

Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΕΜΒΛΗΜΑ ΓΕΩΥΦΟΚΟΜΙΑΣ - ΑΛΙΕΙΑΣ

ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ, ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ
ΚΑΙ ΓΕΩΧΗΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΤΗΣ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑΣ
ΤΟΥ ΠΑΪΣΙΑ

Επιμέλεια:

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΞΕΝΟΣ

Συγγραφή:

ΚΑΡΕΤΑΝΑΚΗΣ ΠΑΝΤΕΛΗΣ

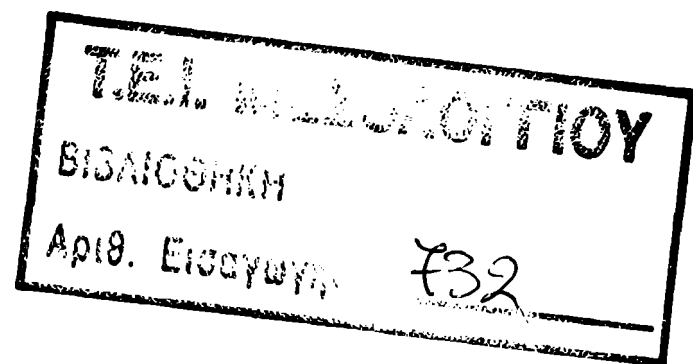
ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΣΠΗΛΙΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΜΕΣΣΟΛΟΓΓΙ 2000

Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΧΘΥΟΚΟΜΙΑΣ – ΑΛΙΕΙΑΣ

ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ, ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΧΗΜΙΚΗ
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑΣ ΤΟΥ ΠΑΠΙΑ



Εισηγητής: ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΞΕΝΟΣ

Συγγραφείς:

ΚΑΠΕΤΑΝΑΚΗΣ ΠΑΝΤΕΛΗΣ
ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ
ΣΠΗΛΙΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2000

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

▶ ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	Σελ. 01
▶ ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Σελ. 02
▶ ΕΙΣΑΓΩΓΗ	Σελ. 04
• 1) Βαρέα Μέταλλα σε Ιζήματα Παράκτιων Περιβαλλόντων και Κόλπων του Ελληνικού και μη χώρου.	Σελ. 04
◆ Παγασητικός I	Σελ. 04
◆ Παγασητικός II	Σελ. 07
◆ Θερμαϊκός	Σελ. 08
◆ Σαρωνικός	Σελ. 11
◆ Άνω Σαρωνικός	Σελ. 12
◆ Συγκριτική Μελέτη και μη ιζημάτων (Θερμαϊκός, Παγασητικός και Ανατολικό Αιγαίο)	Σελ. 13
◆ Κορινθιακός	Σελ. 14
◆ Ανατολικό Αιγαίο	Σελ. 18
◆ Κόλπος Ναυαρίνου I	Σελ. 20
◆ Κόλπος Ναυαρίνου II	Σελ. 23
◆ Νότιος Ευβοϊκός (SEG)- Βόρεια κόλπου Πεταλίου (NPG)-Νότια κόλπου Πεταλίου (SPG)	Σελ. 27

◆ Ευβοϊκός κόλπος – Πορθμός Ευρίπου (παλίρροια)	Σελ. 28
◆ Κόλπος της Καλαμάτας	Σελ. 30
◆ Λιμάνι Πειραιά – Κόλπος Ελευσίνας (επιδράσεις αστικών και βιομηχανικών λυμάτων)	Σελ. 33
◆ Lake Mariut	Σελ. 34
◆ Δέλτα του ποταμού KRKA, Ανατολική Αδριατική ακτή, Γιουγκοσλαβία	Σελ. 37
◆ Βόρειος Αδριατική (μέταλλα σε ιζήματα που προέρχονται από διαφορετικό περιβάλλον σε κάθε περίπτωση)	Σελ. 40
• 2) Καταγραφή πυθμένα με ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης σε λιμνοθάλασσα περιβάλλοντα.	Σελ. 42
► ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	Σελ. 44
• 1) Εργασία πεδίου	Σελ. 44
◆ Α) Συλλογή δειγμάτων με αρπάγη	Σελ. 44
◆ Β) Ηχοβολιστής	

πλευρικής σάρωσης	Σελ. 44
• 2) Εργαστηριακές Αναλύσεις	Σελ. 54
♦ Α) Κοκκομετρική ανάλυση ιζημάτων με πιπέτα και κόσκινο	Σελ. 54
♦ Β) Γεωχημική ανάλυση	Σελ. 55
• 3) Παραγοντική Ανάλυση	Σελ. 57
♦ Μαθηματική επεξεργασία της Παραγοντικής Ανάλυσης (Factor Analysis)	Σελ. 59
► ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	Σελ. 73
• 1) Παρουσίαση κοκκομετρικών δεδομένων	Σελ. 73
• 2) Εφαρμογή της Παραγοντικής Ανάλυσης (Π.Α.) στον πίνακα των δεδομένων	Σελ. 76
• 3) Γεωχημική Ανάλυση Επιλεγμένων Δειγμάτων Ιζήματος	Σελ. 96
• 4) Αποτύπωση του Πυθμένα της Λιμνοθάλασσας του Πάππα με Ηχοβολιστή Πλευρικής Σάρωσης	Σελ. 98

▶ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	Σελ. 102
▶ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	Σελ. 104

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οι συγγραφείς της παρούσας πτυχιακής εργασίας νοιώθουν την ανάγκη να ευχαριστήσουν κάποιους ανθρώπους για την πολύτιμη βοήθεια και συμπαράσταση τους στην περάτωσή της.

Θέλουμε κατ' αρχήν να ευχαριστήσουμε τον εισηγητή της παρούσης εργασίας και καθηγητή μας κ. Ξένο Κωνσταντίνο για την πολύτιμη βοήθεια του και τη συμπαράσταση του στην ολοκλήρωση αυτής. Επίσης τον κ. Παπαθεοδώρου Γεώργιο του Εργαστηρίου Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας του τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών για τη συμβολή του, την παρουσία του σε όλες τις φάσεις περάτωσης της παρούσας εργασίας και τη χορήγηση πολύτιμου βιβλιογραφικού υλικού. Καθώς επίσης και το ανθρώπινο επιστημονικό δυναμικό του εργαστηρίου για το χρόνο που διέθεσε. Ευχαριστούμε, επίσης, τον κ. Δ. Μπούζο, Γεωλόγο και υποψήφιο Διδάκτορα Ιζηματολογίας του τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών για την προσφορά των ιζηματολογικών δεδομένων

Τέλος θέλουμε να ευχαριστήσουμε μερικούς φίλους και συνάδελφους που ο καθένας με το δικό του τρόπο προσέφερε ώστε η εργασία αυτή να μπορεί να βρίσκεται στα χέρια σας αυτή τη στιγμή. Ευχαριστούμε, λοιπόν, τον Κωνσταντίνου Γεώργιο, την Μήτση Κορίνα, την Μπεσίρη Ματίνα, την Πανάγου Κωνσταντίνα, τη Σταθοπούλου Γεωργία και το Χριστόπουλο Σοφιανό για την αμέριστη συμπαράσταση τους.

ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

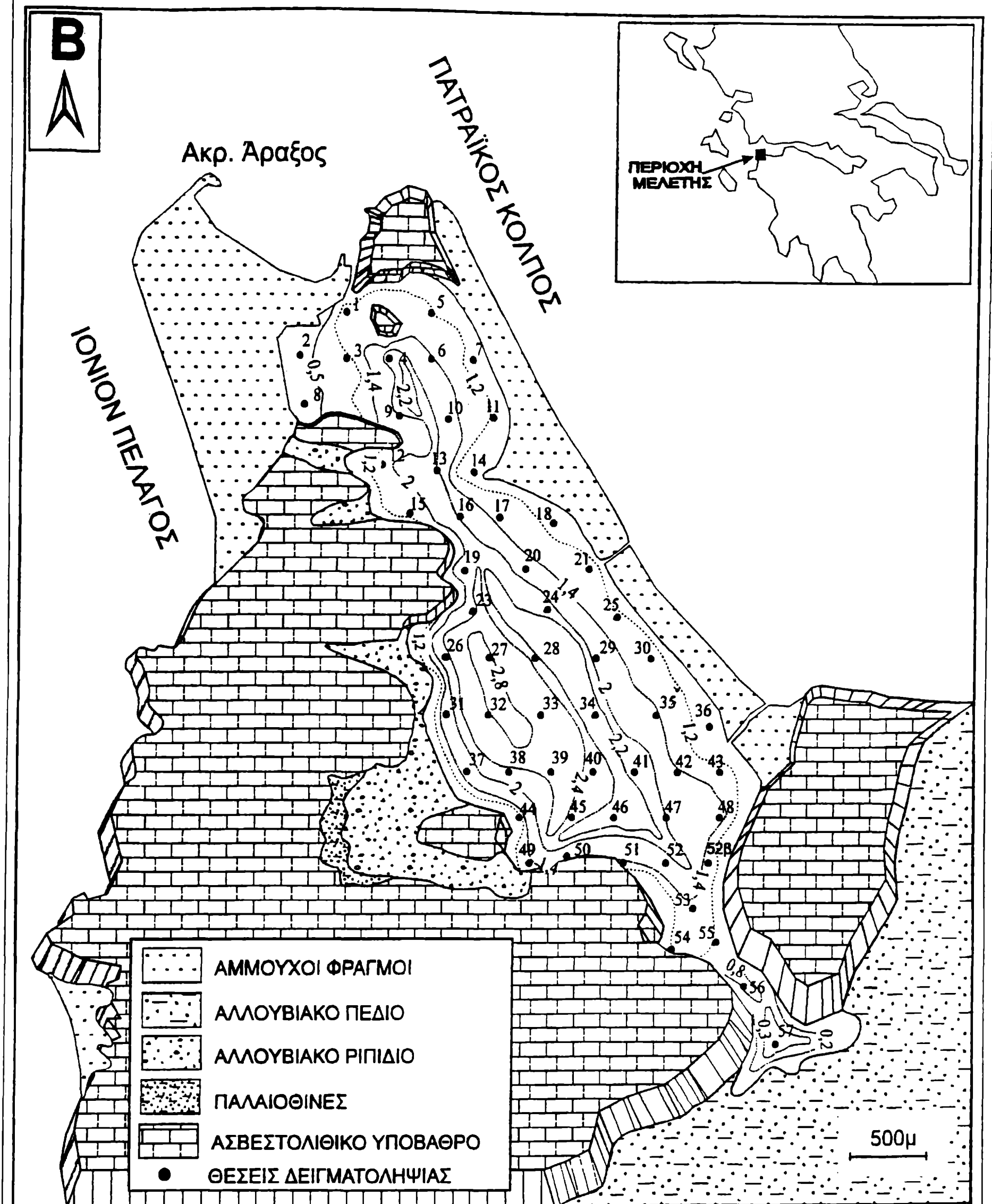
Η εργασία αυτή έχει τριπλό στόχο: (α) τη γεωφυσική διασκόπηση του πυθμένα της λιμνοθάλασσας του Πάππα με ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης, (β) τη στατιστική επεξεργασία με σύνθετες μεθόδους πολυμεταβλητής ανάλυσης των κοκκομετρικών δεδομένων των επιφανειακών ιζημάτων του πυθμένα και τη διερεύνηση της συσχέτισης μεταξύ ιζηματολογικών δεδομένων, και (γ) τη γεωχημική ανάλυση επιλεγμένων δειγμάτων επιφανειακών ιζημάτων.

Αναμφίβολα όμως, απώτερος σκοπός της εργασίας αυτής είναι να συνεισφέρει στην περιορισμένη βιβλιογραφία που αναφέρεται σε λιμνοθάλασσα περιβάλλοντα του Ελληνικού χώρου.

Η περιοχή έρευνας της εργασίας αυτής είναι η λιμνοθάλασσα του Πάππα ή όπως αλλιώς είναι γνωστή, λιμνοθάλασσα της Καλογριάς. Η λιμνοθάλασσα βρίσκεται στο ΒΔ-ικό άκρο της Πελοποννήσου, στα δυτικά του Πατραϊκού κόλπου και νότια του ακρωτηρίου του Άραξου. Τρεις ασβεστολιθικοί όγκοι καθορίζουν το σχήμα της λιμνοθάλασσας που την ορίζουν από Δυτικά, Νοτιοανατολικά και Βόρεια. Ανάμεσα στους όγκους αυτούς συναντάμε χαμηλούς ύψους αμμώδη φράγματα, που την περιορίζουν Βορειοδυτικά από το Ιόνιο πέλαγος και Ανατολικά από τον Πατραϊκό κόλπο. Τέλος η λιμνοθάλασσα περιορίζεται στα Νότια από τα αλλουβιακά πεδία των ποταμοχειμάρριων συστημάτων που αποστραγγίζουν την ευρύτερη περιοχή (Μπούζος & Κοντόπουλος, 1998) (χάρτης 1).

Η λιμνοθάλασσα του Πάππα έχει σχήμα παραλληλογράμμου, με μήκος που φτάνει τα 5km και εύρος το 1,7km, και έκταση τα 6,2km² περίπου. Τέλος η λιμνοθάλασσα του Πάππα είναι σχετικά βαθιά, με μέσο

βάθος 1,8m και αποκτά μεγαλύτερο βάθος όσο κινούμαστε προς τα Δυτικά φτάνοντας τη μέγιστη τιμή των 3m.



Χάρτης 1: ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑΣ ΤΟΥ ΠΑΪΠΑ (περιοχή μελέτης) ΜΕ ΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΟΠΟΥ ΕΓΙΝΑΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΣ

(Μπούζος και Κοντόπουλος, 1998)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1) ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ ΣΕ ΙΖΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΚΟΛΠΩΝ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων σε ιζήματα έχουν προσδιοριστεί σε σημαντικό αριθμό Ελληνικών παράκτιων περιβαλλόντων και κόλπων. Αντίθετα δεν έχουν αναλυθεί, εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων, ιζήματα από λιμνοθαλάσσια περιβάλλοντα. Στα πλαίσια του κεφαλαίου αυτού παρουσιάζονται οι σημαντικότερες εργασίες που έχουν δημοσιευτεί και παρουσιάζουν τις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων σε ιζήματα από τους σημαντικότερους Ελληνικούς κόλπους και παράκτια περιβάλλοντα, καθώς και επιλεγμένες περιοχές από τη διεθνή βιβλιογραφία.

ΠΑΓΑΣΗΤΙΚΟΣ Ι (πηγή: εργασία των Βουτσινού –Ταλιαδούρη και Γεωργακοπούλου-Γρηγοριάδου « *Heavy Metal Concentrations in Surface Sediments from Pagassitikos Gulf, Greece* » *Toxicological and Environmental Chemistry, Vols 20-21, pp. 53-58*) Οι Βουτσίνου-Ταλιαδούρη και Γεωργακοπούλου-Γρηγοριάδου έκαναν μία μελέτη των επιφανειακών ιζημάτων του Παγασητικού κόλπου το 1986. Μελετήθηκαν 19 δείγματα ως προς τη σύνθεση κόκκου, τον περιεχόμενο οργανικό άνθρακα και τις συγκεντρώσεις Pb, Ni, Cr, Cd, Co, Mn, Zn, Cu και Fe. Η περιοχή δειγματοληψίας καλύπτει περίπου 520 Km² με μέσο βάθος τα 70m και μέγιστο τα 100m. Τα δείγματα συλλέχθηκαν με αρπάγη Van Veen και καταψύχθηκαν πριν από την ανάλυση. Κρατήθηκαν δύο μέρη, ένα για την

κοκκομετρική και ένα για τη χημική ανάλυση. Για την κοκκομετρική ανάλυση έγινε εκτίμηση σύμφωνα με την τεχνική Buchanan. Για τον καθορισμό της συγκέντρωσης των μετάλλων έγινε επίδραση με HCl ενώ οι συγκεντρώσεις των στοιχείων προσδιορίστηκαν με φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης.

Το λεπτότερο ίζημα βρέθηκε στην κεντρική και βαθύτερη περιοχή του κόλπου, ενώ το πιο χονδρόκοκκο ίζημα στην ακτή του Βόλου και στο κανάλι Τρίκερη. Σε γενικές γραμμές η συγκέντρωση του οργανικού άνθρακα ήταν υψηλότερη όπου το ίζημα ήταν λεπτόκοκκο. Απ' ότι φαίνεται στα αποτελέσματα υπάρχει μία κοινή τάση οι συγκεντρώσεις των μετάλλων να αυξάνονται παράλληλα. Τη μόνη εξαίρεση αποτελούν ο Cu και ο Zn των οποίων οι αποθέσεις στον κόλπο του Βόλου, αυξάνουν κατά πολύ τη συγκέντρωσή τους. Απ' ότι φαίνεται τα ιζήματα του Παγασητικού είναι πιο χονδρόκοκκα από αυτά του Πατραϊκού αλλά σαφώς πιο λεπτόκοκκα από αυτά της λιμνοθάλασσας του Μεσολογγίου και της Λέσβου. Οι συγκεντρώσεις του οργανικού άνθρακα και των μετάλλων είναι αντίστοιχες με αυτές των άλλων περιοχών.

Σταθμοί	Fe % _o	Mn	Zn	Cr	Ni	Co	Cu	Pb	Cd	Corg %
D ₁	17,4	213	63	84	46	11	23	23	<0,4	0,87
D	15,5	346	66	85	47	10	27	22	<0,4	0,78
H	8,0	226	47	67	33	8	14	23	<0,4	0,69
F	17,6	409	57	109	59	12	16	23	<0,4	0,64
AA	19,5	517	60	119	67	14	22	26	<0,4	0,74
V	21,4	589	64	141	80	16	19	25	<0,4	0,72
FR	19,9	532	56	132	72	15	26	23	<0,4	0,60
U	21,3	724	65	145	88	15	19	26	<0,4	0,66
BA	25,6	1100	65	190	118	20	23	24	<0,4	0,70
T	22,0	833	62	145	100	16	18	24	<0,4	0,78
EA ₁	18,7	727	67	115	83	14	14	22	<0,4	0,66
HA	29,2	3050	70	182	149	23	23	28	<0,4	0,92
IA ₁	29,1	2200	72	222	154	24	24	27	<0,4	0,80
LA	16,1	870	48	103	79	14	13	19	<0,4	0,68
KA	26,0	2000	68	176	146	21	21	28	<0,4	0,73
IA ₃	27,7	2450	68	198	135	22	23	26	<0,4	0,78
NA	24,2	1250	66	187	164	20	21	25	<0,4	0,79
OA	17,7	950	47	133	139	16	13	22	<0,4	0,74
QA	16,5	1250	44	102	227	18	15	25	<0,4	0,67

Συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων (σε mg*kg⁻¹, εκτός του Fe και του Corg) στον Παγασητικό κόλπο (I)

(πηγή: εργασία των Βουτσινού –Ταλιαδούρη και Γεωργακοπούλου-Γρηγοριάδου

«**Heavy Metals Concentrations in Surface Sediments from Pagasitikos Gulf, Greece**»,

από το Toxicological and Enviromental Chemistry, Vols 20-21, pp. 53-58)

ΠΑΓΑΣΗΤΙΚΟΣ ΙΙ (πηγή: εργασία των Βουτσινού – Ταλιαδούρη και Σατσοματζή «*Trace Metals in the Pagassitikos Gulf, Greece*», *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (1982) 15, 221 – 228) Οι Σατσοματζής και Βουτσίνου-Ταλιαδούρη μελέτησαν τα ιζήματα του Παγασητικού κόλπου το 1975 ως προς το μέγεθος κόκκου, τον οργανικό άνθρακα και τις συγκεντρώσεις του Ni, Mn, Cr, Cu, Co, Zn, Fe και Pb. Η μελέτη έγινε σε 50 δείγματα από βάθος που κυμαινόταν περίπου στα 70m. Τα δείγματα λήφθηκαν με αρπάγη Van Veen. Η ανάλυση των μετάλλων έγινε με τη βοήθεια φασματογράφου ατομικής απορρόφησης. Ο οργανικός άνθρακας καθορίστηκε μέσω ενός μείγματος $K_2Cr_2O_7$ και H_2SO_4 σύμφωνα με τη μέθοδο του Gaudette. Για την κοκκομετρία ακολουθήθηκε η διαδικασία του Buchanan. Η μελέτη των αποτελεσμάτων δείχνει ότι η μέση συγκέντρωση σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας τείνει να αυξάνεται με τη λεπτότητα του ιζήματος, ενώ η επίδραση αυτής εξαρτάται κυρίως από τα στοιχεία. Η συγκέντρωση των μετάλλων επίσης συσχετίζεται με το βάθος και την απόσταση από την πλησιέστερη ακτή. Σε γενικές γραμμές, αυτή ποικίλλει, το ίζημα γίνεται λεπτότερο καθώς οι δύο παράμετροι αυτοί αυξάνουν. Μόνο το Mn μοιάζει να επηρεάζεται από την απόσταση, ανεξαρτήτως το ποσοστό της άμμου. Απ' ότι βλέπουμε οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων ακόμα και διπλανών σταθμών δειγματοληψίας ποικίλλουν σημαντικά. Αντιθέτως το ποσοστό άμμου παρουσιάζει μικρή ποικιλότητα ανεξαρτήτως της αποστάσεως των σταθμών δειγματοληψίας. Τα επίπεδα των μετάλλων είναι γενικώς συγκρίσιμα με τα ανά τον κόσμο ποσοστά για αμόλυντες παράκτιες περιοχές, εξαιρουμένων των Ni και Co των οποίων οι συγκεντρώσεις υπολογίστηκαν και βρέθηκαν δύο και τρεις φορές υψηλότερες απ' ότι στις υπόλοιπες περιοχές.

ΘΕΡΜΑΪΚΟΣ (πηγή: εργασία των Βουτσίνου-Ταλιαδούρη και Σατσματζή «*Metals in Polluted Sediments from Thermaikos Gulf, Greece*» *Marine Pollution Bulletin, Vol.14, No 6, pp. 234 – 236, 1983*) Οι Βουτσίνου-Ταλιαδούρη και Σατσματζής το 1976 μελέτησαν το μολυσμένο κόλπο του Θερμαϊκού. Ελήφθησαν δείγματα από 34 σταθμούς με αρπάγη Van Veen και εξετάστηκαν για κοκκομετρία, οργανικό άνθρακα, Fe, Mn, Zn, Cr, Ni, Pb, Cu, Co και Cd. Η κοκκομετρική ανάλυση έγινε με τη μέθοδο του Buchanan. Ο οργανικός άνθρακας μετρήθηκε με τη μέθοδο του Gaudette. Ο καθορισμός των μετάλλων έγινε με φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης σύμφωνα με τη μέθοδο των Σατσματζή και Βουτσίνου-Ταλιαδούρη. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η πλειοψηφία των ιζημάτων των ρηχών νερών περιέχουν τα ίδια υψηλά ποσοστά οργανικού άνθρακα και λάσπης. Επίσης φαίνεται η επίδραση της πόλεως της Θεσσαλονίκης, των βιομηχανιών του λιμανιού και των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα στην ποσότητα και στα είδη των συστατικών που βρέθηκαν στο Θερμαϊκό κόλπο. Τα ποσοστά των συγκεντρώσεων των μετάλλων είναι τα ίδια με αυτά του Πατραϊκού κόλπου και του νότιου Αιγαίου και λιγότερα από αυτά του Παγασητικού.

Σταθμοί	Corg %	Fe ‰	Mn	Zn	Cr	Ni	Pb	Cu	Co	Cd
01	1,48	41,4	750	285	160	103	246	59	22	1,0
02	1,57	43,6	1160	198	150	125	188	60	24	0,8
03	1,46	40,7	1220	208	169	105	102	48	20	0,4
04	1,54	43,6	1240	344	177	127	74	53	24	0,4
05	1,38	45,7	1180	138	174	133	55	47	24	0,4
06	1,52	44,0	1720	169	176	139	87	45	25	0,4
07	0,55	24,7	740	84	140	101	39	20	17	0,3
08	0,57	43,8	1170	173	145	114	35	46	19	0,6
09	1,21	42,9	1190	143	181	137	49	42	24	0,9
10	0,76	45,0	1570	245	165	205	99	46	22	0,8
11	0,98	44,4	1250	209	185	150	101	54	22	5,1
12	1,05	40,6	1180	288	183	137	101	52	23	1,7
13	1,12	44,8	1390	210	182	168	83	46	24	0,7
14	1,03	43,7	1550	166	177	151	74	44	25	0,6
15	0,87	43,7	1310	226	173	304	83	50	25	0,4
16	0,87	36,2	1550	127	133	148	66	38	24	0,4
17	0,85	41,5	1540	281	163	166	64	41	22	0,4
18	1,12	33,9	1230	134	166	147	54	41	20	0,5
19	1,22	41,1	1270	124	208	318	63	43	26	0,4
20	1,02	42,2	2090	162	195	168	73	44	25	0,4
21	0,97	34,9	1720	174	146	174	66	41	23	0,4
22	0,86	46,0	1570	129	213	160	72	46	25	0,4
23	0,78	41,7	1750	131	205	408	68	42	24	0,3
24	0,82	45,2	1860	232	243	183	63	42	25	0,3
25	0,80	39,9	1160	120	148	180	70	35	22	0,3

26	0,88	45,7	1340	112	207	294	53	48	25	0,3
27	0,81	43,4	1390	149	184	194	35	39	23	0,3
28	0,58	23,6	670	112	71	152	45	21	21	0,6
29	0,85	45,2	1450	142	213	229	64	40	24	0,4
30	0,65	36,3	1100	80	158	201	63	30	21	0,3
31	0,78	27,6	470	64	103	104	23	23	12	0,3
32	0,63	40,7	1090	101	190	187	44	32	21	0,3
33	0,34	23,3	700	115	117	115	34	16	15	0,2
34	0,04	15,7	400	41	75	78	18	8	12	0,2

*οι μέσες συγκεντρώσεις υπολογίστηκαν από τις τιμές 3 μηνών

Συγκεντρώσεις των μετάλλων και του Corg στο Θερμαϊκό κόλπο σε ppm (εκτός του Corg και του Fe).

(πηγή: εργασία των Βουτσινού-Ταλιαδούρη και Σατσματζή

«**Metals in Polluted Sediments from Thermaikos Gulf, Greece**»

από το Marine Pollution Bulletin, Vol.14, No 6, pp. 234 – 236, 1983)

ΣΑΡΩΝΙΚΟΣ (πηγή: εργασία της Βουτσίνου-Ταλιαδούρη «*Metal Pollution in Saronikos Gulf*» *Marine pollution Bulletin, Vol. 12, No 5, pp. 163 – 168, 1981*) Η Βουτσίνου-Ταλιαδούρη το 1975 μελέτησε τα ιζήματα του Σαρωνικού και του κόλπου της Ελευσίνας, για Zn, Fe, Cu και οργανικό άνθρακα. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν ο κόλπος της Ελευσίνας, η περιοχή του λιμανιού του Πειραιά και κυρίως ο Σαρωνικός κόλπος. Η περιοχή έχει μεγάλη σημασία λόγω των λυμάτων που καταλήγουν εκεί από την περιοχή των Αθηνών, του λιμανιού του Πειραιά, μεγάλων βιομηχανιών λιπασμάτων και του κόλπου της Ελευσίνας όπου εδρεύουν 30 μεγάλες βιομηχανίες. Η ύπαρξη των παραπάνω καθιστά τον κόλπο εποχιακά ανοξικό. Μελετήθηκαν 87 δείγματα με αρπάγη Van Veen. Τα δείγματα αναλύθηκαν για οργανικό άνθρακα σύμφωνα με τη μέθοδο του Gaudette. Για την ανάλυση των μετάλλων χρησιμοποιήθηκε φασματογράφος ατομικής απορρόφησης. Η παρούσα μελέτη δείχνει ότι όσον αφορά τα μέταλλα και τον οργανικό άνθρακα ο βυθός του κόλπου είχε μία πολύ σημαντική αλλαγή κοντά στο εργοστάσιο λιπασμάτων στην είσοδο του λιμανιού του Πειραιά και στην έξοδο των λυμάτων στον κόλπο της Ελευσίνας. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις παρουσίας μετάλλων βρίσκονται κοντά στο εργοστάσιο λιπασμάτων, ενώ ο οργανικός άνθρακας όπως αναμένεται είναι υψηλότερος στην έξοδο των λυμάτων. Ο κόλπος της Ελευσίνας είναι λιγότερο επιβαρυσμένος ενώ μόνο οι τιμές του σιδήρου είναι 40 φορές υψηλότερες απ' ότι σε άλλες περιοχές καθώς επίσης και οι τιμές του οργανικού άνθρακα που είναι τρεις φορές υψηλότερες. Οι διαφορές που παρουσιάζονται στις διάφορες περιοχές οφείλονται καθαρά σε ανθρωπογενείς λόγους.

ΑΝΩ ΣΑΡΩΝΙΚΟΣ (πηγή: εργασία των A. P. Grimani, M. Vassilaki-Grimani and G. B. Grigs <<Pollution Studies of Trace Elements in Sediments from the Upper Saronikos Gulf, Greece>> *Journal of Radioanalytical Chemistry* vol. 37 (1977), 761-773) Οι Α. Π. Γριμάνης, Μ. Βασιλλάκη-Γριμάνη και G. B. Griggs μελέτησαν την περιοχή του άνω Σαρωνικού κόλπου και πιο συγκεκριμένα τις περιοχές Κερατσινίου και του κόλπου της Ελευσίνας. Για την ακρίβεια στις συγκεκριμένες περιοχές ανιχνεύτηκαν 17 ιχνοστοιχεία (As, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hg, Hf, La, Lu, Rb, Sb, Sc, Sm, Yb, και Zn). Όλα τα παραπάνω στοιχεία σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορούν να αποβούν τοξικά για όλους τους οργανισμούς. Ο σκοπός αυτής της έρευνας είναι α) να εξετάσουμε μια ευρύτερη θαλάσσια περιοχή (πυθμένας) στην οποία αποβάλλονται μολυσμένα νερά, β) να ορίσουμε τα όρια της μολυσμένης περιοχής, γ) να σκιαγραφήσουμε τη διασπορά των ιχνοστοιχείων και τα ακριβή σημεία των πηγών, και δ) να καθορίσουμε καινούργια όρια τοξικότητας και μη τοξικότητας βάση του INAA. Στις αρχές του 1975, 84 δείγματα ιζήματος συλλέχθηκαν από Ελευσίνα, Κερατσίνι και λιμάνι του Πειραιά με αρπάγη. Έπειτα τα δείγματα υποβλήθηκαν σε ακτινοβολία και υποβλήθηκαν σε φασματοφωτομετρία με ακτίνες G. Όπως προαναφέραμε βρέθηκαν συνολικά 17 ιχνοστοιχεία στον άνω Σαρωνικό κόλπο. Η συνολική έκταση των τοξικών και άλλων στοιχείων υπολογίζεται το λιγότερο σε 100 km² πυθμένα. Η αύξηση πέραν των φυσιολογικών επιπέδων κυμαίνεται από δύο φορές έως 200 (As). Οι βασικές πηγές δείχνουν να είναι 1) η βιομηχανική περιοχή στην είσοδο του λιμανιού του Πειραιά, 2) τα απόβλητα που προέρχονται από την περιοχή των Αθηνών, και 3) οι βιομηχανίες που βρίσκονται βορείως και ανατολικά του κόλπου της Ελευσίνας.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΛΥΣΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΜΗ
ΙΖΗΜΑΤΩΝ (ΘΕΡΜΑΪΚΟΣ, ΠΑΓΑΣΗΤΙΚΟΣ ΚΑΙ
ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΑΙΓΑΙΟ) [πηγή: εργασία της F. Voutsinou-Taliadouri

<<*Metal Concentrations in Polluted and Unpolluted Greek Sediments; A comparative study*>> *VI^{es} Journees Etud Pollutiones, Cannes, C.I.E.S.M.(1982)*] Η Βουτσίνου-Ταλιαδούρη πραγματοποίησε συγκριτική μελέτη στα ιζήματα τριών διαφορετικών περιοχών. Οι περιοχές αυτές είναι ο Θερμαϊκός κόλπος, ο Παγασητικός κόλπος και η περιοχή του Ανατολικού Αιγαίου. Οι περιοχές αυτές μελετήθηκαν ως προς τα στοιχεία Cr, Zn, Fe, Cu, Mn, Co, Ni, Pb και Cd. Με την αρπάγη van-Veen έγινε συλλογή δειγμάτων από 30 σταθμούς στο Θερμαϊκό, 47 σταθμούς στον Παγασητικό και 10 σταθμούς στο Ανατολικό Αιγαίο. Για την ανίχνευση και τον ποσοτικό προσδιορισμό των στοιχείων χρησιμοποιήθηκε η διαδικασία που περιγράφηκε από τους Ταλιαδούρη και Σατσματζή. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι περιοχές του Θερμαϊκού που δέχονται βιομηχανικά και οικιακά απόβλητα και αυτές στις οποίες καταλήγουν ο Αξιός και ο Αλιάκμονας, παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις μετάλλων. Αντίθετα με τις βορειότερες αμόλυντες περιοχές. Από την άλλη, αντίθετη εικόνα παρουσιάζεται στον Παγασητικό, όπου ο κόλπος του Βόλου παρουσιάζει χαμηλότερα επίπεδα μετάλλων, σε σχέση με τον υπόλοιπο Παγασητικό. Μπορούμε να πούμε δηλαδή, με εξαίρεση απομονωμένες περιοχές, ότι δεν έχουμε μόλυνση. Τα δείγματα από το Ανατολικό Αιγαίο, με εξαίρεση τα Cr, Mn, και Ni, δείχνουν μια γενικά καθαρή περιοχή. Τελικά η σύγκριση μας δείχνει ότι ο Παγασητικός κόλπος παρουσιάζει τα υψηλότερα επίπεδα μετάλλων και ότι ο Θερμαϊκός κόλπος δεν παρουσιάζει σημαντικές διαφορές από το Ανατολικό Αιγαίο.

ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΣ (πηγή: εργασία των Σ. Π. Βαρνάβα και Γ.

Παπαθεοδώρου «*Marine Mineral Resources in the Eastern Mediterranean Sea I. An Iron, Titanium, Chromium, and Nickel Deposit in the Gulf of Corinth, Greece*» *Marine Mining, Vol. 6, pp. 37-70, 1987*) Οι Βαρνάβας και Παπαθεοδώρου το 1977 μελέτησαν τα επιφανειακά ιζήματα του Κορινθιακού κόλπου σε μία περιοχή 28Km² και σε βάθη από 80 έως 120m. Συγκεκριμένα μελετήθηκε και από οικονομικής πλευράς μία απόθεση Fe, Ti, Cr και Ni. Έγινε κοκκομετρική, γεωχημική και ορυκτολογική ανάλυση των δειγμάτων (λήφθησαν 37 δείγματα, τα 19 με αρπάγη και τα υπόλοιπα 18 με πυρηνοδειγματολήπτη βαρύτητας). Οι χημικές αναλύσεις έγιναν με ατομική απορρόφηση, η κοκκομετρία με τη μέθοδο της πιπέτας και το μέγεθος κόκκου υπολογίστηκε κατά Folk (1974). Τα Fe, Ti, Cr, Ni, Co και Pb συσχετίζονται θετικώς μεταξύ τους και η διασπορά τους στα επιφανειακά δείγματα είναι παρόμοια. Ο βαθμός συσχέτισής και εμπλουτισμού ακολουθεί και αυξάνει σύμφωνα με την ακόλουθη σειρά :

Fe > Ti > Cr > Ni > Co > Pb.

Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις βρέθηκαν σε μία ελλειπτική ζώνη κοντά στο κέντρο του κόλπου και χαμηλότερες δίπλα στο axis.

Κωδικός δείγματος και πυρήνα	Βάθος	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Pb (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Al (%)	CaCO ₃ (%)
11/24	0-1	56,46	9,94	0,372	1602	96	161	926	41	106	9,95	44,08
11/25	3-5	47,88	5,26	0,296	1478	86	147	525	63	68	8,84	32,02
11/26	8-10	59,00	5,38	0,346	1856	108	191	609	78	77	10,95	42,56
11/27	14-16	57,37	4,43	0,374	1829	106	194	647	81	79	11,06	43,42
11/28	25-27	8,18	0,97	0,028	219	35	19	1.157	66	137	9,44	48,30
11/29	31-33	7,71	0,84	0,029	215	36	50	1.199	52	127	9,68	50,32
11/30	37-39	7,71	0,84	0,032	219	36	9	1.202	56	123	9,32	50,32
28/31	0-2	32,79	4,77	0,203	916	72	120	1.107	74	132	9,34	59,36
28/40	3,5-5,5	24,98	3,77	0,136	690	77	121	1.457	64	113	9,24	75,22
28/32	9-11	10,44	0,71	0,026	178	44	89	1.428	49	129	7,57	77,54
28/33	17-19	10,40	0,69	0,044	197	42	60	1.478	66	131	7,33	83,22
28/34	24-26	10,58	0,73	0,033	195	57	57	1.479	52	132	7,34	82,56
28/36	29-31	10,61	0,68	0,000	190	49	54	1.501	49	130	7,26	81,54
28/38	35-37	9,94	0,68	0,034	182	40	57	1.440	57	125	7,40	82,44
28/39	42-44	3,29	0,41	0,016	116	7	00	708	54	71	4,76	73,30
33/41	0-1	19,20	2,64	0,114	564	51	60	1.636	71	154	9,49	66,50
33/42	6-8	9,05	0,85	0,029	225	36	36	1.505	61	132	8,93	72,02
33/43	11-13	8,43	0,88	0,032	217	32	63	1.337	63	136	9,24	68,28
33/44	25-27	8,02	0,84	0,034	269	28	46	1.266	83	139	9,09	78,44
33/46	29-31	8,25	0,82	0,035	366	66	00	1.635	72	138	9,19	83,36
39/47	0-1	27,51	3,75	0,19	807	66	78	1.635	72	143	8,87	48,80

Κωδικός δείγματος και πυρήνα	Βάθος	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Pb (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Al (%)	CaCO ₃ (%)
39/49	10-11	7,81	0,81	0,03	234	41	20	1.298	42	125	9,52	51,08
39/50	16-18	7,85	0,84	0,04	238	39	20	1.329	74	131	9,39	51,34
39/51	23-25	7,68	0,77	0,03	237	31	26	1.326	68	127	9,20	50,32
39/53	36-38	7,82	0,81	0,03	234	39	20	1.328	74	129	9,43	51,20
39/54	41-43	7,92	0,80	0,03	245	51	21	1.355	70	126	9,44	53,06
40/1	0-1	11,20	1,48	0,053	343	53	42	3.372	74	138	9,19	52,76
40/2	1,5-2,5	8,32	0,84	0,031	221	33	21	1.262	72	131	9,31	52,08
40/3	14-17	7,95	0,87	0,034	224	38	42	1.367	70	133	9,56	52,74
40/5	36-37	7,59	0,84	0,035	243	33	22	1.336	67	128	9,15	53,90
21/6	0-1	11,61	0,90	0,025	185	40	45	1.106	32	132	7,39	59,96
21/7	1-2	10,08	0,94	0,035	191	30	43	905	43	99	7,75	53,92
21/8	6,5-8,5	9,19	0,74	0,023	166	34	45	964	43	65	8,04	55,50
21/9	18-20	9,59	0,65	0,026	146	36	30	980	42	107	7,25	66,49
21/10	23-24	10,09	0,67	0,028	151	38	32	1.020	42	109	7,22	68,82
25/11	0-1	8,84	0,97	0,026	185	36	22	1.087	47	122	8,05	55,02
25/12	1,5-3,5	8,15	0,90	0,028	191	40	21	1.044	47	106	8,38	52,96
25/13	6,5-8,5	7,88	0,81	0,031	159	36	43	1.057	43	113	8,11	53,16
25/14	13,5-15,5	7,65	0,74	0,028	135	33	23	1.079	42	107	7,91	57,00
25/15	26-27	7,69	0,76	0,031	160	32	23	1.049	42	107	8,12	56,90
31/16	0-1	52,94	2,55	0,28	1369	94	151	824	72	85	8,71	46,98
31/17	4-6	8,48	0,88	0,04	235	40	40	1.189	70	116	9,70	49,90

Κωδικός δείγματος και πυρήνα	Βάθος	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Pb (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Al (%)	CaCO ₃ (%)
31/18	11-13	7,77	0,79	0,03	223	47	00	1.236	65	124	9,32	50,66
31/19	20-22	7,81	0,85	0,03	224	29	21	1.172	64	126	9,25	51,36
31/20	29-31	7,61	0,84	0,03	227	35	42	1.280	67	100	9,41	52,06
31/22	36-38	7,84	0,84	0,04	239	48	22	1.273	70	133	9,55	54,06
31/23	39-41	5,86	0,61	0,02	174	38	00	957	49	84	7,01	39,08
15/55	0-1	27,87	4,32	0,23	863	63	79	1.297	00	120	9,91	49,36
15/56	1-2	22,86	1,04	0,14	736	57	80	1.828	66	122	9,56	50,12
15/57	11-13	7,72	0,80	0,026	130	38	22	1.225	65	109	9,36	55,34
15/58	18-20	7,46	0,80	0,026	201	31	22	1.226	56	123	9,04	55,22
15/59	26-28	7,52	0,80	0,033	212	48	23	1.253	59	107	8,91	56,10
15/61	34-36	7,56	0,82	0,031	216	34	45	1.237	59	125	8,89	56,12
15/62	40-42	7,59	0,79	0,032	215	34	26	1.259	60	118	8,77	58,62
23/63	0-1	9,02	1,03	0,036	227	42	24	1.222	70	155	8,95	59,90
24/64	0-1	9,27	1,21	0,041	234	30	23	1.361	59	134	8,50	57,32
26/65	0-1	12,35	1,36	0,040	264	45	28	1.960	45	131	7,73	64,80
46/66	0-1	13,44	1,70	0,066	398	49	39	2.596	72	137	9,53	49,04
45/67	0-1	13,04	1,60	0,058	377	44	38	4.663	82	138	9,77	47,70
20/68	0-1	18,43	2,36	0,091	458	51	56	1.461	48	124	7,92	64,64

Chemical composition of metalliferous mud and associated sediments in gravity cores, with results expressed on a carbonate-free basis (πηγή: εργασία των Σ. Π. Βαρνάβα και Γ. Παπαθεοδώρου

«Marine Mineral Resources in the Eastern Mediterranean Sea I. An Iron, Titanium, Chromium, and Nickel Deposit in the Gulf of Corinth, Greece» από το Marine Mining, Vol. 6, pp. 37-70, 1987.

ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΑΙΓΑΙΟ (πηγή: εργασία των Βουτσίνου-Ταλιαδούρη και Σατσματζή «*Concentrations of Some Metals in East Aegean Sediments*» *Rev. Int. Oceanogr. Med. Tomes LXVI-LXVII*) Οι Βουτσίνου-Ταλιαδούρη και Σατσματζής μελέτησαν το 1980 τα ιζήματα του ανατολικού Αιγαίου σε μία περιοχή μήκους 370 km και μέγιστο πλάτος τα 100km. Το βάθος των 10 σταθμών δειγματοληψίας κυμαινόταν από 75 έως 730 m. Έγινε ανάλυση των ιζημάτων για ίχνη μετάλλων, οργανικού άνθρακα, CaCO_3 και μέγεθος κόκκου με σκοπό τη σύγκριση με άλλες μελέτες που έγιναν σε άλλα σημεία του Αρχιπελάγους. Η λήψη των δειγμάτων έγινε με αρπάγη Ponard για τρεις φορές σε κάθε περιοχή. Η κοκκομετρική ανάλυση έγινε σύμφωνα με τον Buchanan. Για τον καθορισμό των μετάλλων ακολουθήθηκαν δύο διαφορετικές χημικές μέθοδοι με HNO_3 η πρώτη και με HCl η δεύτερη. Η χημική ανάλυση έγινε με φασματογράφο ατομικής απορρόφησης και τέλος το ποσοστό του οργανικού άνθρακα υπολογίστηκε με τη μέθοδο του Gaudette. Με σκοπό τη σύγκριση λήφθησαν υπόψη η λεπτότητα του δείγματος και η σύνθεσή του. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η περιοχή δε διέφερε σημαντικά από τους κόλπους του Παγασητικού και του Θερμαϊκού στην Ανατολική Ελλάδα όσον αφορά τις συγκεντρώσεις Ni, Mn, Cr και Cd αλλά παρουσιάζει πολύ χαμηλότερα επίπεδα Fe, Cu, Pb, Co και κυρίως Zn. Τα ιζήματα περιλαμβάνουν υψηλό ποσοστό ανθρακικού ασβεστίου περίπου 59% με αποτέλεσμα να αυξάνεται το μέγεθος κόκκου και να μειώνεται ο οργανικός άνθρακας ενώ το βάθος έχει το αντίθετο αποτέλεσμα.

Σταθμοί	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Μέσος όρος
CaCO₃ (%)	51,2	45,1	59,4	65,8	70,0	50,3	47,4	77,0	59,9	64,0	59,0
Corg (%)	0,38	0,42	0,31	0,30	0,33	0,38	0,47	0,34	0,32	0,28	0,35
Cd c1	0,135	0,119	0,110	0,106	0,141	0,128	0,155	0,136	0,144	0,186	0,136
c2	0,115	0,172	0,154	0,145	0,224	0,124	0,179	0,217	0,159	0,191	0,168
Pb c1	17,9	22,3	18,7	16,6	15,4	22,9	19,3	14,7	10,8	10,0	16,9
c2	19,2	22,4	17,3	15,9	13,5	22,2	19,9	14,0	11,2	11,0	16,6
Cr c1	58	55	82	19	73	106	120	82	94	166	92
c2	57	68	64	52	65	142	157	54	59	144	86
Ni c1	70	92	112	60	86	240	265	98	102	306	143
c2	56	84	93	39	104	219	237	89	100	291	131
Co c1	10,2	11,0	16,6	12,6	14,4	24,6	21,8	15,8	9,8	19,4	15,6
c2	10,0	12,7	15,5	10,8	14,6	24,0	21,2	11,4	7,6	19,8	14,8
Fe c1	24200	26800	22300	20400	17100	37300	40500	13500	13600	25800	24150
c2	21300	24200	21200	23400	17400	30000	32600	14200	16000	24300	22500
Mn c1	340	450	1.330	330	1.030	2.920	1.000	660	270	920	925
c2	310	445	1.290	280	1.050	2.640	900	495	285	920	860
Cu c1	13,5	18,7	17,6	5,6	18,4	30,3	25,4	16,1	12,4	20,9	17,9
c2	11,2	18,1	16,2	4,2	22,0	28,6	22,6	15,6	4,3	23,5	16,6
Zn c1	35,8	39,5	49,9	27,6	33,8	56,0	56,5	28,4	24,0	35,2	38,7
c2	34,6	43,3	36,1	30,8	35,6	54,4	55,5	27,6	24,9	40,0	38,3

Συγκεντρώσεις των μετάλλων σε ppm και το ποσοστό (%) του CaCO₃ και του Corg στους δέκα σταθμούς δειγματοληψίας στο Ανατολικό Αιγαίο (πηγή: εργασία των Βουτσινού-Ταλιαδούρη και Σατσματζή «Concentrations of Some Metals in East Aegean Sediments»)

ΚΟΛΠΟΣ ΤΟΥ ΝΑΥΑΡΙΝΟΥ Ι (ημίκλειστος κόλπος)

(πηγή: εργασία της Φ. Βουτσίνου-Ταλιαδούρη <<Συγκεντρώσεις Βαρέων Μετάλλων σε Επιφανειακά Ιζήματα ενός Ημίκλειστου κόλπου (κόλπος Ναυαρίνου)>>, από πρακτικά συνεδρίου «Χημεία και Έλεγχος Ποιότητας» Λευκωσία 23 – 27 Σεπτεμβρίου 1988). Η Βουτσίνου-Ταλιαδούρη πραγματοποίησε το 1983 έρευνα στον ημίκλειστο κόλπο του Ναυαρίνου, με σκοπό να μελετηθεί το κατά πόσο ένα ναυάγιο του 1980 έχει επηρεάσει τα θαλάσσια ιζήματα από απόψεως περιεκτικότητας σε βαρέα μέταλλα. Πρόκειται για έναν κόλπο ο οποίος επιβαρύνεται με αστικά και βιομηχανικά λύματα, και πετρέλαιο από τους κοντινούς σταθμούς ανεφοδιασμού πλοίων. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε σε δύο ταξίδια και σε 21 σταθμούς με το δειγματολήπτη βυθού van Veen. Ο οργανικός άνθρακας προσδιορίστηκε με την οξείδωση του δείγματος με μείγμα $K_2Cr_2O_7$ (διχρωμικό κάλιο) και πυκνού H_2SO_4 (θειϊκό οξύ). Για τον προσδιορισμό των μετάλλων, 5gr ξηρού κονιοποιημένου ιζήματος αναδεύτηκαν μηχανικά επί 16 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου με 75ml $2NHCl$. Το διήθημα μετρήθηκε σε Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης Perkin-Elmer 305B, εφοδιασμένο με Διορθωτή Δευτερίου (Σατσματζής και Βουτσίνου-Ταλιαδούρη, 1981). Η κοκκομετρική σύσταση έδειξε ιλύ (λεπτόκοκκο υλικό) στο μεγαλύτερο τμήμα του κόλπου, αμμώδη ιλύ (περισσότερο χονδρόκοκκο) στις νοτιοανατολικές ακτές και μόνο δύο σταθμούς με ιλώδη άμμο (πιο χονδρόκοκκο υλικό). Το ποσοστό του οργανικού άνθρακα κυμαίνεται από 0,10 έως 1,60%. Η ίδια κατανομή παρατηρείται και στις συγκεντρώσεις των μετάλλων: μικρότερες τιμές υπάρχουν κατά μήκος των ανατολικών και αβαθών ακτών, οι υψηλότερες στο υπόλοιπο τμήμα του κόλπου με τις μέγιστες στο κεντρικό και βαθύτερο τμήμα. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις των μετάλλων συσχετίζονται με την πιο λεπτόκοκκη φάση του ιζήματος. Φαίνεται ότι οι

τιμές των μετάλλων δεν επηρεάζονται από τον ποταμό της περιοχής και τα λύματα της Πύλου, χωρίς όμως να υπάρχουν σταθμοί δειγματοληψίας αρκετά κοντά στις συγκεκριμένες πηγές, όπου αναμένεται να υπάρχει κάποια επιβάρυνση. Ο Pb παρουσιάζει μία μόνο μέγιστη τιμή στην περιοχή του ναυαγίου (ως συστατικό της πίσσας που αποτελείται από το αργό πετρέλαιο). Συμπεραίνεται ότι οι συγκεντρώσεις των μετάλλων στην περιοχή του Ναυαρίνου είναι απολύτως συγκρίσιμες με αυτές άλλων ελληνικών μη ρυπασμένων περιοχών.

Σταθμός	Βάθος (m)	Ταξ. Folk	Οργ. C (%)	Fe (%)	Mn ppm	Zn ppm	Cr ppm	Ni ppm	Co ppm	Cu Ppm	Pb ppm
1	26,0	Αμμώδ. Ιλύς	0,95	2,5	497	64	207	103	12	26	18
2	25,0	Ιλύς	1,20	2,7	517	64	223	107	13	28	19
3	30,0	Ιλύς	1,35	2,6	453	64	211	99	13	26	22
4	40,0	Ιλύς	1,00	2,8	600	84	235	123	15	32	27
5	18,0	Ιλύς	0,90	2,4	406	65	213	90	12	28	12
6	42,0	Ιλύς	1,10	3,0	543	77	249	117	14	30	23
7	42,0	Ιλύς	0,90	3,0	514	76	251	116	15	28	25
8	31,0	Ιλύς	1,05	2,9	460	74	241	111	14	30	19
9	10,0	Αμμώδ. Ιλύς	0,85	2,0	294	50	135	78	10	18	10
10	46,0	Ιλύς	1,35	2,8	532	81	226	109	14	32	53
11	44,0	Ιλύς	0,90	2,8	508	80	220	117	14	32	17
12	23,0	Αμμώδ. Ιλύς	0,90	2,5	422	66	210	92	12	24	15
13	54,0	Ιλύς	1,00	2,8	542	72	210	103	14	26	24
14	36,0	Αμμώδ. Ιλύς	1,00	2,5	459	74	202	97	12	28	28
15	54,0	Ιλύς	1,20	2,7	538	74	228	105	13	27	24
16	25,0	Ιλυώδ. Αμμ.	1,30	2,1	430	54	134	85	10	22	21
17	60,0	Αμμώδ. Ιλύς	1,60	1,3	408	45	70	52	6	15	20
18	68,0	Αμμώδ. Ιλύς	0,80	1,4	443	40	73	55	7	12	16
19	70,0	Ιλυώδ. Αμμ.	0,60	1,1	382	35	36	45	6	10	13
20	11,0	----	0,10	0,2	243	7	12	8	4	0	2
21	71,0	Αμμώδ. Ιλύς	0,60	2,1	512	64	170	95	13	17	17

Συγκεντρώσεις των μετάλλων στα επιφανειακά ιζήματα που μελετήθηκαν στον κόλπο του Ναυαρίνου (I)
(πηγή: Φ. Βουτσινού-Ταλιαδούρη, <<Συγκεντρώσεις Βαρέων Μετάλλων σε Επιφανειακά Ιζήματα ενός Ημίκλειστου
κόλπου (κόλπος Ναυαρίνου)>>, Πρακτικά Συνεδρίου «Χημεία και Έλεγχος Ποιότητας»
Λευκωσία 23 – 27 Σεπτεμβρίου 1988).

ΚΟΛΠΟΣ ΝΑΥΡΙΝΟΥ ΙΙ (πηγή: εργασία των S. P. Varnavas, A.G.

Panagos and G. Laios <<Trace Elements in Surface Sediments of Navarino Bay, Greece>> Environ. Geol. Water Sci. vol. 10, No3, 159-168). Οι Βαρνάβας, Πανάγος και Λάιος μελέτησαν τον κόλπο του Ναυαρίνου με σκοπό: 1) να προσδιορίσουν την κατανομή των ιχνοστοιχείων των μετάλλων (Ni, Co, Cu, Zn, Ga, Rb, Y και Sn) στα επιφανειακά ιζήματα του κόλπου, 2) να εξάγουν συμπεράσματα για την πηγή και τη σχέση των παραπάνω με τον πηλό, το οργανικό υλικό και τα υπολείμματα των ορυκτών, και 3) να προσδιορίσουν τα επίπεδα της ρύπανσης και της μόλυνσης από μέταλλα σε σχέση με άλλους κόλπους στην Ελλάδα.

Πρόκειται για έναν ελλειψοειδή ημίκλειστο κόλπο, ο οποίος επικοινωνεί με το Ιόνιο πέλαγος από το Νότο και από ένα ρηχό και στενό κανάλι στο Βορρά. Τα δείγματα συλλέχθηκαν από 40 σταθμούς με τη χρήση αρπάγης van Veen. Η χημική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης Perkin-Elmer 403 και όλα τα δείγματα αναλύθηκαν δύο φορές. Ο κόλπος αποτελείται από άμμο, λάσπη και λεπτόκοκκο υλικό. Από τη χημική ανάλυση έχουμε τα παρακάτω: Οι υψηλότερες τιμές του Co και του Al κατανέμονται στο κέντρο και στα βαθύτερα μέρη του κόλπου. Ο Zn και ο Cu παρουσιάζουν τις υψηλότερες τιμές τους στην εκβολή υπονόμων από διυλιστήρια, ελαιουργεία και πυρηνελαιουργεία (στο λιμάνι της Γιαλόβα) και μειώνονται προς τα βαθύτερα. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις του Ni βρέθηκαν κοντά στην Πύλο, ενώ οι υψηλότερες τιμές των Rb (Ρουβίδιο) και Y (Υττριο) παρατηρήθηκαν στο στόμιο των ποταμών Γιαλόβα και Ξερία. Η μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε οργανικό υλικό παρατηρήθηκε στο λιμάνι της Πύλου, ενώ δεν υπάρχουν σημαντικές μεταβολές στην κατανομή των Sn και Ga (Γάλλιο). Αποδεικνύεται ότι η παρουσία στον κόλπο των Zn, Cu και Co_{org} οφείλεται σε ανθρωπογενείς παράγοντες. Η

ύπαρξη των Zn και Cu οφείλεται σε ένα διυλιστήριο, ένα ελαιουργείο και ένα πυρηνελαιουργείο στη Γιαλόβα. Το οργανικό υλικό προέρχεται κυρίως από τα αστικά λύματα. Το Ni μπαίνει στον κόλπο από τις νοτιότερες ακτές και πιθανώς προέρχεται από τη διάβρωση των ασβεστολίθων οι οποίοι περιέχουν και ποσότητες βωξίτη. Τα Rb και Y μεταφέρονται από τους ποταμούς Γιάλοβα και Ξερία από τη γειτονική χέρσο. Τα Ni, Co και ο Cu δείχνουν θετική συσχέτιση με το Al, κάτι που υποδεικνύει τη συνύπαρξη τους στα υπολείμματα των ορυκτών, ενώ το Rb δείχνει θετική συσχέτιση με το Si, κάτι που μας υποδεικνύει τη συνύπαρξη τους στα πυριτικά ορυκτά. Η ρύπανση από τα αστικά λύματα στον κόλπο του Ναυαρίνου είναι στα ίδια επίπεδα με τους άλλους κόλπους της Ελλάδας.

Αριθμός Δείγματος	Al %	Si %	Co ppm	Ni ppm	Cu ppm	Zn ppm	Ga ppm	Rb ppm	Y Ppm	Sn ppm	Οργ. Υλικό (%)
P1	4,28	13,83	16	146	37	307	18	0	9	4	
P2	5,28	20,75	24	128	48	325	18	132	26	4	
P3	4,09	23,50	20	135	54	321	18	133	13	3	1,46
P4	5,11	2,49	24	117	50	335	19	135	17	4	
P5	4,83	25,24	21	118	54	325	18	198	27	4	0,46
P6	1,75	30,76	14	131	56	312	19	219	18	2	2,61
P7	1,96	28,91	15	125	64	352	19	203	17	3	1,33
P9	2,32	25,43	15	115	51	325	18	234	25	0,74	
P11	2,74	26,72	17	116	66	322	18	225	22	3	0,92
P12	3,79	25,08	13	126	49	332	19	171	17	3	
P13	3,48	25,34	19	120	47	314	19	141	15	3	1,57
P14	2,38	25,53	14	123	50	331	19	109	11	3	1,95
P16	1,54	21,63	12	124	48	312	18	97	12	3	
P17	4,82	20,51	22	134	43	314	19	83	10	4	1,79
P18	5,44	20,92	25	144	47	330	18	82	11	4	
P19	5,79	21,05	26	138	42	315	18	116	15	4	
P20	5,37	19,91	23	146	43	300	18	77	11	4	
P21	5,47	19,62	29	13	49	318	18	122	7	4	
P23	5,37	16,50	24	133	44	323	18	124	8	4	3,29
P24	4,27	20,84	18	140	43	306	18	0	2	4	3,43
P25	5,48	20,60	26	140	44	316	18	06	5	4	2,10
P26	5,83	20,45	26	143	47	313	18	98	8	4	2,81
P27	5,05	20,63	25	147	45	302	19	36	4	4	2,11
P28	5,52	13,74	26	131	49	311	18	109	11	4	
P31	4,10	19,31	19	144	39	300	18	0	0	4	
P32	6,31	9,43	27	145	47	305	18	112	12	5	1,71
P33	2,99	2,12	12	148	30	307	18	0	0	4	0,80
P34	1,20	10,92	9	138	31	305	17	0	0	3	1,41

P35	3,20		12	151	33	302	18	0	0	4	1,21
P36	3,59	14,22	15	136	38	306	18	0	7	4	2,27
P37	4,38	13,64	19	138	40	318	17	0	0	4	
P38	3,06	9,88	13	134	38	299	17	0	1	4	3,19
P40	4,28	16,56	13	139	39	300	18	0	4	4	6,38

Συγκεντρώσεις των μετάλλων στα επιφανειακά ιζήματα που μελετήθηκαν στον κόλπο του Ναυαρίνου (II)

(πηγή: S. P. Varnavas, A.G. Panagos και G. Laios

<<Trace Elements in Surface Sediments of Navarino Bay, Greece>> *Environ. Geol. Water Sci.* vol. 10, No 3, 159-168)

ΝΟΤΙΟΣ ΕΥΒΟΪΚΟΣ (SEG)–ΒΟΡΕΙΑ ΚΟΛΠΟΥ ΠΕΤΑΛΙΟΥ (NPG)–ΝΟΤΙΑ ΚΟΛΠΟΥ ΠΕΤΑΛΙΟΥ (SPG)

(πηγή: εργασία των A. P. Karageorgis et al, *Sedimentology and Geochemistry*) Η μελέτη έγινε σε περιοχή που ορίζεται ανάμεσα στην Αττική, την Εύβοια και τις βόρειες Κυκλάδες. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στα επιφανειακά ιζήματα και περιελάμβανε κοκκομετρική, γεωχημική και ορυκτολογική ανάλυση. Συλλέχθησαν 68 δείγματα με σιδερένια αρπάγη Reineck σε τρία ταξίδια ανάμεσα στον Οκτώβριο του 1986 και το Δεκέμβριο του 1988. Στη χημική ανάλυση έγινε χρήση και της παραγοντικής ανάλυσης με μοντέλο τριών παραγόντων καλύπτοντας το 90,2% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Ο πρώτος παράγων που καλύπτει το 48,4% της συνολικής διακύμανσης χαρακτηρίζεται από ισχυρή θετική συσχέτιση των Al, Fe, K, Ti, Ni, και αρνητική συσχέτιση μεταξύ των Ca, καρβονικών, Sr και Mg. Τις υψηλές τιμές του παράγοντα τις συναντάμε στην περιοχή SEG και τις χαμηλότερες στις περιοχές NPG και SPG. Ο δεύτερος παράγων που καλύπτει το 30,2% της διακύμανσης χαρακτηρίζεται από θετικές φορτίσεις για όλες σχεδόν τις μεταβλητές. Ο τρίτος παράγων τέλος δείχνει υψηλή φόρτιση στο Si (0,89) και χαρακτηρίζει τον υπόλοιπο χαλαζία, με τις χαμηλές τιμές στην περιοχή SEG και σημαντικά υψηλές στην SPG. Η κοκκομετρική ανάλυση δίνει τα παρακάτω: Η περιοχή SEG χαρακτηρίζεται από λασπώδες ψιλόκοκκο ίζημα που προέρχεται από τον ποταμό Ασωπό και οι περιοχές NPG και SPG από «relict» αμμώδες ίζημα πλούσιο σε βαρέα μέταλλα. Συγκριτικά με άλλους ελληνικούς κόλπους, η περιοχή αυτή σε γενικές γραμμές δεν παρουσιάζει σημαντικό φορτίο σε βαρέα μέταλλα. Μόνο ένα μεικτό κομμάτι στην περιοχή SEG εμφανίζει σημαντικές συγκεντρώσεις Ni που σχετίζονται με ενδογενείς παράγοντες.

ΕΥΒΟΪΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ - ΠΟΡΘΜΟΣ ΕΥΡΙΠΟΥ

(παλίρροια) (πηγή: άρθρο από το *Marine Pollution Bulletin* των Σκούλλο και Δασενάκη «*Trace Metal in a Tidal Mediterranean Embayment*» Vol. 14 No1 pp. 24-29, 1983). Οι Σκούλλος Μιχάλης και Δασενάκης Μάνος μελέτησαν την περιοχή του Ευβοϊκού κόλπου και πιο συγκεκριμένα το στενό πορθμό του Ευρίπου, θέλοντας να περιγράψουν την επίδραση της παλίρροιας, που παρατηρείται στην περιοχή, και της ανθρώπινης δραστηριότητας στην κατανομή των μετάλλων στα επιφανειακά ιζήματα και στη στήλη του νερού. Ο Ευβοϊκός κόλπος είναι ρηχός και χωρίζεται από το στενό του Ευρίπου (πλάτος 40m) σε δύο μισά, το βόρειο (που δεν εξετάστηκε) και το νότιο. Η περιοχή του πορθμού και του καναλιού πρέπει να εξεταστεί ως ξεχωριστό κομμάτι λόγω του ισχυρού φαινομένου της παλίρροιας που παρουσιάζει, το οποίο προκαλεί αλλαγή στη διεύθυνση του ρεύματος κάθε 6 ώρες. Στις γύρω όχθες του καναλιού εκτός από την πόλη της Χαλκίδας υπάρχουν βιομηχανίες, ναυπηγεία, άλλες πόλεις, μικρά λιμάνια, καλοκαιρινά θέρετρα και ένα εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας. Η συλλογή των δειγμάτων έγινε το Μάρτιο του 1980 σε 28 σταθμούς. Η συλλογή των επιφανειακών ιζημάτων έγινε με πυρηνολήπτη βαρύτητας που έφτανε μέχρι βάθος 20cm. Στη χημική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης Varian AA-775 με φλόγα ακετυλενίου και ειδικά για τα Pb, Cu και Zn χρησιμοποιήθηκε το χωρίς φλόγα Perkin-Elmer 306.

Περιοχή	Σταθμός	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	Co
Α	1	3,4	17,2	200	160	44,6	18,7	8,5	--
	2	3,5	81,5	3320	150	58,2	19,3	16,4	--
	3	6,2	79,8	3150	340	50,0	35,9	12,0	--
	4	4,9	59,4	2330	270	42,4	30,1	13,3	--
	5	6,0	65,8	2260	162	51,8	15,4	14,0	--
	6	5,1	81,7	3350	250	44,2	32,8	14,9	--
	7	7,0	67,8	2600	435	48,5	34,0	14,2	--
	8	7,9	82,5	3450	800	49,8	38,2	16,0	--
Β	9	9,5	117,4	5500	460	61,4	31,2	16,5	--
	10	8,5	69,3	2780	300	47,8	28,2	14,4	0,7
	11	8,8	92,0	4000	340	48,1	33,6	14,1	0,9
	12	11,0	70,2	2840	215	46,2	34,2	17,5	--
	13	10,8	87,5	3600	275	75,3	21,7	13,0	1,0
	14	10,6	74,5	3650	218	34,3	23,4	13,2	0,9
Γ	15	11,3	92,6	3950	368	48,5	38,3	21,3	1,6
	16	11,7	79,3	3200	367	45,0	37,9	20,3	1,7
	17	13,9	110,0	5250	342	66,5	42,7	25,6	1,6
	18	15,3	145,0	7040	285	84,4	137,2	42,8	2,4
	19	14,4	130,0	5750	262	75,1	53,8	40,2	0,9
	20	13,3	83,2	3240	377	56,3	50,6	22,0	1,7
	21	12,2	88,5	3580	352	54,5	53,6	24,7	1,5
	22	8,8	81,5	2750	244	70,4	21,4	23,6	0,7
	23	11,0	125,0	5800	295	97,5	44,0	29,3	1,2
	24	8,1	93,2	3400	276	80,2	29,8	19,4	0,7
	25	8,0	92,4	3030	230	76,7	28,4	15,9	1,0
	26	7,9	97,5	3150	220	98,6	26,5	30,2	0,9

Συγκεντρώσεις των μετάλλων (σε $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) στα επιφανειακά ιζήματα που μελετήθηκαν
στο Νότιο Ευβοϊκό (περιοχές Α και Β) και στα Στενά του Ευρίπου (περιοχή Γ)

(πηγή: άρθρο από το Marine Pollution Bulletin των Σκούλλο και Δασενάκη «Trace Metal in a Tidal Mediterranean Embayment» Vol. 14 No1 pp. 24-29, 1983).

ΚΟΛΠΟΣ ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ (πηγή: *paper των S. P. Varnavas,*

A.G. Panagos and G. Laios “Heavy metal distribution in surface sediments from the Kalamata bay, Greece” συνέδριο για τη Ρύπανση στη Μεσόγειο, στη Λουκέρνη τον Οκτώβριο 11-13, 1984). Οι Βαρνάβας Π. Σ., Πανάγος Γ.Α. και Λάιος Γ. μελέτησαν τον κόλπο της Καλαμάτας για AL, Si, Ca, Mg, Pb, Co, Ni και Cu. Πρόκειται για έναν ανοιχτό κόλπο με μέγιστο βάθος 345m στη νότια πλευρά του. Ο κόλπος επιβαρύνεται με αστικά λύματα από την πόλη της Καλαμάτας και τα γύρω χωριά, και βιομηχανικά λύματα από ελαιουργεία, πυρηνελαιουργεία και σφαγεία. Συλλέχθησαν 31 δείγματα με τη χρήση αρπάγης van Veen και η χημική ανάλυση έγινε με Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης. Τα δείγματα μας έδωσαν αφύσικα υψηλή ποσότητα Co και Cu πράγμα που μας αποδεικνύει τον ανθρώπινο παράγοντα. Αυτό επίσης το βλέπουμε και μέσα από την αφύσικα υψηλή ποσοτική σχέση Cu/Al και Co/Al που βρέθηκε στις εκβολές των υπονόμων από τα αστικά και βιομηχανικά λύματα. Οι συγκεντρώσεις του Pb στα ιζήματα είναι γενικά χαμηλές εκτός από δύο σταθμούς, όπου περιέργως ο Pb έχει υψηλές τιμές. Και οι δύο αυτοί σταθμοί βρίσκονται σε περιοχές κοντά στα χωριά, κάτι που αποδεικνύει την ανθρώπινη προέλευση του Pb. Η κατανομή των Si, Ca και Mg ελέγχεται φυσικά από την ύπαρξη των βράχων στη περιοχή. Συγκρινόμενος με άλλους κόλπους της Ελλάδος, ο κόλπος της Καλαμάτας είναι λιγότερο μολυσμένος σε Pb και Cu και περισσότερο μολυσμένος σε Ni και Co.

Αριθμός Δείγματος	Al %	SiO ₂ %	Ca Ppm	Mg %	Pb ppm	Co Ppm	Ni Ppm	Cu Ppm
1	5,92	51,32	4,60	0,51	18	42	123	56
2	5,04	56,85	3,49	0,84	9	40	121	54
3	5,26	51,65	2,80	0,49	13	43	125	48
4	4,20	67,18	3,13	0	8	34	113	52
5	1,60	37,26	4,89	0	8	10	173	17
6	3,01	52,82	8,78	0	15	19	129	28
7	2,61	50,01	8,10	0	13	14	157	11
8	2,53	47,00	7,15	0	14	14	161	19
9	1,82	43,83	7,66	0	13	12	138	37
10	5,04	41,44	7,69	1,38	20	29	142	42
11	3,79	40,98	7,63	0,24	23	18	144	40
12	1,80	44,81	6,08	0	11	12	140	37
13	4,49	42,18	3,73	0,28	16	28	145	41
14	4,69	45,90	2,07	0	14	27	136	45
15	4,54	44,44	2,17	0	12	30	142	42
16	5,73	34,22	2,38	0	14	29	156	38
17	4,18	40,06	9,51	1,87	14	21	127	40
18	4,58	36,43	11,33	2,20	30	21	144	41
19	2,03	26,07	11,38	0,05	15	12	163	3
20	2,72	37,80	15,63	1,89	18	16	128	40
21	2,55	31,84	12,65	1,01	23	15	142	36
22	5,26	39,08	12,28	2,22	21	24	144	39
23	4,67	35,38	14,58	1,78	40	20	136	40
24	5,21	44,17	12,13	2,11	12	26	134	44
25	3,30	27,14	20,38	2,27	19	15	143	40
26	6,28	40,91	9,49	2,76	12	30	142	38
27	6,62	43,41	6,01	2,14	14	37	144	45
28	6,26	47,71	6,28	2,01	15	36	141	46

29	7,92	44,14	4,14	2,18	10	37	148	51
30	7,08	41,19	5,71	2,50	11	33	145	47
31	7,31	44,00	6,14	2,45	12	33	147	47

Χημική ανάλυση των επιφανειακών ιζημάτων του κόλπου της Καλαμάτας

(πηγή: paper των S. P. Varnavas, A.G. Panagos και G. Laios

“Heavy Metal Distribution in Surface Sediments from the Kalamata Bay, Greece”

από το συνέδριο για τη Ρύπανση στη Μεσόγειο ,στη Λουκέρνη τον Οκτώβριο 11-13, 1984).

ΛΙΜΑΝΙ ΠΕΙΡΑΙΑ – ΚΟΛΠΟΣ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ

(επιδράσεις αστικών και βιομηχανικών λυμάτων) (πηγή: εργασία των

F. Voutsinou-Taliadouri, J. Satsmadjis and B. Iatridis <<Impact of Athens Sewage and Industrial Discharge on the Metal Content of Sediments from Piraeus Harbour and Eleusis Bay>> από το Rev. Int. Oceanogr. Med. Tomes LXXXIII-LXXXIV 1989) Οι Βουτσίνου-Ταλιαδούρη, Σατσματζής και Ιατρίδης μελέτησαν σε διάρκεια πέντε (5) περιόδων το λιμάνι του Πειραιά και τον κόλπο της Ελευσίνας, δύο περιοχές όπου δέχονται σημαντική ποσότητα αστικών και βιομηχανικών λυμάτων. Τα δείγματα των ιζημάτων που συλλέχθησαν μελετήθηκαν κοκκομετρικά, για οργανικό άνθρακα, ασβέστιο, ανθρακικό ασβέστιο, σίδηρο, μαγγάνιο, ψευδάργυρο, χρώμιο, νικέλιο, κοβάλτιο, χαλκό, μόλυβδο και κάδμιο. Τα αποτελέσματα μας έδωσαν πολύ σημαντική μόλυνση σε ψευδάργυρο, μόλυβδο, κάδμιο, οργανικό άνθρακα και χαλκό. Επίσης μέτρια μόλυνση από χρώμιο και σίδηρο, και μη σημαντικά ποσοστά σε μαγγάνιο, κοβάλτιο και νικέλιο. Τα ποσοστά όλων των παραπάνω μειώνονται όσο απομακρυνόμαστε από το χώρο εναπόθεσης των λυμάτων. Τέλος τα ιζήματα επιδεικνύουν μεγάλη ανομοιότητα του μεγέθους κόκκου με το ποσοστό των μετάλλων στην ίδια περιοχή.

Lake Mariut (πηγή: εργασία των Massoud A. H. Saad, A. A. Ezzat, O. A. El-Rayis, and H. Hafez «*Occurrence and Distribution on Chemical Pollutants in Lake Mariut, Egypt. II. Heavy Metals*» *Water, Air and Soil Pollution* 16 (1981) 401 – 407) Οι Massoud, Saad, Ezzat, El-Rayis και Hafez το 1981 μελέτησαν τα πολύ μολυσμένα υφάλμυρα νερά της λίμνης Mariut καθώς επίσης και την επίδραση τους στα διάφορα μέρη του ψαριού του είδους *Tilapia sp.*. Η μελέτη της παραπάνω λίμνης έγινε γιατί η λίμνη αυτή είναι πολύ σημαντική κυρίως για την αλιεία για την πόλη της Αλεξάνδρειας. Η λίμνη αυτή είναι εξαιρετικά μολυσμένη εξαιτίας πολλών βιομηχανιών που βρίσκονται στη βόρεια και νότια πλευρά της λίμνης καθώς και των αποβλήτων που απορρίπτονται χωρίς καμία επεξεργασία από την πόλη της Αλεξάνδρεια καθώς επίσης και από τον ποταμό Qala Drain που μεταφέρει βιομηχανικά και αστικά λύματα. Επιλέχθησαν 8 σταθμοί δειγματοληψίας. Η δειγματοληψία του νερού γινόταν ανά μήνα στα 20cm κάτω από την επιφάνεια, ενώ τα ψάρια συλλαμβάνονταν μηνιαίως από τη βόρεια και νότια περιοχή της λίμνης. Η ανάλυση των βαρέων μετάλλων (Zn, Cu, Fe, Mn και Cd) στα νερά της λίμνης έγινε χρησιμοποιώντας φασματογράφο ατομικής απορρόφησης σύμφωνα με τη μέθοδο των Riley και Taylor. Για τον καθορισμό των μετάλλων αυτών στο ψάρι *Tilapia sp.* ελήφθησαν δείγματα από διάφορα μέρη του σώματος των ψαριών και η ανάλυσή τους έγινε με την παραπάνω μέθοδο. Παρατηρήθηκε ότι οι μέσες συγκεντρώσεις των μετάλλων ποικίλλουν σύμφωνα με τον ρυθμό απόθεσης των βιομηχανικών και αστικών λυμάτων που απορρίπτονται στη λίμνη σε διάφορους μήνες. Οι μέσες συγκεντρώσεις Cu και Cd των επιφανειακών νερών της λίμνης ήταν σχετικά υψηλότερες απ' ότι των επιφανειακών νερών του Νείλου. Παρόλα αυτά οι μέσες συγκεντρώσεις Fe και Mn της λίμνης ήταν πολύ υψηλότερες από αυτές του Νείλου. Η λίμνη μπορεί να χωριστεί σε δύο ζώνες νερού τα δυτικά όξινα ύδατα και

τα ανατολικότερα ανοξικά. Οι κύριες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στο στομάχι και στο συκώτι της *Tilarias* sp. ήταν κατά πολύ υψηλότερες απ' ότι αυτές στα βρώσιμα μέρη του ψαριού. Οι κύριες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στα νερά της λίμνης ήταν πολύ χαμηλότερες απ' ότι αυτές των διαφόρων μερών του ψαριού.

Σταθμοί	Zn	Cu	Fe	Mn	Cd
I	12,7	4,3	22,4	55,7 +	0,64
II	10,6	4,3	14,9	39,4	0,61
III	9,7	3,0 -	10,5	11,8	0,56
IV	8,8 -	3,2	8,6 -	4,1 -	0,69
V	12,6	5,8 +	17,7	41,2	0,81 +
VI	14,1 +	4,7	31,3	24,2	0,49 -
VII	8,8 -	4,1	10,4	4,3	0,71
VIII	10,8	4,4	37,9 +	26,1	0,51
Μέσος Όρος	11,0	4,2	19,2	25,9	0,62

*οι μέσες συγκεντρώσεις υπολογίστηκαν από τις τιμές 14 μηνών.

*ο ελάχιστος μέσος σημειώνεται με (-) και ο μέγιστος με (+).

Μέσες, κατά περιοχή, τιμές των βαρέων μετάλλων σε μg^{-1} στα νερά της λίμνης Mariut.

(πηγή: εργασία των Massoud A. H. Saad, A. A. Ezzat, O. A. El-Rayis, και H. Hafez

«Occurrence and Distribution on Chemical Pollutants in Lake Mariut, Egypt. II. Heavy Metals.»

από το Water, Air and Soil Pollution 16 (1981) 401 – 407)

ΔΕΛΤΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ KRKA ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ**ΑΔΡΙΑΤΙΚΗ ΑΚΤΗ, ΓΙΟΥΓΚΟΣΛΑΒΙΑ** (πηγή: εργασία των Esad

Prohic και Mladen Juracic «Heavy Metals in Sediments – Problems Concerning Determination of the Anthropogenic Influence. Study in the Krka River Estuary, Eastern Adriatic Coast, Yugoslavia.» από το Environ. Geol. Water Sci Vol. 13, No 2, 145-151) Οι Esad Prohic και Mladen Juracic μελέτησαν την περιοχή του δέλτα του ποταμού KRKA στις ανατολικές ακτές της Αδριατικής στη Γιουγκοσλαβία. Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι να τονιστεί η ανάγκη της έρευνας των ανθρωπογενών επιδράσεων (υπολογιστικά) στην ύπαρξη των βαρέων μετάλλων των ιζημάτων. Η παρουσία δύο διαφορετικών πηγών ορυκτών σε μια τυπική καρστική περιοχή όπως αυτή απλουστεύει την ανάλυση των πληροφοριών. Το δέλτα του ποταμού Krka βρίσκεται σε μια καρστική περιοχή η οποία ονομάζεται Βόρειος Δαλματική διαβρωμένη περιοχή. Την Ολοκαίνιο περίοδο η θάλασσα εισχώρησε στα χαμηλότερα μέρη της υποθαλάσσιας πεδιάδας και σχηματίστηκε το υπάρχον δέλτα. Το βάθος κυμαίνεται από τα 2 m (στις ακτές) μέχρι τα 42 m στο κανάλι του Sibenic. Η παρουσία ασβεστολιθικών πετρωμάτων στην ευρύτερη περιοχή έχει αμελητέα επίδραση στην σύσταση των ιζημάτων. Συλλέχθηκαν 6 δείγματα από το Δέλτα του ποταμού μέχρι τις ακτές της Αδριατικής. Χρησιμοποιήθηκαν πλαστικοί πυρηνολήπτες. Η κοκκομετρική σύσταση υπολογίστηκε με τη μέθοδο του υγρού κοσκινίσματος, και περιθλασόμετρο ακτινών Χ. Για τον υπολογισμό των συγκεντρώσεων των Ca και Mn χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της τιτλοδότησης με σύμπλοκα με EDTA. ενώ για την ανάλυση των ιχνοστοιχείων των μετάλλων χρησιμοποιήθηκε απλό βαθμολογημένο φασματοφωτόμετρο. Αλλαγές στην κοκκομετρική σύσταση των ιζημάτων παρατηρήθηκαν στην περιοχή του Guduca Creek μέχρι το Δέλτα του ποταμού. Σε όλα τα δείγματα παρατηρήθηκαν βιογενή χαρακτηριστικά.

Τα παράκτια χονδρόκοκα ιζήματα μας δείχνουν είτε διαφορετική πηγή ιζημάτων είτε ελάχιστη επίδραση από το περιβάλλον. Οι παραπάνω αναλύσεις αποκάλυψαν την παρουσία καρβονικών ορυκτών σε όλα τα υπό έρευνα δείγματα. Στα επιλεγμένα δείγματα, τα ιζήματα μπορούν να χωριστούν σε τρεις διαφορετικές ομάδες βάση της «συμπεριφοράς» τους. Τα Ni και Zn στην ίδια πρώτη ομάδα. Η κατανομή τους είναι ανομοιογενής όπως και των οξειδίων του Fe και του Mn και της οργανικής ύλης. Ο Cu και ο Mb ανήκουν στη δεύτερη ομάδα. Οι υψηλές τους συγκεντρώσεις στον κεντρικό τομέα του Δέλτα οφείλεται σε ανθρωπογενείς επιδράσεις. Η τρίτη ομάδα αντιπροσωπεύεται από τα Mn και το Cr.

Δείγματα	Ανθρακικά (%)	Ni	Zn	Pb	Cu	Mn	Cr
<i>Από Βράχους</i>							
Fl Flysch	68,6	200	90	6	9	130	400
Ασβεστόλιθοι της Eocene	95,6	41	30	10	14	600	26
<i>Από επιφανειακά ιζήματα</i>							
Guduca Creek	64,1	100	38	18	2	500	200
Guduca mouth	64,2	72	50	33	33	900	105
Prokljan	56,7	40	50	30	42	800	37
Vukinac	55,1	52	35	70	65	1200	60
Martinska	70,8	42	32	36	40	2400	56
Zlarin	91,7	42	20	16	8	2700	52

Συγκεντρώσεις των ανθρακικών (%) και των βαρέων μετάλλων (σε ppm) από τα δείγματα της περιοχής που εκβάλει ο ποταμός Krka, στην Ανατολική Αδριατική, στις ακτές της Γιουγκοσλαβίας

(πηγή: εργασία των Esad Prohic και Mladen Juracic «**Heavy Metals in Sediments – Problems Concerning Determination of the Anthropogenic Influence. Study in the Krka River Estuary, Eastern Adriatic Coast, Yugoslavia.**» από το Environ. Geol. Water Sci Vol. 13, No 2, 145-151).

ΒΟΡΕΙΟΣ ΑΔΡΙΑΤΙΚΗ (μέταλλα σε ιζήματα που προέρχονται από διαφορετικό περιβάλλον σε κάθε περίπτωση)

(πηγή: εργασία των S. Guerzoni, M. Frignani, P. Giordani και F. Frascari “*Heavy Metals in Sediments from Different Enviroments of a Northern Adriatic Sea area, Italy*” από το *Environ Geol Water Sci Vol 6, No 2, 111 - 119*). Οι Guerzoni S., Frignani M., Giordani P. και Frascari F. μελέτησαν στη Βόρειο Αδριατική τα ιζήματα και τα μέταλλα που τα αποτελούν, τα οποία προέρχονται από διαφορετικά περιβάλλοντα, και αποθέτονται από τον ποταμό Πο και 13 άλλους μικρότερους ποταμούς. Η μελέτη έγινε σε μία ρηχή λεκάνη η οποία ανήκει στην ευρύτερη περιοχή της Βορείου Αδριατικής και σε αυτή βρίσκεται και το δέλτα του ποταμού Πο. Δείγματα συλλέχθηκαν από 92 σταθμούς τον Ιούλιο του 1975 και 1976. Χρησιμοποιήθηκαν αρπάγες τύπου Shipeck ή van Veen αναλόγως με τις κατά τόπους συνθήκες. Τα ιζήματα χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με το περιβάλλον εναπόθεσης. Και αυτά είναι: ποταμοί, δέλτα, άμμος από την ακτή και παράκτια ιζήματα. Οι Hg, Pb, Mn και Ni που βρέθηκαν στα ιζήματα κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα με αυτά που βρέθηκαν στον κόλπο της Βενετίας και στην Κυανή Ακτή. Τα επίπεδα των Zn, Cr, Cd και Co συγκρίνονται με αυτά που βρέθηκαν και στις υπόλοιπες παράκτιες περιοχές της Μεσογείου. Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι τα επίπεδα όλων των παραπάνω εκτός του Hg και του Pb βρέθηκαν υψηλά στα ιζήματα που προέρχονται από τον ποταμό Πο, έχοντας αντίστοιχα χαμηλότερες τιμές στους μικρότερους από αυτόν ποταμούς εκτός από τα Co, Hg, Mn, Ti και V. Υψηλά επίπεδα των μετάλλων έχουμε επίσης και στα λιμνοθαλάσσια συστήματα της περιοχής. Τέλος η χρήση της παραγοντικής ανάλυσης επιβεβαίωσε ότι μεγάλη πηγή ρύπανσης αποτελεί ο ποταμός Πο.

Περιβάλλον	Αριθ. Δειγμάτων	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Ti	V	Zn	TOC
Ποταμοί	16	0,8 (0,3-2,0)	11 (5-18)	25 (4-85)	28 (3-69)	0,17 (0,01-0,64)	563 (269-900)	35 (9-96)	28 (9-74)	44 (1-115)	15 (6-22)	84 (14-237)	2,9 (1,7-4,3)
Ποταμός Πο	3	1,5 (0,8-2,0)	15 (12-18)	60 (34-85)	67 (64-69)	0,39 (0,29-0,48)	759 (625-900)	77 (62-96)	58 (31-74)	72 (35-114)	20 (17-22)	212 (186-237)	2,6 (1,7-4,3)
Μικρότεροι Ποταμοί	13	0,5 (0,05-0,8)	10 (5-15)	17 (5-34)	19 (3-41)	0,12 (0,01-0,64)	518 (318-804)	26 (9-44)	21 (9-35)	38 (1-115)	14 (6-19)	54 (14-107)	n.d.
Λιμνοθάλασσες	9	1,4 (1,2-1,6)	13 (11-16)	56 (47-85)	58 (46-65)	0,48 (0,32-0,57)	474 (425-506)	53 (46-60)	72 (59-81)	50 (43-61)	22 (15-27)	187 (156-210)	2,5 (2,0-2,8)
Άμμος	27	0,3 (0,0-0,9)	7 (5-11)	16 (10-24)	4 (0-9)	0,04 (0,01-0,14)	392 (166-936)	25 (8-42)	14 (4-47)	47 (3-240)	9 (4-17)	29 (15-45)	0,4 (0,1-1,6)
Ανοικτή θάλασσα (relict) (78% άμμο)	7	0,5	6	12	3	0,10	189	12	23	91	11	35	0,5
Δέλτα (98% άμμο)	11	0,1	7	18	1	0,03	326	32	7	31	4	21	0,2
Παραλία (83% άμμο)	9	0,5	9	17	7	0,02	609	26	19	34	15	37	0,5
Ανοικτή θάλασσα (λάσπη)	65	0,6 (0,2-1,2)	12 (8-15)	31 (16-24)	23 (9-48)	0,34 (0,03-1,05)	508 (275-647)	36 (16-59)	37 (14-75)	34 (13-100)	26 (14-44)	88 (42-171)	1,2 (0,1-2,0)

* μέσος όρος και πεδίο τιμών

Συγκεντρώσεις των μετάλλων (σε ppm ή mg/kg) σε επιφανειακά ιζήματα προερχόμενα από διαφορετικό περιβάλλον στη Βόρειο Αδριατική (πηγή: εργασία των S. Guerzoni, M. Frignani, P. Giordani και F. Frascari

“Heavy Metals in Sediments from Different Enviroments of a Northern Adriatic Sea area, Italy”
από το Environ Geol Water Sci Vol 6, No 2, 111 - 119).

2) ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΠΥΘΜΕΝΑ ΜΕ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ ΣΕ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ

Ο ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης ενώ έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως σε παράκτια περιβάλλοντα, [(HOVLAND M. & JUDD A.G. 1988. Seabed pockmarks and seepages. Graham and Trotman, London), (PICRILL R.A., 1993. Shallow seismic stratigraphy and pockmarks of a hydrothermally influenced lake, Lake Rotaiti, New Zealand. *Sedimentology* 40:813-81-28), (LAYRENTAKI M., 1999. Pockmarks and gas in sediments; Strait of Hormuz, Arabian Gulf. *MSc sub. Un. Of Southampton*, 73pp), (GARCIA-GARCIA A. et al 1999. A seeping sea-floor in a Ria environment; Ria del Vigo (NW Spain). *Envir. Geol.* 38(4):296-300), (PAPATEODOROU G. et al, 1993. Gas-charged sediments in the Aegean and Ionian Seas, Greece. *Mar. Geol.* 112:171-184), (HASIOTIS T. et al, 1996. A pockmark field in the Patras Gulf (Greece) and its activation during the 14/7/93 seismic event. *Mar. Geol.* 130:333-344)], πολύ λίγο έχει εφαρμοστεί σε λιμνοθάλασσα περιβάλλοντα. Στον Ελληνικό χώρο, η μοναδική αναφορά εφαρμογής του ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης σε λιμνοθάλασσιο περιβάλλον είναι αυτή των Παπαθεοδώρου Γ., Μουρελάτου Π., Βουτσινάς Κ. και Ξένου Κ. <<Μορφολογικά Χαρακτηριστικά του Πυθμένα της Λιμνοθάλασσας του Αιτωλικού, σχετιζόμενα με Διαφυγές Αερίων – Προκαταρκτικά Αποτελέσματα>> (2000).

Οι ερευνητές αυτοί χρησιμοποίησαν ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης για την αποτύπωση του πυθμένα της λιμνοθάλασσας του Αιτωλικού. Στο νοτιοανατολικότερο ρηχότερο τμήμα της λιμνοθάλασσας και σε βάθος νερού 5 έως 6m εντοπίστηκε εκτεταμένο πεδίο από

καταβυθίσεις του πυθμένα, οι οποίες παρουσιάζουν μορφή κρατήρων (rockmark-like depressions). Η διάταξη περιοχών έντονης ανακλαστικότητας και ηχητικών σκιών, αποτέλεσε το κριτήριο για τον χαρακτηρισμό των εντοπισθέντων γεομορφών ως κρατήρες. Οι κρατήρες παρουσιάζουν κυκλικό σχήμα με διάμετρο 1,5 και 2,0m και βάθη που εκτιμούνται μεταξύ 0,4 και 0,8m. Η επιφανειακή πυκνότητα των κρατήρων είναι πολύ υψηλή συγκριτικά με άλλες περιοχές και είναι κατά μέσο όρο 110κρατ./25x25m. Η έκταση που καλύπτουν οι κρατήρες είναι περίπου $90 \times 10^3 \text{m}^2$ αλλά αναμφίβολα η συνολική έκταση αναμένεται να είναι μεγαλύτερη αφού ένα μόνο μικρό τμήμα της νοτιοανατολικής λιμνοθάλασσας διερευνήθηκε με ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης. Στο βορειότερο άκρο του πεδίου των κρατήρων διαπιστώθηκε η παρουσία κρατήρων σε γραμμική διάταξη (rockmark strings or chains). Οι κρατήρες που συγκροτούν αυτές τις ομάδες γραμμικών διευθετήσεων είναι μικρού μεγέθους και βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, οδηγώντας έτσι στη μερική ενοποίηση τους, στοιχείο που προσδίδει σε αυτές τις ομάδες μορφολογία ουλών. Αυτές οι ομάδες κρατήρων έχουν μήκος περίπου 100m και διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Ο σχηματισμός των κρατήρων αποδίδεται από τους παραπάνω ερευνητές στη διαφυγή αερίων (μεθάνιο, υδρόθειο, προπάνιο κ.α.) από τους πόρους των ιζημάτων προς την υδάτινη στήλη.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

1) ΕΡΓΑΣΙΑ ΠΕΔΙΟΥ

A) Συλλογή δειγμάτων με αρπάγη

Για την πραγματοποίηση της εργασίας αυτής συλλέχθησαν και μελετήθηκαν ιζήματα από τη λιμνοθάλασσα του Πάπα (Μπούζος και Κοντόπουλος, 1998). Η δειγματοληψία των ιζημάτων έγινε με αρπάγη και ο καθορισμός της θέσης καθ' όλη τη διάρκεια της δειγματοληψίας έγινε με GPS (Global Positioning System). Συνολικά συλλέχθησαν προς εξέταση 52 δείγματα.

B) Ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης

i. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Οι πρώτες προσπάθειες για την εισαγωγή ενός συστήματος για την μελέτη και απεικόνιση της μορφολογίας του πυθμένα έγιναν από τις αρχές της δεκαετίας του '50. Το 1963 ένας Αμερικανός ερευνητής ο Dr. Harold "Doc" Edgerton με ένα σημαντικό πείραμά του για την προσπάθεια εντοπισμού ενός ναυαγίου, οδηγήθηκε στο σχεδιασμό ενός συστήματος το οποίο έμελλε να εξελιχθεί στις μέρες μας ως ένας από τους πιο αξιόπιστους και ευρέως χρησιμοποιούμενους ηχοβολιστές πλευρικής σάρωσης. Στο πείραμά του ο Edgerton εγκατέστησε τον πρόσφατα σχεδιασμένο τομογράφο υποδομής πυθμένα, έτσι ώστε να εκπέμπει την κωνική δέσμη του πλευρικά και κάθετα προς την πορεία του σκάφους και όχι κατακόρυφα όπως ήταν η συνήθης χρήση του.

Το πείραμα αυτό αποτέλεσε την βάση για το σχεδιασμό ενός συστήματος σάρωσης υψηλών συχνοτήτων, πολύ πιο αποτελεσματικού από τα ηχοβολιστικά που είχαν αναπτυχθεί μέχρι τότε στην Αγγλία.

Τα συστήματα ηχοβολιστών ακολουθούν δύο τύπους σάρωσης ανάλογα με την προσέγγιση στη μελέτη της μορφολογικής αποτύπωσης του πυθμένα που θέλει ο κάθε ερευνητής.

Σύμφωνα με την πρώτη προσέγγιση απαιτείται η σύρση μιας ημιπλωτής διάταξης κοντά στην επιφάνεια του πυθμένα με μικρό εύρος σάρωσης έτσι ώστε να μελετηθεί ένα μικρό μέρος του πυθμένα αλλά με πολύ μεγάλη ακρίβεια .

Σύμφωνα με τη δεύτερη προσέγγιση απαιτείται η σύρση της ημιπλωτής διάταξης κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας με αποτέλεσμα την μελέτη μεγάλης έκτασης του πυθμένα αλλά με σαφώς μικρότερη ακρίβεια. Ένας τέτοιου είδους ηχοβολιστής είναι και το σύστημα GLORIA (Geological Long Range Inclined Asdic) με ζώνη σάρωσης 20km.

ii. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΩΝ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ

Η αρχή λειτουργίας των ηχοβολιστών πλευρικής σάρωσης είναι η δισδιάστατη απεικόνιση της μορφολογίας του πυθμένα με ηχητικά κριτήρια (ηχογραφίες). Ένα σύστημα ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης αποτελείται από τρία βασικά μέρη : (α) τους ημιπλωτούς πομποδέκτες που τοποθετούνται στην ηχοβολιστική τορπίλη (Εικ.1), (β) το καλώδιο σύρσης που είναι και το μέσο μεταφοράς του σήματος (Εικ.1), και (γ) την καταγραφική μονάδα δύο καναλιών (Εικ.1).

iii. ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΙΚΗ ΤΟΡΠΙΛΗ ΠΟΜΠΟΔΕΚΤΩΝ (TOWFISH)

(Εικ. 2)

α) Περιγραφή ηχοβολιστικής τορπίλης

Οι ηχοβολιστικές τορπίλες των διαφόρων συστημάτων παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις όσον αφορά τις διαστάσεις αλλά και το βάρος και τους χειρισμούς. Έτσι ανάλογα με το εύρος του πυθμένα που θέλουμε να μελετήσουμε υπάρχουν και ανάλογες ηχοβολιστικές τορπίλες.

Οι μικρού μεγέθους ηχοβολιστικές τορπίλες που έχουν και ευρεία εφαρμογή, είναι υδροδυναμικά σχεδιασμένες με σκοπό την σταθεροποίηση της πλεύσης τους. Επίσης διαθέτουν ειδικό σύστημα πρόσδεσης του καλωδίου σύρσης, ανόδους ψευδαργύρου, υδατοστεγές τμήμα για το ηλεκτρονικό τους μέρος ενώ πλευρικά τοποθετούνται και οι δύο πομποδέκτες.

(β) Σχηματισμός ηχογραφίας

Αντίθετα με τα απλά βυθόμετρα τα οποία συλλέγουν σημειακές πληροφορίες για κάθε μία εκπομπή παλμού, ο ηχοβολιστής συλλέγει πληροφορίες κατά μήκος μίας γραμμής δεξιά και αριστερά του άξονα της τορπίλης. Και αυτό γιατί ο εκπεμπόμενος παλμός διαμορφώνεται σε κατακόρυφο επίπεδο το οποίο σαρώνει ηχητικά τον πυθμένα και την υδάτινη στήλη. Οι πομποδέκτες μέχρι την εκπομπή του επομένου παλμού δέχονται την ανάκλαση τόσο από τον πυθμένα όσο και από την υδάτινη στήλη. Είναι λογικό, έτσι, οι ανακλάσεις που προέρχονται από περιοχές του πυθμένα πιο κοντά στην τορπίλη να αφικνούνται πιο γρήγορα από ότι από περιοχές πιο μακρινές. Οι ανακλάσεις από τους παλμούς καταγράφονται κατά μήκος μίας γραμμής ως ανοιχτόχρωμες ή σκουρόχρωμες περιοχές ανάλογα με την ένταση τους που είναι ανάλογη με την φύση του πυθμένα. Η ηχογραφία του πυθμένα συνίσταται με την

τοποθέτηση των γραμμών αυτών τη μία δίπλα στην άλλη αφού η τορπίλη μετακινείται συνέχεια και η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται εκατοντάδες φορές το κάθε λεπτό. Ο τρόπος στοιχειοθέτησης της ηχογραφίας ομοιάζει με την στοιχειοθέτηση της τηλεοπτικής οθόνης, η οποία δημιουργείται από εκατοντάδες κατακόρυφες γραμμές χωρίς καμία χωριστά να προσφέρει πληροφορίες στο θεατή.

iv. ΚΑΤΑΓΡΑΦΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ (RECORDER) (Εικ.3)

Η καταγραφική μονάδα συνίσταται από ένα μεγάλο μέρος του ηλεκτρονικού τμήματος του συστήματος αλλά και το μηχανισμό της καταγραφής. Όταν προσπέσουν στον πομποδέκτη τα ανακλασθέντα σήματα προκαλείται ηλεκτρικό ρεύμα που τροφοδοτεί καταγραφικές βελόνες οι οποίες παράγουν καταγραφικά ίχνη πάνω σε ηλεκτρευαίσθητο χαρτί ξηρού ή υγρού τύπου. Η καταγραφική μονάδα είναι κατασκευασμένη έτσι ώστε η ένταση του καταγραφόμενου ίχνους να είναι ανάλογη της έντασης του επιστρεφόμενου σήματος με αποτέλεσμα σκουρόχρωμα ίχνη να δηλώνουν ισχυρή ανάκλαση και ανοιχτόχρωμα ίχνη να δηλώνουν ασθενή ανάκλαση των προσπιπτόντων ηχητικών κυμάτων. Οι χρησιμοποιούμενες καταγραφικές μονάδες έχουν τη δυνατότητα αυξημένου δυναμικού εύρους (Dynamic range) δηλαδή μεγάλη ποικιλία χρωματικών τόνων μεταξύ μαύρου και λευκού έτσι ώστε να μπορούν να αποδοθούν γραφικά οι διάφορες εντάσεις των επιστρεφομένων σημάτων π.χ. ο τύπος 260 της E.G & G έχει δυναμικό εύρος 23 dB από το μαύρο έως το λευκό δηλ. 16 χρωματικούς τόνους.

Η καταγραφή των επιστρεφομένων σημάτων συντελείται, στα σύγχρονα συστήματα ηχοβολιστών πλευρικής σάρωσης, με πολλαπλές βελόνες (Multi-stylus), οι οποίες έχουν το πλεονέκτημα έναντι των συμβατικών κινούμενων βελόνων, να παρουσιάζουν μικρή μετατόπιση

(περίπου 2 mm) κατά την διάρκεια της καταγραφής και συνεπώς μικρότερες φθορές.

Η καταγραφική μονάδα των παλαιότερων συστημάτων είχε δύο κανάλια καταγραφής στα οποία καταγράφονταν τα επιστρέφοντα σήματα των δύο πλευρικών πομποδεκτών. Στα σύγχρονα συστήματα στα οποία η καταγραφή είναι απαλλαγμένη από διαφόρων τύπων παραμορφώσεις, έχει προστεθεί ένα τρίτο κανάλι ώστε να είναι δυνατή η καταγραφή της υδάτινης στήλης κατά μήκος της πορείας της ηχοβολιστικής τορπίλης.

ν. ΠΕΡΙ ΗΧΟΓΡΑΦΙΩΝ

Πολλοί παράμετροι ελέγχουν την μορφή και την ποιότητα της ηχογραφίας που προκύπτει από την λειτουργία του ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης. Οι παράμετροι μπορούν να διακριθούν σε αυτούς που οφείλονται στις συνθήκες που επικρατούν στο θαλάσσιο περιβάλλον (άνεμοι, κατάσταση θάλασσας, ρεύματα, πυκνοκλινή λόγω μεταβολών της θερμοκρασίας και της αλατότητας), και σε αυτούς που οφείλονται στο χειρισμό του συστήματος και την επεξεργασία των προσλαμβανόμενων πληροφοριών που αυτό αναπτύσσει (πορεία σκάφους, ταχύτητα τορπίλης, ύψος τορπίλης από τον πυθμένα, διαφόρων τύπων παραμορφώσεις).

Στο κεφάλαιο αυτό δίνεται συνοπτικά η εξέλιξη των ηχογραφιών όπως αυτή προκύπτει από την αντίστοιχη εξέλιξη των συστημάτων ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης. καθώς και τα κύρια χαρακτηριστικά της προκύπτουσας ηχογραφίας.

Οι μονοκάναλες καταγραφικές μονάδες, που χρησιμοποιήθηκαν κυρίως από ηχοβολιστές σάρωσης μεγάλης έκτασης του πυθμένα (GLORIA, ASDIC), την δεκαετία του '70, καταγράφουν τις προσλαμβανόμενες ανακλάσεις μόνο από τον ένα πομποδέκτη (δεξιό ή

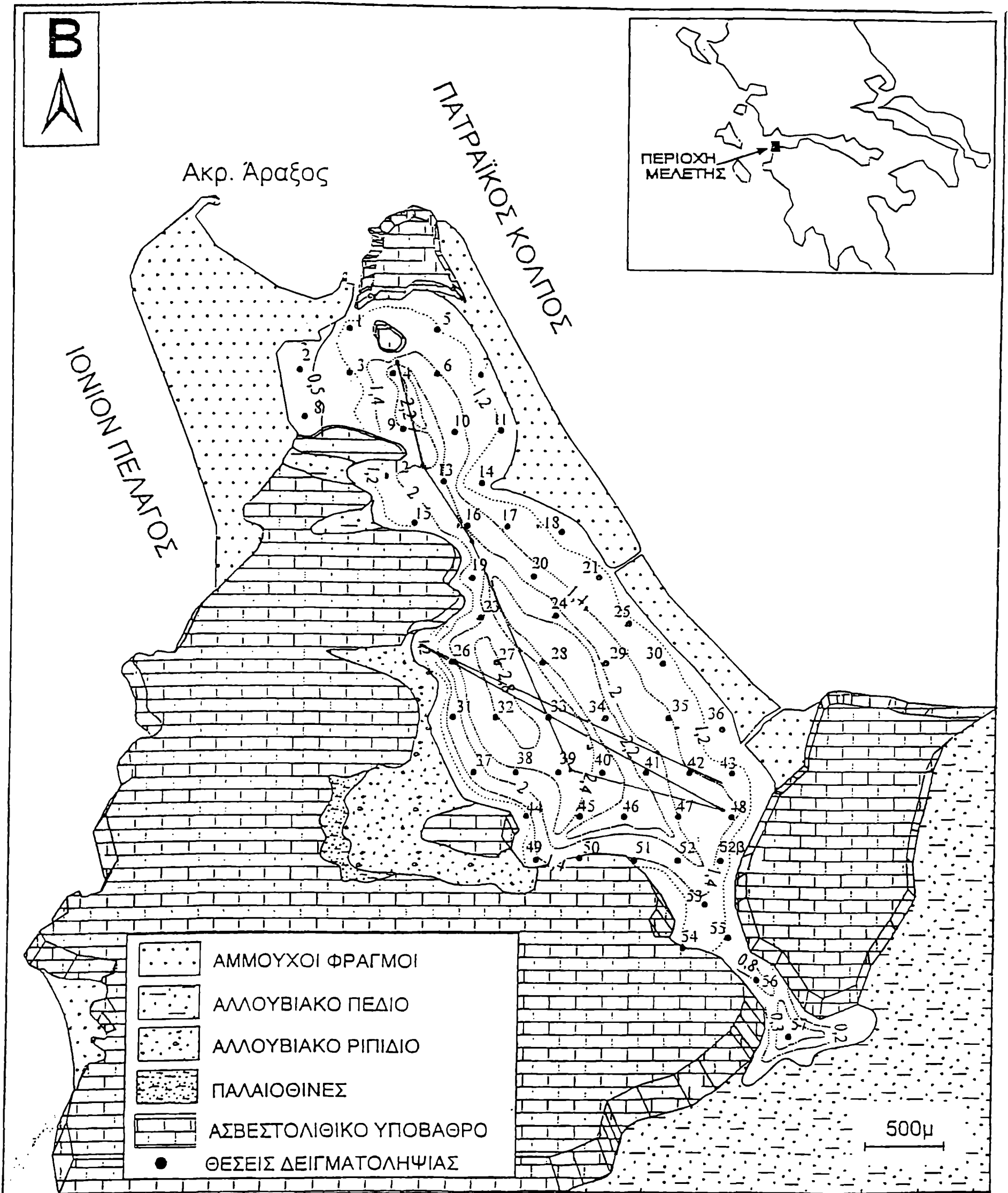
αριστερό). Οι ηχογραφίες που προκύπτουν, παρουσιάζουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τα οποία οφείλονται στην ανάπτυξη εκτός του κύριου ηχητικού λοβού και άλλων δευτερευόντων. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι ζώνες ιδιαίτερα ασθενούς καταγραφής παράλληλες προς την πορεία της τορπίλης, οι οποίες προκαλούνται από την ελάχιστη ηχητική ενέργεια που εκπέμπεται μεταξύ των διαμορφωμένων ηχητικών λοβών. Επιπλέον ένα τμήμα της καταγραφής -αυτό που βρίσκεται προς την πορεία της τορπίλης- δαπανάται για την αποτύπωση της υδάτινης στήλης που παρεμβάλλεται μεταξύ τορπίλης και πυθμένα. Αποτέλεσμα αυτού είναι η "συμπίεση" της αποτύπωσης της επιφάνειας του πυθμένα στο υπόλοιπο τμήμα του καταγραφικού χαρτιού και συνεπώς η παραμόρφωσή της.

Τα σύγχρονα συστήματα ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης έχουν την δυνατότητα να απαλείφουν από την καταγραφή τις λευκές ζώνες (H) που αντιστοιχούν στην υδάτινη στήλη. Τα πλεονεκτήματα αυτού του τρόπου καταγραφής είναι (α) η απαλοιφή της συμπίεσης που υφίσταται η αποτύπωση του πυθμένα εξαιτίας της σπατάλης τμήματος καταγραφικού χαρτιού για την καταγραφή της υδάτινης στήλης, (β) οι καταγραφές δίνουν μία περισσότερο "ρεαλιστική" εικόνα καθιστώντας έτσι ευκολότερη την ερμηνεία τους και (γ) είναι δυνατή η κατασκευή μωσαϊκών από ηχογραφίες. Αντίθετα μειονέκτημα του τρόπου αυτού καταγραφής, είναι το γεγονός ότι καθίσταται αδύνατη η ανίχνευση στόχων στην υδάτινη στήλη (αέριοι υδρογονάνθρακες, κοπάδια ή άτομα ψαριών) κάτω από την τορπίλη. Αυτό το μειονέκτημα, όμως, αντιμετωπίστηκε με την ανάπτυξη του τρίτου καναλιού, στο οποίο καταγράφεται η υποκείμενη της τορπίλης υδάτινη στήλη. Η ηχογραφία αποτελείται από τρία μέρη (αντίστοιχα των τριών καναλιών καταγραφής), την αριστερή ζώνη καταγραφής της επιφάνειας του πυθμένα, η οποία προέρχεται από τον αριστερό (Port) πομποδέκτη, την

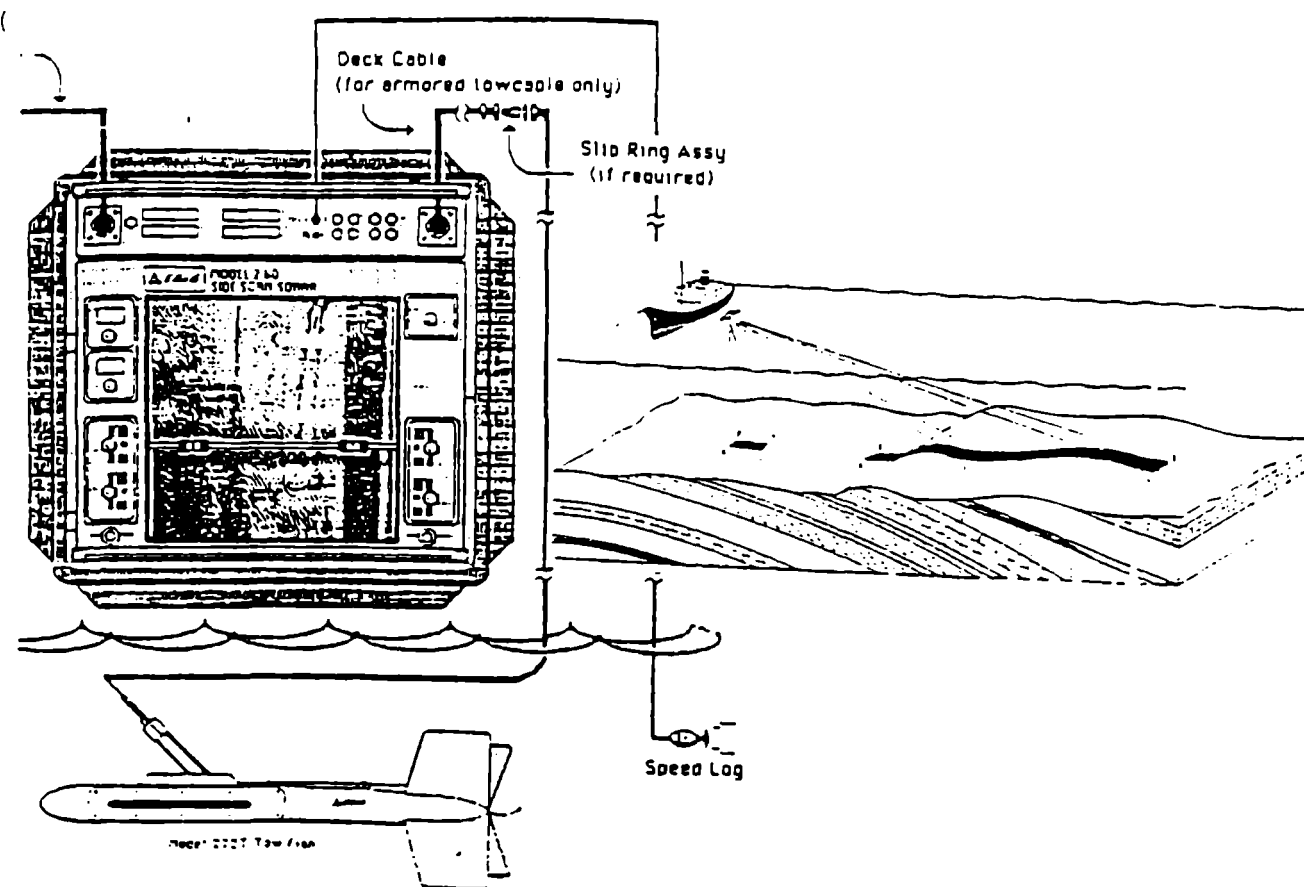
δεξιά ζώνη καταγραφής που προέρχεται από τον δεξιό (**starboard**) πομποδέκτη (**S**) και την βυθομετρική τομή που καταγράφεται στο τρίτο κανάλι. Μεταξύ της βυθομετρικής τομής και της ζώνης καταγραφής παρουσιάζονται συνήθως πληροφορίες (**A**) που αναφέρονται σε ηλεκτρακουστικές παραμέτρους και χαρακτηριστικά της καταγραφής όπως : την εκπεμπόμενη συχνότητα, το επίπεδο ενίσχυσης, σε εύρος (**σε m**) της ζώνης καταγραφής (και σάρωσης). Το κεντρικό ίχνος (**Π**) που διαχωρίζει τις δύο ζώνες καταγραφής αντιπροσωπεύει την πορεία της τορπίλης. Η κλίμακα των ζωνών καταγραφής αποτυπώνεται στην ηχογραφία με την μορφή στιγμάτων (**scale marks**)(**K**) στις κορυφές τετραγώνων με πλευρά ανάλογη του εύρους σάρωσης. Τα σημεία προσδιορισμού της θέσης (**Σ**) αποτυπώνονται τόσο στο κεντρικό ίχνος (**Π**) της τορπίλης όσο και στη βυθομετρική τομή στην οποία καταγράφονται επιπλέον και διάφορες χρήσιμες πληροφορίες (χρόνος λήψης στίγματος, αύξων αριθμός).

vi. ΤΥΠΟΣ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ

Στη λιμνοθάλασσα του Πάππα χρησιμοποιήθηκε ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης τύπου E.G.&G. 272TD, με ζώνη σάρωσης 50, 75 και 100 μέτρα (βλ. Χάρτη 2).



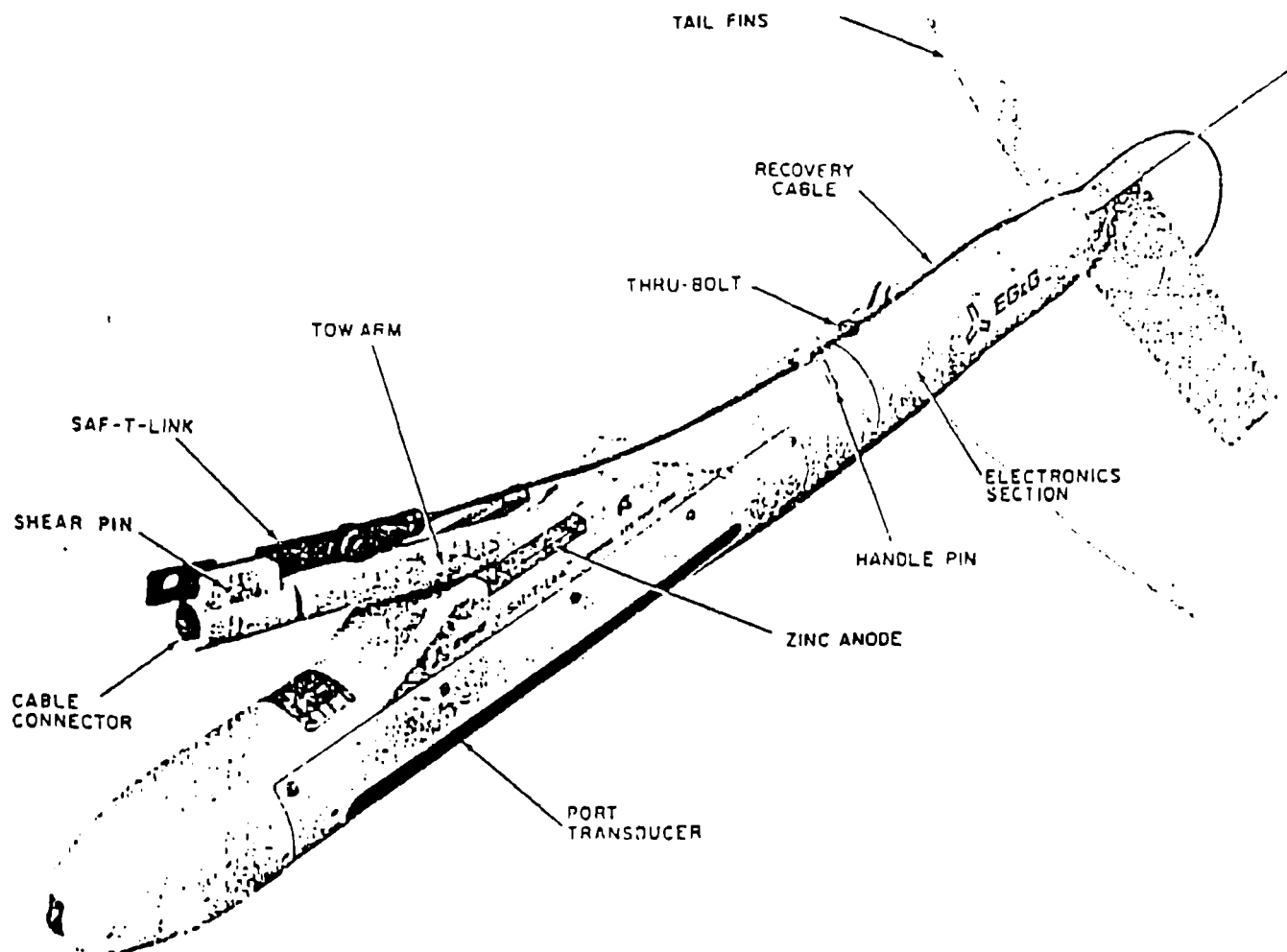
Χάρτης 2: ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΠΟΡΕΙΑ ΤΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΡΣΗ ΤΗΣ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΙΚΗΣ ΤΟΡΠΙΛΗΣ ΤΟΥ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ



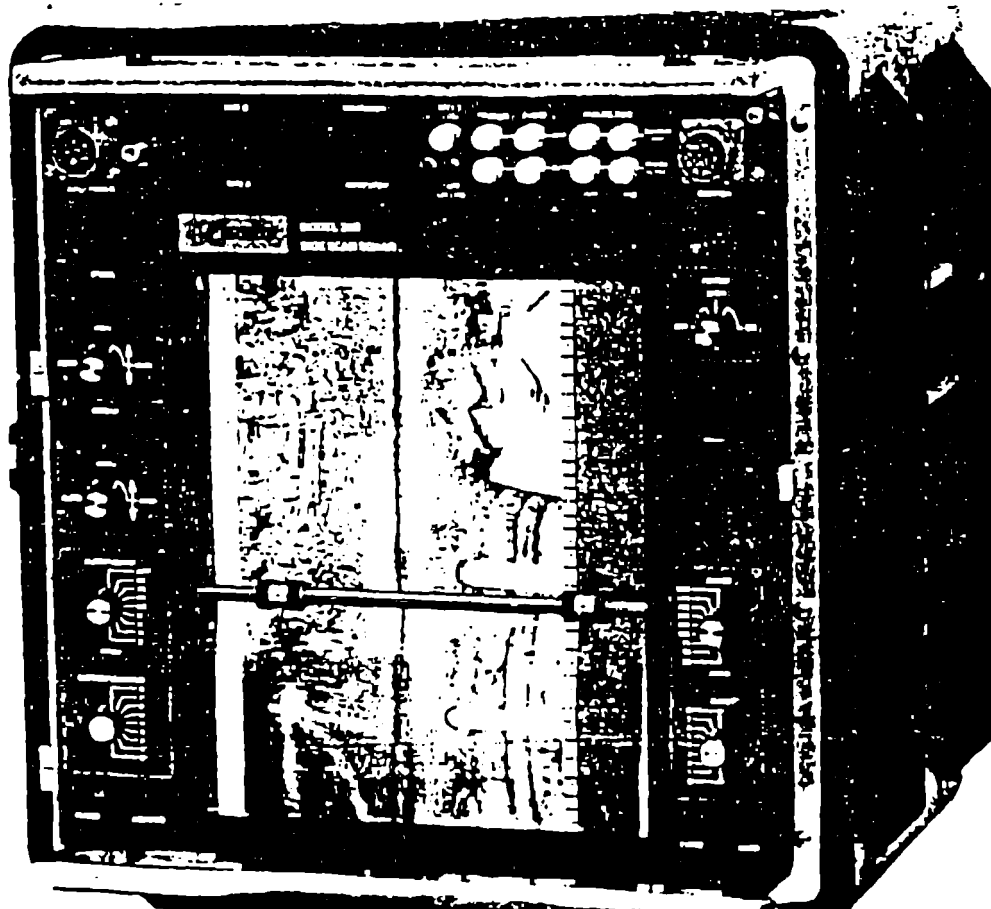
Εικ. 1: (α) ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ

[(1) ημιπλωτή τορπίλη πομποδεκτών, (2) καλώδιο σύρσης, (3) καταγραφική μονάδα, (4) δρομόμετρο και (5) παροχή ενέργειας]

(β) ΗΧΗΤΙΚΗ ΣΑΡΩΣΗ ΤΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ ΜΕ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ



Εικ. 2: ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΙΚΗ ΤΟΡΠΙΛΗ ΓΙΑ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ ΜΙΚΡΗΣ ΖΩΝΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ ΠΥΘΜΕΝΑ [(1) πομποδέκτης, (2) διάταξη σύνδεσης του καλωδίου σύρσης, (3) άνοδοι ψευδαργύρου και (4) ουραία πτερύγια]



Εικ. 3 ΚΑΤΑΓΡΑΦΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ EG&G ΤΥΠΟΣ 260 ΜΕ ΔΙΑΤΑΞΗ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΒΕΛΟΝΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ (ΓΡΑΦΙΔΕΣ) ΠΟΥ ΔΙΑΘΕΤΕΙ Ο ΤΥΠΟΣ ΑΥΤΟΣ

2) ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

A) Κοκκομετρική ανάλυση ιζημάτων με πιπέτα και κόσκινο.

Για την ιζηματολογική μελέτη ακολουθήθηκε η μεθοδολογία που περιγράφεται από το Folke (1974). Για το χονδρόκοκκο κλάσμα των ιζημάτων (μέγεθος κόκκου μεγαλύτερο από 63 μ m) η ανάλυση έγινε με κόσκινο διαμέτρου τρύπας πλέγματος 2,36mm, 2mm, 1,40mm, 1mm, 710 μ m, 500 μ m, 355 μ m, 250 μ m, 180 μ m, 125 μ m, 90 μ m και 63 μ m. Για το λεπτόκοκκο κλάσμα των ιζημάτων (μέγεθος κόκκων <63 μ m) η ανάλυση έγινε με σιφώνιο. Η ανάλυση με σιφώνιο βασίζεται στο νόμο του Stoke. Ο νόμος βασίζεται στην πτώση μίας σφαίρας σε ένα ρευστό. Στην ιζηματολογία ο νόμος του Stoke περιγράφεται από τη μαθηματική σχέση $U=C*D^2$ όπου:

U = η οριακή ταχύτητα καθίζησης του υλικού,

C = είναι μία σταθερά που εξαρτάται (αντιστρόφως ανάλογη) από την πυκνότητα του ρευστού και των κόκκων, όπως και από το ιξώδες του ρευστού,

D= η διάμετρος του κόκκου.

Παρατηρείται επομένως ότι η ταχύτητα καθίζησης είναι ανάλογη του τετραγώνου της διαμέτρου των κόκκων. Έτσι υπολογίζοντας την ταχύτητα καθίζησης του λεπτόκοκκου υλικού μπορεί να υπολογιστεί η διάμετρος των κόκκων.

Για το σκοπό αυτό ζυγίστηκαν 15gr δείγματος από το οποίο απομακρύνθηκε το οργανικό υλικό (οξειδωση με προσθήκη 20 με 30ml H₂O₂ 30% και θέρμανση σε χαμηλή θερμοκρασία). Στη συνέχεια το υλικό μεταφέρθηκε σε ογκομετρικούς κυλίνδρους 1lt. Μέσα σε αυτούς προστέθηκαν 25ml Calgon για να αποφευχθεί η κροκίδωση του υλικού και συμπληρώθηκε μέχρι 1lt με αποσταγμένο νερό. Στη συνέχεια αφού

έγινε καλή ανάδευση αναρροφήθηκαν 25ml του διαλύματος με σιφώνιο σε δεδομένα χρονικά διαστήματα ανάλογα με τη θερμοκρασία και από βάθη 20, 10 και 5cm, τα οποία μεταφέρθηκαν σε μικρά ποτήρια ζέσεως. Αφού εξατμίστηκε το υγρό και με ζύγιση που ακολούθησε βρέθηκε το βάρος των κλασμάτων για κάθε δείγμα. Αφού έγινε η απαραίτητη διόρθωση στο βάρος (λόγω επίδρασης του βάρους του Calgon), βρέθηκε το αθροιστικό % βάρος για κάθε κλάσμα, που δίνεται από τον τύπο:

Cumulative Percent Coarser = $100 (S + F - P) / S + F$, όπου:

S= βάρος της άμμου στο κόσκινο των 62μm (4 Φ)

F = βάρος δείγματος της πρώτης πιέτας x 40

P = βάρος δείγματος της επόμενης πιέτας x 40

B) Γεωχημική ανάλυση.

Τα δείγματα των ιζημάτων ου συλλέχθησαν, με σκοπό τη χημική τους ανάλυση, ξηραίνονται σε ψυχρό ξηραντήρα και κονιοποιούνται με γουδί από αχάτη. Μία ποσότητα 0,25gr κονιοποιημένου δείγματος τοποθετείται σε δοχείο από τεφλόν και στη συνέχεια προστίθενται 8ml HF, 3ml HClO₄ και 3ml HNO₃ (ολική διάσπαση). Τα διαλύματα των δειγμάτων τοποθετήθηκαν σε θερμαντική πλάκα και θερμαίνονται στους 200°C για 20 λεπτά. Τα δείγματα στη συνέχεια ψύχονται και προστίθενται επιπλέον 1 έως 2ml HF. Ακολουθεί θέρμανση των δειγμάτων στους 100 °C έως ότου εξατμισθούν εντελώς (σε 12hr περίπου). Τα δείγματα απομακρύνονται από τη θερμαντική πλάκα και αφού ψυχθούν προστίθενται σε αυτά 2ml HClO₄. Τα διαλύματα μεταφέρονται σε θερμαντική πλάκα όπου και θερμαίνονται έως την πλήρη εξάτμιση τους. Εν συνεχεία προστίθενται 5ml HCl 6M στο κάθε ένα από τα δείγματα, και το περιεχόμενο του κάθε δοχείου τεφλόν

μεταφέρεται σε ογκομετρικές φιάλες, ώστε το τελικό διάλυμα να είναι HCL 1M.

Οι χημικές αναλύσεις των διαλυμάτων που προέκυψαν, έγιναν σε Φασματογράφο Ατομικής Απορρόφησης, Perkin-Elmer 3100. Για τον έλεγχο της ακρίβειας της ανάλυσης, αναλύθηκαν διπλά δείγματα και η ακρίβεια ήταν καλύτερη του +10%. Επιπλέον ο έλεγχος της ακρίβειας της ανάλυσης έγινε με σύγχρονη ανάλυση τυπικών δειγμάτων της Αμερικάνικης Γεωλογικής Εταιρίας (U.S. Geological Survey Standard Samples).

Ο υπολογισμός του ποσοστού του CaCO_3 στα δείγματα των ιζημάτων έγινε με την επίδραση του CH_3COOH . 0,5gr από το κονιοποιημένο δείγμα τοποθετείται σε ειδική κωνική φιάλη και προστίθενται 10ml CH_3COOH 25%. Έπειτα, οι κωνικές φιάλες τοποθετούνται σε ειδικό δονητή για χρονικό διάστημα τεσσάρων ωρών. Το περιεχόμενο των φιαλών διηθείται διαμέσου προζυγισμένων διηθητικών χαρτιών, ώστε να συγκρατηθεί το στερεό υπόλοιπο το οποίο δεν καταστράφηκε από την επίδραση του CH_3COOH . Τα διηθητικά αυτά χαρτιά με το στερεό υπόλοιπο τοποθετούνται για ξηραντήρες και στη συνέχεια ζυγίζονται ώστε να υπολογισθεί το ποσοστό του δείγματος που καταστράφηκε από την επίδραση του CH_3COOH και το οποίο αντιπροσωπεύει το ποσοστό κυρίως του CaCO_3 .

3) ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (Factor Analysis)

Η παραγοντική ανάλυση είναι μία πολυμεταβλητή μέθοδος στατιστικής ανάλυσης. Είναι, δηλαδή, μία μέθοδος που βασίζεται σε μέτρηση συσχέτισης μεταξύ μεταβλητών μέσω συγκεκριμένης μαθηματικής επεξεργασίας. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται, συνήθως, για τη μελέτη ενός μεγάλου αριθμού «ιδιοτήτων» και ενός επίσης μεγάλου αριθμού δειγμάτων π.χ. τη μελέτη της τάξεως μεγέθους κόκκου (Φ) (ιδιότητα) σε περιοχή έρευνας με σταθμούς δειγματοληψίας (δείγματα).

Το σύννηθες πρόβλημα είναι ότι ο πίνακας δεδομένων δύσκολα περιγράφεται άρα απαιτείται η ανάλυση του. Η παραγοντική ανάλυση έχει λοιπόν ως σκοπό την όσο το δυνατόν ικανοποιητικότερη περιγραφή του πίνακα με τον πιο απλό τρόπο. Αυτό είναι δυνατόν μόνο όταν στα δεδομένα υπάρχει μικρός αριθμός ομάδων η οποία συνίσταται από ισχυρά συσχετιζόμενες ιδιότητες, οι οποίες μπορούν να περιγράψουν ικανοποιητικά σχεδόν όλα τα δείγματα περίπου όπως κάνουν όλες οι ιδιότητες μαζί. Η μέθοδος δηλαδή έχει εφαρμογή σε περιπτώσεις μελετών με δείγματα των οποίων οι ιδιότητες παρουσιάζουν σχέσεις συμπάθειας και αντιπάθειας.

Σκοπός της μεθόδου είναι η μετατροπή και παράλληλα μείωση του αριθμού των ιδιοτήτων σε νέες ιδιότητες. Οι νέες αυτές ιδιότητες καλούνται παράγοντες και με τη βοήθεια τους, εφ' όσον παρατηρήσουμε (μέσο μαθηματικής επεξεργασίας) ότι εκφράζουν (ποσοστιαίως) ικανοποιητικά τα δείγματα μας, έχουμε σε απλούστερη μορφή μία σαφή εικόνα των δειγμάτων μας. Η μαθηματική επεξεργασία της Παραγοντικής

Ανάλυσης είναι σχετικά πολύπλοκη και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται το υπολογιστικό πρόγραμμα S.P.S.S..

Αρχικά βρίσκουμε τους νέους παράγοντες. Το ποσοστό της ολικής διακύμανσης που εκφράζεται από την ιδιοτιμή του κάθε παράγοντα μας «δείχνει» το ποσοστό περιγραφής των δειγμάτων μας. Παρατηρούμε ότι οι πρώτοι παράγοντες έχουν μεγαλύτερο ποσοστό έκφρασης απ' ότι οι επόμενοι. Δηλαδή με τη μελέτη ορισμένου αριθμού παραγόντων (σαφώς μικρότερου των μεταβλητών) καλύπτουμε ένα πάρα πολύ μεγάλο ποσοστό της ολικής διακύμανσης των δειγμάτων. Ο καθορισμός του αριθμού των παραγόντων που τελικά θα διατηρηθούν είναι ίσως και το πιο σημαντικό στάδιο της Παραγοντικής Ανάλυσης.

Για την περαιτέρω μελέτη ελέγχουμε τα n -μελή παραγοντικά μοντέλα (μοντέλα που περιέχουν τους $1,2,3,\dots,n$ παράγοντες). Μελετούμε τα μοντέλα αυτά των οποίων το συνολικό άθροισμα του ποσοστού της ολικής διακύμανσης είναι υψηλό. Αφού καθορίσουμε τα μοντέλα μας ελέγχουμε την αξιοπιστία τους (κριτήρια καθορισμού των διατηρούμενων παραγόντων).

Ακολουθώντας με τη βοήθεια των τιμών των περιστρεμμένων παραγοντικών φορτίσεων ελέγχουμε την αξιοπιστία του κάθε προεπιλεγμένου n -μελούς παραγοντικού μοντέλου. Το κάθε n -μελές μοντέλο εκφράζει κάποιο ποσοστό της ολικής διακύμανσης των μεταβλητών. Έπειτα σε κάθε ένα παράγοντα του n -μελούς μοντέλου ομαδοποιούμε τις μεταβλητές και αναγνωρίζουμε τις υψηλές θετικές και αρνητικές φορτίσεις. Τέλος μέσω των τιμών των κοινών παραγοντικών διακυμάνσεων του μοντέλου βρίσκουμε ποιες μεταβλητές εκφράζονται ικανοποιητικά από αυτό το μοντέλο. Την ίδια διαδικασία ακολουθούμε για κάθε επιλεγμένο n -μελές παραγοντικό μοντέλο.

Το μοντέλο που θα επιλέξουμε τελικά είναι αυτό το οποίο εκφράζει ικανοποιητικότερα τις περισσότερες μεταβλητές και παράλληλα εισάγει και τους λιγότερους παράγοντες.

Μαθηματική Επεξεργασία της Παραγοντικής Ανάλυσης (Factor Analysis)

Όπως έχουμε αναφέρει και παραπάνω επιδιώκουμε τον υπολογισμό m -γραμμικών μετασχηματισμών των αρχικών n -μεταβλητών όπου το $m < n$. Οι m -γραμμικοί μετασχηματισμοί είναι αυτό που καλείται παράγοντας (factor).

Το βασικό μαθηματικό μοντέλο της Παραγοντικής Ανάλυσης σε συγκεκριμένο πίνακα δεδομένων (Data matrix), σε ανεπτυγμένη μορφή είναι:

$$Z_j = a_{1j}F_1 + a_{2j}F_2 + \dots + a_{mj}F_m + a_jE_j \quad [1.1]$$

Όπου:

Z_j : Οι αρχικές μεταβλητές X_j σε τυποποιημένη μορφή (standard form), δηλαδή μετασχηματισμένες έτσι ώστε να παρουσιάζουν μέση τιμή μηδέν και διακύμανση ίση με τη μονάδα.

F_m : Υποθετικές μεταβλητές που καλούνται παράγοντες (factors) και ο αριθμός τους (m) είναι μικρότερος από τον αριθμό (n) των αρχικών μεταβλητών. Στην ορολογία της Παραγοντικής Ανάλυσης τα στοιχεία των F_m καλούνται παραγοντικές τιμές (scores) και είναι ανάλογα των τιμών της ανάλυσης Κύριων Συνθετητών*.

a_{1j} : Είναι τιμές οι οποίες αν τροφοδοτηθούν στο μαθηματικό μοντέλο της Παραγοντικής Ανάλυσης, υπολογίζουν τις τιμές των αρχικών μεταβλητών. Στην ορολογία της Παραγοντικής Ανάλυσης οι τιμές αυτές

καλούνται παραγοντικές φορτίσεις (loadings) και είναι ανάλογες με τις φορτίσεις στην ανάλυση των Κύριων Συνθετητών*.

* Οι δύο σημαντικότερες πολυμεταβλητές μέθοδοι ανάλυσης, η Παραγοντική (Factor Analysis, F. A.) και η Ανάλυση Κύριων Συνθετητών (Principal Component Analysis, P. C. A.) αν και συχνά αναφέρονται ως παρόμοιες μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης στην πραγματικότητα παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στο μαθηματικό μέρος τους καθώς και στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων τους.

E_j : Παράγοντας λάθους.

Πρέπει να τονιστεί ότι το μαθηματικό μοντέλο [1.1] της Παραγοντικής Ανάλυσης συνίσταται στη πραγματικότητα από n -εξισώσεις της μορφής [1.1], όσες και ο αριθμός των αρχικών μεταβλητών.

Τα τρία βασικά προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν σύμφωνα με το μαθηματικό μοντέλο μας είναι:

- 1) Υπολογισμός των τιμών a_j (παραγοντικές φορτίσεις – loadings).
- 2) Υπολογισμός των τιμών F_m (παραγοντικές τιμές – scores).
- 3) Καθορισμός του αριθμού m των παραγόντων.

Οι σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ των αρχικών n -μεταβλητών (το ζητούμενο κάθε Παραγοντικής Ανάλυσης) περιγράφεται από το ποσοστό της ολικής διακύμανσης (total variance). Άρα η διερεύνηση στην Παραγοντική Ανάλυση της διακύμανσης, κρίνεται απαραίτητη.

Πρέπει να τεθούν δύο περιορισμοί:

- 1) οι παράγοντες πρέπει να είναι σε τυποποιημένη μορφή.
- 2) οι παράγοντες δεν πρέπει να παρουσιάζουν συσχέτιση μεταξύ τους.

Διαπιστώνεται ότι η διακύμανση μίας μεταβλητής είναι ίση με το άθροισμα των τετραγώνων των παραγοντικών φορτίσεων (a_{ij}). Η ολική

διακύμανση των n -μεταβλητών που ισούται με το άθροισμα των διακυμάνσεων κάθε μεταβλητής αποτελείται από δύο μέρη:

- i) Το μέρος της ολικής διακύμανσης που οφείλεται στους κοινούς παράγοντες (common factors) και καλείται κοινή διακύμανση (communalities).

$$h_j^2 = \alpha_{1j}^2 + \alpha_{2j}^2 + \dots + \alpha_{mj}^2 + \alpha_j^2 \quad [1.3]$$

Το ποσό αυτό της ολικής διακύμανσης επειδή είναι κοινή για όλες τις n -μεταβλητές καλείται και κοινή διακύμανση (common variance). Η κοινή διακύμανση είναι ένας αριθμητικός όρος ο οποίος αντιπροσωπεύει το ποσοστό της ολικής διακύμανσης το οποίο οφείλεται στους συνδυασμούς μεταξύ των n -μεταβλητών.

- ii) Το μέρος που οφείλεται στον ειδικό παράγοντα (unique factor) και συνήθως καλείται ειδική διακύμανση (specific variance), της οποίας ο τύπος είναι:

$$\alpha_j^2 = 1 - h_j^2 \quad [1.4]$$

Το μέρος αυτό της ολικής διακύμανσης φτιάχνεται από τις διακυμάνσεις που παρουσιάζουν η κάθε μία μεταβλητή ξεχωριστά.

Παραγοντική Ανάλυση R-τύπου

Οι μαθηματικές επεξεργασίες που χρειάζονται για τη στατιστική ανάλυση δεδομένων με τη παραγοντική ανάλυση R-τύπου, εμφανίζονται σε στάδια και σε μορφή πινάκων (Παπαθεοδώρου, 1996).

Για την καλύτερη περιγραφή των σταδίων ανάπτυξης της παραγοντικής ανάλυσης R-τύπου, παρατίθεται το κάτωθι παράδειγμα:

Δίνονται 31 μετρήσεις από πάχη σχιστολιθικών (shades) και εβαποριτικών (evaporites) στρωμάτων, ηλικίας Αν. Περμίου, που συλλέχθηκαν από γεωτρήσεις στο Δυτικό Κάνσας και Ν. Α. Κολοράντο (πίνακας 1).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΑΡΧΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ		ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΥΠΟ ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΜΟΡΦΗ	
	A	B	A	B
01	350	205	- 0,61	0,41
02	432	77	- 0,11	- 0,61
03	311	40	- 0,85	- 1,17
04	116	26	- 2,04	-1,30
05	450	186	0,00	0,23
06	435	182	- 0,09	0,19
07	110	0	- 2,07	- 1,55
08	148	75	-1,84	- 0,83
09	304	98	- 0,89	- 0,61
10	272	59	- 1,08	- 0,99
11	355	222	- 0,58	0,57
12	643	297	1,18	1,29
13	341	85	- 0,66	- 0,74
14	242	100	- 1,27	- 0,59
15	568	370	0,72	1,99
16	758	248	1,88	0,82
17	610	307	0,97	1,39
18	520	302	0,43	1,34
19	510	164	0,37	0,02
20	659	360	0,27	1,90
21	542	216	0,56	0,52
22	400	80	- 0,30	- 0,78
23	477	47	0,16	- 1,10
24	501	209	0,31	0,45
25	528	308	0,48	1,40
26	502	162	0,32	0,00
27	238	137	- 1,29	- 0,24
28	316	126	- 0,82	- 0,34
29	637	89	1,14	- 0,70
30	461	39	0,07	- 1,18
31	558	230	0,66	0,65
Μέση Τιμή	450	162	0,00	0,00
Σταθερή Απόκλιση	164,12	104,47	1,00	1,00

A = στρώμα σχιστολίθων
B = στρώμα εβαποριτών

ΣΤΑΔΙΟ 1

◆ Πίνακας Δεδομένων (DATA MATRIX)

Τα δεδομένα διευθετούνται σε μορφή πίνακα (πίνακας 1) που είναι του τύπου: $X_{N,n}$

όπου: n = αριθμός των αρχικών μεταβλητών

N = ο αριθμός των θέσεων μέτρησης (δειγμάτων) των μεταβλητών.

ΣΤΑΔΙΟ 2

◆ Πίνακας Συσχετίσεων (CORRELATION MATRIX)

Ο υπολογισμός του πίνακα συσχετίσεων από τον πίνακα δεδομένων, γίνεται με δύο τρόπους:

Στάδιο 2^A (υπολογισμός διακυμάνσεων / συνδιακυμάνσεων μεταξύ μεταβλητών σε τυποποιημένη μορφή)

Στο στάδιο αυτό απαιτείται ο μετασχηματισμός των δεδομένων με τυποποιημένη μορφή (standard form) και ο υπολογισμός των διακυμάνσεων / συνδιακυμάνσεων μεταξύ των τυποποιημένων μεταβλητών.

$$X_{N,n} \xrightarrow{\text{standardisation}} Z_{N,n}$$

Μία μεταβλητή σε τυποποιημένη μορφή δίδεται από τον τύπο:

$$Z_i = X_i - \bar{X}_i / \sigma_i \quad [1.5]$$

όπου: \bar{X}_i : η μέση τιμή της μεταβλητής X_i

X_i : οι μετρήσεις της συγκεκριμένης μεταβλητής

σ_i : η σταθερή απόκλιση (standard deviation) της μεταβλητής

Από τα παραπάνω προκύπτει μία μεταβλητή που έχει μέση τιμή το μηδέν και σταθερή απόκλιση τη μονάδα. Στον πίνακα 1 αναφέρονται και οι μεταβλητές σε τυποποιημένη μορφή. Οι νέες μετασχηματισμένες μετρήσεις παρουσιάζουν μέση τιμή ίση με το μηδέν, ενώ πριν το

μετασχηματισμό είχαν μέση τιμή 450 και 162 αντίστοιχα. Στους πίνακες 2 και 3 παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις / συνδιακυμάνσεις των αρχικών δεδομένων και των μετασχηματισμένων σε τυποποιημένη μορφή, αντίστοιχα. Σκοπός αυτού του μετασχηματισμού (τυποποιημένης μορφής) είναι να κατασκευαστεί ένας πίνακας αρχικών δεδομένων, έτσι ώστε οι μεταβλητές να είναι συγκρίσιμες ανεξαρτήτως τάξης μεγέθους και μονάδων μέτρησης.

Σε έναν πίνακα δεδομένων χωρίς μετασχηματισμό, οι επιδράσεις των μεταβλητών στα τελικά αποτελέσματα της Παραγοντικής Ανάλυσης θα ελέγχονται κυρίως από τις τάξεις μεγέθους και τις μονάδες μέτρησης και όχι από τις διακυμάνσεις τους. Αυτό σημαίνει ότι η Παραγοντική Ανάλυση δε θα κατορθώσει ν' αποδώσει τη δομή του πίνακα διακυμάνσεων / συνδιακυμάνσεων και συνεπώς τις σχέσεις των μεταβλητών. Αντίθετα οι τυποποιημένες μεταβλητές θα έχουν επίδραση στ' αποτελέσματα της Παραγοντικής Ανάλυσης, απόλυτα ανάλογη με τη διακύμανση που εμφανίζει κάθε μία από αυτές. Αυτό σημαίνει ότι η Παραγοντική Ανάλυση θα μπορέσει ν' αποδώσει τη δομή του πίνακα διακυμάνσεων / συνδιακυμάνσεων και συνεπώς τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών. Αν και ο μετασχηματισμός τυποποιημένης μορφής είναι δυνατόν να έχει σημαντική επίδραση στην δομή του πίνακα διακυμάνσεων / συνδιακυμάνσεων και συνεπώς στ' αποτελέσματα της Παραγοντικής Ανάλυσης, πολλοί ερευνητές τον θεωρούν απαραίτητο.

ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ / ΣΥΝΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΡΧΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ		
	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ	ΕΒΑΠΟΡΙΤΗΣ
ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ	26935,7	11941,4
	(31)	(31)
ΕΒΑΠΟΡΙΤΗΣ	11941,4	10913,8
	(31)	(31)

Πίνακας 2

ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ / ΣΥΝΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΕ “ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΜΟΡΦΗ”		
	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ	ΕΒΑΠΟΡΙΤΗΣ
ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ	1,0000	0,6965
ΕΒΑΠΟΡΙΤΗΣ	0,6965	1,0000

Πίνακας 3

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΧΩΡΙΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ		
	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ	ΕΒΑΠΟΡΙΤΗΣ
ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ	1,0000	0,6965
	(31)	(31)
ΕΒΑΠΟΡΙΤΗΣ	0,6965	1,0000
	(31)	(31)

Πίνακας 4

Στάδιο 2^B (υπολογισμός πίνακα συντελεστών συσχέτισης)

Στο στάδιο αυτό υπολογίζεται ο πίνακας των συντελεστών συσχέτισης R (correlation coefficient matrix) των αρχικών δεδομένων χωρίς αυτά να έχουν υποστεί οποιοδήποτε μετασχηματισμό.

$$R = 1x(X')x(X) / N [1.6]$$

όπου:

X': ένας νέος πίνακας ο οποίος έχει στήλες τις γραμμές και γραμμές τις στήλες του πίνακα των αρχικών δεδομένων (**X**).

R: ο πίνακας των συντελεστών συσχέτισης είναι ένας τετραγωνικός πίνακας ο οποίος έχει στήλες και γραμμές, όσες οι στήλες του πίνακα των αρχικών δεδομένων.

Στον πίνακα 4 εμφανίζονται οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των δύο μεταβλητών του στρωματογραφικού παραδείγματος. Οι τιμές των συντελεστών συσχέτισης είναι ίσες με τις τιμές των διακυμάνσεων / συνδιακυμάνσεων των δεδομένων σε τυποποιημένη μορφή (πίνακας 3).

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι ο πίνακας διακυμάνσεων / συνδιακυμάνσεων των δεδομένων σε τυποποιημένη μορφή δε διαφέρει από τον πίνακα συντελεστών συσχέτισης των δεδομένων χωρίς μετασχηματισμό. Συνεπώς δεν είναι απαραίτητος ο μετασχηματισμός τυποποιημένης μορφής για κάθε μία από τις μετρήσεις των αρχικών δεδομένων, αλλά ο απ' ευθείας υπολογισμός των συντελεστών συσχέτισης.

ΣΤΑΔΙΟ 3 [υπολογισμός ιδιοτιμών και ιδιοδιανυσμάτων (eigenvalues and eigenvectors)]

Στο στάδιο αυτό υπολογίζονται οι ιδιοτιμές και τα ιδιοδιανύσματα του πίνακα των συντελεστών συσχέτισης (R) (πίνακας 5).

ΙΔΙΟΔΙΑΝΥΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΙΜΕΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ		
ΙΔΙΟΔΙΑΝΥΣΜΑ I =	$\begin{vmatrix} 0,082 \\ 0,471 \end{vmatrix}$	ΙΔΙΟΤΙΜΗ I = 33304,3 (87,99%)
ΙΔΙΟΔΙΑΝΥΣΜΑ II =	$\begin{vmatrix} -0,471 \\ 0,882 \end{vmatrix}$	ΙΔΙΟΤΙΜΗ II = 4545,2 (12,01%)

Πίνακας 5

Η επίλυση του πίνακα διακυμάνσεων / συνδιακυμάνσεων σε τυποποιημένη μορφή οδήγησε σε υπολογισμό των ιδιοτιμών και ιδιοδιανυσμάτων (πίνακας 6).

ΙΔΙΟΔΙΑΝΥΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΙΜΕΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΣΕ “ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΜΟΡΦΗ”		
ΙΔΙΟΔΙΑΝΥΣΜΑ I =	$\begin{vmatrix} 1,0000 \\ 1,0000 \end{vmatrix}$	ΙΔΙΟΤΙΜΗ I = 1,6965 (84,80%)
ΙΔΙΟΔΙΑΝΥΣΜΑ II =	$\begin{vmatrix} 1,0000 \\ -1,0000 \end{vmatrix}$	ΙΔΙΟΤΙΜΗ II = 0,3035 (15,20%)

Πίνακας 6

Η πρώτη ιδιοτιμή και το αντίστοιχο ιδιοδιάνυσμα εκφράζουν το 84,8% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων ενώ η δεύτερη ιδιοτιμή-ιδιοδιάνυσμα το υπόλοιπο 15,2%.

Σύμφωνα με τα παραπάνω ισχύει και η ακόλουθη σχέση:

$$\text{ΙΔΙΟΤΙΜΗ (I)} + \text{ΙΔΙΟΤΙΜΗ (II)} = 1,6965 + 0,3035 = 2$$

ΣΤΑΔΙΟ.....4 [ομαλοποίηση ιδιοδιανυσμάτων (normalised eigenvectors)]

Η επίλυση του πίνακα διακυμάνσεων / συνδιακυμάνσεων (ή συντελεστών συσχέτισης) δίνει άπειρο αριθμό ιδιοδιανυσμάτων, επειδή κάθε ιδιοδιάνυσμα μπορεί να πολλαπλασιάζεται με μία σταθερά **K**.

Η επιλογή της **K** γίνεται έτσι ώστε το ιδιοδιάνυσμα που προκύπτει να έχει μήκος ίσο με τη μονάδα. Τα διανύσματα αυτά καλούνται ομαλοποιημένα (normalized).

Η ομαλοποίηση αυτή προκύπτει με διαίρεση κάθε στοιχείου του ιδιοδιανύσματος με τη τετραγωνική ρίζα του αθροίσματος των στοιχείων των ιδιοδιανυσμάτων.

Στάδιο 4^A [υπολογισμός παραγοντικών φορτίσεων (factor loadings)]

Σκοπός του σταδίου αυτού, είναι ο μετασχηματισμός των ιδιοδιανυσμάτων σε μορφή τέτοια ώστε το μήκος τους να είναι ανάλογο της τιμής της αντίστοιχης ιδιοτιμής. Αυτό επιτυγχάνεται με πολλαπλασιασμό των στοιχείων κάθε ιδιοδιανύσματος με την τετραγωνική ρίζα της αντίστοιχης ιδιοτιμής.

Προϋποθέτοντας ότι ο υπολογισμός των παραγοντικών φορτίσεων είναι σωστός το άθροισμα των τετραγώνων των φορτίσεων πρέπει να είναι ίσο περίπου με την αντίστοιχη ιδιοτιμή. Παρόμοια προκύπτουν οι παραγοντικές φορτίσεις του δευτέρου παράγοντα.

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα ο πρώτος παράγων εκφράζει το 84,8% της διακύμανσης των δεδομένων. Από το ποσοστό αυτό το 50% προέρχεται από την πρώτη μεταβλητή (σχιστόλιθοι) και το 50% από τη δεύτερη μεταβλητή (εβαπορίτες). Ομοίως ο δεύτερος παράγων εκφράζει το 15,2% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων, ένα ποσοστό το οποίο προέρχεται κατά 50% από την πρώτη μεταβλητή και κατά 50% από τη δεύτερη.

Ο πίνακας των παραγοντικών φορτίσεων του παραδείγματος είναι:

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ			
		ΠΑΡΑΓΩΝ (I)	ΠΑΡΑΓΩΝ (II)
		(φορτίσεις)	(φορτίσεις)
ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	1 ^η	0,9210	0,3895
	2 ^η	0,9210	-0,3895

Πίνακας 7

Αν υψωθούν στο τετράγωνο τα στοιχεία κάθε ιδιοδιανύσματος και προστεθούν ανά γραμμή τα τετράγωνα αυτά τ' αθροίσματα που προκύπτουν είναι το ποσό της διακύμανσης κάθε μεταβλητής που εκφράζεται από τους παράγοντες που προέκυψαν από την ανάλυση αυτή. Τ' αθροίσματα αυτά καλούνται κοινώς παραγοντικές διακυμάνσεις (communalities).

Στάδιο 4^B [αποκοπή εποσειωδών παραγόντων (number of factors)]

Αν στο προηγούμενο παράδειγμα διατηρηθεί ο πρώτος παράγων, ο οποίος είναι και ο σημαντικότερος και αποκοπεί ο δεύτερος τότε με τις αντίστοιχες διεργασίες συμπεραίνουμε ότι ο πρώτος παράγων αντιπροσωπεύει το 84,83% της διακύμανσης της πρώτης μεταβλητής και το 84,83% της δεύτερης.

Άρα η αποκοπή του δεύτερου παράγοντα προκαλεί απώλεια της διακύμανσης της τάξεως του 15,17% και στην πρώτη και στη δεύτερη μεταβλητή. Οποιαδήποτε απώλεια ποσοστού διακύμανσης σημαίνει ταυτόχρονα απώλεια πληροφοριών των αποτελεσμάτων της Παραγοντικής Ανάλυσης. Επομένως όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των αποκομμένων παραγόντων τόσο μεγαλύτερη είναι και η απώλεια του ποσοστού διακύμανσης των μεταβλητών.

Ένα κρίσιμο ερώτημα που ανακύπτει, κατά την εφαρμογή της Παραγοντικής Ανάλυσης είναι το πόσοι παράγοντες απαιτείται να διατηρηθούν, ώστε να εκφράζουν ικανοποιητικό ποσοστό κοινής διακύμανσης (μικρή απώλεια πληροφοριών) και συγχρόνως ο αριθμός αυτός να είναι σχετικά μικρός ώστε να μειώνει σημαντικά την πολυπλοκότητα των δεδομένων.

Δυστυχώς δεν υπάρχουν στατιστικά test τα οποία, απαντούν ικανοποιητικά το παραπάνω ερώτημα. Αντ' αυτών χρησιμοποιούνται διάφορα κριτήρια ή συνδυασμοί κριτηρίων, τα σημαντικότερα των οποίων είναι:

α) επιλογή των δύο ή τριών πρώτων παραγόντων ώστε να είναι δυνατή η απεικόνιση τους σε γραφικές παραστάσεις.

β) επιλογή των παραγόντων, αποκλειστικά από το ποσοστό της ολικής διακύμανσης που εκφράζουν συνολικά.

γ) επιλογή των παραγόντων, οι οποίοι σχετίζονται με ιδιοτιμές μεγαλύτερες από τη μονάδα.

δ) επιλογή των παραγόντων αυτών που παρουσιάζουν υψηλές φορτίσεις σε πάνω από μία μεταβλητή.

ε) επιλογή του αριθμού των παραγόντων, σύμφωνα με το διάγραμμα αλλαγής κλίσης του Cattell (Cattell's Scree test, 1966).

στ) επιλογή των παραγόντων βάση υποκειμενικών κριτηρίων.

Η βαθιά γνώση του γεωλογικού προβλήματος που προσπαθεί να επιλύσει ο ερευνητής τον οδηγεί συνήθως στη επιλογή του σωστού αριθμού παραγόντων ανεξαρτήτως κριτηρίων. Πολλοί ερευνητές βασίζουν συνήθως την επιλογή τους στο κριτήριο αυτό, επειδή οδηγεί σε γεωλογικώς αξιόπιστα συμπεράσματα.

Στάδιο 4^F [περιστροφή παραγόντων (*factor rotation*)]

Η Παραγοντική Ανάλυση, μέχρι το στάδιο αυτό, καθορίζει τους παράγοντες (factors) οι οποίοι εκφράζουν επαρκώς τ' αρχικά δεδομένα. Η λύση που συνήθως προκύπτει δεν αποδίδει σαφώς την εσωτερική δομή του πίνακα των δεδομένων και επομένως τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών. Απαιτείται επομένως επεξεργασία των παραγόντων με μία επιπλέον μαθηματική διεργασία. Σκοπός της διεργασίας αυτής είναι η περιστροφή των αξόνων των παραγόντων σε νέες θέσεις έτσι ώστε οι υψηλές φορτίσεις να τείνουν προς τη μονάδα και οι μικρές προς το μηδέν. Το αποτέλεσμα αυτής της περιστροφής, εκτός της μεγιστοποίησης του εύρους των τιμών των φορτίσεων, απλουστεύει τον πίνακα των παραγόντων και μετά την περιστροφή, παρουσιάζει μία “απλή δομή” (simple structure) η οποία ικανοποιεί τα παρακάτω κριτήρια:

α) Για κάθε παράγοντα, μόνο ένας σχετικά μικρός αριθμός μεταβλητών έχει υψηλές φορτίσεις ενώ οι υπόλοιπες έχουν πολύ χαμηλές τιμές φορτίσεων.

β) Κάθε μεταβλητή έχει σημαντικές φορτίσεις μόνο σε μερικούς από τους παράγοντες.

γ) Για κάθε ζεύγος παραγόντων, ένας μικρός αριθμός μεταβλητών έχει χαμηλές φορτίσεις και στους δύο παράγοντες.

δ) Για κάθε δεδομένο ζεύγος παραγόντων, μερικές από τις μεταβλητές έχουν υψηλές φορτίσεις στο δεύτερο παράγοντα αλλά όχι στον πρώτο.

ε) Για κάθε ζεύγος παραγόντων, πολύ λίγες μεταβλητές έχουν υψηλές φορτίσεις και στους δύο παράγοντες.

Η περιστροφή των αξόνων των παραγόντων μπορεί να γίνει με δύο κύριους μηχανισμούς περιστροφής την (i) ορθογώνια (orthogonal factor rotation) και την (ii) πλάγια περιστροφή (oblique factor rotation). Η συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι αυτή της ορθογώνιας περιστροφής.

ΣΤΑΔΙΟ 5 [υπολογισμός παραγοντικών τιμών (factors scores)]

Ο υπολογισμός των παραγοντικών τιμών (factors scores) δηλαδή η τιμή του παράγοντα σε κάθε θέση δειγματοληψίας, είναι το τελευταίο στάδιο της Παραγοντικής Ανάλυσης. Η παραγοντική τιμή κάθε δείγματος (θέση παρατήρησης) προκύπτει ως αλγεβρικό άθροισμα των γινομένων μεταξύ των συγκεντρώσεων των μεταβλητών (στη συγκεκριμένη θέση παρατήρησης) και των φορτίσεων του ανάλογου παράγοντα. Άρα λοιπόν εάν σε μία θέση παρατήρησης (δείγμα) η μέτρηση μίας μεταβλητής έχει υψηλή τιμή και η μεταβλητή αυτή παρουσιάζει υψηλή φόρτιση σε έναν από τους παράγοντες που προκύπτουν, τότε το συγκεκριμένο δείγμα θα παρουσιάζει υψηλή παραγοντική τιμή (scores) για το συγκεκριμένο παράγοντα.

Τέλος η αποτύπωση σε χάρτη των παραγοντικών τιμών των δειγμάτων, κατά τη γεωγραφική κατανομή τους υποδηλώνει τη γεωγραφική εξάπλωση του κάθε παράγοντα. Αυτή η προσέγγιση στις παραγοντικές τιμές καταδεικνύει τη σημαντική συνεισφορά αυτού του

σταδίου στην κατανόηση των αποτελεσμάτων της Παραγοντικής Ανάλυσης.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

1) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η κοκκομετρική ανάλυση των 52 δειγμάτων που ελήφθησαν από τη λιμνοθάλασσα του Πάππα (Μπούζος και Κοντόπουλος, 1998). Τα μεγέθη των κόκκων έχουν χωριστεί σε 11 τάξεις ανάλογα τη διάμετρο (Φ) [$\Phi = -\log_2 d(\text{mm})$] αυτών. Στην πρώτη στήλη αναφέρονται τα ονόματα των δειγμάτων και στις υπόλοιπες εμφανίζονται οι τάξεις μεγέθους, από -0 έως 1Φ - (δεύτερη στήλη) έως και -10 έως 11Φ - (τελευταία στήλη).

Στον πίνακα παρατηρείται πως η τάξη μεγέθους 0 έως 1Φ εμφανίζεται σε μικρό αριθμό δειγμάτων. Οι υπόλοιπες τάξεις μεγέθους εμφανίζονται σε όλα τα δείγματα μας, πλην δύο δειγμάτων όπου δεν εμφανίζονται οι τάξεις μεγέθους από 5 έως 11Φ .

Στα 5 από τα 9 δείγματα όπου εμφανίζεται η τάξη μεγέθους 0 έως 1Φ , αυτή παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό και σε ένα ακόμα δείγμα υψηλό αλλά όχι το υψηλότερο.

Παρατηρείται, επίσης, ότι στο 81% του συνόλου των δειγμάτων εμφανίζεται σχετικά υψηλό ποσοστό μεγέθους κόκκου της τάξης 0 έως 1Φ , σε σύγκριση με την παρουσία των υπολοίπων τάξεων σε κάθε δείγμα. Αντιστοίχως η τάξη μεγέθους 2 έως 3Φ εμφανίζει σχετικά υψηλό ποσοστό στο 40% του συνόλου των δειγμάτων, η 3 έως 4Φ στο 29%, η 4 έως 5Φ στο 2%, η 6 έως 7Φ στο 8%, η 7 έως 8Φ στο 21%, η 8 έως 9Φ στο 39%, η 9 έως 10Φ στο 31% και η 10 έως 11Φ στο 64%. Η τάξη μεγέθους 5 έως 6Φ , στο σύνολο των δειγμάτων, δεν εμφανίζει υψηλό ποσοστό παρουσίας.

Από τα παραπάνω διαπιστώνετε ότι οι τάξεις μεγέθους 1 έως 2Φ και 10 έως 11Φ παρουσιάζονται στα περισσότερα από τα δείγματα μας και με σχετικά υψηλό ποσοστό.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	0 έως 1	1 έως 2	2 έως 3	3 έως 4	4 έως 5	5 έως 6	6 έως 7	7 έως 8	8 έως 9	9 έως 10	10 έως 11
P1	45,3095	7,854	28,194	14,8218	1,4097	1,015	0,29	0,1571	0,1007	0,0967	0,7492
P2	0	21,1008	5,0978	69,333	4,5418	0	0	0	0	0	0
P3	10,608	0,4003	39,428	47,1142	0,1601	0,1041	0,1761	0,016	0,064	0,016	1,9154
Π7	0	23,669	11,6603	10,7902	5,047	2,339	6,3488	9,0219	7,8455	6,8709	16,397
P8	9,3801	2,0799	33,8906	53,4259	1,2235	0	0	0	0	0	0
P9	42,714	4,9968	12,0487	25,9514	4,0297	1,3701	0,677	0,6286	0,7092	0,4836	6,3931
P10	0	38,224	10,8772	10,7952	4,7885	4,9901	6,0654	4,6373	5,0909	3,8644	10,665
P11	0	10,084	3,6976	2,6892	1,2606	8,7903	9,8996	13,496	12,236	13,849	23,997
P12	0	31,4762	19,4349	35,489	3,5912	0,9971	2,5688	1,3182	1,7914	0,7774	2,5586
P13	0	10,008	10,9704	11,3938	5,004	2,0093	5,9433	12,133	10,686	14,335	17,518
P14	0	8,659	4,2125	1,7786	0,5149	1,9265	8,4812	12,637	41,376	14,454	5,963
P15	58,016	5,2296	6,537	6,4145	1,6343	1,2604	0,8662	1,1113	1,0132	2,0551	15,865
P16	0	41,7205	4,1899	2,6298	0,9806	1,5155	2,6031	1,9256	2,0682	31,7	10,666
P17	22,7531	35,013	35,013	2,814	0,603	0,2432	0,2412	0,1608	0,2251	0,209	2,7255
P18	5,6018	3,4011	72,143	16,2455	1,0003	0,6422	0,096	0,064	0,028	0,036	0,7442
P19	0	39,1716	14,1684	11,4598	3,1254	4,1172	1,3002	1,4177	11,184	7,751	6,3058
P20	0	28,842	4,2526	2,6526	1,1368	4,1389	8,7747	8,2358	8,3368	8,9432	24,686
P21	0	11,361	11,277	2,6931	0,2104	3,5514	5,2346	17,05	25,92	12,455	10,246
P23	0	19,5306	4,6328	4,4511	2,6525	2,6525	7,4488	10,683	16,605	24,835	6,5113
P24	0	14,7082	2,9892	1,9938	0,7117	2,5356	7,3638	12,621	13,874	14,196	29,007
P26	0	35,501	7,8844	8,0495	2,6006	2,064	5,9608	5,8947	7,1662	6,5057	18,374
P27	0	49,7846	8,0438	3,8262	2,3914	0,8	2,4523	3,2349	2,5914	3,5132	23,365
P29	0	7,2049	10,9674	10,4071	5,2035	2,0174	6,9327	14,17	34,776	1,9533	6,3683
P30	0	7,5667	6,6088	2,4424	0,7184	3,5247	7,3943	8,1988	13,39	40,228	9,9286
P31	0	37,303	13,4209	23,435	11,15	1,6867	0,6974	0,5352	0,9245	0,3892	10,457
P32	0	34,0215	5,0418	4,428	2,1921	4,3316	4,3316	4,5771	5,8047	7,3655	27,907
P33	0	32,943	11,9448	8,058	4,977	2,7871	3,9247	3,6024	3,337	4,759	23,671
P34	0	30,2815	17,2435	19,7666	17,664	3,1459	0,9253	0,9084	0,5888	1,1608	8,3181
P35	0	15,7558	2,5487	1,3902	0,5561	1,5385	6,6268	9,5556	11,493	32,68	17,858
P36	0	17,3648	9,8249	3,2903	1,8279	2,2483	8,9019	8,8471	12,101	9,8341	25,763
P37	0	13,935	10,4024	10,2061	5,1816	2,6536	6,7517	10,693	10,332	21,056	8,789
P38	0	34,5046	4,2046	4,4331	3,5647	4,04	6,38	7,3854	10,548	20,877	4,0656
P39	0	60,011	4,4022	2,6994	1,6612	2,0765	1,3954	1,6446	1,9768	3,0068	21,126
P40	0	19,0706	3,8623	3,2347	2,4622	7,0584	10,1	10,699	10,911	9,2889	23,318
P41	0	16,4409	8,6369	4,5158	3,5512	2,4026	12,434	7,8215	11,627	9,7856	22,788
P42	0	5,8326	1,5831	0,9582	0,4583	5,5826	11,265	17,315	30,829	16,265	9,9113
P43	0	16,6733	7,5028	3,1261	1,6673	1,9507	8,6699	8,2698	12,388	8,9204	30,836
P44	30,097	20,6143	12,987	13,3993	11,956	2,5149	1,1132	0,0577	0,8081	0,973	5,4826
P45	0	61,425	11,4855	5,5114	2,1877	1,1107	1,4473	0,8078	0,9592	1,7502	13,319
P46	0	66,3404	3,9074	2,9199	1,1164	0,9275	1,4427	0,9447	1,7863	4,7748	15,843
P47	0	28,195	3,9136	2,7774	1,3466	3,4928	10,908	9,6284	8,2818	8,6016	22,855
P48	0	50,496	9,1812	3,8473	2,186	1,9324	0,717	1,3641	1,5214	3,7249	25,033
P49	0	46,6178	10,1869	14,5466	6,9064	2,6244	1,2086	1,0878	1,3295	5,1107	10,384
P50	32,884	27,4035	4,3389	5,4807	2,7404	1,1327	1,425	1,5163	1,0048	2,5029	19,574
P51	0	24,0374	3,2736	3,6945	1,6836	6,9214	6,6221	7,7819	8,5488	28,228	9,2092
P52	0	36,832	7,3664	4,2971	2,4555	1,326	5,0747	5,975	7,9231	7,3829	21,37
P52B	0	32,1343	2,0001	1,3779	0,7111	5,3691	2,3468	2,649	4,3557	41,14	7,9168

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	0 έως 1	1 έως 2	2 έως 3	3 έως 4	4 έως 5	5 έως 6	6 έως 7	7 έως 8	8 έως 9	9 έως 10	10 έως 11
P53	0	27,312	9,2441	4,8322	3,4455	2,3698	4,0506	5,6473	3,8993	6,2019	33,001
P54	0	39,4206	7,4038	3,3217	2,3212	0,9605	3,6499	3,1056	4,6424	5,5389	29,639
Π55	0	38,2768	5,3846	5,9691	1,8784	4,1908	1,4359	2,254	3,0555	27,199	10,357
P56	0	17,2166	5,5464	3,3278	2,2186	2,4493	7,5254	7,2237	9,3003	9,6907	35,505
P57	0	3,9281	4,8746	2,9342	2,5556	5,4946	11,926	10,298	10,487	11,604	35,901

ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (Πίνακας 1)
(Μπούζος και Κοντόπουλος, 1998)

2) ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ (Π.Α.) ΣΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

(α) Κοκκομετρικές Αναλύσεις Θαλασσίων Ιζημάτων

Οι Μπούζος και Κοντόπουλος (1998) ανέλυσαν 52 επιφανειακά δείγματα ιζήματος και προσδιόρισαν το ποσοστό ανά τάξη μεγέθους κόκκου.

Ο πίνακας δεδομένων (Πίνακας 1) στον οποίο εφαρμόστηκε η παραγοντική ανάλυση είναι ο παραπάνω πίνακας που συγκροτείται από 10 στήλες(Φ) και 52 γραμμές (52 δείγματα).

Ο πίνακας των συντελεστών συσχέτισης που προκύπτει από τον πίνακα των δεδομένων είναι ένας πίνακας (10x10) του οποίου τα διαγώνια στοιχεία είναι μονάδες (συσχέτιση του κάθε στοιχείου με τον εαυτό του) και είναι συμμετρικός ως προς την διαγώνιό του.

Η επίλυση του πίνακα των συντελεστών συσχέτισης (Στάδιο 3 της Π.Α.) οδήγησε στον υπολογισμό των δέκα ιδιοτιμών καθώς και στα ποσοστά της ολικής διακύμανσης ($\sigma_{ολ.} = 10,00$) (Πίνακας 2).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

<i>ΠΑΡΑΓΩΝ</i>	<i>ΙΔΙΟΤΙΜΗ</i>	<i>ΠΟΣΟΣΤΟ ΟΛΙΚΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΠΟΥ ΕΚΦΡΑΖΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΗ ΙΔΙΟΤΙΜΗ (%)</i>	<i>ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ (%)</i>
1	4,38937	39,9	39,9
2	1,83487	16,7	56,6
3	1,09648	10	66,6
4	1,03275	9,4	75,9
5	0,87587	8	83,9
6	0,61968	5,6	89,5
7	0,53922	4,9	94,4
8	0,38863	3,5	98
9	0,14492	1,3	99,3
10	0,0782	0,7	100

Ο καθορισμός του αριθμού των παραγόντων που τελικά θα διατηρηθούν είναι το κρισιμότερο στάδιο της παραγοντικής ανάλυσης. Σε αυτή την εφαρμογή της παραγοντικής ανάλυσης θα αναπτυχθούν, κατά πρώτον, όλα τα κριτήρια που έχουν αναφερθεί (Στάδιο 4B). Σύμφωνα με τα κριτήρια αυτά, προτείνονται ως καταλληλότεροι αριθμοί διατηρουμένων παραγόντων οι -4- , -5- και -6- (Πίνακας 3).

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΙΑΤΗΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ
Δυνατότητα γραφικής αναπαράστασης	2 ή 3
Ανάλογα με το αθροιστικό ποσοστό που εκφράζουν οι αντίστοιχες ιδιοτιμές (>75,9%)	4 ή 5
Οι παράγοντες που έχουν αντίστοιχη ιδιοτιμή μεγαλύτερη από τη μονάδα	4
Οι παράγοντες που έχουν υψηλή φόρτιση σε πάνω από μία μεταβλητή	4 και 5

Ο υπολογισμός των μη περιστρεμμένων παραγοντικών φορτίσεων (Στάδιο 4α) για πέντε (5) και έξι (6) διατηρούμενους παράγοντες (Στάδιο 4β) και η περιστροφή των αξόνων των παραγόντων αυτών (Στάδιο 4γ) οδήγησε στις τελικές φορτίσεις των περιστρεμμένων παραγόντων που παρουσιάζονται στους Πίνακες 4, 5 και 6.

(β) Έλεγχος της αξιοπιστίας του 4-μελούς παραγοντικού μοντέλου

Το 4-μελές παραγοντικό μοντέλο εκφράζει ένα ποσοστό της ολικής διακύμανσης των μεταβλητών που ανέρχεται σε 75,9% (Πίνακας 2). Το ποσοστό κρίνεται ιδιαίτερα ικανοποιητικό, επειδή με μια απώλεια 24,1% της ολικής διακύμανσης μειώθηκε δραστικά η διαστατικότητα του προβλήματος αφού από τις 10 μεταβλητές η ανάλυση οδήγησε σε μόνο τέσσερις παράγοντες.

Σύμφωνα με τις τιμές των παραγοντικών φορτίσεων (Πίνακας 4) προκύπτει ότι :

- Ο πρώτος παράγων εκφράζει ένα ποσοστό της τάξεως του 35,9% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων. Ο παράγων αυτός είναι διπολικός (έχει υψηλές θετικές και συγχρόνως αρνητικές φορτίσεις) και παρουσιάζει υψηλές θετικές φορτίσεις σε κόκκους τάξεως μεγέθους 6-7 Φ (0,74098), 7-8 Φ (0,84235), 8-9 Φ (0,79601). Υψηλές αρνητικές φορτίσεις κυρίως σε κόκκους τάξεως μεγέθους 1-2 Φ (-0,80277).
- Ο δεύτερος παράγων αντίστοιχα εκφράζει το 16,7% της ολικής διακύμανσης και παρουσιάζει υψηλές θετικές φορτίσεις σε κόκκους διαμέτρου 9-10 Φ (0,67028) και αρνητικές σε κόκκους τάξεως 0-1 Φ (-0,74542) και δευτερευόντως σε κόκκους 2-3 Φ (-0,53072).
- Ο τρίτος παράγοντας εκφράζει το 10% της ολικής διακύμανσης και παρουσιάζει υψηλές θετικές φορτίσεις σε κόκκους τάξεως 10-11 Φ (0,092872) και δευτερευόντως σε κόκκους 6-7 Φ (0,46133) και αρνητικές σε κόκκους τάξεως 2-3 Φ (-0,55454) και 3-4 Φ (-0,67689).
- Ο τέταρτος παράγοντας τέλος εκφράζει το 9,4% της ολικής διακύμανσης και παρουσιάζει θετικές υψηλές φορτίσεις σε κόκκους τάξης 4-5 Φ (0,86750) ενώ αρνητικές σε κόκκους τάξης 9-10 Φ (-0,58246).

Οι κοινές παραγοντικές διακυμάνσεις (Πίνακας 3) που υπολογίσθηκαν και οι οποίες δηλώνουν κατά πόσο το 4-μελές παραγοντικό μοντέλο εκφράζει ικανοποιητικά τις μεταβλητές, έδειξαν ότι:

Οι μεταβλητές των κόκκων τάξεως 1-2, 4-5, 6-7, 7-8, 9-10, 10-11 Φ εκφράζονται ικανοποιητικά (0,8045 έως 0,9262) από το 4-μελές παραγοντικό

μοντέλο, ενώ οι μεταβλητές των υπολοίπων τάξεων μεγέθους παρουσιάζουν αξιοσημείωτα μειωμένη κοινή παραγοντική διακύμανση (έως και 0,5267) έναντι των υπολοίπων μεταβλητών, και απαιτείται η προσθήκη ενός επιπλέον παράγοντα έτσι ώστε να εκφραστούν ικανοποιητικότερα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Πίνακας Περιστραμμένων Παραγοντικών Φορτίσεων
4-μελούς παραγοντικού μοντέλου

<i>ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ</i>	<i>ΠΑΡΑΓΩΝ 1</i>	<i>ΠΑΡΑΓΩΝ 2</i>	<i>ΠΑΡΑΓΩΝ 3</i>	<i>ΠΑΡΑΓΩΝ 4</i>	<i>ΚΟΙΝΕΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΕΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ ΤΟΥ 4- ΜΕΛΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ</i>
0 έως 1Φ	-0,09161	-0,74542	-0,12450	-0,13702	0,59830
1 έως 2Φ	-0,8027	0,35685	0,31041	0,08220	0,87470
2 έως 3Φ	-0,08454	-0,53072	-0,55454	0,04347	0,59820
3 έως 4Φ	-0,11125	-0,29065	-0,67689	0,38737	0,70500
4 έως 5Φ	-0,13923	0,12378	-0,13159	0,86750	0,80450
5 έως 6Φ	0,36711	0,57431	0,24574	-0,04170	0,52670
6 έως 7Φ	0,74098	0,33267	0,46133	-0,08167	0,87920
7 έως 8Φ	0,84235	0,34630	0,28301	-0,12910	0,92620
8 έως 9Φ	0,79601	0,30020	0,06960	-0,13556	0,74690
9 έως 10Φ	0,17953	0,67028	-0,06165	-0,58246	0,82450
10 έως 11Φ	0,07325	0,00663	0,92872	0,02692	0,86860

(γ) Έλεγχος της αξιοπιστίας του 5-μελούς παραγοντικού μοντέλου.

Το 5-μελές παραγοντικό μοντέλο εκφράζει ένα ποσοστό της ολικής διακύμανσης των μεταβλητών που ανέρχεται σε 83,9% (Πίνακας 2). Το ποσοστό κρίνεται ιδιαίτερα ικανοποιητικό, επειδή επιτεύχθηκε σημαντική μείωση της διαστικότητας του προβλήματος από 10 παράγοντες σε 5 με μικρή σχετικά απώλεια (16,1%) της ολικής διακύμανσης άρα και μικρή απώλεια πληροφοριών.

Σύμφωνα με τις τιμές των παραγοντικών φορτίσεων (Πίνακας 5) προκύπτει ότι:

- Ο πρώτος παράγοντας είναι όπως έχουμε δει ιδιαίτερα σημαντικός επειδή εκφράζει ένα μεγάλο ποσοστό (39,9%) της ολικής διακύμανσης των δεδομένων. Ο πρώτος παράγοντας και στο 5-μελές μοντέλο παραμένει διπολικός και παρουσιάζει υψηλές θετικές φορτίσεις στις μεταβλητές τάξεως μεγέθους κόκκου 6-7 Φ (0,77008) , 7-8 Φ (0,86863) και 8-9 Φ (0,82198) ενώ παρουσιάζει υψηλή αρνητική φόρτιση σε τάξη μεγέθους ίση με 1-2 Φ (-0,74577). Παρατηρούμε ότι στο 5-μελές παραγοντικό μοντέλο οι τάξεις μεγέθους παρουσιάζουν αντίστοιχες φορτίσεις.

- Ο δεύτερος παράγοντας εκφράζει το 16,7% της ολικής διακύμανσης και παρουσιάζει υψηλές θετικές φορτίσεις σε τάξη μεγέθους 10-11 Φ (0,92546) ενώ αρνητικές στις τάξεις των 2-3 Φ (-0,53272) και 3-4 Φ (-0,65205).

- Ο τρίτος παράγοντας εκφράζει το 10,0% της ολικής διακύμανσης και παρουσιάζει υψηλές θετικά φορτίσεις στις τάξεις των 9-10 Φ (0,82881) και της τάξης των 5-6 Φ (0,68519) ενώ αρνητικές φορτίσεις στις τάξεις των 2-3 Φ (-0,58272) και των 3-4 Φ (-0,47951) όπως και στο 4-μελές παραγοντικό μοντέλο.

- Ο τέταρτος παράγοντας εκφράζει το 9,4% της ολικής διακύμανσης και παρουσιάζει ισχυρά αρνητική φόρτιση στην τάξη των 0-1 Φ (-0,94352).

- Ο πέμπτος παράγοντας εκφράζει το 8,0% της ολικής διακύμανσης και παρουσιάζει υψηλή θετική φόρτιση στην τάξη των 4-5 Φ (0,93679) και σχετικά αρνητική στην τάξη των 9-10 Φ (-0,34394).

Συγκρίνοντας τις κοινές παραγοντικές διακυμάνσεις του 4-μελούς και 5-μελούς παραγοντικού μοντέλου παρατηρούμε ότι στο 5-μελές μοντέλο η τάξη μεγέθους ίση με 0-1 Φ παρουσιάζει εξαιρετικά υψηλή παραγοντική διακύμανση (0,9645) σημαντικά υψηλότερη από αυτή του 4-μελούς μοντέλου. Επομένως το 5-μελές παραγοντικό μοντέλο εκφράζει εξαιρετικά την τάξη 0-1 Φ όπως και τις 1-2 Φ (0,9049) , 4-5 Φ (0,9124), 6-7 Φ (0,8840) , 7-8 Φ (0,9352) , 9-10 Φ (0,8725) και 10-11 Φ (0,8846).

Παρατηρούμε λοιπόν ότι το 5-μελές μοντέλο εκφράζει εξαιρετικά περισσότερες τάξεις μεγέθους και σχετικά ικανοποιητικά τις υπόλοιπες.

Συμπερασματικά το 5-μελές μοντέλο εμφανίζεται στατιστικά πιο αξιόπιστο από το 4-μελές παραγοντικό μοντέλο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

Πίνακας Περιστραμμένων Παραγοντικών Φορτίσεων
5-μελούς παραγοντικού μοντέλου

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕ Σ	ΠΑΡΑΓΩΝ 1	ΠΑΡΑΓΩΝ 2	ΠΑΡΑΓΩΝ 3	ΠΑΡΑΓΩΝ 4	ΠΑΡΑΓΩΝ 5	ΚΟΙΝΕΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΕΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ ΤΟΥ 5- ΜΕΛΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ
0 έως 1Φ	-0,20915	-0,09458	-0,14664	-0,94352	-0,01063	0,96450
1 έως 2Φ	-0,74577	0,31602	0,11093	0,48386	0,04956	0,90490
2 έως 3Φ	-0,09337	-0,53272	-0,58592	-0,14338	-0,13594	0,67930
3 έως 4Φ	-0,11251	-0,65205	-0,47951	-0,00029	0,25969	0,73510
4 έως 5Φ	-0,14788	-0,10434	-0,04106	0,02129	0,93679	0,91240
5 έως 6Φ	0,35555	0,21722	0,68519	0,05175	0,19660	0,68440
6 έως 7Φ	0,77008	0,42872	0,27299	0,17261	-0,05348	0,88400
7 έως 8Φ	0,86863	0,24626	0,28229	0,17491	-0,09910	0,93520
8 έως 9Φ	0,82198	0,03528	0,20521	0,18927	-0,13104	0,77200
9 έως 10Φ	0,17306	-0,10670	0,82881	0,16118	-0,34934	0,87250
10 έως 11Φ	0,11081	0,92546	-0,04366	0,10982	-0,04369	0,88460

(δ) Έλεγχος αξιοπιστίας του 6-μελούς παραγοντικού μοντέλου

Το 6-μελές παραγοντικό μοντέλο εκφράζει ένα ποσοστό της ολικής διακύμανσης των μεταβλητών που ανέρχεται σε 89,6% (Πίνακας 2). Το ποσοστό είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικό επειδή επιτυγχάνεται πολύ σημαντική μείωση της διαστατικότητας του προβλήματος, από 10 μεταβλητές σε 6 παράγοντες με πολύ μικρή απώλεια πληροφοριών.

Σύμφωνα με τις τιμές των παραγοντικών φορτίσεων (Πίνακας 6) προκύπτει ότι :

- Ο πρώτος παράγοντας όπως έχουμε ξαναδεί είναι πολύ σημαντικός επειδή εκφράζει ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό της τάξεως του 39,9% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων. Ο πρώτος παράγων στο 6-μελές μοντέλο είναι ισχυρά διπολικός όπως και στο 4-μελές και στο 5-μελές μοντέλο γιατί παρουσιάζει υψηλές θετικές φορτίσεις στις τάξεις των 8-9 Φ (0,92570) , 7-8 Φ (0,88616) και 6-7 Φ (0,73069) και υψηλή αρνητική φόρτιση στην τάξη των 1-2 Φ με φόρτιση -0,61089.
- Ο δεύτερος παράγοντας εκφράζει το 16,7% της ολικής διακύμανσης και παρουσιάζει υψηλές σχετικά αρνητικές φορτίσεις στους κόκκους τάξεως 2-3 και 3-4 Φ με αντίστοιχες φορτίσεις (-0,79486) και (-0,62415) όπως στο 5-μελές παραγοντικό μοντέλο.
- Ο τρίτος παράγοντας εκφράζει το 10,0% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων και παρουσιάζει θετικές υψηλές φορτίσεις στους κόκκους τάξης 5-6 και 9-10 Φ με φορτίσεις (0,85219) και (0,64784) περίπου όπως στο 5-μελές παραγοντικό μοντέλο.
- Ο τέταρτος παράγοντας εκφράζει το 9,4% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων. Παρουσιάζει μόνο θετικές υψηλές φορτίσεις στην τάξη των 10-11 Φ (0,91096).
- Ο πέμπτος παράγοντας εκφράζει το 8,0% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων και παρουσιάζει υψηλή αρνητική φόρτιση στην τάξη των 0-1 Φ (-0,95135).
- Ο έκτος παράγοντας εκφράζει το 5,6% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων και παρουσιάζει υψηλή θετική φόρτιση σε κόκκους τάξεως 4-5 Φ (0,94414) ενώ αρνητική φόρτιση σε 9-10 Φ (-0,40787).

Από τον Πίνακα 6 παρατηρούμε ότι το 6-μελές παραγοντικό μοντέλο εκφράζει εξαιρετικά όλες τις τάξεις διαμέτρου κόκκου (0,8014-0,9933) εκτός από την τάξη των 3-4 Φ που και αυτή όμως εκφράζεται ικανοποιητικώς (0,7475).

ΠΙΝΑΚΑΣ 6

Πίνακας Περιστραμμένων Παραγοντικών Φορτίσεων

6-μελούς παραγοντικού μοντέλου

ΜΕΤΑΒΛΗ ΤΕΣ	ΠΑΡΑΓΩΝ 1	ΠΑΡΑΓΩΝ 2	ΠΑΡΑΓΩΝ 3	ΠΑΡΑΓΩΝ 4	ΠΑΡΑΓΩΝ 5	ΠΑΡΑΓΩΝ 6	ΚΟΙΝΕΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΕΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ ΤΟΥ 6- ΜΕΛΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ
0 έως 1Φ	-0,21284	-0,05808	-0,17119	-0,10125	-0,95135	0,00564	0,99330
1 έως 2Φ	-0,61089	0,54748	-0,1991	0,09271	0,46202	0,05982	0,93810
2 έως 3Φ	-0,23870	-0,79486	-0,23802	-0,19150	-0,08228	-0,11193	0,80140
3 έως 4Φ	-0,18520	-0,62415	-0,25909	-0,40793	0,03034	0,29877	0,74750
4 έως 5Φ	-0,13806	0,01826	0,0018	-0,10087	0,01156	0,94414	0,92110
5 έως 6Φ	0,23938	0,14675	0,85219	0,20731	0,09772	0,09601	0,86770
6 έως 7Φ	0,73069	0,11373	0,37262	0,42099	0,16313	-0,09392	0,89830
7 έως 8Φ	0,88616	0,14580	0,26796	0,18500	0,13795	-0,11587	0,94500
8 έως 9Φ	0,92570	0,20340	0,02321	-0,09920	0,11652	-0,10831	0,93390
9 έως 10Φ	0,19391	0,36956	0,64784	-0,29528	0,16721	-0,40787	0,87530
10 έως 11Φ	0,07829	0,26317	0,05266	0,91096	0,11430	-0,07669	0,92690

Η στατιστική σπουδαιότητα του έκτου παράγοντα (5,6%) καθώς επίσης ότι εκφράζει καλύτερα από το 5-μελές μοντέλο μόνο δύο τάξεις μεγέθους ενώ εισάγει ένα επιπλέον παράγοντα, καθιστά το 6-μελές μοντέλο λιγότερο αποτελεσματικό απ' ό,τι το 5-μελές αφού προσφέρει σχεδόν τον ίδιο αριθμό πληροφοριών. Επίσης το 4-μελές μοντέλο δεν εκφράζει ικανοποιητικό ποσοστό της ολικής διακύμανσης των μεταβλητών για να μπορεί να θεωρηθεί αποτελεσματικό.

Συνεπώς επιλέγεται ως πιο αξιόπιστη ανάπτυξη της παραγοντικής ανάλυσης στις κοκκομετρικές αναλύσεις των επιφανειακών ιζημάτων του κόλπου το 5-μελές μοντέλο το οποίο και αναλύεται λεπτομερώς στη συνέχεια.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΕΝΤΕ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ (5-factors model)

Ο σαφής καθορισμός του γεωλογικού χαρακτήρα του 5-μελούς μοντέλου απαιτεί επιπλέον τον υπολογισμό των παραγοντικών τιμών (ΣΤΑΔΙΟ 5) ώστε να καταστεί δυνατή η γεωγραφική κατανομή του κάθε παράγοντα. Στον **Πίνακα 6** δίνονται οι παραγοντικές τιμές των πέντε παραγόντων στα 52 επιφανειακά δείγματα, τα οποία αναλύθηκαν στατιστικά, ενώ επιπλέον έχουν σχεδιαστεί οι γεωγραφικές κατανομές τους (**Επιφανειακές κατανομές, FAC 1-3, FAC 2-3, FAC 3-3, FAC 4-3 και FAC 5-3**).

ΠΙΝΑΚΑΣ 6

**ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ (FACTORS SCORES) 5-ΜΕΛΟΥΣ
ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ**

Δείγματα	Παραγοντικές τιμές 1ου παράγοντα	Παραγοντικές τιμές 2ου παράγοντα	Παραγοντικές τιμές 3ου παράγοντα	Παραγοντικές τιμές 4ου παράγοντα	Παραγοντικές τιμές 5ου παράγοντα
P1	-0,48583	-0,80234	-0,49683	-2,8815	-0,65455
P2	-0,36727	-2,08132	-1,18308	1,011	1,01743
P3	0,12082	-2,05784	-1,93166	-0,23211	-0,92126
Π7	0,47731	0,16403	-0,38505	0,36198	0,61189
P8	0,08767	-2,23694	-1,81059	-0,05418	-0,48791
P9	-0,32207	-0,52541	-0,27081	-2,77368	0,5032
P10	-0,19970	-0,00189	0,38111	0,41467	0,97515
P11	1,34447	0,69269	1,22364	-0,46293	0,51432
P12	-0,42538	-1,23241	-0,95834	0,86653	0,25479
P13	0,96889	-0,12714	-0,185	0,15777	0,42798
P14	2,10601	-0,67736	0,01073	0,49211	-0,84598
P15	-0,57121	0,72516	0,01202	-4,06886	-0,33978
P16	-1,37838	-0,52533	1,45953	0,54715	-1,27478
P17	-1,08247	-0,51	-0,87223	-0,85857	-1,33656
P18	0,10041	-2,01216	-2,2156	-0,08513	-1,53867
P19	-0,62080	-0,70147	0,48095	0,56781	0,15319
P20	0,34181	1,05806	0,06208	0,18479	0,18708
P21	1,64846	-0,4497	0,08811	0,27559	-0,7376
P23	0,70876	-0,739	1,04259	0,34136	-0,35084
P24	0,94006	1,01383	-0,23885	0,08686	-0,6401
P26	-0,13192	0,51671	-0,35536	0,54064	-0,10166
P27	-1,06568	1,01913	-0,69353	0,75607	-0,42556
P29	2,22751	-0,6447	-0,76959	0,49	0,72383
P30	0,51149	-1,04603	1,91092	-0,08173	-1,12987
P31	-0,78731	-0,47243	-4,1086	0,64934	2,30369
P32	-0,36887	1,08724	0,09729	0,17854	0,07783

P33	-0,40157	-0,70253	-0,38761	0,31872	0,5937
P34	-0,49309	-0,72386	0,13596	0,34198	4,17948
P35	0,31441	-0,16569	0,97901	0,15825	-1,27062
P36	0,80969	-0,88182	-0,57864	0,1655	-0,36641
P37	0,73780	-0,75434	0,64819	0,20839	0,41649
P38	-0,06853	-0,66544	1,43075	0,44237	0,15359
P39	-1,52854	1,01221	-0,18026	0,82936	-0,41972
P40	0,97468	0,86638	0,70289	-0,17555	0,66225
P41	1,03201	0,82445	-0,45963	0,15859	0,21519
P42	2,31229	-0,24556	0,85674	0,03875	-0,22239
P43	0,77374	1,23805	-0,78074	0,12756	-0,40685
P44	-0,60079	-0,38754	0,37237	-1,87099	2,58791
P45	-1,57354	0,42752	-0,42737	1,02399	-0,47053
P46	-1,77956	0,72336	-0,15638	1,07778	-0,58197
P47	0,5941	1,06481	-0,10336	0,26031	-0,16902
P48	-1,34465	1,00952	-0,43705	0,63383	-0,37006
P49	-1,11216	-0,23204	0,17006	0,68948	1,11921
P50	-0,92486	0,94442	-0,17672	-1,9561	-0,11299
P51	0,06869	-0,61791	2,2764	-0,06173	-0,053
P52	-0,024907	0,74293	-0,4813	0,56654	-0,33132
P52B	-1,13658	-1,06437	2,94165	0,06686	-0,95081
P53	-0,1896	1,32195	-0,6647	0,16202	0,10429
P54	-0,69601	1,29812	-0,79719	0,50811	-0,43029
Π55	-1,18473	-0,64641	1,77457	0,31812	-0,51751
P56	0,49849	1,49351	-0,63146	0,00423	-0,18537
P57	1,39061	1,51821	-0,01777	-0,44987	0,43565

• Ο πρώτος παράγοντας, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι ένας διπολικός παράγοντας. Οι διπολικοί παράγοντες παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον μια και αυξάνουν την αποτελεσματικότητα της ανάλυσης διότι μειώνουν, στην πραγματικότητα, τον αριθμό των διατηρουμένων παραγόντων.

Ο συγκεκριμένος διπολικός παράγοντας εκφράζει δύο γεωλογικές διεργασίες, μία που σχετίζεται με την κατανομή των κόκκων τάξεως διαμέτρου 6-7, 7-8, 8-9 Φ και μία που σχετίζεται με την κατανομή των 1-2Φ. Οι διεργασίες αυτές παρουσιάζουν μεταξύ τους έντονη αντιπάθεια. Η ανάπτυξη των δύο αυτών γεωλογικών διεργασιών και η σαφής αντιπάθεια που υπάρχει μεταξύ τους, κύριο χαρακτηριστικό των ανελυθέντων δεδομένων και εκφράζει το 39,9% της ολικής διακύμανσης τους. Η γεωγραφική κατανομή του πρώτου διπολικού παράγοντα (**επιφανειακή κατανομή FAC 1-3**) δίνει σημαντικές πληροφορίες για το γεωλογικό του χαρακτήρα.

Ο θετικός πόλος (έκφραση των 6-7, 7-8, 8-9Φ) παρουσιάζει ισχυρή γεωγραφική έκφραση στη Βορειοανατολική πλευρά της λιμνοθάλασσας (περιλαμβάνοντας και τα σημεία διόδου προς και από την θάλασσα) καθώς και στο Νοτιοανατολικό τμήμα της ενώ εξασθενίζει προς το Βόρειο τμήμα της κοντά στη δίοδο προς την θάλασσα. Ο θετικός αυτό πόλος μπορεί να χαρακτηριστεί και πόλος χαμηλής ενέργειας και μη προσφοράς αμμωδών ιζημάτων.

Ο αρνητικός πόλος του πρώτου παράγοντα (έκφραση των 1-2Φ) παρουσιάζει ισχυρή γεωγραφική έκφραση στην Νοτιοδυτική πλευρά της λιμνοθάλασσας και προς το Νότιο άκρο της. Ο αρνητικός πόλος είναι πόλος υψηλότερης ενέργειας έναντι του θετικού και επιπλέον δηλώνει την προσφορά ιζημάτων κυρίως από τον ασβεστολιθικό όγκο δυτικά της λιμνοθάλασσας.

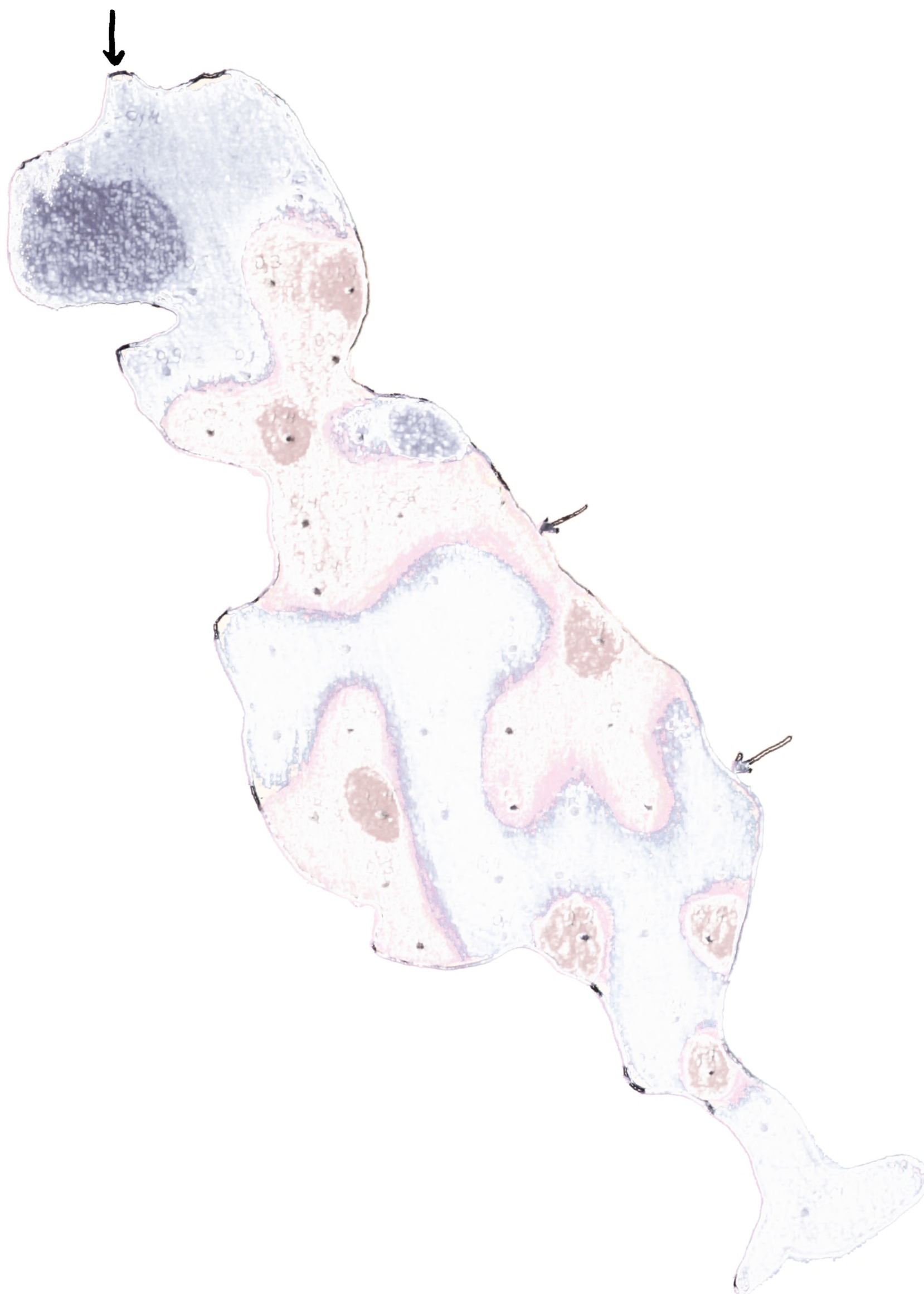
- Ο δεύτερος παράγοντας είναι διπολικός με θετικό πόλο που εκφράζει την τάξη μεγέθους 10-11Φ και αρνητικό που εκφράζει τις 2-3 και 3-4Φ (**επιφανειακή κατανομή FAC 2-3**). Ο θετικός πόλος, ο οποίος είναι ο ισχυρότερος, δηλώνει την τροφοδοσία της λιμνοθάλασσας από τα νότια με λεπτόκοκκα ιζήματα. Αυτή η τροφοδοσία είναι προϊόν χειμάρρων που αποστραγγίζουν το εκτεταμένο αλλουβιακό πεδίο που βρίσκεται στα νότια της

λιμνοθάλασσας. Η διεργασία αυτή βρίσκεται σε αντιπάθεια με την κυριαρχία των αδρομερών τάξεων στα βόρεια.

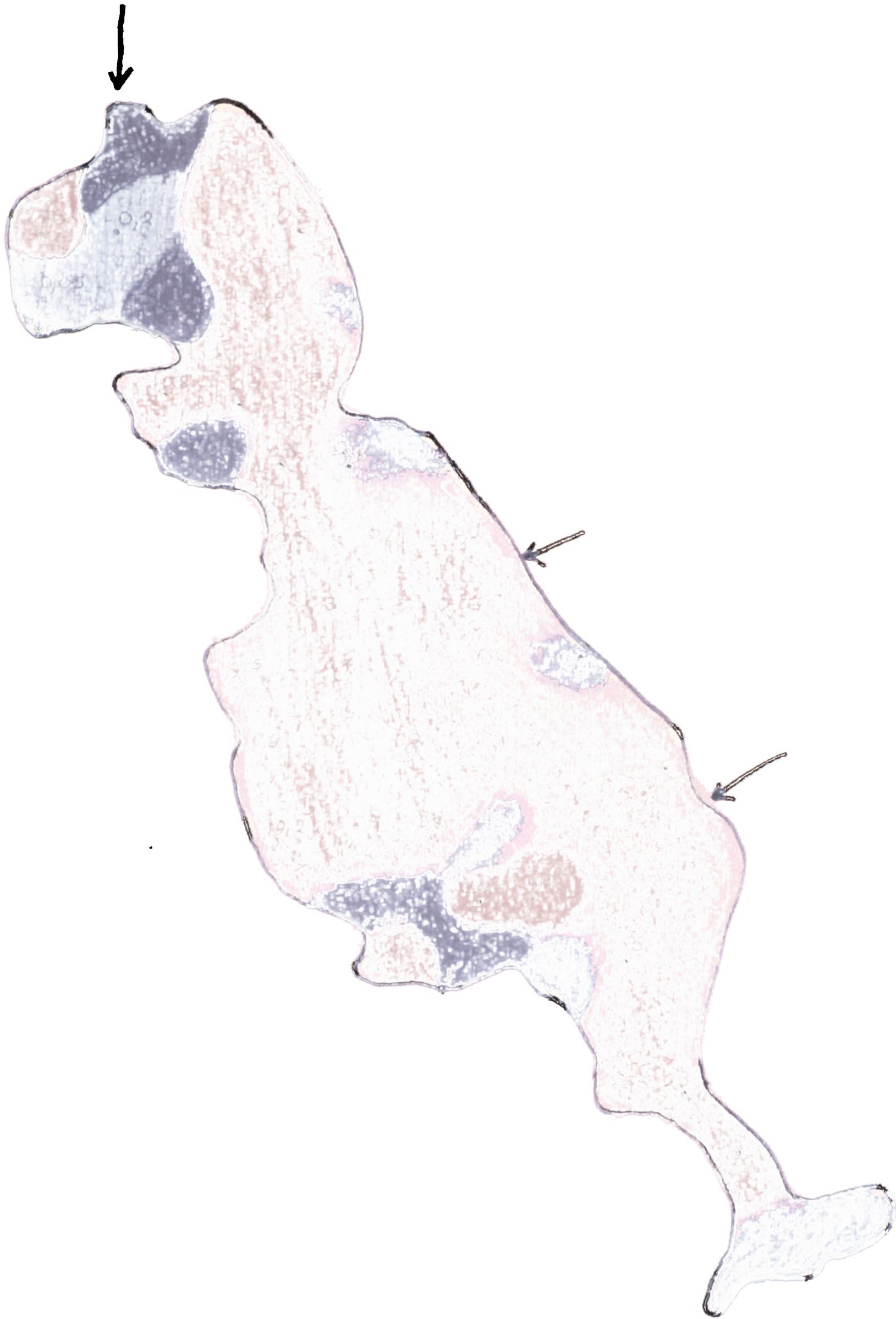
- Ο τρίτος παράγοντας εκφράζει κυρίως τις τάξεις μεγέθους 9-10 Φ και 5-6 Φ (θετικός πόλος). Ο αρνητικός πόλος εκφράζει τα 2-3 και 3-4Φ (**επιφανειακή κατανομή FAC 3-3**). Η γεωγραφική κατανομή των δύο επιμέρους πόλων, δηλώνει το διαχωρισμό που αναπτύσσεται μεταξύ των δύο κοκκομετρικών ομάδων (2-4Φ και λεπτόκκοκα κλάσματα) στο κεντρικό τμήμα της λιμνοθάλασσας.
- Ο τέταρτος παράγων εκφράζει αποκλειστικά την τάξη μεγέθους 0-1Φ και μπορεί να χαρακτηρισθεί ως παράγων υψηλής ενέργειας, ο οποίος έχει ιδιαίτερη γεωγραφική έκθεση στο βόρειο τμήμα της λιμνοθάλασσας (**επιφανειακή κατανομή FAC 4-3**).
- Ο πέμπτος παράγοντας τέλος εκφράζει μόνο την τάξη των 4-5 Φ με γεωγραφική έκφραση κυρίως προς τη Δυτική πλευρά της λιμνοθάλασσας (**επιφανειακή κατανομή FAC 5-3**).



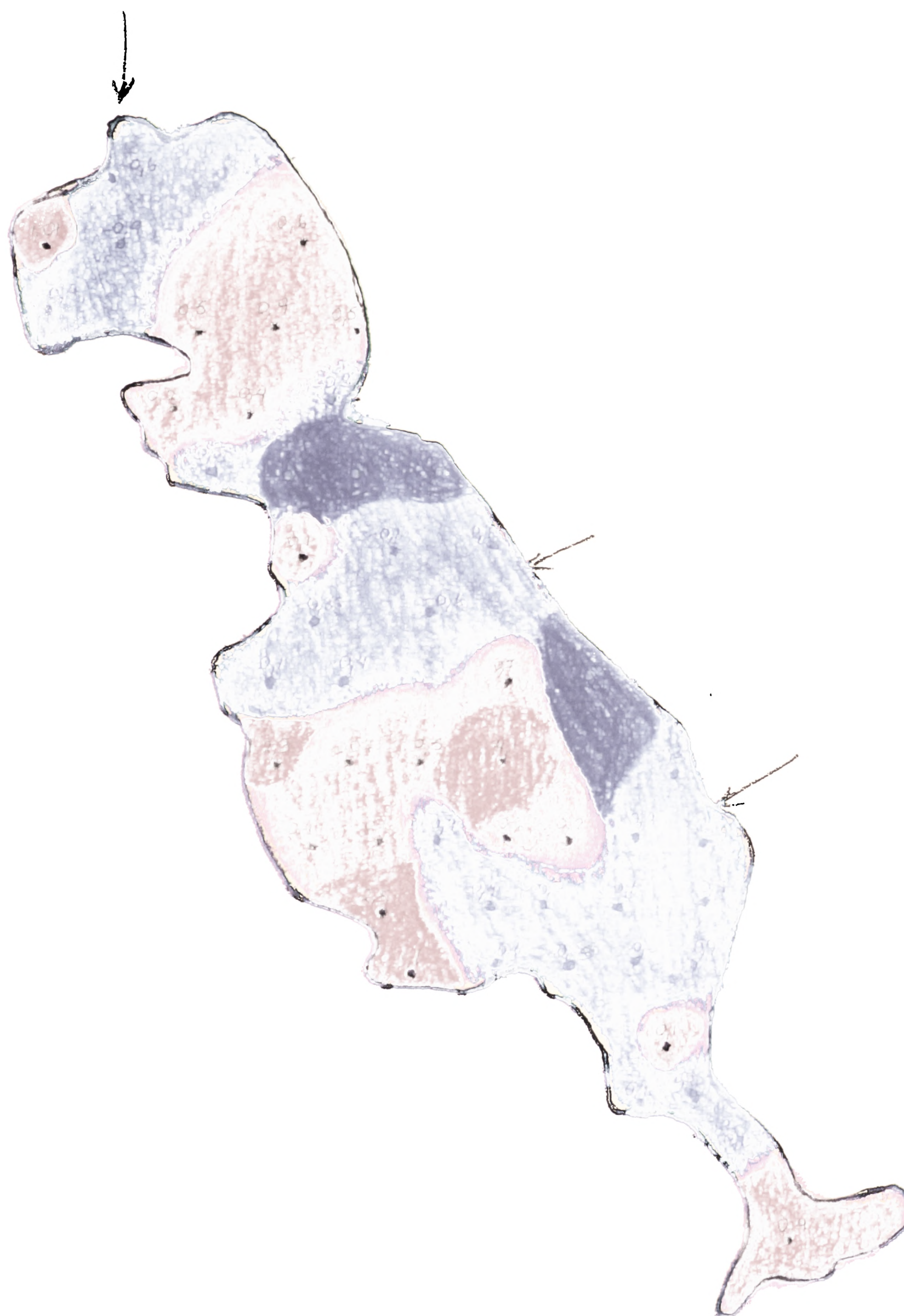
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ FACTOR 1-3



ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ FACTOR 3-3



ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ FACTOR 4-3



ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ FACTOR 5-3

3) ΓΕΩΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΙΖΗΜΑΤΟΣ

Η γεωχημική ανάλυση εφαρμόστηκε σε επιλεγμένα δείγματα ιζήματος, από το νότιο τμήμα της λιμνοθάλασσας όπου και αναμενόταν η είσοδος ρυπαντικών φορτίων από την απορροή χειμάρρων.

Οι συγκεντρώσεις των μετάλλων και του οργανικού άνθρακα παρουσιάζονται στον πιο κάτω πίνακα:

Αριθμ. Δειγμ.	Corg (%)	Fe (%)	Ni (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Al (ppm)	Cr (ppm)	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Si (ppm)
57	3,9	3,1	35	501	75	1,2	300	25	2	35	1,4
56	1,3	1,6	20	803	105	1,2	160	20	-	19	4,5
54	2,6	2,7	22	657	88	1,1	225	18	-	25	3,6
49	2,4	2,4	24	701	85	1,1	240	16	-	27	3,2
37	4,3	4	37	454	54	1,3	332	29	4	35	1,3
31	3	3	32	510	75	1,2	275	20	-	31	2,1

Ο παραπάνω πίνακας και για κάθε στοιχείο ξεχωριστά δίνει τα εξής:

Οι συγκεντρώσεις του **Fe** κυμαίνονται από **1,6%** έως **4%** με μία μέση τιμή **2,8%**.

Οι συγκεντρώσεις του **οργανικού άνθρακα Corg** κυμαίνονται από **1,3%** έως **4,3%** με μία μέση τιμή **2,9%**.

Οι συγκεντρώσεις του **Ni** κυμαίνονται από **20ppm** έως **37ppm** με μία μέση τιμή **28,3ppm**.

Οι συγκεντρώσεις του **Mn** κυμαίνονται από **454ppm** έως **803ppm** με μία μέση τιμή **604,3ppm**.

Οι συγκεντρώσεις του **Zn** κυμαίνονται από **54ppm** έως **105ppm** με μία μέση τιμή **80,3ppm**.

Οι συγκεντρώσεις του **Al** κυμαίνονται από **1,1ppm** έως **1,3ppm** με μία μέση τιμή **1,2ppm**.

Οι συγκεντρώσεις του **Cr** κυμαίνονται από **160ppm** έως **332ppm** με μία μέση τιμή **255,3ppm**.

Οι συγκεντρώσεις του **Pb** κυμαίνονται από **16ppm** έως **29ppm** με μία μέση τιμή **21,3ppm**.

Οι συγκεντρώσεις του **Cd** που ελήφθησαν ήταν από δύο σταθμούς (**57** και **37**) και ήταν **2ppm** και **4ppm** αντίστοιχα.

Οι συγκεντρώσεις του **Cu** κυμαίνονται από **19ppm** έως **35ppm** με μία μέση τιμή **28,7ppm**.

Οι συγκεντρώσεις του **Si** κυμαίνονται από **1.3ppm** έως **4.5ppm** με μία μέση τιμή **2.7ppm**.

Η σύγκριση των παραπάνω συγκεντρώσεων των μετάλλων με συγκεντρώσεις των ιδίων μετάλλων από άλλες παράκτιες περιοχές του Ελληνικού χώρου, έδειξε ότι δεν υφίστανται σημαντικές διαφοροποιήσεις.

4) ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑΣ ΤΟΥ ΠΑΠΠΑ ΜΕ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ

Η αποτύπωση του πυθμένα της λιμνοθάλασσας του Πάππα με ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης, οδήγησε στον καθορισμό έξι επιμέρους περιοχών σύμφωνα με τον ακουστικό χαρακτήρα που παρουσιάζουν στις ηχογραφίες (χάρτης 3). Αυτές περιγράφονται παρακάτω:

Περιοχή Α: Αυτή η περιοχή χαρακτηρίζεται από ανοιχτόχρωμους τόνους καταγραφής, ενδεικτικό στοιχείο της χαμηλής ανακλαστικότητας που παρουσιάζει ο πυθμένας στη συγκεκριμένη περιοχή. Τοπικά παρουσιάζονται κοκκώδης επιμήκης σχηματισμοί σκουρόχρωμου τόνου καταγραφής (εικ. 1).

Περιοχή Β: Η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται από σκοτεινόχρωμους τόνους καταγραφής, στοιχείο που δηλώνει υψηλή ανακλαστικότητα του πυθμένα. Τοπικά παρουσιάζονται κηλίδες υψηλής ανακλαστικότητας με κοκκώδη χαρακτήρα καθώς και κηλίδες ανοιχτόχρωμες έναντι του περιβάλλοντος πυθμένα (εικ. 2).

Περιοχή Γ: Η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται από ανοιχτόχρωμο τόνο καταγραφής, ενδεικτικό στοιχείο της χαμηλής ανακλαστικότητας του πυθμένα, όπως ακριβώς στην περιοχή Α. Αυτή η περιοχή όμως χαρακτηρίζεται από πολύ μικρή παρουσία σκοτεινόχρωμων κοκκωδών κηλίδων (εικ. 3).

Περιοχή Δ: Αυτή η περιοχή παρουσιάζει πολύ μεγάλες ομοιότητες με την περιοχή Β, παρότι βρίσκεται σε διαφορετική ενότητα της λιμνοθάλασσας. Η περιοχή Β βρίσκεται σε πολύ ρηγά νερά (περίπου 1m) ενώ η περιοχή Δ στο βαθύτερο τμήμα της λιμνοθάλασσας (περίπου 2,5m) (εικ. 2).

Περιοχή E: Είναι περιοχή η οποία χαρακτηρίζεται από ανοικτόχρωμο τόνο καταγραφής με αυξημένη παρουσία σκοτεινόχρωμων κηλίδων με κοκκώδη χαρακτήρα(εικ. 4).

Περιοχή ΣΤ: Η περιοχή αυτή, τέλος, χαρακτηρίζεται από ανοικτόχρωμο τόνο καταγραφής με υψηλή πυκνότητα σκοτεινόχρωμων κηλίδων με κοκκώδη χαρακτήρα. Αυτή η περιοχή παρουσιάζει μεγάλες ομοιότητες με την περιοχή E, με μόνη διαφορά την αυξημένη πυκνότητα των σκοτεινόχρωμων κηλίδων της περιοχής ΣΤ έναντι της E (εικ. 5).

Συμπερασματικά, οι περιοχές A, Γ, E και ΣΤ χαρακτηρίζονται ως ανοικτόχρωμου τόνου περιοχές εξαιτίας της χαμηλής ανακλαστικότητας που παρουσιάζουν στα ηχητικά κύματα, σε αντίθεση με τις περιοχές B και Δ που χαρακτηρίζονται ως σκοτεινόχρωμου τόνου περιοχές εξαιτίας της υψηλής ανακλαστικότητας.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ικανοποιητική συσχέτιση μεταξύ της γεωγραφικής κατανομής των προαναφερθέντων περιοχών και της γεωγραφικής κατανομής των παραγοντικών τιμών του πρώτου παράγοντα (επιφανειακά κατανομή FAC 1-3). Συγκεκριμένα διαπιστώνεται ότι περιοχές με υψηλή έκφραση του αρνητικού πόλου του πρώτου παράγοντα (1 – 2Φ) συσχετίζονται ικανοποιητικά με τις περιοχές B και Δ οι οποίες δηλώνουν υψηλή ανακλαστικότητα του πυθμένα Παρόμοια, ο θετικός πόλος του πρώτου παράγοντα (5 – 9Φ) συσχετίζεται ικανοποιητικά με τις περιοχές A, Γ, E και ΣΤ. Πιστοποιείται συνεπώς ότι η κοκκομετρική σύσταση των επιφανειακών ιζημάτων ελέγχει την ανακλαστικότητα των ηχητικών κυμάτων. Η κυριαρχία των λεπτόκοκκων τάξεων (5 – 9Φ) προκαλεί χαμηλή ανακλαστικότητα των ηχητικών κυμάτων ενώ η κυριαρχία της τάξης των 1 – 2Φ υψηλή ανακλαστικότητα.

Η προαναφερθείσα συσχέτιση μεταξύ ιζηματολογικών και γεωφυσικών δεδομένων αποτελεί ένα εξαιρετικό παράδειγμα

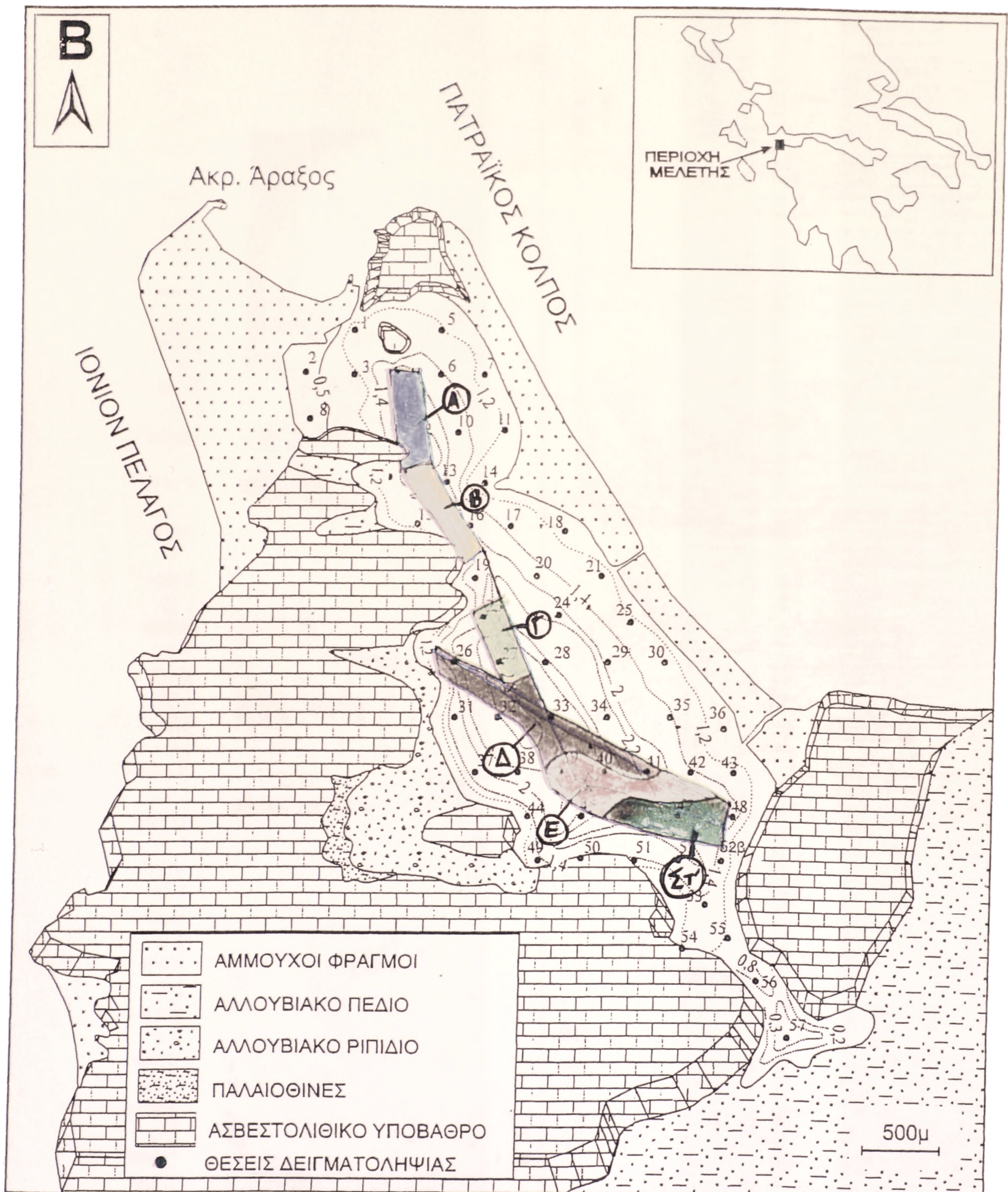
αποτύπωσης της κοκκομετρικής σύστασης των ιζημάτων με τον ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης.

Η αποτύπωση του πυθμένα της λιμνοθάλασσας με ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης δεν έδειξε την παρουσία γεωμορφών στην επιφάνεια του πυθμένα οι οποίες να σχετίζονται με διαφυγή αερίων υδρογονανθράκων. Ο μη εντοπισμός των ανωτέρω γεωμορφών δε σημαίνει απαραίτητα τη μη παρουσία αερίων υδρογονανθράκων στους πόρους των ιζημάτων. Η πιθανή παρουσία αερίων υδρογονανθράκων και η διαφυγή τους από τους πόρους των ιζημάτων είναι δυνατόν να μην προκάλεσε το σχηματισμό χαρακτηριστικών γεωμορφών όπως π.χ. κρατήρων.

Στοιχεία που ενισχύουν την άποψη ότι πιθανώς υπάρχουν αέριοι υδρογονάνθρακες εγκλωβισμένοι στους πόρους των ιζημάτων της λιμνοθάλασσας, είναι:

A) το καταστροφικό γεγονός που παρατηρήθηκε μετά από ισχυρή σεισμική δόνηση το 1995. Εκατοντάδες τόνοι ψαριών ψόφησαν μετά την ανάπτυξη μιας θολερότητας της υδάτινης στήλης σε συνδυασμό με ανοξικές συνθήκες, μετά τη σεισμική δραστηριότητα.

B) την ύπαρξη αερίων υδρογονανθράκων σε ιζήματα άλλων λιμνοθαλάσσιων περιβαλλόντων της Δυτικής Ελλάδας (Παπαθεοδώρου κ.α. 2000).



Χάρτης 3: ΤΥΠΟΣ ΒΥΘΟΥ ΟΠΩΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΕΤΑΙ ΣΤΙΣ ΗΧΟΓΡΑΦΙΕΣ ΤΟΥ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η Παραγοντική Ανάλυση R-τύπου των κοκκομετρικών δεδομένων οδήγησε σε ένα 5-μελές παραγοντικό μοντέλο. Οι παράγοντες που προκύπτουν ερμηνεύονται ως παράγοντες ενεργειακοί ή παράγοντες προσφοράς ιζημάτων.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί μελετήθηκε το παραγοντικό μοντέλο που εκφράζεται από 5 παράγοντες, με σκοπό πληρέστερη κοκκομετρική εξέταση της περιοχής. Το 5-μελές αυτό μοντέλο εκφράζει με ικανοποιητικό τρόπο τη συνολική διακύμανση δεδομένων και η έκφραση αυτή ανέρχεται στο ποσοστό του 83,9%. Το μοντέλο αυτό έδωσε τη δυνατότητα μείωσης της διαστικότητας του προβλήματος από 10 σε 5 παράγοντες, προκαλώντας μικρή απώλεια πληροφοριών. Με τη χρήση τέτοιων μοντέλων, και στην περίπτωση μας με χρήση του 5-μελούς, εμφανίζεται ανάλογα με τον κάθε παράγοντα αντίστοιχη γεωγραφική έκφραση. Η παραπάνω γεωγραφική έκφραση πηγάζει ως αποτέλεσμα της διπολικότητας που παρουσιάζεται σε κάθε παράγοντα, άρα μέσω της τάξεως μεγέθους κόκκου [Φ].

Η γεωχημική ανάλυση επιλεγμένων δειγμάτων ιζήματος από το νότιο τμήμα της λιμνοθάλασσας, όπου δέχεται τις απορροές από μία μεγάλη έκταση, έδειξε ότι οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων είναι συγκρίσιμες με αυτές από άλλα παράκτια περιβάλλοντα του Ελληνικού χώρου. Οι μέσες συγκεντρώσεις που μετρήθηκαν φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

	Corg (%)	Fe (%)	Ni (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Al (ppm)	Cr (ppm)	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Si (ppm)
Μέση Τιμή	2,9	2,8	28,3	604,3	80,3	1,2	255,3	21,3	3	28,7	2,7

Η αποτύπωση του πυθμένα της λιμνοθάλασσας με τον ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης, έδειξε:

- Τη διάκριση του πυθμένα σε έξι επιμέρους περιοχές με βάση την ανακλαστικότητα που παρουσιάζουν στις ηχογραφίες.
- Την πολύ καλή συσχέτιση μεταξύ ιζηματολογικών και γεωφυσικών δεδομένων. Διαπιστώθηκε ότι υπάρχει πολύ καλή συσχέτιση μεταξύ κοκκομετρικής σύστασης των επιφανειακών ιζημάτων και ανακλαστικότητας των ηχητικών κυμάτων.
- Δε διαπιστώθηκαν γεωμορφές στην επιφάνεια του πυθμένα οι οποίες να δηλώνουν τη διαφυγή αερίων υδρογονανθράκων από τους πόρους των ιζημάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ⇒ F. Voutsinou-Taliadouri and Euprossine Georgakopoulou-Grigoriadou «**Heavy Metal Concentrations in Surface Sediments from Pagassitikos Gulf, Greece**» Toxicological and Environmental Chemistry, Vols 20-21, pp. 53-58.
- ⇒ F. Voutsinou-Taliadouri and J. Satsmadjis «**Trace Metals in the Pagassitikos Gulf, Greece**» Estuarine, Coastal and Shelf Science (1982) 15, 221 – 228).
- ⇒ F. Voutsinou-Taliadouri and J. Satsmadjis «**Metals in Polluted Sediments from Thermaikos Gulf, Greece**» Marine Pollution Bulletin, Vol.14, No 6, pp. 234 – 236, 1983.
- ⇒ F. Voutsinou-Taliadouri «**Metal Pollution in Saronikos Gulf**» Marine pollution Bulletin, Vol. 12, No 5, pp. 163 – 168, 1981.
- ⇒ A. P. Grimanis, M. Vassilaki-Grimani and G. B. Grigs «**Pollution Studies of Trace Elements in Sediments from the Upper Saronikos Gulf, Greece**» Journal of Radioanalytical Chemistry vol. 37 (1977), 761-773.
- ⇒ F. Voutsinou-Taliadouri «**Metal Concentrations in Polluted and Unpolluted Greek Sediments; A comparative study**» VI^{es} Journees Etud Pollutiones, Cannes, C.I.E.S.M.(1982).
- ⇒ Σ. Π. Βαρνάβα και Γ. Παπαθεοδώρου «**Marine Mineral Resources in the Eastern Mediterranean Sea I. An Iron, Titanium, Chromium, and Nickel Deposit in the Gulf of Corinth, Greece**» Marine Mining, Vol. 6, pp. 37-70, 1987.
- ⇒ F. Voutsinou-Taliadouri and J. Satsmadjis «**Concentrations of Some Metals in East Aegean Sediments**» Rev. Int. Oceanogr. Med. Tomes LXVI-LXVII.

- ⇒ Φ. Βουτσινού-Ταλιαδούρη, <<Συγκεντρώσεις Βαρέων Μετάλλων σε Επιφανειακά Ιζήματα ενός Ημίκλειστου κόλπου (κόλπος Ναυαρίνου)>>, Πρακτικά συνεδρίου «Χημεία και Έλεγχος Ποιότητας» Λευκωσία 23 – 27 Σεπτεμβρίου 1988.
- ⇒ S. P. Varnavas, A.G. Panagos και G. Laios <<Trace Elements in Surface Sediments of Navarino Bay, Greece>> από το Environ. Geol. Water Sci. vol. 10, No3, 159-168.
- ⇒ A. P. Karageorgis et al Sedimentology and Geochemistry.
- ⇒ Michael Scoullou and Manos Dassenakis «Trace Metal in a Tidal Mediterranean Embayment» Marine Pollution Bulletin Vol. 14 No1 pp. 24-29, 1983
- ⇒ S. Guerzoni, M. Frignani, P. Giordani and F. Frascari “Heavy Metals in Sediments from Different Environments of a Northern Adriatic Sea area, Italy” Environ Geol Water Sci Vol 6, No 2, 111 - 119.
- ⇒ S. P. Varnavas, A.G. Panagos and G. Laios “Heavy metal distribution in surface sediments from the Kalamata bay, Greece” συνέδριο για τη Ρύπανση στη Μεσόγειο, στη Λουκέρνη τον Οκτώβριο 11-13, 1984
- ⇒ F. Voutsinou-Taliadouri, J. Satsmadjis and B. Iatridis <<Impact of Athens Sewage and Industrial Discharge on the Metal Content of Sediments from Piraeus Harbour and Eleusis Bay>> Rev. Int. Oceanogr. Med. Tomes LXXXIII-LXXXIV 1989.
- ⇒ Massoud A. H. Saad, A. A. Ezzat, O. A. El-Rayis, and H. Hafez «Occurrence and Distribution on Chemical Pollutants in Lake Mariut, Egypt. II. Heavy Metals» Water, Air and Soil Pollution 16 (1981) 401 – 407.

- ⇒ Esad Prohic and Mladen Juracic «**Heavy Metals in Sediments – Problems Concerning Determination of the Anthropogenic Influence. Study in the Krka River Estuary, Eastern Adriatic Coast, Yugoslavia.**» από το Environ. Geol. Water Sci Vol. 13, No 2, 145-151.
- ⇒ Γεώργιος Σ. Παπαθεοδώρου, Σημειώσεις του μαθήματος Γεωλογία Περιβάλλοντος <<Μέθοδοι Ποσοτικοποίησης της Ρύπανσης των Θαλασσιών Ιζημάτων από Βαρέα Μέταλλα>>, του Εργαστηρίου Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας, τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, σελ. 55-88, 1996.
- ⇒ Γεώργιος Σ. Παπαθεοδώρου, <<Σημειώσεις Θαλάσσιας Γεωλογίας>>, του Εργαστηρίου Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας, τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, σελ. 60-82^α, 1997.
- ⇒ <<Μορφολογικά Χαρακτηριστικά του Πυθμένα της Λιμνοθάλασσας του Αιτωλικού, Σχετιζόμενα με Διαφυγές Αερίων – Προκαταρκτικά Αποτελέσματα>> (2000) Παπαθεοδώρου Γ., Μουρελάτος Π. Βουτσινάς Κ., και Κ. Ξένος.
- ⇒ Hovland M. and Judd A.G., 1998 <<Seabed pockmarks and seepages>> Graham and Trontman, London.
- ⇒ Pickrill R.A., 1993. <<Shallow Seismic Stratigraphy and Pockmarks of Hydromentally Influenced Lake, Lake Rotroiti, New Zealand>> Sedimentology 40:813-828.
- ⇒ Layrentaki M., 1999. <<Pockmarks and Gas in Sediments; Straight oh Hormuz, Arabian Gulf>> Msc sub. Un. Of Southampton, 73pp.
- ⇒ Garcia-Garcia A. et al, 1999. <<A Seeping Sea-Floor in a Ria Environment: Ria del Vigo (NW Spain)>> Envir. Geol. 112:171-184.

- ⇒ Papatheodorou G. et al, 1993. <<**Gas-charged Sediments in the Aegean and Ionian Seas, Greece**>> Mar. Geol. 112:71-184.
- ⇒ Hassiotis et al, 1996. <<**A Pockmark Field in the Patra's Gulf (Greece) and its Activation During the 14/7/93 Seismic Event**>> Mar. Geol. 130:333-334.
- ⇒ Μπόζος Δ. και Κοντόπουλος <<**Ιζηματολογικές Παρατηρήσεις στη Λιμνοθάλασσα του Πάππα (ΒΔ-ική Πελοπόννησος)**>>, Πρακτικά 8^{ου} Διεθνούς Συνεδρίου Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, Πάτρα 1998, σελ. 247-258.



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (Τ.Ε.Ι.)

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

ΔΙΣΚΕΤΤΑ

Π ΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ: ΚΑΜΕΤΑΝΑΧΗ ΠΑΝΤΕΛΗ
ΠΑΝΑΓΙΟΤΟΠΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ
ΣΠΗΛΙΟΠΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟ

ΜΕ ΘΕΜΑ: "Γεοφυσική, Ιζηματολογική και Γεοχημική
Μελέτη της Λιμνοθάλασσας του Παππά"

25/09/2000

