,5
Au	ppb	0,14	0,09	0,09	0,1	0,14	0,6	0,59
Ba	ppb	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Be	ppb	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Bi	ppb	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Br	ppm	28,8	26,8	28,7	25	15,8	14,65	14,5
Ca	ppm	517	392	423	443	452	166	124,5
Cd	ppb	5,1	6,3	4,7	4,9	8,8	15,3	2,5
Ce	ppb	0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,6	0,2
Co	ppb	264	246	295	229	312	7620	1805
Cr	ppb	16	19	23	22	10	2	3
Cs	ppb	5,8	5,2	5,2	4,6	3,2	4,2	1,8
Cu	ppb	1700	1260	1420	1490	2350	3510	2120
Dy	ppb	1,6	1,3	1,2	0,7	0,4	2,3	0,6
Er	ppb	0,7	0,6	0,5	0,3	0,2	0,8	0,2
Eu	ppb	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,6	0,1
Fe	ppm	2	2	2,3	2,4	3	0,4	0,2
Ga	ppb	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Gd	ppb	1,5	1,1	0,9	0,6	0,4	3	0,5
Ge	ppb	0,1	0,2	0,2	0,2	<0,1	0,1	0,1
Hf	ppb	0,08	0,06	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hg	ppb	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,3	1,3
Ho	ppb	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1
I	ppm	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,06
In	ppb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
La	ppb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1
Li	ppb	177	172,5	166,5	146,5	49,6	55,7	64,7
Lu	ppb	0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1
Mg	ppm	546	561	557	476	268	306	288
Mn	ppm	0,65	0,58	0,67	0,87	0,47	0,77	0,53
Mo	ppb	6720	7090	7670	3200	388	57,5	85,5
Nb	ppb	1,2	0,9	1	0,9	0,1	<0,1	<0,1
Nd	ppb	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	3,5	0,5
Ni	ppb	4150	3640	4700	4220	3920	5560	1190
Pb	ppb	84,5	33,2	18	8,6	1,6	94,6	31,1
Pd	ppb	0,07	0,1	0,06	0,1	0,08	0,19	0,18

Pr	ppb	0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,4	0,1
Pt	ppb	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
Rb	ppb	276	249	274	260	194,5	361	193,5
Re	ppb	3,27	3,13	3,47	4,58	14,7	4,16	1,2
Sb	ppb	11,3	10,3	14,6	14,8	12,1	9,5	8,8
Sc	ppb	1	1	1	1	1	1	1
Se	ppb	116	123	115	100	54	63	61
Sm	ppb	0,6	0,4	0,4	0,3	0,2	2,2	0,4
Sn	ppb	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Sr	ppb	7550	5930	6470	6590	6120	2010	1560
Ta	ppb	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tb	ppb	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,4	0,1
Te	ppb	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Th	ppb	0,17	0,12	0,12	0,08	0,06	0,16	0,09
Ti	ppb	11	14	12	10	7	<5	<5
Tl	ppb	1,84	2,22	2,13	1,81	1,47	6,64	25,3
Tm	ppb	0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1
U	ppb	32,6	35,8	37,7	31,1	34,7	18,7	60,3
W	ppb	0,4	0,5	0,5	0,2	<0,1	0,1	0,1
Y	ppb	11	8,6	7,5	4,4	2,1	11,5	2,8
Yb	ppb	0,6	0,5	0,5	0,3	0,2	0,6	0,3
Zn	ppb	170	140	140	50	20	180	420
Zr	ppb	2,3	1,8	2,5	5,1	2,3	0,6	0,4
		Δείγμα						
Στοιχείο	**Μονάδα μέτρησης**	**SP4_1L 0.03m**	**SP4_2L 0.31m**	**SP4_3L 0.48m**	**SP4_4L 0.66m**	**SP4_5L 1.39m**		
Ag	ppb	13,8	158	7,2	5,5	1,8		
As	ppb	23,4	33,7	68,8	26	26,6		
Au	ppb	12,75	12	0,16	0,18	0,07		
Ba	ppb	10	20	<10	<10	<10		
Be	ppb	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2		
Bi	ppb	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3		
Br	ppm	26,9	25,7	22,7	21,9	17,95		
Ca	ppm	381	421	260	256	327		
Cd	ppb	11,2	39	2,9	2	1,2		
Ce	ppb	0,4	0,4	0,1	0,4	0,2		

Co	ppb	175	63,3	84,5	77,4	44,2
Cr	ppb	19	29	7	6	6
Cs	ppb	3,7	4,9	4,2	4,1	3,5
Cu	ppb	18900	15450	970	871	515
Dy	ppb	0,9	1,1	0,9	1,5	1,1
Er	ppb	0,4	0,5	0,4	0,6	0,5
Eu	ppb	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2
Fe	ppm	6,6	4,7	1,9	1,4	1,8
Ga	ppb	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Gd	ppb	0,8	1,1	0,9	1,6	1
Ge	ppb	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
Hf	ppb	0,07	0,11	0,05	<0,05	<0,05
Hg	ppb	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1
Ho	ppb	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2
I	ppm	0,51	0,2	0,12	0,08	0,04
In	ppb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
La	ppb	0,1	0,6	<0,1	<0,1	<0,1
Li	ppb	76	107	135,5	128	90,3
Lu	ppb	0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1
Mg	ppm	522	520	414	411	354
Mn	ppm	2,06	0,71	0,56	0,28	0,21
Mo	ppb	67,3	360	391	820	537
Nb	ppb	0,1	0,1	0,8	0,4	0,3
Nd	ppb	0,7	1	0,8	1,4	0,9
Ni	ppb	642	1760	2250	1790	1270
Pb	ppb	2780	2920	317	504	31,8
Pd	ppb	0,12	0,08	0,08	0,06	<0,05
Pr	ppb	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Pt	ppb	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Rb	ppb	205	220	214	231	201
Re	ppb	0,36	1,56	3	2,04	4,59
Sb	ppb	13,4	15,3	34,3	13,9	12,9
Sc	ppb	2	1	1	1	1
Se	ppb	111	109	109	94	83
Sm	ppb	0,4	0,7	0,6	0,9	0,6
Sn	ppb	12,1	3,1	<0,2	<0,2	<0,2

Sr	ppb	5570	6420	3660	3630	4370
Ta	ppb	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tb	ppb	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Te	ppb	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Th	ppb	0,23	0,16	0,1	0,12	0,13
Ti	ppb	9	10	8	8	7
Tl	ppb	1,67	1,16	0,43	0,22	0,22
Tm	ppb	0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1
U	ppb	8,06	19,95	33	23,2	69,9
W	ppb	1,5	0,7	0,4	0,1	0,1
Y	ppb	5,7	7	5,5	8,5	6
Yb	ppb	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4
Zn	ppb	11300	9600	140	90	50
Zr	ppb	4,5	5,3	3,3	2,7	2,9