

Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ  
ΤΜΗΜΑ ΙΧΘΥΟΚΟΜΙΑΣ / ΑΛΙΕΙΑΣ

ΒΟΥΤΣΙΝΑΣ Κ.

ΜΟΥΡΕΛΑΤΟΣ Π.

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : ΠΑΠΑΘΕΟΔΩΡΟΥ Γ.

ΙΣΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ  
ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ  
ΤΗΣ "ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑΣ"  
ΤΟΥ

ΑΙΠΟΛΙΚΟΥ



ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 1999

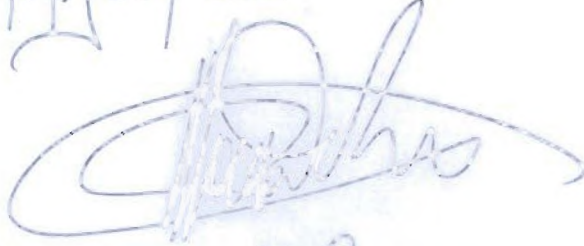
Αφιερώνεται με πολύ αγάπη

στους γονείς μας.



Εγκρίνεται.  
ο Γη. Δέη α.



  
Γεωργιος. Παπαθεοδωρου.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.**

Με την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας , νιώθουμε την ανάγκη να εκφράσουμε την ευγνωμοσύνη μας σε κάποιους ανθρώπους που μας βοήθησαν ουσιαστικά και συνέβαλλαν με τον τρόπο τους για να ξεπεράσουμε ποικίλα εμπόδια που παρουσιάστηκαν κατά την διεκπεραίωσή της .

Ευχαριστούμε πρωτίτως τους γονείς μας για τη διαρκή συμπαράστασή τους\* και τον πραγματικό φίλο και καθηγητή μας, Δρ Γ. Παπαθεοδώρου για τις κατευθύνσεις, τις συμβουλές, την παροχή υλικού και γενικότερα για όλη την εμπειρία που αποκομίσαμε συνεργαζόμενοι μαζί του.

Θέλουμε επίσης να ευχαριστήσουμε θερμά :

Τον αγαπητό μας συνάδελφο Γιάννη Ραβασόπουλο για τις πολύτιμες συμβουλές και τη βοήθεια που μας έδωσε κατά τις εργαστηριακές αναλύσεις.

Τον Τάκη Λεβιθόπουλο για την πραγματικά σωτήρια συμβολή του τη στιγμή ακριβώς που την είχαμε ανάγκη.

Την καλή μας φίλη Αμαλία Βενετσανοπούλου για την αμέριστη συμπαράστασή της κάθε φορά που την χρειαστήκαμε.

Τέλος, την Ελισάβετ Ανθοπούλου για την πολύτιμη συνεισφορά της στο φωτογραφικό μέρος της εργασίας μας.

\*Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλουμε στην κυρία Σοφία Βουτσινά που της έλαχε να κουραστεί προσωπικά για τη δική μας φροντίδα και φιλοξενία.

## Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

	Σελ.
Εισαγωγή .....	1
Σκοπός.....	2
Περιεχόμενο-Θέμα .....	3
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1°. Γενικά περι ιζήματος, βαρέων μετάλλων &amp; λιμνοθαλασσών.</b>	
1.1 Γενικά περι ιζήματος & βαρέων μετάλλων. ....	4
1.2 Περιγραφή και ιδιαιτερότητες ενός λιμνοθαλάσσιου συστήματος : υδάτινη στήλη & ιζημα.....	8
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°. Ο ρόλος των ιζημάτων, Χαρακτηρισμός ιζημάτων &amp; ιζηματογένεση.</b>	
2.1 Δυναμική της ιζηματογένεσης & χαρακτηρισμός των παράκτιων ιζημάτων. ....	13
2.2 Σχέση ανάμεσα στην κατανομή μεγέθους των κόκκων και την γεωλογία. ....	14
2.3 Σχέση ανάμεσα στην κατανομή κόκκων και τη ροή.....	15
2.4 Κατανομή μεγεθών κόκκων και ενέργεια.....	16
2.5 Η επαναιώριση των ιζημάτων στα παράκτια περιβάλλοντα. ....	17
2.6 Οργανικά και βιογενή ιζήματα. ....	22
2.7 Χερσογενή ιζήματα. ....	23
2.8 Επίδραση του μεγέθους των κόκκων στα βαρέα μέταλλα. ....	27
2.9 Ιζηματολογικά δεδομένα στη λιμνοθάλασσα Maryut στο δέλτα του Νείλου. ....	27
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3°. Βαρέα μέταλλα και συστήματα λιμνοθαλάσσιων οικοσυστημάτων.</b>	
3.1 Μεταφορά βαρέων μετάλλων στο ιζημα. ....	29
3.2 Απελευθέρωση των μετάλλων. ....	30
3.3 Κύριοι φυσικοχημικοί παράγοντες που επιδρούν στα μέταλλα. ....	31
3.4 Βιοχημική κινητικότητα και βιοδιαθεσιμότητα των μετάλλων & επίδραση βιοτικών παραγόντων.....	34
3.5 Τα μέταλλα στα παράκτια ιζήματα στομίων ποταμών. ....	36
3.6 Ανοξικές λεκάνες. ....	37
3.7 Συμπεράσματα από τη μελέτη των ιχνημετάλλων στις λιμνοθάλασσες του δέλτα του Νείλου. ....	38
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4°. Αιτωλικό, Φυσικοχημικές συνθήκες &amp; βιολογικά στοιχεία.</b>	
4.1 Γεωμορφολογία. ....	39
4.2 Ανθρώπινες επεμβάσεις. ....	48



4.3 Γεωλογία της περιοχής. ....	50
4.4 Κλίμα. ....	50
4.5 Υδρολογία. ....	51
4.6 Φυσική Ωκεανογραφία. ....	52
4.7 Ποιότητα νερού. ....	59
4.8 Στοιχεία βιολογίας. ....	63
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5° . Ιζηματολογία της ατυπικής λιμνοθάλασσας του Αιτωλικού.</b>	
5.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την ιζηματογένεση στο Αιτωλικό. ....	67
5.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων (ιζηματολογία).....	70
5.3 Λιθολογικός χαρακτηρισμός ιζημάτων. ....	72
5.4 Στατιστικές κοκκομετρικές παράμετροι. ....	74
5.5 Ερμηνεία στατιστικών κοκκομετρικών παραμέτρων. ....	75
5.6 Γεωγραφικές απεικονίσεις των κυριότερων κλασμάτων κόκκων. ....	84
5.7 Σχολιασμός της γεωγραφικής κατανομής των κυριότερων κλασμάτων. ....	90
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6° . Στατιστική επεξεργασία των κοκκομετρικών δεδομένων.</b>	
Γενικά.....	92
6.1 Σχολιασμός και έλεγχος αξιοπιστίας 3-μελούς μοντέλου. ....	93
6.2 Σχολιασμός και έλεγχος αξιοπιστίας 4- μελούς μοντέλου. ....	95
6.3 Σχολιασμός και έλεγχος αξιοπιστίας 5- μελούς μοντέλου- επιλογή αυτού και ανάλυση. ....	96
6.4 Σχολιασμός της γεωγραφικής απεικόνισης του κάθε παράγοντα. ....	105
6.5 Q- τύπου παραγοντική ανάλυση στα κοκκομετρικά δεδομένα. ....	106.
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο. Γεωφυσική μελέτη του πυθμένα με ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης.</b>	
<b>Εισαγωγή</b> .....	115
7.1 Περιγραφή του ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης.....	116
7.2 Αρχή λειτουργίας του ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης.....	116
7.3 Σχηματισμός ηχογραφίας.....	118
7.4 Ανάλυση & ερμηνεία ηχογραφιών.....	119
7.5 Αποτελέσματα & συζήτηση.....	125
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	<b>131</b>
Παράρτημα Α : πρωτογενή κοκκομετρικά δεδομένα.	
Παράρτημα Β : μεθοδολογία.	
Παράρτημα Γ : πρωτογενή δεδομένα παραγοντικής ανάλυσης.	
Παράρτημα Δ : καταγραφές ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης.	

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα παράκτια υδάτινα οικοσυστήματα, ο πυθμένας και η υδάτινη στήλη βρίσκονται σε μια διαρκή και δυναμική αλληλεπίδραση. Μια από τις διεργασίες που επιβεβαιώνεται πολύ καθαρά η παραπάνω διαπίστωση είναι και η ρύπανση. Κάθε είδος ρύπανσης εκτός της υδάτινης στήλης επηρεάζει το ίζημα και τους οργανισμούς του πυθμένα. Για παράδειγμα ο ευτροφισμός συντελεί στην αυξημένη παρουσία οργανικού υλικού στο ίζημα και αυτό με την σειρά του έχει ευρύτερες συνέπειες για όλο το οικοσύστημα. Τα παράκτια επίσης ιζήματα γίνονται σημαντικοί φορείς ρυπαντών γεγονός που ισχύει ιδιαίτερα για τα βαρέα μέταλλα γιατί έχουν αθροιστικές ιδιότητες. Το γεγονός επίσης ότι ο πυθμένας είναι κάτι το σταθερό (σε αντίθεση με την ευμετάβλητη υδάτινη στήλη) τον καθιστά ένα ευαίσθητο στη ρύπανση υποσύστημα (ίζημα & οργανισμοί), ταυτόχρονα όμως πολύ χρήσιμο ως μέσο για την παροκολούθηση της ποιότητας του περιβάλλοντος.

Σε γενικές γραμμές όταν μιλάμε για ρύπανση ενός υδάτινου οικοσυστήματος εννοούμε την ανθρωπογενούς προέλευσης απόρριψη ουσιών στο υδάτινο περιβάλλον που προκαλούν : τη δηλητηρίαση της χλωρίδας και της πανίδας του οικοσυστήματος, την επιβάρυνση και την αλλοίωση της ποιότητας του νερού, καθώς και τη δημιουργία επιβλαβών για την υγεία του ανθρώπου συνθηκών. Αυτές οι χημικές προέλευσης ουσίες ονομάζονται *ρυπαντές*. Οι ρυπαντές γενικά διαχωρίζονται σε : **α)** Αποσυντιθέμενες και αναλώσιμες ουσίες. Τέτοιες είναι οι οργανικές ενώσεις που αποσυντίθενται βακτηριακά και με τη βοήθεια του οξυγόνου, καθώς και οι θρεπτικές ουσίες που καταναλίσκονται από τους υδρόβιους οργανισμούς. Πχ οικιακά λύματα, αγροτικά απόβλητα, απόβλητα υδατοκαλλιεργειών, κλπ. **β)** Διατηρητέες ουσίες. Αυτές δεν αποσυντίθενται βακτηριακά και βρίσκονται σε διαλυμένη ή σωματιδιακή μορφή. Πχ βαρέα μέταλλα, αλλογενείς υδρογονάνθρακες και πολυχλωριούχες διφαινόλες. **γ)** Αιωρούμενα σωματίδια. Είναι ανόργανης ή οργανικής προέλευσης και αιωρούνται στην υδάτινη στήλη. Πχ λάσπη από βιολογικούς καθαρισμούς, απόβλητα επεξεργασίας μεταλλευμάτων κ.α. **δ)** Στερεά απόβλητα. Είναι υλικά που παραμένουν στο υδάτινο περιβάλλον για πολύ χρόνο και αποσυντίθενται δύσκολα. Πχ πλαστικά, γυαλιά κ.α. **ε)** Θερμότητα : Παράκτιοι σταθμοί παραγωγής ενέργειας οι οποίοι εκβάλλουν τα νερά ψύξης των μηχανών τους.

Πέρα όμως από την διάσταση της ρύπανσης, ο πυθμένας έχει έναν ευρύτερο οικολογικό ρόλο που ενδιαφέρει τον άνθρωπο από επιστημονική,

περιβαλλοντική και οικονομική άποψη. Πρώτα απ'όλα αποτελεί το σημαντικότερο υπόστρωμα δράσης των μικροοργανισμών. Παίζει λοιπόν καθοριστικό ρόλο στον κύκλο του άνθρακα των θρεπτικών και των ιχνημετάλλων. Ταυτόχρονα είναι το υπόστρωμα των βενθικών βιοκοινωνιών με τεράστια σημασία για την τροφική αλυσίδα ολόκληρου του υδάτινου οικοσυστήματος. Στον πυθμένα βρίσκουν τροφή πολλοί υδρόβιοι οργανισμοί που ενδιαφέρουν οικονομικά & διατροφικά τον άνθρωπο. Επιπλέον η φύση του και η μορφολογία του συμβάλλει καίρια στην διαμόρφωση των φυσικοχημικών & οικολογικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής και πρέπει πάντοτε να λαμβάνονται υπόψη όταν ο άνθρωπος θέλει να αναπτύξει οποιαδήποτε δραστηριότητα στο νερό (*υδατοκαλλιέργειες, τεχνικά έργα*).

Τα τελευταία χρόνια μάλιστα, βρέθηκε πως ο πυθμένας μπορεί να γίνει πηγή προέλευσης ιδιόμορφων φαινομένων. Ένα απ'αυτά είναι οι διαφυγές διαφόρων αερίων, απο τους πόρους των ιζημάτων προς την υδάτινη στήλη. Τα αέρια αυτά μπορεί να έχουν οργανική προέλευση, οπότε είναι βιογενή (κυρίως μεθάνιο αλλά και υδρόθειο, εθάνιο ή CO<sub>2</sub> όλα απο τη βακτηριακή δράση στην οργανική ύλη) ή θερμογενή - αυτά συνδέονται με κοιτάσματα πετρελαίου-, ή να έχουν ανόργανη προέλευση οπότε αφορούν ηφαιστειακά και υδροθερμικά αέρια (*deep earth gases*). Έχει αποδειχθεί απο μελέτες στη Βόρεια Θάλασσα, ότι οι διαφυγές αερίων υδρογονανθράκων (π.χ μεθάνιο) έχουν σημαντικές οικολογικές προεκτάσεις. Οι διαφυγές αυτές μπορούν να προκαλέσουν διαβρωσιγενείς καταβυθίσεις του πυθμένα με μορφή κρατήρα (rockmarks). Παρατηρήθηκε λοιπόν πως σε τέτοια περιβάλλοντα οι μικροδιαφυγές αερίων είναι σημαντικές για την ανάπτυξη βιοκοινωνιών. Αντίθετα μακροδιαφυγές ή παροξυσμικές διαφυγές λειτουργούν αρνητικά. Παροξυσμικές διαφυγές μπορούν να προκληθούν και απο διάφορους εξωτερικούς παράγοντες που διαταράζουν το ίζημα, όπως ανθρώπινες δραστηριότητες (Garcia, Vilas 1999), σεισμικότητα (Hasiotis, Paratheodorou et al 1995) κ.α.

### Σκοπός της εργασίας.

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω για τη σημασία του πυθμένα, κρίθηκε σκόπιμο & συνάμα ενδιαφέρον, η εργασία αυτή να μελετήσει τον πυθμένα και τις επιδράσεις του, σ'ένα μοναδικό στο είδος του (τουλάχιστον όσον αφορά τον Ελλαδικό χώρο) υδάτινο οικοσύστημα. Πρόκειται για την ατυπική λιμνοθάλασσα του Αιτωλικού (αλλού χαρακτηρίζεται και ως Παράκτια Ευξεινική Λεκάνη). Αυτή η ιδιαίτερη υδάτινη περιοχή, επικοινωνεί περιορισμένα με μια λιμνοθάλασσα (τη λιμνοθάλασσα του Μεσολογγίου).

Ενδεχόμενη ρύπανση σ'ένα τέτοιο περιβάλλον θα έχει άμεσες συνέπειες στο ίζημα και τους βενθικούς οργανισμούς. Αυτό ενισχύεται απο το γεγονός ότι η λεκάνη του Αιτωλικού παρουσιάζει μειωμένη ανανέωση νερού εφόσον η επικοινωνία της με την υπόλοιπη λιμνοθάλασσα είναι μικρή. Οσον αφορά τον ευτροφισμό, τις κατα καιρούς οικολογικές "κρίσεις" (αιφνίδιοι θάνατοι ψαριών) και την μεγάλη μείωση της αλιευτικής παραγωγής στη συγκεκριμένη περιοχή, πάλι πρέπει να εξεταστούν όχι μόνο ως προς την υδάτινη στήλη αλλά και ως προς αυτά που συμβαίνουν στον πυθμένα. Ουσιαστικά, τα δύο αυτά μέρη βρίσκονται σε μια διαρκή και πολύπλευρη σχέση. Ωστόσο ο πυθμένας φαίνεται να μας επιτρέπει να αντλούμε πιο "διαχρονικές" και σίγουρες πληροφορίες για διεργασίες που συμβαίνουν σ'αυτόν και συνάμα, είτε επηρεάζουν την υδάτινη στήλη, είτε είναι αποτέλεσμα άλλων διεργασιών στο υπερκείμενο νερό. Συνεπώς η μελέτη του θα δώσει σαφέστατα μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα γι'αυτό το υδάτινο οικοσύστημα.

#### Περιεχόμενο της εργασίας.

Με την εργασία αυτή γίνεται ένα πρώτο βήμα για την διερεύνηση της ενεργότητας του πυθμένα της ατυπικής λιμνοθάλασσας του Αιτωλικού. Τα αποτελέσματα της μελέτη μας περιορίζονται προς το παρόν σε δύο κατευθύνσεις : **α) στην κοκκομετρική ανάλυση του ιζήματος και β) στην γεωφυσική διασκόπηση του πυθμένα.** Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η συσχέτιση των αποτελεσμάτων με στοιχεία για την υδάτινη στήλη, απο άλλες μελέτες (κεφ 4ο).

Πιο συγκεκριμένα, η κοκκομετρική ανάλυση στο ίζημα (κεφ 5ο) & η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων (παραγοντική ανάλυση, κεφ 6ο), έδωσαν πολλές & ενδιαφέρουσες πληροφορίες για την *σύσταση των ιζημάτων τον τρόπο σχηματισμού τους και την ενέργεια* της περιοχής. Τέλος, νέα και μοναδικά ως τώρα στοιχεία (τουλάχιστον για τα Ελληνικά δεδομένα) προέκυψαν απο την γεωφυσική διασκόπηση μέρους του πυθμένα με ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης (Side-Scan Sonar, κεφ 7ο). Συγκεκριμένα ανακαλύφθηκε ενα πεδίο μικρών κρατήρων πολύ μεγάλης επιφανειακής πυκνότητας. *Το πεδίο αυτό εκπιμάται πως είναι αρκετά εκτεταμένο και αποδίδεται σε διαφυγές αερίων απο το ίζημα. Επίσης σοβαρές ενδείξεις για διαφυγές αερίων διαπιστώθηκαν και σε εντελώς διαφορετική περιοχή του πυθμένα όπου δεν σχηματίζονται γεωμορφές κρατήρων. Αυτό δείχνει πως οι διαφυγές αερίων είναι εκτεταμένες και χρήζουν μιας πιο συστηματικής μελέτης για τις επιπτώσεις τους στο σύστημα.*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

### 1.1. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΙΖΗΜΑΤΟΣ & ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ.

**A1. Τι είναι τα Βαρέα Μέταλλα, τι προκαλούν και από πού προέρχονται.**

Στα βαρέα μέταλλα συγκαταλέγονται όλα εκείνα τα μέταλλα που έχουν ειδικό βάρος μεγαλύτερο από αυτό του σιδήρου ( Fe ). Μερικά από αυτά είναι τα ακόλουθα : Άργυρος ( Ag ) , μόλυβδος ( Pb ) , υδράργυρος ( Hg ) , χαλκός ( Cu ) , ψευδάργυρος ( Zn ) , χρώμιο ( Cr ) , κοβάλτιο ( Co ) , μαγγάνιο ( Mn ) , νικέλιο ( Ni ) , κάδμιο ( Cd ) , κασσίτερος ( Sn ) . Σ' αυτά περιλαμβάνονται και άλλα καθώς και ο ίδιος ο σίδηρος ( Fe ).

Τα περισσότερα από τα παραπάνω μέταλλα είναι απαραίτητα για τη ζωή οποιουδήποτε ζωντανού οργανισμού , αρκεί να βρίσκονται σε μικροποσότητες. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο αυτά ονομάζονται ιχνοστοιχεία . Τα ιχνοστοιχεία λειτουργούν σε συνδυασμό με οργανικά μόρια και κύρια με πρωτεΐνες ( ενεργά μέρη σε ένζυμα κ.λ.π ).

Όταν τα βαρέα μέταλλα υπερβαίνουν τις απαραίτητες ποσότητες τότε η δράση τους είναι ανασταλτική για οποιονδήποτε οργανισμό που ζει στο ρυπασμένο πλέον οικοσύστημα. Ο λόγος είναι ότι τα μέταλλα αυτά γίνονται τοξικά πάνω από τις επιτρεπτές ποσότητες και είναι πολύ ζημιογόνα ως και θανατηφόρα. Παρεμποδίζουν τη δράση των ενζύμων και προκαλούν διάφορες νευροφυσιολογικές διαταραχές, αλλοίωση των κυττάρων, μεταλλάξεις, ακόμα και καρκινογένεση ή τερατογένεση. Η κινητικότητα του οργανισμού επηρεάζεται όπως και πολλές βασικές λειτουργίες του. Τα βαρέα μέταλλα μπορούν να προκαλέσουν αλλοιώσεις ακόμα και στα χαρακτηριστικά του αίματος καθώς και στο γενετικό υλικό του οργανισμού. Το πιο σημαντικό ίσως είναι ότι οι ενώσεις τους , καθώς και τα ίδια τα βαρέα μέταλλα , δεν αποικοδομούνται εύκολα με φυσικούς τρόπους στα υδάτινα οικοσυστήματα αλλά παραμένουν και συσσωρεύονται είτε σε οργανικές είτε σε ανόργανες ενώσεις , πότε στην υδάτινη στήλη και πότε στα ιζήματα. Αυτό καθιστά τα μέταλλα αυτά ιδιαίτερα επικίνδυνα και συνεπώς εύκολα γίνεται κατανοητή η σημαντικότητα της έρευνας για βαρέα μέταλλα στα υδάτινα περιβάλλοντα.

### ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Η αμέσως επόμενη ερώτηση που προκύπτει σχετικά με τα βαρέα μέταλλα είναι από πού προέρχονται.



Οι πηγές ρύπανσης του υδάτινου περιβάλλοντος από βαρέα μέταλλα θα μπορούσαν να διαχωριστούν σε **φυσικές** και **τεχνητές**. Αυτές είναι οι ακόλουθες :

**α) φυσικές πηγές :** πρόκειται για πηγές ρύπανσης οι οποίες είναι ανεξάρτητες από την ανθρώπινη δράση και οφείλονται αποκλειστικά σε φυσικές διεργασίες. Τέτοιες είναι οι εξής :

- **Γεωλογική αποσάθρωση.** Όταν οι ακτές αποτελούνται από πετρώματα πλούσια σε βαρέα μέταλλα τότε η διάβρωσή τους οδηγεί σε εμπλουτισμό του υδάτινου περιβάλλοντος με τέτοια μέταλλα. Για παράδειγμα αν η λεκάνη απορροής ενός ποταμού αποτελείται από πετρώματα πλούσια σε υδράργυρο ( Hg), είναι φυσικό επακόλουθο να *εμπλουτιστούν* σε Hg και όλοι οι οργανισμοί της περιοχής απορροής είτε ζωικοί είτε φυτικοί. Αυτή η φυσική διεργασία είναι που ελέγχει και αυξάνει τα επίπεδα των συγκεντρώσεων υποβάθρου συγκεκριμένων μετάλλων για μια περιοχή.
- Η **σκόνη** που μεταφέρεται με τον άνεμο από τις ακτές προς το υδάτινο περιβάλλον πολλές φορές το εμπλουτίζει σε βαρέα μέταλλα σωματιδιακής μορφής.
- Τα **ιζήματα** μέσω χημικών διεργασιών απελευθερώνουν βαρέα μέταλλα προς την υδάτινη στήλη.

**β) Τεχνητές πηγές :** Είναι περιπτώσεις ανθρωπογενούς επέμβασης οι οποίες οφείλονται σε μεγάλο βαθμό για την είσοδο βαρέων μετάλλων στο υδάτινο περιβάλλον.

- **Μεταλλουργικά απόβλητα**
- **Βιομηχανικά απόβλητα :** Τα βαρέα μέταλλα χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία με διάφορους τρόπους και τελικά καταλήγουν στο υδάτινο περιβάλλον είτε άμεσα (υγρά απόβλητα ) είτε έμμεσα (ως αερολύματα με τις ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις ). Τέτοιες βιομηχανίες είναι τα διυλιστήρια πετρελαίου, τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας
- **Αστικά λύματα :** εισέρχονται στο υδάτινο περιβάλλον από κάποιον αγωγό (σημειακή πηγή ). Είναι υπεύθυνα σε μεγάλο βαθμό για την ρύπανση με βαρέα μέταλλα εκτεταμένων περιοχών, παρακείμενων σε αστικά κέντρα.
- **Αποστράγγιση βρόχινων νερών.** Τα νερά έκπλυσης των δρόμων στις μεγάλες πόλεις , παρασύρουν μεγάλες ποσότητες μετάλλων και κυρίως μολύβδου (Pb).

## **A<sub>2</sub> Ιζημα και Βαρέα μέταλλα**

Το ίζημα, ως προς το μέγεθος των κόκκων που το αποτελούν, διαχωρίζεται (\*) σε δύο κλάσματα, το λεπτόκοκκο και το χονδρόκοκκο κλάσμα. Τα λεπτόκοκκα ιζήματα έχουν μέγεθος κόκκων μικρότερο από 50μm και υποδιαιρούνται σε πηλό και σε άργιλο. Τα ιζήματα αυτά αποτελούνται από αργιλικά ορυκτά, λεπτόκοκκο χαλαζία, οργανικό υλικό, ασβεστίτη και αστρίους. Οι κόκκοι τους είναι φορτισμένοι και η φόρτισή τους αυτή εξαρτάται από το δυναμικό ιόντος και από τις επιφανειακές επικαλύψεις. Ο πηλός και η άργιλος μετακινούνται σαν αιωρούμενο φορτίο σε όλη την υδάτινη στήλη, μπορούν να παραμείνουν σε αιώρηση για μεγάλο χρονικό διάστημα και να ταξιδέψουν αρκετά μακριά από το σημείο της διάβρωσης ( Φερεντίνος κ.α. 1985, Βαρνάβας κ.α. 1986 ).

Τα χονδρόκοκκα ιζήματα αποτελούνται από κόκκους μεγαλύτερους από 50μm και υποδιαιρούνται σε άμμο και ψηφίδες. Αυτά τα ιζήματα αποτελούνται κυρίως από χαλαζία, αστρίους, και θραύσματα πετρωμάτων. Οι κατακόρυφες μετακινήσεις των κόκκων αυτού του κλάσματος είναι μικρές, και οι κόκκοι μετακινούνται γρήγορα. Υπάρχει δηλαδή σαφής διαφορά μεταξύ των δύο κλασμάτων όσο αφορά τις μετακινήσεις τους. Γενικά, η μεταφορά των ιζημάτων εξαρτάται από υδρολογικούς και γεωμορφολογικούς παράγοντες. Η ιζηματογένεση, σύμφωνα με τον Raudkivi (1976), έχει ως εξής : 1. Διάβρωση των ιζημάτων του πυθμένα 2. Κατακόρυφη μετακίνηση των κόκκων στην υδάτινη στήλη 3. Οριζόντια μεταφορά από τη ροή, 4. Απόθεση στον πυθμένα και 5. Συμπαγοποίηση των αποθέσεων. Πάντως, το θέμα της ιζηματογένεσης εξετάζεται λεπτομερέστερα στο επόμενο κεφάλαιο.

### **Σχέση των βαρέων μετάλλων με το μέγεθος των κόκκων του ιζήματος :**

Τα βαρέα μέταλλα έχουν σαφείς προτιμήσεις όσον αφορά το μέγεθος των κόκκων του ιζήματος στο οποίο είναι κατανεμημένα. Η κατανομή τους δεν είναι καθόλου ομοιογενής και μάλιστα είναι αποδεδειγμένο πως προτιμούν τα λεπτόκοκκα αργιλικά ορυκτά , αφού σε αυτά ανιχνεύονται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις τους. Αντίθετα οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων ανιχνεύονται στα κλάσματα της πηλού και της άμμου. Η προτίμηση των μετάλλων στο λεπτόκοκκο κλάσμα του ιζήματος είναι ο κύριος λόγος που οδηγεί την έρευνα για βαρέα μέταλλα στο μέγεθος των < 63 μm.

→ Σκοπός της έρευνας για βαρέα μέταλλα στο ίζημα.

Τα ιζήματα ενός υδάτινου περιβάλλοντος είτε αυτό είναι θαλάσσιο είτε λιμνοθαλάσσιο , παίζουν πρωτεύοντα ρόλο στη γενικότερη « λειτουργία » του συστήματος.

Κατ'αρχήν το ίζημα είναι το υπόβαθρο πάνω στο οποίο αναπτύσσονται όλοι οι βενθικοί οργανισμοί του οικοσυστήματος. Συνεπώς ό,τι επηρεάζει αρνητικά τις φυσικοχημικές και γεωλογικές παραμέτρους του ιζήματος, έχει άμεση επίδραση σε όλους τους οργανισμούς της βενθικής βιοκοινωνίας. Το ίζημα είναι βασικός παράγοντας μεταφοράς ιχνοστοιχείων στον υδρολογικό κύκλο. Συνεπώς αποτελεί τον αποδέκτη αλλά και την πηγή ιχνοστοιχείων για το υπερκείμενο νερό. Τέλος, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα ιζήματα μπορούν να μας παρέχουν πληροφορίες για την παρούσα αλλά και την ιστορική κατάσταση των φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων της περιοχής μελέτης. Για αυτούς τους λόγους η έρευνα για βαρέα μέταλλα στα ιζήματα κάποιας λεκάνης έχει ουσιαστικό ενδιαφέρον και μπορεί να μας δώσει πληροφορίες για το κατά πόσο η λεκάνη είναι ρυπασμένη και επηρεασμένη από τις ανθρωπογενείς επεμβάσεις ( τα μέταλλα με ανθρωπογενή προέλευση - ρύπανση - δεν είναι σε θέσεις πλέγματος των ορυκτών αλλά είναι προσροφημένα ιδίως στο λεπτόκοκκο κλάσμα και το οργανικό υλικό.).

(\*) Ο διαχωρισμός του μεγέθους των κόκκων έχει ως εξής : ψηφίδες (>2mm), άμμος (2-0,063 mm), πηλός (0,063-0,0042mm), άργιλος (<0,0042mm ή <8Φ -  $\Phi = \log_2 d(\text{mm})$  όπου d η διάμετρος του κόκκου σε χιλιοστά-). Ο πηλός και η άργιλος αποτελούν μαζί το κλάσμα της ιλύος

#### - Σύνδεση των βαρέων μετάλλων με τα ιζήματα

Η τύχη των ιχνημετάλλων που εισέρχονται στην υδάτινη στήλη είναι η εξής : Τα μέταλλα που βρίσκονται σε σωματιδιακή μορφή επικάθονται στον πυθμένα και πολλές φορές παρασύρονται από τα ρεύματα. Τα διαλυμένα μέταλλα ακολουθούν μια από τις ακόλουθες διεργασίες :

#### **Προσρόφηση - ιοντοανταλλαγή**

Με τη διαδικασία της προσρόφησης συσσωρεύονται στα λεπτόκοκκα κυρίως ιζήματα ποσότητες μετάλλων έπειτα από ανταλλαγή κατιόντων. Από την επιφάνεια του κόκκου ελευθερώνονται ιόντα υδρογόνου αλλά και άλλα κατιόντα και ταυτόχρονα προσροφώνται μεταλλικά ιόντα.. Γενικότερα ο όρος προσρόφηση περιλαμβάνει το μηχανισμό συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στη διαχωριστική επιφάνεια υγρού / στερεού. Η προσρόφηση λαμβάνει χώρα περισσότερο στα ιζήματα που περιέχουν υλικά με μεγάλη ειδική επιφάνεια (μονάδα επιφάνειας / μονάδα μάζας ) όπως είναι π.χ τα αργιλικά ορυκτά.

## II. Συγκατακρήμνηση με υδροξειδία σιδήρου ( Fe) και μαγγανίου (Mn).

Τα υδροξειδία Fe και Mn έχουν την ιδιότητα να προσροφούν και να συγκατακρημνίζουν κατιόντα αλλά και ανιόντα. Τέτοια υδροξειδία σχηματίζονται στα σημεία όπου τα ανοξικά βαθύτερα νερά μιας ευτροφικής λεκάνης έρχονται σε επαφή με οξειδωμένα ιζήματα.

## III. Σύνδεση με την οργανική ύλη

Η διαλυμένη οργανική ύλη έχει μεγάλη επίδραση στα βαρέα μέταλλα αφού μπορεί να αυξήσει τη διαλυτότητα τους , να μεταβάλλει την τοξικότητά τους και να ελέγχει την έκταση στην οποία αυτά προσροφώνται από το αιωρούμενο υλικό. Υπάρχουν τρεις τύποι συσχέτισης των βαρέων μετάλλων με την οργανική ύλη :

- Θετική συσχέτιση : τα μέταλλα αντιδρούν με το οργανικό υλικό και καθιζάνουν.
- Μηδενική συσχέτιση : δεν υπάρχει καμία αντίδραση μεταξύ οργανικής ύλης και βαρέων μετάλλων.
- Αρνητική συσχέτιση : αναπτύσσεται ανταγωνιστική σχέση μεταξύ οργανικής ύλης και μετάλλων

## IV. Κατακρήμνηση βαρέων μετάλλων

Η δυναμική ισορροπία μεταξύ της στερεάς μορφής και των ιόντων ενός ηλεκτρολύτη, είναι η εξής :



Όταν η σταθερά αυτής της ισορροπίας ξεπεράσει την τιμή της σταθεράς διαλυτότητας  $K_{sp}$ , τότε " πυροδοτείται " η κατακρήμνηση του στερεού ηλεκτρολύτη.

## 1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΕΝΟΣ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ: ΥΔΑΤΙΝΗ ΣΤΗΛΗ ΚΑΙ ΙΖΗΜΑ.

Με δεδομένο το γεγονός ότι η λεκάνη του Αιτωλικού επικοινωνεί και επηρεάζεται - έστω και περιορισμένα - με τη λιμνοθάλασσα του Μεσολογίου, είναι απαραίτητο να γίνει μια περιγραφή του λιμνοθαλάσσιου οικοσυστήματος. Το λιμνοθαλάσσιο περιβάλλον έχει σαφείς διαφορές από το θαλάσσιο και το διακρίνουν κάποιες ιδιαιτερότητες όσον αφορά την υδάτινη στήλη αλλά και τα ιζήματα που αποτελούν το 'άλφα και το ωμέγα' του οικοσυστήματος. Παρακάτω

παρατίθενται κάποια στοιχεία για τη δημιουργία των λιμνοθαλασσών και τη λειτουργία τους.

- Οι λιμνοθάλασσες είναι συνήθως περιοχές υφάλμυρων υδάτων οι οποίες χωρίζονται από τη θάλασσα με κάποια αναχώματα , νησίδες ή άλλα φράγματα. Συμπληρωματικά θα λέγαμε πως οι λιμνοθαλάσσιες περιοχές είναι κατά κανόνα αβαθείς. Το βάθος τους δηλαδή δεν ξεπερνάει το 1,5 m. Πάντως υπάρχουν εξαιρέσεις όπως π.χ η λεκάνη του Αιτωλικού - που χαρακτηρίζεται ως ατυπική λιμνοθάλασσα - της οποίας το μέγιστο βάθος φτάνει τα 32m.
- Δημιουργία των λιμνοθαλασσών .

Οι λιμνοθάλασσες είναι το μακροχρόνιο αποτέλεσμα της επίδρασης ορισμένων φυσικών φαινομένων – όπως τα κύματα – στην ακτή. Ο μηχανισμός σχηματισμού μιας τυπικής λιμνοθάλασσας είναι ο εξής :

- Αρχικά κάποιος ποταμός τείνει να μεταφέρει και να αποθέσει ποσότητες ιζημάτων στην παράκτια περιοχή. Μάλιστα λόγω της δυναμικής της ροής του ποταμού , τα ιζήματα εναποτίθενται με διεύθυνση κάθετη προς τη διεύθυνση της ακτογραμμής.
- Έπειτα τα κύματα με τη δράση τους τείνουν να κλείσουν τη δημιουργούμενη λιμνοθάλασσα αφού δρουν με διεύθυνση παράλληλη προς την ακτογραμμή και ταυτόχρονα μεταφέρουν και αποθέτουν νέα υλικά.

Έτσι σχηματίζονται με την πάροδο του χρόνου οι «λουρονησίδες» όπως λέγονται , και αποτελούν τις νησίδες (αναχώματα) που χωρίζουν τη λιμνοθάλασσα από τη θάλασσα. Συμπληρωματικά σ'όλα αυτά δρα η παλίρροια η οποία φροντίζει για τη διατήρηση διαύλων επικοινωνίας θάλασσας και λιμνοθάλασσας

Εκτός από τους συνήθεις τρόπους σχηματισμού λιμνοθαλασσών υπάρχουν και πιο σπάνιοι όπως π.χ η βύθιση και ο αποκλεισμός μιας κοιλάδας ποτάμου. Σ'αυτήν την κατηγορία ανήκει η ατυπική λιμνοθάλασσα του Αιτωλικού. Σε τέτοιες λιμνοθάλασσες υπάρχει η τυπική στρωμάτωση μιας λιμνης, δηλαδή μιλάμε για επιλίμνιο, υπολίμνιο κ.τ.λ. Υπάρχουν επίσης και άλλου είδους στρωματώσεις με βάση τις φυσικοχημικές παραμέτρους του νερού (π.χ θερμοκλινές , αλοκλινές ) πράγμα που δεν απαντάται στις τυπικές λιμνοθάλασσες λόγω του πολύ μικρού βάθους.

- **Ιδιαιτερότητες των λιμνοθαλασσών (οργανικό υλικό,ευτροφισμός, ανοξία)**

Οι τυπικές λιμνοθάλασσες λόγω του μικρού τους βάθους αλλά και της αυξημένης πρωτογενούς παραγωγής παρουσιάζουν το λεγόμενο “ευτροφισμό” ο



οποίος αναλύεται καλύτερα παρακάτω και ο οποίος σε βαθύτερες λεκάνες – π.χ Αιτωλικό- έχει καταστρεπτικές συνέπειες για το οικοσύστημα. Τα λιμνοθαλάσσια νερά χαρακτηρίζονται από την περιεκτικότητά τους σε θρεπτικά άλατα. Τα άλατα αυτά έχουν προέλθει από τα εισρέοντα στη λεκάνη ύδατα. Η αύξηση των θρεπτικών αλάτων της υδάτινης στήλης ενισχύεται και από την ανάμειξη των νερών, του μικρού άλλωστε βάθους. Με αυτόν τον τρόπο τα επιφανειακά νερά εμπλουτίζονται με τα θρεπτικά συστατικά των κατώτερων στρωμάτων της στήλης που έρχονται σε επαφή με το ίζημα. Σ' αυτήν την ανάμειξη οφείλεται πολλές φορές η αυξημένη θολερότητα των νερών μιας λιμνοθάλασσας.

Η αύξηση αυτή των θρεπτικών αλάτων στην υδάτινη στήλη οδηγεί σε ταυτόχρονη αύξηση της πρωτογενούς παραγωγής αφού τα μακρόφυτα καθώς και όλοι οι φυτοπλαγκτονικοί οργανισμοί – όπως και οι ζωοπλαγκτονικοί- βρίσκουν "θρεπτικό υπόστρωμα" για να αναπτυχθούν και να πολλαπλασιαστούν. Κάποια στιγμή η αύξηση αυτή του φυτοπλαγκτού είναι υπέρμετρη και τότε τα νερά της λιμνοθάλασσας γίνονται κυριολεκτικά πράσινα ή και καφέ. Αυτά τα περιβάλλοντα χαρακτηρίζονται ως εύτροφα ή ευτροφικά.

Σ'αυτές τις περιπτώσεις αυτονόητο είναι, ότι τα επιφανειακά ιζήματα εμπλουτίζονται με άφθονο οργανικό υλικό, αφού καθημερινά μεγάλες ποσότητες νεκρών οργανισμών επικάθονται στον πυθμένα. Το πρόβλημα που προκαλείται δεν είναι τόσο έντονο στα αβαθή περιβάλλοντα όσο στις βαθιές λεκάνες, στις οποίες δεν είναι εύκολη η ανάμειξη του νερού. Λόγω της αύξησης του φυτοπλαγκτού, η φωτοσύνθεση κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι μεγάλη. Το οξυγόνο διατηρείται τότε σε επίπεδα κορεσμού. Κατά τη διάρκεια όμως της νύχτας, η αναπνοή των φυτών καταναλώνει πολύ μεγάλες ποσότητες οξυγόνου και έτσι στις πρώτες πρωινές ώρες το οξυγόνο της λεκάνης μηδενίζεται οδηγώντας σε ανοξικές συνθήκες.

Συνεπώς, δεν υπάρχει οξυγόνο για να οξειδώσει την οργανική ύλη που καθιζάνει στο ίζημα και έτσι μόνο αναερόβια βακτήρια μπορούν να ζήσουν και να αναπτυχθούν εκεί. Άμεση συνέπεια της ύπαρξης ανοξικών ιζημάτων είναι η δημιουργία υδροθείου και η διάλυσή του στην υδάτινη στήλη. Το ίζημα σ'αυτήν την περίπτωση αποκτά μαύρο χρώμα και χαρακτηριστική οσμή.

Στις αβαθείς περιοχές η ανανέωση των νερών προκαλεί την πιο υγιή λειτουργία του συστήματος. Πάντως και εκεί, τα υποεπιφανειακά ιζήματα παραμένουν ανοξικά.

Το άφθονο οργανικό υλικό που καθιζάνει στις λιμνοθάλασσες, είναι σημαντικός πόλος έλξης για τα βαρέα μέταλλα που πιθανόν εισρέουν σ'αυτές. Σε

περιβάλλοντα μάλιστα όπου η ανάδευση των νερών είναι ελάχιστη , η καθίζηση των βαρέων μετάλλων διευκολύνεται.

• **Άλλες φυσικοχημικές παράμετροι**

Θ - Η θερμοκρασία σε μια τυπική λιμνοθάλασσα έχει έντονες εποχιακές μεταβολές. Λόγω του μικρού τους βάθους , η ηλιακή ακτινοβολία διεισδύει σε όλο το βάθος τους και έτσι η θερμοκρασία κατανέμεται ομοιόμορφα. Τα καλοκαίρια η θερμοκρασία μπορεί να φτάσει σε αρκετά υψηλά επίπεδα κάτι που είναι επικίνδυνο για τους οργανισμούς αφού μειώνεται σημαντικά η διαλυτότητα του οξυγόνου. Η θερμοκρασία μιας λιμνοθάλασσας επηρεάζεται από τη θερμοκρασία της γειτονικής θάλασσας αλλά και το βαθμό ανάμειξης των νερών τους.

S - Αλατότητα: Αν θεωρηθεί η αλατότητα ως ο σπουδαιότερος παράγοντας που ρυθμίζει τη ζωή σε μια λιμνοθάλασσα, διακρίνονται τέσσερις βασικές ζώνες οι οποίες μπορούν να υπάρξουν μόνες τους ή και να συνυπάρξουν σε μια λιμνοθάλασσα ( Remane & Schlieper 1971, Barnes 1980 ).

1. Ζώνη που δέχεται την έντονη επίδραση των γλυκών νερών.

Πρόκειται για την πλέον σταθερή ζώνη ως προς τις διακυμάνσεις της αλατότητας και του υψομετρικού επιπέδου των νερών της. Διακυμάνσεις υπάρχουν μόνο σε περιόδους παρατεταμένης ξηρασίας. Η επίδραση της ζώνης αυτής στην υπόλοιπη λιμνοθάλασσα είναι πάρα πολύ μικρή λόγω της διώρυγας επικοινωνίας της τελευταίας με την θάλασσα.

2. Ζώνη υφάλμυρων υδάτων.

πρόκειται για την περιοχή εκείνη της λιμνοθάλασσας η οποία είναι μεταβατική μεταξύ των γλυκών και των θαλασσινών νερών. Η αλατότητα κυμαίνεται από 5 ως 20ppt. Οι κινήσεις των ρευμάτων και οι διακυμάνσεις της στάθμης είναι ελάχιστες.

3. Αλμυρή ζώνη.

Αυτή βρίσκεται σε συνεχή επαφή με τον δίαυλο επικοινωνίας με την θάλασσα. συνεπώς παρουσιάζει μεγάλες ομοιότητες με τη γειτονική θάλασσα ως προς την αλατότητα και τη στάθμη των νερών της. Οι ετήσιες διακυμάνσεις είναι ελάχιστες, και σχετίζονται με τα επίπεδα της παλίρροιας.

4. Υπεραλώδης ζώνη.

Είναι ζώνη που παρουσιάζεται σε ορισμένες λιμνοθάλασσες οι οποίες εμφανίζουν - είτε εποχιακά είτε μόνιμα - υπεράλμυρα νερά σε βαθμό που τα άλατα να κρυσταλλώνονται στις ακτές και στον πυθμένα. Σε αντίθεση με μια τυπική λιμνοθάλασσα, εδώ υπάρχει επικρατούσα ροή από τη θάλασσα προς τη

λιμνοθάλασσα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι αλυκές του Μεσολογίου, όπου η αλατότητα ξεπερνά κατά πολύ τα 100ppt.

pH - Το pH των λιμνοθλασσών έχει και αυτό σημαντικές διακυμάνσεις. Εξαρτάται από το σύστημα διοξειδίου του άνθρακα ( CO<sub>2</sub> ) στο νερό. Η έντονη φωτοσύνθεση που διεξάγεται την ημέρα οδηγεί σε άνοδο του pH στα επίπεδα του 9 ενώ η αναπνοή κατά τη διάρκεια της νύχτας χαμηλώνει το pH.

Όλες αυτές οι προαναφερθείσες φυσικοχημικές παράμετροι παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη λειτουργία του οικοσυστήματος αφού επιδρούν άμεσα στη ζωή των ψαριών και όλων των υπόλοιπων οργανισμών που ζούν σε μια λιμνοθάλασσα , επηρεάζοντας την παραγωγικότητα του.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ**

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Σε κάθε παράκτιο σύστημα, τα ιζήματα έχουν καίριο ρόλο στις φυσικοχημικές και βιολογικές διεργασίες. Οι διεργασίες αυτές θέτουν την υδάτινη στήλη και το ίζημα σε μια δυναμική και αμφίδρομη σχέση. Την ίδια στιγμή η υδάτινη στήλη αποτελεί τον συνδετικό κρίκο μεταξύ ιζήματος και εξωτερικού περιβάλλοντος (ατμόσφαιρα-χέρσος). Συνεπώς η μελέτη του ιζήματος είναι σημαντικό βήμα για την κατανόηση της συνολικής λειτουργίας των υδάτινων συστημάτων.

Αν και παραμένουν αρκετά αδιευκρίνιστα σημεία, ο ρόλος των ιζημάτων στον κύκλο των θρεπτικών και των μετάλλων έχει κατανοηθεί σε γενικές γραμμές. Τα ιζήματα μπορούν να δρουν ως "αποθήκες" θρεπτικών στοιχείων και μετάλλων, όπως ,και να ελευθερώνουν ,με κάποιους μηχανισμούς ,ένα μέρος απ'αυτά στην υδάτινη στήλη επηρεάζοντας την παραγωγικότητα του αντίστοιχου οικοσυστήματος. Η μελέτη τους στο Αιτωλικό, παρουσιάζει αυξημένο ενδιαφέρον λόγω των ιδιαιτεροτήτων του εν λόγω συστήματος σε σχέση με τα ευρέως μελετούμενα περιβάλλοντα εστούρας και τυπικών λιμνοθαλασσών.

### **2.1 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΗΣ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΝΕΣΗΣ & ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ**

#### **ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ**

##### **Γενικά**

Τα ιζήματα των υδάτινων περιβαλλόντων που γειτνιάζουν άμεσα με την χέρσο καλούνται παράκτια. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η μεγάλη κατα κανόνα ποικιλία των φυσικών ,χημικών και βιολογικών συνθηκών τους σε σύγκριση μ'αυτές που επικρατούν στα ιζήματα της ανοιχτής θάλασσας. Κάθε όμως παράκτιο ίζημα είναι μοναδικό και διαμορφώνεται από τις ιδιαίτερες κλιματικές, γεωλογικές και ωκεανογραφικές συνθήκες του αντίστοιχου παράκτιου περιβάλλοντος. Από τη μελέτη του πρόσφατου ιζήματος (είναι αυτό που έχει σχηματιστεί στον πρόσφατο γεωλογικό χρόνο ,το επιφανειακό) είναι δυνατό να αναγνωριστούν οι πηγές και οι οδοί μεταφοράς του. Οι σημαντικότεροι παράγοντες που ελέγχουν τις συνθήκες απόθεσης των ιζημάτων είναι : α) ο ρυθμός εισροής υλικών β) ο ρυθμός μεταβολής της στάθμης της θάλασσας γ) η ένταση και επικράτηση των τοπικών κινήσεων του νερού δ) οι πηγές προσφοράς ε) το μέγεθος των σωματιδίων και ειδικότερα για τα

αργιλικά ορυκτά και οι διαδικασίες κροκίδωσης. Τα κυριότερα συστατικά μέρη των ιζημάτων είναι :

1. Τα *αποσαθρωτικά* (detrital) : προέρχονται απο θραύσματα πετρωμάτων και ορυκτών και μέταλλα που μεταφέρονται απο την χέρσο με το νερό ( ποτάμια , ρυάκια ,βροχή κλπ) και τον άνεμο ή απο την διάβρωση του ίδιου του πυθμένα και της γειτονικής χέρσου (κυμματική δράση ,ρεύματα).

2. Τα *αυθιγενή* (authigenic) : είναι τα ανόργανα κατακρημνισμένα υλικά διαφόρων τύπων.

3. Τα *βιογενή* (biogenic) : προκύπτει απο ανόργανα σκελετικά υπολείματα υδρόβιων οργανισμών ή απο διασκορπισμένο οργανικό υλικό λόγω της αποικοδόμησης οργανικών ιστών και γενικότερα της οργανικής ύλης.

<sup>1</sup>Σημαντικό ρόλο στην ιζηματογένεση έχει η συμπεριφορά των αιωρούμενων στερεών στο νερό. Αυτή ορίζεται απο τους φυσικούς νόμους που καθορίζουν την κίνηση και την απόθεση των σωματιδίων (Krumbein & Sloss 1963).Οι νόμοι αυτοί έχουν να κάνουν με το μέγεθος ,την πυκνότητα και το σχήμα των στερεών που μεταφέρονται. Τα πιο πάνω χαρακτηριστικά των κόκκων εξαρτώνται με τη σειρά τους απο την γεωλογική προέλευση και την επίδραση του νερού και του αέρα. Η κοκκομετρική σύνθεση των ιζημάτων ,σε μεγάλο βαθμό ,είναι απόρροια των παραπάνω (υπάρχει βέβαια και η βιογενής επίδραση) και έχει μεγάλη σημασία για τις ιδιότητές τους. Πολλοί ερευνητές (Walling & Moorehead 1989) υπογραμμίζουν πως για να γίνει κατανοητός ο ρόλος των ιζημάτων σε διεργασίες που ακολουθούν την απόθεσή τους,όπως η ανταλλαγή θρεπτικών και μετάλλων με την υδάτινη στήλη ,πρέπει να μελετηθεί η σύνθεση των μεγεθών των κόκκων και η διακύμανσή της στον χώρο και τον χρόνο. Για παράδειγμα μικροί κόκκοι ( < 2μm ) απο δευτερεύοντα πυριτικά υλικά θα έχουν πολλές φορές μεγαλύτερη ικανότητα πρόσληψης - ανταλλαγής θρεπτικών και ιχνημετάλλων ( cation exchange ) απο τους μεγαλύτερους κόκκους του χαλαζία (SiO<sub>2</sub>) ,λόγω της μικρότερής τους επιφάνειας ανα μονάδα όγκου.

## 2.2 ΣΧΕΣΗ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ.

Γενικά ,η κατανομή μεγεθών των κόκκων στο αιωρούμενο φορτίο ιζήματος ,εξαρτάται σημαντικά απο την γεωλογία της λεκάνης απορροής (χέρσος) και



κατ'επέκταση και του πυθμένα. Ένα παράδειγμα που δείχνει ακριβώς αυτή τη διαπίστωση είναι το εξής : Στην λεκάνη απορροής των ποταμών Huanghe (Κίνα) και Limpopo(Μοκαμβίκη) επικρατεί χονδρόκοκκο υλικό και έτσι το φορτίο ιζήματος αποτελείται απο κόκκους άνω των 60μm. Αυτό έχει αντίκτυπο και στη σύνθεση του ιζήματος στην παράκτια περιοχή των εκβολών τους. Αντίθετα στην λεκάνη του ποταμού Barwon (Αυστραλία) κυριαρχεί ο πηλός και υπάρχει μεγάλη διάβρωση λόγω των έντονων καιρικών συνθηκών. Έτσι το φορτίο ιζήματος που μεταφέρει έχει μέσο μέγεθος κόκκων κάτω των 2μm.

Αν μιλήσουμε τώρα για μεγαλύτερους υδροτόπους εστούρας όπως τα δέλτα του Νείλου και του Κίρινου ποταμού ,οι μεγαλύτεροι μεγέθους κόκκοι αποτίθενται στα κανάλια των ποταμών πριν φτάσουν στις εκβολές. Γι'αυτό στον Νείλο ,ενώ στο ύψος του Καΐρου το μέσο μέγεθος των κόκκων είναι <2μm ,σε απόσταση 1000 km προς τις πηγές αυξάνεται στα 5-10μm. Γίνεται δηλαδή μια επιλεκτική απόθεση λόγω της διαφορετικής συμπεριφοράς του υλικού ανάλογα με το μέγεθός του. Συνεπώς το ίζημα, μόνο μιας περιοχής ενός συστήματος, δεν αντιπροσωπεύει πάντα την γεωλογία ολόκληρης της λεκάνης απορροής.

Για το λεπτόκοκκο τώρα , πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι τα αργιλικά υλικά έχουν την ιδιότητα να συνενώνονται σχηματίζοντας μεγαλύτερους κόκκους . Μ'αυτό τον τρόπο μπορούν να υποστούν επιλεκτική απόθεση (selective deposition) πριν φτάσουν στον τελικό υδάτινο αποδέκτη ή γενικότερα να έχουν την τύχη των αδρομερών υλικών. Συγκεκριμένα πηλός και άργιλος σχηματίζουν συσσωματώματα 2-63μm. Αυτά με τη σειρά τους ενώνονται με κόκκους άμμου και δίνουν ακόμη μεγαλύτερα (> 63 μm ) έχοντας και μεγαλύτερες ταχύτητες απόθεσης.

Η αύξηση της αλατότητας στο νερό εντείνει τις παραπάνω ιδιότητες. Η κροκίδωση των αργίλων όπως και άλλα φαινόμενα (π.χ η ιοντοανταλλαγή) συμβαίνουν όταν ένας χαμηλής αλατότητας υδάτινος τύπος (παροχή γλυκού νερού απο ποτάμια ,χειμάρους,αντλιοστάσια κ.λ.π)έρχεται σε επαφή με έναν θαλασσινό υδάτινο τύπο και είναι σημαντικοί παράγοντες στην πρώιμη καθίζηση των αργιλικών ορυκτών (Περισοράτης,Κονισπολιάτης Μελέτη Μαλιακού 1997 - Whitehouse 1960).

### **2.3 ΣΧΕΣΗ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΟΚΚΩΝ ΚΑΙ ΤΗ ΡΟΗ.**

Η διάβρωση του εδάφους απ'το νερό (slope erosion) μπορεί να είναι ένα φαινόμενο εποχιακό ,εξαρτώμενο και απο την περίοδο των βροχοπτώσεων που επικρατούν σε κάθε περιοχή. Μια εποχιακή αύξηση της βροχόπτωσης σε μια λεκάνη απορροής ( τα εδάφη έχουν κλίση προς έναν τελικό υδάτινο αποδέκτη )

έχει ως αποτέλεσμα να παρασύρονται πιο εύκολα τα λεπτότερα υλικά πάνω από τα βαρύτερα και πιο αδρομερή. Παρακάτω αναφέρονται μερικές γενικές αρχές πάνω στο θέμα αυτής της παραγράφου.

1. Η φύση του αιωρούμενου υλικού, εκτός των άλλων, βασίζεται και σε δυο ειδών περιορισμούς : α) Τους υδρολογικούς περιορισμούς, όταν υπάρχει μια σχετική έλλειψη νερού να μεταφέρει τους κόκκους του εδάφους. β) Τους γεωλογικούς περιορισμούς, όταν οι μετακινούμενοι κόκκοι του εδάφους είναι πολύ λίγοι σε σχέση με το διαθέσιμο νερό που τους μεταφέρει. Το Αιτωλικό εμπίπτει μόνο σε υδρολογικούς περιορισμούς (εποχικότητα βροχοπτώσεων).

2. Το απόλυτο μέγεθος του κάθε μεμονομένου κόκκου που μεταφέρεται, είναι λιγότερης σημασίας από το μέγεθος των συσσωμάτων που σχηματίζει (effective size) και σ' αυτό παίζει ρόλο και η αλατότητα του νερού που είναι μέσο μεταφοράς.

#### 2.4 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕΓΕΘΩΝ ΤΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Τα παράκτια περιβάλλοντα ποικίλουν πάρα πολύ ως προς την δυναμικότητά τους, ποιοτικά και ποσοτικά. Πιο κάτω αναφέρονται ορισμένες γενικές διαπιστώσεις (κατά Sly 1982 κ.α) για τα δυναμικά περιβάλλοντα εστούρας όπου οι μηχανισμοί μεταφοράς μπορούν να αναπτύξουν ταχύτητες ροής πάνω από 75cm/sec φτάνοντας τα 650cm/sec στον κόλπο Fundy (Σκωτία).

1. Μια καλά διακριτή αλλαγή στη σχέση μέσου μεγέθους κόκκων - βάθους νερού, συνδέεται με το βάθος που επιδρά αποτελεσματικά το κύμα πάνω στο ίζημα. Στην περιοχή που υπάρχει κυματική δράση ευνοείται η παραμονή των αδρομερέστερων υλικών.
2. Υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στο ρυθμό απόθεσης των λεπτών κόκκων στην παράκτια ζώνη και στο ρυθμό μείωσης της ενέργειας εκεί (δράση κυμάτων, ρεύματα). Περιοχή με μειωμένα επίπεδα ενέργειας → αυξημένη παρουσία του λεπτόκοκκου υλικού. Η στασιμότητα στην υδάτινη στήλη ευνοεί την καταβύθιση του αιωρούμενου υλικού που ως επί το πλείστον ανήκει στο λεπτόκοκκο μέρος. Το λεπτόκοκκο μέρος έχει μεταφερθεί από περιοχές με υψηλή υδροδυναμική ενέργεια.
3. Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του ρυθμού απόθεσης των πολύ λεπτών κόκκων και του πόσο συχνά τα νερά είναι ήρεμα (συνάρτηση με μετεωρολογία-υδρολογία-γεωγραφία της περιοχής).
4. Η παλίρροια επιδρά πάνω στη σχέση μεταξύ χονδροκόκκου υλικού και βάθους νερού, και μπορεί να αποτελέσει μια εξήγηση για την παρουσία του αδρομερούς

κλάσματος σε μεγάλα βάθη όπου η δράση των κυμάτων είναι ασήμαντη έως μηδαμινή.

Γενικά παρατηρείται μια ευδιάκριτη διαλογή μεγεθών του φορτίου που εισέρχεται από το ποτάμι προς τον τελικό υδάτινο αποδέκτη, με τα αδρομερέστερα υλικά να αποτίθενται κοντά στην ακτή και τα λεπτότερα σε μεγαλύτερα βάθη (net effect). Άλλες φορές πάλι οι μηχανισμοί μετακίνησης (παλίρροια, ρεύματα, ανεμογενή κύματα, κλίση εδάφους - βαρυτικές δυνάμεις κ.α) σε συνδυασμό με μεγάλες ποσότητες φερτού υλικού, επιτρέπουν πιο "ανώμαλες" συγκεντρώσεις λεπτόκοκκου υλικού (πχ έντονη παρουσία λεπτόκοκκου υλικού στην ακτή στο Mersey River -U.K- όπου η πυκνότητα του υλικού που μεταφέρει το ποτάμι είναι  $>2.000\text{mg/L}$ ). Βαθύτερα όμως η κατανομή ακολουθεί το - net effect - όπως αυτό περιγράφηκε πιο πάνω. Ακόμη, η βιοαναμόχλευση και η διαδικασία βιοφιλτραρίσματος από διάφορους βενθικούς οργανισμούς αυξάνει την παρουσία λεπτόκοκκου υλικού στο ίζημα.

Μια άλλη ιδιαίτερη περίπτωση είναι η κάθετη μεταφορά αιωρούμενου ιζήματος. Αυτό μπορεί να συμβεί κατά τον παλιρροιακό κύκλο, κοντά στην ακτή, με καθοδικά ρεύματα (downwelling) κατά την άμπωτη και ανοδικά (upwelling) κατά την πλημμυρίδα. Στη διάρκεια των καθοδικών ρευμάτων παρατηρείται μείωση της συγκέντρωσης των λεπτόκοκκων υλικών ( $<15\mu\text{m}$ ) στην υδάτινη στήλη και αύξηση της αποθέσής τους στο ίζημα, ενώ το αντίστροφο συμβαίνει με τ'ανοδικά ρεύματα που προκαλούν θολερότητα (turbidity) λόγω της ανόδου του υλικού προς τα επάνω και τη δημιουργία στροβίλων. Αν όμως στην υδάτινη στήλη υπάρχει στρωμάτωση λόγω διαφορετικής αλατότητας, τα πράγματα γίνονται λίγο διαφορετικά. Σ'ένα περιβάλλον εστουάρας για παράδειγμα τα αιωρούμενα υλικά των επιφανειακών ελαφρύτερων (λιγότερη αλατότητα) νερών δέχονται την μεγαλύτερη επίδραση των κάθετων ρευμάτων ενώ η επίδραση αυτή μειώνεται με το βάθος, όσο το νερό γίνεται πυκνότερο και πιο σταθερό. Εκεί λοιπόν στα βαθύτερα στρώματα θα επικρατεί η - net deposition (βλ. net effect) - Στην περιοχή του Αιτωλικού το φαινόμενο αυτό αναπτύσσεται στην βόρεια περιοχή του Πόρου και κοντά στον δίαυλο, εκεί που τα υφάλμυρα νερά του Αιτωλικού αναμειγνύονται με τα πιο αλμυρά της λιμνοθάλασσας. Τέλος ο Nakata (1989) μελέτησε την εστουάρα του ποταμού Yoshii στην Ιαπωνία και βρήκε πως για τους αδρομερέστερους κόκκους ( $>15\mu\text{m}$ ) επικρατεί η - net deposition - , σύμφωνα με τον νόμο του Stoke, καθ'όλη τη διάρκεια του παλιρροιακού κύκλου αλλά μόνο για την περιοχή της εστουάρας προς την θάλασσα, εκεί δηλ. που η επίδραση των κάθετων ρευμάτων είναι

περιορισμένη. Τα κάθετα λοιπόν ρεύματα επιδρούν περισσότερο επι των λεπτόκοκκων υλικών και σε ρηχότερες παράκτιες περιοχές.

Η εποχικότητα είναι άλλος ένας παράγοντας που επηρεάζει την δυναμικότητα των παράκτιων περιβαλλόντων. Έτσι στην εύκρατη ζώνη για παράδειγμα ,οι ιδιαίτερες συνθήκες του χειμώνα (αυξημένες βροχοπτώσεις ,εντάσεις ανέμων) ενισχύουν τα φορτία χερσαίου ανόργανου ιζήματος και το βαθμό συσσωμάτωσης των κόκκων ( =>αναπτύσσεται γρηγορότερη απόθεση). Το καλοκαίρι η προσφορά σε ανόργανα υλικά ελαχιστοποιείται και ενισχύονται τα οργανικά. Αυτό έχει ευρύτερες επιπτώσεις στις πελαγικές και βενθικές βιοκοινωνίες. Σε μια εποχή που η ηλιοφάνεια είναι μέγιστη - το καλοκαίρι - η μείωση της εισροής θρεπτικών αποτρέπει την περαιτέρω ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού η οποία έχει ήδη ξεκινήσει απο τις αρχές της άνοιξης. Το γεγονός αυτό έχει αλυσιδωτές επιδράσεις πάνω στις υπόλοιπες βιοκοινωνίες (Sly 1989).

Πιο μακροπρόθεσμες αλλαγές στη φύση και την σύνθεση των αποτιθέμενων υλικών ,μπορεί να οφείλονται σε ανθρωπογενείς διαταράξεις στον κύκλο του νερού ή στα υλικά των λεκανών απορροής αλλά και σε γενικότερες αλλαγές στο περιβάλλον όπως η άνοδος της στάθμης της θάλασσας.

## **2.5 Η ΕΠΑΝΑΙΩΡΙΣΗ ΤΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΣΤΑ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ.**

Τα παράκτια περιβάλλοντα είναι δυναμικά και εκεί συμβαίνουν πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις ,στο χώρο και τον χρόνο ,μεταξύ των βιοχημικών και των φυσικών ιδιοτήτων τους. Όλες αυτές οι διεργασίες μεταξύ των άλλων σχετίζονται και με την επαναιώρηση ,την εκ νέου δηλαδή μεταφορά του ιζήματος στην υδάτινη στήλη ως αιωρούμενο υλικό. Στην επαναιώρηση των ιζημάτων σημαντικό ρόλο έχει η κοκκομετρική σύνθεση , η ορυκτολογία , οι φυσικοχημικές ιδιότητες του περιβάλλοντος ρευστού , η παρουσία βιογενούς υλικού και ο ολικός βαθμός συνεκτικότητας.

Η επαναιώρηση παίζει πρωταρχικό ρόλο στον καθορισμό της αφθονίας και της σύνθεσης των ειδών (χλωρίδα και πανίδα) και αυτά με τη σειρά τους επηρεάζουν τον βαθμό εμφάνισής της : Ως γνωστόν η εισροή θρεπτικών (N ,P κ.α) μαζί με άλλα ανόργανα υλικά απο τις χερσαίες πηγές ,τροφοδοτούν την πρωτογενή παραγωγή κι αυτή την δευτερογενή στην οποία συγκαταλέγεται και το ζωοβένθος.

Οι βενθικοί ηθμοφάγοι και ιζηματοφάγοι οργανισμοί όχι μόνο συγκεντρώνουν και φτιάχνουν λεπτόκοκκα ιζήματα αλλά και αναταράζουν τον πυθμένα (βιοαναμόχλευση) αυξάνοντας έτσι την διάβρωση των επιφανειακών

ιζημάτων. Το επαναιωρούμενο υλικό που προκύπτει μπορεί να έχει και οργανικό μέρος. Το τελευταίο εβρισκόμενο προηγουμένως στο ίζημα μπορεί να έχει προσροφήσει απ'αυτό Mn και Fe σε μορφή ιόντων. Τα στοιχεία αυτά ερχόμενα σε επαφή με το υπερκείμενο νερό επαναοξειδώνονται και με την μορφή οξειδίων πάλι πέφτουν στο ίζημα κατακρημνίζοντας όμως μαζί τους (προσροφόνται στα οξειδία) θρεπτικά και μέταλλα ,κυρίως τα : Co ,Zn ,Cu κ.α.(εδώ φαίνεται και ο ρόλος της επαναιώρησης και των αιπιών της στην κατακρήμνηση των βαρέων μετάλλων).

Όσον αφορά τον ρόλο των βενθικών μακροφύτων στην επαναιώρηση ,αυτός δεν έχει μελετηθεί επαρκώς. Ενδεχομένως αυτοί οι οργανισμοί καταστέλλουν την αιώρηση του ιζήματος και το συγκρατούν όπως κάνουν και στα ποτάμια. Αντίθετα ο περιορισμός των βενθικών αγγειόσπερμων λόγω του ευτροφισμού θα μπορούσε να οδηγήσει σε αυξημένους ρυθμούς επαναιώρησης.(Thornton ,McComb ,Ryding 1994).

Άλλοι παράγοντες που συμβάλλουν στην επαναιώρηση είναι οι παλίρροιες,οι ροές ποταμών και οι ναυσιπλοϊκές δραστηριότητες. Αυτά όπως και η βιοαναμόχλευση , σε ορισμένα συστήματα μπορεί να γίνουν οι κυρίαρχες δράσεις επαναιώρησης.

Πέρα όμως των εξαιρέσεων ,η επαναιώρηση είναι μια φυσική διαδικασία που σχετίζεται κυρίως με την μεταφορά της ενέργειας των ανέμων στην επιφάνεια του νερού και άρα την ανεμογενή κυμματική δράση. Στην εστουάρα του Peel - Harvey η ανεμογενής επαναιώρηση είναι υπεύθυνη για το 70-90 % της κυκλοφορίας του ιζήματος. Το net result αυτής της επαναιώρησης είναι μια μεταφορά και επακατανομή των ιζημάτων ,μ'ένα τέτοιο τρόπο που τα λεπτότερα υλικά μεταφέρονται προς την ακτή και τα αδρομερέστερα προς την θάλασσα. Η ικανότητα των ρευμάτων για επαναιώρηση μετριέται με τον υπολογισμό της διατμητικής τάσης ( $\tau_0$ ) αυτών . Η  $\tau_0$  ( $= C_D \rho U_z^2$  dyn/cm<sup>2</sup>) είναι ανάλογη του τετραγώνου της ταχύτητας του ρεύματος που δρα σε συγκεκριμένη απόσταση απο τον πυθμένα , της πυκνότητας του νερού ( $\rho$ ) , και ενός συντελεστή ( $C_D$ ) που εξαρτάται απο το είδος της ροής , και κυρίως απο την ιζηματολογία και μορφολογία του πυθμένα. Οι τιμές που υπολογίζονται συγκρίνονται με κρίσιμες τιμές (αυτές για τις οποίες αρχίζει η επαναιώρηση ανάλογου τύπου ιζήματος μ'αυτόν που ερευνάται) που έχουν υπολογιστεί πειραματικά.

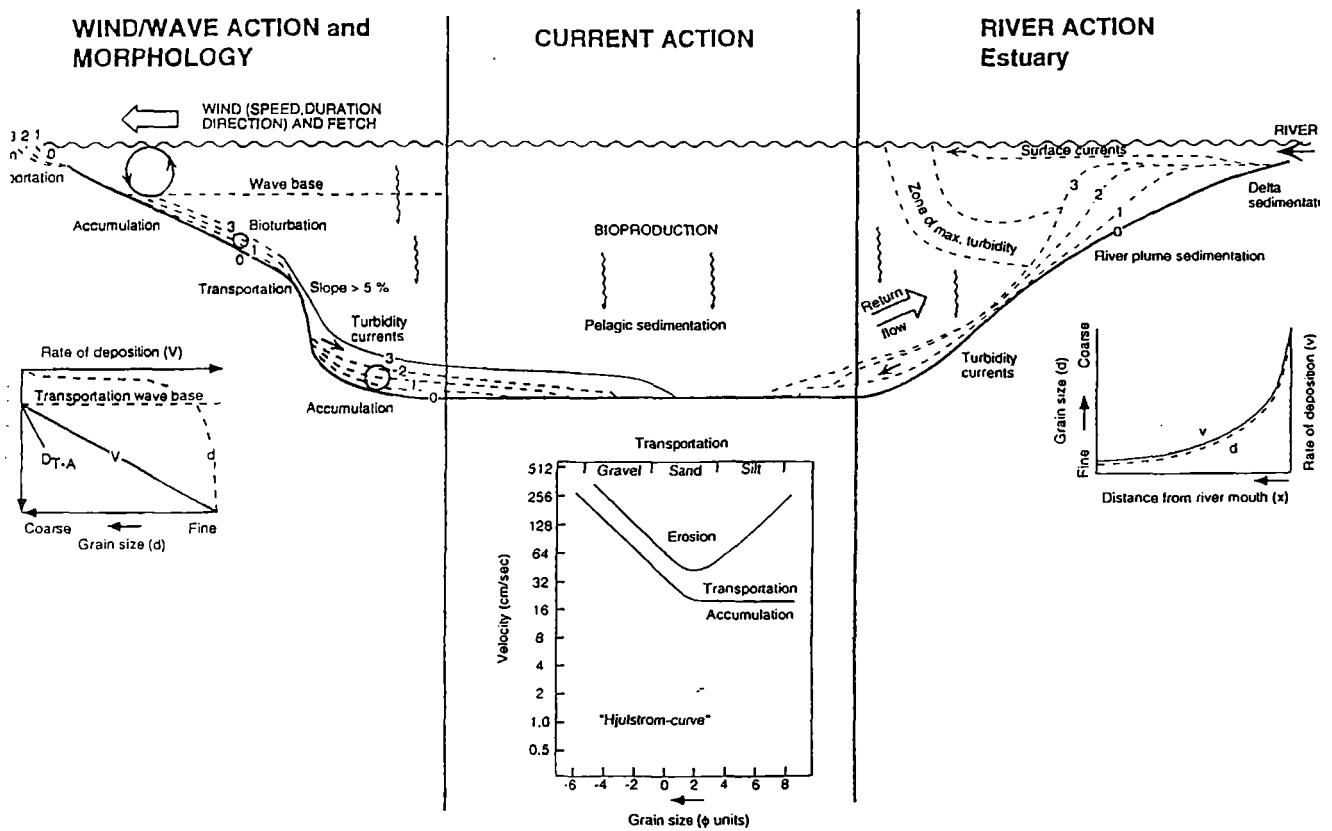
Ο ρόλος της αργίλου στην επαναιώρηση είναι πολύ σημαντικός λόγω των συνεκτικών της ιδιοτήτων (ελάτωση του πορώδους του ιζήματος - Hsu et al 1993-) . Οι Dyer (1986) και Raudkivi (1990) ισχυρίζονται ότι όταν τα αργιλικά ορυκτά υπάρχουν σε ποσοστά >10% τότε μπορούν να ελέγξουν πλήρως τις ιδιότητες μιας



ιζηματογενούς απόθεσης. Πράγματι σε συνάρτηση με τα παραπάνω οι Ι. Παναγιωτόπουλος & Γ. Βούλγαρης (1997) διαπίστωσαν ότι για ποσότητες αργίλου >11-14 % παρατηρείται μια έντονη γραμμική αύξηση της αντίστασης των αποθέσεων στη διάβρωση.

Ένα άλλο αξιόλογο φαινόμενο είναι το εξής: με το χρόνο πολλά ιζήματα συγκεντρώνονται σε τέτοιο βαθμό που τελικά "γλιστρούν" σε βαθύτερα μέρη πιο μακριά απ' την ακτή λόγω των ρευμάτων ή και των βαρυτικών δυνάμεων. Βέβαια αυτή η διαδικασία (που ορίζεται μέσα στο γεωλογικό χρόνο γιατί είναι μακροχρόνια) δεν αποτελεί επαναιώρηση με την αυστηρή έννοια του όρου, όμως βοηθά να κατανοήσουμε την μεταφορά χερσαίων υλικών σε μεγαλύτερα βάθη, ιδιαίτερα σε περιβάλλοντα εστούαρς, που θα'ταν αδύνατο να εξηγηθεί με πιο βραχυχρόνιους τρόπους. Οι Jouanneau & Latouche 1982, βρήκαν μεγάλες κατακλίσεις (π.χ >2000 m<sup>3</sup> /sec στο Gironde Estuary) που δίνουν σημαντικές ποσότητες λεπτόκοκκου ιζήματος έξω απ' την περιοχή της εστούαρς προς την θάλασσα. Στα φαινόμενα βαρυτικών διεργασιών μεταφοράς ιζημάτων εκτός από την φύση του ιζήματος μεγάλο ρόλο παίζουν και οι δυναμικές σηνθήκες της περιοχής (ρεύματα, ανάπτυξη ρηγμάτων & μεγάλων κλίσεων >5%, σεισμική δραστηριότητα). Η μελέτη τέτοιων φαινομένων γίνεται με όργανα φυσικής διασκόπησης του πυθμένα (ηχοβολιστές πλευρικής σάρωσης, τομογράφοι υποδομής πυθμένα, βυθόμετρα) και με μεθόδους υπολογισμού της ευστάθειας των ιζημάτων που προϋποθέτουν την συλλογή πυρήνων ιζήματος με σκοπό την μελέτη της κατακόρυφης κατανομής των γεωτεχνικών ιδιοτήτων τους αλλά και τον συνυπολογισμό των επικρατούντων δυναμικών συνθηκών. (Παπαθεοδώρου, Χασιώτης, Φερεντίνος, Λυμπέρης-Στενό της Ζακύνθου & Κορινθιακός Κόλπος- 1997).

Στο **σχήμα 2.1** φαίνεται η διαγραμματική αναπαράσταση των κυριώτερων υδροδυναμικών και ιζηματολογικών διαδικασιών που συμβαίνουν σε εστούαρς και παράκτιες περιοχές με μικρή παλλιροιακή δράση (κατά Hakanson & Sly 1986).



2.1 Diagrammatic representation of the major hydrodynamic and sedimentological processes operating in an estuarine and coastal area with a small tidal range. (From Hakanson, L., in *Sediments and Water Interactions*, Sly, P. G., Ed., Springer-Verlag, New York, 1986, 40. With permission.)

## Δ. ΟΡΓΑΝΙΚΑ &amp; ΒΙΟΓΕΝΗ ΙΖΗΜΑΤΑ.

Το Αιτωλικό ανήκει όπως έχει ήδη αναφερθεί, στις περιοχές εκείνες με περιορισμένη εναλλαγή και κυκλοφορία νερών. Τέτοιες περιοχές είναι και η Μάυρη Θάλασσα ή τα Νορβηγικά φιορδ που έχουν μελετηθεί από πολλούς ερευνητές. Το μεγαλύτερο ποσοστό του οργανικού υλικού των ιζημάτων αυτών των περιοχών προέρχεται από το πλαγκτόν. Δεν αποκλείεται βέβαια και η χερσογενή προέλευση, αυτή όμως έχει πιο πολύ τοπικό χαρακτήρα. Οι ρυθμοί συσσώρευσης και απόθεσης χαρακτηρίζονται υψηλοί - βλ **πίνακα 1.2** ---πηγή :Ραβασόπουλος.Γ.- Βαϊτσας.Γ. Πτυχιακή Τ.Ε.Ι Μεσολογγίου- με αποτέλεσμα την δημιουργία ανοξικών συνθηκών μέσα στο ίζημα.

Περιοχή	Ρυθμός συσσώρευσης οργ. υλικού (mm/yr)	Οργανικός άνθρακας (wt. %)	CaCO <sub>3</sub> (wt. %)
Λεκάνη Santa Barbara	1.14	3.20	10.5
Λεκάνη Santa Catalina	0.29	5.00	12.8
Κόλπος της Καλιφόρνια, λεκάνη Guayamas	2.73	2.91	2.90
Κόλπος της Καλιφόρνια (δυτική ηπειρωτική κατωφέρεια)	0.60	6.55	11.6
Ν.Δ. Αφρικανικό υφαλόρριο	0.27	22.3	15.4

Πηγή: Calvert, 1976.

**Πίνακας 2.1** : Ρυθμοί συσσώρευσης και περιεχόμενα οργανικού άνθρακα σε μερικά παράκτια ιζήματα.

Τα οργανικά ιζήματα μπορεί να συνοδεύονται από σημαντικές ποσότητες βιογενούς πυριτίου (σκελετικά στοιχεία από τα διάτομα). Τα ιλυούχα πλούσια σε διάτομα ιζήματα (γη διατόμων) εμπλουτίζονται περισσότερο από τα ιχνοστοιχεία Cu, Mo, Ni, U & Zn. Μια τυπική τους σύνθεση φαίνεται στα ιζήματα του κόλπου Walvis -**πίνακας 2.2**--πηγή :Ραβασόπουλος.Γ.- Βαϊτσας.Γ Πτυχιακή Τ.Ε.Ι Μεσολογγίου- Παρατηρείται η υψηλή αναλογία των πυριτικών (βιογενές πυρίτιο) και MnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ως αποτέλεσμα της οξειδιακής επικάλυψης των αργιλικών (βλ σχετικό κεφάλαιο περι μετάλλων). Το ανθρακικό ασβέστιο μπορεί επίσης να έχει ισχυρή παρουσία με την μορφή ασβεστιτικών σκελετικών στοιχείων οργανισμών.

Στοιχεία <sup>a</sup>	Αργίλος με παρουσία διατόμων	Ασβεστιτικά	Άμμος
SiO <sub>2</sub>	51.23	9.2	65.6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.92	2.24	4.74
TiO <sub>2</sub>	0.23	0.12	0.3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>b</sup>	1.62	1.13	1.44
CaO	7.26	43.4	9.6
MgO	1.33	0.68	0.88
K <sub>2</sub> O	0.71	0.48	1.36
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.59	1.08	0.54
S	1.59	0.5	0.37
CO <sub>2</sub>	3.77	31.5	5.4
C <sub>org</sub>	9.35	4.6	1.9
Ba	198	285	279
Cu	68	37	20
Mo	53	5	15
Ni	108	62	37
Pb	12	7	12
Rb	49	30	62
Sr	523	1082	363
U	41	10	7
Y	23	28	27
Zn	68	38	29
Zr	78	52	186

a: Οξειδία κύριων στοιχείων ως % του βάρους, ιχνοστοιχεία σε ppm. Οι αναλύσεις έγιναν με φασματοσκόπηση ακτίνων X (X-ray fluorescence spectroscopy) και αερομετρικές μεθόδους (gasometric methods) (C και CO<sub>2</sub>).

b: Ολικός Fe ως Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Πηγή: Calvert, 1976.

Πίνακας 2.2 : Χημική σύνθεση των ιζημάτων της ΝΔ Αφρικανικής κρηπίδας (κόλπος Walvis).

Ως αποτέλεσμα του εμπλουτισμού τους σε οργανικό υλικό, τα εν λόγω ιζήματα παρουσιάζουν τα εξής χαρακτηριστικά :

1. Ανοξικές συνθήκες κάτω απο το επιφανειακό οξειδωτικό στρώμα. Άλλες φορές πάλι οι ανοξικές συνθήκες επεκτείνονται και στο επιφανειακό στρώμα και στην υπερκείμενη υδάτινη στήλη. Π.χ λεκάνη Αιτωλικού.
2. Υπάρχει αντίδραση μεταξύ μεταλλικών ιόντων και οργανικής ύλης που οδηγεί σε μια νέα μορφή που καθιζάνει αμέσως ή προσροφάται απο τα ιζήματα. Γ'αυτό συγκεκριμένα μέταλλα (Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, U, V Pb & Zn) παρουσιάζουν μ'αυτά τα ιζήματα θετική συσχέτιση ενώ άλλα ουδέτερη ή και αρνητική (όταν αναπτύσσεται

Μεταλλικά στοιχεία	Ν.Α. Αφρική <sup>a</sup>	Saanich Inlet (British Columbia) <sup>b</sup>	Κόλπος της Καλιφόρνια <sup>c</sup>	Οχοτσικκή θάλασσα <sup>d</sup>	Mljet (Αδριατική) <sup>e</sup>	Μαύρη θάλασσα <sup>f</sup>
Ba	198	—	270	—	—	—
Co	—	7	—	4	5	12
Cr	—	54	42	30	50	84
Cu	68	45	64	33	—	30
Mo	53	26	—	1	23	33
Ni	108	26	146	30	46	67
Pb	12	—	51	—	—	24
Rb	49	—	—	—	—	—
Sr	523	—	233	—	—	—
U	41	—	—	—	—	15
V	—	66	95	71	152	98
Y	23	21	—	—	—	—
Zn	68	71	—	—	—	147
Zr	78	76	—	—	—	82

a: Οι αναλύσεις έγιναν με φασματοσκόπηση ακτίνων Χ. Στα δεδομένα δε λαμβάνονται υπόψη τα άλατα τα μετάλλων (Calvert S.E. & Price N.B., In: Calvert, 1976).

b: Οι αναλύσεις έγιναν με φασματοσκόπηση (Gross, 1967).

c: Οι αναλύσεις έγιναν με φασματοσκόπηση (Calvert S.E., In: Calvert, 1976).

d: Οι μέθοδοι ανάλυσης δεν αναφέρονται (Strakhov & Nesterova, 1968)

e: Οι αναλύσεις έγιναν με φασματοσκόπηση (Seibold et al., 1958).

f: Οι μέθοδοι ανάλυσης δεν αναφέρονται (Glagoleva, 1961; Kochenov et al., 1965; Pilipchuk & Volkov, 196 Belova, 1970; Glagoleva, 1970; Lubchenko, 1970).

Πίνακας 2.3 Συγκεντρώσεις ιχνημετάλλων σε λεπτόκοκκα οργανικά ιζήματα (ppm).

3. Ο ρόλος των οξειδίων Fe και Mn ως προσροφητές βαρέων μετάλλων υποσκιαζεται απο την αντίστοιχη δράση των χουμικών οξέων.(αυτό αφορά και την παρουσία του οργανικού υλικού στην υδάτινη στήλη).

4. Υπάρχει εμπλουτισμός συγκεκριμένων μετάλλων σε ιζήματα που συνίστανται από σκελετικά μέρη οργανισμών.

5. Τέλος τα οργανικά ιζήματα σχετίζονται αρνητικά με το αδρόκοκκο μέρος γιατί το τελευταίο αναπτύσσεται σε περιοχές υψηλής ενέργειας (έντονη κυκλοφορία , εναλλαγή νερού) απ'τις οποίες το οργανικό υλικό παρασύρεται μακριά.

Ας τονισθεί εδώ πως οι αυξημένες συγκεντρώσεις ιχνημετάλλων σε οργανικά εμπλουτισμένα ιζήματα μπορεί να είναι και αποτέλεσμα όχι τόσο του οργανικού υλικού αλλά της παρουσίας λεπτόκοκκων συστατικών π.χ θειούχων αλάτων ,που δεν είναι άμεσα βιογενή.

Στον **πίνακα 2.3** -πηγή :Ραβασόπουλος,Γ- Βαΐτσας,Γ Πτυχιακή Τ.Ε.Ι Μεσολογίου 1996- φαίνονται οι συγκεντρώσεις ιχνημετάλλων σε παράκτια ιζήματα πλούσια σε οργανικό υλικό και στα ιζήματα της ανοξικής λεκάνης της Μαύρης Θάλασσας.

## 2.7 ΧΕΡΣΟΓΕΝΗ ΙΖΗΜΑΤΑ.

Τα κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία των χερσογενών ιζημάτων βρίσκονται στο πλέγμα των χερσογενών υλικών. Γι'αυτό η χημική τους σύνθεση ελέγχεται απο τις διακυμάνσεις των αναλογιών των κύριων ορυκτών όπως ο χαλαζίας , οι άστριοι, ο ιλλίτης. Ο χερσογενής χαρακτήρας των περισσότερων στοιχείων φαίνεται απο τον υψηλό βαθμό συσχέτισης αυτών με το  $Al_2O_3$  το οποίο είναι περισσότερο χερσογενούς προέλευσης. Ο Hirst (1962) λοιπόν θεώρησε ότι στοιχεία όπως τα B,Ba,Cr,Cu,Cs,Ca,Li,Ni,Pb,Rb,V βρίσκονται στα ορυκτά της αργίλου ,στους αστρίους (Ba,Sr & Rb) ,στον ιλλίτη(Na,B), ή στα βαρέα ορυκτά (Cr,Ni,Cu,Pb). Ο Spenser κ.α (1968) βρήκε πως η διάλυση του χαλαζία επηρεάζει τα στοιχεία Ti, Al, K, Cs,Cr,Ni,Ga,Cu,Li και Rb ενώ το Zr βρίσκεται σε αντιπάθεια. Επίσης ότι ο μοντμοριλλονίτης επηρεάζει τα στοιχεία Mg,Ba & Be. Ο Moore (1963) μελέτησε ιζήματα αμμώδη και ιλυούχων άμμων που είχαν υψηλά ποσοστά χαλαζία ,άστριων και αργιλικών ορυκτών. Κατέληξε λοιπόν πως οι κατανομές των Al,Cr,Co,Cu,Fe,La,Mg,Mn,Ni,Pb,Sc,Ti,V, & Y ελέγχονταν πλήρως απο τις ποσότητες των λεπτόκοκκων αλουμινοπυριτικών ιζημάτων ενώ τα Ba,Na,Ca, & K συσχετιζονταν και με τα αλουμινοπυριτικά και με τον χαλαζία.

Τα συστατικά των χερσογενών ιζημάτων μπορεί να κατανέμονται επίσης ανάλογα των τάξεων μεγεθών των κόκκων. Οι Price & Wright (1971) σε μια σειρά δεδομένων παρατήρησαν τα εξής : Το κλάσμα της χερσογενούς άμμου (>63 $\mu\text{m}$ ) αποτελούνταν κυρίως από χαλαζία με μικρότερα ποσοστά αστρίων. Το κλάσμα του πηλού (8-63  $\mu\text{m}$ ) από χαλαζία, άστριους, μαρμαρυγία και ασβεσίτη. Τέλος το κλάσμα της αργίλου (<2  $\mu\text{m}$ ) περιείχε ιλλίτη (κυρίως), άλατα χλωρίου, καολινίτη μοντμοριλλονίτη ενώ τα στοιχεία Ba, Cu, Ni, Pb & Zn εμπλούτιζαν τα ορυκτά αυτά. Τα πιο λεπτόκοκκα αργιλικά υλικά ήταν σμεικτίτης (Al, Mg-πυριτικό άλας με Na ή Ca).

Στοιχεία <sup>a</sup>	Στήλη 1	Στήλη 2	Στήλη 3	Στήλη 4
SiO <sub>2</sub>	78.5	55.02	–	64.8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.12	16.61	6.95	13
TiO <sub>2</sub>	0.45	0.72	0.5	0.9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>b</sup>	4.69	7.26	2.12	4.3
MgO	0.89	2.19	0.63	3
CaO	6.7	1.57	1.19	3.3
Na <sub>2</sub> O	1.18	2.76	1.73	2.9
K <sub>2</sub> O	1.14	2.32	1.73	1.9
MnO	0.09	0.26	0.02	0.08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.11	0.18	–	–
CO <sub>2</sub>	2.17	2.25	–	–
B	60	81	59	58
Ba	301	394	310	661
Co	8	12	3	12
Cr	31	93	33	191
Cu	7	17	18	28
Ga	7	22	9	20
Ni	16	31	11	100
Pb	13	22	25	10
Rb	47	76	–	–
Sr	147	210	125	296
V	79	146	45	93
Y	–	–	30	32
Zr	413	169	265	176

Πίνακας 2.4 Χημική σύνθεση μερικών παράκτιων χερσογενών ιζημάτων.

Ωστόσο αν και τα χερσογενή ορυκτά μπορεί να ελέγξουν κύρια την χημική σύνθεση των ιζημάτων ,ταυτόχρονα η βιογενής και αυθιγενής φάση δύνανται να παίξουν σημαντικό ρόλο. Αυτό μπορεί να φανεί ιδιαίτερα στις κατανομές του σιδήρου ,του ασβεστίου του μαγγανίου και ορισμένων ιχνημετάλλων.

Η σχέση μεταξύ του  $Fe_2O_3$  και του  $Al_2O_3$  επηρεάζεται απο την παρουσία αυθιγενών σιδηρούχων ορυκτών ,όπως ο λιμονίτης και ο γλαυκονίτης. Η αναλογία τους είναι σταθερή όταν τα πιο πάνω ορυκτά απουσιάζουν και τότε ο σίδηρος βρίσκεται σε δομικές θέσεις στα αλουμινοπυριτικά άλατα (χερσογενή προέλευση).

Το  $CaO$  μπορεί να έχει μεγάλες διακυμάνσεις που οφείλονται σε αντίστοιχες διακυμάνσεις στη συγκέντρωση βιογενών ανθρακικών υπολείμμάτων απο κελύφη. Όταν αυτά τα υπολείμματα είναι ασήμαντα τότε το  $CaO$  και το  $Al_2O_3$  σχετίζονται καλά ,υποδεικνύοντας ότι το περισσότερο απο το μη-ανθρακικό  $CaO$  κρατείται στην δομή των αλουμινοπυριτικών αλάτων.

Τα  $Sr$  , $Ca$ , και  $CO_2$  επηρεάζονται απο τα ανθρακικά (συνεπώς και απο τα βιογενή ανθρακικά) και έχουν θετική συσχέτιση μεταξύ τους. Το  $Mn$  επίσης μπορεί να σχετιστεί θετικά με τα παραπάνω στοιχεία (Αναγνώστου-Σιούλας- Καραγιώργης 1997) και άρα με την βιογενή φάση των ιζημάτων. Το  $Mn$  είτε αντικαθιστά το  $Ca$  λόγω παρόμοιας ιοντικής ακτίνας ή επικαλύπτει τους ανθρακικούς κόκκους. Τα οξειδία τέλος σχετίζονται θετικά με το  $Mn$  όπως και με τα  $Fe,V$  &  $Co$

Στον **πίνακα 2.4** παρουσιάζεται η χημική σύνθεση μερικών χερσογενών παράκτιων ιζημάτων. Στην στήλη 1 είναι ο μέσος όρος 12 δειγμάτων άμμου. Η στήλη 2 έχει τον μέσο όρο 6 δειγμάτων αργίλου. Η στήλη 3 τον μέσο όρο 125 δειγμάτων άμμου και λασπύχου άμμου. Η στήλη 4 έχει τον μέσο όρο 45 δειγμάτων άμμου και ιλύος. Τα οξειδία είναι εκφρασμένα ως % του βάρους. Τα ιχνοστοιχεία ως ppm.

## **2.8 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΑ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ.**

Τα βαρέα μέταλλα παρουσιάζουν υψηλότερες συγκεντρώσεις στα λεπτομερέστερα κλάσματα των ιζημάτων - κυρίως τα αργικιλιά - . Αντίθετα το κλάσμα του πηλού και της άμμου παρουσιάζει γενικά χαμηλές συγκεντρώσεις μετάλλων μια και το κλάσμα αυτό αποτελείται κυρίως απο χαλαζιακούς κόκκους. Συνεπώς η μελέτη της κατανομής των κόκκων είναι απαραίτητη για τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς των μετάλλων στο ίζημα.

## **2.9. ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΗ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑ MARYUT ΣΤΟ ΔΕΛΤΑ ΤΟΥ ΝΕΙΛΟΥ.**

Ο κύριος τύπος ιζήματος του πυθμένα της λιμνοθάλασσας είναι αμμούχος ιλυούχος άργιλος με έντονη οσμή υδροθείου εκεί που υπάρχει αυξημένη ποσότητα οργανικής ύλης. Ο όρος άμμος στα ιζήματα της περιοχής αντιπροσωπεύει στην



πραγματικότητα ασβεσπιτικά θραύσματα κελυφών ελασματοβραγχίων και γαστερόποδων και τεμάχια σωλήνων εδραίων πολύχαιτων δακτυλιοσκωλήκων (βιογενές υλικό) που καλύπτουν μεγάλες περιοχές του πυθμένα. Καθώς τα ιζήματα δεν περιέχουν σημαντικές ποσότητες χερσογενούς άμμου, τα αδρομερέστερα της άμμου κλάσματα περιέχουν ολόκληρα κελύφη και τα κλάσματα της ιλύος θράυσματα ασβεσπιτικά κελύφη. Το μέγιστο περιεχόμενο σε ασβέστιο, που φτάνει το 69%, απαντάται στην αμμώδη ζώνη που καλύπτεται από ασβεσπιτικά κελύφη. Στις περιοχές με μικρό ποσοστό ασβεστίου γίνεται εισροή αποβλήτων, τα οποία καθιστούν το περιβάλλον αφιλόξενο για την ανάπτυξη μαλακίων. (El-Wakeel & Wahby, 1970).

Το οργανικό υλικό των ιζημάτων προέρχεται από την αποικοδόμηση των υπολειμμάτων φυτών & ζώων. Το περιεχόμενο σε οργανικό άνθρακα (εκφράζει το οργανικό υλικό) κυμαίνεται από 1.59-12.77% και το οργανικό άζωτο από 0,145-0,896%. Βρέθηκε λοιπόν ότι το οργανικό υλικό έχει την τάση να μειώνεται με την αύξηση του ασβεστίου. Ακόμη, ότι αυτό αυξάνεται με τη μείωση του μεγέθους των κόκκων του ιζήματος γεγονός που οφείλεται στις προσροφητικές ιδιότητες της αργίλου και στο πορώδες της άμμου.

Η γνώση του περιεχόμενου των ιζημάτων σε φώσφορο είναι σημαντική για την οικολογία των λιμνοθαλασσών αφού τα ιζήματα δρουν ως απταμιευτήρες φωσφόρου για την υπερκείμενη μάζα του νερού. Στο εν λόγω περιβάλλον η μέση τιμή του ήταν 0,098 %. Η σχέση του επίσης με το ασβέστιο έδειξε ότι ο φώσφορος μειώνεται με την αύξηση του ασβεστίου ενώ το οργανικό υλικό δεν παρεμποδίζει σημαντικά την προσρόφηση του στο ίζημα.

Για το υδροθείο μετρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις έως και 116mg/lit. Αυτά τα επίπεδα υποδεικνύουν την ανάπτυξη -τοπικά- αναγωγικών συνθηκών και ιδιαίτερα όταν επικρατεί νηνεμία. Αντίθετα όταν οι άνεμοι ενισχύονται το νερό επαναοξυγονώνεται γρήγορα και έτσι υπάρχει μια εναλλαγή αναγωγικών και οξειδωτικών συνθηκών που ευνοεί την διάλυση των μετάλλων στην υδάτινη στήλη. Η παραγωγή του υδροθείου οφείλεται στην αναερόβια αποικοδόμηση.

Τέλος, σύμφωνα με τον Saad (1980) στην περιοχή εισέρχονται σημαντικές ποσότητες πυριτίου. Η παρατηρηθείσα μείωση στις συγκεντρώσεις του στην υδάτινη στήλη αποδόθηκε στην κατανάλωσή του από τα διάτομα και την πιθανή ένωσή του με αργίλιο (alumina) κατά τον σχηματισμό αλουμινοπυριτικών σωματιδίων (Fanning & Pilsen 1973).

Απ' τις παραπάνω περιγραφές προκύπτουν κοινά στοιχεία με το Αιτωλικό.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

### ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ ΚΑΙ ΙΖΗΜΑΤΑ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.

#### 3.1 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΟ ΙΖΗΜΑ.

Τα ιχνημέταλλα που εισέρχονται στην υδάτινη στήλη μπορεί να βρίσκονται είτε διαλυμένα (ιόντα) είτε σε σωματιδιακή μορφή. Και οι δυο αυτές μορφές δέχονται την ενέργεια και τις βιοχημικές και φυσικές ιδιότητες της περιοχής που βρίσκονται. Τα σωματίδια των μετάλλων μεταφέρονται από τα ρεύματα ή και επικάθονται στον πυθμένα αυτόνομα ή συσσωματωμένα με άλλα σωματίδια. Τα ιόντα φτάνουν στο ίζημα με άλλες μορφές, μέσω χημικών και βιοχημικών μηχανισμών οι οποίοι και αναφέρονται περιληπτικά : α) προσρόφηση από αιωρούμενα σωματίδια (ΟΗ οργανικής ύλης-συσσωματώματα, αργιλικά υλικά - παρουσία  $\text{SiOH}$ ,  $\text{AlOH}_2$ ,  $\text{AlOH}$  -και λιγότερο στο ανθρακικό κλάσμα) και καταβύθιση β) συγκατακρήμνηση με υδροξειδία και οξειδία του σιδήρου και του μαγγανίου που δρουν είτε αυτόματα είτε ως επικάλυψη στους κόκκους των αργιλικών υλικών. γ) σύνδεση με τα χουμικά οξέα σε περιβάλλοντα πλούσια σε οργανικό υλικό και καταβύθιση δ) απορρόφηση από υδρόβιους οργανισμούς ( είδη πλαγκτόν ,μακροφύτων κ.α) και απελευθέρωση αυτών στο ίζημα με την λύση των κυττάρων (γήρανση ή θάνατος οργανισμού) ε) συσσωμάτωση στο ανόργανο μέρος οργανισμών όπως του στροντίου Sr στο βιογενές ανθρακικό ασβέστιο. (Καραγιωργης- Σιούλας-Αναγνώστου: Όρμος Μήλου 1997) στ) απ'ευθείας κατακρήμνηση υπό την μορφή οξειδίων ,ανθρακικών και θειικών (υπέρβαση του γινομένου διαλυτότητας  $K_{sp}$ ). Επίσης υπάρχουν βαρέα μέταλλα στο πλέγμα των χερσογεννών υλικών του ιζήματος όπου τα πυριτικά ορυκτά (π.χ άστριοι,χαλαζίας) έχουν πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε μέταλλα σε αντίθεση με τα αργιλικά (θετική συσχέτιση με τα Al,Si K των αργιλικών) και ιδιαίτερα τα βαρέα ορυκτά .

Ο Hart 1989 και άλλοι έχουν επισημάνει μια αξιοσημείωτη συνέχεια στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ υδάτινης στήλης και ιζήματος σε όλα τα υδάτινα περιβάλλοντα. Αυτό εν μέρει οφείλεται στις ομοιότητες των σωματιδίων όσον αφορά την φύση και την σύνθεσή τους. Όλα τα σωματίδια έχουν μια ελαφρώς αρνητικά φορτισμένη επιφάνεια (οργανικό ή οξειδιακό φιλμ) και κινητικά συμπεριφέρονται με τον ίδιο σχεδόν τρόπους ανεξάρτητα από την πηγή προέλευσής τους. Οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις (όπως και δυνάμεις Vander Waals ή υδρογονικοί δεσμοί) οδηγούν στην προσρόφηση των ιόντων. Τα σωματίδια λοιπόν ανάλογα με το φορτίο τους δρουν ως προσροφητές ανιόντων ή κατιόντων.

Ο εμπλουτισμός των ιζημάτων σε βαρέα μέταλλα ακολουθεί μηχανικούς παρόμοιους με αυτούς που ισχύουν για τα θρεπτικά. Σε πιο γενικές γραμμές αυτοί οι μηχανισμοί είναι : η φυσικοχημική προσρόφηση , η βιολογική πρόσληψη , και η απόθεση σωματιδίων που περιέχουν μέταλλα. Τα  $FeOOH$ ,  $Al_2O_3$ ,  $MnO_2$  και τα αργιλικά υλικά είναι οι πιο ενεργοί προσροφητές. Για τα αργιλικά υλικά προτείνεται μια εμπειρική σειρά προτίμησης των βαρέων μετάλλων (Mitchel 1964) η οποία είναι :  $Pb > Ni > Cu > Zn$ . Τα χουμικά οξέα είναι επίσης ισχυροί προσροφητές ,όταν βρίσκονται σε αφθονία σε σχέση με τον διαλυμένο σίδηρο (έντονη παρουσία οργανικού υλικού). Ακόμη τα οργανικά σύμπλοκα προσροφούν κατα σειρά προτεραιότητας τα μέταλλα :  $Hg > Cu > Pb > Zn > Cd$ . Παρουσία όμως οξειδίων των μετάλλων η πιο πάνω σειρά αλλάζει κάπως με τα  $Cd, Cu, Pb, Zn$  να ενώνονται αμέσως με οξειδία του σιδήρου για παράδειγμα. Σε υδάτινα περιβάλλοντα που αναπτύσσεται οξειδωση (οξυγονωμένα νερά, υψηλό Eh) τα οξειδία Mn & Fe αποτελούν σημαντικό κατακρημιστή βαρέων μετάλλων. Έχει βρεθεί μάλιστα πως για βαρέα μέταλλα όπως το Co, Zn & Cu αναπτύσσεται έντονη κατακρήμιση σε λιμναίο περιβάλλον σε μεγάλα ποσοστά ( 67%-86% & 98% αντίστοιχα) Αντίθετα στις αναγωγικές περιοχές ο ρόλος τους είναι μειωμένος. Αυτές οι κινήσεις επηρεάζονται ιδιαίτερα από το PH και τις συγκεντρώσεις του Ca και Mg (σκληρότητα νερού) .

Μια γενική σειρά ικανότητας προσρόφησης βαρέων μετάλλων προτάθηκε από τους Guy & Chakrabarti (1975) : Οξειδία του Mn > οργανικά οξέα > οξειδία του Fe > αργιλικά ορυκτά. Η προσροφητική μάλιστα ικανότητα των οξειδίων του Mn είναι 10 φορές μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του οξειδίου του Fe.

### 3.2 ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ.

Τα παράκτια περιβάλλοντα όπως τα στόμια ποταμών είναι ενεργές ζώνες απόθεσης και μετασχηματισμού των μετάλλων που έρχονται από την χέρσο και επίσης δρουν ως πηγές διαλυμένων μετάλλων. Πάνω στα προηγούμενα ο Forstner et al 1986, αναφέρουν κάποια ενδιαφέροντα αποτελέσματα από την πολύ μολυσμένη περιοχή του Elbe Estuary (Γερμανία). Εκεί λοιπόν ο Zn παρουσιάζει την αναμενόμενη συμπεριφορά διάχυσης όμως το Cd έδειξε μια απρόσμενη (εφόσον αυτό το στοιχείο δύσκολα ανακυκλώνεται) καμπύλη στη συγκέντρωσή του που υποδηλώνει μια ενεργή επαναμετακίνηση του στοιχείου αυτού στο ίδιο περιβάλλον. Αυτό αποδόθηκε ως συνέπεια των εξής παραγόντων : α) χαμηλό PH ως αποτέλεσμα της χαμηλής ρυθμιστικής ικανότητας (χαμηλή συγκέντρωση  $CO_2$  & βακτηριακή δράση των θειοβακτηρίων και σιδηροβακτηρίων Thiobacillus

thiooxidans και T.ferrooxidans ) β) διακύμανση των οξειδοαναγωγικών (Eh) συνθηκών λόγω των εποχιακών αλλαγών στα επίπεδα οξυγόνου πάνω απ'τα ιζήματα. Κάτω απ'τις προαναφερόμενες συνθήκες η γεωχημική κινητικότητα θα ευνοήσει πιο πολύ την απελευθέρωση των Hg,Cd,Pb,Cu σε σχέση με τα άλλα μέταλλα. Ας τονιστεί εδώ πως οι παράγοντες επαναιώρησης του ιζήματος (βλ. προηγούμενο κεφάλαιο) συμβάλλουν στην γεωχημική κινητικότητα των μετάλλων του ιζήματος.

### 3.3 ΚΥΡΙΟΙ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΑ ΜΕΤΑΛΛΑ.

**Θερμοκρασία :** Η θερμοκρασία λειτουργεί συνεργητικά με τους άλλους παράγοντες και με την αύξηση ή μείωσή της επιταχύνονται ή μειώνονται αντίστοιχα οι ρυθμοί των βιοχημικών διεργασιών. Γι'αυτό το λόγο η αύξησή της μεγαλώνει την τοξικότητα και την απορρόφηση των βαρέων μετάλλων στους οργανισμούς . Ακόμη η αύξησή της επιταχύνει τον ρυθμό αποικοδόμησης της οργανικής ύλης και μειώνει έτσι έμμεσα το δυναμικό οξειδοαναγωγής Eh.

**Οξειδοαναγωγικές συνθήκες : Eh - παρουσία οξυγόνου :** Το οξειδοαναγωγικό δυναμικό επηρεάζεται κυρίως απο την υφή του ιζήματος και απο το οργανικό περιεχόμενο. Ιζήματα λεπτόκοκκα και πλούσια σε οργανικό υλικό παρουσιάζουν χαμηλό δυναμικό.

Η αλλαγή των οξειδοαναγωγικών συνθηκών επιδρά στην γεωχημική κινητικότητα των μετάλλων. Έτσι σε ανοξικές συνθήκες επικρατεί έντονο αναγωγικό περιβάλλον (μείωση του δυναμικού οξειδοαναγωγής Eh) που προκαλεί την αυξημένη παρουσία των μετάλλων στην υδάτινη στήλη ως ιόντα (διαλυμένη μορφή) και απο κει στο ιζήμα όπως με των σχηματισμό αδιάλυτων σουλφιδίων (ZnS,CuS κ.α) . Γι'αυτό το λόγο η συγκέντρωση των μετάλλων στα ανοξικά ιζήματα μπορεί να είναι 10 φορές μεγαλύτερη απ'ότι στο υπερκείμενο νερό (Reinhard & Forstner 1976). Επίσης η ελάττωση του δυναμικού οξειδοαναγωγής που συμβαίνει στα ανοξικά ιζήματα και νερά έχει ως αποτέλεσμα την αναγωγή των μετάλλων μεταπτώσεως (μείωση του αριθμού οξειδωσης). Αυτό σημαίνει για παράδειγμα την παρουσία δισθενούς σιδήρου και όχι τρισθενούς ,ή του τρισθενούς αρσενικού και όχι του πεντασθενούς που είναι ασύγκριτα λιγότερο τοξικός σε σχέση με τον τρισθενή. Επίσης ο σίδηρος και το μαγγάνιο που βρίσκονται στα υδροξείδια ανάγονται και ελευθερώνονται προς την διαλυτή κατάσταση. Το Mn ,που παίζει σημαντικό ρόλο για την προσρόφηση άλλων μετάλλων με την μορφή MnO<sub>2</sub> ,ακολουθεί έντονα την μεταβολή του δυναμικού οξειδοαναγωγής ως εξής : Στις ανοξικές συνθήκες (χαμηλό Eh <50 mV) επικρατεί η διαλυμένη μορφή του

δισθενούς ιόντος, γεγονός που οφείλεται και στην μείωση των σωματιδιακών μορφών του  $MnO_2$  που επικρατούν στα οξυγονωμένα νερά (Wollast et al 1979).

**Οργανική ύλη :** Η αυξημένη παρουσία της οργανικής ύλης λειτουργεί μ'έναν διπλό τρόπο. Πρώτον "καθαρίζει" την υδάτινη στήλη απο τα μεταλλικά ιόντα μέσω της προσρόφησης αυτών στα αιωρούμενα οργανικά σωματίδια που καθιζάνουν (συνήθως η αυξημένη παρουσία οργανικής ύλης συνδέεται με περιοχές χαμηλής ενέργειας). Δεύτερον, η οξειδωσή της προκαλεί μείωση του PH που συμβάλλει στη διάλυση των μετάλλων στο νερό και μείωση του οξυγόνου προκαλώντας αναγωγικές συνθήκες. Ακόμη έχει διαπιστωθεί ότι τα μέταλλα Cr,Zn,Cd,Pb,Cu,Mn,Mo,Ni,U&V έχουν θετική συσχέτιση με τον οργανικό άνθρακα των ιζημάτων.

**Σκληρότητα νερού :** Ο βαθμός σκληρότητας επηρεάζει την τοξικότητα και την δραστηριότητα των μετάλλων κυρίως με τον σχηματισμό των ανθρακικών του ασβεστίου και μαγνησίου. Έτσι περιορίζεται η κατακρήμνιση των Zn, Cd που κυρίως συγκατακρημνίζονται με τα ανθρακικά. Ωστόσο έχει διαπιστωθεί η απορρόφηση κάποιων μετάλλων (π.χ Sr) στο ανθρακικό ασβέστιο. Έχει επίσης βρεθεί θετική συσχέτιση του Mn με τα στοιχεία Sr & Ca που υποδηλώνει την σχέση του Mn με το ανθρακικό ασβέστιο. Στην συγκεκριμένη μελέτη (Παγασσιτικός Κόλπος) υπήρχαν υψηλές συγκεντρώσεις  $CaO$  (7-8%) που αντιστοιχεί στο βιογενές ανθρακικό ασβέστιο .

Οι Zitko & Carson (1976) έδειξαν επίσης ότι τα ιόντα Ca & Mg ανταγωνίζονται αυτά ορισμένων μετάλλων σε ενεργές περιοχές ιστών ψαριών. Η τοξικότητα του υδραργύρου όμως ελάχιστα επηρεάζεται.

Τέλος ,ο σχηματισμός αδιάλυτου  $CaCO_3$  μέχρι τα βάθη των 900-1000 μ , σε συνδυασμό με την παρουσία μεγάλων ποσοτήτων  $CO_2$  λόγω οξειδωσης της οργανικής ύλης,συμβάλλει στη μείωση του PH σύμφωνα με την μετατόπιση της χημικής ισορροπίας στην αντίδραση :  $CO_3^{2-} + H \Leftrightarrow HCO_3^{-}$  .Πέρα όμως του βάθους των 1000μ κάτω απο την υψηλή υδροστατική πίεση το ανθρακικό ασβέστιο δίσταται λειτουργώντας έτσι αντίστροφα ως προς το PH. Το ίδιο συμβαίνει όταν ο ασβεστίτης είναι σε υπερκορεσμό στο νερό οπότε απο την διάσταση του  $CaCO_3$  το PH αυξάνεται ή μετριάζεται η πτώση του στην περίπτωση μεγάλων ποσοτήτων οργανικού υλικού.

**PH :** Απο διάφορα πειράματα ( π.χ Shaw , Brown για τον Cu & Whitely, Korpe για τον Pb) έχει διαπιστωθεί πως η αύξηση του PH ευνοεί την καθίζηση των μετάλλων στο ίζημα. Αντίθετα η μείωσή του συμβάλλει στην επαναδιάλυσή τους στην υδάτινη στήλη. Οι ιδιότητες αυτές έχουν να κάνουν με τις αλληλεπιδράσεις των

μετάλλων με τα ιόντα υδρογόνου (ιοντοανταλλαγή) και υδροξιλίου (έλξη-απορρόφηση). Έχει διαπιστωθεί λόγου χάρη ότι η προσρρόφηση του Pb στα Fe-οξειδία ,για τιμές PH μεταξύ 5 και 7 ,μειώνεται σταθερά επειδή γι'αυτές τις τιμές το FeOOH είναι θετικά φορτισμένο - τα υδρογονοιόντα ανταγωνίζονται στις θέσεις προσρόφησης τα θετικά ιόντα των ιχνημετάλλων-. Η αύξηση του PH ευνοεί τον σχηματισμό των υδροξειδίων και η μείωσή του την απελευθέρωση των μετάλλων απο τα υδροξειδία.Το PH μειώνεται όταν με την οξειδωση της οργανικής ύλης παράγεται διοξείδιο του άνθρακα. Πέρα όμως απο το ανθρακικό σύστημα πολλές έρευνες (Sillen 1959κ.α) έχουν δείξει ότι οι εναλλαγές στις μορφές των ορυκτών και ιδιαίτερα των λεπτόκοκκων αργιλικών, μπορεί να επηρεάσει το PH. Για παράδειγμα σ'ένα σύστημα με ιόντα Na και K η αλλαγή φάσης του καολινίτη σε μοντμοριλονίτη ή σε ιλλίτη (όλα αυτά είναι αργιλικά ορυκτά) δίνει υδρογονοκατιόντα που την θέση τους πέρνουν τα ιόντα Na και K αντίστοιχα.

Σε σχέση με τις οργανικές ουσίες οι αλλαγές στο PH επηρεάζουν την απορρόφηση ή την αποβολή των μετάλλων. Έτσι ,σε ευτροφικά περιβάλλοντα ,τα αμινοξέα που εμφανίζονται σε μεγάλες ποσότητες τόσο στην υδάτινη στήλη όσο και στο ίζημα ,μπορούν να απορροφήσουν ή να αποβάλλουν κατιόντα εξαιτίας του αμφοτερικού χαρακτήρα τους που εξαρτάται απο το PH. Τέλος το χαμηλό PH ( και μάλιστα σε περιβάλλον υψηλής αλατότητας) ευνοεί την προσρόφηση των οργανικών σε αργιλικά υλικά (υδάτινη στήλη & ίζημα). Αυτό παρατηρείται εύκολα σε περιβάλλοντα εστούαρας ,όπου οι ποταμοί μεταφέρουν οργανική ύλη και αργιλικά ορυκτά.

**Αλατότητα** : Εκεί που γίνεται ανάμειξη γλυκού και θαλασσινού νερού (λιμνοθάλασσης,εστούαρες) η αλατότητα διαφοροποιεί σημαντικά τις συγκεντρώσεις των μετάλλων. Στο θαλασσινό νερό οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων είναι γενικά χαμηλότερες απ'ότι στο γλυκό νερό. Επιπλέον η αλατότητα διαφοροποιεί την τιμή του PH και στο θαλασσινό νερό το PH γίνεται αλκαλικό ( $\cong 8$ ). Επίσης όσο μεγαλώνει η αλατότητα τόσο αυξάνεται στην υδάτινη στήλη η ανταγωνιστικότητα μεταξύ ιόντων Ca , Mg και μετάλλων ( με αποτέλεσμα τη μείωση της τοξικότητας των τελευταίων) ενώ στα γλυκά νερά αυτή δεν υφίσταται και τα μέταλλα είναι πιο τοξικά. Σε πειράματα, για παράδειγμα, που έγιναν στο Nereis diversicolor διαπιστώθηκε μειωμένη απορρόφηση Zn όταν αυξήθηκε η αλατότητα.

Γενικά η αυξηση της αλατότητας συμβάλλει στην παρουσία των μετάλλων στο ίζημα μια και αυξάνονται οι μορφές καθίζησης αυτών (=>παραουσία περισσότερων ανιόντων όπως τα θειικά και άυξηση του PH) , παίζει όμως έναν δευτερεύοντα ρόλο σε σχέση με άλλους αβιοτικούς παράγοντες. Πάντως για το Cr

που δεν επαναδιαλύεται εύκολα απο το ίζημα βρέθηκε ότι αυξάνεται η διαλυτοποίησή του στο νερό με την αύξηση της αλατότητας. Τέλος η αυξημένη αλατότητα ευνοεί την προσρόφηση της οργανικής ύλης στα αργιλικά υλικά και οδηγεί στην πρώιμη καθίζηση των λεπτόκοκκων υλικών. Εφόσον όμως αυτά προσροφούν βαρέα μέταλλα , επιταχύνεται ο εμπλουτισμός των ιζημάτων.

**Υδρολογικές συνθήκες :** Αυτές επιδρούν στην κατανομή των βαρέων μετάλλων είτε με την μεταφορά αυτών (ιδιαίτερα αν πρόκειται για διαλυμένη μορφή) είτε με τον καθορισμό της κατανομής των μεγεθών των κόκκων και σύμφωνα με αυτά που ειπώθηκαν για την σύνδεση μετάλλων και λεπτόκοκκου υλικού.

### **3.4 ΒΙΟΧΗΜΙΚΗ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΒΙΟΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ - ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΒΙΟΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ.**

Η κάθετη κατανομή των μετάλλων στο νερό επηρεάζεται σημαντικά απο την βιολογική δραστηριότητα ,ιδίως όταν ,λόγω αφθονίας θρεπτικών συστατικών ,υπάρχει έντονη βιολογική παρουσία. Αυτό συμβαίνει σε πολλά παράκτια συστήματα όπως λιμνοθάλασσες,εστούρες και ανοξικές περιφερειακές λεκάνες. Απο την άλλη μεριά οι μορφές με τις οποίες βρίσκονται τα βαρέα μέταλλα στο υδάτινο περιβάλλον είναι εξαιρετικά σημαντικές ,γιατί απο αυτές εξαρτώνται αφενός ο βαθμός τοξικότητάς τους και αφετέρου η είσοδός τους ,στους υδρόβιους οργανισμούς. Κρίνεται σκόπιμο να τονιστεί σ'αυτό το σημείο, πως οι μορφές των μετάλλων δέχονται την επίδραση όχι μόνο των βιοτικών αλλά και των αβιοτικών συνθηκών του περιβάλλοντος.(για του αβιοτικούς παράγοντες έγινε αναφορά σε προηγούμενες θεματικές ενότητες.)

Η βιοδιαθεσιμότητα των μετάλλων ,εξαρτάται όχι μόνο απ'την διαθεσιμότητά αυτών στο περιβάλλον αλλά και απο τη φύση και τα χαρακτηριστικά των οργανισμών που εκτίθενται σ'αυτά. Φυτά και ζώα μπορούν ν'αλλάξουν την κατάσταση των μετάλλων (όπως και των θρεπτικών) κυρίως μέσα απο την βιοσυσσώρευση ενώ μετά την πρόσληψη, τα μέταλλα συγκεντρώνονται σε διάφορα μέρη των οργανισμών , ανάλογα με το είδος.

Μπορεί λοιπόν να παρατηρηθούν διαφορές ως προς την συγκέντρωση των μετάλλων ανάμεσα στους οργανισμούς.Στην εστούρα του West Looe (U.K) βρέθηκαν διαφορετικά επίπεδα μόλυνσης ανάμεσα σε ιζηματοφάγους (*Macoma balthica* ,*Nereis diversicolor* ), προσκολλητικά-grazers (*Littorina littorea*, *Patella vulgata*) και δίθυρα (Hummerstone 1978). Επίσης βρέθηκαν διαφορές ανάμεσα σε συγγενικά είδη όπως τα ηθμοφάγα *Mytilus edulis* και *Cerastoderma edule*. Οι παραπάνω διαφορές μπορεί να προκύπτουν και απο το γεγονός ότι η

βιοσυσσώρευση εξαρτάται και απο τα γεωχημικά χαρακτηριστικά του κάθε μετάλλου. Γενικά πάντως, για την βενθική πανίδα στις περισσότερες περιπτώσεις οι ευρείς συγκεντρώσεις μετάλλων όπως ο Pb , ο Cu ( στενή σχέση με το *Nereis diversicolor* -Bryan 1971-) ο Zn & το Cd προκύπτουν απο την παρουσία αυτών στην τροφή παρά την απ'ευθείας πρόσληψη απ'το ίζημα.

Είναι γνωστός επίσης ο ρόλος των βακτηρίων στην μεθυλίωση του υδραργύρου και του μολύβδου. Τα βακτήρια που παράγουν μεθάνιο σχηματίζουν τον παράγοντα που προκαλεί την μεθυλίωση του ανόργανου υδραργύρου (μεθυλοκοβαλαμίνη). Έτσι παράγεται ο πτητικός διμέθυλο-υδράργυρος και το μεθυλο-υδραργυρικό ιόν υπο αναερόβιες συνθήκες. Αυτά είναι μορφές μεταλλικού Hg πολύ τοξικές που διαλύονται στην υδάτινη στήλη και μπορεί να αυξήσουν τα επίπεδα Hg στα ψάρια (Hasselot και Cothberg 1974). Η ύπαρξη ανθεκτικών βακτηριδίων και σε άλλα βαρέα μέταλλα αναφέρεται και απο τους Mills & Colfel (1977). Αποδείχθηκε επίσης κινητικότητα των Zn & Cd απο το νερό στη βιομάζα του ιζήματος μέσω θαλάσσιων βακτηριδίων (MacIetta & Holmes 1974). Ακόμη σε σχέση με τον υψηλό βαθμό κινητικότητας του Hg ο Salver (1975) ανακάλυψε ότι παρουσία βακτηρίων, η συγκέντρωση του μετάλλου σε ιστούς στρειδιών ήταν 200 φορές μεγαλύτερη απ'αυτήν των δειγμάτων ελέγχου.

Για τα φυτά η σχέση τους με τα μέταλλα εξαρτάται απο το είδος. Άλλα είναι συσσωρευτές των βαρέων μετάλλων και άλλα είναι πολύ ευαίσθητα. Αυτό εξαρτάται απο το μέρος στη δομή του κυττάρου που εγκαθίσταται το μέταλλο. Έτσι σε μονοκύτταρα φύκη που είναι ανθεκτικά (*Phaeodactylum tricomutum* στον Zn , *Chlamydomonas reinhardtii* στον Cu .κ.α ) τα μέταλλα συσσωρεύονται στο κυτταρικό τοίχωμα και μόνο σε εξαιρετικά μικρές ποσότητες εισέρχονται στο κυτταρόπλασμα απ'το οποίο μάλιστα εξέρχονται σε λιγότερο απο 2h μόλις η εξωτερική συγκέντρωση τους μειώνεται. Οι οικογένειες των μονοκύτταρων φυκών *Chlorophyta*, διάτομα, χρυσοφύκη ,αναφέρονται ως οι πιο ανθεκτικές στα μέταλλα. Τα ιχνημέταλλα Cu & Zn είναι ιδιαίτερα σημαντικά για την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού σε μεγάλες όμως συγκεντρώσεις γίνονται τοξικά.. Έτσι λοιπόν ,ιδιαίτερα σ'ένα ευτροφικό περιβάλλον το φυτοπλαγκτόν μπορεί να γίνει ένας σημαντικός μηχανισμός μετακίνησης των μετάλλων (απο την υδάτινη στήλη στο ίζημα) μια και μετά τον θάνατό του καθιζάνει στο ίζημα (πολλές μελέτες έχουν γίνει για τον Zn). Τα μακρόφυτα , επίσης προσλαμβάνουν τα μέταλλα με την απ'ευθείας έκθεσή τους σ'αυτά . Το μακρόφυτο *Fucus vasculosus* για παράδειγμα είναι ο οργανισμός με τα υψηλότερα επίπεδα μολύβδου . Σημαντικό ρόλο μπορεί να παίξουν τα μακρόφυτα στον εμπλουτισμό των ιζημάτων σε βαρέα μέταλλα. Οι



Lyngby και Brix 1989 έδειξαν πως ο γηρασμός και η αποσύνθεση του μακροφυτού *Zostera marina* (eel grass) στο Limfjord (Δανία) ήταν η αιτία για τα αυξημένα επίπεδα Cr,Pb και Zn . Την ίδια στιγμή παρατηρούνταν μείωση της συγκέντρωσης του Cd δείχνοντας ότι κι αυτό το μέταλλο σχετίζονταν με το περιεχόμενο των κυττάρων του φυτού. Αυτή η διπλή συμπεριφορά της πιο πάνω διεργασίας δείχνει πόσο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη του βιοχημικού κύκλου των μετάλλων στα παράκτια και ιδίως ,ευτροφικά, περιβάλλοντα.

### 3.5 ΤΑ ΜΕΤΑΛΛΑ ΣΤΑ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΙΖΗΜΑΤΑ ΣΤΟΜΙΩΝ ΠΟΤΑΜΩΝ.

Στα περιβάλλοντα εστούαρς έχει παρατηρηθεί μια μεταβολή στην κατανομή των μετάλλων του ιζήματος με τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις κοντά στην ακτή και τις μικρότερες προς την θάλασσα. Τα μέταλλα κοντά στην ακτή είναι συνδεδεμένα στο οργανικό υλικό ενώ αυτά που μετρήθηκαν προς την θάλασσα βρίσκονταν στο μεγαλύτερο ποσοστό τους στους λιθογενείς κόκκους. Το συμπέρασμα αυτό προέκυψε απο πολλές μελέτες στις εστούαρς των ποταμών Yarra ,Gironde ,Rhone και Mersey κ.α.

Η εξήγηση της παραπάνω διαπίστωσης δεν είναι πολύ εύκολη. Ο Sly 1989 υποστηρίζει πως η απλή διάχυση των επικρατούντων χερσαίων υλικών (ή και κάποιων αυτόχθονων) είναι απίθανο να παίζει πρωταρχικό ρόλο σ'αυτή την αλλαγή στη σχετική σύνθεση σε μέταλλα των ιζημάτων. Οι El Ghobary και Latouche 1986 υποστηρίζουν ότι πρώιμες διαγενετικές αλλαγές που σχετίζονται με τον σχηματισμό των σουλφιδίων (κυρίως) του Fe και του Cu ,αναπτύσσονται στα νερά κοντά στην εκβολή του ποταμού. Έτσι αλλάζει η χημική κατάσταση του μετάλλου απο οργανομεταλλικά σύμπλοκα σε πιο σταθερές χημικές ενώσεις (FeS ,CuS κ.α) και μειώνεται κατ'αυτόν το τρόπο η διαλυτότητα των μετάλλων άρα και η απώλειά τους απο το ίζημα προς την υδάτινη στήλη. Η παραπάνω διεργασία μάλιστα γίνεται με την παραγωγή H<sub>2</sub>S ,σε ανοξικές συνθήκες στο ίζημα, απο τα θειοβακτήρια. Απο την άλλη μεριά πρέπει να ληφθεί υπόψη και η απελευθέρωση των μετάλλων στην υδάτινη στήλη σε διαλυμένη μορφή. Ωστόσο τα παραπάνω είναι λιγότερο ικανοποιητικά ως εξήγηση για ορισμένα μέταλλα όπως τα : Mn,Zn,Pb και Ni. Αυτά τα μέταλλα στις συγκεκριμένες μελέτες σχετίζονταν με ανθρωπογενή ρύπανση, γεγονός που μπορεί να εξηγεί κάποιο ασυνήθιστο τρόπο συμπεριφοράς.

Ο Fernex και άλλοι ερευνητές 1986, σε μελέτες τους στο Rhone Estuary (Γαλλία) συμπέραναν ότι η ανταλλαγή διαλυμένων μετάλλων (ιόντα) μεταξύ ιζήματος και νερού θα μπορούσε να τροποποιήσει την χωροκατανομή των Cd,Cu,Fe,Mn στα επιφανειακά ιζήματα (<3cm βάθος) και ότι ένα τεράστιο ποσοστό

των εναπομείναντων μετάλλων ήταν σε μορφή πρόϊμων διαγενετικών παραγόντων - π.χ  $CdCO_3$  ή  $CdS$ ,  $CuS$  ή  $FeS$  - . Επίσης το 50% ή και περισσότερο των αποτιθέμενων μετάλλων στο ίζημα ,απελευθερώνονταν κατα τη διάρκεια της μεταφοράς και της απόθεσης (post-deposition) ως διαλυμένα ιόντα. Παρόμοια ο Saliq 1989 υποστηρίζει ότι πάνω απ'το 50% του Νί στα θαλάσσια ιζήματα θα είναι με την μορφή διαλυμένου μετάλλου ,ενώ το περισσότερο απ'το υπόλοιπο θα είναι συνδεδεμένο με ιόντα  $Cl$  ή θειικά ιόντα. Οι Chakraborti et al 1989 αναφέρουν παρόμοια στοιχεία για τον αλκυλιακό  $Pb$  στην εστουάρα του Scheidt (Ολλανδία). Το μεγαλύτερο μέρος των συμπλόκων του ήταν σε διαλυμένη μορφή ,σε αντίθεση με τα γλυκά νερά ,όπου αυτές οι ενώσεις απαντώνται στο ίζημα ως οργανικά σύμπλοκα. Τέλος στον κόλπο Tokuyama (Ιαπωνία) το 50% με 90% του  $Hg$  που βρισκόταν στο ίζημα ήταν με την μορφή του  $HgS$  ενώ ο περισσότερος απ'τον υπόλοιπο ήταν στοιχειακός υδράργυρος.

Συμπέρασμα : Η δυναμική ισορροπία αβιοτικών και βιοτικών παραγόντων διαμορφώνει την συμπεριφορά των βαρέων μετάλλων ως προς την κατανομή & τις μορφές τους και ως προς την επίδρασή τους στους οργανισμούς σ'ένα υδάτινο περιβάλλον.

### 3.6 ΑΝΟΞΙΚΕΣ ΛΕΚΑΝΕΣ

Μια και το Αιτωλικό αποτελεί τελικά μια περιφεριακή ευξείνου τύπου λεκάνη με τις δικές της ιδιαιτερότητες ,σ'αυτή την παραγραφο θα αναφερθούν μερικά γενικά στοιχεία για αυτού του τύπου τα περιβάλλοντα.

Υπάρχουν δύο τύποι ανοξικών λεκανών. Ο πρώτος εμφανίζεται λόγω μιας ισχυρής στρωμάτωσης που είναι το αποτέλεσμα μιας εκροής νερού με χαμηλή αλατότητα. Έτσι το αλοκλινές που σχηματίζεται εμποδίζει τα οξυγονωμένα επιφανειακά νερά να αναμιχθούν με τα βαθύτερα και υψηλότερης αλατότητας στρώματα. Παραδείγματα τέτοιων περιοχών είναι η Μάυρη Θάλασσα, πολλά φιорδ στη Νορβηγία αλλά και το δικό μας Αιτωλικό. Ο δεύτερος τύπος οφείλει την ανοξία των βαθύτερων στρωμάτων του στον σχηματισμό ενός ισχυρού θερμοκλινούς. Ένας τέτοιος τύπος είναι η τάφρος του Capiaco έξω απο τις ακτές της Βενεζουέλας. Και οι δύο τύποι λεκανών έχουν φυσικά εμπόδια (αβαθές κατώφλι) που εμποδίζουν την είσοδο οξυγονωμένου νερού.

Στα ανοξικά ιζήματα των λεκανών αυτών είναι χαρακτηριστική η ανάδυση υδροθείου και αμμωνίας. Αυτό οφείλεται στη χρησιμοποίηση των θειικών και νιτρικών ιόντων ως πηγή οξυγόνου απο τα βακτήρια για την αναερόβια αποικοδόμηση της οργανικής ύλης. Η έντονη παρουσία της τελευταίας λόγω ευτροφικών συνθηκών εντείνει τα παραπάνω φαινόμενα και μειώνει το  $PH$  στα

μεγαλύτερα βάθη. Η αναλογία επίσης θειικών προς ιόντα χλωρίου είναι χαμηλή ενώ η ενδιάμεση μορφή HS<sup>-</sup> δεν υπάρχει μια και τα παραγόμενα ιόντα θείου S καταβυθίζονται ως σουλφίδια των μετάλλων όπως ο σιδηροπυρίτης FeS<sub>2</sub> και τα ZnS & CuS. Μ' αυτό τον τρόπο μέταλλα που έχουν χαμηλή ιζηματοποίηση όπως ο Zn αυξάνουν την παρουσία τους στο ίζημα. Τέλος η δράση των οξειδίων ως προσροφητές μετάλλων περιορίζεται στις οξυγονωμένες περιοχές.

### 3.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΙΧΝΗΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΙΣ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΕΣ ΤΟΥ ΔΕΛΤΑ ΤΟΥ ΝΕΙΛΟΥ

Για να προσδιοριστεί καλύτερα ο εμπλουτισμός των ιχνημετάλλων στο ίζημα υπολογίστηκαν οι αναλογίες τους ως προς τον σίδηρο γιατί η υψηλή αναλογία ενός μετάλλου ως προς τον σίδηρο υποδεικνύει εμπλουτισμό του ιζήματος από το μέταλλο αυτό (Saad et al 1985). Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις του σιδήρου βρίσκονται γενικά στα λεπτόκοκκα ιζήματα (El-Wakeel & Wahby 1970). Όσον αφορά τη σχέση του με το ασβέστιο, βρίσκονται σε αντιπάθεια ενώ έχει και την ιδιότητα να σχηματίζει σύμπλοκα κυρίως με το οργανικό υλικό.

Υψηλές συγκεντρώσεις βρέθηκαν για τα μέταλλα Hg(822ppm), Pb(110ppm), Zn(635ppm) & Cu(325ppm) και λιγότερο για τα Ag & Sn. Η πρώτη ομάδα μετάλλων επιβεβαιώνει την ρύπανση από αστικά και βιομηχανικά απόβλητα που χύνονταν σε κανάλι το οποίο έβγαζε στη λιμνοθάλασσα. Από κει και πέρα η διάχυσή τους εξαρτάται από τις υδρολογικές συνθήκες που επικρατούν. Στα δείγματα πλούσια σε άργιλο, διαπιστώθηκαν επίσης υψηλές συγκεντρώσεις ιχνημετάλλων. Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι ο Hg επηρεάζεται από ατμοσφαιρικές αποθέσεις στοιχειακού υδραργύρου από ένα κοντινό εργοστάσιο χλωροαλκαλίων. Διαπιστώθηκε επίσης ιδιαίτερος εμπλουτισμός σε χαλκό στο βόρειο μισό της λιμνοθάλασσας, που πιθανότατα προκύπτει από τον CuSO<sub>4</sub> που χρησιμοποιείται ως ζιζανιοκτόνο στις γύρω καλλιέργειες. Όσον αφορά τον Zn αυτός συνδέεται ισχυρά με τα αστικά λύματα. Ο εμπλουτισμός του Zn που συνδέεται με αργιλικά σωματίδια, μπορεί να αναχαιτιστεί από το υψηλό περιεχόμενο των ενλόγω ιζημάτων, σε CaCO<sub>3</sub>. Τα ασβεστοπικά κελύφη του βένθους είναι υπεύθυνα για τις υψηλές συγκεντρώσεις του CaCO<sub>3</sub> και δεν δρουν ως προσροφητικές επιφάνειες όπως το κλάσμα της αργίλου. Το μέγεθος του εμπλουτισμού της αργίλου σε μέταλλα ακολούθησε την σειρά : Cu=Cd>Cr=Zn>Pb=Hg. Τέλος τα μέταλλα που εισάγονται από το κανάλι ως διαλυμένα κατιόντα προσροφούνται από τα αιωρούμενα ενεργά σωματίδια αλλά μπορούν και να σχηματίζουν κολλοειδή αντιδρώντας με το HS<sup>-</sup> που παράγεται από την υδρόλυση του υδροθείου (Mac Laren, 1981).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο : ΑΙΤΩΛΙΚΟ-ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.

### Εισαγωγή

Η λεκάνη του Αιτωλικού βρίσκεται ΒΔ του Πατραϊκού Κόλπου, ανάμεσα στα Ακαρνανικά όρη και το βουνό Αράκυνθος και μεταξύ των δελταϊκών προσχώσεων του Αχελώου (Δυτικά ) και μεταξύ του Ευήνου (Ανατολικά). (βλ. **χάρτη 4.1**).

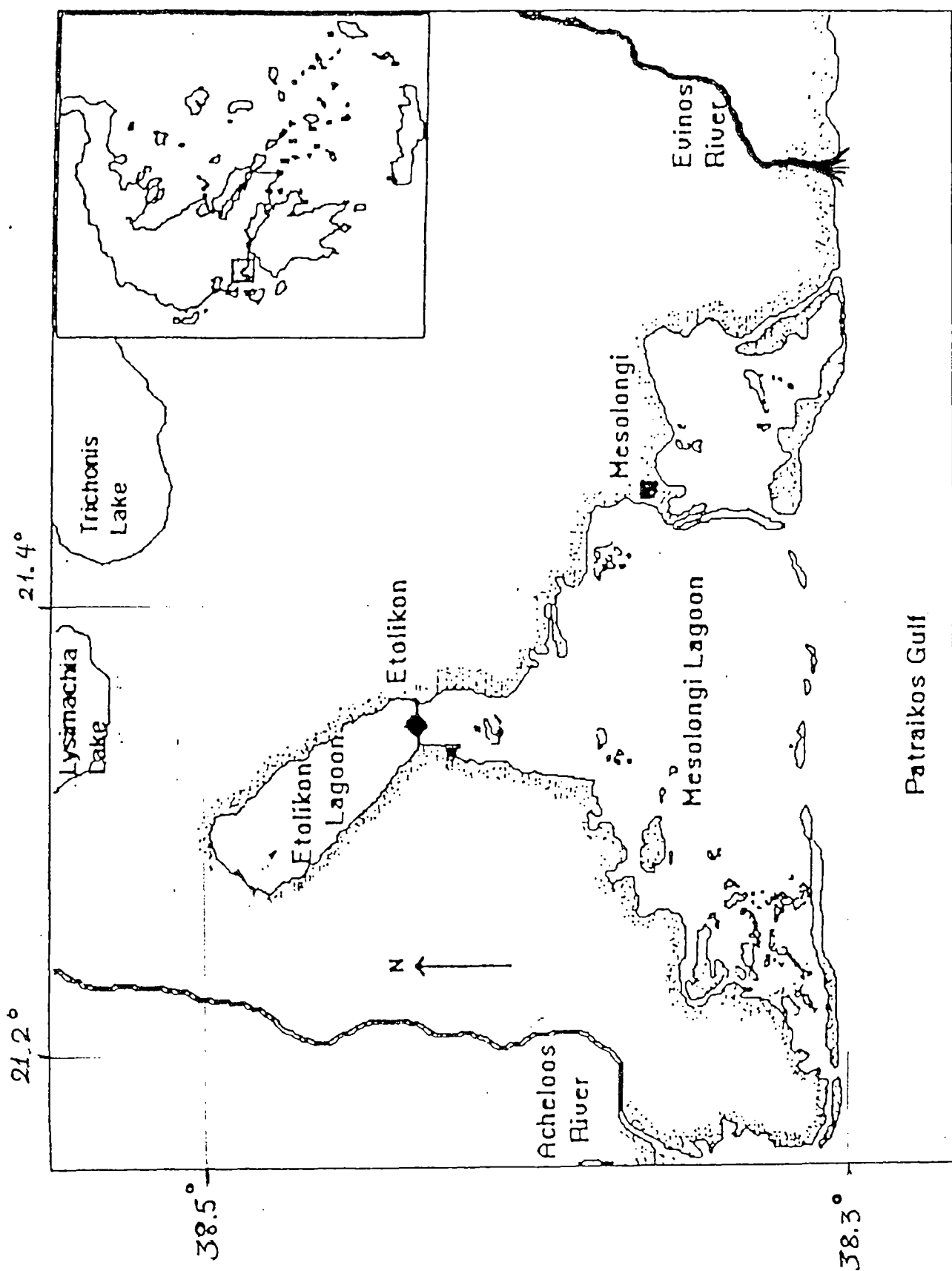
Το Αιτωλικό βρίσκεται εσωτερικά της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου επικοινωνώντας μ' αυτή μέσω ενός στενού στομιού. Τα μορφολογικά, υδρολογικά, ωκεανογραφικά και φυσικοχημικά της χαρακτηριστικά, την προσδιορίζουν ως μια περιφερειακή Ευξεινική λεκάνη<sup>1</sup> που στα επιφανειακά της στρώματα έχει μόνιμως υφάλμυρο νερό με μικρές εποχιακές διακυμάνσεις ως προς την αλατότητα..

Γενικά οι φυσικοχημικές της συνθήκες, επηρεάζονται ελάχιστα από την λιμνοθάλασσα Μεσολογίου. Σ' αυτό συνέβαλλε δραματικά μια σειρά ανθρωπογενών επεμβάσεων (βλ. παρακάτω) που έχουν περιορίσει την επικοινωνία των δύο συστημάτων και διαταράζει την οικολογική ισορροπία της ευρύτερης περιοχής. Είναι χαρακτηριστική η σύγκριση των **χαρτών 4.1α & 4.1β** στοιχεία των οποίων σχολιάζονται αναλυτικότερα σε επόμενες παραγράφους.

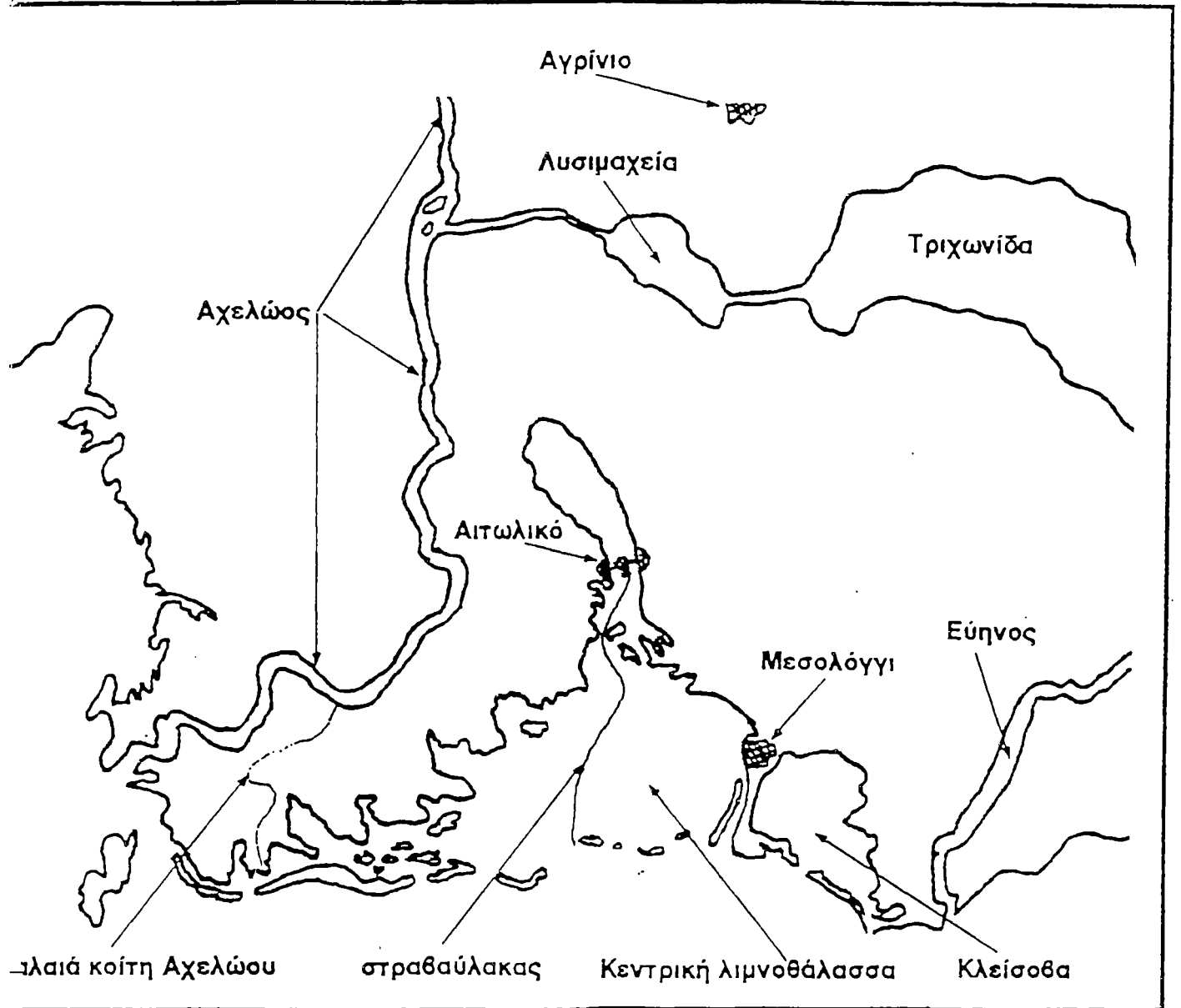
### Γεωμορφολογία

Βιβλιογραφικά, το Αιτωλικό αναφέρεται ως ένα τεκτονικό βύθισμα, που κατακλύστηκε με νερό κατά την περίοδο της ανόδου της στάθμης της θάλασσας (απο το 10.000π.Χ -έως το 7.000πΧ) . Το σχήμα της μοιάζει με ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, με τον μεγαλύτερο άξονα να έχει ΒΔ-ΝΑ προσανατολισμό. Το μέγιστο μήκος της είναι 7,5km και το πλάτος 2,5km. Η λεκάνη απορροής του Αιτωλικού, έχει συνολικά έκταση 87,9km<sup>2</sup> . Απ' αυτά, τα 71km<sup>2</sup> είναι ο χερσαίος χώρος και τα 16,9 km<sup>2</sup> ο υδάτινος. Η έκταση λοιπόν του χερσαίου τμήματος είναι 4πλάσια απ' αυτή του υδάτινου, και αυτό είναι ένας από τους λόγους που το ισοζύγιο του γλυκού νερού, ετησίως είναι θετικό. Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής φαίνεται στο **σχήμα (4.1)** ( Πηγή : ΑΠΘ = Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης). Σύμφωνα μ' αυτό, στη λεκάνη καταλήγουν τρεις κύριοι χείμμαροι: Ο Γαϊδουροπνίχτης Βόρεια, Ο Πλατύπορος Ανατολικά και ο Τριγλάγγαδος ΒΑ. Υπάρχουν όμως και αρκετοί άλλοι -

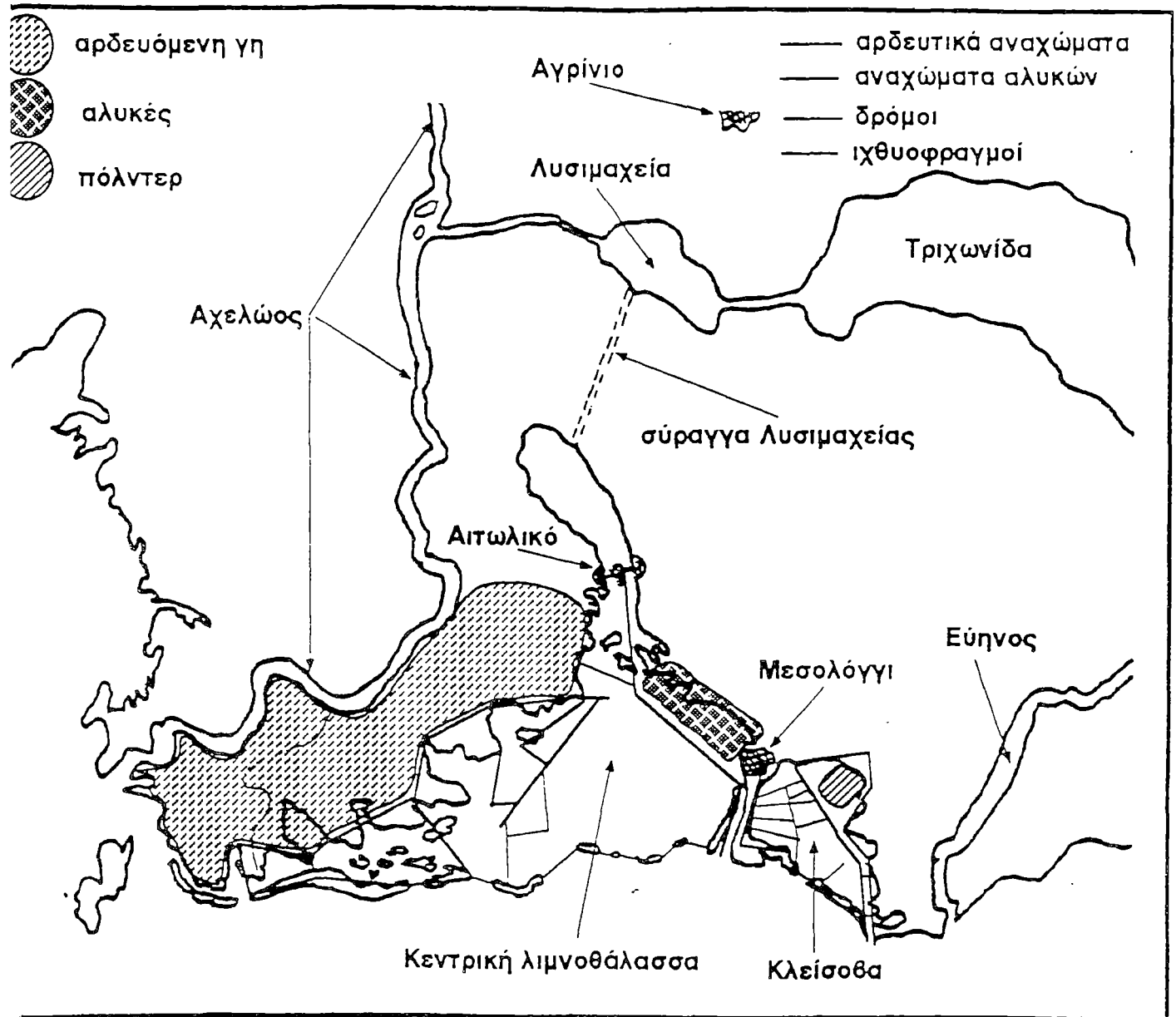
1. **Ευξεινική λεκάνη:** Η κυκλοφορία του νερού περιορίζεται επιφανειακά, όπου υπάρχει και οξυγόνο. Βαθύτερα η έλλειψη O<sub>2</sub> λόγω αδυναμίας ανάμειξης και ανανέωσης του νερού, νεκρώνει τη λεκάνη, και αναερόβιοι οργανισμοί προκαλούν την παραγωγή H<sub>2</sub>S και NH<sub>3</sub>. (Μοντέλο Εύξεινου Πόντου).



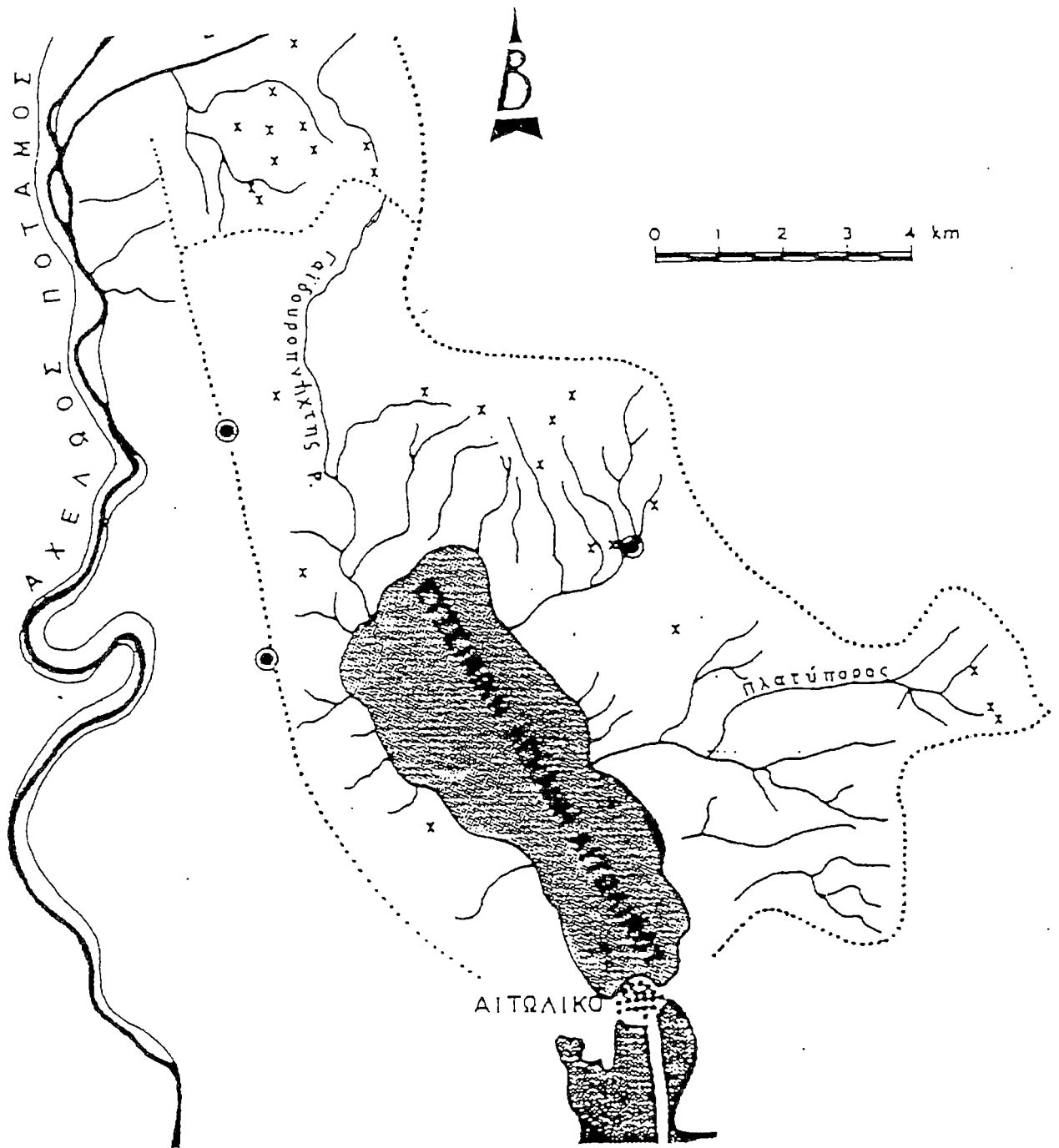
Χάρτης 4.1 : Γενικός χάρτης της περιοχής, γεωγραφικές συντεταγμένες.



Χάρτης 4.1α : Μορφή της λιμνοθάλασσας προ του 1965 (διακρίνεται ο στραβάυλακας) Πηγή ΑΠΘ.



Χάρτης 4.1β : Η σημερινή μορφή της λιμνοθάλασσας (αεροφωτογραφία ΓΥΣ 1978).



Σχήμα 4.1 : Το υδρογραφικό δίκτυο και η λεκάνη απορροής του Αιτωλικού



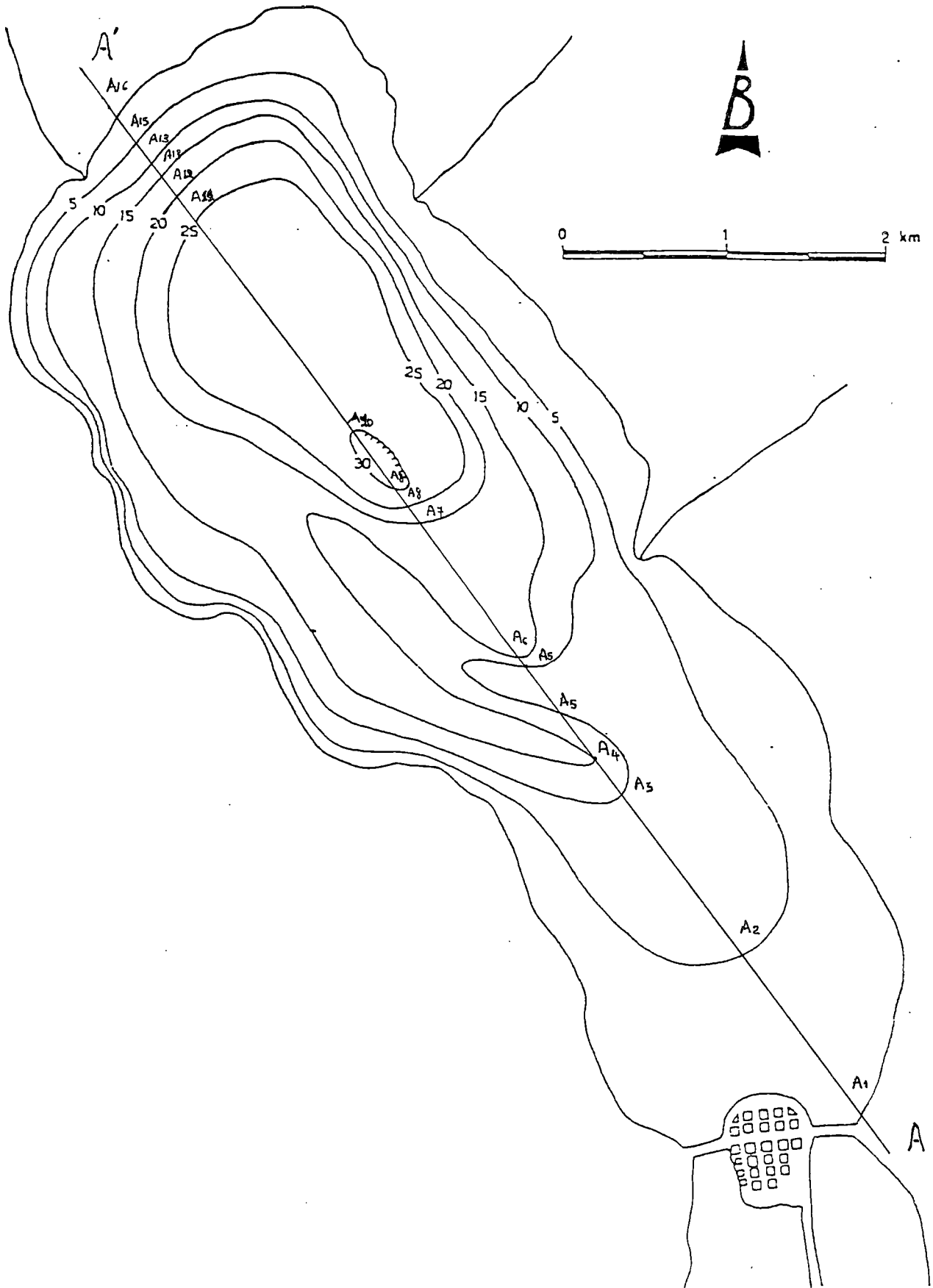
-μικρότεροι- που περιβάλλουν όλη την περίμετρο της υδάτινης λεκάνης. Μ' αυτό τον τρόπο, το Αιτωλικό επηρεάζεται άμεσα από τις ιδιότητες του εδάφους που το περιβάλλει.

Το **σχήμα (4.2)** δείχνει την βαθυμετρία της υδάτινης λεκάνης και στο **σχήμα(4.4)** η γεωγραφική ταξινόμηση του βάθους. (μελέτη Α.Π.Θ). Ξεκινώντας με κατεύθυνση από το στόμιο επικοινωνίας της με την λιμνοθάλασσα Μεσολογίου όπου το βάθος κυμαίνεται από 0,50 έως 1m, η κλίση του πυθμένα συνεχίζει ομαλά ως την ισοβαθή των 10m, σε απόσταση 1,5 έως 2,5km απ' την αρχή του στομίου. Από κει και πέρα, γίνεται πιο απότομη έως την ισοβαθή των 30m, που βρίσκεται λίγο πιο πάνω από το κέντρο του μεγάλου άξονα. Συνεχίζοντας ΒΔ, από την περιοχή της ισοβαθούς των 30m, η κλίση προς τα πάνω είναι ομαλή για 1,5 περίπου χιλιόμετρα, μέχρι την ισοβαθή των 25m. Από κει, συνεχίζει πιο απότομη (3-4%) μέχρι την ακτή. Στο **σχήμα (4.3)** φαίνονται σχηματικά όλα τα παραπάνω, μια και πρόκειται για την τομή της λεκάνης κατά τον άξονα ΑΑ' (βλ. άξονα στο **σχήμα 4.2**). (ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση). Τέλος από το στόμιο του Αιτωλικού ως τον Πατραϊκό Κόλπο μεσολαβεί η λιμνοθάλασσα Μεσολογίου σε μήκος  $\approx 13\text{km}$ , ενώ ο πυθμένας του Πατραϊκού βυθίζεται σε απόσταση 15,5km, στα 30m (βλ. και **σχήμα 4.6**). (Μελέτη Α.Π.Θ.) Τα γενικά μορφολογικά στοιχεία της λεκάνης του Αιτωλικού αναφέρονται στον **Πίνακα (4.1)** (Ε.Ε. Α.Π.Θ. Ψιλοβίκος, Αλμπανάκης Βουβαλιδής, Παλικαρίδης 1995.)

<i>Μορφολογικά στοιχεία</i>	<i>τιμές</i>
Λεκάνη αποροής	71 Km <sup>2</sup>
Διαστάσεις υδάτινης λεκάνης	2,5x7,5 Km
Έκταση καθρέφτη	16,9 Km <sup>2</sup>
Βάθη (μέγιστο - μέσο)	32m - 11,5m
Όγκος λεκάνης	195x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Μήκος ακτών	29 Km
Ανάπτυγμα ακτών	1.37

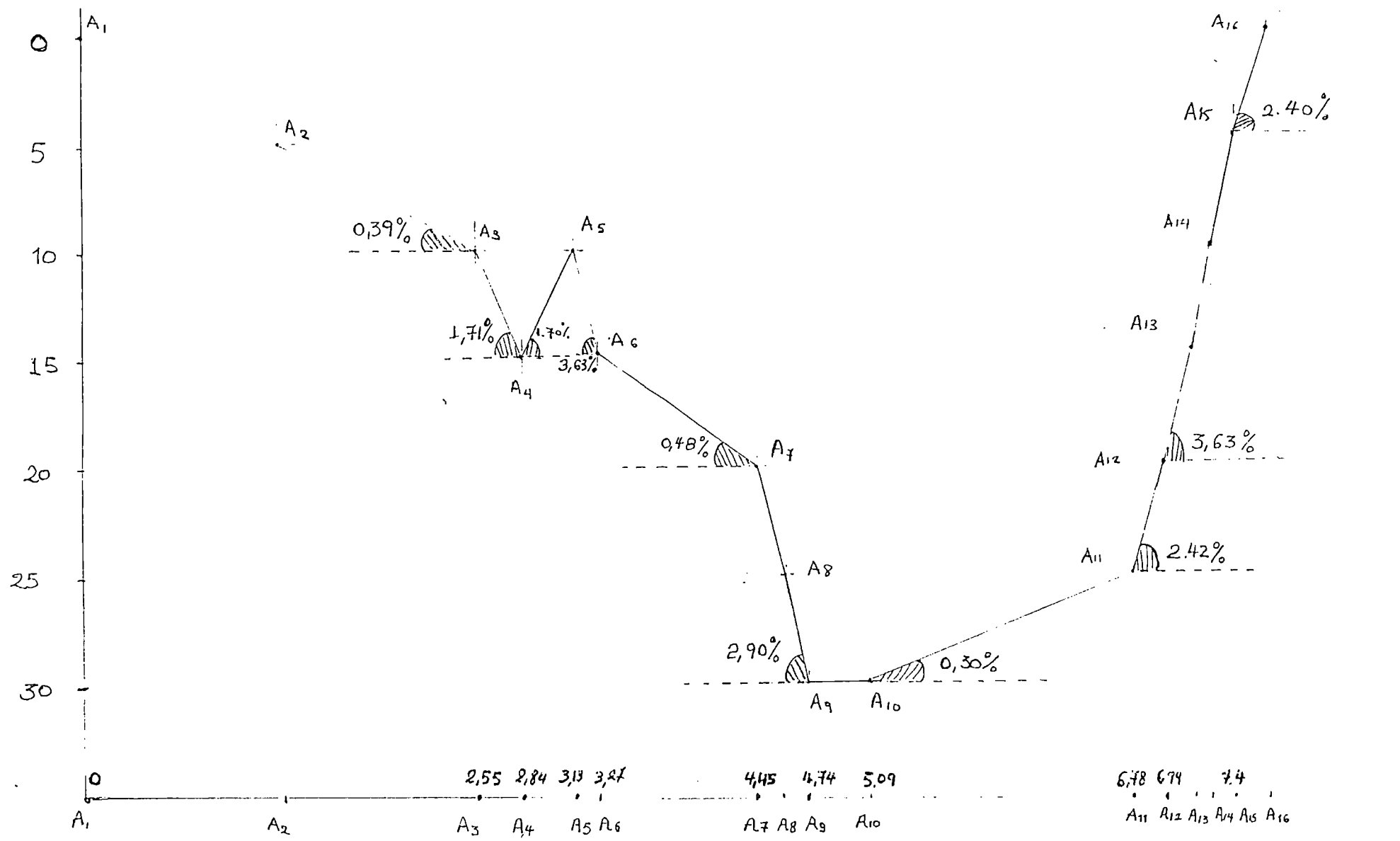
Πίνακας 4.1: μορφολογικά στοιχεία λεκάνης Αιτωλικού. Πηγή : Α.Π.Θ.

Πριν αναφερθούμε στις φυσικοχημικές συνθήκες που επικρατούν στο Αιτωλικό, θα ήταν σκόπιμο να αναφέρουμε ποιοι παράγοντες τις διαμορφώνουν και με ποιόν τρόπο.



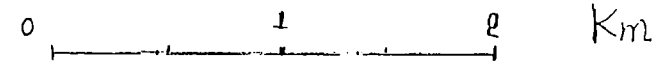
Σχήμα 4.2 : Βυθομετρικός χάρτης του Αιτωλικού όπως κατασκευάστηκε από τομές με ηχοβολιστικό μηχάνημα (sonar) Πηγή ΑΠΘ.

Βάθος(m)

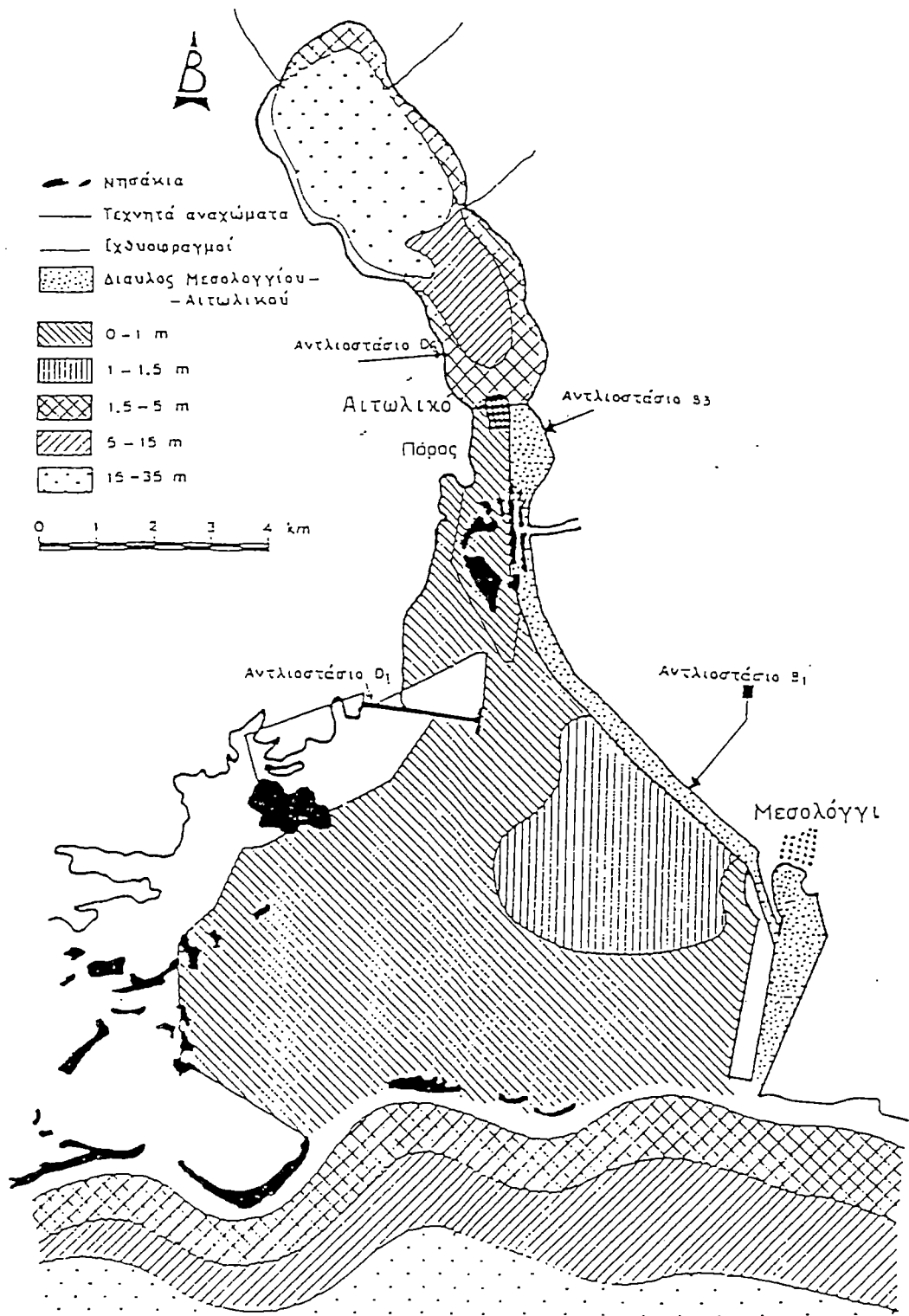


Κεφάλαιο 4ο Αιτωλικό : Φυσικοχημικές συνθήκες.

Σχήμα 4.3 : Τομή κατα τον άξονα ΑΑ με τις κυριότερες κλίσεις του πυθμένα.



km  
km



Σχήμα 4.4 : Ταξινόμηση του βάθους σε 5 κλάσεις. Φαίνονται οι νησιδες και τα τεχνικά έργα. Πηγή ΑΠΘ.

Υδρολογικά στοιχεία λεκάνης Αιτωλικού.	Τιμές
Ε.Μ.Υ κατακρημνίσματα περιοχής Μεσολογγίου	764 mm/y
Α. Όγκος κατακρημνισμάτων επιφάνειας	12,9 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /y
Β. Συνολική απορροή (κατακρ.χέρσουχ0,30)	16,3 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /y
Γ. Αντλιοστάσιο D6	13,0 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /y
Δ. Όγκος εξάτμισης (1470 mm/y)	24,8 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /y
Θετικό ισοζύγιο γλυκού νερού Α+Β+Γ-Δ	17,4 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /y

Πίνακας 4.2 : Υδρολογικά στοιχεία λεκάνης Αιτωλικού . Πηγή : ΕΕ. Α.Π.Θ

### Φυσική Ωκεανογραφία

Τα ωκεανογραφικά στοιχεία του Αιτωλικού για μετρήσεις τους μήνες Μαρτίο & Ιούλιο φαίνονται στο σχήμα 4.5 σε συνδιασμό με τον πίνακα 4.3 (Ψιλοβίκος - Αλμπανάκης κ.α 1995).

Κύρια στρώματα	βάθος	μεταβατικά	βάθος
Α. Επιφανειακό Υφάλμυρο Στρώμα (ΕΥΣ)	0 - 7 m	καν/κό θερμο/νές	7 - 10 m
Β. Ψυχρό Ενδιάμεσο (ΨΕΣ)	10 - 15 m	ισχυρό πυκνο/νές	15 - 20 m
Γ. Βαθύ Αμετάβλητο (ΒΑΣ)	20 - 32 m		
παραμετροί	ΕΥΣ	ΨΕΣ	ΒΑΣ
Θερμοκρασία C	14 - 28	10 - 13	14,6
Αλατότητα ppt	16 - 18	19 - 20	27
Πυκνότητα σι	9 - 13	15 - 16	19 - 21
Οξύγνο mg/l	8 - 16	0,1	0,0
PH -log[H]	8,5 - 9,1	7,2 - 7,7	6,7 - 7,0

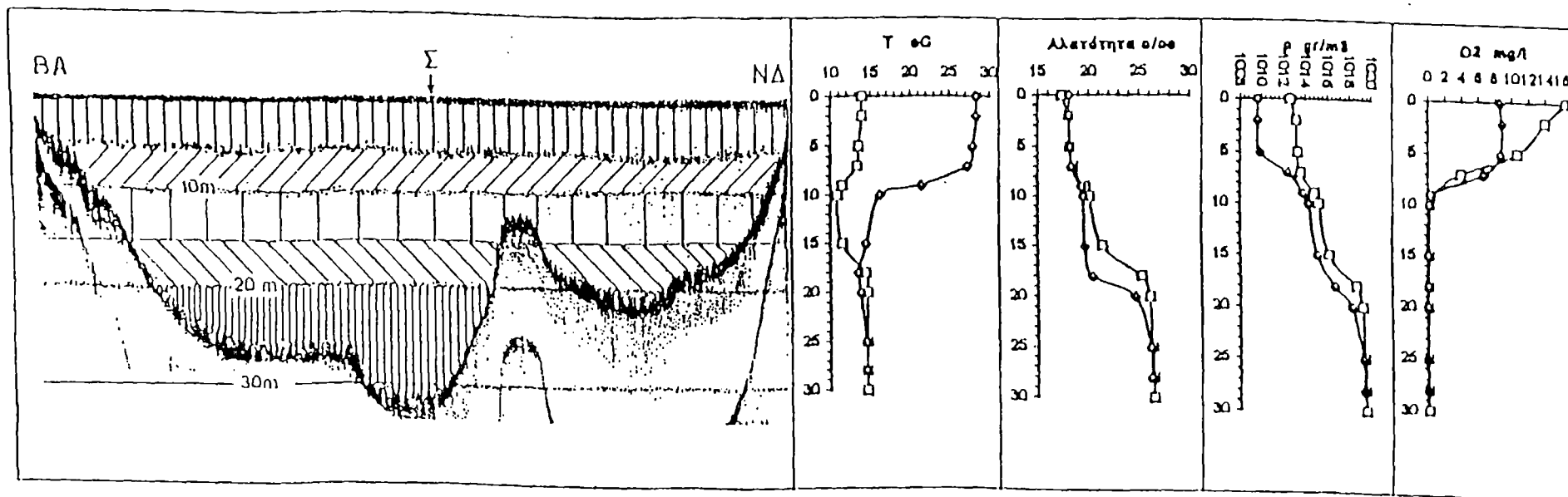
Πίνακας 4.3 : Ωκεανογραφικά στοιχεία. Πηγή : ΑΠΘ.




Οι κυριώτερες μελέτες που έχουν γίνει (ΕΚΘΕ, Α.Π.Θ.), συγκλίνουν τελικά στα ακόλουθα συμπεράσματα για την λεκάνη του Αιτωλικού.


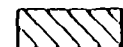
#### Θερμοκρασία (Τ)

1. Η θερμοκρασία (Τ), αλλάζει με το βάθος και η υδάτινη στήλη διαχωρίζεται σε τρία στρώματα.

- Το επιφανειακό στρώμα, βάθους 0-7m, που ακολουθεί τις μεταβολές της θερμοκρασίας του αέρα.
- Το ενδιάμεσο στρώμα, βάθους 10-15m, που παρουσιάζει τις μικρότερες θερμοκρασίες σε σχέση με το υπόλοιπο νερό της λεκάνης. (ψυχρό στρώμα). Ακολουθεί πάντως τις εποχιακές διακυμάνσεις, λιγότερο έντονα σε σχέση με το επιφανειακό.
- το βαθύτερο στρώμα, βάθους 20-32m, όπου η θερμοκρασία παραμένει εποχιακά αμετάβλητη σε βάθος >25m. Από 20 έως 25m υπάρχει μια ομαλή μεταβατική ζώνη.



 : Επιφανειακό Υφάλιμο Στρώμα  
 : Ψυχρό Ενδιάμεσο Στρώμα  
 : Βαθιά Αμετάβλητο Στρώμα

 : Ζώνη κανονικού θερμοκλινοῦς  
 : Ζώνη ανάστροφου θερμοκλινοῦς

Σ : Θέση του σταθίου δειγματοληψίας και μετρήσεων των προφίλ

Σχήμα 4.5 Μορφολογική τομή με το ηχοβολιστικό μηχάνημα (sonar) στο κέντρο περίπου του Αιτωλικού με διεύθυνση ΒΑ-ΝΑ, όπου φαίνεται ο ανώμαλος πυθμένας. Στην τομή του sonar διακρίνεται το όριο του ισχυρού πικνοκλινοῦς στα -5m και έχουν σχεδιαστεί τα στρώματα νερού. Στα δεξιά της τομής είναι τα προφίλ των παραμέτρων που μετρήθηκαν (θερμοκρασία, αλατότητα, πυκνότητα, O<sub>2</sub>). Τα προφίλ έγιναν στο σημείο Σ.

Μεταξύ των τριών αυτών στρωμάτων, υπάρχουν δύο θερμοκλίνη :

- Ένα κανονικό θερμοκλινές, στα 7-10m, όπου συμβαίνει μείωση της (T)
- ένα ανάστροφο θερμοκλινές στα 15-20m, με αύξηση της θερμοκρασίας.

Ανάμεσα σ' αυτά τα δύο, στα 10 έως 15m υπάρχει ένα μονίμως ψυχρότερο στρώμα.

### **Αλατότητα (S)**

Όσον αφορά την αλατότητα, αυτή αυξάνει με το βάθος απο 16-18% στην επιφάνεια έως → 26-28 ppt στο βαθύτερο στρώμα., παρουσιάζοντας δύο ζώνες απότομης μεταβολής.

- Τη ζώνη του κανονικού αλοκλινούς (7-10m)
- Τη ζώνη του ισχυρού πυκνοκλινούς (15-20m) 19ppt→25ppt.

Αυτές οι ζώνες συμπίπτουν με τα θερμοκλίνη που αναφέραμε πιο πάνω.

### **Πυκνότητα (σt)**

Η πυκνότητα ( $\sigma_t=1000-\rho$ ) παρουσιάζει και αυτή αυξημένη τάση από την επιφάνεια (9.00) προς το βάθος (21.00), με ζώνες απότομης αύξησης αντίστοιχες αυτών της αλατότητας.

### **Συμπέρασμα :**

Σύμφωνα με το Α.Π.Θ εκτιμάται πως στο Αιτωλικό, το χαμηλής πυκνότητας και αλατότητας νερό της επιφάνειας, όσο και αν ψυχθεί κατά το χειμώνα δεν μπορεί να αποκτήσει μεγαλύτερη πυκνότητα από τα βαθύτερα (20-30m), υψηλότερης όμως αλατότητας στρώματα και να γίνει αναστροφή. Συνεπώς σ' όλο το έτος, υπάρχει μια στρωμάτωση, με τρία στρώματα νερού και 2 μεταβατικές ζώνες. Έτσι λοιπόν το νερό του Αιτωλικού, δεν ανανεώνεται. Το στρώμα δε που βρίσκεται κάτω από τη ζώνη του ανάστροφου-θερμοκλινούς (15-20m) δεν ανανεώνεται φυσικά. Ως άμεση συνέπεια είναι η αδυναμία οξυγόνωσης απο τα ανώτερα στρώματα. Τα παραπάνω ενισχύονται και απο ενδεικτικές μετρήσεις του ΕΚΘΕ(1984) τον Ωκτώβριο και του Π.Αθηνών τον Δεκέμβρη και Μάρτιο του '90.

### **Το Οξυγόνο**

Αυτό είναι ικανοποιητικό έως βάθους 7m. Από τα 7m έως τα 10m, έχει ραγδαία πτώση έως μηδενισμό. (Ανοξικό περιβάλλον 10-32m).

Το οργανικό υλικό της λεκάνης είναι ιδιαίτερα αυξημένο λόγω των ευτροφικών συνθηκών .Η αποσύνθεσή του καταναλώνει όλο το O<sub>2</sub> των

στρωμάτων που δεν ανανεώνονται και σχηματίζεται  $H_2S$  και  $NH_3$  μια και η περαιτέρω αποικοδόμηση γίνεται σε αναερόβιες συνθήκες.

Εκτιμάται (δεν υπάρχουν συνεχείς μετρήσεις) ότι το χειμώνα, τα νερά πιθανώς αναμειγνύονται (άνεμοι, μεταβολή πυκνότητας λόγω πτώσης της θερμοκρασίας) έως τα 10m.

#### -PH

Όσον αφορά το PH, από μετρήσεις προηγούμενων εργασιών βγαίνει το συμπέρασμα πως αυτό μειώνεται όσο αυξάνει το βάθος. Ενώ στα επιφανειακά νερά (0-7m) αυτό είναι βασικό (9-7,8) πιο βαθιά (10-15m) πηγαίνει από 7,7 έως 7,1 ενώ στο βαθύ αμετάβλητο στρώμα (>20 μ) γίνεται όξινο 6,7-6,9 παρόλο που ο υδάτινος τύπος του νερού εκεί είναι θαλάσσιος. Αυτό οφείλεται στην οξειδωση της οργανικής ύλης (παραγωγή  $CO_2$ ). Πιθανόν στο βαθύτερο περιβάλλον το PH να μετριάζεται και να μην πέφτει ακόμη χαμηλότερα προς το όξινο, για δύο λόγους. α) λόγω της διάσπασης του ανθρακικού ασβεστίου β) λόγω του θαλάσσιου υδάτινου τύπου με σημαντική αλατότητα που εμφανίζεται εκεί (βλ. παρακάτω).

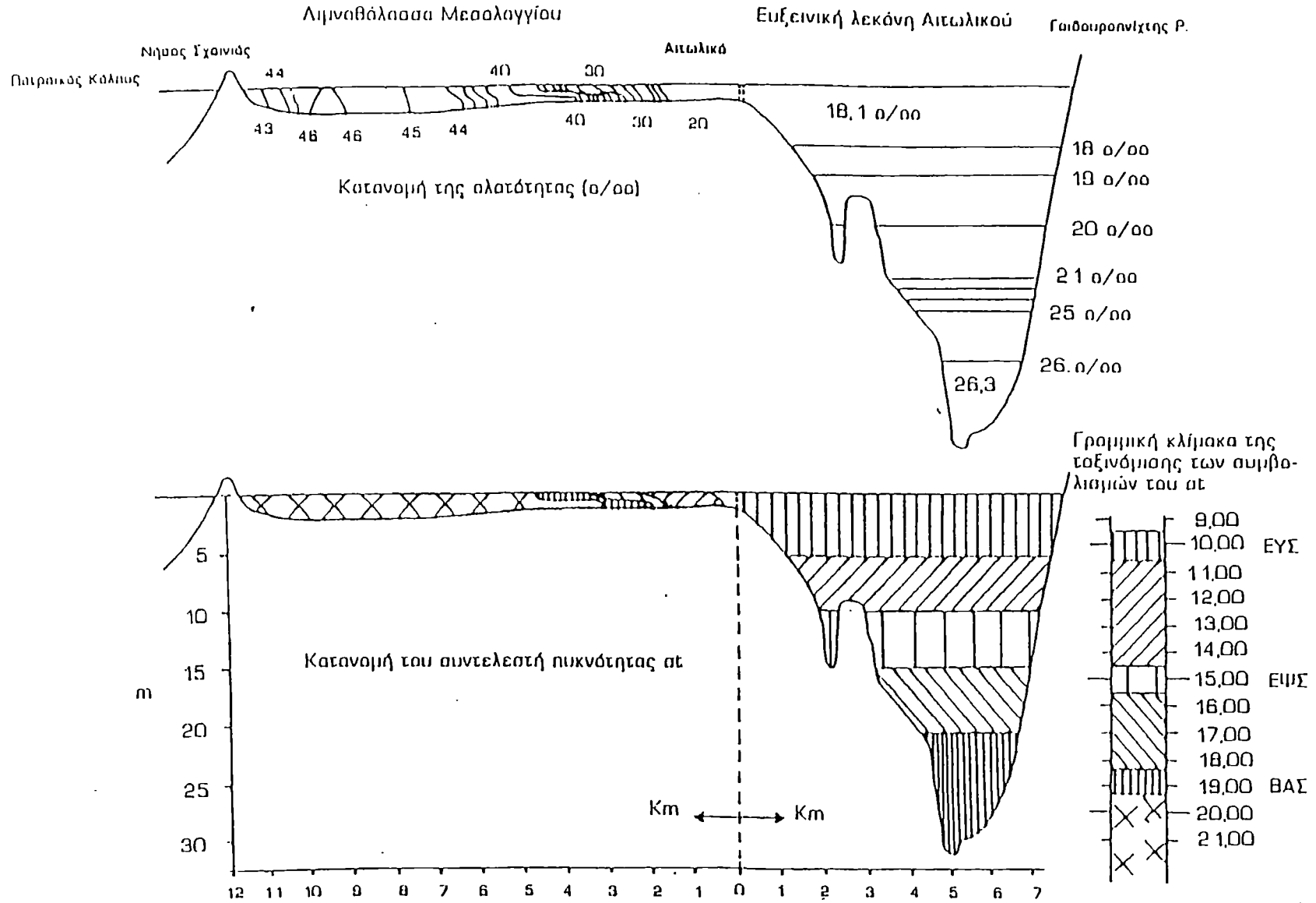
(Μετρήσεις Ερευν. ομάδας Πανεπιστημίου Αθηνών.)

#### - Σχέση λιμνοθάλασσας - Πατραϊκού Κόλπου - Αιτωλικού-

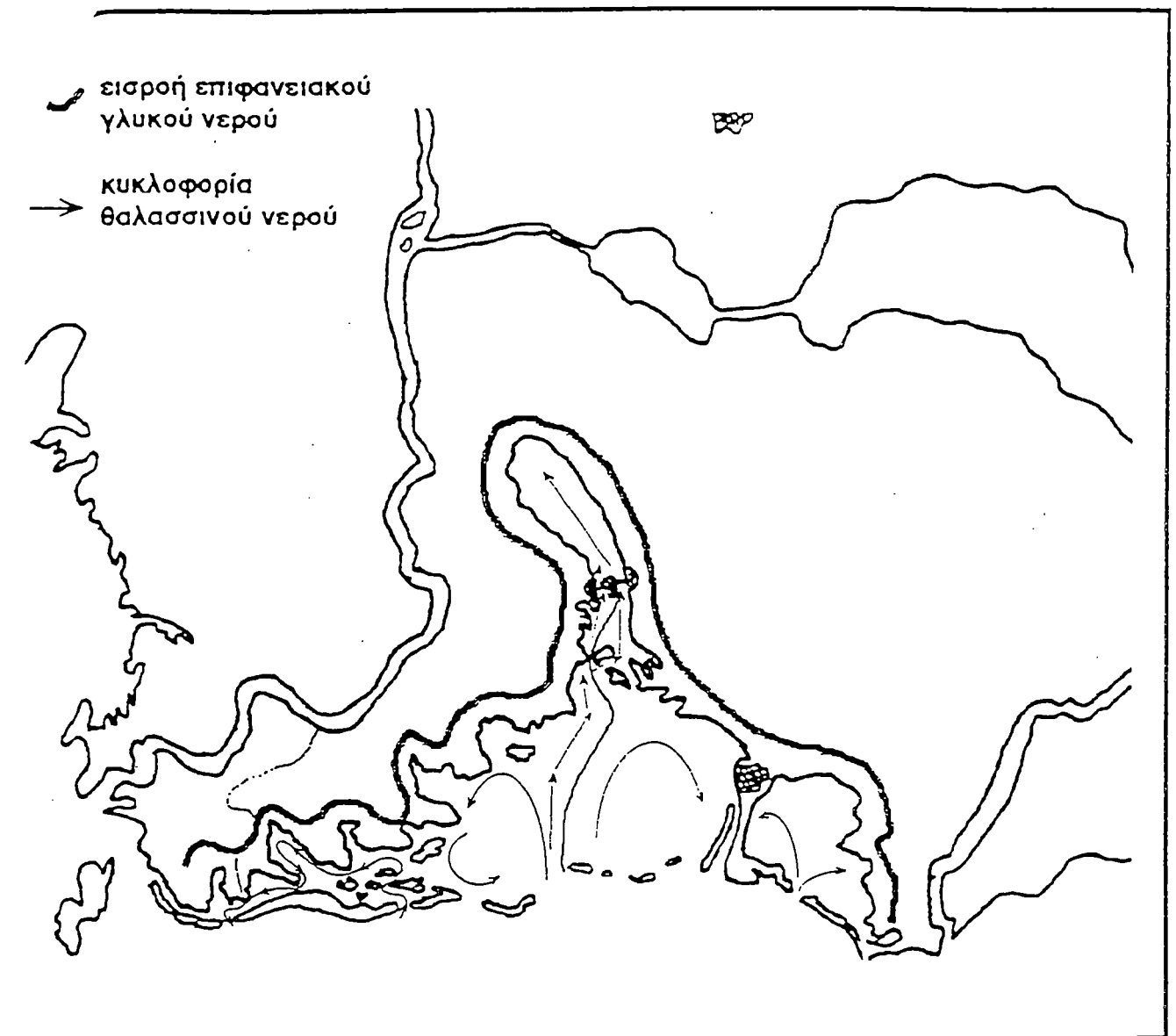
Στο σχήμα 4.6, παρουσιάζεται ένα προφίλ απ' τον Πατραϊκό Κόλπο έως το Αιτωλικό, με την κατανομή της αλατότητας S ppt κατά τον Ιούλη του 1995. (Μελέτη Α.Π.Θ.)

Έτσι στον Πατραϊκό Κόλπο η αλατότητα είναι 39ppt. Μέσα στην λιμνοθάλασσα κυμαίνεται από 46-43ppt. Στο κέντρο αυτής υπάρχει μια ζώνη μέγιστης αλατότητας (46ppt). Ποιο εσωτερικά οι τιμές μειώνονται και στην είσοδο του Αιτωλικού από το 40ppt πέφτει στο 19,5ppt (υφάλμυρα νερά). Μέσα στο Αιτωλικό η αλατότητα γίνεται 18,5ppt. Φαίνεται λοιπόν πως η θάλασσα τροφοδοτεί τη λιμνοθάλασσα από τα νότια. Το νερό στην λιμνοθάλασσα εξατμίζεται και η αλατότητα αυξάνει. Αντίστοιχα το Αιτωλικό, τροφοδοτεί την λιμνοθάλασσα από το Βορρά με υφάλμυρο νερό, που κινείται προς το κέντρο και αναμειγνύεται με το αλμυρό νερό. Η κίνηση αυτή εμποδίζει το νερό με μεγάλη αλατότητα να προχωρήσει στον πυθμένα του Αιτωλικού. Έτσι αυτό εγκλωβίζεται στην κεντρική ζώνη της λιμνοθάλασσας, χωρίς να μπορεί να ανανεώσει τα νερά του Αιτωλικού. Τα παραπάνω φαίνονται παραστατικά και απο την σύγκριση των σχημάτων (4.7) & (4.8) που δείχνουν την κυκλοφορία του νερού στο ευρύτερο λιμνοθαλάσσιο σύστημα προ του '65 και την κυκλοφορία του νερού σήμερα.

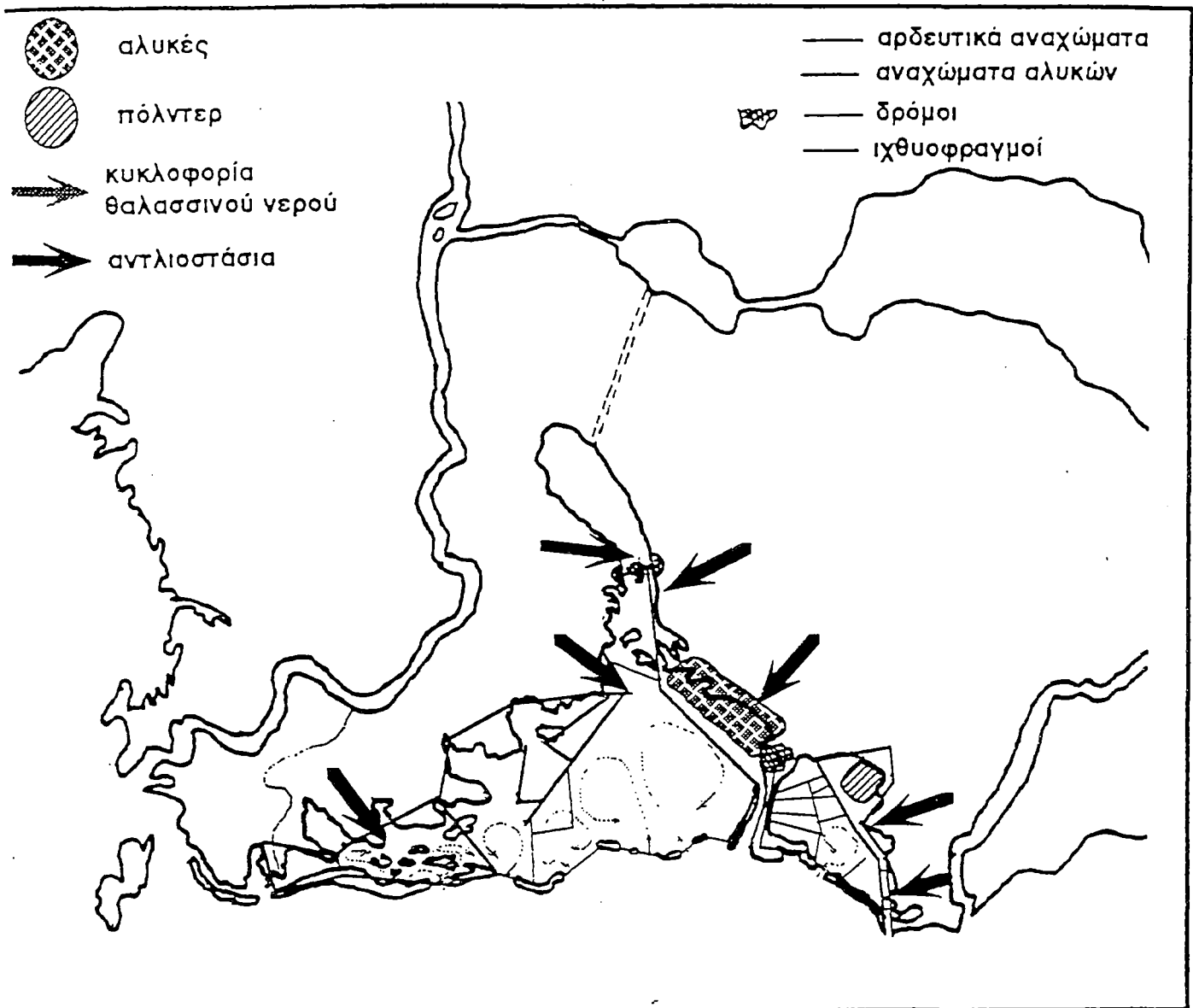




Σχήμα 4.6 Κατανομή της αλατότητας (επάνω) και της πυκνότητας (κάτω) με το βάθος σε μια μορφολογική τομή διεύθυνσης Ν-Β-ΒΔ κατά μήκος της Λιμνοθάλασσας Μεσολογίου και της λεκάνης Αιτωλικού. Διακρίνεται η στρωμάτωση των διαφόρων τύπων νερού της περιοχής.



Σχήμα 4.7 : Εισροή και κυκλοφορία νερού στη λιμνοθάλασσα προ του 1965. Πηγή ΑΠΘ.



Σχήμα 4.8 : Εισροή και κυκλοφορία του νερού σήμερα. Πηγή ΑΠΘ.

## ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ.

### Γενικά

Σύμφωνα με το ΑΠΘ : “το κατιοντικό φορτίο του νερού του Αιτωλικού αλλά και της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου δίνεται απο το Na κατα 75% και το Mg κατα 17%. Το ανιοντικό φορτίο οφείλεται στο Cl κατα 90% και στα SO<sub>4</sub> κατα 9%. Συνεπώς οι υδάτινες μάζες ανήκουν στη χημική οικογένεια των Na-Cl και έχουν θαλάσσια προέλευση. Για το Αιτωλικό όλος ο υδάτινος όγκος έχει τον ίδιο χημικό χαρακτήρα απο την επιφάνεια ως το βάθος και η ολική του σκληρότητα είναι > 55 °F. Οι τιμές των Ca, Mg, SO<sub>4</sub>, K, Na, Cl, & Br αυξάνονται με το βάθος και ιδιαίτερα μετά τα 10μ υποδεικνύοντας το πέρασμα σε ζώνες μεγαλύτερης πυκνότητας. Στο βαθύτερα στρώματα (>15μ) οι λόγοι Ca/ Cl, Sr/Cl & SO<sub>4</sub>/Cl είναι μεγαλύτεροι απ’τους αντίστοιχους στη θάλασσα”. Ένας σημαντικός λόγος για αυτή την διαφοροποίηση είναι οι μεγάλες αποθέσεις γύψου Ca SO<sub>4</sub>2H<sub>2</sub>O δυτικά και βόρεια της λεκάνης (πληροφορία απο εργασία Λεονάρδου - Σίνι 1996). Ο γύψος στο νερό δίσταται δίνοντας ιόντα ασβεστίου και θειικά. Άλλος ένας λόγος είναι τα νερά των αντλιοστασίων όπως του D6 (νοτιοδυτικά της λεκάνης) που συμβάλει ετησίως 13 εκ.κυβικά και τα οποία ανήκουν στην υδροχημική οικογένεια Ca- SO<sub>4</sub> ενώ και το υδρογραφικό δίκτυο (χειμαροί,πηγές) που περνά απο τα ασβεστολιθικά πετρώματα της περιοχής εκτείνεται τόσο βόρεια όσο και ανατολικά. Έτσι απο την θέση των πηγών ασβεστίου και θειικών φαίνεται να επηρεάζεται άμεσα όλη η λεκάνη. Για το Sr είναι γνωστή η θετική του συσχέτιση με το ασβέστιο και άρα η χερσογενής του προέλευση.

Όσον αφορά τα θρεπτικά, δίνεται η εικόνα ενός ευτροφικού περιβάλλοντος. Οι τιμές των θρεπτικών στο Αιτωλικό, είναι μεγαλύτερες απ’ αυτές στη λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου (ΕΚΘΕ). Προκύπτουν λοιπόν τα εξής συμπεράσματα.

**PO<sub>4</sub>** : Τα φωσφορικά μειώνονται με το βάθος έως τα 10μ. Απο τα 10μ όμως και μέχρι τον πυθμένα αυξάνονται δραματικά με το βάθος κάτι που προδίδει την επαναδιάλυσή τους απο το ίζημα . Σύμφωνα με μία καταμέτρηση του Πανεπιστημίου Αθηνών(1994) τον μήνα Μάρτιο & σε συνδιασμό με στοιχεία του ΕΚΘΕ στα επιφανειακά στρώματα οι τιμές κυμαίνονται απο 0,10μg-at P/L(βάθος10μ) έως 0,35μg-atP/L(επιφάνεια 0-3μ). Απο τα 10μ αυξάνονται θεαματικά και κοντά στον πυθμένα σε βάθος 25μ φτάνουν τα 55-60 μg-atP/L Για το φθινόπωρο οι τιμές στα επιφανειακά οξυγονωμένα στρώματα πέφτουν λόγω της

προηγηθείσας κατανάλωσης απο το φυτοπλαγκτόν και της αραίωσης με τις βροχές. Τον χειμώνα αναμένεται πάλι η αύξησή τους λόγω της εισροής απο την χέρσο.

**SiO<sub>4</sub>** : Το παραπάνω μοτίβο παρουσιάζουν και τα πυριτικά. Στα επιφανειακά δείγματα οι συγκεντρώσεις είναι < 50 μg-at/l ενώ σε βάθη >20μ είναι > 500μg-at/L(Π.Αθηνών 1994) . Οι επιφανειακές του διακυμάνσεις την ίδια εποχή σε διαφορετικές περιοχές της λεκάνης, εξαρτάται απο την κατανομή των διατόμων που το καταναλώνουν για να φτιάξουν το σκελετό τους.(βλ.φυτοπλαγκτόν σχετικά).

**NH<sub>4</sub>-NO<sub>3</sub>-NO<sub>2</sub>** : Η αμμωνία είναι η κύρια μορφή αζώτου ιδιαίτερα στα μεγαλύτερα βάθη όπως συμβαίνει γενικά και σε άλλες ανοξικές περιοχές.(Wollast1983). Μετρήσεις του Α.Π.Θ έδειξαν πως η αμμωνία είναι μηδενική έως ελάχιστη τα πρώτα 10 μ ενώ τον Ιούλιο μετρήθηκε 380μg-at/l στα 25μ βάθος. Αντίθετα τα νιτρικά όπως και τα νιτρώδη δείχνουν να αυξάνονται μέχρι τα 7-10 μ αν και ανιχνεύονται σε χαμηλά επίπεδα (0,10-0,4mg/l ΕΚΘΕ) ενώ απο κει και πέρα μειώνονται δραματικά (ανάγονται σε αμμωνία στα ανοξικά στρώματα) και μέχρι τα 20μ σχεδόν μηδενίζονται.

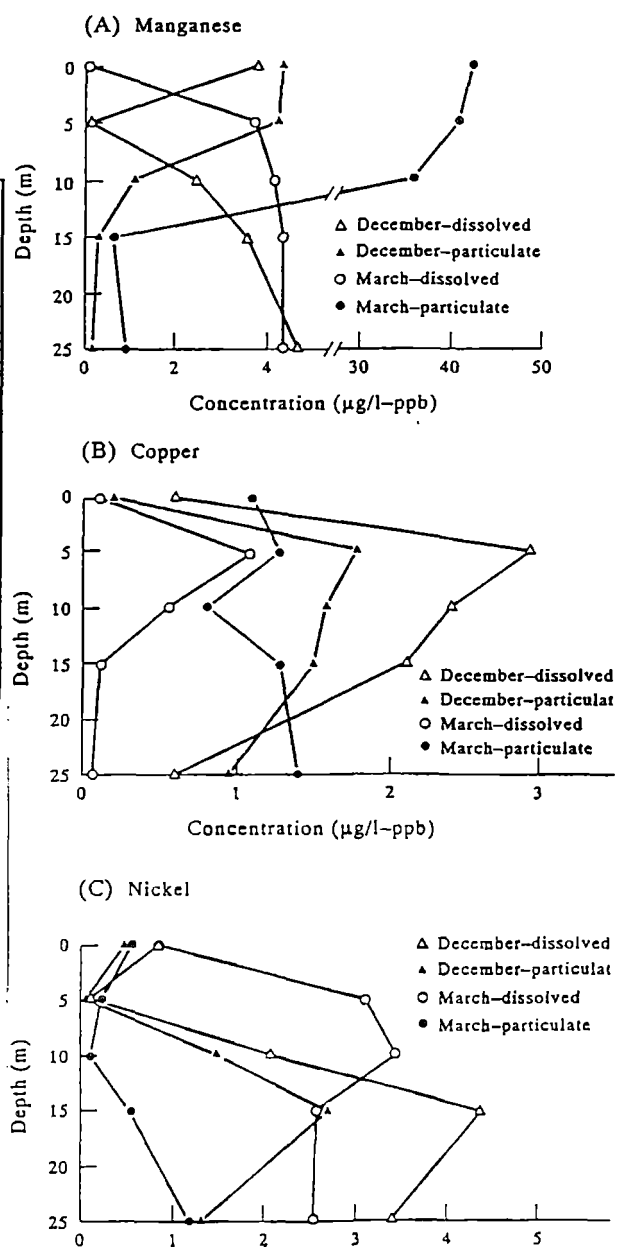
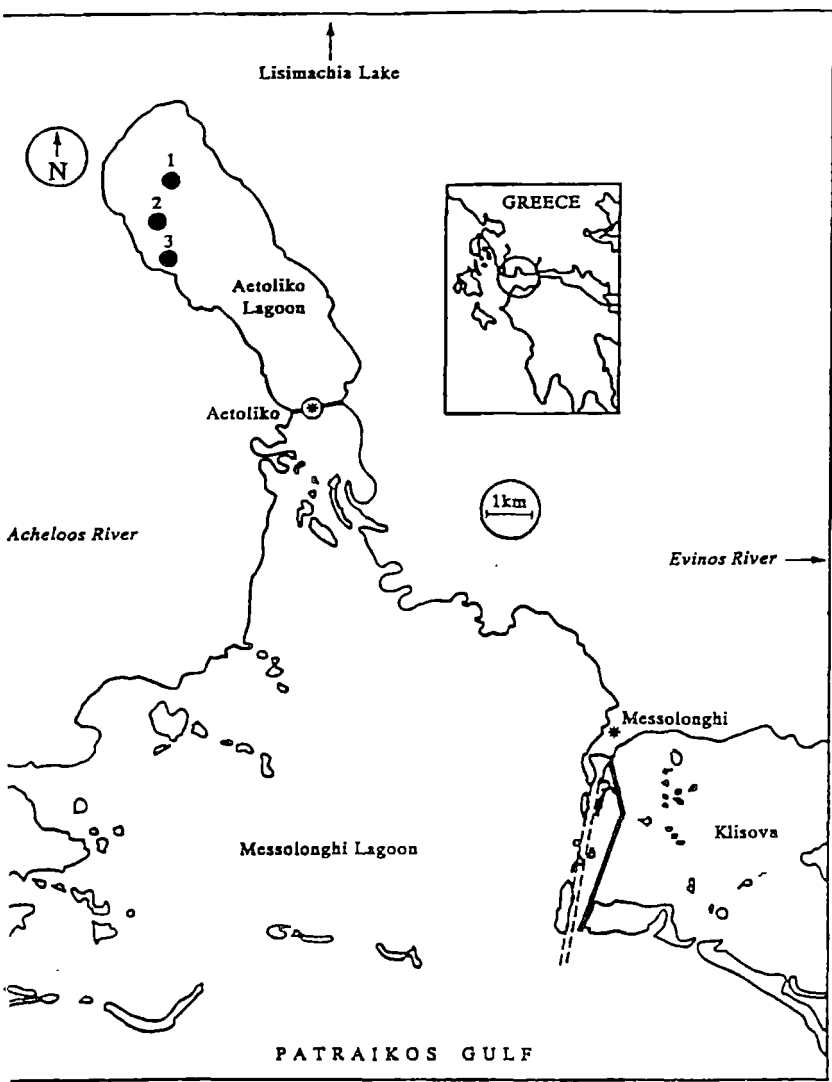
Η αποικοδόμηση της οργανικής ύλης είναι η κύρια αιτία των αυξημένων συγκεντρώσεων των φωσφορικών ,των πυριτικών και της αμμωνίας στα βαθύτερα στρώματα. Επίσης συμβάλλει και η διάλυση αυτών απο το ίζημα στο νερό, με το χαμηλότερο PH των ανοξικών νερών (Stumm 1973). Για τον φώσφορο ειδικά, σύμφωνα με στοιχεία απο την μελέτη της λιμνοθάλασσας Maryut (Νείλος) οι αυξημένες συγκεντρώσεις ασβεστίου μειώνουν την παρουσία του στο ίζημα. Το αναμένεται να συμβαίνει και σε παρόμοια ιζήματα του Αιτωλικού εν συγκρίσει με κείνα που στερούνται ασβεστιπικών σκελετικών στοιχείων.

**Ca-Mg** : Η μέση συγκέντρωση του ασβεστίου στο νερό είναι 450-500mg/l με τάση να αυξάνεται με το βάθος.Υπάρχει υπερκορεσμός όλου του υδάτινου όγκου σε ασβεστίτη.Για το μαγνήσιο ισχύει η ίδια αυξητική τάση και έχει μέση συνκέντρωση 80 mg/l.

**H<sub>2</sub>S** : Το υδρόθειο ανιχνεύεται απο τα 10μ βάθος και πέρα(ανοξική περιοχή) και στα 25-30μ που παρατηρούνται οι μέγιστες συγκεντρώσεις του (αυξημένη παρουσία οργανικής ύλης στον πυθμένα) ο μέσος όρος του είναι 40-50mg/l. Παρατηρούνται όμως μεγάλες διακυμάνσεις ανάλογα την εποχή (μέγιστη τιμή 80mg/l μετρήθηκε τον χειμώνα -Δεκέμβρη- μάλλον λόγω της αυξημένης οργανικής ύλης απο την χειμερινή αύξηση φυτοπλαγκτού και ζωοπλαγκτού-βλ.σχετικά -) και την θέση δειγματοληψίας που έχει να κάνει με την ποσότητα του οργανικού υλικού. (Μετρήσεις Χατζιδάκη 1952)

**SO<sub>4</sub>** : Κατα τον Mortimer(1971) τα θειικά ιόντα θα έπρεπε να βαίνουν μειούμενα με το βάθος μια και τα θειοβακτήρια χρησιμοποιούν τις θειικές ρίζες ως πηγή οξυγόνου για την αποικοδόμηση της οργανικής ύλης (έτσι παράγεται θείο και απ' αυτό υδρόθειο). Αυτό φαίνεται απ' τον λόγο Cl/SO<sub>4</sub> που αυξάνεται με το βάθος (5,1 στα 0,5μ & 8,7 στα -25μ :στοιχεία ΑΠΘ). Όμως σε απόλυτες τιμές τα θειικά αυξάνουν σταθερά με το βάθος (1500->1600mg/l) μια και τα βαθύτερα στρώματα προέρχονται πρωτογενώς απο θαλάσσιο τύπο νερού που έχει αυξημένα θειικά. Στην αυξημένη παρουσία θειικών συμβάλλει η διάλυση του γύψου των πετρωμάτων - όπως ειπώθηκε παραπάνω- αλλά και η χημική σύσταση των νερών απο το ανλιοστάσιο D6 (χημική ανάλυση ΑΠΘ).

**Μέταλλα** : Σύμφωνα με τον Σκουλό κ.α 1992, οι συγκεντρώσεις των μετάλλων στην υδάτινη στήλη του Αιτωλικού είναι αυξημένες τόσο λόγω της μορφολογίας της λεκάνης (κλειστή) όσο και λόγω της ρύπανσης που δέχεται. Το 1990 οι : Ντασσενάκης, Κρασακοπούλου και Ματζάρα απο το Πανεπιστήμιο Αθηνών μελέτησαν την κατανομή των Mn, Cu, Ni, & Pb στην υδάτινη στήλη σε δύο σταθμούς στο βόρειοδυτικό τμήμα της λεκάνης (βλ. σχετικό χάρτη). Τα κυριώτερα συμπεράσματά τους ήταν τα εξής : Έως τα 10 μ (οξειδοαναγωγικό όριο) κυριαρχεί η διαλυμένη μορφή των μετάλλων Cu, Ni ενώ το Mn βρίσκεται στην σωματιδιακή μορφή των οξειδίων του. Μετά τα 10 μ και ιδιαίτερα κοντά στον πυθμένα οι διαλυμένες μορφές των Cu, Ni ελαχιστοποιούνται λόγω της προσρόφησης απο το οργανικό υλικό και το σχηματισμό σουλφιδίων, με αντίστοιχη αυξηση των σωματιδιακών. Αντίθετα η διαλυμένη μορφή του Mn παραμένει υψηλή όσο ήταν στα 10μ μια και στο ανοξικό περιβάλλον δεν ευνοείται η μορφή των οξειδίων (σωματιδιακή μορφή). Ο Pb δεν παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις με το βάθος εκτός των αυξημένων τιμών του στην επιφάνεια λόγω της γνωστής ατμοσφαιρικής του προέλευσης. Η διακύμανση της διαλυμένης μορφής του ήταν 240 - 360 ppm ενώ της σωματιδιακής 50 - 410 ppm για τη δειγματοληψία που έγινε τον Μάρτιο. Στην **εικόνα 4.1** φαίνονται οι κατανομές με το βάθος (1-25μ) των υπολοίπων στοιχείων για τη διαλυμένη και την σωματιδιακή μορφή. Η δειγματοληψία του Δεκεμβρίου αποδίδει την διατάραξη της υδάτινης στήλης αφού έγινε λίγο μετά το περιστατικό του οικολογικού "shock" του Νοεμβρίου το 1990. Αντίθετα οι κατανομές του Μαρτίου προσεγγίζουν την επικρατούσα κατάσταση στο Αιτωλικό.



Εικόνα 4.1. Κατανομές ιχνημετάλλων στην υδάτινη στήλη και σταθμοί δειγματοληψίας.

**Αιωρούμενο υλικό :** Απο μετρήση του Παν.Αθηνών το Μάρτη του 1990 [σταθμός 1 (0-25 m) στο ΒΔ τμήμα] το ολικό αιωρούμενο υλικό στην επιφάνεια είναι 30-35mg/l. Στην συνέχεια μειώνεται και μεταξύ 5 και 15 μέτρων (ελάχιστη τιμή στα 10 μ) παρουσιάζει τις μικρότερες τιμές του : 3-15 mg/l. Απο τα 15 μ αυξάνεται έντονα ,φτάνει τα 60mg/l (20μ) και στα 25 μ τα 170mg/l. Η αύξηση αυτή απο τα 15μ και ακόμη πιο έντονη απο τα 20 μ έως τον πυθμένα , δεν μπορεί να δικαιολογηθεί μόνο απο την καταβύθιση των σωματιδίων απο τα υπερκείμενα στρώματα,τα οποία φτάνοντας στα ηρεμότερα και πιο βαθιά "συσσωρεύονται" σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις λόγω και της πρώιμης καθίζησης απο την αύξηση της αλατότητας. Έχει να κάνει πιο πολύ με την επαναιώρηση του ιζήματος. Εφόσον όμως κάτω απο τα 15μ και ακόμα περισσότερο κάτω απο 20 μ απουσιάζει κάθε μηχανισμός επαναιώρησης που έχει να κάνει με ανεμογενή ρεύματα,ρεύματα πυκνότητας, ή βιοαναμόχλευση (το βένθος απουσιάζει λόγω ανοξικών συνθηκών) τι είναι εκείνο που προκαλεί τόσο σημαντική παρουσία αιωρούμενου υλικού απο το ίζημα ; Η απάντηση πρέπει να αναζητηθεί στις διαφυγές αερίων και αυτό αποδεικνύεται απο τις ηχογραφίες του ηχοβολιστή πλευρικής σάρρωσης (βλ. σχετικό κεφ).

#### ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ.

Τα παρακάτω στοιχεία προέρχονται απο την μελέτη του ΕΚΘΕ(1984) και αναφέρονται σε δειγματοληπτικούς σταθμούς που φαίνονται στον **χάρτη 4.2.**

**Φυτοπλαγκτόν :** Στον παρακάτω **πίνακα 4.4** φαίνεται η περιεκτικότητα των φυκών % και η ολική περιεκτικότητα, στους σταθμούς S15 & S16 για δειγματοληψίες Ιουνίου & Δεκεμβρίου.

Σταθμός	διάτομα %	δινομασσιγοτά %	κοκκολιθοφόρα %	πυρροφόρα %	μικρομασσιγοτά %	ολικός αριθμός $\times 10^3$ κου/l
S 15	42,5	17,3	0	0,01	40,0	1588
S16	26,4	6,8	0	0	72,8	2195

Πίνακας 4.4α : δειγματοληψία Ιουνίου.

Σταθμός	διάτομα %	δινομασσιγοτά %	κοκκολιθοφόρα %	πυρροφόρα %	μικρομασσιγοτά %	ολικός αριθμός $\times 10^3$ κου/l
S 15	10,9	0,01	0,05	0	88,9	4091
S16	26,4	0,7	0	0	72,8	2302

Πίνακας 4.4β : δειγματοληψία Δεκεμβρίου.



Με την επιφύλαξη ότι οι παραπάνω δειγματοληψίες είναι ενδεικτικές, μπορούμε να πούμε ότι : Η σημαντική παρουσία διατόμων σε συνδυασμό με το υψηλό ποσοστό οργανικού υλικού μπορεί να προσδίδει εν μέρει στο ίζημα και ιδιότητες της "γης διατόμων"( βλ. πυριτικά-οργανικά ιζήματα στο γενικό μέρος). Το φυτοπλαγκτό στο Αιτωλικό φαίνεται να έχει λιγότερη ανάπτυξη σε σχέση με τη λιμνοθάλασσα Μεσολογίου παρόλο το γεγονός ότι η περιοχή παρουσιάζει μεγαλύτερες συγκεντρώσεις θρεπτικών (ΕΚΘΕ). Το γεγονός αυτό προδίδει την ύπαρξη ενός ή περισσότερων περιοριστικών παραγόντων για την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού στο Αιτωλικό.

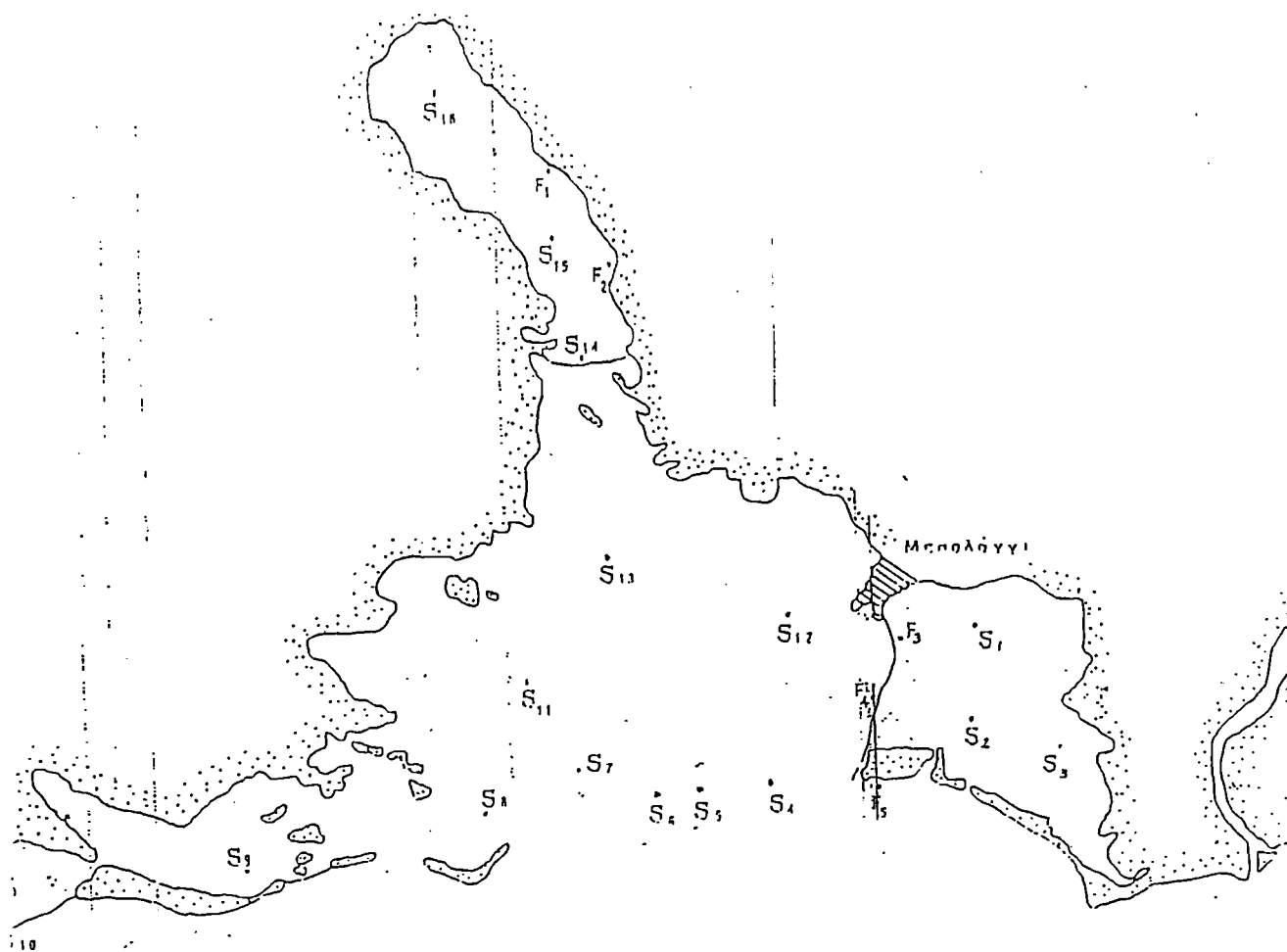
**Ζωοπλαγκτόν :** Το ζωοπλαγκτόν ακολουθεί το φυτοπλαγκτόν και έτσι αυξάνεται τον Δεκέμβριο (2566 άτομα/m<sup>3</sup>) ενώ το Μάρτιο πέφτει στα 178 άτομα/m<sup>3</sup> και τον Ωκτώμβρη στα 513 άτομα/m<sup>3</sup>. (επιφανειακές δειγματοληψίες ΕΚΘΕ)

**Βένθος :** Δεδομένου ότι το βένθος έχει σημαντικό ρόλο για τα χαρακτηριστικά των ιζημάτων (βιοαναμόχλευση-επαναιώρηση-κινητικότητα μετάλλων) παρακάτω δίνονται ορισμένα στοιχεία ώστε να διαπιστωθεί ποια είναι η παρουσία του στο Αιτωλικό.

Στο Αιτωλικό δεν έχει γίνει συστηματική μελέτη του ζωοβένθους. Ωστόσο από τα αποτελέσματα 3 σταθμών του Ε.Κ.Θ.Ε. (1984 βλ. σχετικά **χάρτη 4.2**) αλλά και από την μακροσκοπική παρατήρηση των δειγμάτων αυτής της εργασίας συμπεραίνονται τα εξής στοιχεία.. Από την λιμνοθάλασσα και όσο προχωρεί κανείς βαθύτερα στο Αιτωλικό ο δείκτης βιοποικιλότητας ( Ε.Κ.Θ.Ε., δείκτης Shannon Weaver) μειώνεται και φτάνει σε τιμές κάτω του δύο. Αντίθετα η βιομάζα αυξάνεται από την βόρεια λιμνοθάλασσα (σταθμοί Ε.Κ.Θ.Ε. S<sub>11</sub>,S<sub>12</sub>,S<sub>13</sub>) έως τον διάυλο κοντά στη γέφυρα ,στον σταθμό S<sub>14</sub> όπου το ξηρό βάρος μετρήθηκε 1,4085 gr/0,034 m<sup>3</sup>. Προχωρώντας μέσα στο Αιτωλικό και όσο το βάθος αυξάνεται (όσο δηλ. το οξυγόνο βαίνει ελαττούμενο) η βιομάζα σταδιακά μειώνεται και φτάνει στον σταθμό S<sub>15</sub> (βάθος 6-7 m) ξηρό βάρος 0,2620gr/0,034m<sup>3</sup> ( 5 φορές μικρότερο απ'αυτό του διαύλου κοντά στη γέφυρα). Στον σταθμό S<sub>16</sub> (βάθος 20 μ) υπάρχει πλήρης απουσία χλωρίδας ή πανίδας μια και η μόνη μορφή ζωής που μπορεί να επιβιώσει εκεί είναι αναερόβια βακτήρια. ).Στον **πίνακα (4.5)** φαίνονται οι κυριώτερες τάξεις οργανισμών του ζωοβένθους που βρέθηκαν στο Αιτωλικό και τα ποσοστά συμμετοχής τους.

Τάξη % συ- μμετο- χη	Ανθό- ζωα	Πολύ χαιτα	Ολιγό χαιτα	Μαλά- κια	Ισό- ποδα	Διθυ- ρα	Αμφί- ποδα	Έντο- μα	άτομ/ 0.034 m <sup>3</sup>	αρι- θμός ειδών
S14	1,2	13	0,5	1,2	32	50,7	0,5	0,9	347	13
S15	0	12,2	0	1	1	82,7	1	1	98	9
S16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 4.5



Χάρτης 4.2 : Σταθμοί δειγματοληψίας μακροζωβένθους (S) & υδρόβιας χλωρίδας (F) σε Μεσολογί - Αιτωλικό. Πηγή- έρευνα: ΕΚΘΕ.

Απ' τον πίνακα 4.5 παρατηρούμε το μεγάλο ποσοστό των διθύρων ( κυρίως *Abra alva* & *Abra tenuis*) απο τα οποία προκύπτει το μεγαλύτερο μέρος των ασβεστολιθικών σκελετικών στοιχείων του πυθμένα.

Τα παραπάνω στοιχεία συμφωνούν με τα συλλεχθέντα δείγματα αυτής της εργασίας μόνο που τα τελευταία προσθέτουν την επίσης έντονη παρουσία ασβεστολιθικών σκελετικών στοιχείων που προέρχονται απο εδραίους σκώληκες (τραγάνα) και δίνουν μια πλήρη εικόνα της κατανομής αυτών στην περιοχή. Αυτό ισχύει διότι σε όσα δείγματα υπάρχουν ψηφίδες, αυτές είναι στην ουσία σκελετικά στοιχεία του ζωβένθους (οι ψηφίδες ταυτίζονται με τα σκελετικά στοιχεία οργανισμών που αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό >50 % των ατόμων του βένθους). Συνεπώς η διακύμανση του ποσοστού τους μπορεί να δώσει μια εικόνα της διακύμανσης του ζωβένθους στην περιοχή ,άρα και του βαθμού βιοαναμόχλευσης. Βέβαια σκελετικά στοιχεία υπάρχουν και στο κλάσμα της άμμου, αυτό όμως μετακινείται ευκολότερα απο τα ρεύματα και δεν είναι τόσο αντιπροσωπευτικό όσο οι ψηφίδες. Ο πίνακας 4.6 δείχνει τα μέσα ποσοστά των ψηφίδων για κάθε σταθμό (1 έως 18 : σύνολο 17 σταθμοί μια και το δείγμα του σταθμού 5 δεν έχει αναλυθεί) . Ο χάρτης των ψηφίδων (βλ. κοκκομετρία Αιτωλικού χάρτης 5.2) αποτυπώνει γεωγραφικά τα ποσοστά αυτά. Απο τον χάρτη επαληθεύεται ότι το βένθος αναπτύσσεται έως την ισοβαθή των 10 μ περίπου - εκεί δηλ. που υπάρχει οξυγόνο.

Σ	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
%	81	54	50	62	48	59	48	46	0	0	0	0	59	0	26	19	35

Πίνακας 4.6: μέσα ποσοστά ψηφίδων επι του ολικού βάρους των δειγμάτων για κάθε σταθμό.

Όσον αφορά τα μακρόφυτα σύμφωνα με το Ε.Κ.Θ.Ε. (1984) υδρόβια χλωρίδα βρέθηκε μόνο στους σταθμούς F1 και F2 (βλ. χάρτη), κοντά στις ακτές .σε βάθη που κυμαίνονταν απο 0,30 έως 1,00 μέτρα και με μικρή ανάπτυξη και εξάπλωση. Το πιο διαδεδομένο είδος ήταν το σπερματοόφυτο *Gymnodocea nodosa*. Τα παραπάνω συμφωνούν και με την μακροσκοπική παρατήρηση των δειγμάτων μας. Μόνο στο δείγμα 12/1 παρατηρήθηκαν ίχνη απο φυτικές ίνες, εκτιμάται όμως πως είναι χερσογενούς προέλευσης. Συνεπώς ένας παράγοντας που θα λειτουργούσε σταθεροποιητικά στο ίζημα, σχεδόν απουσιάζει.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο : ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΑΙΤΩΛΙΚΟΥ.****5.1. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΝΕΣΗ ΣΤΟ ΑΙΤΩΛΙΚΟ.****Εισαγωγή**

Πριν προχωρήσουμε στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων της εργασίας μας για την κοκκομετρική σύνθεση των ιζημάτων του Αιτωλικού ,κρίνουμε σκόπιμο να παρουσιάσουμε τους παράγοντες που την επηρεάζουν σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στο γενικό μέρος “Ο ρόλος των ιζημάτων”. Στη συνέχεια θα συσχετισθούν σύμφωνα με τα αποτελέσματα και με άλλα στοιχεία ώστε να προκύψουν τα τελικά συμπεράσματα.

**Γεωλογία της λεκάνης απορροής.**

Στο σύστημα του Αιτωλικού,εκεί όπου δεν υπάρχει βιογενής δραστηριότητα (απουσία σκελετικών στοιχείων) κυριαρχεί το λεπτόκοκκο μέρος.Αυτό δεν είναι άσχετο με την γεωλογική σύνθεση της γύρω χέρσου που κυριαρχείται απο Νεογενείς αποθέσεις αργιλοψαμμικού χαρακτήρα (Αλμπανάκης-Ψιλοβίκος-Βουβαλίδης-Παλικαρίδης). Οι αποθέσεις αυτές είναι ευάλωτες στις διαβρωτικές δράσεις του νερού και του αέρα. Επιπλέον η ανθρωπογενής δράση ( καλλιέργειες της γης ) που αναπτύσσεται γύρω απο τη λεκάνη του Αιτωλικού συμβάλλει στην αύξηση του λεπτόκοκκου υλικού (ίσως θα έπρεπε να δούμε που ακριβώς υπάρχει ισχυρή παρουσία των παραπάνω χαρακτηριστικών και σε συνδυασμό με τη μελέτη του υδρογραφικού δικτύου να εξηγήσουμε μερικά αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης). Επίσης η φύση του χονδρόκοκκου υλικού είναι απηρεασμένη απο την σύνθεση των πετρωμάτων της περιοχής. Η απόπλυση των πλούσιων σε ασβεστίτη πετρωμάτων, προκαλεί μεγάλες συγκεντρώσεις Ca στην υδάτινη στήλη . Το Ca χρησιμοποιείται απο τους οργανισμούς για να φτιάξουν τα σκελετικά τους στοιχεία. Όταν οι οργανισμοί αυτοί πεθάνουν, τα σκελετικά τους στοιχεία αποτελούν μέρος του χονδρόκοκκου υλικού. Στο Αιτωλικό αποτελούν το υψηλότερο ποσοστό του αδρόκοκκου μέρους για πολλά δείγματα (βλ.σχετικό πίνακα).

**Υδρολογία της λεκάνης απορροής.**

Στο Αιτωλικό το μέσο ετήσιο ύψος των βροχοπτώσεων είναι 764 χιλστ (Κλαουδάτος) και το κύριο μέρος τους πέφτει απο Ωκτώβρη ως τα τέλη του Μάρτη. Ακόμη το υδρογραφικό δίκτυο είναι περισσότερο αναπτυγμένο ανατολικά και βόρεια και λιγότερο δυτικά της υδάτινης λεκάνης (βλ.σχετικό χάρτη). Τα παραπάνω ίσως δίνουν μια εξήγηση για την κατανομή των κόκκων. Αναμένεται δηλαδή μια

μεγαλύτερη παρουσία των αδρομερέστερων χερσογενών υλικών (κυρίως άμμο) προς τις περιοχές που εκβάλλουν οι μεγαλύτεροι και περισσότεροι χείμματοι και οι αυξημένες ροές εκεί μπορούν να παρασύρουν τέτοια υλικά (φυσικά αυξημένες θα είναι και οι ποσότητες του λεπτόκοκκου υλικού). Αντίθετα η διάβρωση των εδαφών κατά τις πιο ξηρές περιόδους ευνοεί πιο πολύ τη μεταφορά του λεπτόκοκκου μέρους.

#### **Ενέργεια (ρεύματα-παλίρροια).**

Για το Αιτωλικό οι άνεμοι είναι εκείνοι που επηρεάζουν καθοριστικά τις κινήσεις των επιφανειακών στρωμάτων του Αιτωλικού (Ε.Κ.Θ.Ε.). Αντίθετα, με τα στοιχεία παλαιότερων μελετών, έχει διαπιστωθεί ότι τα ρεύματα και η παλίρροια που έρχονται από το στόμιο επικοινωνίας του με την λιμνοθάλασσα Μεσολογίου δεν φαίνεται να το επηρεάζουν σημαντικά. Σύμφωνα με την ερευνητική ομάδα του Α.Π.Θ. σε κανονικές συνθήκες ανέμου και στο διάστημα ενός παλιρροιακού κύκλου (6 h), εισρέουν ή εκρέουν από το στενό επικοινωνίας μόνο 97500 m<sup>3</sup> νερού δηλ. όγκος 2000 περίπου φορές μικρότερος από τον όγκο της υδάτινης λεκάνης του Αιτωλικού (195x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>). Ο όγκος αυτός αυξάνει σε έντονες συνθήκες (άνεμοι 8 μποφόρ ΝΔ και με διάρκεια τουλάχιστον 30h) στα 3,7x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Οι έντονες όμως αυτές συνθήκες είναι σχετικά περιορισμένες κατά την διάρκεια του έτους. Έτσι δεν αναμένεται σημαντική επίδραση του ιζήματος του Αιτωλικού από την πλευρά της λιμνοθάλασσας.

Εκτός όμως από την περιορισμένη του επικοινωνία με την λιμνοθάλασσα, το Αιτωλικό έχει δύο ακόμη λόγους που το κάνουν μια περιοχή με χαμηλή σχετικά ενέργεια: Ο πρώτος είναι η ολοχρονική, πλην σπάνιων εξαιρέσεων (βλ. σχετική αναφορά), στρωμάτωση των νερών του, που εκτός της περιορισμένη κυκλοφορίας και της μορφολογίας του πυθμένα οφείλεται κυρίως στην μονίμως μεγαλύτερη πυκνότητα των βαθύτερων στρωμάτων (θαλάσσιος τύπος νερών) σε σχέση με τα επιφανειακά. Ο δεύτερος είναι η μικρή αναλογία επιφάνειας / όγκου που περιορίζει την επίδραση των ανέμων που το μεγαλύτερο ετήσιο ποσοστό τους δεν υπερβαίνει τα 3 μποφόρ. Τα παραπάνω συμβάλλουν στη δημιουργία συνθηκών χαμηλής ενέργειας και γι' αυτό αναμένεται η επικράτηση του λεπτόκοκκου μέρους τουλάχιστον στον πυθμένα των μεγαλύτερων βαθών (γίνεται αυτή η διάκριση διότι στα μικρότερα βάθη - έως 7 μ - υπάρχουν αφενώς μεγαλύτερη ενέργεια που δεν ευνοεί την παραμονή του λεπτόκοκκου μέρους, αφετέρου δε μεγάλα ποσοστά βιογενούς χονδροκόκκου υλικού). Ενδιαφέρον θα είχε η σύγκριση του χάρτη κατανομής των βαθών (Ψιλοβίκος κ.α 1995) με τον χάρτη της κοκκομετρίας της παρούσης εργασίας.

Σ' αυτό το σημείο αξίζει να γίνει μια αναφορά στην σπάνια περίπτωση να εμφανιστεί έντονα το φαινόμενο downwelling-upwelling στο Αιτωλικό. Αυτό φαίνεται να συμβαίνει όταν φυσούν για αρκετές μέρες ισχυροί νοτιαδες και νερά υψηλής πυκνότητας μπαίνουν από την λιμνοθάλασσα ,βυθίζονται προς τα κάτω ,και τα βαθύτερα (πλούσια σε αιωρούμενο υλικό) εκτοπίζονται προς τα πάνω. Τότε η θολερότητα γίνεται μέγιστη και γίνεται κάθετη άνοδος , λεπτόκοκκου κυρίως υλικού, προς τα επάνω. Ωστόσο, φαινόμενα ανάμειξης της υδάτινης στήλης δεν αποκλείεται να προκαλούνται από διαφυγές αερίων από τον πυθμένα (βλ. σχετικό κεφ. με τις ηχογραφήσεις του ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης) Αξίζει να σημειωθεί ότι συνθήκες ανάμειξης που συναντούμε σε παριβάλλοντα εστούαρας αναπτύσσονται στη βόρεια περιοχή του Πόρου και μέχρι το δίαυλο ,καθώς το χαμηλής αλατότητας επιφανειακό νερό του Αιτωλικού εκρέει πάνω από το αλμυρότερο της λιμνοθάλασσας. Μάλιστα μέγιστη θολερότητα υπάρχει κατά την πλημμυρίδα μια και οι κινήσεις επιφανειακού και βαθύτερου στρώματος είναι αντίθετες και δημιουργούνται στρόβιλοι. Κατά την άμπωτη η ταχύτητα των καθοδικών ρευμάτων θα είναι η μέγιστη μια και οι προαναφερθείσες κινήσεις είναι προς την ίδια φορά.

Τέλος κατά την μέγιστη παροχή των χειμάρων στο βόρειο τμήμα και λόγω της αυξημένης αλατότητας στα βαθύτερα στρώματα ,θα έλεγε κανείς πως δυναμικά το Αιτωλικό μοιάζει μ' ένα περιβάλλον εστούαρας στο οποίο όμως απουσιάζει η επίδραση της παλίρροιας.

### **Αλατότητα**

Όσον αφορά την αλατότητα ,αυτή αυξάνεται με το βάθος και στα 15μ είναι γύρω στα 20ppt ενώ φτάνει τα 27-30 ppt στα μέγιστα βάθη. Στις περιοχές λοιπόν που η αλατότητα αυξάνεται , η καταβύθιση του λεπτόκοκκου μέρους θα γίνεται με γρηγορότερους ρυθμούς απ' ότι στις ρηχότερες και πιο υφάλμυρες ,λόγω της αυξημένης τάσης για συσσωμάτωση που οδηγεί στην πρώιμη καθίζηση.

### **Επαναιώρηση**

Η ανεμογενής επίδραση είναι μεγαλύτερη στις ρηχότερες περιοχές (0-7μ) και το λεπτόκοκκο τείνει να μετακινείται στην κατεύθυνση των ρευμάτων που προκαλούνται από τους επικρατούντες ανέμους. Στο ίζημα των ρηχότερων περιοχών επιδρούν επίσης και οι ναυσιπλοϊκές δραστηριότητες των ψαράδων.

Βένθος : Το βένθος είναι σημαντικός παράγοντας στην δημιουργία επαναιώρησης μπορεί να λειτουργήσει όμως και ως σταθεροποιητής του ιζήματος με την παρουσία βενθικών μακροφύτων. Για το Αιτωλικό εκτιμάται πως το βένθος δρα αποσταθεροποιητικά στις περιοχές που εμφανίζεται (βλ χάρτη ψηφίδων

κεφ. 2ο) με δύο τρόπους : 1) μέσω της βιοαναμόχλευσης & 2) μέσω της μη συμπαγοποίησης των ιζημάτων (αύξηση του πορώδους) με την παρουσία άφθονων σκελετικών στοιχείων διαφόρων μεγεθών μέσα στο λεπτόκοκκο κλάσμα.

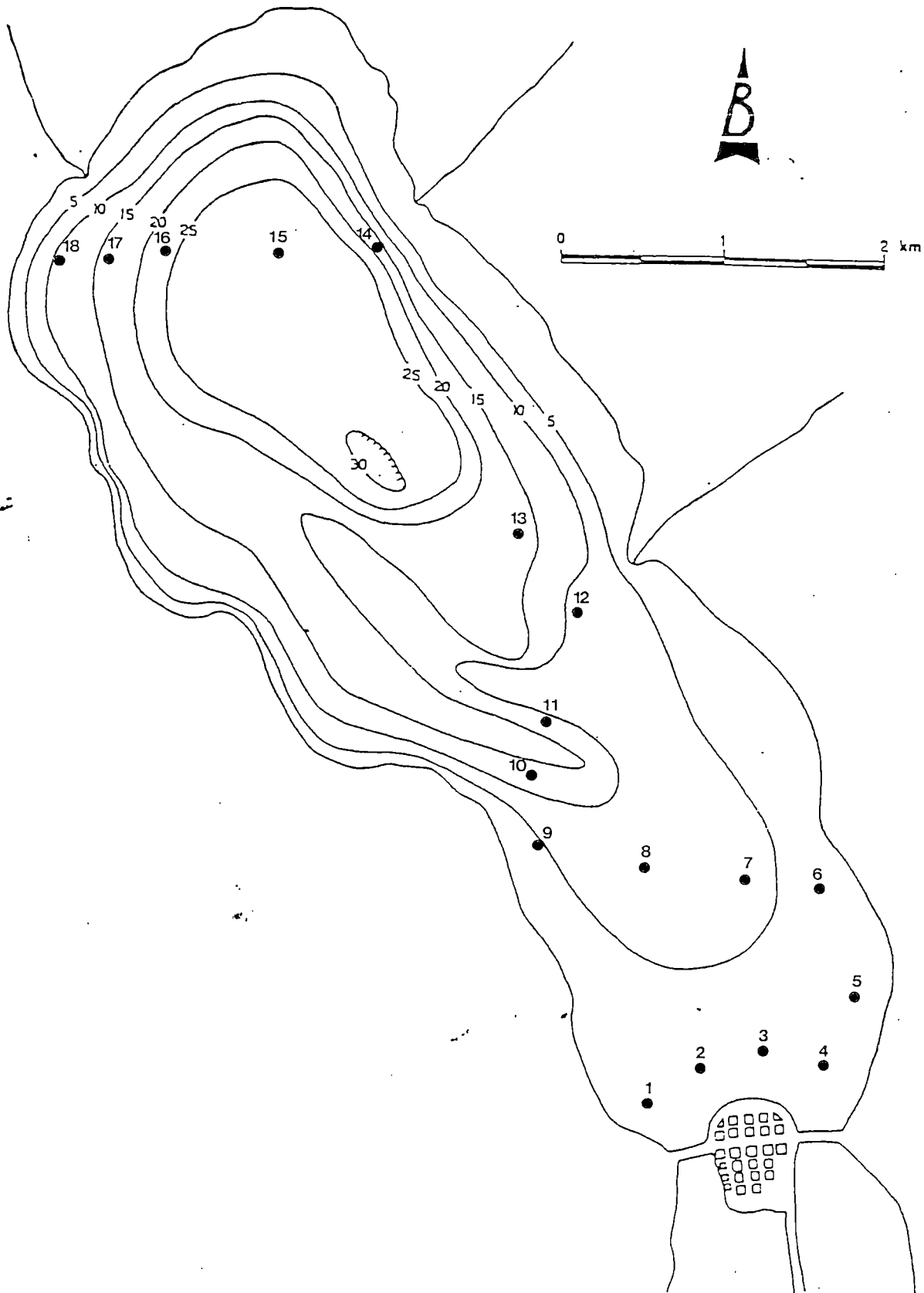
Όσον αφορά φαινόμενα κατακλύσεων διόλου απίθανο να συμβαίνουν στο Αιτωλικό σε μικρή όμως έκταση λόγω των μικρών κλίσεων (max 3-4 %) στο βορεινό του τμήμα κι αυτό για δύο λόγους 1) οι μεγαλύτεροι χείμαροι εκβάλλουν βόρεια και βορειοδυτικά. Άρα υπάρχει τοπικά μεγαλύτερο φορτίο ιζήματος που μάλιστα αναμένεται να έχει πιο πολλά χερσογενή χονδροκόκκα υλικά που μειώνουν τις συνεκτικές ιδιότητες του ιζήματος . 2) στα σημεία που εκβάλλουν οι χείμαροι η κλίση του πυθμένα είναι η πιο απότομη της λεκάνης (βλ τομή ΑΑ σχήμα 3) ευνοώντας τις βαρυτικές δυνάμεις να δράσουν 3) η ευρύτερη περιοχή (πρόκειται γι'αυτήν μεταξύ των παραλλήλων 38,2B - 39,1B και των μεσημβρινών 20,6A - 21,8A) παρουσιάζει αρκετή σεισμική δραστηριότητα.

Τέλος ,στις περιοχές των μεγαλύτερων βαθών (>10μ) του Αιτωλικού ελαχιστοποιούνται ή λείπουν οι παραπάνω παράγοντες επαναιώρησης ( κυρίως βιοαναμόχλευση ,ανεμογενή ρεύματα) και όπως έχει αναφερθεί σε βάθη >20μ επικρατεί ένα αμετάβλητο στρώμα. Ωστόσο σύμφωνα με την καταγραφή του ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης απ'όπου φαίνεται το ανάγλυφο του πυθμένα ,διακρίνονται διάσπαρτα σημάδια ανατάραξης του πυθμένα (κρατήρες-rockmarks) απο διαφυγές αερίων (πιθανότατα H<sub>2</sub>S χωρίς να αποκλείονται και άλλα όπως CH<sub>4</sub>) και σε άλλες περιοχές ανακλάσεις απο φυσαλίδες στην υδάτινη στήλη. Σ'αυτές λοιπόν τις περιοχές (βλ. σχετικό χάρτη στο κεφ 7) αναπτύσσεται ένας διαφορετικός μηχανισμός επαναιώρησης του ιζήματος. Σε τελευταία ανάλυση ο ευτροφισμός είναι η γεννεσιουργός αιτία αυτού του μηχανισμού αλλά και αντίστροφα ο μηχανισμός αυτός απελευθερώνει θρεπτικά στην υδάτινη στήλη ευνοώντας τον ευτροφισμό.Για περισσότερες πληροφορίες βλέπε στο σχετικό κεφάλαιο.

## 5.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ (ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ).

### Εισαγωγή.

Για την ιζηματολογία του Αιτωλικού έγινε κοκκομετρική ανάλυση σε επιλεγμένο αριθμό δειγμάτων απο 18 συνολικά σταθμούς. Η κατανομή των σταθμών φαίνεται στον χάρτη 5.1. Ο σταθμός 5 δεν συμπεριελήφθη τελικά στις αναλύσεις. Ο συμβολισμός των δειγμάτων προσδιορίζει τον σταθμό της δειγματοληψίας τους και το αν είναι επιφανειακά ή υποεπιφανειακά (βλέπε παράρτημα : εργασίες υπαίθρου).



Χάρτης 5.1 : Κατανομή των σταθμών δειγματοληψίας στο Αιτωλικό



Για τα λεπτόκοκκα υλικά εφαρμόστηκε η μέθοδος της πιπέτας και τα χονδρόκοκκα αναλύθηκαν σε επιμέρους κλάσματα με κόσκινα. (περισσότερα για την μεθοδολογία και ποιές τάξεις επιλέχθηκαν, βλέπε στο παράρτημα). Έτσι υπολογίστηκαν τα ποσοστά συμμετοχής κάθε αναλυθείσας τάξης μεγέθους σε κάθε δείγμα και έγινε η γεωγραφική απεικόνισή τους. Τα πρωτογενή αποτελέσματα παρουσιάζονται στο παράρτημα της παρούσας εργασίας.

Στην συνέχεια και σύμφωνα με τα ποσοστά των : ψηφίδων, άμμου, πηλού & άργιλου, έγινε ο λιθολογικός χαρακτηρισμός του κάθε δείγματος (με τριγωνικά διαγράμματα ταξινόμησης).

Υπολογίστηκαν επίσης οι στατιστικές κοκκομετρικές παράμετροι (μέσο μέγεθος  $Mz$ , τυπική απόκλιση  $Sd$ , λοξότητα  $Sk$  & κύρτωση  $Ks$ ). Οι στατιστικές παράμετροι περιγράφουν την ιζηματολογία και το περιβάλλον απόθεσης.

Τέλος στον πίνακα δεδομένων (ποσοστά κάθε επιμέρους τάξης μεγέθους για κάθε δείγμα -βλ. παράρτημα-) έγινε παραγοντική ανάλυση που παρουσιάζεται όμως αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο (κεφ. 6).

### **5.3 ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ.**

Στον πίνακα 5.1 φαίνεται το κατα βάρος ποσοστό των ψηφίδων, της άμμου, του πηλού και της άργιλου για κάθε δείγμα και αντίστοιχα ο λιθολογικός τους χαρακτηρισμός. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το 6,25% των δειγμάτων είναι ψηφίδες, το 28,13% ιλυούχες ψηφίδες, το 9% ιλυούχες αμμούχες ψηφίδες, το 3% αμμούχες ψηφίδες, το 3% πηλούχος άμμος, το 3% αμμούχος πηλός, το 34,4% ιλύς και το 9,4% ψηφιδούχος ιλύς. Στα δείγματά μας λοιπόν κυριαρχούν δύο ομάδες δειγμάτων. Η μια είναι οι ιλυούχες ψηφίδες που αναπτύσσεται στην νοτιοκεντρική περιοχή της λεκάνης έως την ισοβαθή των 10μ περίπου (βλ. τους αντίστοιχους σταθμούς στον χάρτη 1.5). Απο την μακροσκοπική παρατήρηση των δειγμάτων της πρώτης ομάδας το 100% των ψηφίδων είναι βιογενείς και συγκεκριμένα κελύφη απο το ζωοβένθος (γ'αυτό περιορίζεται στην οξυγονομένη ζώνη). Η άμμος των παραπάνω δειγμάτων είναι ως επι το πλείστον επίσης βιογενής (μικρότερα θραύσματα κελυφών). Η άλλη ομάδα είναι ιλύς και κυριαρχεί στο βόρειο και κεντρικό τμήμα της λεκάνης και μάλιστα στις βαθύτερες περιοχές (>20μ). Στις ανοξικές αυτές περιοχές δεν υπάρχουν κελύφη αλλά πολύ οργανικό & λεπτόκοκκο υλικό. Χαρακτηριστικός είναι επίσης ο σταθμός 12 όπου κυριαρχεί η άμμος που είναι όμως κυρίως χερσογενής.

δείγματα	ψηφίδες	αμμος	πηλός	άργιλος	χαρακτηρισμός
1	81,3813	12,3279	3,7513	2,5395	ψηφίδες
2	54,553	20,9364	10,6076	13,9031	ιλυούχες ψηφίδες
3	50,0692	15,4405	12,4542	22,0362	ιλυούχες ψηφίδες
4 1	68,9555	14,0599	5,3963	11,5887	ιλυούχες ψηφίδες
4 2	54,183	29,0678	5,2408	11,5084	ιλυούχες αμμούχες ψηφίδες
6	47,7087	39,9674	10,0991	2,2248	ιλυούχες αμμούχες ψηφίδες
7 a	83,1792	7,1509	2,5226	7,1473	ψηφίδες
7 1	48,0479	17,0241	34,928	0	ιλυούχες ψηφίδες
7 2	46,9257	18,6303	13,1913	21,2527	ιλυούχες ψηφίδες
8 a	60,7724	21,619	5,5027	12,1059	ιλυούχες αμμούχες ψηφίδες
8 1	37,3601	31,0737	12,5369	19,0293	ιλυούχες ψηφίδες
8 2	47,0103	20,6528	11,7751	20,5618	ιλυούχες ψηφίδες
9	46,1185	43,5447	5,2261	5,1108	αμμούχες ψηφίδες
10 1	0	3,5404	39,2198	57,2397	ιλύς
10 2	0	7,3777	47,2361	45,3862	ιλύς
11 1	0	8,1291	38,8608	53,0173	ιλύς
11 2	0	4,6208	38,6575	56,7217	ιλύς
12 1	0	40,2017	41,3447	18,4536	αμμούχος πηλός
12 2	0	51,1449	35,4851	13,3699	πηλούχος άμμος
12 3	0	3,5413	33,7159	62,7428	ιλύς
13 1	0	2,6408	38,4644	58,8948	ιλύς
13 2	0	2,9426	49,9237	47,1338	ιλύς
14	59,0099	20,0712	10,4288	10,4903	ιλυούχες ψηφίδες
15 1	0	5,1307	35,414	59,4553	ιλύς
15 2	0	6,0255	44,6677	49,3068	ιλύς
16 1	79,5795	9,6404	6,1856	4,5945	ιλυούχες ψηφίδες
16 2	0	2,2397	55,8109	41,9493	ιλύς
16 3	0	3,801	47,9528	48,2461	ιλύς
17 1	6,9158	25,5578	32,6215	34,9049	ψηφιδούχος ιλύς
17 2	29,8297	12,6341	28,8622	28,6739	ψηφιδούχος ιλύς
18 1	21,8871	23,8924	31,5827	22,6379	ψηφιδούχος ιλύς
18 2	51,5731	20,3306	17,0323	11,064	ιλυούχες ψηφίδες

Πίνακας 5.1 : ποσοστά κατα βάρους των κύριων κλασμάτων & λιθολογικός χαρακτηρισμός.

## 5.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.

Ο πίνακας 5.2 δείχνει τις στατιστικές κοκκομετρικές παραμέτρους σε κάθε δείγμα.

δείγματα	Mz	Sd	Sk	Kg	ψηφίδες	αμμος	πηλος	αργίλος
1	-1,8128	2,9054	2,6425	9,6097	81,3813	12,3279	3,7513	2,5395
2	0,6011	4,752	0,9598	2,448	54,553	20,9364	10,6076	13,9031
3	1,5178	5,4252	0,6343	1,6604	50,0692	15,4405	12,4542	22,0362
4 1	-0,4635	4,5293	1,568	3,8933	68,9555	14,0599	5,3963	11,5887
4 2	0,0306	4,4036	1,3776	3,5784	54,183	29,0678	5,2408	11,5084
6	0,0492	3,4435	0,7678	2,5375	47,7087	39,9674	10,0991	2,2248
7 a	-1,5846	3,6985	2,5574	8,0934	83,1792	7,1509	2,5226	7,1473
7 1	0,901	4,2735	0,3739	1,297	48,0479	17,0241	34,928	0
7 2	1,5901	5,3131	0,1225	1,0915	46,9257	18,6303	13,1913	21,2527
8 a	-0,2236	4,5081	1,4718	3,6338	60,7724	21,619	5,5027	12,1059
8 1	1,7356	5,0018	0,6201	1,8286	37,3601	31,0737	12,5369	19,0293
8 2	1,77	5,3448	0,6603	1,9	47,0103	20,6528	11,7751	20,5618
9	0,0649	3,5289	1,0489	3,5821	46,1185	43,5447	5,2261	5,1108
10 1	8,4078	2,2689	-0,5954	2,0188	0	3,5404	39,2198	57,2397
10 2	7,8462	2,3624	-0,3035	1,7524	0	7,3777	47,2361	45,3862
11 1	7,7698	2,4918	-0,3245	1,6049	0	8,1291	38,8608	53,0173
11 2	8,282	2,1489	-0,5839	2,2333	0	4,6208	38,6575	56,7217
12 1	5,4838	2,4523	0,8318	2,4083	0	40,2017	41,3447	18,4536
12 2	4,9499	2,1722	1,0515	3,0609	0	51,1449	35,4851	13,3699
12 3	8,4831	1,9052	-0,8047	2,8661	0	3,5413	33,7159	62,7428
13 1	8,3686	1,9229	-0,5536	2,4047	0	2,6408	38,4644	58,8948
13 2	8,0419	2,0367	-0,2023	1,9789	0	2,9426	49,9237	47,1338
14	0,1059	4,2569	1,1885	2,9743	59,0099	20,0712	10,4288	10,4903
15 1	8,255	1,9595	-0,7552	2,9139	0	5,1307	35,414	59,4553
15 2	8,0042	2,3246	-0,4088	1,8965	0	6,0255	44,6677	49,3068
16 1	-1,4669	3,4903	2,2404	6,9068	79,5795	9,6404	6,1856	4,5945
16 2	7,7548	2,0788	-0,0315	1,8189	0	2,2397	55,8109	41,9493
16 3	7,8957	2,1391	-0,2515	1,8475	0	3,801	47,9528	48,2461
17 1	5,7826	4,0175	-0,4852	2,439	6,9158	25,5578	32,6215	34,9049
17 2	3,894	5,2926	-0,1744	1,4768	29,8297	12,6341	28,8622	28,6739
18 1	3,9189	4,7658	-0,1796	1,7347	21,8871	23,8924	31,5827	22,6379
18 2	0,7597	4,6766	0,8397	2,2574	51,5731	20,3306	17,0323	11,064

Πίνακας 5.2 Λιθολογία και στατιστικές κοκκομετρικές παράμετροι των ιζημάτων του Αιτωλικού.

Αναφορικά με το μέσο μέγεθος παρατηρούμε ότι υπάρχει μεγάλη διακύμανση από τα 8,5 Φ έως τα -2Φ περίπου. Το μέσο μέγεθος έχει άμεση σχέση με την βαθυμετρία της περιοχής. Στις βαθύτερες περιοχές επικρατεί το λεπτόκοκκο υλικό (μικρότερα μέσα μεγέθη) ενώ στις πιο ρηχές (έως 10-15μ) το αδρόκοκκο. Παρακάτω αναφέρονται οι σχέσεις των στατιστικών παραμέτρων.

### 5.5 ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Σημείωση : στα παρακάτω διαγράμματα οι κόκκινες κουκίδες δηλώνουν τα επιφανειακά δείγματα. (για τις ερμηνίες των στατιστικών παραμέτρων βλ. Παπαθεοδώρου 1990 & Αλεξανδροπούλου 1991).

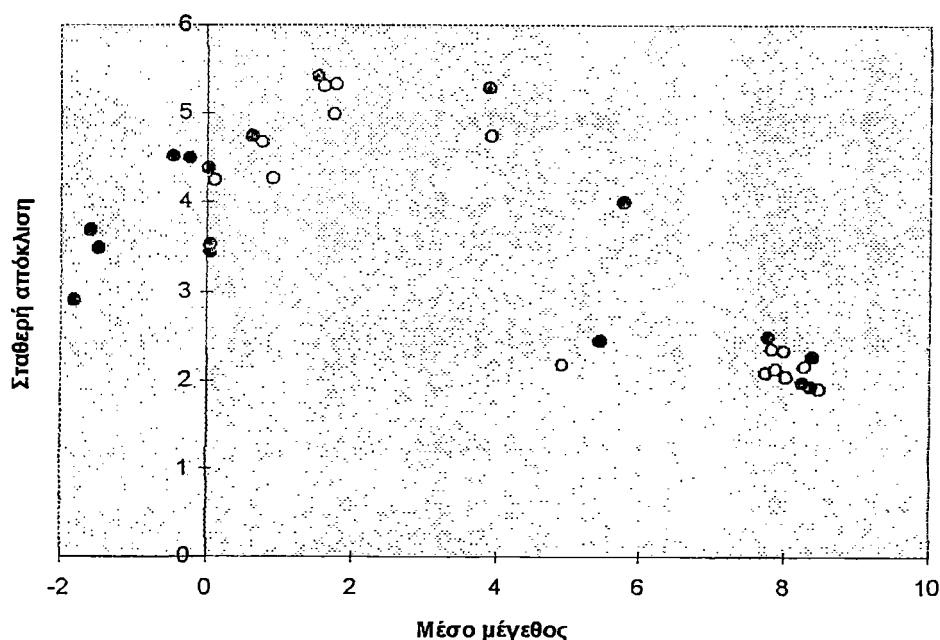
#### ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1: ΣΧΕΣΗ Sd ΚΑΙ Mz.

Στο διάγραμμα αυτό παρατηρούνται δύο τάσεις ως προς την Sd. Η πρώτη αφορά τις τάξεις μεγέθους από -2Φ ως 3Φ (χονδρόκοκκο υλικό) όπου οι τιμές της Sd αυξάνεται από 2,8 σε 5,5Φ. Δηλαδή η διαβάθμιση είναι πολύ φτωχή και τείνει να χειροτερεύει με τη μείωση του μεγέθους των κόκκων.

Η δεύτερη τάση αφορά τις τάξεις μεγέθους από 4Φ ως 10Φ (λεπτόκοκκο υλικό) όπου παρατηρείται μείωση των τιμών της Sd από 5,5 σε 2Φ. Μια ιδιαιτερότητα αποτελεί το δείγμα 12/1 με  $Mz = 5,83$  και  $Sd = 2,45$  (απότομη βελτίωση της διαβάθμισης). Συνεπώς η διαβάθμιση βελτιώνεται, παραμένει όμως εξαιρετικά φτωχή.

Απο τη διαβάθμιση των ιζημάτων της λεκάνης του Αιτωλικού σε σχέση με το μέγεθος μπορούμε να πούμε τα εξής:

#### Σχέση σταθερής απόκλισης και μέσου μεγέθους



α) Η διαβάθμιση βελτιώνεται (αν και παραμένει πολύ φτωχή,  $>1.8$ ) στις ακραίες τάξεις μεγέθους των επιφανειακών ιζημάτων (όχι των τάξεων του κάθε δείγματος - μιλάμε συνολικά για το  $Mz$  των δειγμάτων) δηλαδή, στα αδρομερέστερα επιφανειακά δείγματα ( $Mz$  : -2 με 0 Φ)-νότια κεντρική περιοχή- και

πιο πολύ στα λεπτομερέστερα συνολικά (επιφανειακά και υποεπιφανειακά) με  $Mz$  : 7-9Φ - βόρεια βαθιά κεντρική περιοχή-. Αυτό συμβαίνει γιατί στα δείγματα αυτά κυριαρχεί ένας μόνο απο τους υπόλοιπους υποπληθυσμούς (κυριαρχούν ψηφίδες ή ιλύς). Αντίθετα στα δείγματα με μέσα μεγέθη πιο κοντά στο κλάσμα της άμμου και ιδιαίτερα απο 0Φ έως 4 Φ φαίνεται ότι είτε υπάρχει ισχυρή παρουσία περισσότερο του ενός υποπληθυσμού είτε κυριαρχεί η άμμος.

β) Το αδρομερές κλάσμα του ιζήματος αποτελείται κατά το μεγαλύτερο μέρος του από βιογενές υλικό (κελύφη νεκρών οργανισμών) . Η αρχική απόθεση του κελύφους γίνεται κοντά στην περιοχή θανάτου του οργανισμού και δεν απομακρύνεται εύκολα από αυτήν, λόγω του περιβάλλοντος χαμηλής ενέργειας που επικρατεί (εξαιρετικά φτωχή διαβάθμιση). Λόγω του περιβάλλοντος χαμηλής ενέργειας επίσης, το λεπτόκοκκο κλάσμα δεν απομακρύνεται από το αδρομερές υλικό και συνεπώς τα δύο αυτά κλάσματα συνυπάρχουν “φτωχαίνοντας” δραματικά την διαβάθμιση του ιζήματος.

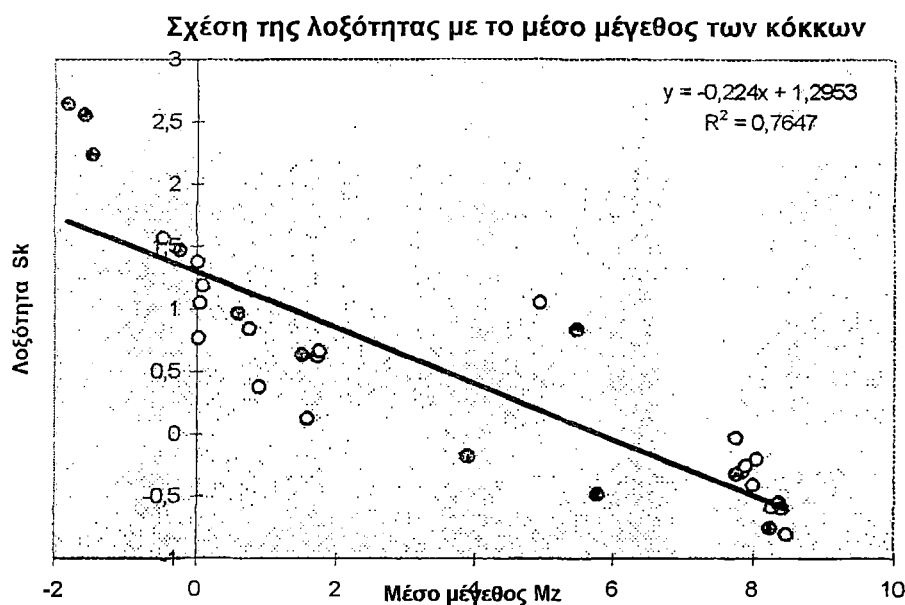
γ) Ακόμη και στις περιοχές που το βιογενές αδρομερές κλάσμα μειώνεται ποιοτικά ή και ποσοτικά (απο ψηφίδες σε άμμο με μείωση του ποσοστού συμμετοχής) ή λείπει, η απόθεση των λεπτόκοκκων κλασμάτων γίνεται σε περιβάλλον εξαιρετικά χαμηλής ενέργειας (πράγματι αυτό ισχύει για τις βαθιές ανοξικές περιοχές που είναι είναι αφιλόξενες για τους οργανισμούς). Το γεγονός αυτό αποδεικνύεται απο την χαμηλή διαβάθμισή τους.

### **ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2 : Σχέση $Sk$ και $Mz$ .**

Παρατηρούμε ότι δείγματα με τάξεις μεγέθους απο -2 Φ έως 2 Φ έχουν θετικές τιμές λοξότητας και μάλιστα όσο πιο χονδρόκοκκο είναι το κλάσμα τόσο υψηλότερες οι τιμές (ισχυρά λεπτολοξεμένα). Επομένως υπέρχει ανάμειξη διαφόρων υποπληθυσμών στην οποία επικρατούν τα χονδρόκοκκα υλικά (κελύφη) σε σχέση με τα λεπτόκοκκα (χερσογενές και βιογενές)- αυτό επιβεβαιώνεται και απο τη βελτίωση της διαβάθμισης στα πιο αδρομερή (βλ. πιο πάνω) -. Οι θετικές τιμές υποδηλώνουν επίσης ότι προστίθεται λεπτόκοκκο υλικό. Πράγματι η προσθήκη του λεπτομερούς υλικού πάνω στα χονδρόκοκκα γίνεται απο την υδάτινη στήλη με την καθίζηση αυτού και επιβεβαιώνει το περιβάλλον της χαμηλής ενέργειας που επικρατεί. Αντίθετα στα μεγέθη κόκκων  $> 3 \Phi$  οι τιμές τις λοξότητας είναι αρνητικές. Για τα επιφανειακά μάλιστα δείγματα φαίνεται καθαρά πως όσο το μέσο μέγεθός τους μικραίνει τόσο πιο αρνητική γίνεται η λοξότητα. Εξαίρεση αποτελεί το δείγμα 12/1 με  $Mz = 5,48\Phi$  και  $Sk=0,83$ . Το γεγονός αυτό έχει να κάνει

με το ότι τα επιφανειακά είναι εκείνα που δέχονται πιο έντονα μια αλλαγή που κάνει την λοξότητα πιο αρνητική.

Η αλλαγή όμως αυτή δεν εξηγείται μόνο με την προσθήκη αδρομερούς υλικού σε κυρίαρχο λεπτόκοκκο κλάσμα αλλά και με την προσθήκη λεπτομερούς υλικού στο ήδη υπάρχον ίζημα. Πράγματι όταν το λεπτομερές κλάσμα που προστίθεται είναι μεταξύ των τάξεων μεγέθους του ιζήματος η λοξότητα είναι αρνητική.



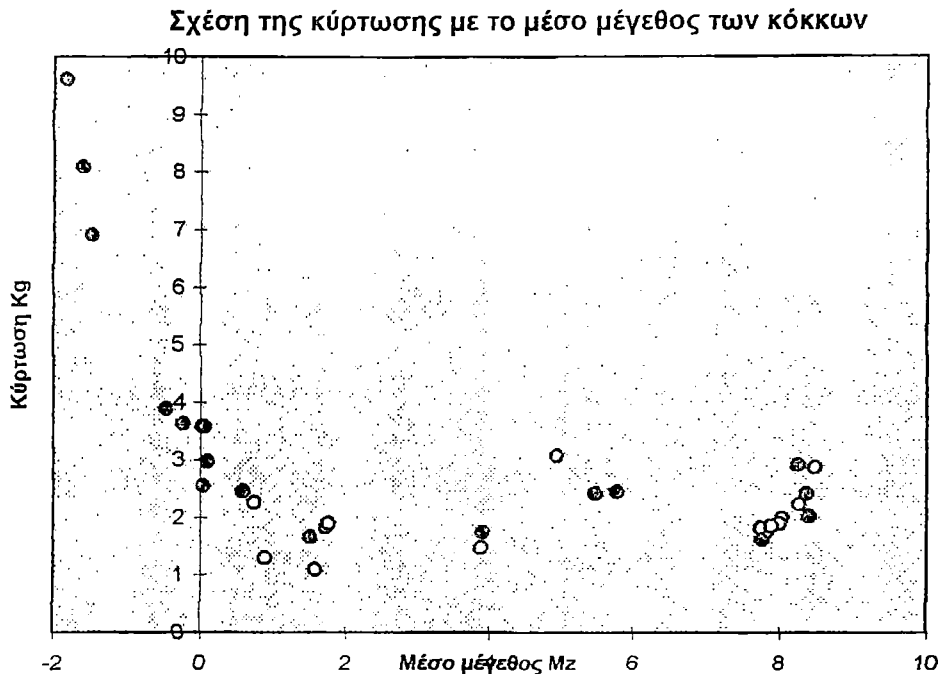
Το πρώτο είπαμε πως συμβαίνει εκεί που το λεπτομερές κλάσμα είναι κυρίαρχο στο αρχικό ίζημα. Αυτό σημαίνει πως πρόκειται για περιοχές αφιλόξενες σε βενθικά σκελετικά στοιχεία άρα όχι μικρότερου βάθους από 6 μ (σε βάθη <6μ το οξυγόνο είναι επαρκές για την ανάπτυξη των βενθικών διθύρων και εδραίων σκωλήκων). Συνεπώς η προσθήκη του αδρόκοκκου που είναι στο λιγότερο ποσοστό είναι είτε χερσογενής άμμος από τους χειμάρους είτε μικρά θραύσματα κελυφών που μεταφέρθηκαν από ρηχότερες περιοχές με ανεμογενή ρεύματα. Ταυτόχρονα οι περιοχές αυτές δεν πρέπει να εντοπίζονται ούτε και πέρα από κάποιο βάθος (εκτιμάται όχι πέρα των 15μ) μια και οι μηχανισμοί μεταφοράς του αδρόκοκκου εξασθενούν.

Το δεύτερο συμβαίνει όταν η προσθήκη αδρομερούς αποκλείεται εντελώς και γίνεται μόνο προσθήκη λεπτόκοκκου υλικού μεταξύ των τάξεων του αρχικού ιζήματος). Πρόκειται για περιοχές με τα μεγαλύτερα βάθη (>15μ). Εκεί κυριαρχεί το λεπτόκοκκο κλάσμα (ιλύς) και απουσιάζει το βιογενές αδρόκοκκο κλάσμα ενώ το χερσογενές αδρόκοκκο υλικό (κυρίως άμμος από τους χειμάρους εφόσον αυτοί

αναπτύσσονται κυρίως στο βορεινό τμήμα στο οποίο επικρατούν και τα μεγαλύτερα βάθη) δεν φαίνεται να φτάνει εκεί σε σημαντικές ποσότητες. Εδώ ανήκουν τα δείγματα απο τους σταθμούς 10,11,13,15,17.

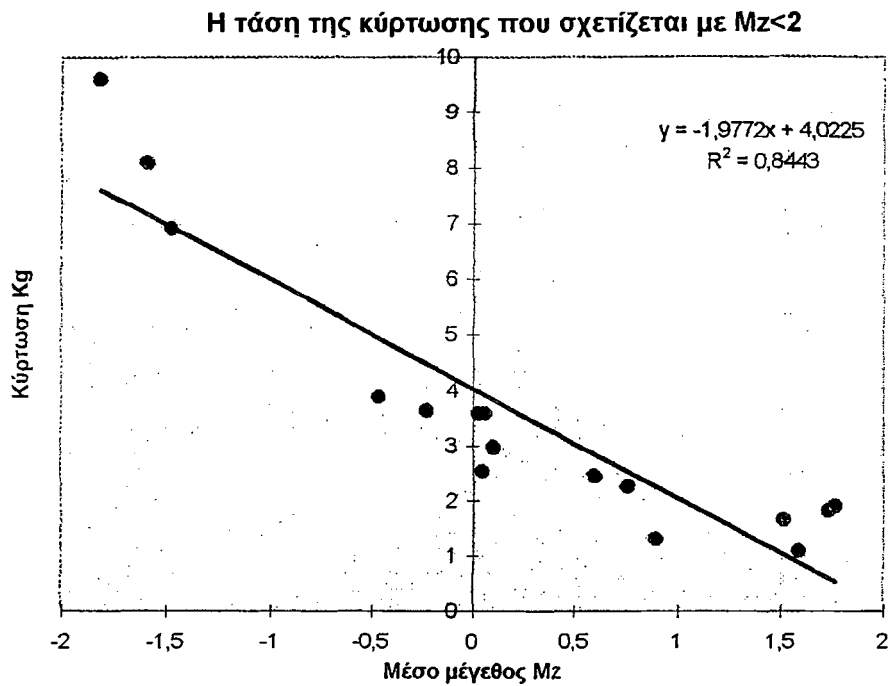
### ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3 .Σχέση $K_g$ & $M_z$ .

Στο διάγραμμα αυτό παρατηρούνται 3 τάσεις.

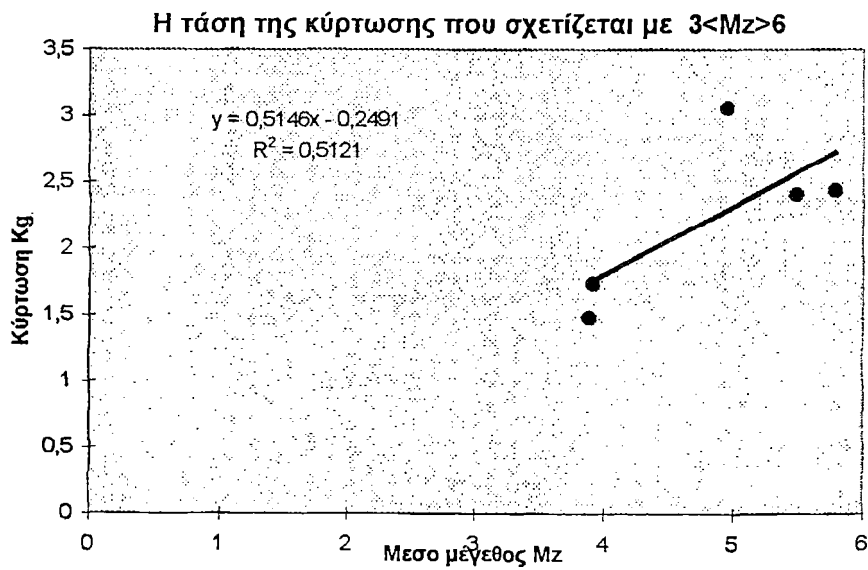


Παρατηρείται ότι υπάρχουν 3 λεπτόκυρτες τάσεις που σημαίνει ότι σ'όλο το φάσμα του ιζήματος η διαβάθμιση των μεσαίων τάξεων μεγέθους των δειγμάτων είναι καλύτερη απο αυτή των άκρων. Η κύρτωση είναι χαμηλότερη και πιο κοντά στο ένα(1) για δείγματα με μέσο μέγεθος απο 1,5 έως 7,5 Φ μια και αυτά ακριβώς είναι που έχουν ισχυρή παρουσία δύο (άμμος - ιλύς) ή τριών(ψηφίδες - άμμος - ) κύριων υποπληθυσμών. Αντίθετα όσο πάμε σε δείγματα με μέσα μεγέθη μεγαλύτερα (προς το -2Φ και πέρα) ή μικρότερα (προς το 8Φ και πέρα) η κύρτωση μεγαλώνει (πιο λεπτόκυρτα) μια και η παρουσία των πιο ακραίων τάξεων μεγεθών στο δείγμα αυξάνεται.

Η πρώτη τάση αφορά τα δείγματα με μέσα μεγέθη απο -2Φ έως 2Φ. Στο διάστημα αυτό η καμπύλη της κύρτωσης είναι εξαιρετικά λεπτόκυρτη έως λεπτόκυρτη όσο μειώνεται το μέγεθος των κόκκων (αδρομερές κλάσμα). Αρα η διαβάθμιση των ακραίων τάξεων μεγέθους γίνεται ολοένα και χειρότερη όσο το μέγεθος των κόκκων μεγαλώνει.

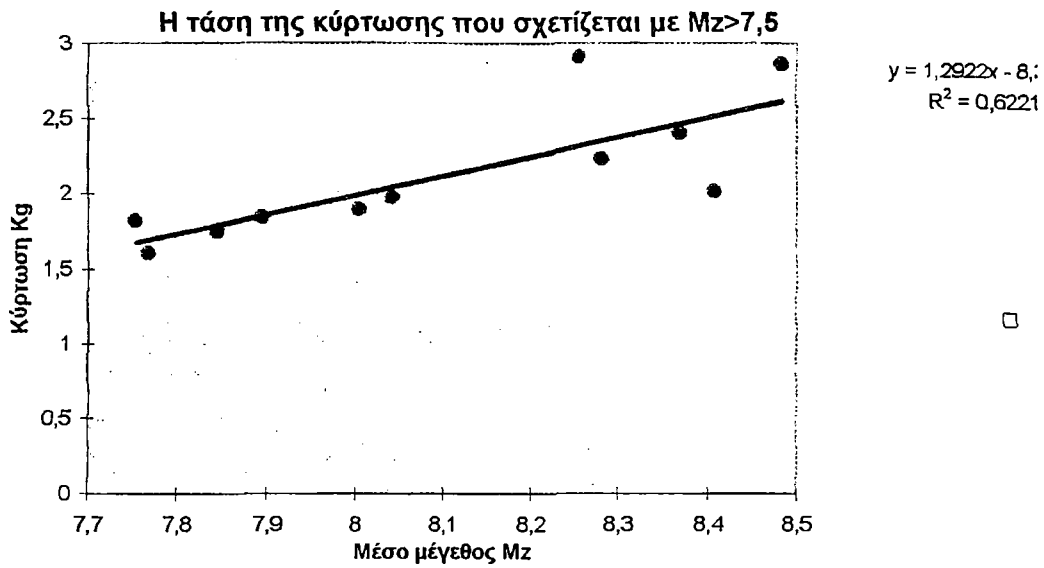


Η δεύτερη τάση αφορά τα μεγέθη απο 3,5Φ έως 6Φ και τώρα η καμπύλη γίνεται απο λεπτόκυρτη έως πολύ λεπτόκυρτη, (άυξηση της κύρτωσης) όσο το μέγεθος των κόκκων μειώνεται.



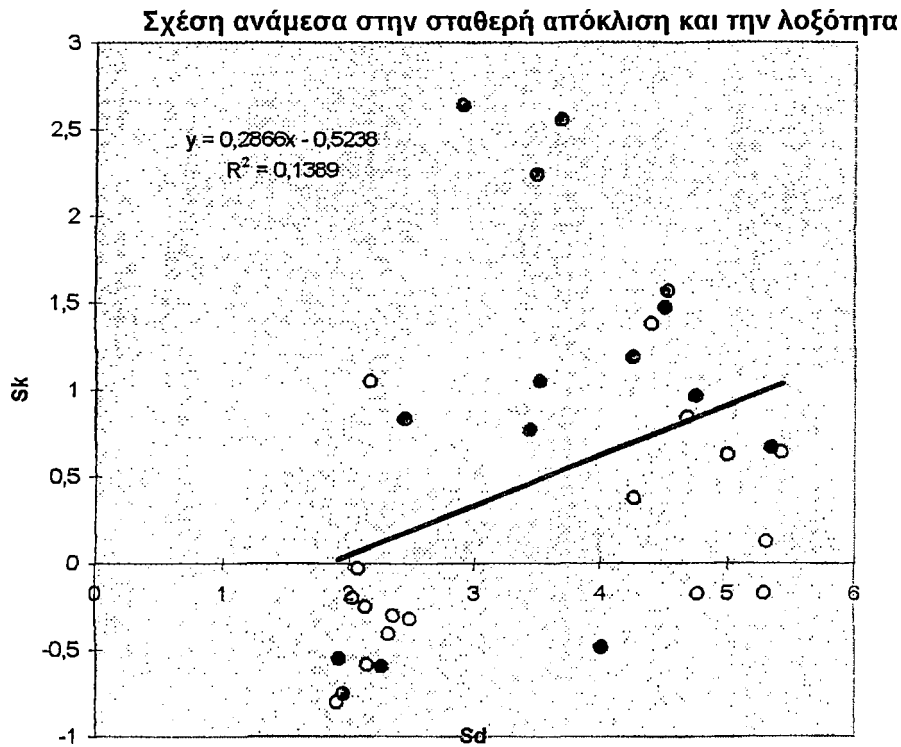
Το ίδιο συμβαίνει πιο έντονα με τα μεγέθη των κόκκων  $> 7,5\Phi$  :





**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4 Σχέση  $S_k$  &  $S_d$ .**

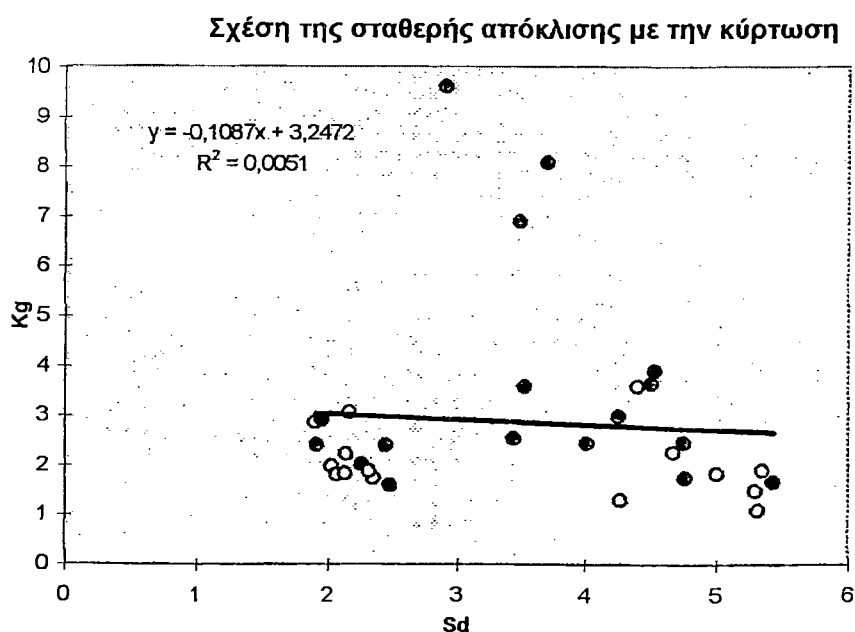
Παρατηρείται μια ομάδα δειγμάτων που παρουσιάζουν αρνητικές τιμές λοξότητας και τιμές τυπικής απόκλισης από 1,8 με 2,6 δηλαδή από φτωχά διαβαθμισμένα έως πολύ φτωχά διαβαθμισμένα.



Απο τα επιφανειακά δείγματα με αρνητικές λοξότητες ,τα 17/1 και 18/1 παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές σταθερής απόκλισης (πιο φτωχά διαβαθμισμένα). Οι αρνητικές τιμές της λοξότητας προσδιορίζουν τα δείγματα με κυριαρχία του λεπτομερούς κλάσματος (ελάχιστη ή καθόλου παρουσία κελύφων) τα οποία και παρουσιάζουν καλύτερη διαβάθμιση σε σχέση με κείνα που έχουν θετικές τιμές λοξότητας. Απο τα επιφανειακά δείγματα με θετικές τιμές λοξότητας (κυριαρχία του αδρομερούς μέρους) ξεχωρίζουν τα 1, 7/α,16/1.Αυτα έχουν πολύ μεγάλες τιμές λοξότητας αλλά παρουσιάζουν διαβάθμιση παραπλήσια με τα 12/1,9 & 6 . Πράγματι αυτά τα δείγματα έχουν υψηλότατα ποσοστά (79-83%) ψηφιδών και έχουν υψηλό μέσο μέγεθος.

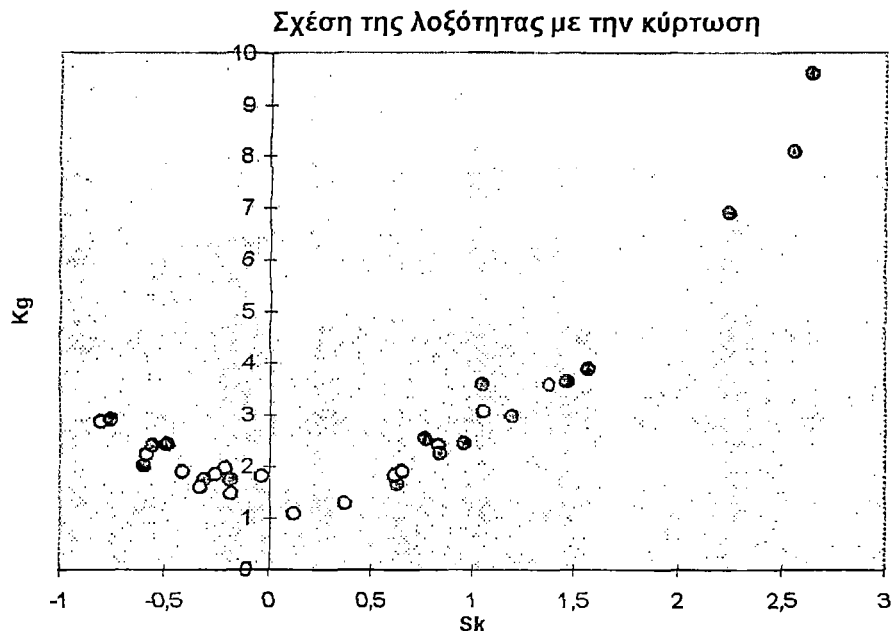
#### ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5: Σχέση Kg & Sd.

Στο διάγραμμα της κύρτωσης σε συναρτηση με την σταθερή απόκλιση, παρατηρείται ότι όσο η διαβάθμιση των κόκκων γίνεται πιο κακή, τόσο ελαττώνεται η κύρτωση. Παρατηρούμε δύο ομάδες με ίδια διακύμανση κύρτωσης και πολύ διαφοροποιημένες τιμές διαβάθμισης. Η πρώτη ομάδα εμφανίζει τιμές σταθερής απόκλισης απο 1,8-2,5Φ και η δεύτερη απο 3,3-5,5Φ. Απ'αυτές τις ομάδες ξεχωρίζουν εμφανώς τρία δείγματα με πολύ μεγάλες τιμές κύρτωσης. Αυτά είναι τα 1,7α & 16,1.

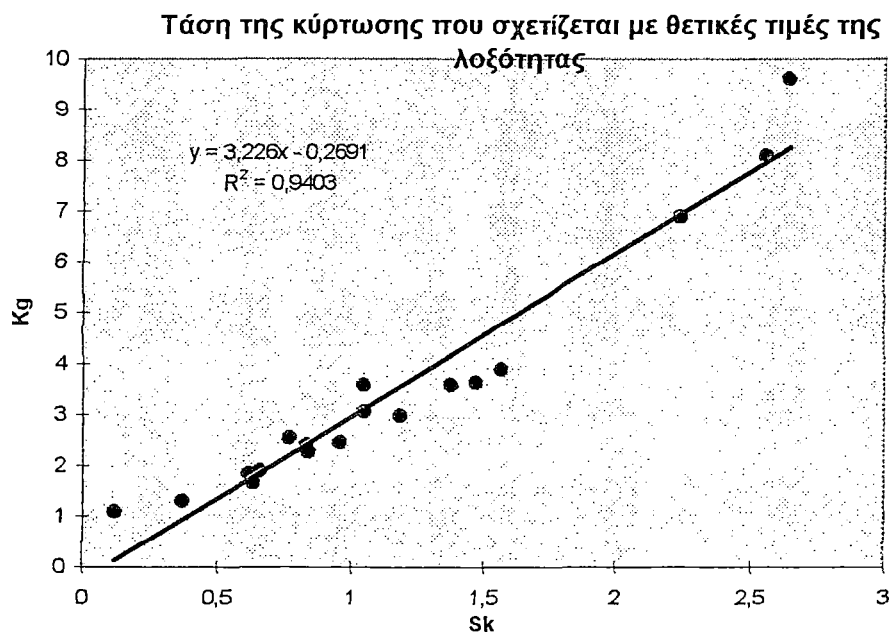
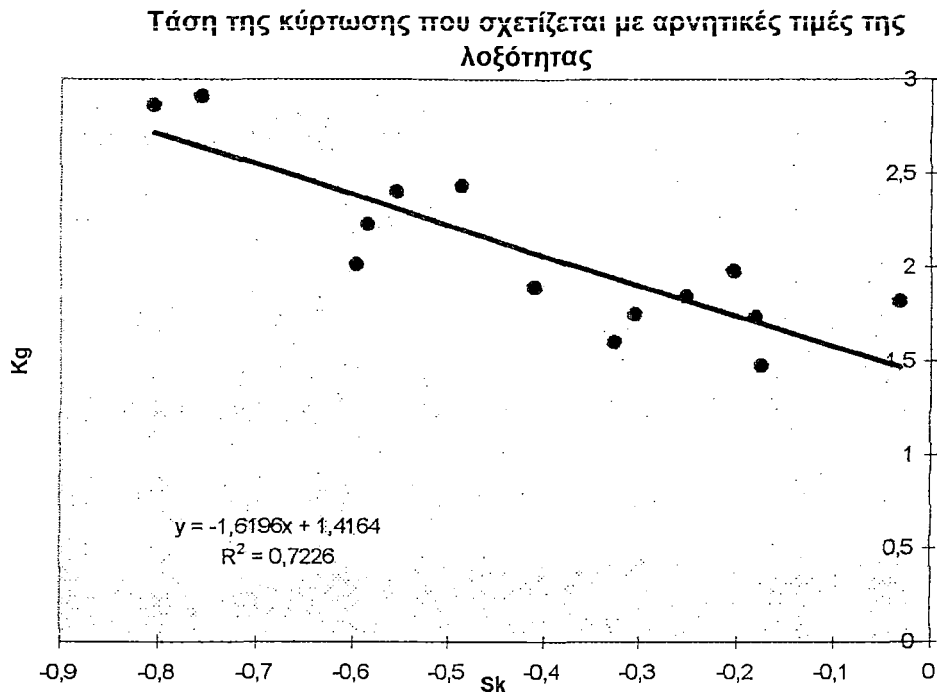


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6 : Kg σε συνάρτηση με Sk**

Βλέπουμε ότι υπάρχουν δείγματα των οποίων οι τιμές της λοξότητας και της κύρτωσης τείνουν να γίνουν κανονικές ( τείνουν προς το 0 και το 1 αντίστοιχα ). Σύμφωνα με τους Folk & Ward οι τιμές λοξότητας και κύρτωσης κοντά στις κανονικές ,δείχνουν την παρουσία δύο τύπων ιζημάτων με παραπλήσιο μέγεθος.

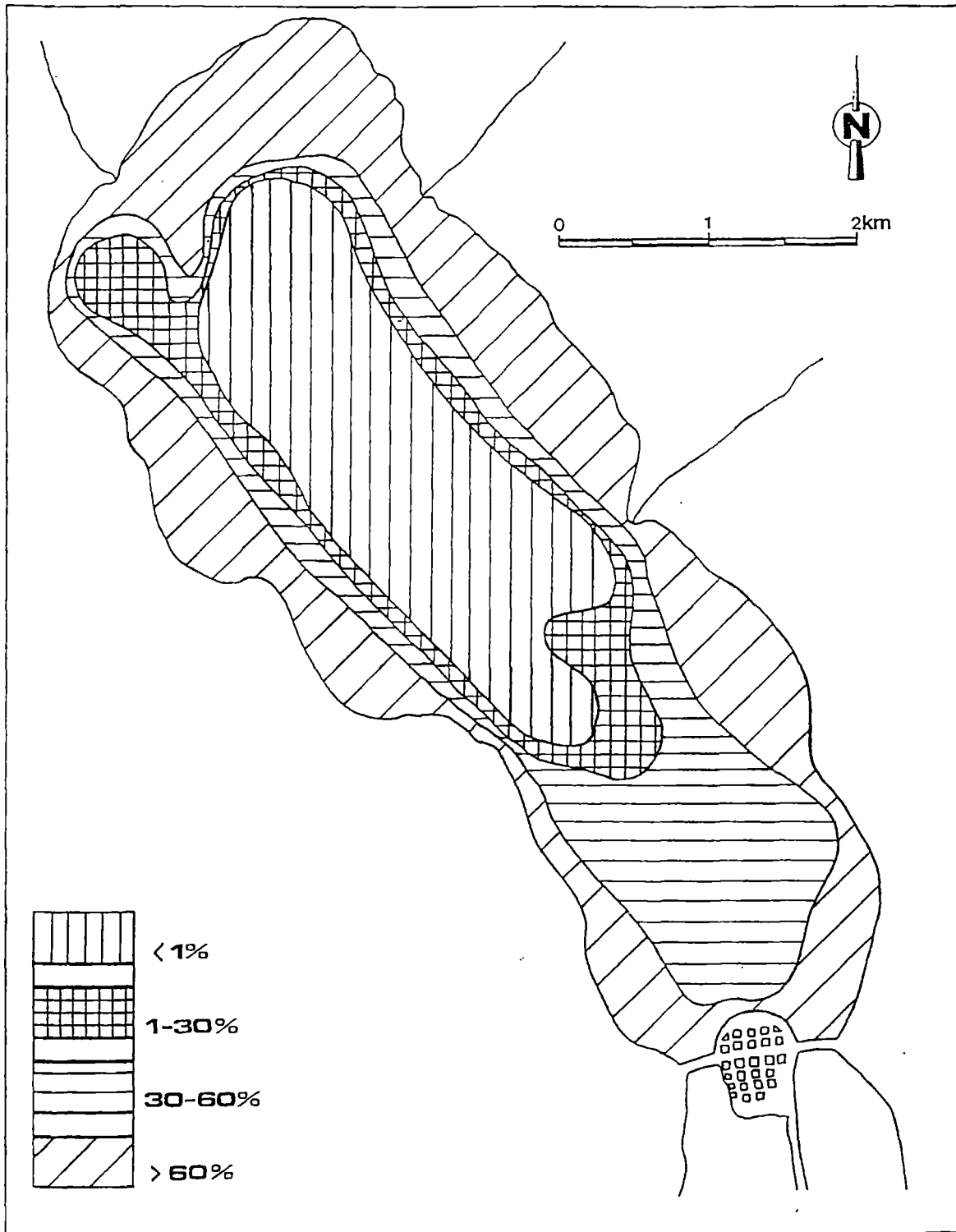


Απο την σύγκριση των διαγραμμάτων της λοξότητας με το μέσο μέγεθος και της κύρτωσης με το μέσο μέγεθος αυτό συμβαίνει με δύο ομάδες δειγμάτων. Η πρώτη έχει μέσο μέγεθος από 1,5-4 Φ (μεσόκ. άμμος & χονδρόκοκκος πηλός) και η δεύτερη μέσο μέγεθος 8Φ (πολύ λεπτ. Πηλός και άργιλος).

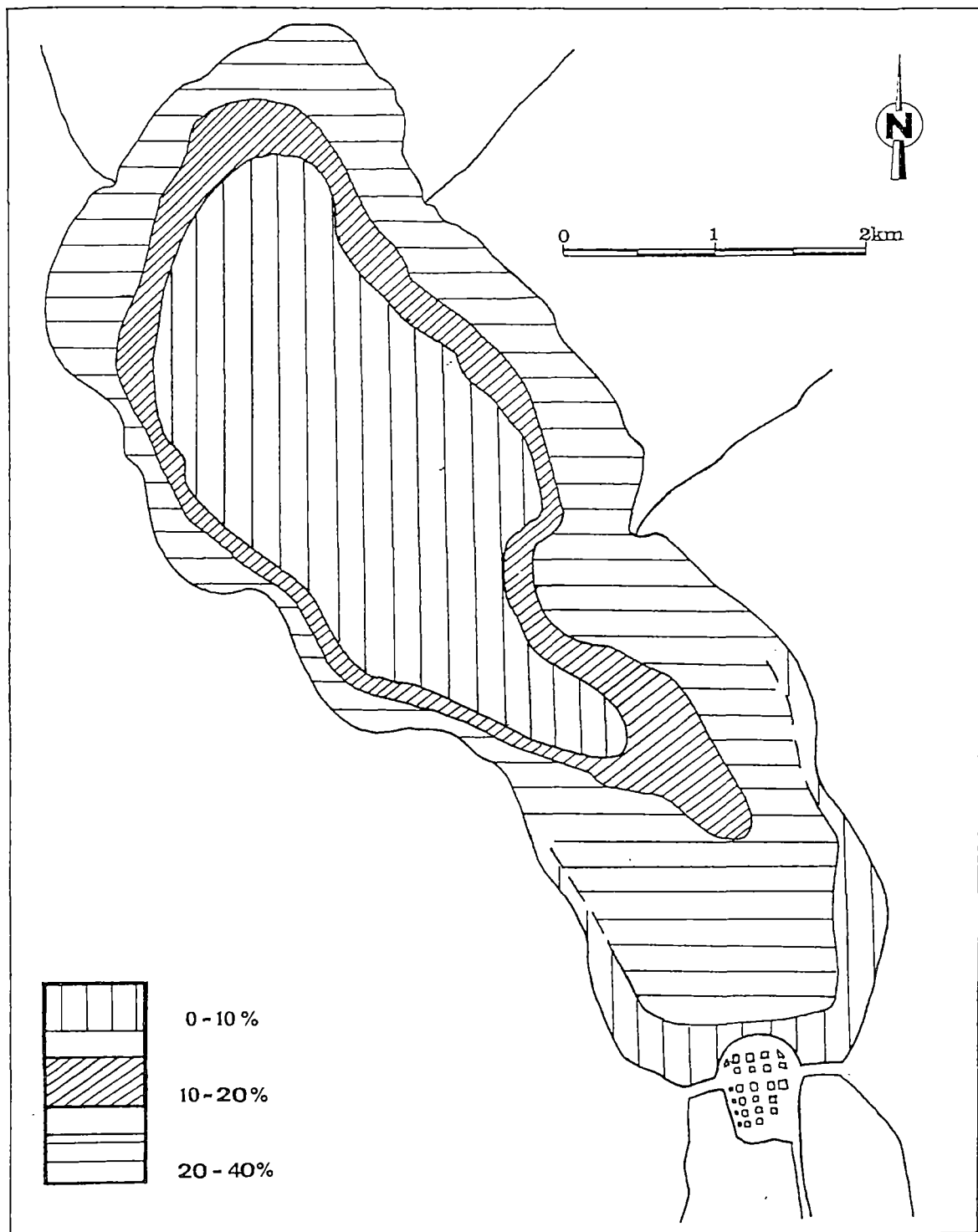


**Βγ. ΟΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΙΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΤΕΡΩΝ ΚΛΑΣΜΑΤΩΝ.**

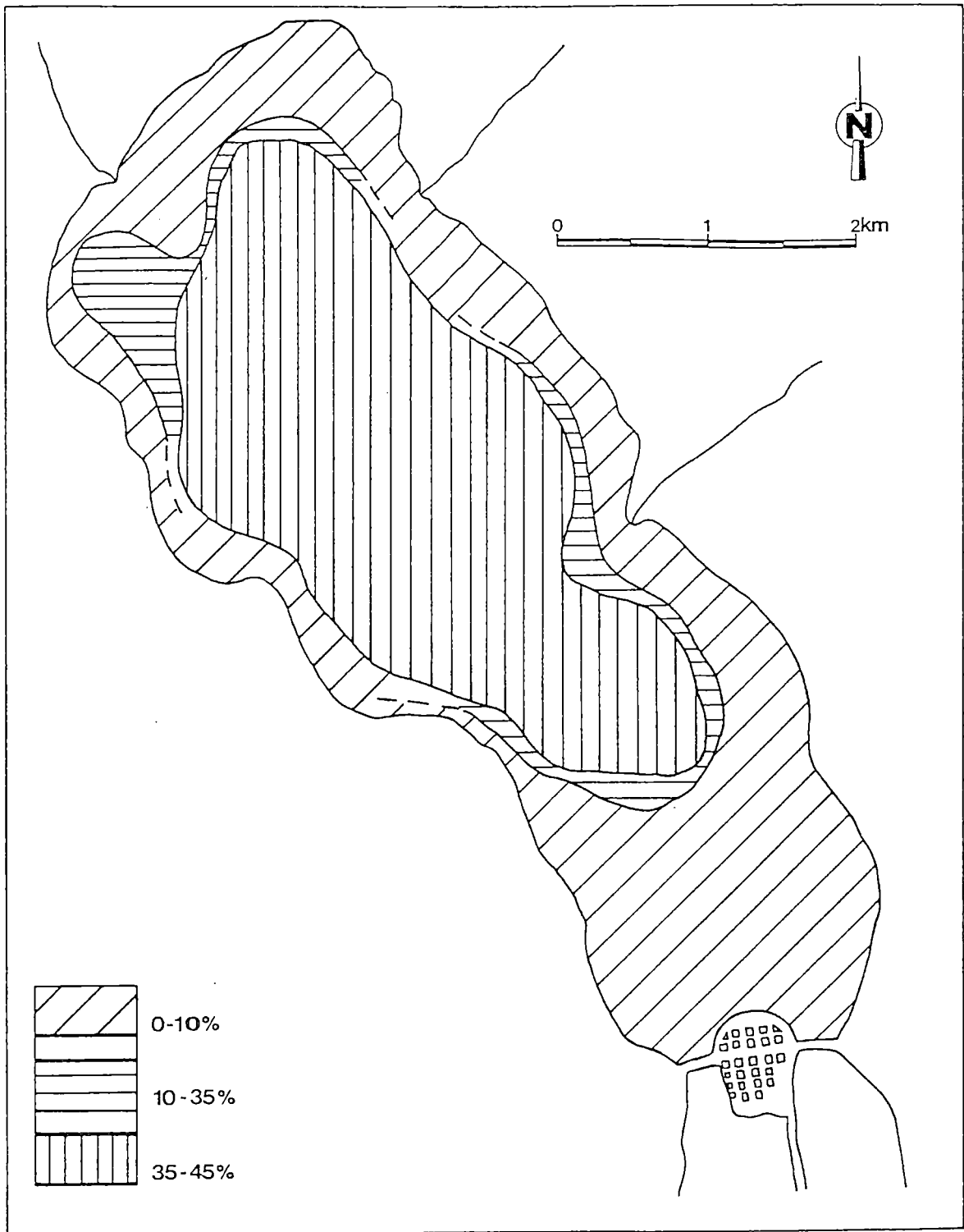
Παρακάτω ακολουθούν οι γεωγραφικές κατανομές των κυριώτερων κλασμάτων.



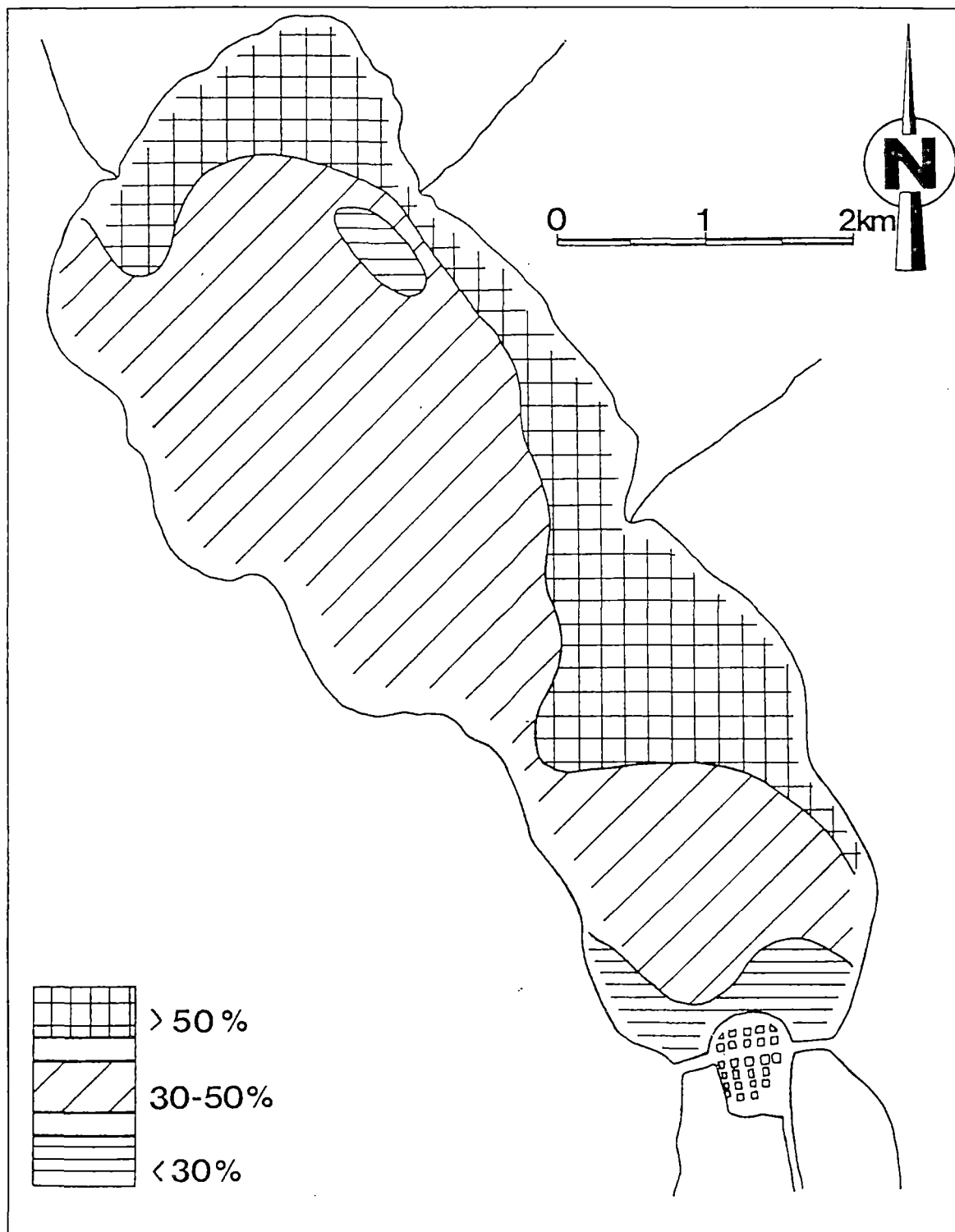
χάρτης 5.2 : απεικονίζει την κατανομή των ψηφίδων των επιφανειακών δειγμάτων.



Χάρτης 5.3 : Κατανομή της άμμου των επιφανειακών δειγμάτων.

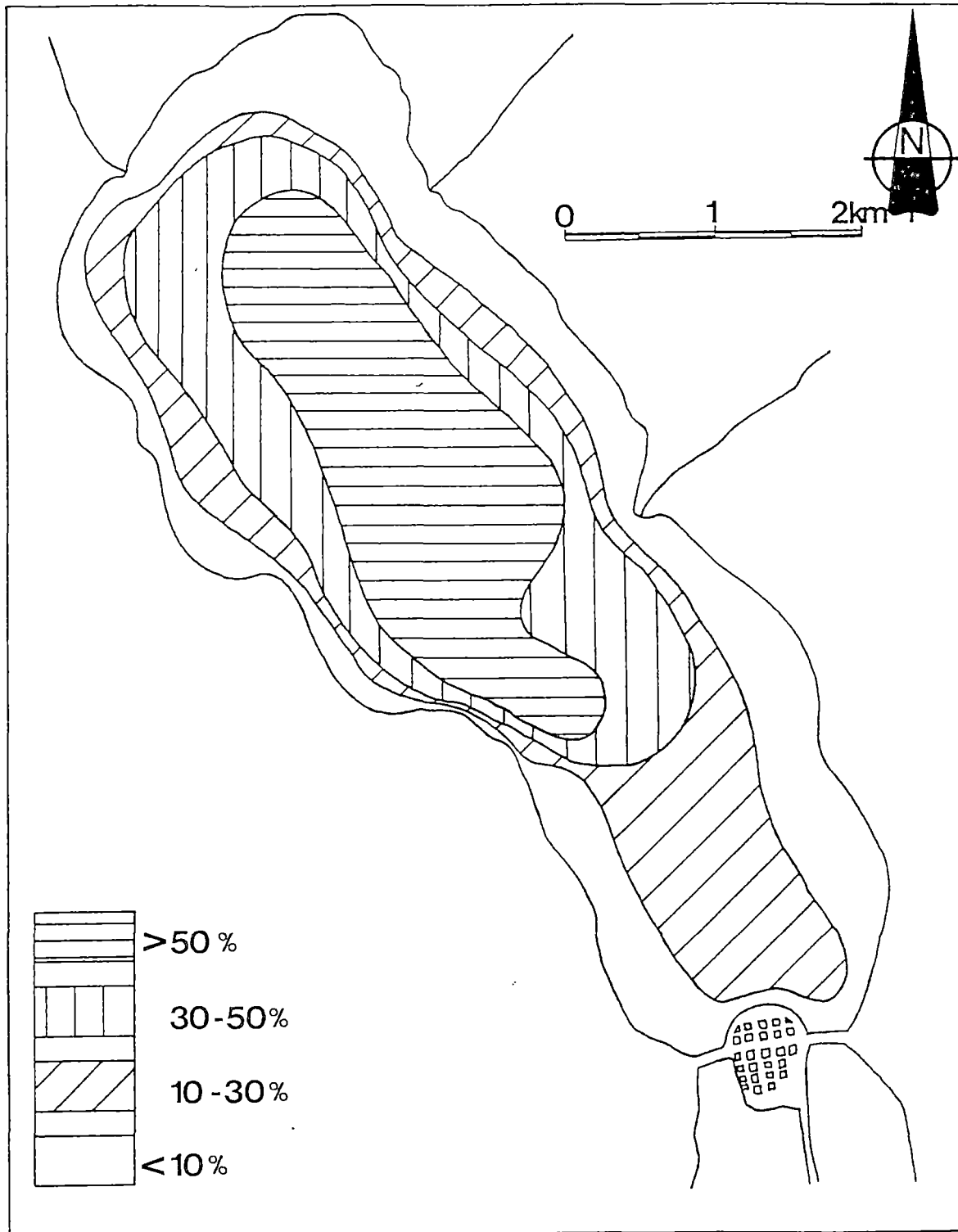


Χάρτης 5.5 : Κατανομή της αργίλου των επιφανειακών δειγμάτων.



Χάρτης 5.6 : Πηλός & άμμος % : Κατανομή του αθροίσματος του μέσου ποσοστού άμμου και του μέσου ποσοστού πηλού για κάθε σταθμό.





**Χάρτης 5.7 :** Κατανομή του αθροίσματος του μέσου ποσοστού της αργίλου για κάθε σταθμό. (μέσο ποσοστό όλων των δειγμάτων του κάθε σταθμού)

### 5.7 Σχολιασμός της γεωγραφικής κατανομής των κύριων κλασμάτων .

**Χάρτης 5.2 :** Η κατανομή των ψηφίδων σχετίζεται άμεσα με την βυθομετρία της περιοχής. Παρατηρούμε λοιπόν ότι τα υψηλότερα ποσοστά ψηφίδων- >60%- εξαπλώνονται στην πιο εξωτερική περιφέρεια της λεκάνης προς την ακτή. Η ζώνη αυτή στο νότιο τμήμα της λεκάνης εκτείνεται από την ακτή μέχρι τα 3 μέτρα. Η τόσο ισχυρή παρουσία των ψηφίδων εκεί είναι αποτέλεσμα δύο παραγόντων. Πρώτον της έντονης παρουσίας των βενθικών οργανισμών εκεί. Δεύτερον, της σχετικά υψηλότερης ενέργειας που αναπτύσσεται στις παράκτιες περιοχές (έντονη επίδραση των ανέμων) γεγονός που εντείνει την απομάκρυνση του λεπτόκοκκου υλικού αφήνοντας το χονδροκόκκο υλικό (χερσογενές και βιογενές). Φαίνεται μάλιστα πως στο βορειοδυτικό τμήμα της λεκάνης η ζώνη αυτή εκτείνεται βαθύτερα και αυτό ίσως οφείλεται στην επικράτηση των ΒΔ ανέμων στη περιοχή (ανεμογενή ρεύματα που απομακρύνουν το λεπτόκοκκο υλικό σε βαθύτερα μέρη). Μετά απ'αυτή την ζώνη ακολουθεί μια δεύτερη πάλι με μεγάλα ποσοστά ψηφίδων - 30-60 %- . Εδώ φαίνεται πως η απομάκρυνση του λεπτόκοκκου είναι λιγότερο έντονη (με την αύξηση του βάθους η ενέργεια από ρεύματα μειώνεται). Ακολουθεί μια ζώνη έντονης μείωσης των ψηφίδων από το 30% στο 1% και μετά στην κεντρική περιοχή της λεκάνης η ζώνη με ποσοστά ψηφίδων <1%. Η κεντρική αυτή ζώνη έχει ελάχιστα ποσοστά ψηφίδων γιατί 1) Ταυτίζεται με το μόνιμως ανοξικό τμήμα της λεκάνης δηλ. απουσιάζουν οι βενθικοί οργανισμοί που τα κελύφη τους αποτελούν το συντριπτικό ποσοστό των ψηφίδων της περιοχής. 2) Αντίθετα τα χαμηλά επίπεδα ενέργειας στα μεγαλύτερα βάθη ευνοούν την καταβύθιση και απόθεση του λεπτόκοκκου μέρους.

**Χάρτης 5.3 :** Από την κατανομή της άμμου και από την μακροσκοπική παρατήρηση του αδρόκοκκου μέρους των δειγμάτων μας, φαίνεται πως η άμμος στο Αιτωλικό έχει δύο σημαντικές πηγές προέλευσης. Η μία είναι η χερσογενής και η άλλη η βιογενής. Η χερσογενής της φάση έχει τοπικό χαρακτήρα και αναπτύσσεται βόρεια και δυτικά κοντά στις περιοχές που επηρεάζονται από τις εκβολές των μεγάλων χειμάρων. Αυτό φαίνεται καθαρά στον σταθμό 12 (επηρεάζεται από τον χειμάρο Πλατύπορο). Στις υπόλοιπες περιοχές η άμμος είναι βιογενής (είναι θράσματα κελυφών). Οι διαβαθμίσεις της λοιπόν ακολουθούν την επιδραστικότητα των πηγών προέλευσής της. Έτσι για παράδειγμα συναντούμε τα μικρότερα ποσοστά στην κεντρική περιοχή της λεκάνης όπου τα κελύφη απουσιάζουν και η επίδραση των χειμάρων είναι μειωμένη.

**Χάρτες 5.4 & 5.5 :** Απο την σύγκριση αυτών των δύο χαρτών βλέπουμε την ομοιότητα της κατανομής των δύο αυτών κλασμάτων που μαζί αποτελούν το λεπτόκοκκο μέρος. Μια μόνο σημαντική διαφορά παρουσιάζουν : τα ποσοστά του πηλού σε περιοχές κοντά σε εκβολές είναι μεγαλύτερα απ'αυτά της αργίλου (η άργιλος ως πιο λεπτόκοκκη παρασύρεται ευκολότερα σε βαθύτερες περιοχές απο τα ρεύματα των εκβολών).

**Χάρτης 5.6 :** Η κατανομή του μέσου ποσοστού άμμου & πηλού μαζί δείχνει ότι τα μεγαλύτερα ποσοστά (>50%) αναπτύσσονται κατα μήκος της βόρειας & ανατολικής πλευράς της λεκάνης και είναι αποτέλεσμα των φερτών υλικών των μεγαλύτερων χειμάρων που εκβάλουν μόνο απ'αυτές τις μεριές. Ωστόσο ,σε αντίθεση μ'ότι συμβαίνει στο βόρειο μισό της λεκάνης, νοτιότερα η ζώνη αυτή δεν περιορίζεται στην περιοχή επίδρασης του χειμάρου αλλά επεκτείνεται δυτικότερα. Αυτό εξηγείται αν παρατηρήσουμε ότι η περιοχή αυτή σ'όλο το πλάτος της λεκάνης έχει βάθη έως 10μ. Συνεπώς υπάρχει βιογενής προσφορά άμμου που διατηρεί το συνολικό ποσοστό υψηλό (>50%). Στο βορά αυτό δεν συμβαίνει μια και περνάμε σε μεγαλύτερα βάθη (αφιλόξενα για οργανισμούς λόγω ανοξίας) πιο απότομα συνεπώς η ζώνη αυτή περιορίζεται ανατολικά και βόρεια κοντά στους χειμάρους.

**Χάρτης 5.7 :** Η κατανομή των μέσων ποσοστών της αργίλου απο επιφανειακά και υποεπιφανειακά δείγματα, δίνει μια καλύτερη (& πιο σταθερή) εικόνα για το κλάσμα αυτό έως τα πρώτα 10 cm του ιζήματος του Αιτωλικού. Παρατηρούμε πως πρόκειται για την αντίστροφη εικόνα της κατανομής των ψηφίδων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο

### ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

#### Γενικά.

Όταν έχουμε ένα μεγάλο σύνολο δεδομένων που μπορούν να αποτυπωθούν σε έναν πίνακα -πίνακας δεδομένων- ( π.χ τάξεις μεγέθους ανα δείγμα ή σειγκεντρώσεις χημικών στοιχείων ανα δείγμα κλπ) η περιγραφή τους γίνεται δύσκολη και τίθεται η ανάγκη της απλούστευσής της. Η παραγοντική ανάλυση έχει σκοπό να περιγράψει τον πίνακα δεδομένων μ'ένα πιο απλό τρόπο. Αυτό γίνεται εφικτό αν βρεθούν όσο το δυνατό λιγότερες ομάδες ισχυρά συσχετιζόμενων μεταβλητών που να εκφράζουν ικανοποιητικά το σύνολο αυτών. Κάθε τέτοια ομάδα λέμε ότι αντιπροσωπεύει κι ένα παράγοντα. Αυτό βρίσκει μεγάλη εφαρμογή σε γεωλογικά δεδομένα που έχουν ισχυρές τάσεις ομαδοποίησης λόγω ισχυρών σχέσεων συμπάθειας ή αντιπάθειας. Η παραγοντική ανάλυση υπολογίζει τα παρακάτω.

- 1) Τον αριθμό των ομάδων (παράγοντες) οι οποίες συνίστανται απο ισχυρά συσχετιζόμενες μεταξύ τους μεταβλητές.
- 2) Τη σύσταση της κάθε ομάδας , δηλ. απο ποιες μεταβλητές (πχ χημικά στοιχεία) την συγκροτούν & ποια είναι η σπουδαιότητα της κάθε μεταβλητής στην συγκρότησή της ( της ομάδας ).
- 3) Την περιγραφή του κάθε δείγματος ιζήματος με τη συμμετοχή σε αυτό των παραγόντων (ομάδες) που ήδη υπολογίστηκαν.

Το πρώτο βήμα της παραγοντικής ανάλυσης είναι η μετάβαση απο τον αρχικό πίνακα δεδομένων στον πίνακα συντελεστών συσχέτισης. Ο πίνακας αυτός μας δείχνει τις συμπάθειες, τις αντιπάθειες ή και τις ουδέτερες σχέσεις που τυχόν αναπτύσσονται μεταξύ των μεταβλητών (στοιχεία, τάξεις μεγεθους, δείγματα κλπ) μία προς μία. Ακολουθεί μια σειρά μαθηματικών διαδικασιών απο τις οποίες προκύπτουν δύο νέοι πίνακες, ο πίνακας των παραγοντικών φορτίσεων (φορτίσεις των παραγόντων) και ο πίνακας των παραγοντικών τιμών.

Οι απόλυτες τιμές των φορτίσεων προσδιορίζουν απο ποιές ομάδες μεταβλητών αποτελείται κάθε παράγοντας, δείχνοντας κατα πόσο μια μεταβλητή εκφράζεται απο αυτόν. Η μέγιστη θεωρητική απόλυτη τιμή για τη φόρτιση μιας μεταβλητής είναι το ένα (1). Τότε η μεταβλητή αυτή εκφράζεται πλήρως απο τον παράγοντα στον οποίο εμφανίζει την φόρτιση αυτή. Όσο λοιπόν η φόρτιση μιας μεταβλητής για έναν παράγοντα πλησιάζει την τιμή της μονάδας τόσο πιο ισχυρά

εντάσσεται αυτή, στον αντίστοιχο παράγοντα. Υψηλές φορτίσεις θετικές ή αρνητικές σε πολλές μεταβλητές για έναν παράγοντα, σημαίνει ομαδοποίηση των μεταβλητών (συμπάθεια) αυτών και ότι ο αντίστοιχος παράγοντας ερμηνεύει αυτή την ομαδοποίηση. Αν υπάρχουν ταυτόχρονα υψηλές θετικές και υψηλές αρνητικές φορτίσεις σε κάποιον παράγοντα αυτό φανερώνει την έντονη αντιπάθεια μεταξύ των δύο ομάδων των μεταβλητών. Τότε αυτός ο παράγοντας είναι διπολικός και εκφράζει αυτή την αντιπάθεια. Είναι φανερό ότι οι διπολικοί παράγοντες αυξάνουν την αποτελεσματικότητα της παραγοντικής ανάλυσης αφού ερμηνεύονται περισσότερες ομάδες με λιγότερους παράγοντες. Τέλος, στον πίνακα των φορτίσεων συμπεριλαμβάνεται και η στήλη των κοινών παραγοντικών διακυμάνσεων (communalities). Οι τιμές αυτές δείχνουν το πόσο "καλά" εκφράζεται κάθε μεταβλητή από τους επιλεγθέντες παράγοντες συνολικά ( μ'άλλα λόγια απο το επιλεγθέν παραγοντικό μοντέλο).

Οι παραγοντικές τιμές -κατ'απόλυτη τιμή- μας δείχνουν την "ένταση" κάθε παράγοντα σε κάθε δείγμα. Με άλλα λόγια φανερώνουν το κατά πόσο ο εκάστοτε παράγοντας έχει ισχυρή παρουσία σε κάθε δείγμα.

Η παραγοντική ανάλυση διαιρείται σε δύο τύπους ανάλυσης:

**R- τύπος :** ανιχνεύει τις εσωτερικές σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών (R-mode factor analysis). Ο πίνακας των παραγοντικών τιμών της, δίνει τη γεωγραφική εξάπλωση των παραγόντων.

**Q- τύπος:** ανιχνεύει τις εσωτερικές σχέσεις μεταξύ των δειγμάτων. δηλαδή οι μεταβλητές εδώ είναι τα δείγματα (Q- mode factor analysis)

. Εδώ ο πίνακας των παραγοντικών τιμών μας δείχνει τί εκφράζει ο κάθε παράγοντας (το αντίστοιχο του πίνακα φορτίσεων του R-τύπου).

## **ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ**

### **→ R -ΤΥΠΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (R-mode factor analysis)**

Οι πίνακες που αφορούν τα μη επιλεγθέντα μοντέλα της παραγοντικής βρίσκονται στο παράρτημα της παρούσης εργασίας όπως και ο αρχικός πίνακας των δεδομένων.

#### **6.1 Σχολιασμός και έλεγχος αξιοπιστίας του 3-μελούς παραγοντικού μοντέλου.**

Το τριμελές παραγοντικό μοντέλο εκφράζει ένα ποσοστό της ολικής διακύμανσης των μεταβλητών της τάξης του 76,2 %. Το ποσοστό αυτό κρίνεται ως (μετρίως) ικανοποιητικό. Έχοντας απώλεια 23,8 % περιορίστηκε η

διαστατικότητα του προβλήματος αφού μειώθηκε ο αρχικός αριθμός των 17 μεταβλητών, σε τρεις μόνο παράγοντες.

Σχολιάζοντας τις τιμές των παραγοντικών φορτίσεων, θα μπορούσαμε να παρατηρήσουμε τα εξής:

- Ο πρώτος παράγοντας είναι ο πιο σημαντικός αφού εκφράζει το 52,9 % της ολικής διακύμανσης των μεταβλητών. Ο παράγοντας αυτός παρουσιάζει κάποιες ιδιαίτερα υψηλές θετικές φορτίσεις στα 7,5 Φ και στα >8,5Φ και κατά δεύτερο λόγο στα 5,75-6,5Φ. Πολύ υψηλή αρνητική φόρτιση παρουσιάζεται στα >-1,5Φ και δευτερευόντως στα -0,765 ως 0,745 Φ.. Αυτός ο παράγοντας μπορεί να χαρακτηριστεί ως διπολικός λόγω της ύπαρξης υψηλών θετικών φορτίσεων και αρκετά υψηλών αρνητικών φορτίσεων.
- Ο δεύτερος παράγοντας εκφράζει το 16,7 % της ολικής διακύμανσης των δεδομένων. Ο παράγοντας αυτός παρουσιάζει ιδιαίτερα υψηλές θετικές φορτίσεις στα -0,245 ως 1,5Φ και δευτερευόντως στα -0,765Φ και στα 2,5Φ. Μετρια υψηλή αρνητική φόρτιση παρουσιάζει στα 7,5Φ.
- Ο τρίτος παράγοντας εκφράζει το 6,6 % της ολικής διακύμανσης των μεταβλητών. Παρουσιάζει υψηλές θετικές φορτίσεις στις μεταβλητές στα 3,5 ως 4,75Φ και κατά δεύτερο λόγο στα 2,5Φ και στα 5,25Φ.

Σχολιασμός: Ο πρώτος παράγοντας είναι διπολικός και ομαδοποιεί τις τέσσερις τελευταίες τάξεις μεγέθους που αντιστοιχούν στις κατηγορίες του πολύ λεπτόκοκκου πηλού και τις αργίλου. Αντίθετα, παρατηρείται μια ιδιαίτερα υψηλή τιμή στο κλάσμα των ψηφίδων. Άρα ο παράγοντας αυτός εκφράζει την αντιπάθεια μεταξύ των κλασμάτων αυτών. Ο δεύτερος παράγοντας δεν παρουσιάζει κάτι αξιοσημείωτο εκτός από την ομαδοποίηση τις μεσόκοκκης, της χονδρόκοκκης και της πολύ χονδρόκοκκης άμμου. Ο τρίτος παράγοντας ομαδοποιεί την πολύ λεπτόκοκκη άμμο με τον χονδρόκοκκο πηλό.

Επιπλέον παρατηρούνται σχετικά χαμηλές κοινές παραγοντικές διακυμάνσεις στο μεγαλύτερο μέρος του λεπτόκοκκου υλικού πράγμα που σημαίνει πως το λεπτόκοκκο υλικό στο συγκεκριμένο παραγοντικό μοντέλο δεν εκφράζεται επαρκώς.

Συμπερασματικά: το 3-μελές παραγοντικό μοντέλο κρίνεται ανεπαρκές: α) Λόγω του σχετικά μικρού ποσοστού της ολικής διακύμανσης που εκφράζει.

β) Λόγω του γεγονότος ότι δεν εκφράζει επαρκώς το λεπτόκοκκο κλάσμα (κάτι που μας ενδιαφέρει άμεσα αφού η έρευνα για βαρέα μέταλλα εστιάζεται κυρίως σε αυτό το κλάσμα)

Συνεπώς απαιτείται η προσθήκη τουλάχιστον ενός ακόμα παράγοντα για να εκφραστούν καλύτερα τα συγκεκριμένα δεδομένα.

## 6.2 Σχολιασμός και έλεγχος αξιοπιστίας του 4-μελούς παραγοντικού μοντέλου.

Το τετραμελές μοντέλο παραγοντικής ανάλυσης εκφράζει το 81,8 % της ολικής διακύμανσης των δεδομένων. Το ποσοστό αυτό κρίνεται ως σχετικά ικανοποιητικό αφού επιτεύχθηκε μείωση των 17 μεταβλητών σε τέσσερις μόνο παράγοντες, με απώλεια πληροφοριών της τάξης του 18,2%

### Παρατηρήσεις :

- Ο πρώτος παράγοντας εκφράζει το 52,9 % της ολικής διακύμανσης των μεταβλητών. Παρουσιάζει υψηλές θετικές φορτίσεις στα  $-0,245\Phi$  (0,76283),  $0,245\Phi$ (0,79103) ,  $0,745\Phi$ (0,73741) , και κατά δεύτερο λόγο στις μεταβλητές  $-0,765\Phi$ (0,68899) , και  $2,5\Phi$ (0,59463).
- Ο δεύτερος παράγοντας εκφράζει το 16,7 % της ολικής διακύμανσης των δεδομένων. Παρουσιάζει υψηλές θετικές φορτίσεις στα :  $7,5\Phi$  (0,77982),  $8,5\Phi$  (0,86988),  $9,5\Phi$  (0,79022) και  $10,5\Phi$ (0,61489). Υψηλή αρνητική φόρτιση παρουσιάζει στα  $-3\Phi$ (-0,69074) και κατά δεύτερο λόγο στα :  $-0,765\Phi$  (-0,48964) ,  $-0,245\Phi$  (-0,45151) ,  $0,245\Phi$ (-0,44403) και  $0,745\Phi$  (-0,49626).
- Ο τρίτος παράγοντας εκφράζει το 6,6 % της ολικής διακύμανσης των μεταβλητών. Ο παράγοντας αυτός παρουσιάζει ιδιαίτερα υψηλές θετικές φορτίσεις στα :  $3,5\Phi$  (0,86559),  $4,25\Phi$  (0,87569), και  $4,75\Phi$ (0,79853). Ελαφρά υψηλές αρνητικές φορτίσεις παρουσιάζονται στα  $-3\Phi$  (-0,43152) και  $-0,765\Phi$  (-0,37584)
- Ο τέταρτος παράγοντας εκφράζει το 5,5 % της ολικής διακύμανσης των δεδομένων. Παρουσιάζει υψηλές θετικές φορτίσεις στα :  $5,75\Phi$  (0,69733) και  $6,5\Phi$  (0,68103) και αρκετά υψηλή αρνητική φόρτιση στη μεταβλητή  $-3\Phi$  (-0,53227).

### Σχόλια :

Ο πρώτος παράγοντας ομαδοποιεί την πολύ χονδρόκοκκη , την χονδρόκοκκη και την μεσόκοκκη άμμο. Ο δεύτερος ομαδοποιεί τον πολύ λεπτόκοκκο πηλό με την άργιλο και δείχνει την αντιπάθειά τους κύρια με τις ψηφίδες και δευτερευόντως με

την πολύ χονδρόκοκκη άμμο. Ο τρίτος παράγοντας ομαδοποιεί την πολύ λεπτόκοκκη άμμο με τον χονδρόκοκκο πηλό .

Η προσθήκη του τέταρτου παράγοντα βελτίωσε τις τιμές των κοινών παραγοντικών διακυμάνσεων ( communalities) όσον αφορά το λεπτόκοκκο κλάσμα του ιζήματος. Πάντως οι τιμές αυτές θα πρέπει να αυξηθούν ακόμα πιο πολύ, για να εκφράζεται το κλάσμα αυτό καλύτερα κάτι που μας ενδιαφέρει άμεσα σε μία περιβαλλοντική μελέτη ιζήματος. Πρέπει επίσης να αυξηθεί ακόμα και το ποσοστό έκφρασης της ολικής διακύμανσης για να ελαχιστοποιηθεί η απώλεια πληροφοριών. Παράλληλα, δεν παρατηρούνται έντονες αρνητικές φορτίσεις οι οποίες - σε συνδυασμό με τις υψηλές θετικές - να μας πληροφορούν για κάποιες ισχυρές αντιπάθειες που περιμένουμε από την μακροσκοπική παρατήρηση των δειγμάτων. Αυτοί οι λόγοι είναι που κάνουν αναγκαία την προσθήκη ενός ακόμα παράγοντα.

### 6.3 Σχολιασμός και έλεγχος αξιοπιστίας του 5-μελούς παραγοντικού μοντέλου.

Το πενταμελές παραγοντικό μοντέλο εκφράζει ένα ποσοστό της ολικής διακύμανσης των μεταβλητών που ανέρχεται σε 86,4 %. Αυτό το ποσοστό κρίνεται ως ιδιαίτερα ικανοποιητικό αφού με απώλεια πληροφοριών της τάξης του 13,6 % επιτεύχθηκε η ελάττωση του αρχικού πλήθους των δεδομένων από 17 μεταβλητές σε πέντε μόνο παράγοντες. Αναλυτικά, το πενταμελές μοντέλο έχει ως εξής : (οι φορτίσεις του κάθε παράγοντα φαίνονται στον πίνακα 6.1 )

- Ο πρώτος παράγοντας είναι – όπως και στα προηγούμενα μοντέλα– ο πιο σημαντικός , αφού εκφράζει το 52,9 % της ολικής διακύμανσης των μεταβλητών. Ο παράγοντας αυτός παρουσιάζει υψηλές θετικές φορτίσεις στα :  $-0,765\Phi(0,75436)$ ,  $-0,245\Phi(0,82316)$ ,  $0,245\Phi(0,84678)$ ,  $0,745\Phi(0,78829)$ ,  $1,5\Phi(0,79483)$  κάτι που συνέβαινε και στο 4-μελές μοντέλο. Η διαφορά είναι ότι στο 5-μελές μοντέλο οι φορτίσεις των συγκεκριμένων μεταβλητών είναι ελαφρά πιο αυξημένες, κάτι που δίνει μεγαλύτερη έμφαση στην ομαδοποίηση τους. Μοναδική εξαίρεση η φόρτιση των  $1,5\Phi$  η οποία υπέστη ελαφρά μείωση, παραμένει όμως υψηλή. Παρατηρούνται επίσης υψηλότερες - συγκριτικά με το 4-μελές - αρνητικές φορτίσεις στα  $7,5\Phi(-0,4689)$  και στα  $8,5\Phi(-0,3768)$ .



Χαρακτηρισμός	Τάξεις μεγέθους Φ	1ος παράγ.	2ος παράγ.	3ος παράγ.	4ος παράγ.	5ος παράγ.	Κοιν. Παρ/κή διακύμ/σ η
ψηφίδες	<-1	0,247	-0,73695	-0,47013	0,19266	-0,34411	0,980656
Πολ.χονδ. άμμος	(-1) - (-0,5)	0,75436	-0,42886	-0,34056	0,08836	-0,13732	0,895625
Πολ.χονδ. άμμος	(-0,5) - (0)	0,82316	-0,37771	0,2748	0,09394	-0,13376	0,922489
Χονδ. άμμος	(0) - (0,5)	0,84678	-0,36828	-0,23039	0,11104	-0,14697	0,939676
Χονδ. Άμμος	(0,5) - (1)	0,78829	-0,43786	-0,23272	0,1354	-0,13003	0,902522
Μεσόκοκκη άμμος	(1) - (2)	0,79483	0,18727	-0,04481	0,42243	-0,10564	0,85844
Λεπτόκ. Άμμος	(2) - (3)	0,44846	-0,14756	0,5145	0,63095	-0,07002	0,890601
Πολ.λεπτ. άμμος	(3) - (4)	-0,16308	-0,08848	0,86559	0,21524	-0,06073	0,833686
Χονδρ. πηλός	(4) - (4,5)	-0,2609	-0,0454	0,87569	-0,20785	-0,00748	0,880221
Χονδρ. πηλός	(4,5) - (5)	-0,10267	0,17049	0,79853	-0,15884	0,15506	0,726532
Μεσόκοκ. πηλός	(5) - (5,5)	-0,39755	0,3461	0,49762	0,15219	0,1422	0,56884
Μεσόκοκ. πηλός	(5,5) - (6)	-0,19387	0,39119	0,36801	-0,66213	0,16841	0,792825
Λεπτόκ. πηλός	(6) - (7)	-0,22996	0,1932	0,0583	-0,12063	0,93225	0,977248
Πολ. Λεπτ. πηλός	(7) - (8)	-0,4689	0,78004	0,00267	-0,19114	0,25352	0,929144
Αργίλος	(8) - (9)	-0,37684	0,8253	-0,02826	0,07907	0,11827	0,844167
Αργίλος	(9) - (10)	-0,30771	0,84198	-0,06281	-0,26564	-0,10082	0,88829
Αργίλος	> 10	-0,31037	0,699	0,04839	-0,45812	0,23402	0,851911

Πίνακας 6.1 : Φορτίσεις των παραγόντων του 5-μελούς μοντέλου.

- Ο δεύτερος παράγοντας, που εκφράζει το 16,7 % της ολικής διακύμανσης των δεδομένων, είναι παρόμοιος με τον αντίστοιχο παράγοντα του 4-μελούς μοντέλου. Ομαδοποιεί τα εξής : 7,5Φ(0,7800), 8,5Φ(0,8253), 9,5Φ(0,8420), 10,5Φ(0,6990) και μάλιστα πιο ευκρινώς αφού οι θετικές φορτίσεις τους είναι τώρα ελαφρά αυξημένες ως προς τις υπόλοιπες. Υψηλή αρνητική φόρτιση παρουσιάζεται στα -3Φ(-0,73695)και κατά δεύτερο λόγο στα -0,765Φ(-0,42886) και 0,745Φ(-0,43786). Ως προς τις ομαδοποιήσεις των μεταβλητών ο παράγοντας αυτός είναι όμοιος με τον αντίστοιχο του 4-μελούς μοντέλου.
- Ο τρίτος παράγοντας του πενταμελούς μοντέλου εκφράζει το 6,6 % της ολικής διακύμανσης των μεταβλητών και παρουσιάζει μεγάλες ομοιότητες με αυτόν του 4-μελούς. Ομαδοποιεί τα 3,5Φ, 4,25Φ, 4,75Φ παρουσιάζοντας σε αυτά ιδιαίτερα υψηλές θετικές φορτίσεις (0,86559 , 0,87569 , 0,79853 αντίστοιχα).
- Ο τέταρτος παράγοντας του 5-μελούς μοντέλου εκφράζει το 5,5 % της ολικής διακύμανσης των δεδομένων. Ο παράγοντας αυτός παρουσιάζει αρκετές διαφορές σε σχέση με τον αντίστοιχο του 4-μελούς μοντέλου.

Παρουσιάζει υψηλή θετική φόρτιση στα 2,5Φ(0,63095). Επίσης παρουσιάζει ιδιαίτερα υψηλή αρνητική φόρτιση στα 5,75Φ(-0,66213). Οι φορτίσεις των δύο αυτών κλασμάτων υπέστησαν σημαντική μεταβολή με την προσθήκη του πέμπτου παράγοντα, αφού οι αντίστοιχες τιμές τους στο 4-μελές μοντέλο ήταν (-0,39866) και (0,69733). Υψηλή αρνητική φόρτιση παρουσιάζεται και στα 10,5Φ(-0,45812) τα οποία στο 4-μελές μοντέλο έχουν φόρτιση θετική και υψηλή (0,5789).

- Ο πέμπτος παράγοντας του 5-μελούς παραγοντικού μοντέλου εκφράζει το 4,6 % της ολικής διακύμανσης των δεδομένων. Ο παράγοντας αυτός παρουσιάζει εξαιρετικά υψηλή θετική φόρτιση στα 6,5Φ(0,93225).

Ο πρώτος – και κυριώτερος- παράγοντας αυτού του μοντέλου ομαδοποιεί εμφανώς την πολύ χονδρόκοκκη, την χονδρόκοκκη και την μεσόκοκκη άμμο και εκφράζει την αντιπάθεια αυτών με τον πολύ λεπτόκοκκο πηλό και το αδρομερέστερο μέρος της αργίλου.

Ο δεύτερος παράγοντας εκφράζει την αντιπάθεια των ψηφίδων με τον πολύ λεπτόκοκκο πηλό και την άργιλο.

Ο τρίτος παράγοντας ομαδοποιεί την πολύ λεπτόκοκκη άμμο με τον χονδρόκοκκο πηλό και εκφράζει μια μέτρια αντιπάθεια αυτών σε σχέση με το κλάσμα των ψηφίδων.

Ο τέταρτος παράγοντας εκφράζει την αντιπάθεια μεταξύ της λεπτόκοκκης άμμου και του μεσόκοκκου πηλού.

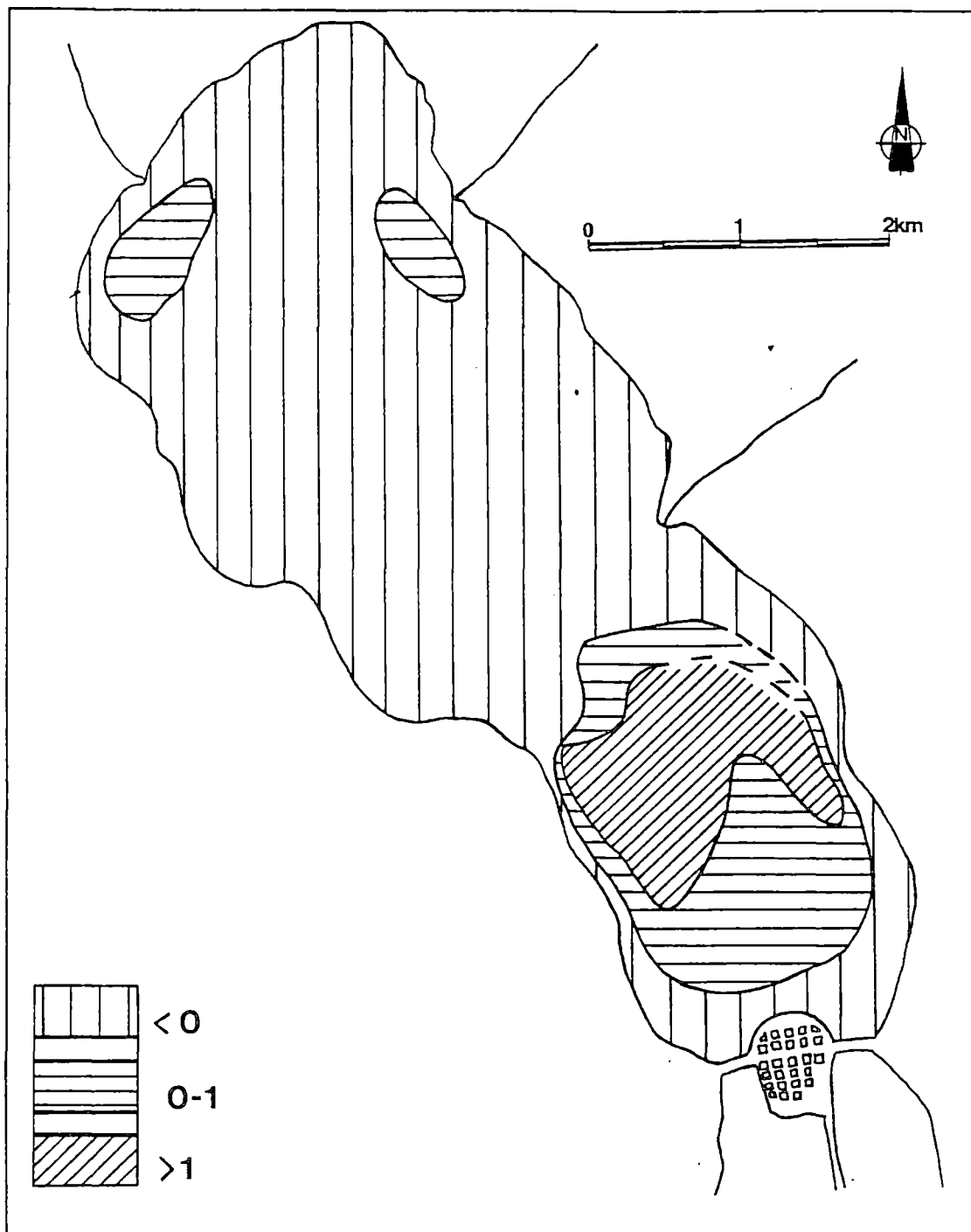
Ο πέμπτος παράγοντας εκφράζει τον λεπτόκοκκο πηλό.

Η προσθήκη του 5<sup>ου</sup> παράγοντα επέφερε αύξηση στις τιμές των κοινών παραγοντικών διακυμάνσεων. Ιδιαίτερα για τις τάξεις μεγέθους που αντιστοιχούν στο λεπτόκοκκο υλικό, αυτό ήταν απαραίτητο συνεπώς τώρα αυτές εκφράζονται καλύτερα, κάτι που μας ενδιαφέρει άμεσα στην έρευνα για ρύπανση στο κλάσμα αυτό του ιζήματος. Φυσικά, οι υπόλοιπες μεταβλητές εξακολουθούν και σε αυτό το μοντέλο να εκφράζονται εξαιρετικά. Συμπερασματικά το 5-μελές παραγοντικό μοντέλο κρίνεται ως το πλέον ικανοποιητικό. Εκφράζει μεγάλο ποσοστό της ολικής διακύμανσης των δεδομένων ( 86,4%) και εκφράζει με επιτυχία το λεπτόκοκκο υλικό, κάτι που φαίνεται από τον πίνακα των κοινών παραγοντικών διακυμάνσεων. Συνεπώς, αυτό είναι το προτεινόμενο μοντέλο παραγοντικής ανάλυσης, αφού καταφέρνει να εκφράσει καλύτερα τα δεδομένα σε σχέση με τα δύο προαναφερθέντα μοντέλα ( 3-μελές και 4-μελές).

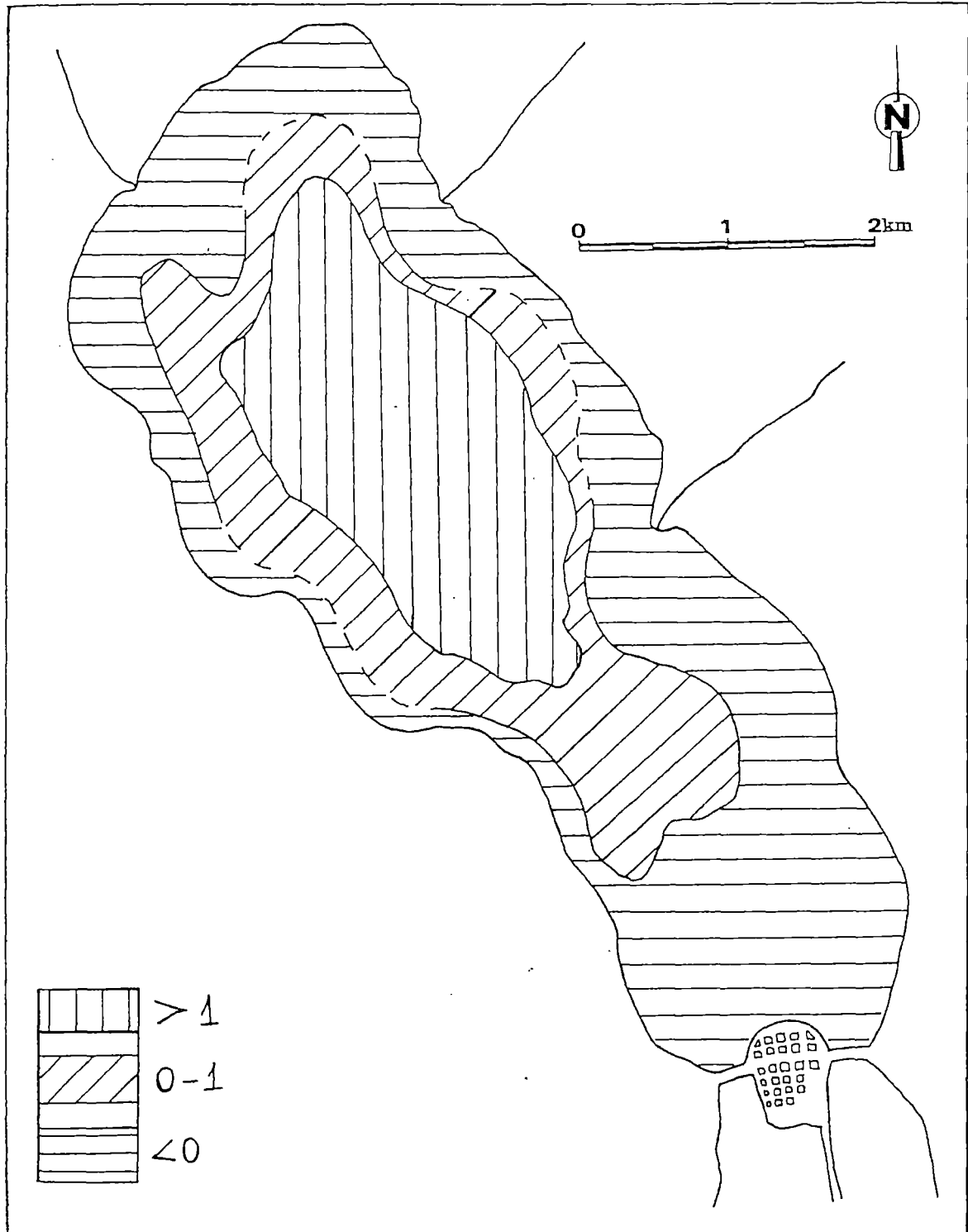
Στον πίνακα 6.2 παρουσιάζονται οι παραγοντικές τιμές για το 5-μελές μοντέλο. Στη συνέχεια για κάθε παράγοντα, απεικονίζεται η γεωγραφική του εξάπλωση.

δείγματα	παράγο - ντας 1	παράγο - ντας 2	παράγο - ντας 3	παράγο - ντας 4	παράγο - ντας 5
1	-1,21408	-1,48071	-0,82532	0,6406	-0,9109
2	0,08136	-0,56647	-0,07969	0,42814	-0,59523
3	0,16034	-0,29863	-0,63574	-0,24885	-0,60645
4 1	-0,3382	-0,96412	-0,85992	0,0654	-0,77912
4 2	1,92763	-0,17343	-0,48222	-0,24609	-0,36838
6	1,189	-0,65461	0,57937	-0,0286	-0,68031
7 á	-1,48666	-1,56454	-1,20029	0,32626	-0,92292
7 1	0,16599	-1,66057	-0,82005	0,24624	3,35557
7 2	0,48814	-0,43336	-0,73553	0,10669	0,36436
8 á	0,73259	-0,51812	-0,99177	-0,2082	-0,60572
8 1	2,50051	0,32757	-0,40731	-0,40601	0,3357
8 2	0,7658	-0,03028	-0,73412	-0,06467	-0,48481
9	2,38201	0,87823	0,52704	2,83599	-0,05485
10 1	-0,70164	0,18816	0,02622	-0,54164	1,1772
10 2	-0,14349	0,51246	0,39947	-2,54597	-0,23418
11 1	-0,10846	0,86526	1,1681	-2,32027	-1,33332
11 2	-0,39156	1,05275	-0,17397	-0,58611	0,40642
12 1	-1,1828	-0,74199	2,63778	0,83622	-0,16453
12 2	-0,86246	-0,4268	2,7976	1,66167	-0,02716
12 3	-0,78096	2,26211	-0,965	0,67261	-0,99721
13 1	-0,88709	1,73941	-0,89701	0,7919	0,02322
13 2	-0,73782	0,39331	-0,58969	0,01309	2,24694
14	0,42738	-0,5369	-0,38243	0,17401	-0,47319
15 1	-0,85485	2,18189	-0,75989	1,25464	-0,6036
15 2	-0,39736	0,39705	0,37459	-1,44211	0,4021
16 1	-0,90337	-1,46005	-0,68289	0,17154	-0,8671
16 2	-0,8947	0,62839	-0,0165	0,26866	1,51888
16 3	-0,33418	0,92374	0,17197	-0,53968	1,05918
17 1	0,55689	0,17536	1,66723	-0,11353	0,279
17 2	-0,31072	0,01847	0,64457	-0,00944	-0,49558
18 1	0,79031	-0,26043	0,95911	-0,62388	0,55225
18 2	0,36246	-0,77317	0,2863	-0,56859	-0,51625

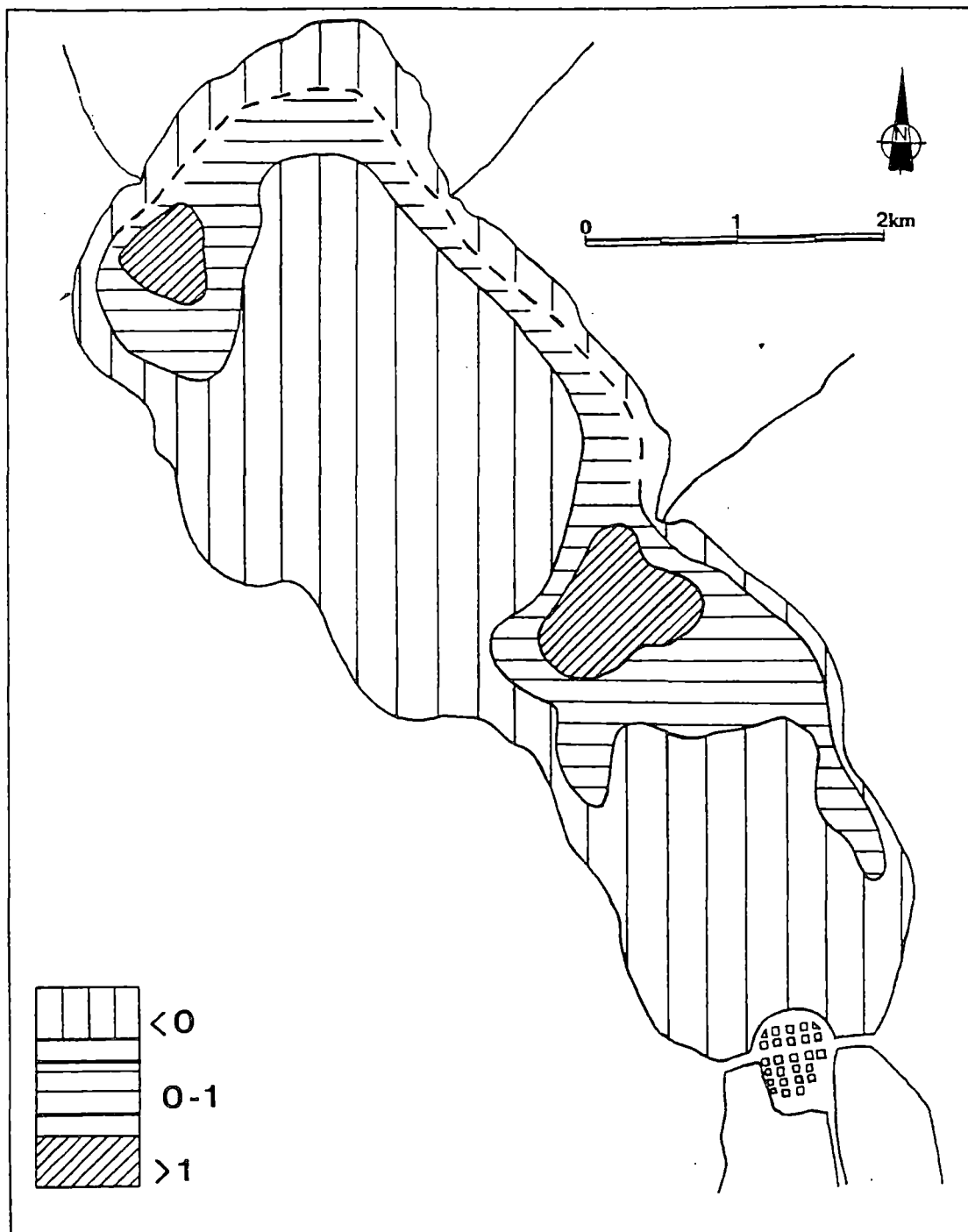
Πίνακας 6.2 : Παραγοντικές τιμές του 5- μελούς μοντέλου.



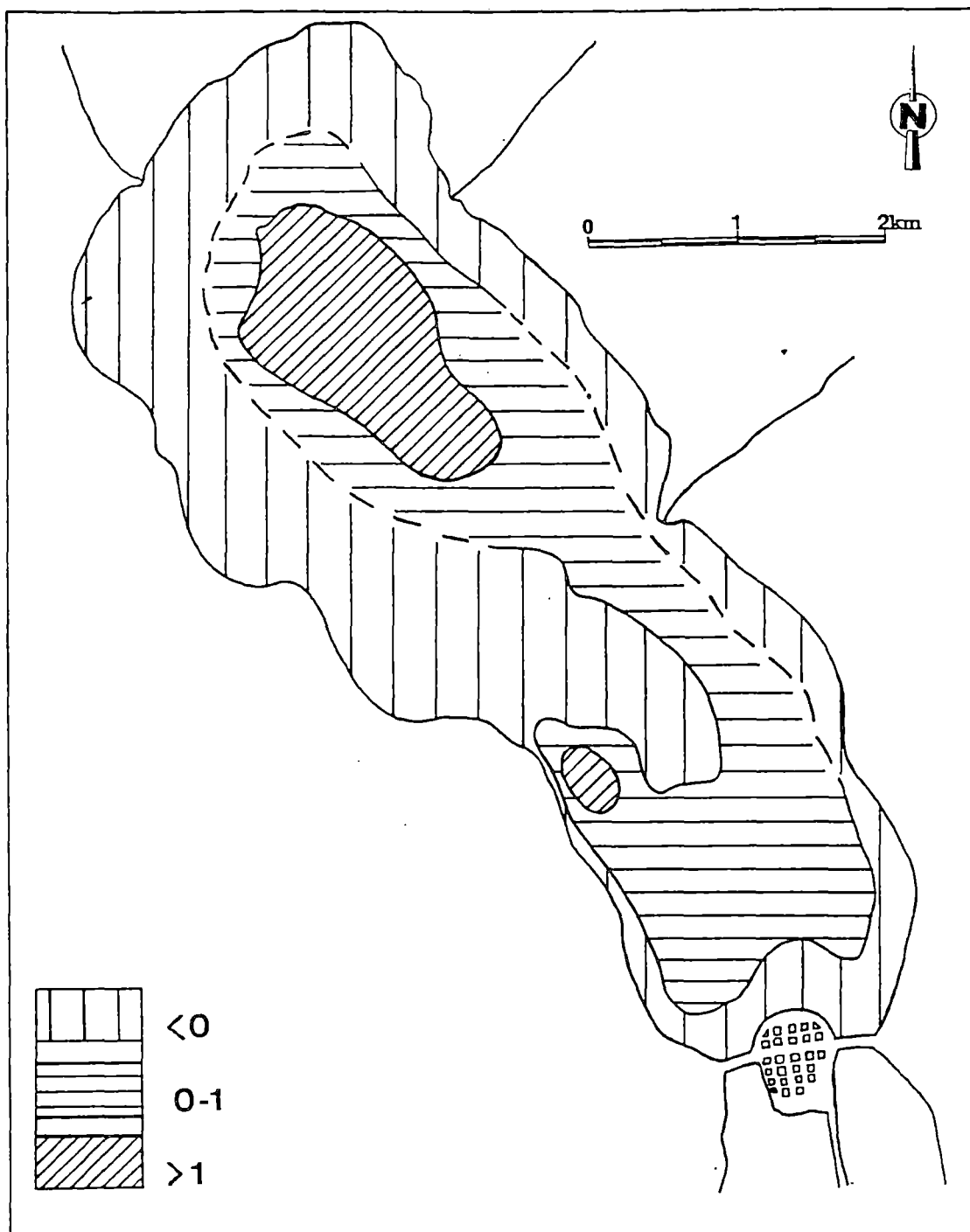
Χάρτης 6.1: Η γεωγραφική εξάπλωση του 1ου παράγοντα.



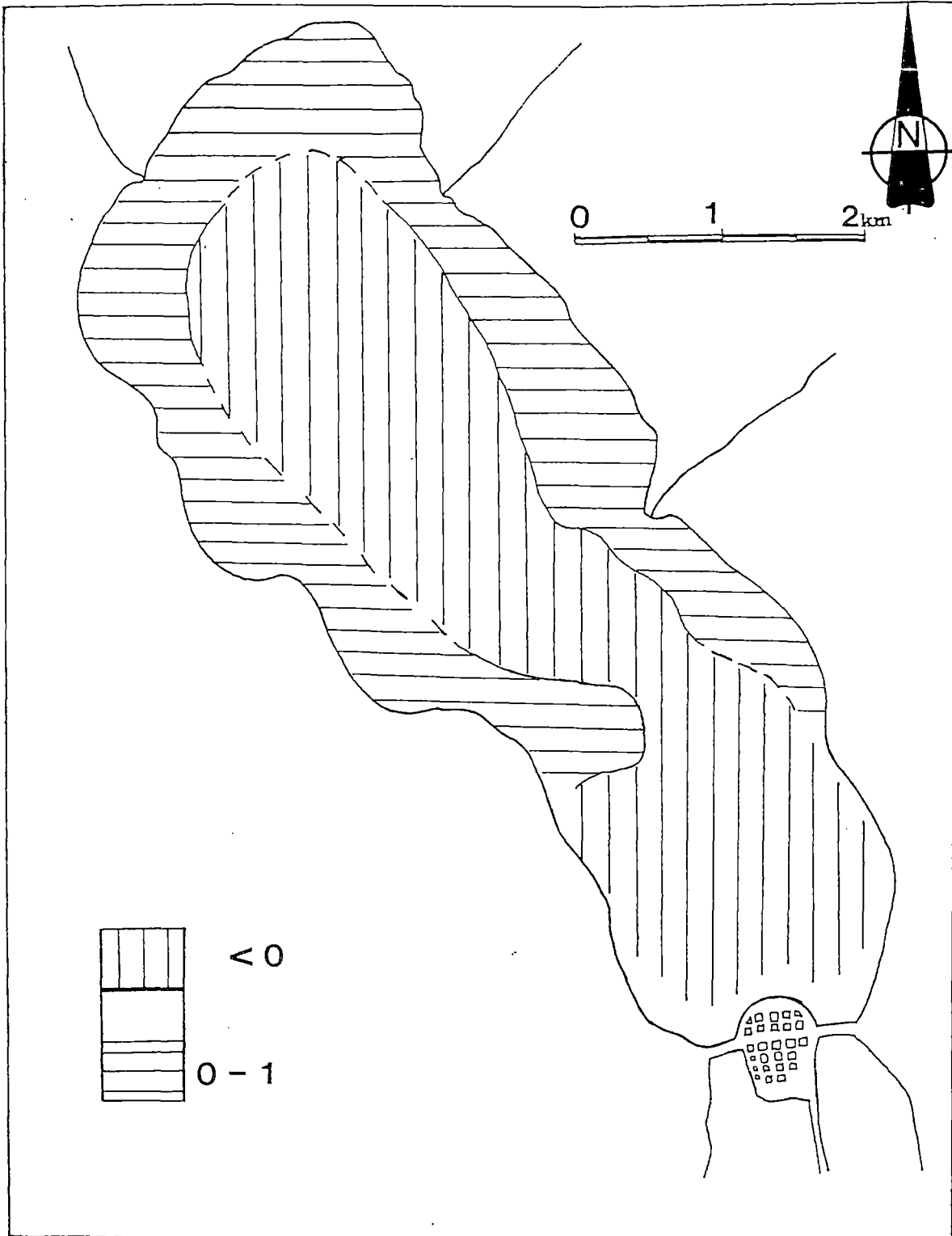
Χάρτης 6.2 : Η γεωγραφική εξάπλωση του 2ου παράγοντα (αντιπάθεια ψηφίδων και λεπτόκοκκου μέρους) .



Χάρτης 6.3: Η γεωγραφική εξάπλωση του 3ου παράγοντα.



Χάρτης 6.4: Η γεωγραφική εξάπλωση του 4ου παράγοντα.



Χάρτης 6.5 : Η γεωγραφική εξάπλωση του 5ου παράγοντα (παρουσία του λεπτόκοκκου πηλού).



#### 6.4 Σχολιασμός της γεωγραφικής απεικόνισης του κάθε παράγοντα.

**Χάρτης 6.1 :** Ο πρώτος παράγοντας έχει την ισχυρότερη έκφραση (παραγοντικές τιμές  $>1$ ) στο νότιο και κεντρικό τμήμα της λεκάνης. Ο παράγοντας αυτός εκφράζει την αντιπάθεια της χονδρόκοκκης άμμου με τον λεπτόκοκκο πηλό. Συνεπώς στη περιοχή αυτή τα βιογενή θράυσματα κελυφών αποτελούν τα μεγαλύτερα ποσοστά χονδρόκοκκης άμμου σ' όλη τη λεκάνη και ταυτόχρονα ο λεπτόκοκκος πηλός απουσιάζει. Παράλληλα, με την αντιπάθεια αυτή υποδηλώνεται η διαφορετική προέλευση των δύο αυτών κλασμάτων : Η μεν χονδρόκοκκη άμμος έχει βιογενή προέλευση, ο δε λεπτόκοκκος πηλός χερσογενή. Πιο μέτρια έκφραση (0-1) έχει ο παράγοντας αυτός νοτιότερα καθώς και σε δύο απομονομένες περιοχές στο βορά απέναντι από τις εκβολές δύο χειμάρων (Γαιδουροπνήχτης & Τριλάγγαδος).

**Χάρτης 6.2 :** Ο δεύτερος παράγοντας που εκφράζει την έντονη αντιπάθεια ψηφίδων και λεπτόκοκκου υλικού (πηλός & άργιλος) και εμφανίζεται ισχυρά (παραγοντικές τιμές  $>1$ ) στην κεντρική περιοχή του βόρειου μισού της λεκάνης σε βάθη κυρίως μεγαλύτερα των 15μ και βορειοδυτικά των 20μ. Αυτό επιβεβαιώνει τα ελάχιστα ποσοστά των ψηφίδων στην περιοχή αυτή και την πλήρη κυριαρχία του λεπτόκοκκου μέρους υποδηλώνοντας ένα περιβάλλον που έχει την χαμηλότερη ενέργεια στη λεκάνη . Η σύνδεση αυτού του περιβάλλοντος με τις ανοξικές συνθήκες δεν είναι άσχετη με τα μειωμένα έως μηδαμινά ποσοστά ψηφίδων που απαντώνται εκεί.

**Χάρτης 6.3 :** Ο τρίτος παράγοντας εκφράζει την συμπάθεια της πολύ λεπτόκοκκης άμμου με τον χονδρόκοκκο πηλό και εκδηλώνεται ισχυρά (παραγ. Τιμές  $>1$ ) σε δύο περιοχές απέναντι από τις εκβολές του Γαιδουροπνήχτη (βόρεια) και του Πλατύπορου (ανατολικά). Η συμπάθεια αυτών των δύο κλασμάτων υποδηλώνει την κοινή τους προέλευση που είναι οι φερτές ύλες των χειμάρων (χερσογενή υλικά).

**Χάρτης 6.4 :** Ο τέταρτος παράγοντας εκφράζει την αντιπάθεια της λεπτόκοκκης άμμου με τον μεσόκοκκο πηλό και εμφανίζεται ισχυρά στη περιοχή που περικλείει η ισοβαθής των 25μ (βόρεια) και σε μια μικρότερη περιοχή στο πάνω δυτικό μέρος (κοντά στην ακτή) του νότιου τμήματος της λεκάνης. Οι περιοχές αυτές είναι τελείως διαφορετικές από άποψη βυθομετρίας. Το κοινό πάντως χαρακτηριστικό τους είναι ότι δεν επηρεάζονται σημαντικά από του μεγάλους χειμάρους (στη πρώτη λόγω του μεγάλου βάθους & στη δεύτερη, αν και είναι κοντά στην ακτή, δεν υπάρχει κάποιος σημαντικός χείμαρος στην κοντινή χέρσο). Συνεπώς και στις δύο περιπτώσεις αποκλύεται η κυριαρχία χερσογενούς άμμου. Έτσι λοιπόν, στη πρώτη

-και μεγαλύτερη- περιοχή, που ως βαθύτερη επιτρέπει την καταβύθιση λεπτόκοκκων υλικών, κυριαρχεί ο χερσογενής μεσόκοκκος πηλός έναντι της χερσογενούς επίσης λεπτόκοκκης άμμου (γύψος) - η αντιπάθεια που εκφράζει ο παράγοντας εδώ, οφείλεται στην επιλεκτική απόθεση (βλ 2ο κεφ) του πηλού σ'ένα πολύ χαμηλό ενεργειακά περιβάλλον-. Στη δεύτερη περιοχή αντίθετα, η κυριαρχία της λεπτόκοκκης άμμου (μεγαλύτερα ποσοστά) έναντι του χερσογενούς μεσόκοκκου πηλού αποδίδεται στη βιογενή της προέλευση. Πράγματι αυτό επιβεβαιώνεται και απο την μακροσκοπική παρατήρηση (εδώ δηλ. η αντιπάθεια οφείλεται και στη διαφορετική πηγή προέλευσης).

**Χάρτης 6.5 :** Ο πέμπτος παράγοντας εκφράζει την κατανομή του λεπτόκοκκου πηλού (5.5Φ) που φαίνεται να έχει κατ'εξοχήν χερσογενή προέλευση.

## 6.5 Q -ΤΥΠΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (Q-mode (correspondence) factor analysis)

### Εισαγωγή

Η παραγοντική ανάλυση Q-τύπου έχει σκοπό την αποκάλυψη των σχέσεων μεταξύ των δειγμάτων με βάση την κατανομή των μεγεθών των κόκκων τους. Η Q-ανάλυση έχει ως μεταβλητές το σύνολο των δειγμάτων και εξάγει απο το σύνολό τους τους ελάχιστους εκείνους παράγοντες (τάξεις κόκκων) μέσω των οποίων εκφράζεται η συντριπτική πλειοψηφία των δειγμάτων. Κάθε παράγοντας αντιπροσωπεύεται απο τη σύσταση ενός ή περισσότερων δειγμάτων βάσει των οποίων περιγράφονται τα υπόλοιπα. Το ή τα δείγματα αυτά έχουν τα πιο ακραία & καθαρά χαρακτηριστικά ως προς την κοκκομετρική σύστασή τους - γεγονός που φαίνεται και απο τις κοκκομετρικές στατιστικές του/τους παραμέτρους : μέσο μέγεθος, ποσοστά τάξεων μεγέθους, είδος κατανομής, σταθερή απόκλιση κλπ- και προσδιορίζουν τον κάθε παράγοντα. Είναι μάλιστα σχετικά εύκολο να δώσει κανείς μια γενική εικόνα για την γεωγραφική και περιβαλλοντική τους θέση (δυναμική απόθεσης). Συνεπώς κάθε παράγοντας (ένα ή πιο πολλά χαρακτηριστικά δείγματα) ερμηνεύει ένα ιζηματολογικό περιβάλλον. Εφόσον όμως όλα τα άλλα δείγματα ερμηνεύονται κοκκομετρικά βάσει των παραγόντων-δηλ των χαρακτηριστικών δειγμάτων-, ανάλογες ιζηματολογικές ερμηνείες "παράγοντα" πάλι για όλα τα δείγματα απο τα ιζηματολογικά περιβάλλοντα που σχηματίστηκαν τα χαρακτηριστικά δείγματα του κάθε παράγοντα - εξάγουμε δυαδική συμπεράσματα και για το περιβάλλον απόθεσης των δειγμάτων, συγκρίνοντάς τα κοκκομετρικά με τα χαρακτηριστικά δείγματα του κάθε παράγοντα, των οποίων η δυναμική απόθεσης είναι εύκολα ερμηνεύσιμη-. Το σημαντικά οφέλη απ'αυτή την ιστορία είναι δύο: Πρώτον η εξαγωγή ιζηματολογικών και περιβαλλοντικών συμπερασμάτων χωρίς την εκ των προτέρων γνώση των γεωγραφικών και δυναμικών χαρακτηριστικών της περιοχής. Δεύτερον η εφαρμογή αυτής της δυνατότητας σε παλαιά ιζήματα μπορεί να μας δώσει στοιχεία για το περιβάλλον απόθεσης κατα τον σχηματισμό τους.

Στην εργασία μας ,υπάρχουν 32 δείγματα για την έκφραση των οποίων εξήχθησαν τελικά 3 παράγοντες με απώλεια πληροφοριών μόνο 6%. Στην συνέχεια υπολογίστηκαν οι τιμές των παραγοντικών φορτίσεων κάθε παράγοντα για κάθε

δείγμα (Πίνακας 6.3). Ακολούθως για κάθε δείγμα υπολογίστηκαν τα ποσοστά συμμετοχής του κάθε παράγοντα στην αντίστοιχη κοινή παραγοντική διακύμανση (Communality) -Πίνακας 6.5-. Έτσι φαίνεται η συμμετοχή του κάθε παράγοντα στην έκφραση κάθε δείγματος απο το τριμελές παραγοντικό μοντέλο.

δείγματα	ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ (1ος,2ος,3ος)			κ.παρ,δια
	ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΕΣ ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ			
1	0,98485	-0,14337	-0,03177	0,991494
2	0,99587	-0,05873	0,01041	0,995315
3	0,99097	0,07816	-0,07963	0,994471
4 1	0,99443	-0,06214	-0,05727	0,996032
4 2	0,9892	-0,09271	-0,07817	0,993222
6	0,93534	-0,23953	0,2336	0,986804
7 ά	0,99099	-0,09072	-0,05751	0,993599
7 1	0,86407	-0,08292	-0,02932	0,754352
7 2	0,9861	0,08692	-0,06729	0,984476
8 ά	0,98853	-0,07975	-0,09569	0,992708
8 1	0,97621	0,0552	-0,10322	0,966687
8 2	0,98744	0,08692	-0,08396	0,989642
9	0,92201	-0,25445	-0,0221	0,915336
10 1	0,02562	0,95311	0,06155	0,912863
10 2	-0,04966	0,91116	0,11409	0,845695
11 1	-0,06592	0,89793	0,15049	0,833271
11 2	-0,02522	0,99209	0,0345	0,986069
12 1	-0,11725	0,217	0,9555	0,973817
12 2	-0,11463	0,02979	0,97093	0,956733
12 3	-0,06947	0,92075	-0,06391	0,856691
13 1	-0,05575	0,971	-0,05159	0,948611
13 2	-0,03101	0,9438	0,01822	0,892052
14	0,99399	-0,08166	-0,0469	0,996884
15 1	-0,08626	0,8828	-0,02013	0,787182
15 2	-0,02563	0,97761	0,09776	0,965935
16 1	0,98654	-0,1241	-0,03432	0,98984
16 2	-0,07873	0,94066	-0,01001	0,89114
16 3	-0,06741	0,97708	0,01972	0,959618
17 1	0,21044	0,76535	0,44429	0,827439
17 2	0,87417	0,41126	0,04024	0,934927
18 1	0,83885	0,43702	0,26358	0,96413
18 2	0,99382	-0,0729	0,00652	0,993035

Πίνακας 6.3 : Φορτίσεις των παραγόντων της Q

δείγματα	1ος παράγ.	2ος παράγ.	3ος παράγ.
(0) - (0)	3,80956	-0,53648	-0,19776
(0) - (0,5)	-0,12764	-0,68672	-0,59544
(0,5) - (0)	-0,29594	-0,70262	-0,59385
(0) - (0,5)	-0,30232	-0,70465	-0,58695
(0,5) - (0)	-0,37623	-0,70803	-0,59478
(0) - (2)	-0,27782	-0,70419	-0,5232
(2) - (0)	-0,25324	-0,74248	0,31668
(0) - (4)	-0,09556	-0,31352	3,63164
(4) - (0)	-0,36336	-0,39735	0,4384
(4) - (5)	-0,36168	-0,37569	0,02987
(6) - (5,5)	-0,34796	-0,23306	0,04602
(5,5) - (6)	-0,36304	0,04168	-0,18699
(6) - (7)	-0,07775	0,71209	0,14836
(7) - (8)	-0,32116	1,08771	-0,41771
(8) - (9)	-0,33404	0,57391	-0,40184
(9) - (10)	-0,31619	0,53641	-0,62576
(10)	0,40435	3,15298	0,1133

Πίνακας 6.4 : Παραγοντικές τιμές της Q.

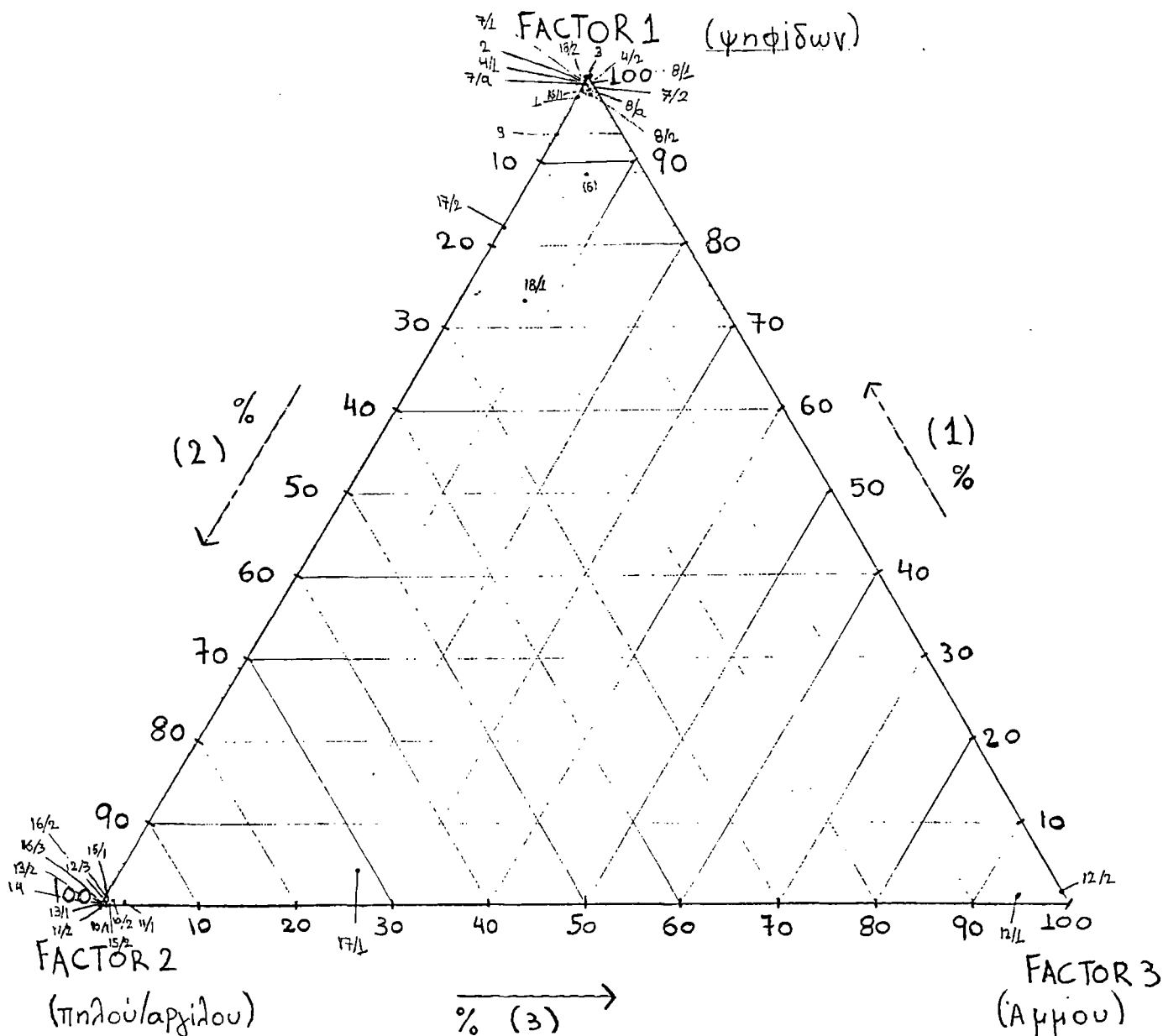
Απο τις παραγοντικές τιμές (Πίνακας 6.4) βρέθηκε ποιες τάξεις μεγέθους εκφράζει ο κάθε παράγοντας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση βρέθηκαν τα εξής : Ο πρώτος παράγοντας παρουσιάζει υψηλή παραγοντική τιμή (3,8096) στο κλάσμα των < -1Φ (ψηφίδες) ενώ έχει πολύ χαμηλές τιμές σ'όλα τα υπόλοιπα κλάσματα. Συνεπώς εκφράζει μόνο τις ψηφίδες. Ο παράγοντας αυτός εκφράζει το 52,7% της ολικής διακύμανσης των

δειγμάτων. Ο δεύτερος παράγοντας παρουσιάζει υψηλή παραγοντική τιμή (3,1530) στο κλάσμα των >10Φ (άργιλος) και δευτερευόντως (1,0877) στα 7-8Φ (πηλός) ενώ οι υπόλοιπες παραγοντικές τιμές του είναι χαμηλές. Άρα ο δεύτερος παράγοντας είναι ο παράγοντας της αργίλου και του πηλού και εκφράζει το 34,5% της ολικής διακύμανσης. Τέλος ο τρίτος παράγοντας παρουσιάζει υψηλή παραγοντική τιμή (3,6316) στα 3-4 Φ (άμμος). Συνεπώς ο παράγοντας αυτός εκφράζει την άμμο έχοντας συμμετοχή στην ολική διακύμανση κατά 6,8%. Έτσι όλα τα δείγματα μπορούν να εκφραστούν με βάση τα ποσοστά συμμετοχής σε αυτά, τριών μόνο τάξεων μεγέθους : των ψηφίδων, της άμμου και της ιλύος (άργιλος - πηλός).

Τα παραπάνω μπορούν να εκφραστούν σχηματικά απο πολυγωνικό διάγραμμα του οποίου ο αριθμός των πλευρών ισούται με τον αριθμό των εξαχθέντων παραγόντων. Εδώ, εκφράζονται απο τριγωνικό διάγραμμα (Σχήμα 6.1) εφόσον οι παράγοντες είναι τρεις. Κάθε κορυφή του τριγώνου αντιστοιχεί σ'ένα παράγοντα. Οι κλίμακες των πλευρών του τριγώνου αναφέρονται στις τιμές του πίνακα 6.5 (στα ποσοστά % συμμετοχής των τετραγώνων των φορτίσεων στην κοινή παραγοντική διακύμανση). Οι τιμές αυτές μας βοηθούν να τοποθετήσουμε τα δείγματα στην ανάλογη θέση τους μέσα στο τρίγωνο και δείχνουν το κατά πόσο ένας παράγοντας συμμετέχει στην έκφραση κάθε δείγματος (ως προς την κοκκομετρική σύστασή του) από το τριμελές παραγοντικό μοντέλο. Με άλλα λόγια είναι τα ποσοστά συμμετοχής κάθε παράγοντα στην κοινή παραγοντική διακύμανση κάθε δείγματος. Δηλαδή βλέπουμε τις ομαδοποιήσεις των δειγμάτων

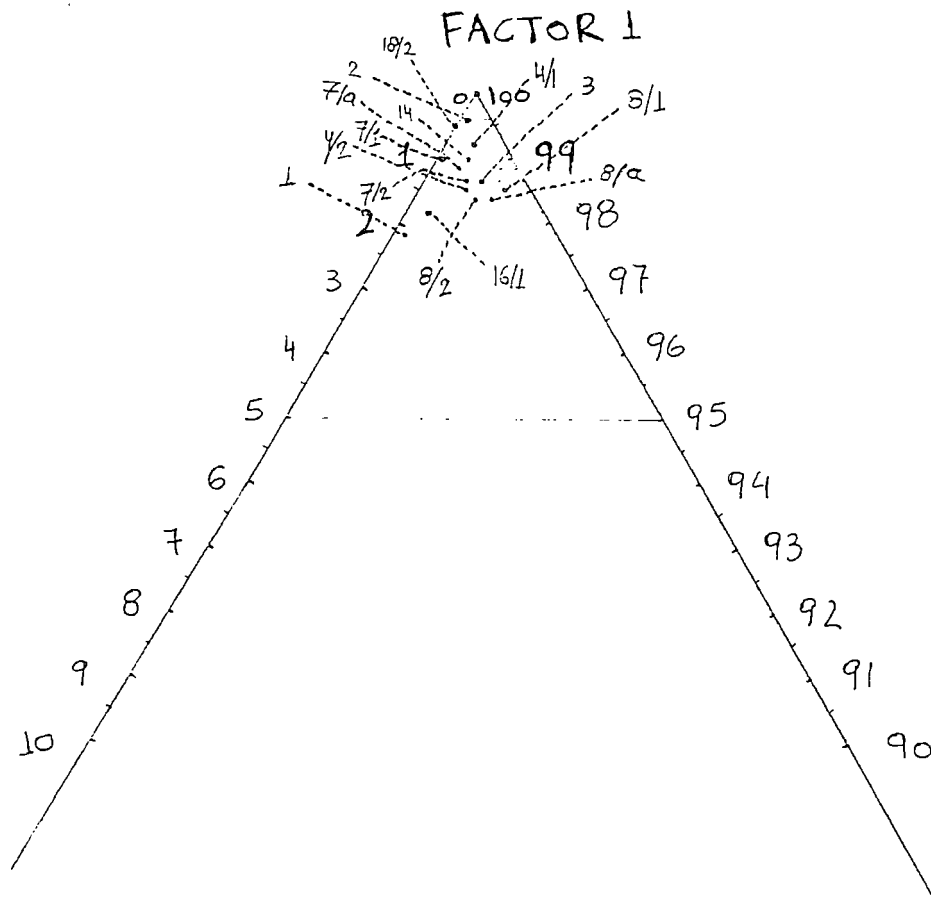
ανάλογα με τα ποσοστά συμμετοχής σε αυτά τριών μόνο παραγόντων (ψηφίδες-άμμος-αργιλοπηλός) που αποδίδονται απο τρία χαρακτηριστικά δείγματα.

## Q-MODE FACTOR (CORRESPONDENCE) ANALYSIS



Σχήμα 6.1 : Τριγωνικό διάγραμμα απεικόνισης των 3 παραγόντων της Q.

Βλέπουμε λοιπόν ότι : Ο πρώτος παράγοντας ομαδοποιεί τα εξής δείγματα : 1,2,3,4/1,4/2,6,7α,7/1,7/2,8/α,8/1,8/2,9,16/1,18/2. Το πιο χαρακτηριστικό δείγμα είναι το 2 (σταθμός 2). Τα δείγματα αυτά πράγματι εκφράζονται απο τον



Σχήμα 6.2 : Η μεγέθυνση του 1ου παράγοντα στο τριγωνικό διάγραμμα.

ψηφιδούχο παράγοντα. Συνεπώς μπορούμε να εκτιμήσουμε πως το περιβάλλον απόθεσής τους είναι πιο δυναμικό απο τα περιβάλλοντα των

δείγματα	φορτίση <sup>2</sup> (στο τετραγώνιο)			% συμμετοχή στην κ.παραγ.διακ. των τετραγώνων των φορτίσεων		
	1ος παραγ.	2ος παρα	3ος παρα	% 1ος	% 2ος	% 3ος
1	0,96992952	0,02055	0,001009	97,8251	2,07313	0,101799
2	0,99175706	0,00345	0,000108	99,6426	0,346545	0,010888
3	0,98202154	0,00611	0,006341	98,7481	0,614295	0,637619
4 1	0,98889102	0,00386	0,00328	99,283	0,387676	0,329292
4 2	0,97851664	0,0086	0,006111	98,5194	0,86538	0,615225
6	0,87486092	0,05737	0,054569	88,656	5,814183	5,529865
7 á	0,98206118	0,00823	0,003307	98,8388	0,828314	0,332871
7 1	0,74661696	0,00688	0,00086	98,9746	0,911474	0,11396
7 2	0,97239321	0,00756	0,004528	98,7726	0,767422	0,459934
8 á	0,97719156	0,00636	0,009157	98,4369	0,640678	0,922383
8 1	0,95298596	0,00305	0,010654	98,5826	0,315204	1,102152
8 2	0,97503775	0,00756	0,007049	98,5243	0,763416	0,712306
9	0,85010244	0,06474	0,000488	92,8733	7,07334	0,053359
10 1	0,00065638	0,90842	0,003788	0,0719	99,51309	0,415002
10 2	0,00246612	0,83021	0,013017	0,29161	98,16924	1,539151
11 1	0,00434545	0,80628	0,022647	0,52149	96,76064	2,717872
11 2	0,00063605	0,98424	0,00119	0,0645	99,81479	0,120707
12 1	0,01374756	0,04709	0,91298	1,41172	4,835509	93,75277
12 2	0,01314004	0,00089	0,942705	1,37343	0,092758	98,53381
12 3	0,00482608	0,84778	0,004084	0,56334	98,95989	0,476775
13 1	0,00310806	0,94284	0,002662	0,32764	99,39179	0,280571
13 2	0,00096162	0,89076	0,000332	0,1078	99,85499	0,037214
14	0,98801812	0,00667	0,0022	99,1104	0,66892	0,220649
15 1	0,00744079	0,77934	0,000405	0,94524	99,00328	0,051477
15 2	0,0006569	0,95572	0,009557	0,06801	98,94259	0,989406
16 1	0,97326117	0,0154	0,001178	98,3251	1,555889	0,118995
16 2	0,00619841	0,88484	0,0001	0,69556	99,2932	0,011244
16 3	0,00454411	0,95469	0,000389	0,47353	99,48594	0,040524
17 1	0,04428499	0,58576	0,197394	5,35205	70,79198	23,85596
17 2	0,76417319	0,16913	0,001619	81,7361	18,09069	0,173196
18 1	0,70366932	0,19099	0,069474	72,9849	19,8092	7,205916
18 2	0,98767819	0,00531	4,25E-05	99,4606	0,535168	0,004281

Πίνακας 6.5 : Ποσοστά συμμετοχής του κάθε παράγοντα στην κοινή παραγ.διακ/ση. (το άθροισμα των τετραγώνων των φορτίσεων του κάθε δείγματος δίνει την κοινή του παραγοντική διακύμανση, γι'αυτό υπολογίζεται η % συμμετοχή του τετραγώνου της φόρτισης.)

άλλων δειγμάτων και ίσως κατανέμονται σε ρηχές περιοχές που είναι οι πιο δυναμικές σε μια κλειστή λεκάνη όπως το Αιτωλικό. Ωστόσο το υψηλό μέσο μέγεθός τους και η φτωχή διαβάθμισή τους υποδεικνύει πως κάτι διαφορετικό συμβαίνει μ'αυτά τα δείγματα. Αυτό θα το ανακαλύψουμε απο την εξέταση της

φύσης τους (βιογενή ή χερσογενή, παρουσία άλλων κλασμάτων) και τον προσδιορισμό της θέσης τους στον χάρτη. Όντως για τα δείγματα αυτά οι ψηφίδες είναι 100% βιογενείς και αυτό εξηγεί την απόκλιση της ιζηματολογικής ερμηνείας του πρώτου παράγοντα που απο μόνος του δεν αντικατροπτίζει ,τουλάχιστον ποσοτικά (ποσότητα ενέργειας) την πραγματική δυναμική κατάσταση στο Αιτωλικό . Ο ψηφιδούχος παράγοντας έχει λίγο μικρότερη επίδραση στα δείγματα 17/2 & 18/1 .Το δείγμα 17/2 φαίνεται να επηρεάζεται σε μικρό ποσοστό και απο τον παράγοντα του πηλού και της αργίλου ενώ καθόλου απο τον παράγοντα της άμμου. Αυτό φαίνεται απο την θέση του στο τριγωνικό διάγραμμα (βρίσκεται πάνω στην πλευρά του δεύτερου παράγοντα “πλησιάζοντας” ελαφρά προς το μέρος του). Μπορούμε λοιπόν να εκτιμήσουμε πως το περιβάλλον απόθεσης αυτού του δείγματος επηρεάζεται (όχι όμως κυρίαρχα) και απο τις δυναμικές συνθήκες που ερμηνεύει ο δεύτερος παράγοντας. Το δείγμα 18/1 πέρα απο την κυριαρχία του πρώτου παράγοντα δέχεται σε λιγότερο βαθμό την επίδραση του δεύτερου παράγοντα (λίγο περισσότερο απο το 17/2) αλλά και την μικρή επίδραση του αμμούχου παράγοντα όπως δείχνει και η θέση του στο τρίγωνο. Τα δείγματα 18/1 & 17/2 έχουν μεγάλη πιθανότητα να προσεγγίζουν γεωγραφικά την περιοχή που αντιπροσωπεύει ο δεύτερος παράγοντας. Αν λάβουμε υπόψη μας ποιό ή ποια δείγματα αντιπροσωπεύει ο 2ος παράγοντας και ρίξουμε μια ματιά στο χάρτη ,θα διαπιστώσουμε πως πράγματι αυτό συμβαίνει .

Ο δεύτερος παράγοντας ομαδοποιεί ισχυρά τα δείγματα : 10/1,10/2,11/1,11/2,12/3,13/1,13/2,14,15/1,15/2,16/2 & 16/3. Το χαρακτηριστικότερο επιφανειακό δείγμα είναι το 13/1. Η σύνθεση αυτών των δειγμάτων φαίνεται να καθορίζεται απο την κυρίαρχη παρουσία του πηλού & της αργίλου. Συμπερασματικά υποθέτουμε πως τα παραπάνω δείγματα έχουν κάποιο κοινό μηχανισμό σχηματισμού. Αυτός ο κοινός μηχανισμός πρέπει να προσδιορίζεται απο ένα περιβάλλον πολύ χαμηλής ενέργειας που ευνοεί την κυρίαρχη παρουσία του λεπτόκοκκου υλικού. Μπορούμε λοιπόν να εικάσουμε πως τα ιζήματα αυτά σχηματίστηκαν σε περιοχές με τα μεγαλύτερα βάθη. Πράγματι αυτό επιβεβαιώνεται απο τις τιμές της τυπικής απόκλισης και των μέσων μεγεθών των δειγμάτων. Το μέσο μέσο μέγεθος κυμαίνεται απο 7,7 έως 8,5 Φ με εξαίρεση το δείγμα 14 που αναλογικά έχει υψηλό μέσο μέγεθος (0,1059Φ). Η τυπική απόκλιση είναι >1,9 που σημαίνει φτωχή διαβάθμιση κάτι που παρατηρείται για το λεπτόκοκκο υλικό (απουσία λιχνήσματος) σε περιβάλλοντα πολύ χαμηλής ενέργειας. Ο δεύτερος παράγοντας έχει μικρότερη επίδραση στο δείγμα 17/1 του οποίου η κοκκομετρική σύσταση επηρεάζεται απο τον τρίτο παράγοντα (της άμμου)



και πολύ λιγότερο απο τον πρώτο (ψηφίδες). Το δείγμα αυτό πιθανόν να αποκλίνει γεωγραφικά απο τα υπόλοιπα δείγματα του δεύτερου παράγοντα και να επηρεάζεται δυναμικά απο τις συνθήκες που περιγράφει ο τρίτος παράγοντας. Πράγματι όπως και ο σταθμός 12 βρίσκεται κοντά σε περιοχή όπου εκβάλλει μεγάλος χείμαρος.

Ο τρίτος παράγοντας ομαδοποιεί τα δείγματα 12/1 & 12/2 στα οποία κυριαρχεί το κλάσμα της άμμου. Είναι λοιπόν ο παράγοντας της άμμου και προσδιορίζει σαφώς ένα δυναμικότερο περιβάλλον απ'αυτό του δεύτερου παράγοντα (ισχυρή παρουσία άμμου). Αυτό επιβεβαιώνεται κι απο τις τιμές των μέσων μεγεθών (4,9-5,5 Φ) που ενώ οι ψηφίδες απουσιάζουν, δεν είναι τόσο ακραίες προς το λεπτόκοκκο κλάσμα ακριβώς λόγω της ισχυρής παρουσίας της άμμου. Επίσης η διαβάθμιση που παρουσιάζουν αν και παραμένει κακή (  $S_d=2-2,4$  Φ) - ένδειξη όχι ιδιαίτερα υψηλής ενέργειας-είναι ωστόσο καλύτερη σε σχέση με τα δείγματα του πρώτου παράγοντα (εκεί τα βιογενή κελύφη σε συνδυασμό με την ταυτόχρονη παρουσία λεπτόκοκκου υλικού έδινε πολύ μεγαλύτερες τιμές  $S_d$  ) . Αυτό μπορεί να σημαίνει δύο πράγματα .α) ότι μπορεί τα δείγματα αυτά να βρίσκονται σε μεσαία βάθη (5-10μ) β) η άμμος τους δεν είναι βιογενής -αν ήταν βιογενής θα έπρεπε να υπάρχουν και ψηφίδες- (αυτό μπορεί να επιβεβαιωθεί μακροσκοπικά μ'ένα στερεοσκόπιο, πράγμα που έγινε και όντως έτσι συμβαίνει). Τα δύο παραπάνω μάλιστα μπορούν να συνδυαστούν μια και η παρουσία οργανισμών στο Αιτωλικό, πέρα απο κάποιο βάθος αποκλείεται (απουσία οξυγόνου). Η μεγάλη ποσότητα της άμμου εκεί δηλώνει και κάποια χερσογενή πηγή που μπορεί να αναζητηθεί στον χάρτη της περιοχής στο τμήμα της χέρσου, κοντά στο σταθμό των δειγμάτων. Πράγματι απο την εξέταση στο χάρτη στη χέρσο απέναντι (ανατολικά του σταθμού 12) εκβάλλει ο μεγαλύτερος χείμαρος της λεκάνης απορροής του Αιτωλικού -Ο Πλατύπορος- που υπάρχουν στη περιοχή. Τέλος αποκλείεται τα δείγματα αυτά να βρίσκονται σε περιοχές των δειγμάτων του 2ου παράγοντα ( μέγιστα βάθου όπου κυριαρχεί το λεπτόκοκκο υλικό) και η εκτίμηση αυτή πάλι επιβεβαιώνεται απο το χάρτη.

**Συμπερασματικά** , απο την εφαρμογή της Q-τύπου παραγοντικής ανάλυσης στα δείγματα του Αιτωλικού , διαπιστώνουμε τα εξής :

- 1) Η Q - τύπου παραγοντική ανάλυση μπορεί να συγκρίνει και να προσδιορίζει διαφορετικά δυναμικά περιβάλλοντα απόθεσης για όλα τα δείγματα με βάση την κοκκομετρική σύνθεση των πιο χαρακτηριστικών δειγμάτων (ένα για κάθε παράγοντα) και μάλιστα με απώλεια πολύ λίγων πληροφοριών και χρησιμοποιώντας στοιχεία απ'όλα τα δείγματα. Ταυτόχρονα αναδεικνύει και τις δυναμικές τάσεις & σχέσεις μεταξύ των περιοχών που προσδιορίζει.

- 2) Κάνει όλα τα παραπάνω τόσο πιο επιτυχημένα και με ακρίβεια, όσο περισσότερα είναι τα δείγματα.
- 3) Η Q-τύπου παραγοντική ανάλυση δεν μπορεί πάντα να εκτιμά σωστά, ποσοτικά και ποιοτικά, την δυναμική απόθεσης από μόνη της. Γίνεται όμως ένα χρήσιμο και δυναμικό εργαλείο όταν συνδυάζεται και με άλλες πληροφορίες που έχουν να κάνουν με την φύση των ιζημάτων και την γεωγραφική τους θέση.
- 4) Είναι ίσως ένας πολύ σημαντικός τρόπος προσδιορισμού της δυναμικής σχηματισμού αρχαίων ιζημάτων που οι γεωγραφικές τους θέσεις δεν μπορούν πάντα να προσδιοριστούν. Στην εργασία μας είναι πολύ χαρακτηριστική η περίπτωση του σταθμού 12. Τα πιο επιφανειακά και πρόσφατα σε σχηματισμό δείγματα 12/1 & 12/2 προσδιορίζουν τον τρίτο παράγοντα της άμμου. Αντίθετα το παλαιότερο ιζηματογενετικά δείγμα 12/3 του ίδιου σταθμού, ανήκει στον δεύτερο παράγοντα του αργιλοπηλού που όπως είδαμε προσδιορίζει ένα διαφορετικό περιβάλλον απόθεσης. Συνεπώς οι δυναμικές συνθήκες απόθεσης του 12/3 ήταν διαφορετικές από αυτές των νεότερων ιζημάτων των 12/1 & 12/2 και μοιάζαν με αυτές των ιζημάτων του 2ου παράγοντα. Με άλλα λόγια το περιβάλλον απόθεσης της ίδιας περιοχής ήταν διαφορετικό σε μια εποχή που μπορεί να προσδιοριστεί αν με ραδιοχρονολόγηση προσδιορίσουμε την ηλικία του δείγματος 12/3. Τέτοιες πληροφορίες μπορεί να είναι βοηθητικές και για τη γνώση του κλίματος που επικρατούσε στην περιοχή αν συνδιαστούν και με ανάλογα στοιχεία που προσφέρει η επιστήμη της Παλαιοντολογίας. Για παράδειγμα, για το ίζημα του δείγματος 12/3, θα μπορούσαμε να πιθανολογίσουμε πως κατά το σχηματισμό του επικράτησε μια περίοδος ξηρασίας που εμπόδιζε την παροχή χερσογενούς άμμου από τους γειτονικούς χείμαρους και γ'αυτό επικράτησε το λεπτόκοκκο υλικό.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο. Γεωφυσική μελέτη του πυθμένα με ΗΠΣ.

### Εισαγωγή.

Οι ηχοβολιστές πλευρικής σάρωσης είναι συστήματα που χρησιμοποιούνται για τη μελέτη της μορφολογίας (κατα κύριο λόγο) και της φύσης του πυθμένα. Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στην εκπομπή ηχητικών κυμάτων και τη λήψη των ανακλάσεων τους απο τον πυθμένα απο έναν πομποδέκτη καθώς αυτός σύρεται απο το πλωτό μέσο. Τα ανακλώμενα ηχητικά κύματα έχουν χαρακτηριστικά (ένταση, διάρκεια επιστροφής στον δέκτη) που με κατάλληλες μετατροπές δίνουν ηχητικές καταγραφές (ηχογραφήες). Οι καταγραφές αυτές είναι συνεχείς και ερμηνεύουν τη μορφολογία και τη φύση του πυθμένα.

Η ουσιαστική εξέλιξη αυτών των συστημάτων ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του '60 ακολουθώντας δύο κατευθύνσεις. Κύριο χαρακτηριστικό και των δυο τύπων συστημάτων είναι ότι η ακρίβειά τους είναι αντιστρόφως ανάλογη με το εύρος σάρωσης που επιτυγχάνουν. Η ακρίβεια επίσης είναι κυρίως συνάρτηση της συχνότητας των ηχητικών κυμάτων ,όπως γίνεται φανερό πιο κάτω.

Η πρώτη κατεύθυνση έδωσε συστήματα με μικρό εύρος σάρωσης (300-1500 μ) και μεγάλη ακρίβεια. Η ημιπλωτή διάταξη που φέρει τον πομποδέκτη, πρέπει να σύρεται κοντά στον πυθμένα, γ'αυτό σε βαθιά νερά αφήνεται να βυθιστεί όσο χρειάζεται στην υδάτινη στήλη. Οι συχνότητες εκπομπής που χρησιμοποιούν είναι απο 20 έως 100 KHz.

Η δεύτερη κατεύθυνση αφορά συστήματα με μεγάλο εύρος σάρωσης (20-30 Km) και περιορισμένη ακρίβεια. Εδώ, η σύρση της ημιπλωτής συσκευής γίνεται πάντα κοντά στην επιφάνεια του νερού. Η ίδια η συσκευή είναι μια τορπίλη μήκους 10 μ και βάρους 6 ton περίπου, που εκπέμπει σε χαμηλές συχνότητες, 6-7 KHz. Είναι φανερό πως τέτοια συστήματα είναι κατάλληλα σε ανοικτές θάλασσες και όπου δεν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια.

**Εφαρμογές :**Οι ηχογραφήες που προκύπτουν απο τους Ηχ. Πλ. Σάρωσης χρησιμεύουν :

(α) για μελέτη της μορφολογίας του πυθμένα δηλ. ανίχνευση υφάλων, βραχωδών εξάρσεων, κατολισθήσεων, κρατήρων rockmarks, λασπούχων ηφαιστειών (mud volcano), συμπαγοποίησης επιφανειακών ιζημάτων λόγω διαφυγής αερίων υδρογονανθράκων.

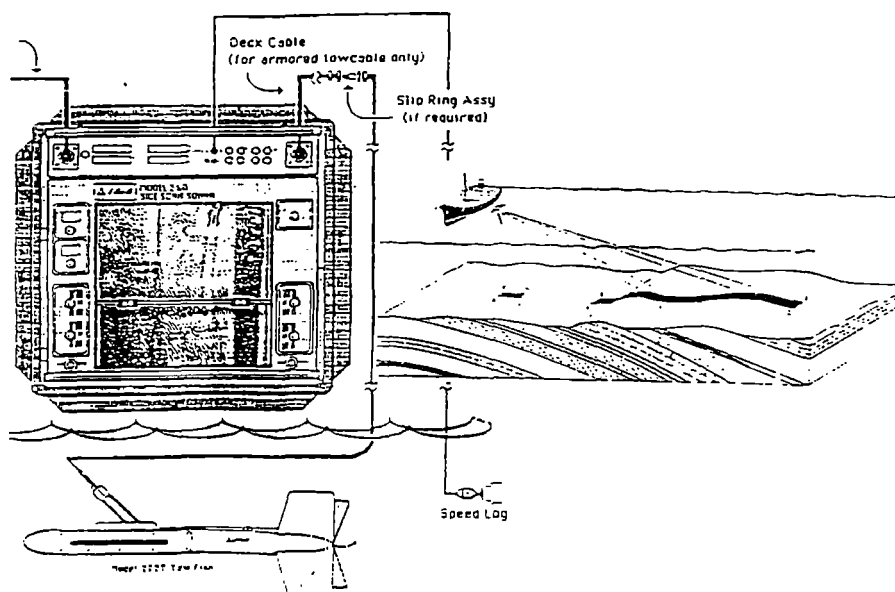
(β) για τη μελέτη της κατανομής των συγχρόνων ιζημάτων δηλ. τον εντοπισμό περιοχών διαφορετικής υψής ιζημάτων (άμμος, χαλίκια, κλπ).

(γ) για τον εντοπισμό ναυαγίων (σκάφη, αεροσκάφη) που αναπαύονται στον πυθμένα.

Παρακάτω θα περιοριστούμε στη περιγραφή για την πρώτη μόνο κατηγορία ηχοβολιστών (μικρού εύρους) μια και αυτοί χρησιμοποιούνται ευρέως τα τελευταία χρόνια και ιδιαίτερα στις παράκτιες περιοχές. Οι βασικές αρχές λειτουργίας όμως αφορούν και τη δεύτερη κατηγορία.

### 7.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ ( ΜΙΚΡΟΥ ΕΥΡΟΥΣ).

Ένα σύστημα ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης (Εικόνα 7.1) συνίσταται από τρία βασικά μέρη α) τους ημιπλωτούς πομποδέκτες που τοποθετούνται στην ηχοβολιστική τορπίλη. Στους ηχοβολιστές πλ. σαρ. μικρού εύρους(600μ) η τορπίλη έχει μήκος 1μ βάρος 25Kg φέρει ουραία πτερύγια και είναι υδροδυναμικά σχεδιασμένες. Πλευρικά και στο μπροστινό μέρος, τοποθετούνται οι δύο πομποδέκτες. β) το καλώδιο μεταφοράς του σήματος και συγχρόνως καλώδιο σύρσης και γ) την καταγραφική μονάδα.



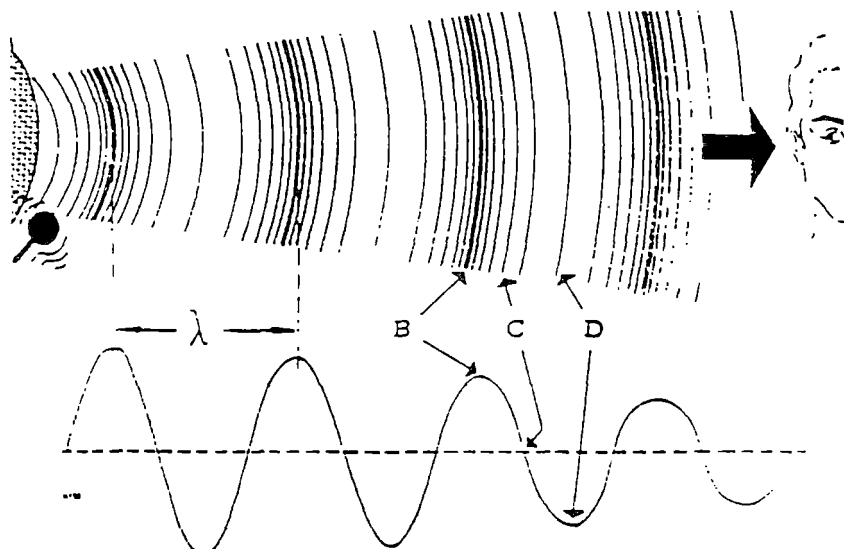
Εικόνα 7.1 : Βασικά μέρη ενός ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης.

### 7.2 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ

( Παλμοί - Ηχητική δέσμη )

Οι δύο πομποδέκτες σαρώνουν ηχητικά τον πυθμένα, πλευρικά της πορείας της τορπίλης, καθώς αυτή σέρνεται πίσω από το σκάφος. Οι πομποδέκτες είναι κεραμικές διατάξεις και βρίσκονται σ'επαφή με το νερό. Όταν εφαρμόζεται σ'αυτούς ηλεκτρική τάση, πάλονται και οι παλμοί μεταδίδονται στο νερό. Οι παλμοί (είναι τα χρονικά διαστήματα εκπομπής του ήχου) σχηματίζουν δύο δέσμες ηχητικών κυμάτων που μεταδίδονται μέσα στο νερό (ταχύτητα ήχου στο νερό  $U_{\eta\chi} = 1500\text{m/s}$ ). Τα ηχητικά κύματα ("ήχος") είναι κύματα πίεσης που δημιουργούν πυκνώματα (υψηλή πίεση) και αραιώματα (χαμηλή πίεση) στο μέσο που διαδίδονται και η έντασή τους μειώνεται όσο απομακρύνονται από την πηγή. Η

απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών πυκνωμάτων (στο διάγραμμα πίεσης /χρόνου, μεταξύ των δύο κορυφών Εικ 7.2) είναι πάντα ίδια και καλείται μήκος κύματος ( $\lambda$ ). Ο αριθμός των πυκνωμάτων (κορυφές) που περνούν από ένα σταθερό σημείο κατά



Εικόνα 7.2 : Διάδοση ηχητικού κύματος.

την διάρκεια ενός δευτερολέπτου καθορίζεται ως **συχνότητα (f) του κύματος**. Η συχνότητα δίνει τον αριθμό των κυμάτων (δηλ. τον αριθμό των διαδοχικών πυκνωμάτων που λέγονται επίσης περίοδοι ή κύκλοι c) ανα δευτερόλεπτο. Το ένα Hz είναι ένας κύκλος ανα δευτερόλεπτο και η ταχύτητα του ήχου εξ' ορισμού δίνεται από τον τύπο  $U = \lambda \cdot f$

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω οι πομποδέκτες παράγουν παλμούς (σύντομα διαστήματα εκπομπής ήχου. Κατα την εκπομπή (δηλ. την ταλάντωση του πομπού όταν διεγείρεται) δημιουργείται τα πυκνώματα και τα αραιώματα. Ο ήχος όμως δεν εκπέμπεται συνεχώς αλλά υπάρχουν και χρονικά διαστήματα σιωπής κατά τα οποία ο πομποδέκτης δέχεται τις ανακλάσεις των ηχητικών κυμάτων από τον πυθμένα. Η χρονική διάρκεια εκπομπής ήχου καλείται **διάρκεια παλμού** ( πχ 1ms). Όταν είναι γνωστή η συχνότητα εκπομπής και η διάρκεια παλμού τότε μπορεί να υπολογιστεί το μήκος του παλμού, δηλαδή το μήκος του σε διάστημα. Το μήκος παλμού είναι πολλαπλάσιο του μήκους κύματος  $\lambda$ . Για μια δεδομένη συχνότητα οι παλμοί πρέπει να δημιουργούν ηχητικά κύματα με την μεγαλύτερη διακριτική ικανότητα. Ως διακριτική ικανότητα ορίζεται η ελάχιστη απόσταση που πρέπει να απέχουν δύο στόχοι, ώστε να διακριθούν και στη καταγραφή (ηχογραφία) να καταγραφούν ως δύο. Η **διακριτική ικανότητα ορίζεται ως το**

ήμισυ του μήκους του παλμού. Η διακριτική ικανότητα εξαρτάται από α) τη διάρκεια του παλμού (η αύξηση της διάρκειας του παλμού μειώνει την διακριτική ικανότητα), β) την συχνότητα εκπομπής (υψηλές συχνότητες π.χ 100Hz, αυξάνουν την διακριτική ικανότητα), γ) την κλίμακα του εύρους σάρωσης (όσο μικρότερο εύρος σάρωσης καταγράφεται σε δεδομένου πλάτους καταγραφικό χαρτί τόσο μεγαλύτερη είναι η διακριτική ικανότητα), δ) από την γωνία της ηχητικής δέσμης (όσο μικραίνει η γωνία τόσο αυξάνεται η διακριτική ικανότητα), ε) από την ταχύτητα του σκάφους (όταν το σκάφος κινείται έχουμε βελτιωμένη διακριτική ικανότητα).

Ένας πομπός μπορεί να θεωρηθεί ως συστοιχεία σημειακών πηγών που εκπέμπουν ηχητικά κύματα έτσι ώστε να δημιουργηθεί μια ηχητική δέσμη. Η ηχητική δέσμη δηλ. δεν είναι τίποτε άλλο από ηχητικά κύματα που διαχέονται προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Το εύρος (γωνία σε °) της δέσμης ελέγχεται από τα χαρακτηριστικά του πομπού και το μήκος του ηχ. κύματος ( $\lambda$ ). Η διεύθυνση της κύριας δέσμης καθορίζεται από τη διεύθυνση του κύριου ακουστικού άξονα (κύριος ηχητικός λοβός) που παρουσιάζει και την μέγιστη ισχύ. Ως εύρος της δέσμης καθορίζεται το εύρος (η γωνία) του κύριου ηχητικού άξονα. Στον ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης υπάρχουν δύο ηχητικές δέσμες που εκπέμπονται εκατέρωθεν της τορπίλης. Όπως φαίνεται στην εικόνα 7.3 οι ηχητικοί άξονες σχηματίζουν κατακόρυφες γωνίες κι αυτό συμβαίνει γιατί οι πομποδέκτες είναι στραμμένοι προς τα κάτω ( "κοιτάζουν" υπο γωνία τον πυθμένα). Αυτό γίνεται για να σχηματιστεί μια κύρια ηχ. δέσμη ( ο κύριος ηχητικός λοβός) που έχει μέγιστη κατευθυντικότητα και επιτυγχάνει αποτελεσματικότερη ηχητική σάρωση του πυθμένα. Η οριζόντια διασπορά (σαν να κοιτάμε πανοραμικά την διάδοση των ηχητικών κυμάτων ) της ηχητικής δέσμης είναι πολύ στενή (0,25 – 1,2 °) ενώ η κάθετη διασπορά ( σαν να "βλέπαμε" την ηχητική δέσμη σε μια τομή της υδάτινης στήλης κάθετη στον άξονα της τορπίλης ) είναι γύρω στις 50 °.

### 7.3 ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΗΧΟΓΡΑΦΙΑΣ.

Η ηχογραφία συνίσταται από δύο λωρίδες καταγραφής. Κάθε λωρίδα αντιπροσωπεύει τη ζώνη σάρωσης εκατέρωθεν του άξονα της τορπίλης και της διεύθυνσης του σκάφους. Το εύρος της ζώνης έχει δυνατότητα ρύθμισης.

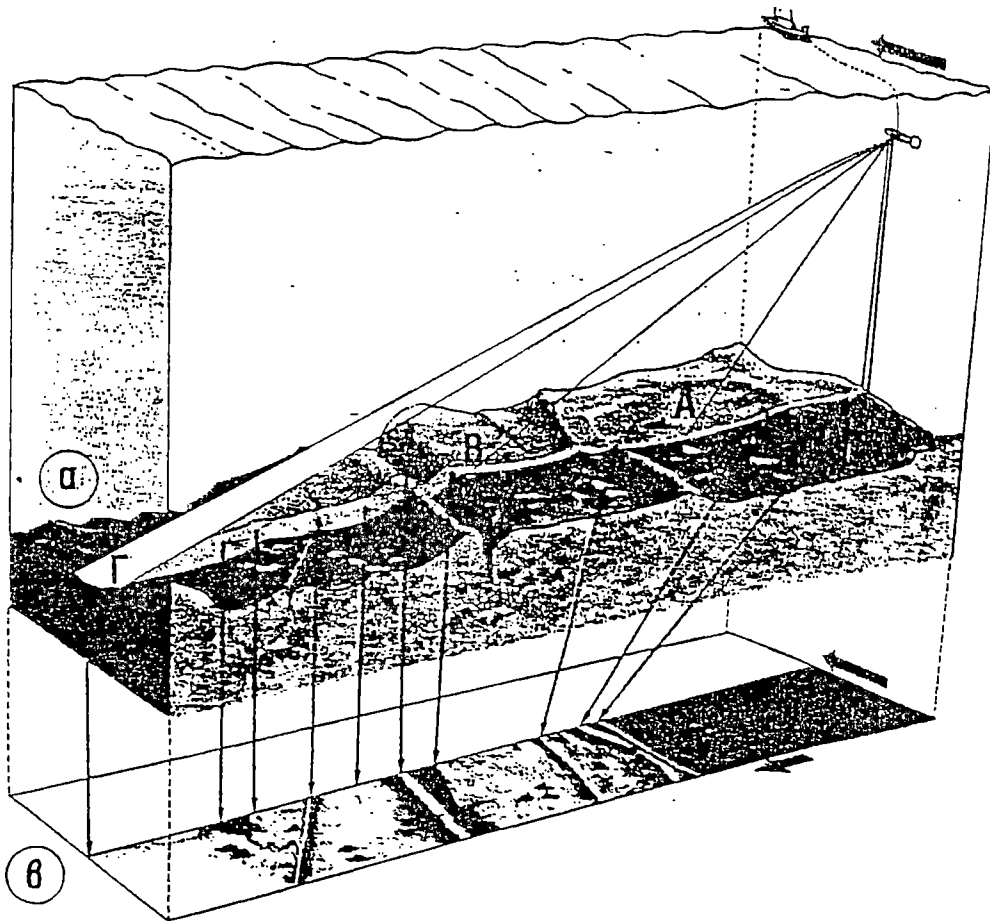
Στα χρονικά διαστήματα σιωπής (παύση εκπομπής) οι πομποδέκτες δέχονται τις ανακλάσεις των κυμάτων απ'τον πυθμένα ή την υδάτινη στήλη. Τα ανακλώμενα ηχ. κύματα όταν προσπίπτουν στον πομποδέκτη προκαλούν την αλλαγή του σχήματός του. Η μηχανική αυτή αλλαγή μετατρέπεται σε ηλεκτρικό ρεύμα που τροφοδοτείται στην καταγραφική μονάδα ( ή ακόμη ψηφιοποιείται σε

H/Y ). Ο σχηματισμός της ηχογραφικής εικόνας βασίζεται στη διαφορετική ένταση των κυμάτων που προσλαμβάνονται από τον δέκτη μετά την ανάκλασή τους στον πυθμένα και αυτή με την σειρά της απο τη φύση και μορφολογία του πυθμένα. Οι ανακλάσεις τοποθετούνται στην καταγραφή κάθετα προς την διεύθυνση πορείας του σκάφους καθώς με την ίδια διεύθυνση κινείται και η γραφίδα του καταγραφικού. Οι ανακλάσεις καταγράφονται κατά μήκος μιας γραμμής με γραφίδες (καταγραφικές βελόνες) και ως ανοιχτόχρωμα (μικρή ένταση ανάκλασης) ή σκουρόχρωμα (μεγάλη ένταση) τμήματα ανάλογα τη φύση και τη μορφολογία του πυθμένα. Η διαβάθμιση του χρώματος απο λευκό σε μαύρο δηλώνει αντίστοιχα τη διαβάθμιση απο ασθενής σε ισχυρές ανακλάσεις. Καθώς η τορπίλη μετακινείται συνεχώς και η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται εκατοντάδες φορές το λεπτό οι γραμμές καταγραφής τοποθετούνται η μία δίπλα στην άλλη και έτσι στοιχειοθετείται η ηχογραφία του πυθμένα (βλ. **εικόνα 7.3** ).

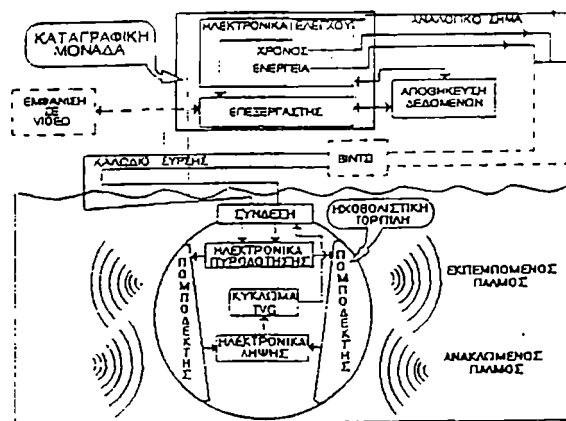
Για να έχουμε μια ομοιόμορφη αποτύπωση όλου του εύρους σάρωσης η ενίσχυση των ανακλώμενων ηχητικών κυμάτων πρέπει να αυξάνεται ανάλογα του χρόνου αύξησης αυτών. Έτσι π.χ ενισχύονται πιο πολύ τα σήματα που έχουν ανακλαστεί στα όρια της ζώνης σάρωσης, εφόσον λόγω της μεγαλύτερης απόστασης έχουν υποστεί σημαντική απόσβεση (η ένταση του ηχητικού κύματος είναι αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της απόστασης απο την πηγή). Αντίθετα η ανάκλαση από τον πυθμένα ακριβώς κάτω από την τορπίλη (ελάχιστη απόσταση) είναι πολύ ισχυρή και δεν ενισχύεται καθόλου. Αυτή η διαδικασία επιτυγχάνεται με ένα ηλεκτρονικό σύστημα που ως κριτήριο ενίσχυσης του ηχητικού σήματος λαμβάνει το χρόνο άφιξης αυτού. Το ηλεκτρονικό αυτό σύστημα βρίσκεται συνήθως στην τορπίλη (βλ. **εικόνα 7.4** ). Τέλος με άλλα παρόμοια συστήματα γίνεται η μεγαλύτερη δυνατή απόσβεση ηχητικών κυμάτων (θόρυβοι) που προέρχονται απο εξωγενείς πηγές όπως π.χ η μηχανή του σκάφους σύρσης.

#### **7.4 ΑΝΑΛΥΣΗ & ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΗΧΟΓΡΑΦΙΩΝ.**

Μια τυπική ηχογραφία ενός σύγχρονου συστήματος ηχοβολιστή πλευρικής παρουσιάζει τη μορφή της **εικόνας 7.5**. Η ηχογραφία αποτελείται απο τρία μέρη που είναι αντίστοιχα τριών καναλιών καταγραφής. Πρόκειται για : την αριστερή ζώνη καταγραφής της επιφάνειας του πυθμένα που προέρχεται απο τον αριστερό (Port) πομποδέκτη (P), την δεξιά ζώνη ζώνη καταγραφής που προέρχεται απο τον δεξιό (Starboard) πομποδέκτη (S) και τη βυθομετρική τομή (πρόκειται για την καταγραφή της υδάτινης στήλης μεταξύ του ύψους της τορπίλης και του πυθμένα) που καταγράφεται στο τρίτο κανάλι (επάνω λωρίδα στην εικόνα). Μεταξύ της

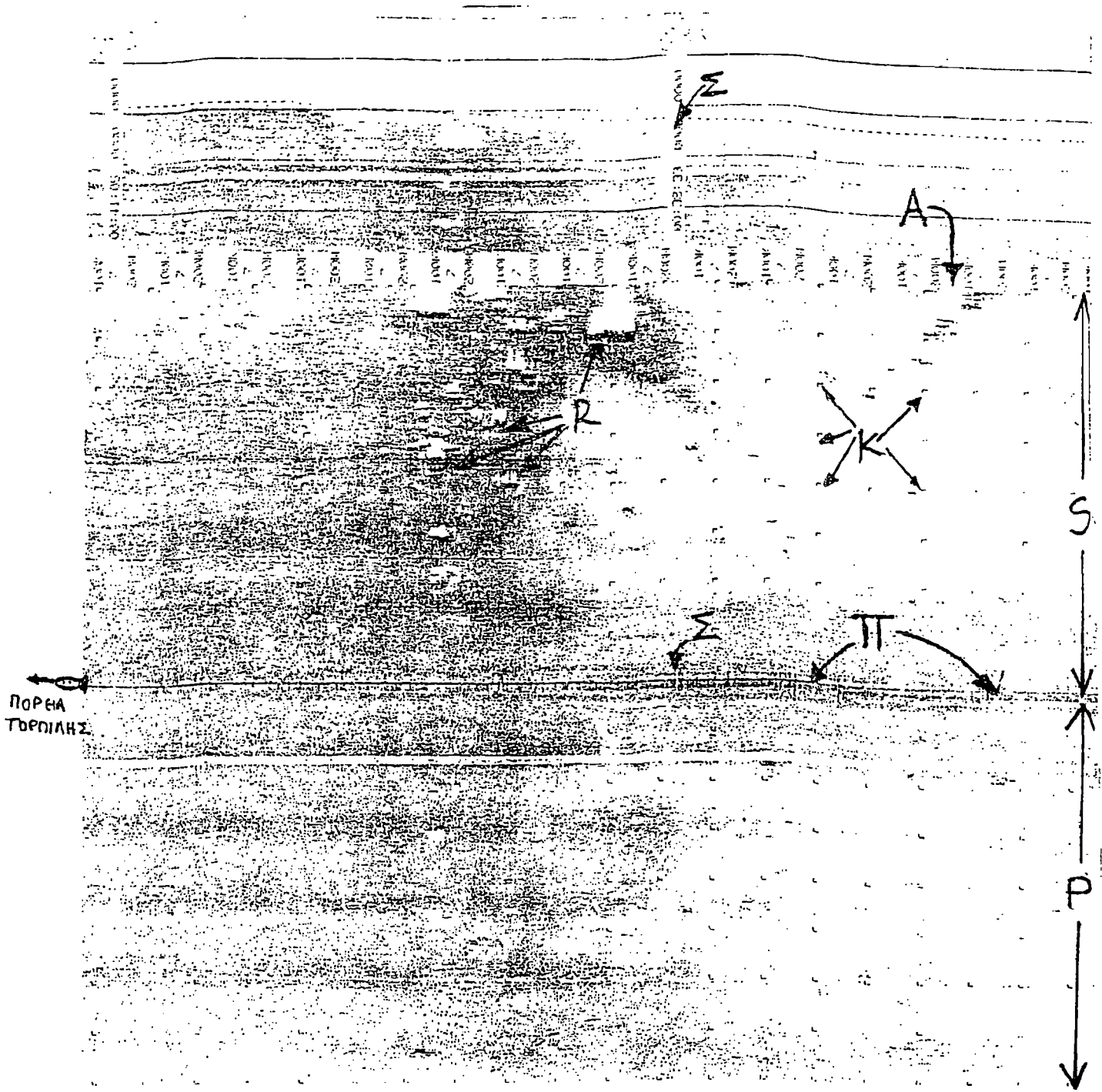


Εικόνα 7.3 : (α) Τρισδιάστατη απεικόνιση του τρόπου ηχητικής σάρωσης του πυθμένα (εκπομπή αριστερού πομποδέκτη). (β) Σχηματισμός της αντίστοιχης ηχογραφίας με στοιχειοθέτηση των γραμμών σάρωσης. Πηγή : Γ. Παπαθεοδώρου.



Εικόνα 7.4: Διαγραμματική απεικόνιση ενός τυπικού συστήματος Ηχ. Πλ.Σάρωσης.





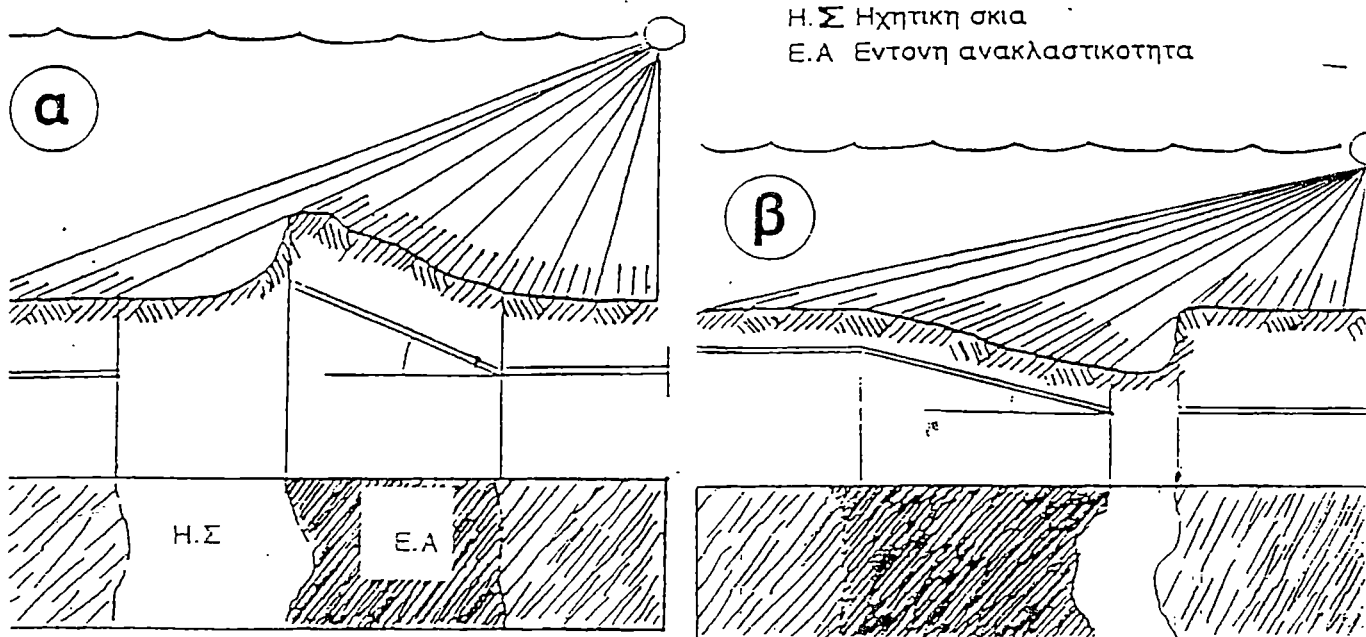
Εικόνα 7.5 : Ηχογραφία απο τον πυθμένα της θαλάσσιας περιοχής Τήνου - Σύρου όπου διαπιστώνονται βραχώδεις εξάρσεις (R ) και λιθολογικές μεταβολές των ιζημάτων (σκουρόχρωμη & ανοιχτόχρωμη καταγραφή) που καλύπτουν τον πυθμένα (Φερεντίνος κ.α 1993). Σημ : οι συμβολισμοί επεξηγούνται στο κείμενο.

βυθομετρικής τομής και της ζώνης καταγραφής παρουσιάζονται συνήθως πληροφορίες (Α) που αφορούν ηλεκτροακουστικές παραμέτρους και χαρακτηριστικά της καταγραφής όπως : *εκπεμπόμενη συχνότητα, επίπεδο ενίσχυσης, εύρος (σε m) της ζώνης καταγραφής (& 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 σιγμάτων (Κ) που αποτελούν κορυφές τετραγώνων με πλευρά ανάλογη του εύρους σάρωσης. Τα σημεία προσδιορισμού θέσης αποτυπώνονται τόσο στο κεντρικό ίχνος (Π) της τορπίλης όσο και στη βυθομετρική τομή στην οποία καταγράφονται επιπλέον και διάφορες χρήσιμες πληροφορίες (*χρόνος λήψης σίγματος, αύξοντας αριθμός*).

#### Ερμηνεία ηχογραφιών.

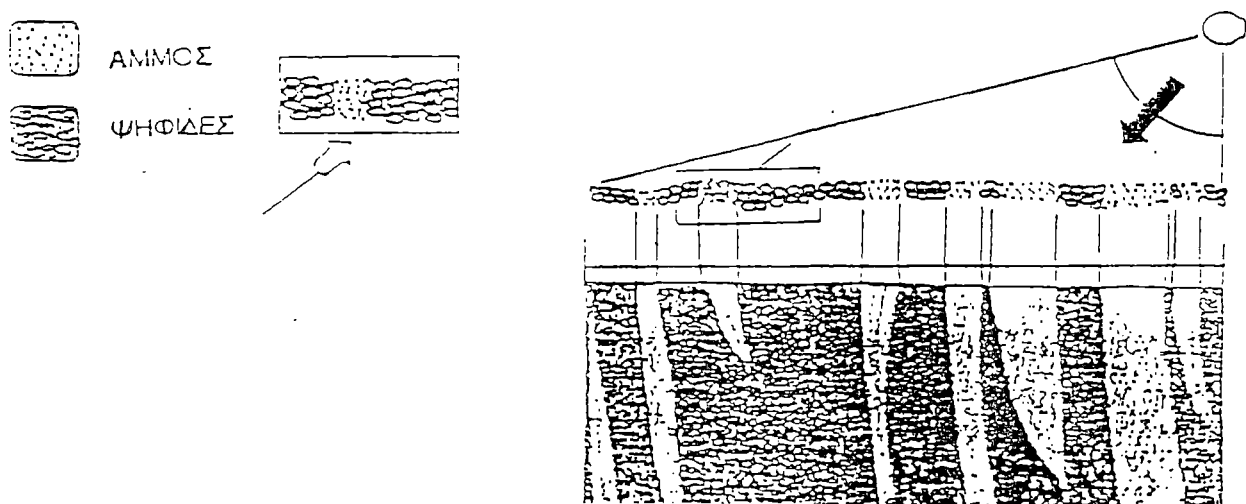
Όπως έχει ήδη ειπωθεί η εικόνα της ηχογραφίας ελέγχεται απόλυτα από την ένταση της ανάκλασης των ηχητικών κυμάτων πάνω στον πυθμένα. Οι μεταβολές στην ένταση των ηχητικών κυμάτων οφείλονται α) στην αλλαγή της κλίσης του πυθμένα και β) στην αλλαγή του υλικού του πυθμένα.

(α) Η ένταση της ανακλαστικότητας εξαρτάται από τη γωνία πρόσπτωσης των ηχητικών κυμάτων. Έτσι περιοχές με επιφάνεια που "βλέπει" προς τον πομπό, προκαλούν έντονη ανάκλαση και παράγουν σκουρόχρωμη καταγραφή ενώ περιοχές που δεν "βλέπουν" προς τον πομπό/δέκτη έχουν λιγότερο έντονη ανακλαστικότητα ή και καθόλου, οπότε καταγράφονται ως ανοικτόχρωμες. Απ'τα παραπάνω είναι δυνατή η αναγνώριση διαφόρων εξάρσεων και κοιλωμάτων του πυθμένα από την σχετική θέση περιοχών έντονης ανακλαστικότητας και ηχητικής σκιάς (Εικόνα 7.6). Γι'αυτό μια κατάστικτη καταγραφή (εναλλαγή σκουρόχρωμων & ανοικτόχρωμων καταγραφών) δηλώνει έναν τραχύ πυθμένα.



Εικόνα 7.6 : Τρόπος δημιουργίας ηχητικής σκιάς από (α) έξαρση (β) κοίλωμα.

(β) Η ανακλαστικότητα (ακουσική αγωγιμότητα) των επιφανειακών (σύγχρονων) ιζημάτων εξαρτάται από το πορώδες τους. Χονδρόκοκκα ιζήματα (μεγάλο πορώδες) παρουσιάζουν υψηλή ανακλαστικότητα (σκουρόχρωμη καταγραφή) ενώ λεπτόκοκκα ιζήματα (μικρό πορώδες) χαμηλή ανακλαστικότητα (ανοιχτόχρωμη καταγραφή). Εκτός του πορώδους ο βαθμός στερεοποίησης και ο βαθμός διευθέτησης των κόκκων ελέγχουν την ανακλαστικότητα των ιζημάτων. Συνεπώς η μελέτη των χρωματικών τόνων της καταγραφής δίνει σημαντικές πληροφορίες για το πορώδες, τη συμπαγοποίηση (compaction) και τη στερεοποίηση (consolidation) των επιφανειακών ιζημάτων ( Εικόνα 7.7).

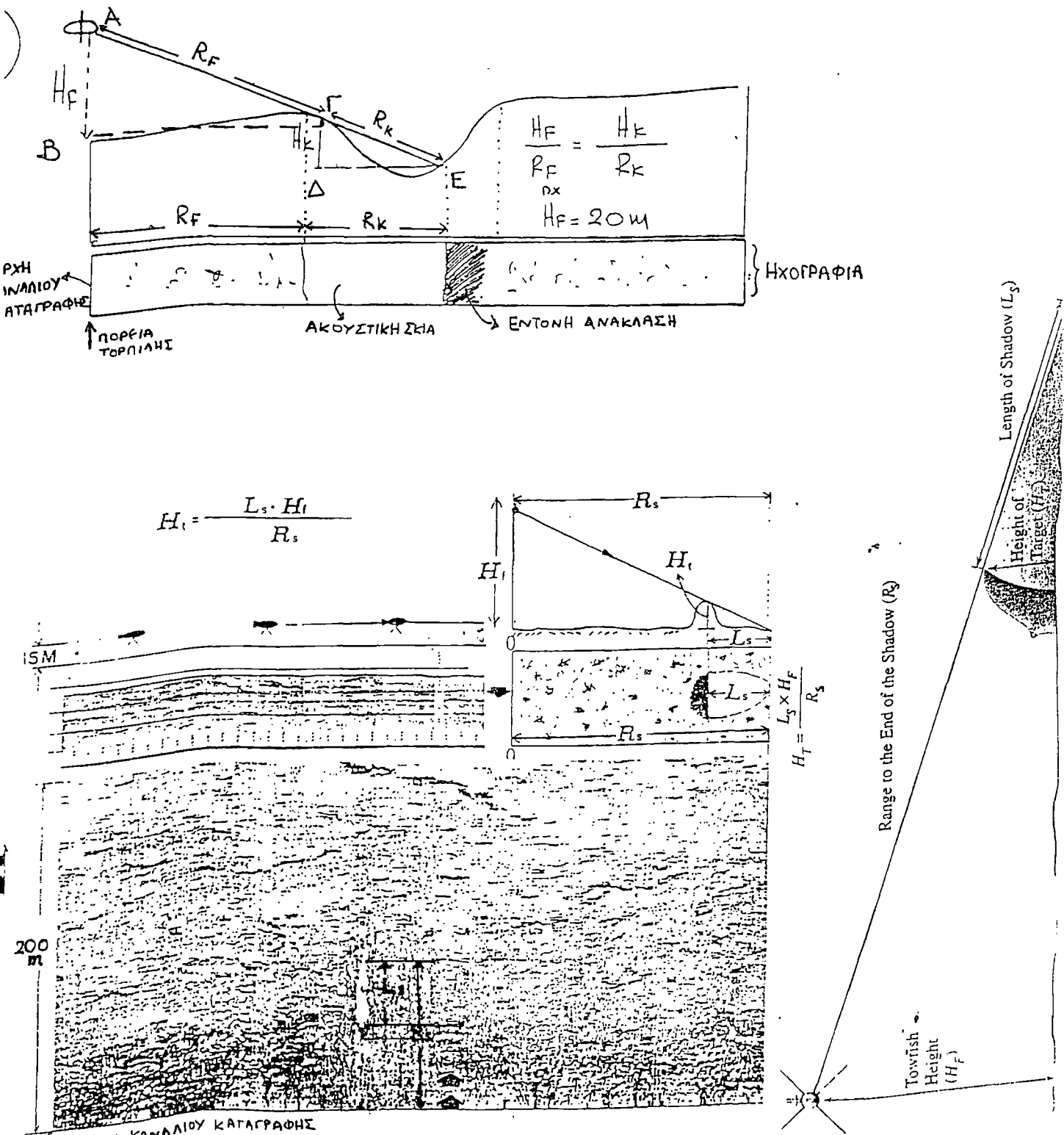


Εικόνα 7.7 : Ηχογραφία που αποτυπώνει πυθμένα με εναλλαγές ψηφιδών και άμμου.

#### Υπολογισμός βάθους κοιλωμάτων και ύψους υβωμάτων.

Όταν η ακουσική σκιά προηγείται μιας έντονης ανάκλασης τότε καταγράφεται ένα κοίλωμα του πυθμένα. Το αντίθετο συμβαίνει για ένα ύβωμα ( μορφολογική έξαρση, ύψωμα). Το βάθος ή το ύψος τους αντίστοιχα, μπορεί να υπολογιστεί με αρκετή ακρίβεια όπως φαίνεται και στην εικόνα 7.8 εφόσον από τις ηχογραφίες ενός ηχοβολιστή νέου τύπου, μπορούμε να γνωρίζουμε απευθείας το ύψος της τορπίλης ( $H_f$ ) και το εύρος της καταγραφής. Έτσι για ένα κοίλωμα μπορούμε να μετρήσουμε με υποδεκάμετρο πάνω στην ηχογραφία τα μήκη ( $R_f$ ) και ( $R_k$ ) και να τα μετατρέψουμε στην πραγματική κλίμακα σύμφωνα με το εύρος σάρωσης. Τα μήκη αυτά αντιστοιχούν στις υποτείνουσες των ορθογώνιων τριγώνων ΑΒΓ & ΓΔΕ. Η πλευρά ΑΒ είναι το ύψος της τορπίλης από τον πυθμένα ( $H_f$ ) που είναι γνωστό. Το ( $H_k$ ) είναι το ζητούμενο βάθος του κοιλωματος που αντιστοιχεί στην πλευρά ΓΔ. Έτσι από την ομοιότητα των τριγώνων ΑΒΓ & ΓΔΕ προκύπτει η ισότητα  $H_f/R_f = H_k/R_k$ . Όλα τα παραπάνω φαίνονται σχηματικά στην

εικόνα 7.8 (α). Ένα αντίστοιχο σκεπτικό για τον υπολογισμό του ύψους ενός υβώματος (πρώτα έντονη ανάκλαση και μετά ηχητική σκιά ) δίνει η εικόνα 7.8 (β).

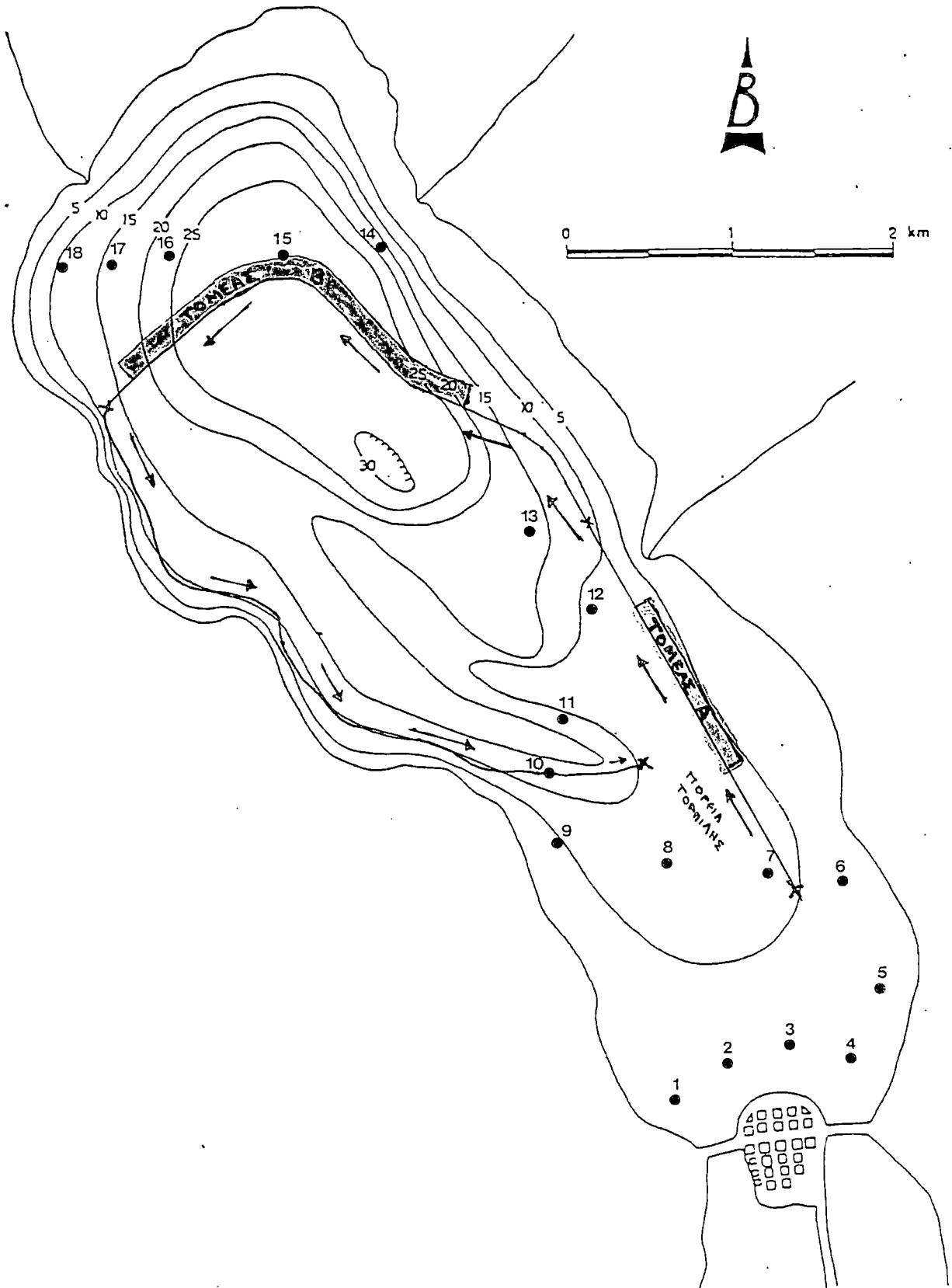


Εικόνα 7.8 (α) & (β) : Υπολογισμός βάθους κοιλώματος και ύψους υβώματος.

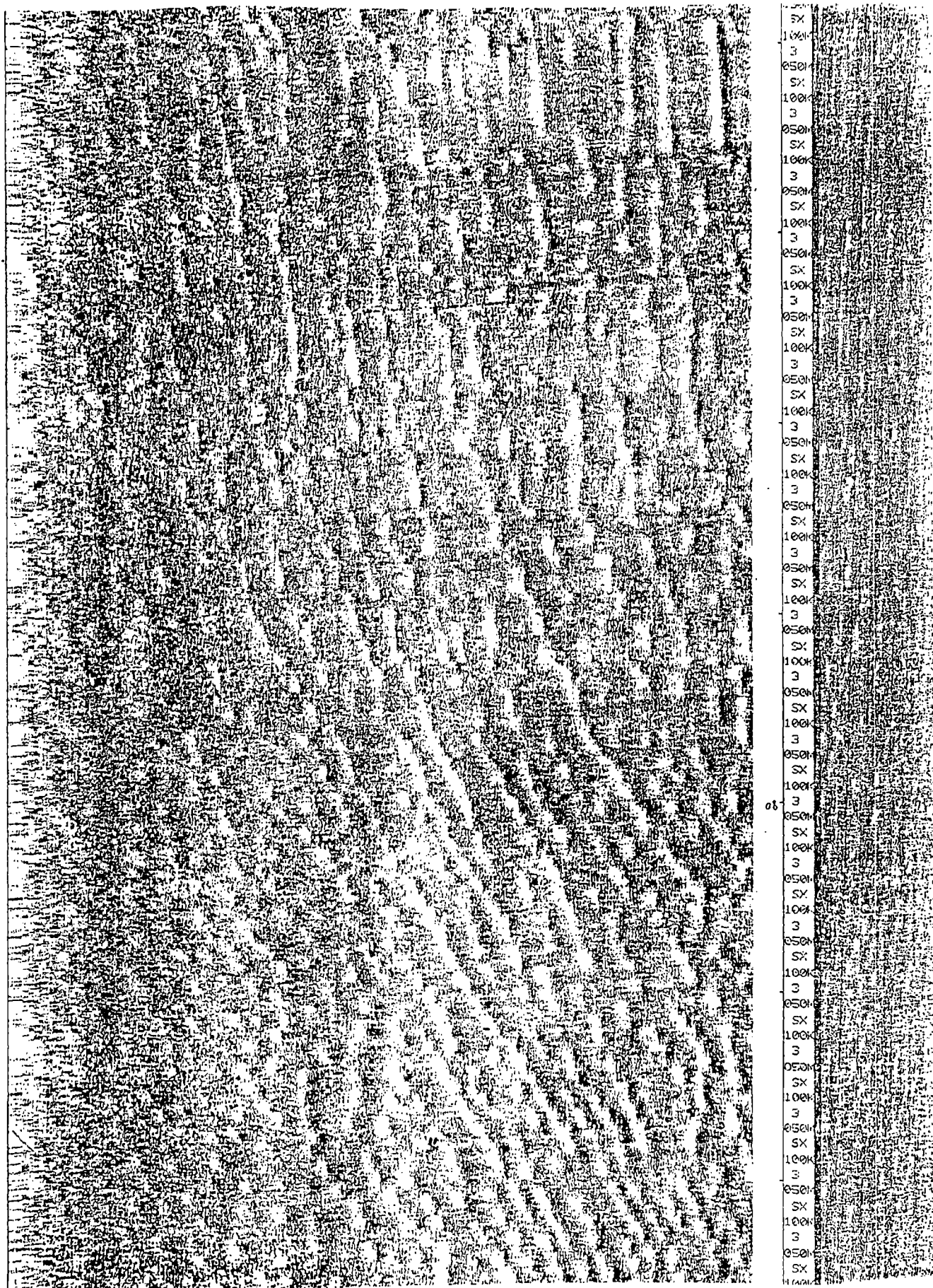
## 7.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ.

Στην ατυπική λιμνοθάλασσα του Αιτωλικού, έγινε σάρωση του πυθμένα με μονοκάναλη καταγραφή ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης και εύρος σάρωσης 50 & 100 m (η μεθοδολογία αναλυτικά περιγράφεται στο παράρτημα Β). Από τον ακουστικό χαρακτήρα των ηχογραφιών, διακρίθηκαν δύο σαφώς διαφοροποιημένες περιοχές. Οι περιοχές αυτές όπως και η πορεία της τορπίλης διακρίνονται στον χάρτη 7.1.

Η μια από τις περιοχές βρίσκεται στο νοτιοανατολικό και ρηχότερο τμήμα ( $< 10 \text{ m}$ ) του πυθμένα. Οι ηχογραφίες της περιοχής αυτής έχουν γενικά σκουρόχρωμους τόνους ενώ σ'ένα τμήμα (*τομέας Α στον χάρτη*) εμφανίζεται εναλλαγή έντονων ανακλάσεων με ηχητικές σκιές. Τα στοιχεία αυτά δηλώνουν την παρουσία χονδρόκοκκου υλικού και μορφολογικών ανωμαλιών. Πράγματι, όσον αφορά το χονδρόκοκκο υλικό (ψηφίδες & άμμος), αυτό είναι κυρίαρχο στην νοτιοανατολική έκταση του πυθμένα με ποσοστά συμμετοχής  $> 50 \%$  όπως φάνηκε απ'την κοκκομετρική ανάλυση του ιζήματος (βλ. κεφ 5<sup>ο</sup>). Ειδικότερα για τις εναλλαγές έντονων ανακλάσεων με ακουστικές σκιές, αυτές εντοπίστηκαν στο νοτιοανατολικό και ρηχότερο μέρος του πυθμένα και σε βάθος από 5 έως 6 m. Πρόκειται για τον *τομέα Α* του χάρτη 7.1. Οι εναλλαγές αυτές έχουν συγκεκριμένη διάταξη που αιτιολογεί τον χαρακτηρισμό τους ως καταβυθίσεις του πυθμένα με την μορφή κρατήρων (rockmarks - like depressions). Οι γεωμορφές αυτές έχουν κυκλικό σχήμα με διάμετρο μεταξύ 1.5 και 2.0 m και βάθος από 0.4 έως 0.8 m. Η επιφανειακή πυκνότητα των κρατήρων είναι 22 κρατήρες ανά 125 τετραγωνικά μέτρα (ή 176.000 κρατήρες ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο) και είναι πολύ υψηλή συγκριτικά με άλλες περιοχές (Garsia et al 1999, Papatheodorou et al 1993 & 1995, Kelley et al 1994, Fader 1991, Solheim and Elverhoi 1997 κ.α). Η έκταση που καλύπτουν οι κρατήρες (*τομέας Α*) είναι κατά προσέγγιση 90.000 τετραγωνικά μέτρα, εκτιμάται όμως πως οι κρατήρες εξαπλώνονται ακόμα πιο πολύ εφόσον το μεγαλύτερο μέρος του πυθμένα της νοτιοανατολικής περιοχής παρέμεινε αδιερεύνητο. Στο βορειότερο άκρο του *τομέα Α* διαπιστώθηκε η παρουσία κρατήρων σε γραμμική διάταξη όπως φαίνονται στην *εικόνα 7.9* (rockmarks strings or chains). Οι κρατήρες αυτοί είναι μικρού μεγέθους και βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, γεγονός που οδηγεί στην μερική ενοποίησή τους. Οι ομάδες αυτών των κρατήρων έχουν μήκος 100 m και διεύθυνση ΒΔ - ΝΑ -ική.



Χάρτης 7.1 : Η πορεία της τορπίλης του ΗΠΣ και οι τομείς A & B (βλ. κείμενο).



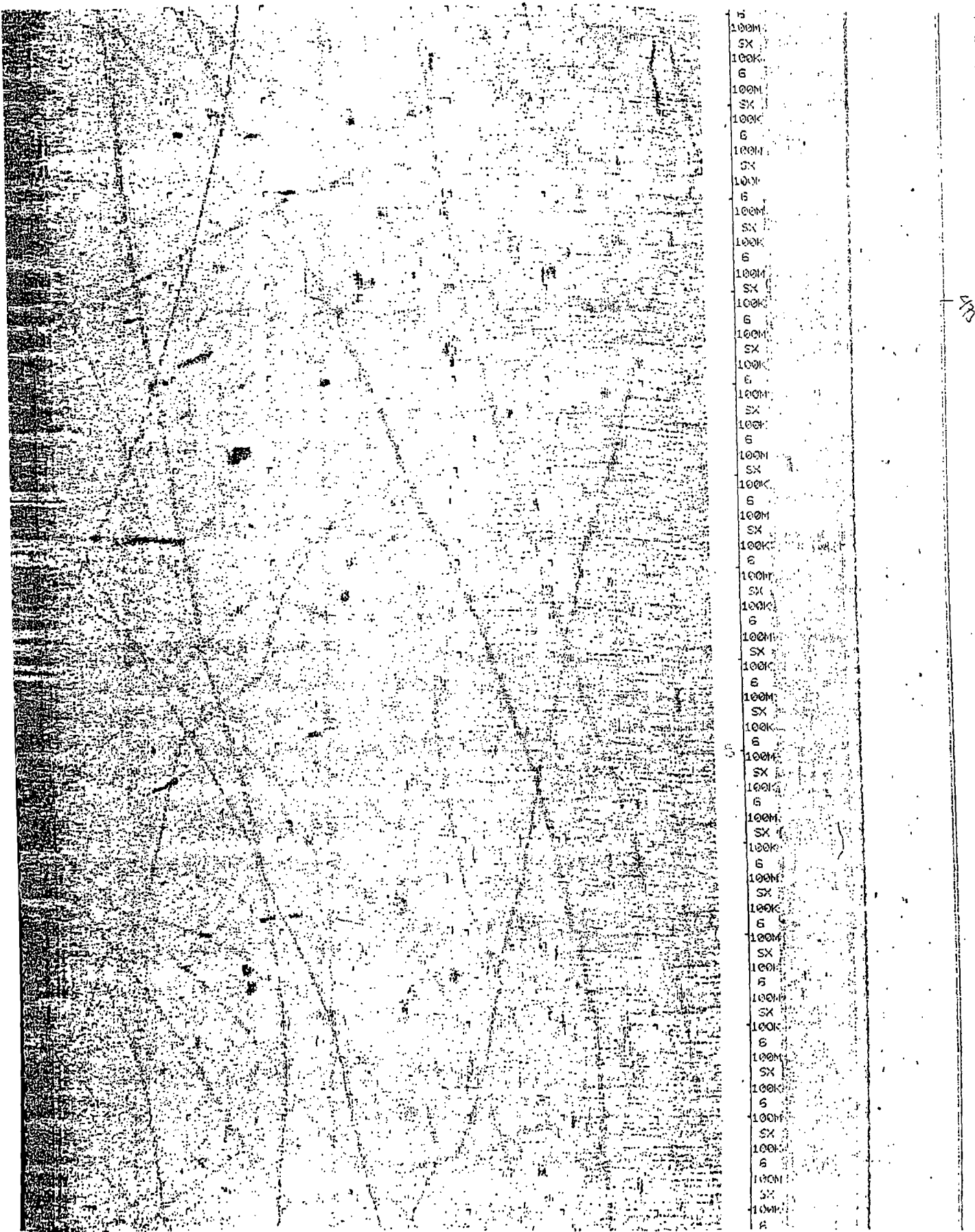
Εικόνα 7.9 : Αλυσίδες κρατήρων στο βορεινό τμήμα του τομέα Α.

Η σημαντικότερη αιτία σχηματισμού των κρατήρων των κρατήρων των ιζημάτων προς την υδάτινη στήλη είναι η διαφυγή αερίων (μεθάνιο, υδρόθειο, προπάνιο κ.α) απο τους πόρους και σπανιότερα η υποθαλάσσια ανάβλυση γλυκού νερού. Η διάκριση των δυο παραπάνω αιτιών σχηματισμού των κρατήρων με βάση τις ηχογραφίες απο ΗΠΣ, γίνεται μέναν συνδιασμό κριτηρίων που αφορούν το μέγεθος το σχήμα και την επιφανειακή τους πυκνότητα. Οι κρατήρες που οφείλουν τον σχηματισμό τους στην συνεχή ανάβλυση γλυκών νερών συνήθως παρουσιάζουν : α) μεγάλο μέγεθος (100 m) β) ακανόνιστο σχήμα που αντιστοιχεί στο σχήμα της περιοχής του πυθμένα απο την οποία διαφεύγει το γλυκό νερό και γ) ανομοιογενή επιφανειακή πυκνότητα με πολύ χαμηλές τιμές (Khaudriche ). Αντίθετα οι κρατήρες που προέρχονται απο διαφυγές αερίων, έχουν συνήθως κυκλικό ή ελλειψοειδές σχήμα και σπανιότερα επιμήκες ενώ συνήθως συγκροτούν εκτεταμένα πεδία με ομοιογενή επιφανειακή πυκνότητα που κυμαίνεται απο 2 έως 160 κρατήρες το τετραγωνικό χιλιόμετρο (Hovland and Judd, 1988).

Οι κρατήρες που ανακαλύφθηκαν στην ατυπική λιμνοθάλασσα του Αιτωλικού έχουν τα εξής χαρακτηριστικά : α) μικρό μέγεθος και βάθος β) κυκλικό σχήμα και γ) ομοιογενή και πολύ υψηλή επιφανειακή πυκνότητα. Συνεπώς η πιθανότερη αιτία σχηματισμού τους είναι η διαφυγές αερίων απο τους πόρους των ανώτερων και επιφανειακών στρωμάτων των ιζημάτων. Τα αέρια αυτά εκτιμάται ότι είναι βιογενή (μεθάνιο, υδρόθειο) και προέρχονται απο την *αναερόβια αποικοδόμηση της πλούσιας οργανικής ύλης* που καταλήγει στο ίζημα (Σημ : το μεγαλύτερο τμήμα της λιμνοθάλασσας είναι ανοξικό, κεφ. 4ο). Η κατάσταση αυτή φαίνεται να υπάρχει απο πολύ παλιά στην λιμνοθάλασσα ενώ η ύπαρξη υδροθείου ανακαλύφθηκε επιστημονικά για πρώτη φορά εδώ και τέσσερις δεκαετίες (Χατζιδάκης 1952). Ένα επιπλέον στοιχείο που συνηγορεί υπερ της πιο πάνω άποψης για τον σχηματισμό των κρατήρων, είναι το γεγονός της σημαντικής παρουσίας αερίων υδρογονανθράκων στους πόρους των ιζημάτων παράκτιων (Ιόνιο πέλαγος, Αμβρακικός κόλπος) και λιμναίων (Τριχωνίδα) περιβαλλόντων της Δυτικής Ελλάδας (Papatheodorou et al 1993).

Η δεύτερη περιοχή, σαφώς διαφοροποιημένη απο αυτή που περιγράφηκε πιο πάνω, αναπτύσσεται στην κεντρική λεκάνη της λιμνοθάλασσας, στο βορειοδυτικό τμήμα και παρουσιάζει εξαιρετικά ανοιχτόχρωμο τόνο καταγραφής όπως φαίνεται στην **εικόνα 7.10**. Αυτό σημαίνει πως τα ιζήματα εκεί είναι πολύ λεπτόκοκκα. Πράγματι, σύμφωνα με την κοκκομετρική ανάλυση που έγινε, (βλ. κεφ. 5ο), η κεντρική λεκάνη καλύπτεται απο ιζήματα που χαρακτηρίζονται λιθολογικά





Εικόνα 7.10 : Ηχογραφία του τομέα Β στην κεντρική βαθιά λεκάνη (βλ.Χάρτη).

απο ιλεις με ποσοστό συμμετοχής πηλού και αργίλου υψηλότερο του 60% και με πολύ υψηλή περιεκτικότητα νερού (>100%). Η περιοχή αυτή περιλαμβάνει την κεντρική λεκάνη, βάθους 30 m. Στον *τομέα Β* που εντάσσεται στην ενλόγω περιοχή βρέθηκαν απο τις ηχογραφίες τα εξής (βλ. εικόνα 7.10) : (i) Γραμμικοί στόχοι μεγάλου μήκους (500m) και (ii) στόχοι έντονης ανακλαστικότητας. Οι γραμμικοί στόχοι οφείλονται στην παρουσία εκτεταμένων χαντακιών μικρού βάθους (ουλές). Αυτά, συμφωνα με μαρτυρίες αλειέων της περιοχής, προκλήθηκαν απο σύρση αγκυρών για την χρήση παράνομων αλιευτικών εργαλείων (δίχτυα). Οι στόχοι υψηλής ανακλαστικότητας έχουν μέγεθος 3-4m και σχηματίζουν στις ηχογραφίες μορφές κηλίδων (patches) ενώ μερικοί απο αυτούς έχουν επιμήκη διαμόρφωση μήκους περίπου 10m. Επιπλέον απουσιάζουν ηχητικές σκιές που να σχετίζονται με τους στόχους υψηλής ανακλαστικότητας και συνεπώς οι τελευταίοι δεν έχουν καμία μορφολογική έκφραση. Στο τρίτο δε κανάλι της καταγραφής του ΗΠΣ δηλ. στην βυθομετρική τομή, διαπιστώνεται η σημαντική παρουσία ηχητικών ανακλάσεων στην στην υδάτινη στήλη. Συνεπώς ένα μέρος των στόχων έντονης ανακλαστικότητας βρίσκεται στην υδάτινη στήλη και όχι στον πυθμένα. Οι παραπάνω στόχοι τόσο στον πυθμένα όσο και στην υδάτινη στήλη μπορούν να αποδοθούν σε διαφυγές βιογενών αερίων απο τους πόρους των ιζημάτων της λεκάνης. Πραγματικά, η συστηματική διαφυγή αερίων απο μια περιοχή του πυθμένα είναι πιθανόν να προκαλέσει μια ελαφρά λιθοποίηση των επιφανειακών ιζημάτων με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν έντονη ανακλαστικότητα στις ηχογραφίες (Hovland). Απο την άλλη μεριά στην περιοχή αυτή απουσιάζουν εντελώς κρατήρες διαφυγής αερίων. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί με βάση την λιθολογική σύσταση και τις μηχανικές ιδιότητες των ιζημάτων. Τα εξαιρετικά λεπτόκοκκα ιζήματα της κεντρικής βαθιάς λεκάνης σε συνδιασμό με την υψηλή τους περιεκτικότητα σε νερό, δεν αποτελούν ευνοϊκό περιβάλλον για την ανάπτυξη και διατήρηση γεωμορφών όπως οι κρατήρες.

Φαίνεται λοιπόν πως οι διαφυγές αερίων είναι ένα φαινόμενο αρκετά εκτεταμένο στο υδάτινο περιβάλλον του Αιτωλικού μια και εντοπίζεται τόσο στην κεντρική βαθιά λεκάνη όσο και σε ρηχότερες περιοχές. Φυσικά, όσον αφορά την έκταση, μελετήθηκε μόνο ένα μικρό μέρος του πυθμένα. Η παραπάνω όμως διαπίστωση ενισχύεται και απο το γεγονός ότι η ατυπική λιμνοθάλασσα του Αιτωλικού είναι ανοξική στο μεγαλύτερο μέρος της. Αυτό προδίδει την αναερόβια δράση των βακτηρίων επι της πλούσιας οργανικής ύλης του ιζήματος (βιογενή αέρια) σε έκταση πολύ μεγαλύτερη απο αυτή που μελετήθηκε.

**ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.**

Απο την ιζηματολογική και γεωφυσική μελέτη του πυθμένα της "λιμνοθάλασσας" του Αιτωλικού και με την βοήθεια της παραγοντικής ανάλυσης στα κοκκομετρικά δεδομένα των διαθέσιμων δειγμάτων (βλ. κεφ 6ο), προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα.

1.Ο πυθμένας της " λιμνοθάλασσας" του Αιτωλικού διαμορφώνεται ιζηματολογικά βάσει τριών κυρίως ιζηματολογικών χαρακτήρων.

Ο πρώτος χαρακτήρας (ψηφιδούχος παράγοντας : ψηφίδες, ιλυούχες αμμούχες ψηφίδες) φαίνεται να εκτείνεται i) νότια απο τις ακτές μέχρι την ισοβαθή των 10 m (πρόκειται για το νότιο κομμάτι όπου ο πυθμένας παρουσιάζει ελάχιστη κλίση) ii) κατα μήκος όλης της δυτικής πλευράς της λεκάνης έως την ισοβαθή των 10 m iii) στις περιοχές των σταθμών 14 & 16.Ο χαρακτήρας αυτός προσδιορίζει περιοχές που στο μεγαλύτερο μέρος τους είναι οξυγονωμένες (νερό & επιφάνεια πυθμένα) και παρουσιάζουν τα μεγαλύτερα ποσοστά αδρομερούς υλικού (ψηφίδες και άμμος > 50%) ενώ πλούσιο είναι και το οργανικό υλικό. Αυτό αποδεικνύεται τόσο απο την κοκκομετρική ανάλυση στους σταθμούς 1,2,3,4,6,7,8,9, 14,16,17 & 18 όσο και απο τις ηχογραφίες που έδωσε όλη η δυτική πλευρά κατα μήκος της ισοβαθούς των 10 m (σκουρόχρωμη καταγραφή). Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό τους είναι ότι βρίσκονται ιζηματολογικά κάτω απο την έντονη επίδραση του βιογενούς παράγοντα. Οι βενθικοί ζωικοί οργανισμοί (κυρίως δίθυρα και εδραίοι δακτυλιοσκώληκες) εκμεταλεύονται την μεγάλη περιεκτικότητα του νερού σε Ca όπως και το πλούσιο θρεπτικό υπόστρωμα και αναπτύσσονται σε μεγάλες ποσότητες έως τα 5 m περίπου. Απο κει και πέρα λιγοστεύουν ποσοτικά όσο οι συνθήκες γίνονται δυσμενέστερες απο την έλειψη οξυγόνου (10-15 m). Η επίδρασή τους είναι σημαντική όσον αφορά την σύσταση του ιζήματος. Αρκει να σκεφτεί κανείς ότι το 100 % των ψηφίδων απο τα επιφανειακά δείγματα της νότιας περιοχής αλλά των σταθμών 14,16, 17 & 18, αποτελούνται απο τα κελύφη αυτών των οργανισμών, ενώ απο την μακροσκοπική παρατήρηση του χονδρόκοκκου υλικού εκπμάται ότι το μεγαλύτερο μέρος της άμμου (>70%) είναι επίσης βιογενές (θραύσματα κελυφών/σκελετικών στοιχείων). Συνολικά το βιογενές υλικό, ( που ταυτίζεται σχεδόν με το αδρόκοκκο μέρος) ως ποσοστό του βάρους του επιφανειακού ιζήματος κυμαίνεται : στην νότια περιοχή απο 80 έως 90 % ενώ κατα μήκος της δυτικής πλευράς απο 25 (σταθμός 17) έως 85% (σταθμός 9). Οι

περιοχές των σταθμών 14 & 16 αποτελούν μια ιδιαίτερη περίπτωση αφού αν και βρίσκονται σε μεγαλύτερα βάθη, 17 και 23 m αντίστοιχα, έχουν έντονη παρουσία βιογενούς υλικού (έχουν στα επιφανειακά δείγματα αντίστοιχα 60 και 80 % του ολικού βάρους, βιογενείς ψηφίδες). Στις περιοχές αυτές πρέπει να διευκρινηστεί η προέλευση αυτών των σκελετικών στοιχείων.

Ο δεύτερος ιζηματολογικός χαρακτήρας (πηλούχος άμμος) αφορά την περιοχή του σταθμού 12 (βάθος 9 m). Η περιοχή αυτή προσδιορίζεται από το μεγάλο ποσοστό της άμμου που όμως είναι χερσογενής. Το μέσο ποσοστό της άμμου στο ίζημα είναι 45 % επί του ολικού βάρους και είναι 100 % χερσογενής. Οι ψηφίδες απουσιάζουν (0%) ενώ είναι φανερό από τον χάρτη ότι η πηγή προέλευσης της άμμου είναι ο χείμαρος Πλατύπορος που εκβάλλει από την αντικρινή χέρσο. (για τις αντίστοιχες περιοχές απέναντι στους άλλους δύο μεγάλους χείμαρους - Τριλάγγαδο και Γαϊδουροπνίχτη- δεν υπάρχουν επαρκή δείγματα έως την ισοβαθή των 10m). Οι καταγραφές του ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης βρίσκονται σε συμφωνία με τον παραπάνω ιζηματολογικό χαρακτήρα και έδειξαν πως όλη η ανατολική πλευρά ξεκινώντας τουλάχιστον από το ύψος του σταθμού 12 και μέχρι τα 10 m βάθος, επηρεάζεται κυρίως από χερσογενή υλικά με υψηλά ποσοστά άμμου και πηλού. Φαίνεται επίσης πως αυτή η περιοχή παρουσιάζει το λιγότερο ποσοστό οργανικού υλικού.

Ο τρίτος ιζηματολογικός χαρακτήρας αφορά σαφώς την κεντρική βαθιά λεκάνη (> 25 m βάθος) με αντιπροσωπευτικό σταθμό, τον 15. Ο χαρακτήρας αυτός φαίνεται να επεκτείνεται και νοτιότερα μέχρι την ισοβαθή των 15 m και με οριακά σημεία τους σταθμούς 13, 11 και 10. Αντίθετα, βόρεια και ανατολικά περιορίζεται έως την ισοβαθή των 25 m. Τα ιζήματα αυτά χαρακτηρίζονται λιθολογικά από ιλείς με ποσοστό συμμετοχής πηλού και αργίλου > 60 % και με πολύ υψηλή περιεκτικότητα νερού (>100%). Τα παραπάνω επιβεβαιώνουν τις πολύ ανοιχτόχρωμες καταγραφές του ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης. Η περιοχή αυτή του πυθμένα επηρεάζεται από την καταβύθιση του λεπτόκοκκου υλικού σ'ένα περιβάλλον πολύ χαμηλής ενέργειας. Τέλος η περιοχή αυτή συγκεντρώνει το μεγαλύτερο ποσοστό του οργανικού υλικού της "λιμνοθάλασσας".

2. Από την γεωφυσική διασκόπηση του πυθμένα προέκυψαν στοιχεία για διαφυγές αερίων από τους πόρους των ιζημάτων.

Στην Νοτιοανατολική περιοχή (βάθος 5-10m) εντοπίστηκε ένα πεδίο κρατήρων διαφυγής βιογενών αερίων πολύ μεγάλης επιφανειακής πυκνότητας. Η

διαμόρφωση αυτών των γεωμορφών αποδίδεται στη διαφυγή βιογενών αερίων απο τους πόρους των ιζημάτων. Το γεγονός αυτό ενισχύεται και απο γενικότερα χαρακτηριστικά της περιοχής (ανοξία, πλούσιο οργανικό υλικό) που διαμορφώνουν ενα τυπικό περιβάλλον τέτοιων φαινομένων.

Σοβαρές ενδείξεις για διαφυγές αερίων διαπιστώθηκαν και στην βαθιά κεντρική περιοχή της λεκάνης χωρίς όμως να σχηματίζονται κρατήρες λόγω των μηχανικών ιδιοτήτων των ιζημάτων και της λιθολογικής τους σύστασης.

Εκτιμάται τέλος, πως οι διαφυγές βιογενών αερίων συμβαίνουν σε πολύ μεγαλύτερη έκταση εφόσον παραμένει αδιαρεύνητο το μεγαλύτερο μέρος του πυθμένα. Γι'αυτό το λόγο πρέπει να διερευνηθούν περισσότερο και να μελετηθεί η βιοσική και αβιοσική τους επίδραση. Η παραπάνω αναγκαιότητα ενισχύεται λόγω και των ιδιαίτερων προβλημάτων που αντιμετωπίζει η περιοχή με την μεγάλη μείωση της αλιευτικής της παραγωγής και τις κατα καιρούς οικολογικές κρίσεις με αιφνίδιους θανάτους ψαριών.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Πρωτογενή κοκκομετρικά δεδομένα.

Κοκκομετρικά δεδομένα.

δείγμα 1

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) Β	ποσοστά κλάσσης (% ολ.βάρους) Γ
<-1	56,0802	81,38133
(-1) - (-0,5)	1,6254	2,35872
(-0,5) - (0)	0,7977	1,15759
(0) - (0,5)	0,7417	1,07633
(0,5) - (1)	0,5666	0,82223
(1) - (2)	1,4139	2,05179
(2) - (3)	1,5536	2,25452
(3) - (4)	1,7963	2,60672
(4) - (4,5)	0,7700	1,11739
(4,5) - (5)	0,3150	0,45712
(5) - (5,5)	0,4950	0,71832
(5,5) - (6)	0,2100	0,30474
(6) - (7)	0,4800	0,69656
(7) - (8)	0,3150	0,45712
(8) - (9)	0,1700	0,24670
(9) - (10)	0,2350	0,34102
> 10	1,3450	1,95181
Σύνολο :	68,9104	100

δείγμα 3

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) Β	ποσοστά κλάσσης (% ολ.βάρους) Γ
<-1	10,8949	50,06916
(-1) - (-0,5)	1,1347	5,214686
(-0,5) - (0)	0,5289	2,43064
(0) - (0,5)	0,4831	2,220159
(0,5) - (1)	0,3031	1,392942
(1) - (2)	0,3207	1,473825
(2) - (3)	0,2567	1,179704
(3) - (4)	0,3326	1,528514
(4) - (4,5)	0,2800	1,286782
(4,5) - (5)	0,2500	1,148913
(5) - (5,5)	0,3750	1,723369
(5,5) - (6)	0,4250	1,953152
(6) - (7)	0,6400	2,941217
(7) - (8)	0,7400	3,400782
(8) - (9)	0,9100	4,182043
(9) - (10)	0,9500	4,365869
> 10	2,9350	13,48824
Σύνολο :	21,7597	100

δείγμα 2

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) Β	ποσοστά κλάσσης (% ολ.βάρους) Γ
<-1	7,9457	54,55301
(-1) - (-0,5)	0,4822	3,310654
(-0,5) - (0)	0,3867	2,654977
(0) - (0,5)	0,3668	2,518349
(0,5) - (1)	0,1771	1,21592
(1) - (2)	0,3707	2,545125
(2) - (3)	0,4902	3,365579
(3) - (4)	0,7757	5,325744
(4) - (4,5)	0,3450	2,368676
(4,5) - (5)	0,2500	1,716432
(5) - (5,5)	0,3900	2,677634
(5,5) - (6)	0,1350	0,926873
(6) - (7)	0,3650	2,50599
(7) - (8)	0,0600	0,411944
(8) - (9)	0,4500	3,089577
(9) - (10)	0,3250	2,231361
> 10	1,2500	8,582159
Σύνολο :	14,5651	100

δείγμα 4/1

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) Β	ποσοστά κλάσσης (% ολ.βάρους) Γ
<-1	7,7948	68,95551
(-1) - (-0,5)	0,3375	2,985642
(-0,5) - (0)	0,2554	2,259357
(0) - (0,5)	0,2776	2,455746
(0,5) - (1)	0,1581	1,398608
(1) - (2)	0,2248	1,988659
(2) - (3)	0,1700	1,503879
(3) - (4)	0,1659	1,467609
(4) - (4,5)	0,1400	1,238489
(4,5) - (5)	0,0350	0,309622
(5) - (5,5)	0,0350	0,309622
(5,5) - (6)	0,0500	0,442317
(6) - (7)	0,1950	1,725038
(7) - (8)	0,1550	1,371184
(8) - (9)	0,1100	0,973098
(9) - (10)	0,2600	2,30005
> 10	0,9400	8,315567
Σύνολο :	11,3041	100

## Κοκκομετρικά δεδομένα.

δείγμα 4/2

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) B	ποσοστά κλάσεων (% ολ.βάρους) : Γ
<-1	7,6507	54,18304
(-1) - (-0,5)	0,9831	6,962415
(-0,5) - (0)	0,6599	4,67348
(0) - (0,5)	0,6930	4,907897
(0,5) - (1)	0,4712	3,337087
(1) - (2)	0,5924	4,195438
(2) - (3)	0,3720	2,634542
(3) - (4)	0,3328	2,356924
(4) - (4,5)	0,0950	0,6728
(4,5) - (5)	0,1750	1,239368
(5) - (5,5)	0,0400	0,283284
(5,5) - (6)	0,0250	0,177053
(6) - (7)	0,2600	1,841347
(7) - (8)	0,1450	1,026905
(8) - (9)	0,1950	1,38101
(9) - (10)	0,2450	1,735115
> 10	1,1850	8,392292
Σύνολο :	14,1201	100

δείγμα 7/α

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) B	ποσοστά κλάσεων (% ολ.βάρους) : Γ
<-1	6,9245	83,17918
(-1) - (-0,5)	0,2188	2,628291
(-0,5) - (0)	0,0801	0,962185
(0) - (0,5)	0,0749	0,899721
(0,5) - (1)	0,0524	0,629445
(1) - (2)	0,0876	1,052278
(2) - (3)	0,0498	0,598213
(3) - (4)	0,0317	0,38079
(4) - (4,5)	0,0300	0,360369
(4,5) - (5)	0,0200	0,240246
(5) - (5,5)	0,0250	0,300308
(5,5) - (6)	0,0250	0,300308
(6) - (7)	0,0500	0,600615
(7) - (8)	0,0600	0,720738
(8) - (9)	0,0800	0,960984
(9) - (10)	0,0150	0,180185
> 10	0,5000	6,00615
Σύνολο :	8,3248	100

δείγμα 6

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) B	ποσοστά κλάσεων (% ολ.βάρους) : Γ
<-1	9,5426	47,70871
(-1) - (-0,5)	0,9864	4,931556
(-0,5) - (0)	0,7738	3,868652
(0) - (0,5)	0,7965	3,982142
(0,5) - (1)	0,4888	2,44378
(1) - (2)	0,6934	3,466688
(2) - (3)	0,8857	4,428101
(3) - (4)	3,3696	16,84648
(4) - (4,5)	0,5400	2,699757
(4,5) - (5)	0,3200	1,599856
(5) - (5,5)	0,2850	1,424872
(5,5) - (6)	0,5750	2,874741
(6) - (7)	0,2350	1,174894
(7) - (8)	0,0650	0,324971
(8) - (9)	0,1350	0,674939
(9) - (10)	0,0850	0,424962
> 10	0,2250	1,124899
Σύνολο :	20,0018	100

δείγμα 7/1

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) B	ποσοστά κλάσεων (% ολ.βάρους) : Γ
<-1	2,8613	48,04789
(-1) - (-0,5)	0,2695	4,525533
(-0,5) - (0)	0,1434	2,40802
(0) - (0,5)	0,1253	2,104079
(0,5) - (1)	0,1086	1,823647
(1) - (2)	0,1319	2,214908
(2) - (3)	0,1176	1,974778
(3) - (4)	0,1175	1,973099
(4) - (4,5)	0,0450	0,755655
(4,5) - (5)	0,0250	0,419808
(5) - (5,5)	0,0950	1,595271
(5,5) - (6)	0,2000	3,358466
(6) - (7)	1,6450	27,62338
(7) - (8)	0,0700	1,175463
(8) - (9)	0,0000	0
(9) - (10)	0,0000	0
> 10	0,0000	0
Σύνολο :	5,9551	100



## Κοκκομετρικά δεδομένα.

δείγμα 7/2

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) Β	ποσοστά κλάστων (% ολ. βά- ρους) Γ
<-1	3,8419	46,92569
(-1) - (-0,5)	0,4695	5,734561
(-0,5) - (0)	0,2504	3,058433
(0) - (0,5)	0,2288	2,794606
(0,5) - (1)	0,1331	1,625708
(1) - (2)	0,1721	2,102062
(2) - (3)	0,1311	1,60128
(3) - (4)	0,1403	1,713651
(4) - (4,5)	0,0900	1,099277
(4,5) - (5)	0,0550	0,67178
(5) - (5,5)	0,1400	1,709986
(5,5) - (6)	0,0850	1,038206
(6) - (7)	0,6700	8,183506
(7) - (8)	0,0400	0,488568
(8) - (9)	0,4500	5,496385
(9) - (10)	0,1600	1,95427
> 10	1,1300	13,80203
Σύνολο :	8,1872	100

δείγμα 8/1

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) Β	ποσοστά κλάστων (% ολ. βά- ρους) Γ
<-1	2,5032	37,36008
(-1) - (-0,5)	0,5344	7,975881
(-0,5) - (0)	0,3433	5,123728
(0) - (0,5)	0,3371	5,031193
(0,5) - (1)	0,2315	3,455121
(1) - (2)	0,2679	3,998388
(2) - (3)	0,1937	2,890958
(3) - (4)	0,1741	2,59843
(4) - (4,5)	0,0100	0,149249
(4,5) - (5)	0,1150	1,716367
(5) - (5,5)	0,0150	0,223874
(5,5) - (6)	0,1250	1,865616
(6) - (7)	0,3900	5,820722
(7) - (8)	0,1850	2,761112
(8) - (9)	0,3500	5,223725
(9) - (10)	0,1150	1,716367
> 10	0,8100	12,08919
Σύνολο :	6,7002	100

δείγμα 8/α

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) Β	ποσοστά κλάστων (% ολ. βά- ρους) Γ
<-1	9,6636	60,77239
(-1) - (-0,5)	1,3533	8,510625
(-0,5) - (0)	0,6667	4,192739
(0) - (0,5)	0,4297	2,702295
(0,5) - (1)	0,2826	1,777213
(1) - (2)	0,3907	2,457032
(2) - (3)	0,1647	1,035764
(3) - (4)	0,1500	0,943319
(4) - (4,5)	0,0450	0,282996
(4,5) - (5)	0,0450	0,282996
(5) - (5,5)	0,1150	0,723211
(5,5) - (6)	0,0750	0,47166
(6) - (7)	0,2650	1,66653
(7) - (8)	0,3300	2,075302
(8) - (9)	0,3100	1,949526
(9) - (10)	0,4350	2,735625
> 10	1,1800	7,420777
Σύνολο :	15,9013	100

δείγμα 8/2

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) Β	ποσοστά κλάστων (% ολ. βά- ρους) Γ
<-1	5,2699	47,01029
(-1) - (-0,5)	0,6775	6,043657
(-0,5) - (0)	0,4035	3,599433
(0) - (0,5)	0,3394	3,027627
(0,5) - (1)	0,2077	1,852793
(1) - (2)	0,2488	2,219427
(2) - (3)	0,2144	1,912561
(3) - (4)	0,2239	1,997306
(4) - (4,5)	0,0350	0,312218
(4,5) - (5)	0,0600	0,535232
(5) - (5,5)	0,2400	2,140926
(5,5) - (6)	0,1500	1,338079
(6) - (7)	0,2700	2,408542
(7) - (8)	0,5650	5,040098
(8) - (9)	0,3000	2,676158
(9) - (10)	0,4300	3,835827
> 10	1,5750	14,04983
Σύνολο :	11,2101	100

Κοκκομετρικά δεδομένα.

δείγμα 9

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) B	ποσοστά κλάστων (% ολ.βάρους) : Γ
<-1	6,0008	46,11849
(-1) - (-0,5)	0,6374	4,898668
(-0,5) - (0)	0,3882	2,983469
(0) - (0,5)	0,4215	3,239392
(0,5) - (1)	0,3264	2,508512
(1) - (2)	1,3596	10,44906
(2) - (3)	2,0172	15,50297
(3) - (4)	0,5156	3,962588
(4) - (4,5)	0,1100	0,845393
(4,5) - (5)	0,1700	1,306516
(5) - (5,5)	0,0700	0,537977
(5,5) - (6)	0,0050	0,038427
(6) - (7)	0,3150	2,420898
(7) - (8)	0,0100	0,076854
(8) - (9)	0,1900	1,460224
(9) - (10)	0,2000	1,537078
> 10	0,2750	2,113482
Σύνολο :	13,0117	100

δείγμα 10/2

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) B	ποσοστά κλάστων (% ολ.βάρους) : Γ
<-1	0	0
(-1) - (-0,5)	0	0
(-0,5) - (0)	0	0
(0) - (0,5)	0	0
(0,5) - (1)	0	0
(1) - (2)	0	0
(2) - (3)	0	0
(3) - (4)	0,2991	7,377716
(4) - (4,5)	0,1750	4,316618
(4,5) - (5)	0,0600	1,479983
(5) - (5,5)	0,0650	1,603315
(5,5) - (6)	0,5400	13,31985
(6) - (7)	0,4450	10,97654
(7) - (8)	0,6300	15,53982
(8) - (9)	0,0300	0,739992
(9) - (10)	0,5900	14,55317
> 10	1,2200	30,09299
Σύνολο :	4,0541	100

δείγμα 10/1

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) B	ποσοστά κλάστων (% ολ.βάρους) : Γ
<-1	0	0
(-1) - (-0,5)	0	0
(-0,5) - (0)	0	0
(0) - (0,5)	0	0
(0,5) - (1)	0	0
(1) - (2)	0	0
(2) - (3)	0	0
(3) - (4)	0,0835	3,540386
(4) - (4,5)	0,1000	4,239983
(4,5) - (5)	0,0800	3,391986
(5) - (5,5)	0,0550	2,331991
(5,5) - (6)	0,0550	2,331991
(6) - (7)	0,3400	14,41594
(7) - (8)	0,2950	12,50795
(8) - (9)	0,1900	8,055968
(9) - (10)	0,0900	3,815985
> 10	1,0700	45,36782
Σύνολο :	2,3585	100

δείγμα 11/1

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) B	ποσοστά κλάστων (% ολ.βάρους) : Γ
<-1	0	0
(-1) - (-0,5)	0	0
(-0,5) - (0)	0	0
(0) - (0,5)	0	0
(0,5) - (1)	0	0
(1) - (2)	0	0
(2) - (3)	0	0
(3) - (4)	0,1463	8,121912
(4) - (4,5)	0,1150	6,384278
(4,5) - (5)	0,0650	3,608505
(5) - (5,5)	0,0700	3,886082
(5,5) - (6)	0,2450	13,60129
(6) - (7)	0,0550	3,05335
(7) - (8)	0,1500	8,327319
(8) - (9)	0,2000	11,10309
(9) - (10)	0,2000	11,10309
> 10	0,5550	30,81108
Σύνολο :	1,8013	100

Κοκκομετρικά δεδομένα.

δείγμα 11/2

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) B	ποσοστά κλάσεων (% ολ.βάρους) f
<-1	0	0
(-1) - (-0,5)	0	0
(-0,5) - (0)	0	0
(0) - (0,5)	0	0
(0,5) - (1)	0	0
(1) - (2)	0	0
(2) - (3)	0	0
(3) - (4)	0,1279	4,620832
(4) - (4,5)	0,0450	1,625781
(4,5) - (5)	0,1150	4,154774
(5) - (5,5)	0,0250	0,903212
(5,5) - (6)	0,1400	5,057986
(6) - (7)	0,3250	11,74175
(7) - (8)	0,4200	15,17396
(8) - (9)	0,3350	12,10304
(9) - (10)	0,2750	9,93533
> 10	0,9600	34,68333
Σύνολο :	2,7679	100

δείγμα 12/2

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) B	ποσοστά κλάσεων (% ολ.βάρους) f
<-1	0	0
(-1) - (-0,5)	0	0
(-0,5) - (0)	0	0
(0) - (0,5)	0	0
(0,5) - (1)	0	0
(1) - (2)	0,0390	0,064533
(2) - (3)	5,7599	9,530909
(3) - (4)	25,1100	41,54953
(4) - (4,5)	3,6400	6,02311
(4,5) - (5)	3,5950	5,948648
(5) - (5,5)	3,5350	5,849366
(5,5) - (6)	2,5600	4,236033
(6) - (7)	4,7650	7,884648
(7) - (8)	3,3500	5,543246
(8) - (9)	4,5400	7,51234
(9) - (10)	0,8800	1,456136
> 10	2,6600	4,401503
Σύνολο :	60,4339	100

δείγμα 12/1

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) B	ποσοστά κλάσεων (% ολ.βάρους) f
<-1	0	0
(-1) - (-0,5)	0	0
(-0,5) - (0)	0	0
(0) - (0,5)	0	0
(0,5) - (1)	0	0
(1) - (2)	0	0
(2) - (3)	0,5444	5,892157
(3) - (4)	3,1700	34,30959
(4) - (4,5)	1,0050	10,87733
(4,5) - (5)	0,3650	3,950473
(5) - (5,5)	0,6500	7,035089
(5,5) - (6)	0,2850	3,084616
(6) - (7)	0,8050	8,712687
(7) - (8)	0,7100	7,684482
(8) - (9)	0,5350	5,790419
(9) - (10)	0,2350	2,543455
> 10	0,9350	10,1197
Σύνολο :	9,2394	100

δείγμα 12/3

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) B	ποσοστά κλάσεων (% ολ.βάρους) f
<-1	0	0
(-1) - (-0,5)	0	0
(-0,5) - (0)	0	0
(0) - (0,5)	0	0
(0,5) - (1)	0	0
(1) - (2)	0,0000	0
(2) - (3)	0,0000	0
(3) - (4)	0,0793	3,541285
(4) - (4,5)	0,0150	0,669852
(4,5) - (5)	0,0050	0,223284
(5) - (5,5)	0,1100	4,912249
(5,5) - (6)	0,0750	3,349261
(6) - (7)	0,1600	7,14509
(7) - (8)	0,3900	17,41616
(8) - (9)	0,3150	14,0669
(9) - (10)	0,4650	20,76542
> 10	0,6250	27,91051
Σύνολο :	2,2393	100

Κοκκομετρικά δεδομένα.

δείγμα 13/1

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) B	ποσοστά κλάσων (% ολ.βάρους) Γ
<-1	0	0
(-1) - (-0,5)	0	0
(-0,5) - (0)	0	0
(0) - (0,5)	0	0
(0,5) - (1)	0	0
(1) - (2)	0,0000	0
(2) - (3)	0,0000	0
(3) - (4)	0,1047	2,640805
(4) - (4,5)	0,0350	0,882791
(4,5) - (5)	0,0100	0,252226
(5) - (5,5)	0,2200	5,54897
(5,5) - (6)	0,1750	4,413953
(6) - (7)	0,4000	10,08904
(7) - (8)	0,6850	17,27747
(8) - (9)	0,6600	16,64691
(9) - (10)	0,4800	12,10684
> 10	1,1950	30,14099
Σύνολο :	3,9647	100

δείγμα 13/2

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) B	ποσοστά κλάσων (% ολ.βάρους) Γ
<-1	0	0
(-1) - (-0,5)	0	0
(-0,5) - (0)	0	0
(0) - (0,5)	0	0
(0,5) - (1)	0	0
(1) - (2)	0,0000	0
(2) - (3)	0,0000	0
(3) - (4)	0,1002	2,942558
(4) - (4,5)	0,0600	1,762011
(4,5) - (5)	0,0650	1,908845
(5) - (5,5)	0,0900	2,643017
(5,5) - (6)	0,1700	4,992365
(6) - (7)	0,7650	22,46564
(7) - (8)	0,5500	16,15177
(8) - (9)	0,3600	10,57207
(9) - (10)	0,2100	6,167039
> 10	1,0350	30,39469
Σύνολο :	3,4052	100

δείγμα 14

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) B	ποσοστά κλάσων (% ολ.βάρους) Γ
<-1	4,8096	59,00988
(-1) - (-0,5)	0,3257	3,996074
(-0,5) - (0)	0,1785	2,19005
(0) - (0,5)	0,2059	2,526225
(0,5) - (1)	0,1739	2,133611
(1) - (2)	0,2919	3,581375
(2) - (3)	0,2345	2,877124
(3) - (4)	0,2255	2,766701
(4) - (4,5)	0,0800	0,981535
(4,5) - (5)	0,1100	1,34961
(5) - (5,5)	0,1300	1,594994
(5,5) - (6)	0,1750	2,147108
(6) - (7)	0,2000	2,453837
(7) - (8)	0,1550	1,901724
(8) - (9)	0,1200	1,472302
(9) - (10)	0,1600	1,96307
> 10	0,5750	7,054782
Σύνολο :	8,1505	100

δείγμα 15/1

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) B	ποσοστά κλάσων (% ολ.βάρους) Γ
<-1	0,0000	0
(-1) - (-0,5)	0,0000	0
(-0,5) - (0)	0,0000	0
(0) - (0,5)	0,0000	0
(0,5) - (1)	0,0000	0
(1) - (2)	0,0000	0
(2) - (3)	0,0000	0
(3) - (4)	0,1782	5,130715
(4) - (4,5)	0,0300	0,863757
(4,5) - (5)	0,0850	2,447311
(5) - (5,5)	0,1250	3,598987
(5,5) - (6)	0,0500	1,439595
(6) - (7)	0,2200	6,334216
(7) - (8)	0,7200	20,73016
(8) - (9)	0,7400	21,306
(9) - (10)	0,4600	13,24427
> 10	0,8650	24,90499
Σύνολο :	3,4732	100

Κοκκομετρικά δεδομένα.

δείγμα 15/2

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) B	ποσοστά κλάσεων (% ολ.βάρους) f
<-1	0,0000	0
(-1) - (-0,5)	0,0000	0
(-0,5) - (0)	0,0000	0
(0) - (0,5)	0,0000	0
(0,5) - (1)	0,0000	0
(1) - (2)	0,0000	0
(2) - (3)	0,0000	0
(3) - (4)	0,2273	6,025502
(4) - (4,5)	0,1900	5,036715
(4,5) - (5)	0,1400	3,711264
(5) - (5,5)	0,0200	0,530181
(5,5) - (6)	0,2550	6,759802
(6) - (7)	0,4400	11,66397
(7) - (8)	0,6400	16,96578
(8) - (9)	0,2750	7,289982
(9) - (10)	0,2850	7,555073
> 10	1,3000	34,46173
Σύνολο :	3,7723	100

δείγμα 16/1

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) B	ποσοστά κλάσεων (% ολ.βάρους) f
<-1	20,0055	79,57954
(-1) - (-0,5)	0,5751	2,28768
(-0,5) - (0)	0,2574	1,023907
(0) - (0,5)	0,2512	0,999244
(0,5) - (1)	0,1596	0,63487
(1) - (2)	0,2750	1,093918
(2) - (3)	0,3062	1,218028
(3) - (4)	0,5990	2,382752
(4) - (4,5)	0,3350	1,332591
(4,5) - (5)	0,3700	1,471817
(5) - (5,5)	0,3000	1,193365
(5,5) - (6)	0,0600	0,238673
(6) - (7)	0,2250	0,895024
(7) - (8)	0,2650	1,054139
(8) - (9)	0,0900	0,358009
(9) - (10)	0,3050	1,213254
> 10	0,7600	3,023191
Σύνολο :	25,1390	100

δείγμα 16/2

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) B	ποσοστά κλάσεων (% ολ.βάρους) f
<-1	0,0000	0
(-1) - (-0,5)	0,0000	0
(-0,5) - (0)	0,0000	0
(0) - (0,5)	0,0000	0
(0,5) - (1)	0,0000	0
(1) - (2)	0,0000	0
(2) - (3)	0,0000	0
(3) - (4)	0,0921	2,239732
(4) - (4,5)	0,1300	3,161402
(4,5) - (5)	0,0850	2,06707
(5) - (5,5)	0,3750	9,119428
(5,5) - (6)	0,2650	6,444396
(6) - (7)	0,7200	17,5093
(7) - (8)	0,7200	17,5093
(8) - (9)	0,3950	9,605798
(9) - (10)	0,2850	6,930765
> 10	1,0450	25,41281
Σύνολο :	4,1121	100

δείγμα 16/3

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) B	ποσοστά κλάσεων (% ολ.βάρους) f
<-1	0,0000	0
(-1) - (-0,5)	0,0000	0
(-0,5) - (0)	0,0000	0
(0) - (0,5)	0,0000	0
(0,5) - (1)	0,0000	0
(1) - (2)	0,0000	0
(2) - (3)	0,0000	0
(3) - (4)	0,1296	3,801032
(4) - (4,5)	0,0250	0,733224
(4,5) - (5)	0,1750	5,132567
(5) - (5,5)	0,1700	4,985922
(5,5) - (6)	0,2900	8,505397
(6) - (7)	0,5000	14,66448
(7) - (8)	0,4750	13,93125
(8) - (9)	0,4200	12,31816
(9) - (10)	0,2750	8,065462
> 10	0,9500	27,86251
Σύνολο :	3,4096	100

Κοκκομετρικά δεδομένα.

δείγμα 17/1

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) Β	ποσοστά κλάσεων (% ολ. βάρους) Γ
<-1	0,3180	6,91575
(-1) - (-0,5)	0,0680	1,47884
(-0,5) - (0)	0,0570	1,239616
(0) - (0,5)	0,0553	1,202645
(0,5) - (1)	0,0488	1,061285
(1) - (2)	0,1306	2,840242
(2) - (3)	0,2166	4,710539
(3) - (4)	0,5989	13,02466
(4) - (4,5)	0,2600	5,654386
(4,5) - (5)	0,2650	5,763125
(5) - (5,5)	0,2650	5,763125
(5,5) - (6)	0,1550	3,370884
(6) - (7)	0,4150	9,025271
(7) - (8)	0,1400	3,04467
(8) - (9)	0,1250	2,718455
(9) - (10)	0,2700	5,871863
> 10	1,2100	26,31464
Σύνολο :	4,5982	100

δείγμα 17/2

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) Β	ποσοστά κλάσεων (% ολ. βάρους) Γ
<-1	2,3771	29,82971
(-1) - (-0,5)	0,1486	1,864749
(-0,5) - (0)	0,0807	1,012687
(0) - (0,5)	0,0879	1,103038
(0,5) - (1)	0,0623	0,781789
(1) - (2)	0,1227	1,539736
(2) - (3)	0,1313	1,647655
(3) - (4)	0,3733	4,684461
(4) - (4,5)	0,2800	3,513659
(4,5) - (5)	0,3350	4,203842
(5) - (5,5)	0,6350	7,968477
(5,5) - (6)	0,2450	3,074452
(6) - (7)	0,2850	3,576403
(7) - (8)	0,5200	6,525367
(8) - (9)	0,2000	2,509757
(9) - (10)	0,4600	5,77244
> 10	1,6250	20,39177
Σύνολο :	7,9689	100

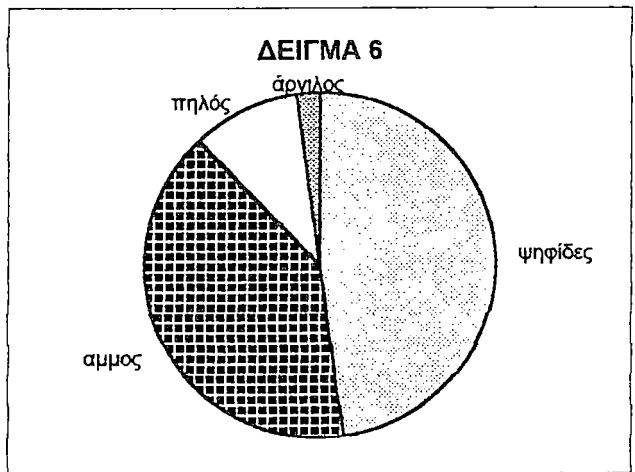
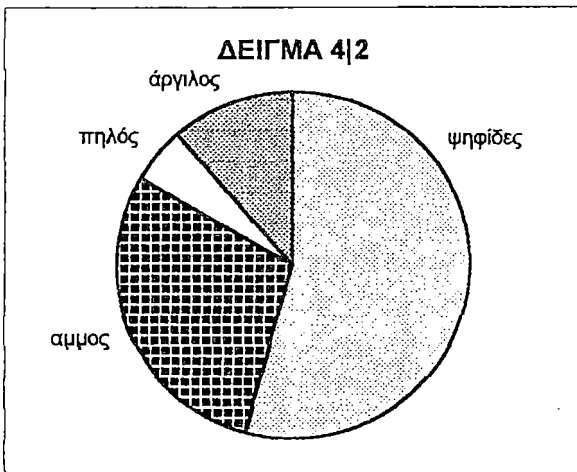
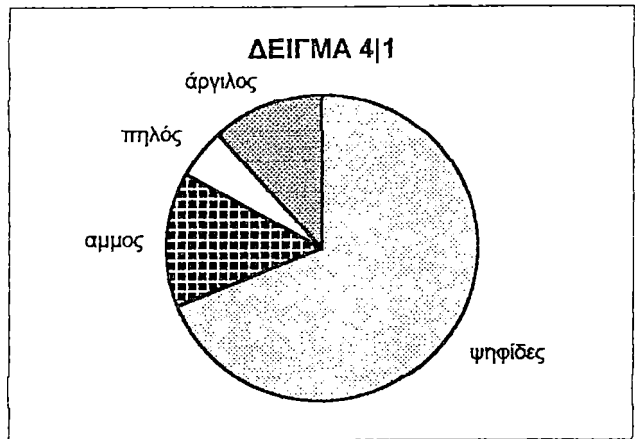
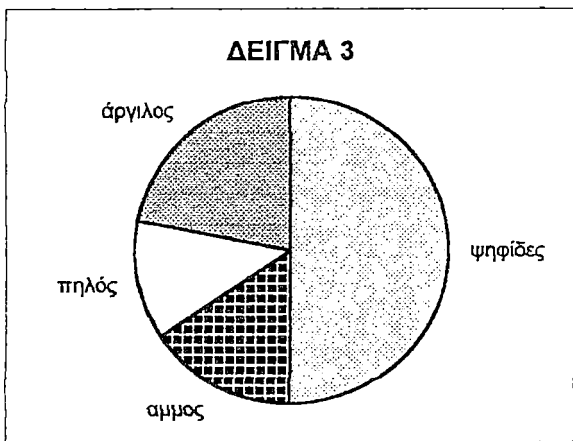
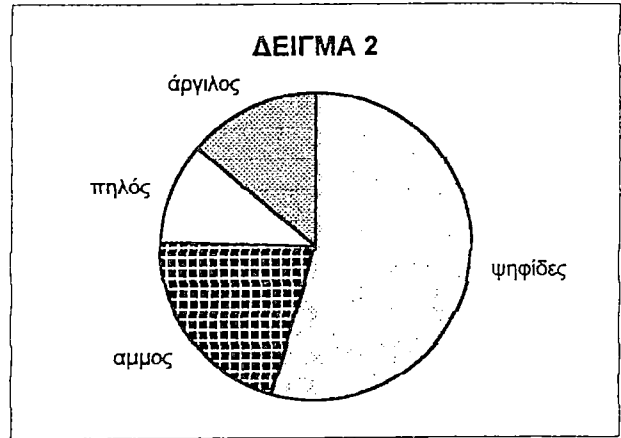
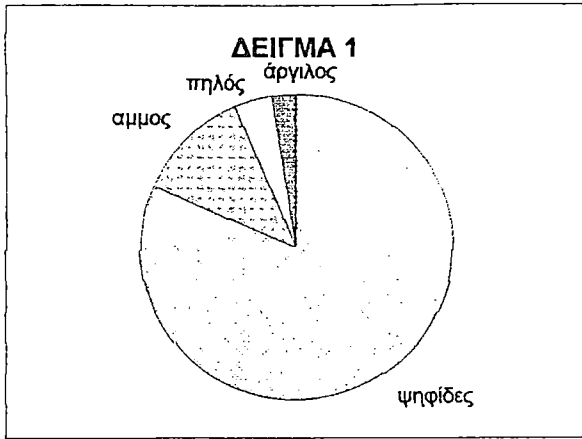
δείγμα 18/1

Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) Β	ποσοστά κλάσεων (% ολ. βάρους) Γ
<-1	0,9910	21,88701
(-1) - (-0,5)	0,1421	3,13839
(-0,5) - (0)	0,0910	2,009806
(0) - (0,5)	0,0915	2,020849
(0,5) - (1)	0,0812	1,793365
(1) - (2)	0,0959	2,118026
(2) - (3)	0,1566	3,458633
(3) - (4)	0,4235	9,353328
(4) - (4,5)	0,1950	4,306727
(4,5) - (5)	0,2000	4,417156
(5) - (5,5)	0,1400	3,092009
(5,5) - (6)	0,2150	4,748443
(6) - (7)	0,4450	9,828173
(7) - (8)	0,2350	5,190159
(8) - (9)	0,1400	3,092009
(9) - (10)	0,1400	3,092009
> 10	0,7450	16,45391
Σύνολο :	4,5278	100

δείγμα 18/2

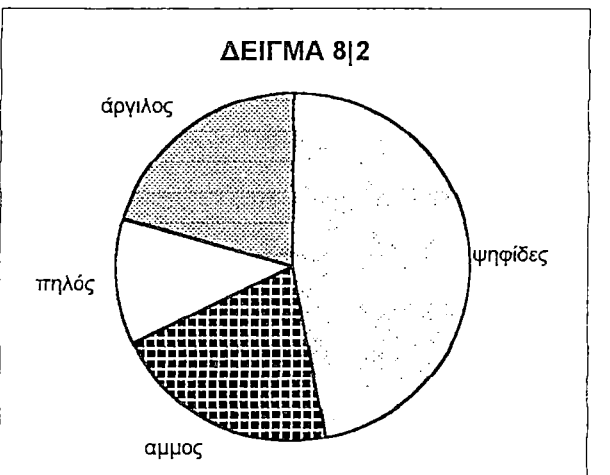
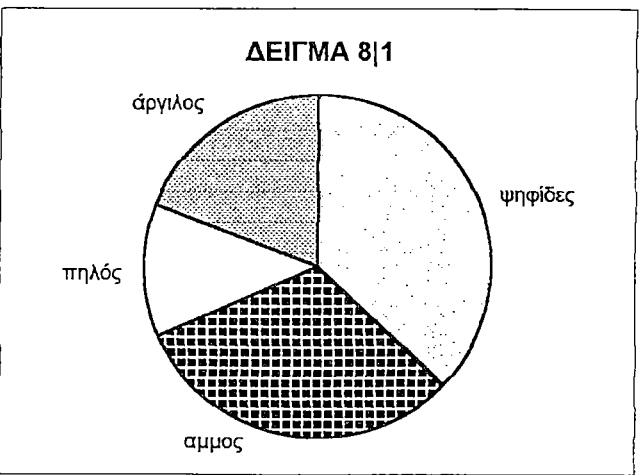
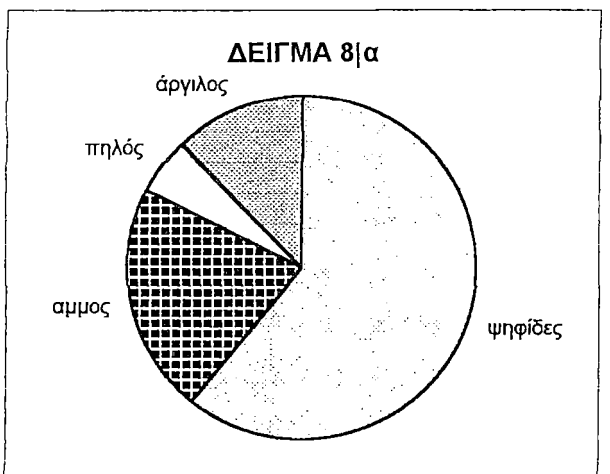
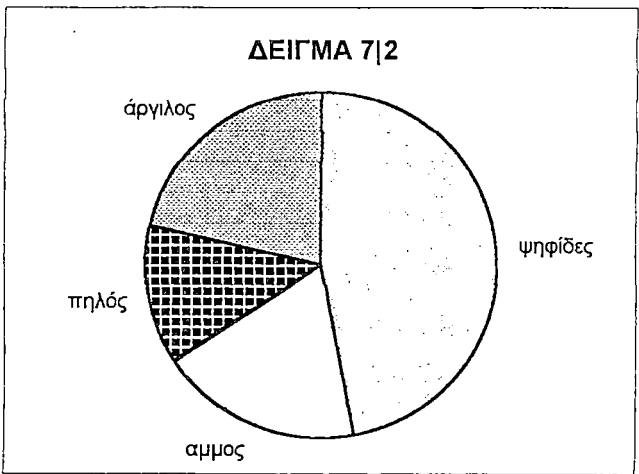
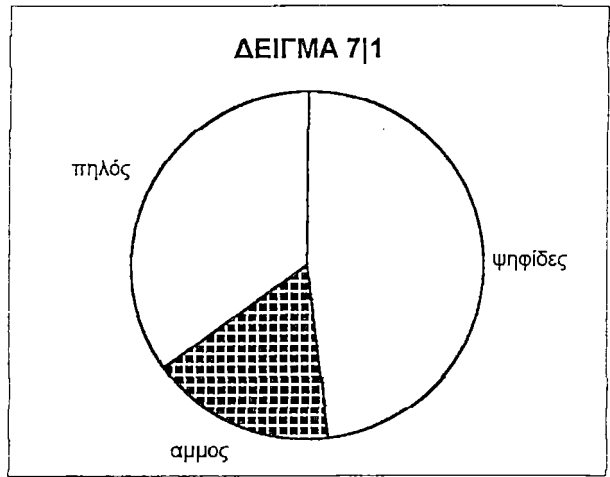
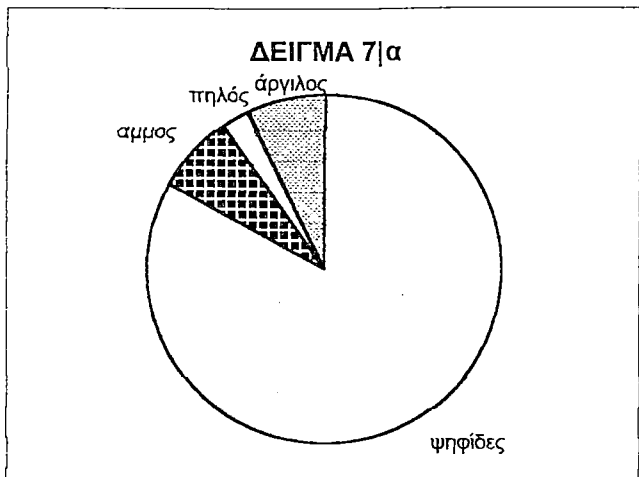
Μέγεθος κόκκων σε Φ	Βάρος κλάσσης (gr) Β	ποσοστά κλάσεων (% ολ. βάρους) Γ
<-1	7,3882	51,57305
(-1) - (-0,5)	0,6672	4,657364
(-0,5) - (0)	0,2889	2,016655
(0) - (0,5)	0,3595	2,509476
(0,5) - (1)	0,2416	1,68648
(1) - (2)	0,3151	2,199543
(2) - (3)	0,2867	2,001298
(3) - (4)	0,7535	5,259778
(4) - (4,5)	0,4850	3,385524
(4,5) - (5)	0,4600	3,211012
(5) - (5,5)	0,3200	2,233748
(5,5) - (6)	0,3900	2,72238
(6) - (7)	0,5050	3,525133
(7) - (8)	0,2800	1,954529
(8) - (9)	0,0850	0,593339
(9) - (10)	0,4900	3,420426
> 10	1,0100	7,050266
Σύνολο :	14,3257	100

κυκλικά διαγράμματα ποσοστών



κύρια κλάσματα.

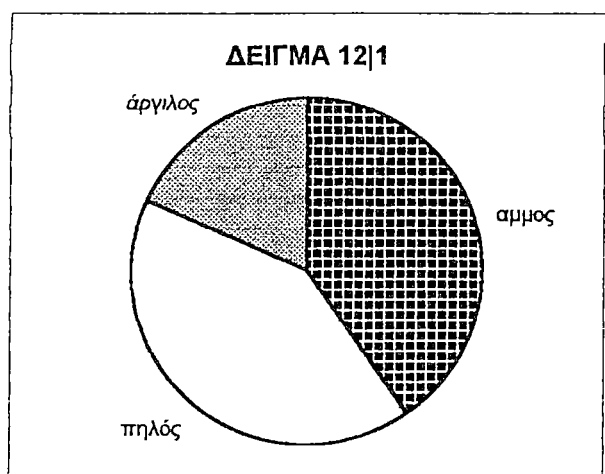
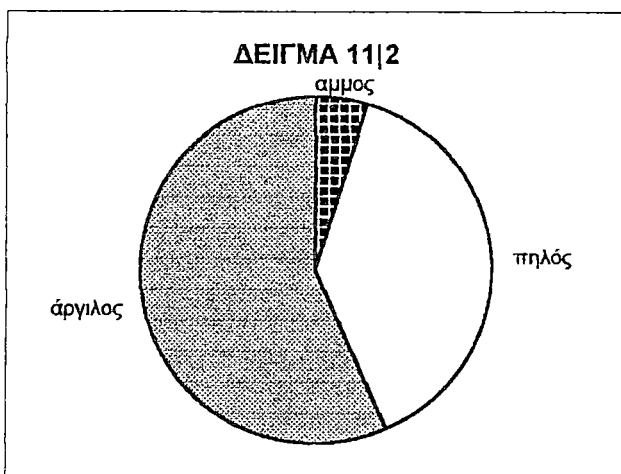
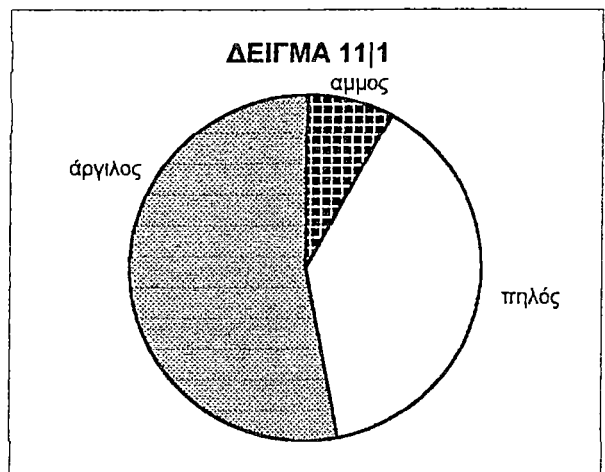
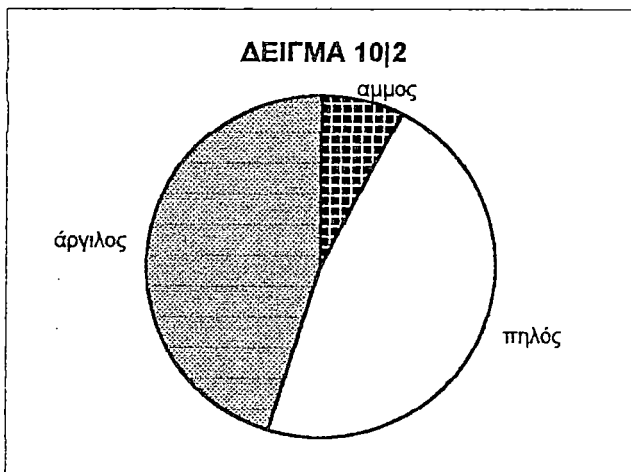
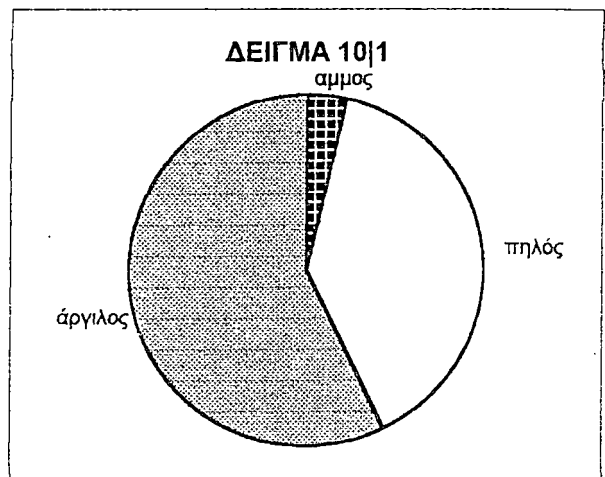
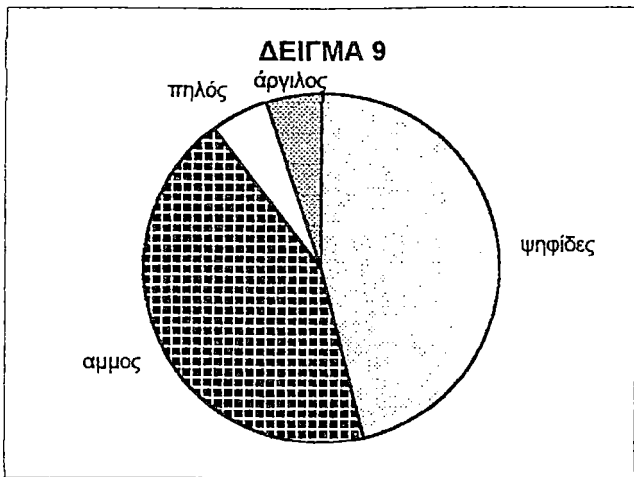
κυκλικά διαγράμματα ποσοστών



κύρια κλάσματα.

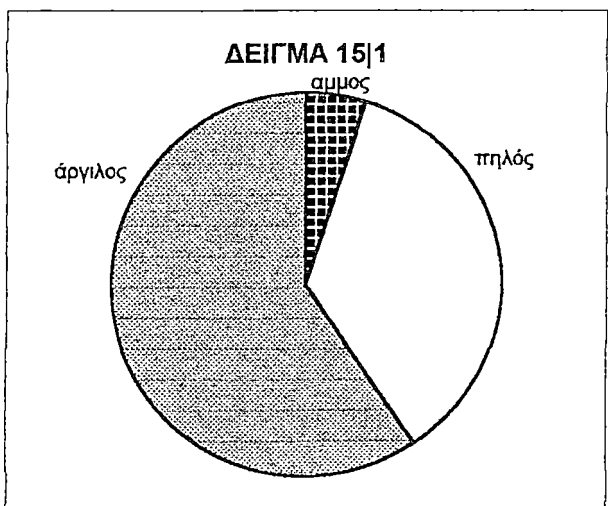
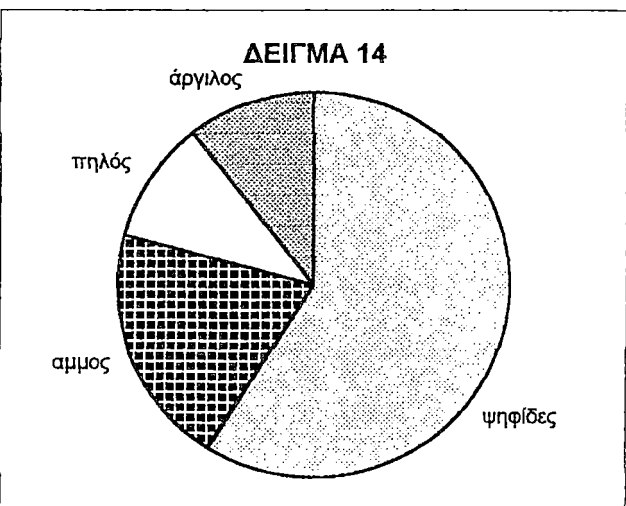
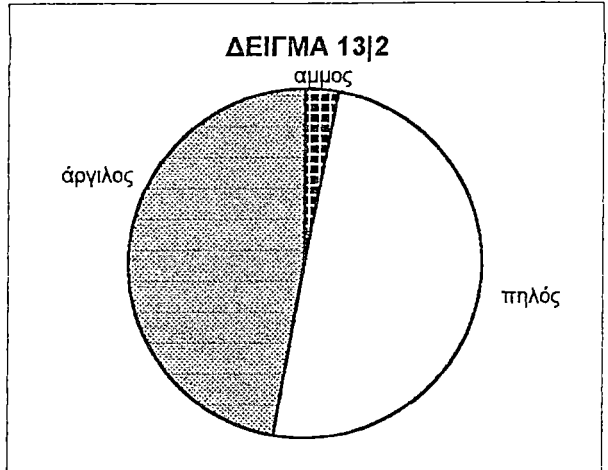
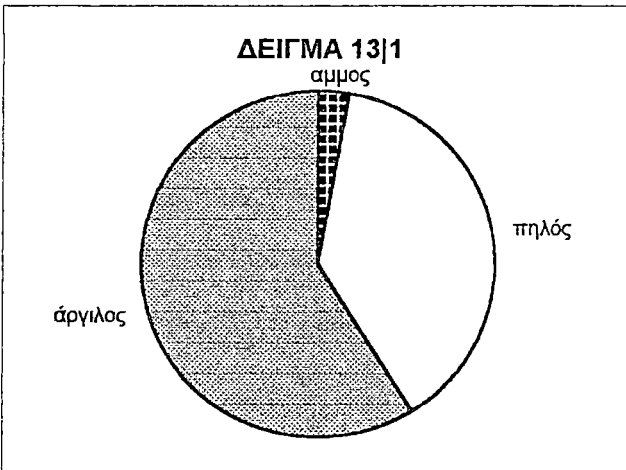
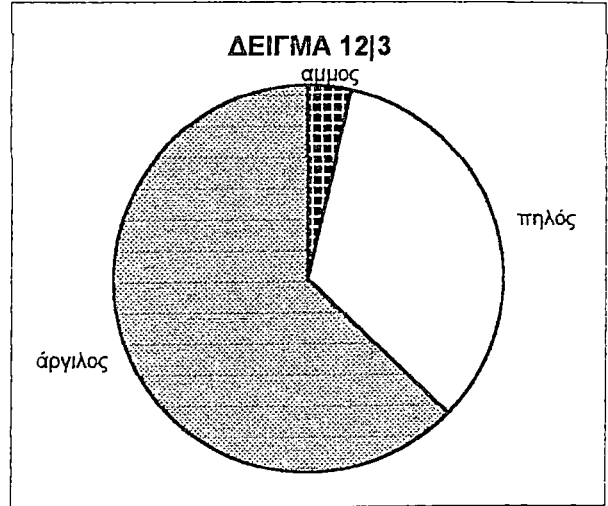
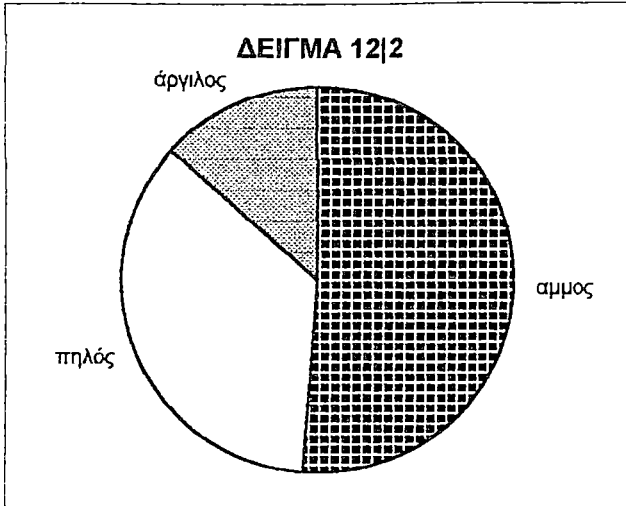


κυκλικά διαγράμματα ποσοστών



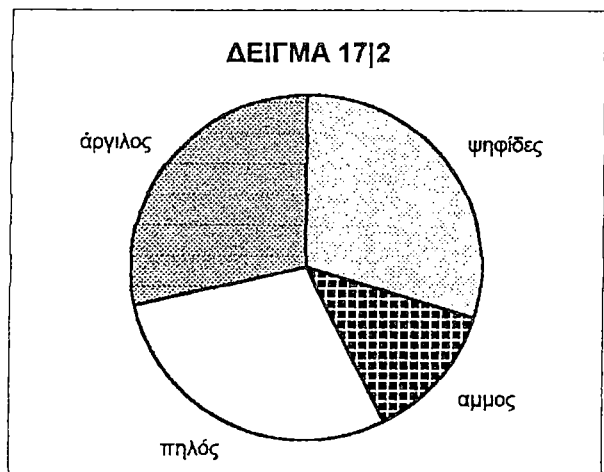
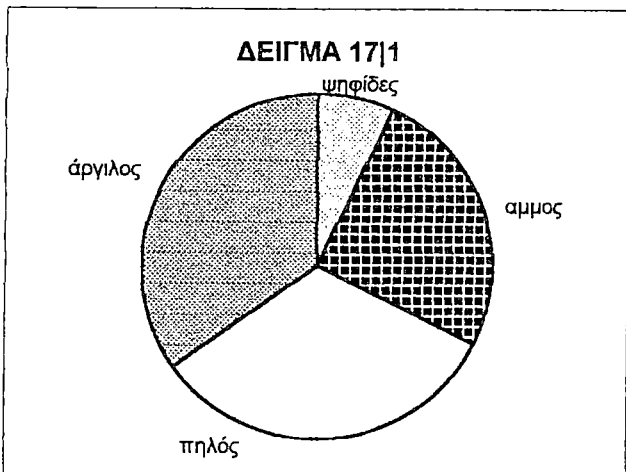
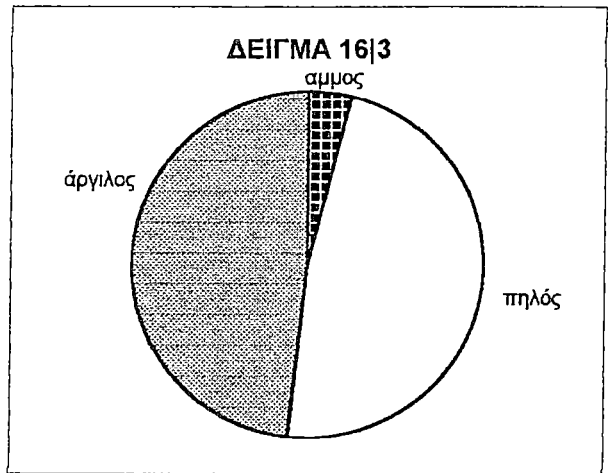
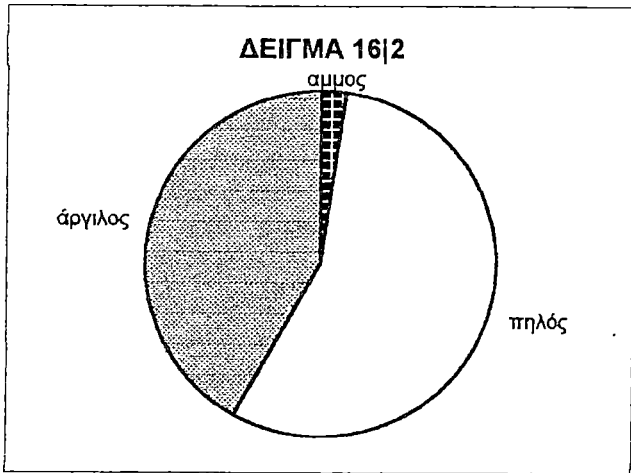
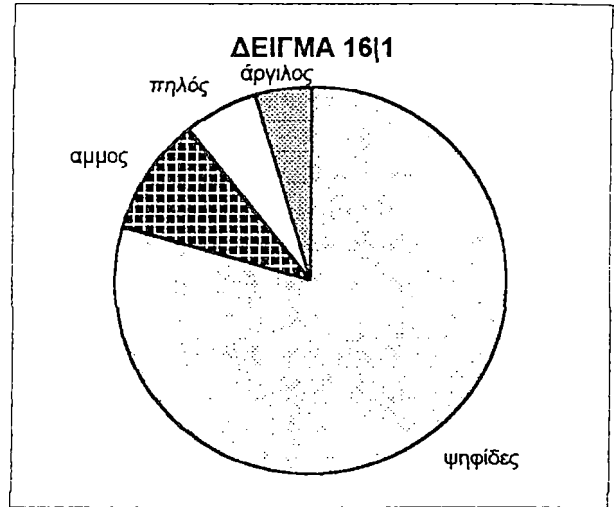
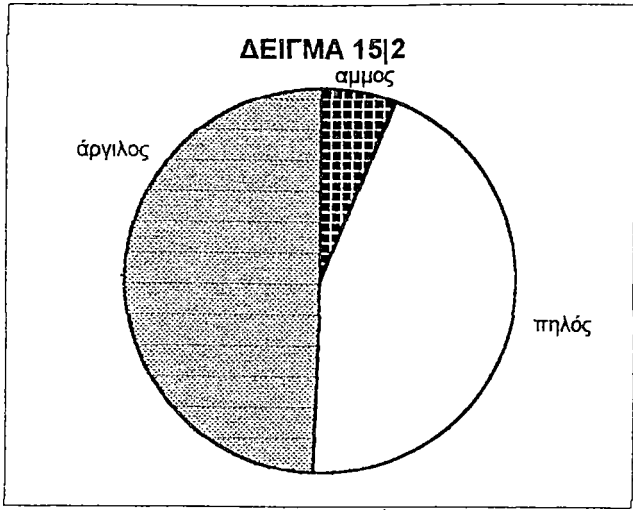
κύρια κλάσματα.

κυκλικά διαγράμματα ποσοστών



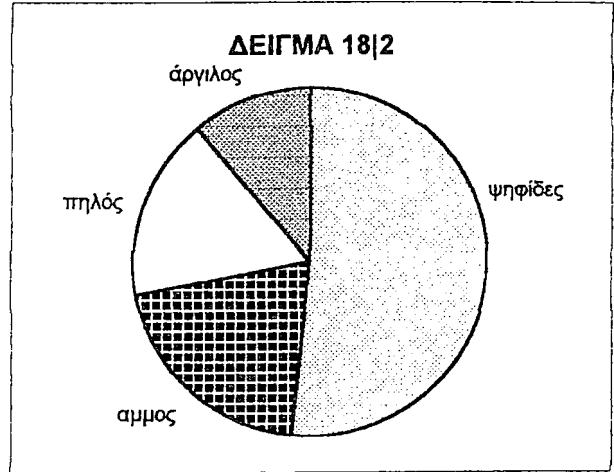
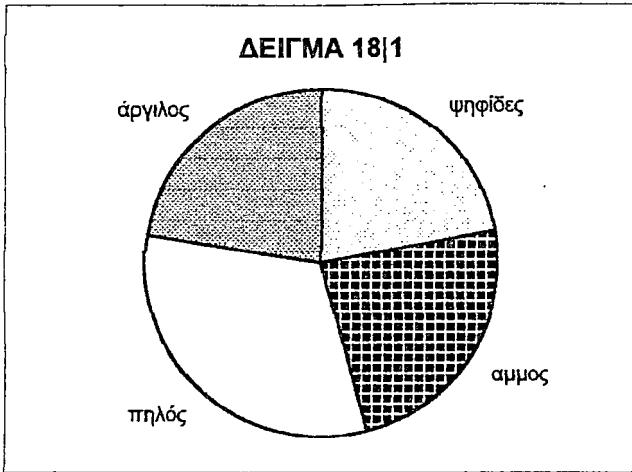
κύρια κλάσματα.

κυκλικά διαγράμματα ποσοστών



κύρια κλάσματα.

κυκλικά διαγράμματα ποσοστών



κύρια κλάσματα.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β**

**ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### Α. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ.

Οι εργασίες υπαίθρου αυτής της έρευνας αφορούν δυο πράγματα. Πρώτον για την ιζηματολογία & γεωχημεία, την συλλογή δειγμάτων επιφανειακών ιζημάτων (0-10cm) απο 18 σταθμούς. Δεύτερον, για την φυσική διασκόπηση του μεγαλύτερου τμήματος του πυθμένα χρησιμοποιήθηκε ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης. Για την μετακίνησή μας χρησιμοποιήθηκε τοπικό αλιευτικό σκάφος (γαίτα). Τέλος, σε κάθε σταθμό προσδιοριζόταν η γεωγραφική θέση και καταγραφόταν το βάθος του πυθμένα.

**Συλλογή δειγμάτων :** Η συλλογή των δειγμάτων μας έγινε με δηγματολήπτη ιζήματος τύπου Van Veen. Κάθε δείγμα ονομάζεται απο τον αριθμό του σταθμού λήψης. Όταν υπάρχει και ένας αριθμητικός δείκτης αυτός δηλώνει το κατα πόσο το συγκεκριμένο δείγμα πάρθηκε απο την επιφάνεια του προ-δείγματος (συνολικού αρχικού δείγματος όπως πιάνεται απο την φαγάνα) ή το εσωτερικό αυτού. Έτσι π.χ το 18/1 είναι δείγμα που πάρθηκε απο τα πρώτα 3-4 cm του προ-δείγματος ενώ το 18/2 είναι δείγμα του ίδιου προ-δείγματος με αυτό του 18/1 μόνο που αφορά το πιο εσωτερικό του μέρος (υποεπιφανειακό). Αυτό έγινε για καλύτερη αντιπροσώπευση της ιζηματολογίας του κάθε σταθμού. Εκείνα που δεν έχουν κάποιο δείκτη σημαίνει οτι δεν χρειάστηκε ο παραπάνω διαχωρισμός. Τα δείγματα που έχουν δείκτη το γράμμα (α) συνψηφίζονται με τα δείγματα που έχουν δείκτη τον αριθμό 1 ως επιφανειακά. Για κάθε προ-δείγμα που ανελκυόταν στο σκάφος γινόταν καταγραφή εξωτερικών παρατηρήσεων για την υφή, το χρώμα του ή άλλων ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του (οσμή, στρωμάτωση, παρουσία κελυφών κ.α). Αν κρινόταν αναγκαίο γινόταν και φωτογράφιση. Απο κάθε προ-δείγμα γινόταν δειγματοληψία αντιπροσωπευτικών δειγμάτων επιφανειακών και υποεπιφανειακών (π.χ 7/a, 7/1, 7/2). Στη συνέχεια τα δείγματα φυλάσσονταν σε πλαστικές σακούλες πολυαιθυλενίου, για την αποφυγή επιμολύνσεων, και αριθμούνταν. Μετά το τέλος της δειγματοληψίας τα δείγματα διατηρήθηκαν στους - 20 °C μέχρι την μέρα των εργαστηριακών αναλύσεων.

**Φυσική διασκόπηση πυθμένα :** Αυτή έγινε με την ανάλυση των ηχογραφιών απο ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης της εταιρίας EG & G.

## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

### Α. ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΙΖΗΜΑΤΟΣ.

Η κοκκομετρική ανάλυση ιζήματος χωρίζεται σε τέσσερα επιμέρους στάδια.

1. Κάυση (οξειδωση) του οργανικού υλικού .
2. Υγρό κοσκίνισμα (διαχωρισμός χονδρόκοκκου απο το λεπτόκοκκο υλικό)
3. Κοκκομετρική ανάλυση λεπτόκοκκου κλάσματος με τη μέθοδο της πιπέτας.
4. Ανάλυση χονδρόκοκκου κλάσματος (ξηρό κοσκίνισμα).

#### Α1. Οξειδωση οργανικού υλικού.

Αρχικά τοποθετείται ποσότητα 15-20 gr απο κάθε ένα δείγμα, σε ποτήρι ζέσεως των 600ml και σε κάθε ποτήρι αναγράφουμε τον αριθμό του δείγματος. Στα δείγματά μας υπήρχαν αρκετά με έντονο σκούρο καφέ και μαύρο χρώμα, γεγονός ενδεικτικό της έντονης παρουσίας του οργανικού υλικού. Στην ποσότητα αυτή προστίθεται λίγο απεσταγμένο νερό ίσα ίσα για να διαλυθεί το δείγμα όσο είναι δυνατόν (αν χρειαστεί το πιέζουμε με μια γυάλινη ράβδο). Αυτό διευκολύνει το οξύ που θα προστεθεί να δράσει σ'όλη την επιφάνεια των κόκκων. Στη συνέχεια τα ποτήρια τοποθετούνται πάνω σε θερμαντική εστία που είναι ρυθμισμένη στους 105°C (βλ. **εικόνα 1**). Όταν τα εναιωρήματα έχουν θερμανθεί αρκετά, αρχίζει η προσθήκη μικροποσοτήτων οξέος και αρχίζει να δημιουργείται έντονος αφρός (βλ. **εικόνα 2**). Το οξύ που είναι κατάλληλο γι'αυτή τη δουλειά είναι διάλυμα 50% υπεροξειδίου του υδρογόνου (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) που εμπορικά καλείται "perydrol". Η όλη διαδικασία απαιτεί αρκετό χρόνο (μερικές ώρες), ανάλογα με τη ποσότητα του οργανικού υλικού που περιέχεται σε κάθε δείγμα. Όταν η οξειδωση πλησιάζει προς το τέλος, χαμηλώνουμε την εστία στους 60 C° για να δώσουμε την ευκαιρία στο οξύ να δρά επι μακρότερο χρονικό διάστημα μια και το οργανικό υλικό που μένει στο τέλος γίνεται ολοένα και πιο δυσεύρετο. Καθ'όλη τη διάρκεια της προσθήκης του οξέος πρέπει να προσέξουμε να μην υπερχειλήσουν τα ποτήρια ζέσεως και χαθεί έτσι υλικό. Σ'αυτό θα μας βοηθήσει μια (ή περισσότερες αν τα δείγματα είναι πολλά) γυάλινη ράβδος με την οποία ανακατεύουμε τα δείγματα. Μπορούμε επίσης να χρησιμοποιήσουμε έναν υδροβολέα με απεσταγμένο νερό, ο οποίος να έχει λεπτό στόμιο και να ρίχνει το νερό με πίεση πάνω στον αφρό που δημιουργείται από την καύση (βλ. **εικόνα 3α**). Πρέπει πάντως να προσέχουμε να μην ρίχνουμε πάρα πολύ

νερό για να μην αραιώνεται έτσι το οξύ και αναστέλλεται η διαδικασία. Την καύση του οργανικού υλικού την αντιλαμβανόμαστε απο τη μείωση και τελικά την παύση της αντίδρασης του οξέος που ρίχνουμε (δεν “φουσκώνει” πλέον το ποτήρι ζέσεως με έντονες φυσαλίδες, οι φυσαλίδες γίνονται πιο μικρές και λιγότερο έντονες) και απο την αλλαγή στο χρώμα και την υφή του ιζήματος (βλ.εικόνα 3β). Το έντονο μαύρο χρώμα ενός πλούσιου σε οργανικό υλικό ιζήματος πέρνει το χρώμα του ανόργανου μέρους (εδώ ήταν γκρι άσπρο - απο τα βιογενή κελύφη- και σπανιότερα καφέ απο χερσογενή υλικά). Όταν το οργανικό υλικό καεί όλο και η εναπομείουσα ποσότητα οξέος διασπαστεί, τότε τα ποτήρια ζέσεως γεμίζονται με απεσταγμένο νερό και αφήνονται σκεπασμένα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για 24 h (βλ. εικόνα 4). Στην εργασία μας, η διαδικασία αυτή έγινε για τα 32 δείγματα.

#### **A2. Υγρό κοσκίνισμα.**

Σκοπός του υγρού κοσκίνισματος είναι να διαχωριστεί στα δείγματά μας το λεπτόκοκκο απο το χονδρόκοκκο κλάσμα.

Το νερό πλήρωσης αφού γίνει διαυγές (οι κόκκοι έχουν καθιζήσει -βλ. εικόνα 5) απομακρίνεται απο τα ποτήρια ζέσεως με τη βοήθεια ελαστικού σωλήνα και με προσοχή να μην τραβηχτεί μαζί και υλικό απο τα δείγματα. Το εναιώρημα που μένει αδειάζεται τμηματικά πάνω σε κόσκινο με άνοιγμα οπών 4Φ (= 0,0625mm). Το κόσκινο βρίσκεται πάνω απο στεγανό δοχείο που συγκεντρώνει το λεπτόκοκκο μέρος του κάθε δείγματος. Το λεπτόκοκκο μέρος διαπερνά τις οπές του κόσκινου με την βοήθεια απεσταγμένου νερού που ρίχνουμε μ'έναν υδροβολέα ο οποίος έχει λεπτό στόμιο (βλ. εικόνα 6). Σ'αυτό το σημείο πρέπει να είμαστε πολύ προσεκτικοί με την ποσότητα του απεσταγμένου νερού που πρέπει να ρίξουμε για τον διαχωρισμό. Ο λόγος είναι ότι ο όγκος του απεσταγμένου νερού μαζί με το λεπτόκοκκο μέρος που πέφτουν στο δοχείο κάτω απο το κόσκινο δεν πρέπει να ξεπερνά τον όγκο του ενός λίτρου (1 lit) που είναι ο όγκος του ογκομετρικού σωλήνα που θα δεχτεί το λεπτόκοκκο υλικό για την κοκκομετρική του ανάλυση (ένας σωλήνας για κάθε δείγμα). Γ'αυτό υπολογίζουμε εκ των προτέρων πόσο περίπου απεσταγμένο θα χρησιμοποιήσουμε. Όταν μάλιστα έχουμε “δύσκολα” δείγματα, με διάφορες κινήσεις στο κόσκινο ή στον υδροβολέα προσπαθούμε να διευκολύνουμε όσο το δυνατόν το πέρασμα απο τις οπές. Το χονδρόκοκκο κλάσμα που μένει στο κόσκινο μεταφέρεται σε κάψες ή ποτήρια ζέσεως (βλ. εικόνα 7) που αναγράφουν τον αριθμό του αντίστοιχου δείγματος, αποξηραίνεται σε φούρνο (120 C° για 24h), και ζυγίζεται (Β.ολικό για κάθε δείγμα). Το εναιώρημα του λεπτόκοκκου υλικού που



προέκυψε, όπως είπαμε, αδειάζεται σε ογκομετρικό σωλήνα του ενός λίτρου και σε κάθε σωλήνα αναγράφεται ο αριθμός του δείγματος (ένας για κάθε δείγμα, σύνολο για την δική μας περίπτωση : 32 σωλήνες). Σε κάθε σωλήνα προσθέτουμε 25 ml αντικροκιδωτικής ουσίας με την εμπορική ονομασία Calgon (βλ. εικόνα 8). Το Calgon παρασκευάζεται ως διάλυμα άλατος εξαμεταφωσφορικού νατρίου με ανθρακικό νάτριο ως ανθρακικό 45,7% W/V. Στη συνέχεια ο κάθε σωλήνας πληρώνεται με απεσταγμένο νερό μέχρι την χαραγή του ενός λίτρου (1lit) (βλ. εικόνα 9).

### **Α3. Κοκκομετρική ανάλυση λεπτόκοκκου κλάσματος με τη μέθοδο της πιπέτας**

Οι πρώτοι 16 ογκομετρικοί σωλήνες (απο τους 32 συνολικά) του ενός λίτρου που προέκυψαν απο τη διαδικασία του υγρού κοσκινίσματος τοποθετήθηκαν σε δύο λουτρά (μία θάδα σωλήνων σε κάθε λουτρό ) γεμισμένα με νερό θερμοκρασίας 26°C (βλ. εικόνα 10). Η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή με την βοήθεια θερμοστατών, οι οποίοι για την περίπτωση είναι τέσσερις (2 σε κάθε λουτρό ). Οι σωλήνες αφήνονται μέσα στα λουτρά για 12 h ώστε να διαπιστωθεί αν το υλικό μέσα σ'αυτούς έχει υποστεί κροκίδωση.

Η μέθοδος της πιπέτας στηρίζεται στον υπολογισμό της ταχύτητας καθίζησης των κόκκων διαφόρων μεγεθών με βάση τον νόμο του Stokes. Η μέθοδος "παραδέχεται" ότι οι κόκκοι του ίδιου μεγέθους έχουν το ίδιο σχήμα και την ίδια πυκνότητα στην ίδια θερμοκρασία.

Κατα τη μέθοδο της πιπέτας λαμβάνονται δείγματα συγκεκριμένου όγκου απο το εναιώρημα κάθε σωληνα, σε συγκεκριμένο χρόνο και απο συγκεκριμένο βάθος απο την επιφάνεια του εναιωρήματος. Η λήψη των δειγμάτων στηρίζεται σ'ένα ακριβές πρόγραμμα (χρονοδιάγραμμα ), στανταρισμένο όμως για 16 σωλήνες. Ο χρόνος δειγμάτων πιπέτας απο το εναιώρημα του ιζήματος εξαρτάται απο τη θερμοκρασία του εναιωρήματος , το βάθος της δειγματοληψίας και την πυκνότητα των εν αιώρηση κόκκων. Σύμφωνα με το πρόγραμμα αυτό των χρόνων γίνονται αναδεύσεις του ενός λεπτού (βλ. εικόνα 11) στα εναιωρήματα σε καθορισμένη σειρά και χρόνο και λαμβάνονται μετρήσεις με τη βοήθεια μιας πιπέτας των 20ml (βλ. εικόνα 12α & 12β). Για κάθε λήψη λαμβάνεται συγκεκριμένη τάξη μεγέθους ανάλογα με το χρόνο που γίνεται και το βάθος απο την επιφάνεια του εναιωρήματος (πίνακας 1).

Διάμετρος κόκκων (Φ)	ΒΑΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (cm)	Χρόνος δειγματοληψίας (sec,min,hr)
4,0	ΑΝΑΔΕΥΣΗ (1 min) 20	20''
4,5	20 ΑΝΑΔΕΥΣΗ (1 min)	1' 39''
5,0	10	1' 39''
5,5	10	3' 18''
6,0	10	6' 36''
7,0	10	26' 25''
8,0	5	52' 49''
9,0	5	3 h 31'
10,0	5	14 h 5'

Πίνακας 1. Χρόνοι και βάθη δειγματοληψιών για ένα δείγμα.

Μετά τη λήψη κάθε μέτρησης το περιεχόμενο της πιπέτας αδειάζεται σε προκαθορισμένο και προζυγισμένο ποτήρι ζέσεως των 50 ml. Έπειτα απο την ολοκλήρωση του προγράμματος τα ποτήρια μεταφέρονται για αποξήρανση σε φούρνο (100 °C για 24h). Μετά την αποξήρανσή τους τα ποτήρια αφήνονται σε θερμοκρασία δωματίου για 1 περίπου ώρα και έπειτα ζυγίζονται ένα προς ένα σε ζυγό ακριβείας 0,0001 gr.

#### Α4. Κοκκομετρική ανάλυση χονδρόκοκκου κλάσματος (ξηρό κοσκίνισμα)

Το χονδρόκοκκο κλάσμα που προέκυψε απο τη διαδικασία του υγρού κοσκίνισματος, αφού αποξηράνθηκε, κοσκινίζεται σε ηλεκτρικό κόσκινο(βλ. εικόνα 13). Κατα το ξηρό αυτό κοσκίνισμα το δείγμα περνά απο μια σειρά κόσκινων και έτσι διαχωρίζονται τα επιμέρους κλάσματα του χονδρόκοκκου υλικού. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται τα χαρακτηριστικά του κάθε κόσκινου που επιλέχθηκε καθώς και η σειρά χρησιμοποίησής τους (βλ. πίνακας 2).

Νο κοσκίνου	Διάμετρος οπών mm	Φ
10	2.000	-1.04
14	1.400	-0.49
18	1.000	0.00
25	0.710	0.49
35	0.500	1.00
60	0.250	2.00
120	0.125	3.00
Δοχείο συλλογής (pan)		4.00

Πίνακας 2.

Στη συνέχεια τα επιμέρους κλάσματα ζυγίζονται με ακρίβεια 0,0001 gr, συσκευάζονται και τα βάρη που προκύπτουν , οδηγούνται στην παραπέρα στατιστική επεξεργασία τους.

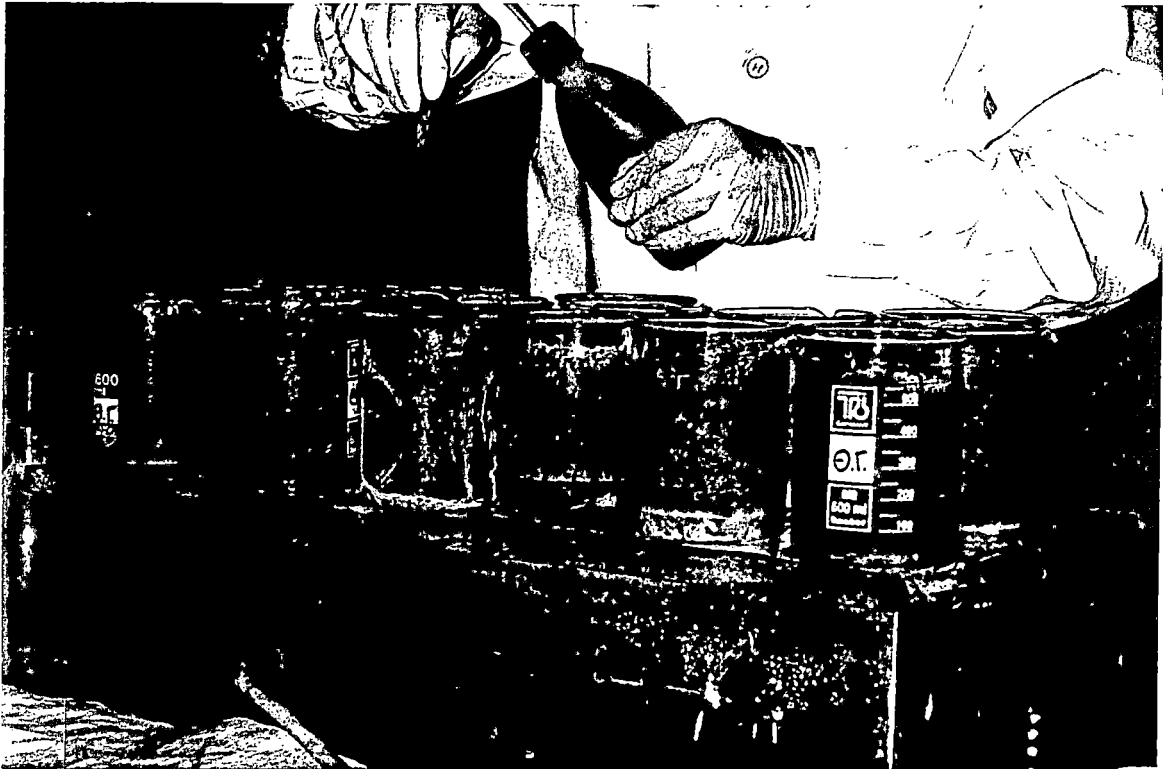
ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ.



Εικόνα 1.



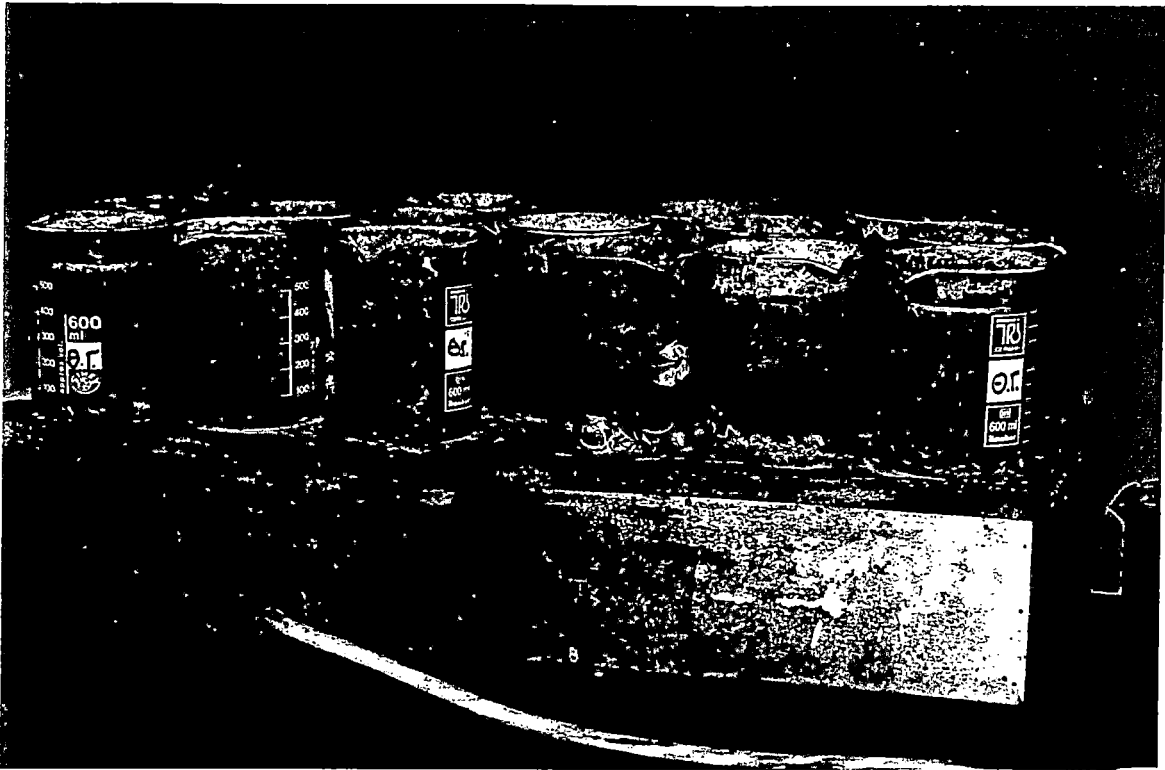
Εικόνα 2.



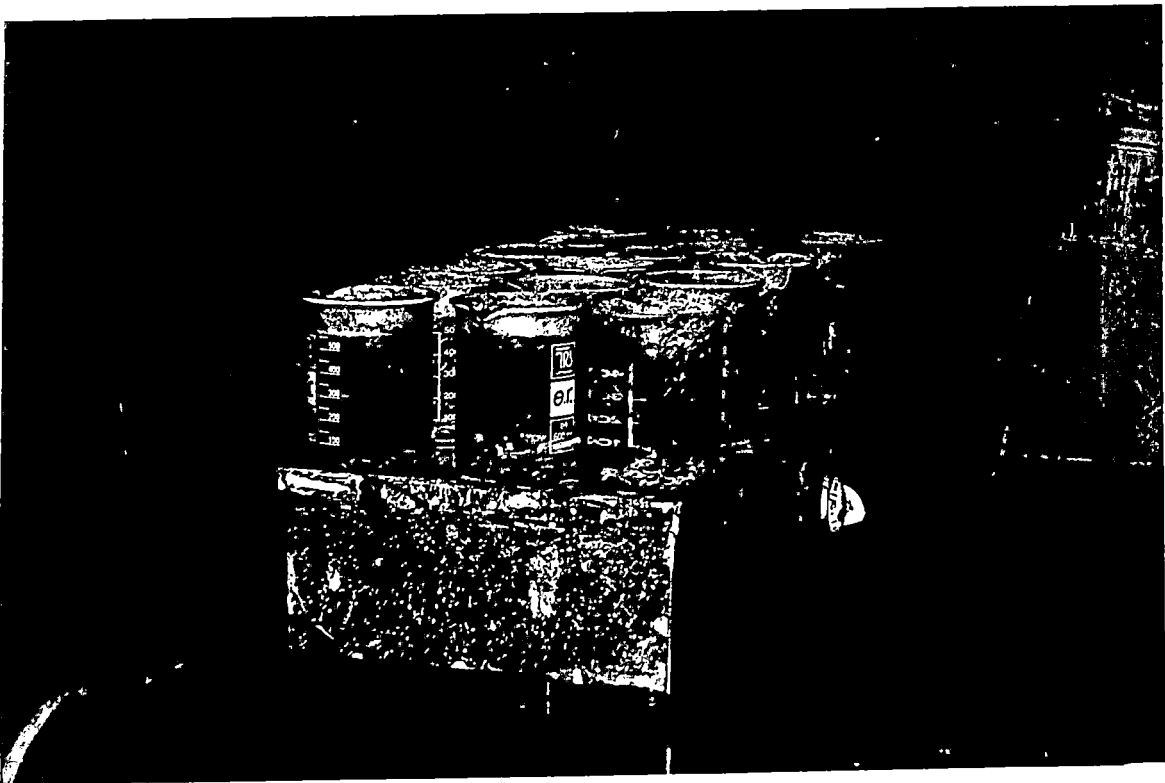
Εικόνα 3α.



Εικόνα 3β.

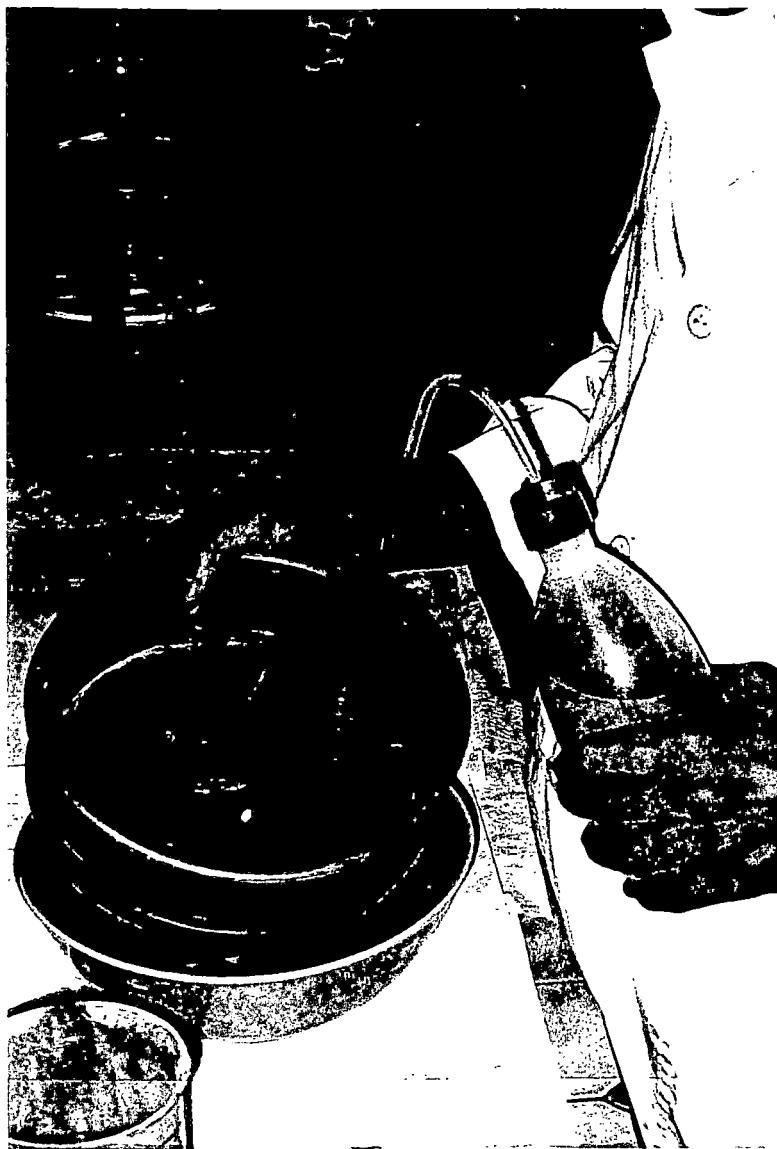


Εικόνα 4.

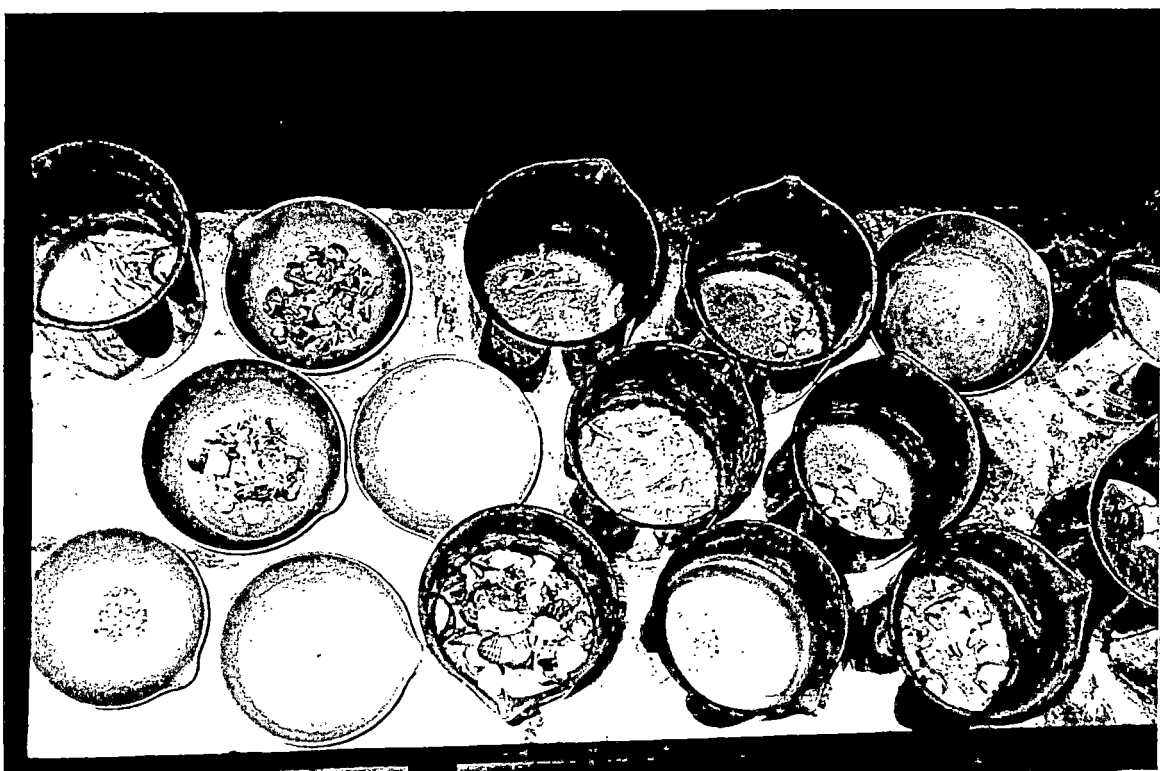


Εικόνα 5.

Εικόνα 6.



Εικόνα 7.





Εικόνα 8.



Εικόνα 9.

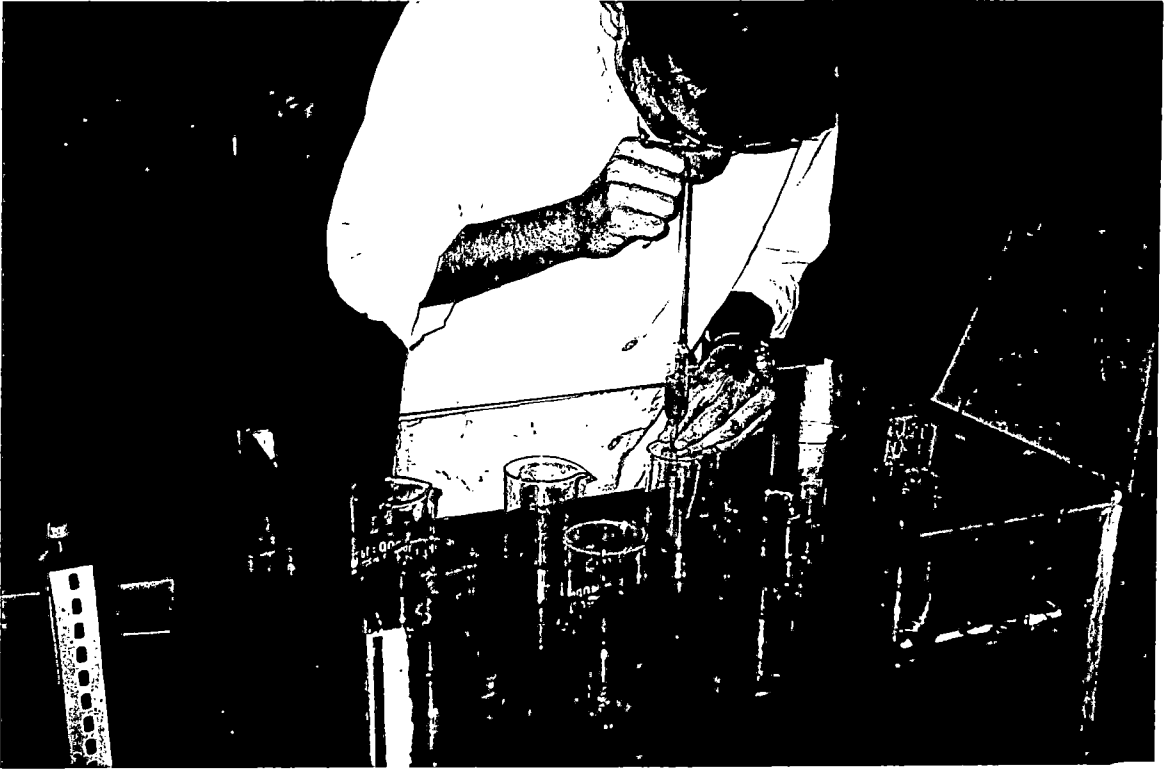


Εικόνα 10.



Εικόνα 11.





Εικόνα 12α.



Εικόνα 12β.



Εικόνα 13.

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΔΙΑΣΚΟΠΙΣΗ ΤΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ.

i) Εργασίες πεδίου: Το σκάφος που χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη του πυθμένα της λιμνοθάλασσας του Αιτωλικού ήταν ένα τοπικό αλιευτικό σκάφος τύπου γαΐτας και οι εργασίες πεδίου έγιναν τον Ιούλιο και τον Αύγουστο του 1998 . Η αποτύπωση της μορφολογίας του πυθμένα της λιμνοθάλασσας έγινε με ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης (Η Π Σ : Side scan sonar) τύπου E. G & G. ο οποίος συνίσταται από : (a) ηχοβολιστική τορπίλη TD 272 (b) καταγραφική μονάδα με δυνατότητα στοιχειοθέτησης ισομετρικής ηχογραφίας , και (c) καλώδιο τύπου kevlar μήκους 300m. Για την αποτύπωση του πυθμένα χρησιμοποιήθηκε μονοκάναλη καταγραφή με εύρος ζώνης 50 και 100m και εκτελέστηκαν πορείες συνολικού μήκους περίπου 11km.

ii) Εργαστηριακές αναλύσεις :Η κοκκομετρική ανάλυση των δειγμάτων ιζήματος έγινε (α) με ξηρό κοσκίνισμα (dry seiving) για το κλάσμα της άμμου και των ψηφίδων και (β) με την μέθοδο της πιπέτας (pipette method) για το κλάσμα του πηλού (4-8 Φ) και της αργίλου (>8 Φ), σύμφωνα με την μεθοδολογία όπως αυτή περιγράφεται από τον Folk (1974).

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

*Πρωτογενή δεδομένα*

Παραγοντικής Ανάλυσης.

Πίνακες Παραγοντικής

Αρχικός Πίνακας Δεδομένων R-ανάλυσης.  
τάξεις μεγέθους

μεταβλητές είναι οι τάξεις μεγέθους :	-3	-0,765	-0,245	0,245	0,745	1,5	2,5	3,5	4,25	4,75	5,25	5,75	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5
1	81,3813	2,3587	1,1576	1,07633	0,82223	2,05179	2,2545	2,60872	1,11739	0,45712	0,71832	0,3047	0,69656	0,4571	0,2467	0,34102	1,9518
2	54,553	3,3107	2,655	2,51835	1,21592	2,54513	3,3656	5,32744	2,36868	1,71643	2,67763	0,9269	2,50599	0,4119	3,08958	2,23136	8,5822
3	50,0692	5,2147	2,4306	2,22016	1,39294	1,47383	1,1797	1,52851	1,28678	1,14891	1,72337	1,9532	2,94122	3,4008	4,18204	4,36587	13,488
4\1	68,9551	2,9856	2,2594	2,45575	1,39861	1,98866	1,5039	1,46761	1,23849	0,30962	0,30962	0,4423	1,72504	1,3712	0,9731	2,30005	8,3156
4\2	54,183	6,9624	4,6735	4,9079	3,33709	4,19544	2,6345	2,35692	0,6728	1,23937	0,28328	0,1771	1,84135	1,0269	1,38101	1,73512	8,3923
6	47,7087	4,9316	3,8687	3,98214	2,44378	3,46669	4,4281	16,8465	2,69976	1,59986	1,42487	2,8747	1,17489	0,325	0,67494	0,42496	1,1249
7\α	83,1792	2,6283	0,9622	0,89972	0,62945	1,05228	0,5982	0,38079	0,36037	0,24025	0,30031	0,3003	0,60062	0,7207	0,96098	0,18019	6,0062
7\1	48,0479	4,5255	2,408	2,10408	1,82365	2,21491	1,9748	1,9731	0,75566	0,41981	1,59527	3,3585	27,6234	1,1755	0	0	0
7\2	46,9257	5,7346	3,0584	2,79461	1,62571	2,10206	1,6013	1,71365	1,09928	0,67178	1,70999	1,0382	8,18351	0,4886	5,49639	1,95427	13,802
8\α	60,7724	8,5106	4,1927	2,7023	1,77721	2,45703	1,0358	0,94332	0,283	0,283	0,72321	0,4717	1,66653	2,0753	1,94953	2,73563	7,4208
8\1	37,3601	7,9759	5,1237	5,03115	3,45512	3,99839	2,8909	2,59843	0,14925	1,71637	0,22387	1,8656	5,82072	2,7611	5,22373	1,71637	12,089
8\2	47,0103	6,0437	3,5994	3,02763	1,85279	2,21943	1,9126	1,99731	0,31222	0,53523	2,14093	1,3381	2,40854	5,0401	2,67616	3,83583	14,05
9	46,1185	4,8987	2,9835	3,23939	2,50851	10,4491	15,503	3,96259	0,84539	1,30652	0,53798	0,0384	2,4209	0,0769	1,46022	1,53708	2,1135
10\1 *	0	0	0	0	0	0	0	3,54039	4,23998	3,39199	2,33199	2,332	14,4159	12,508	8,05597	3,81599	45,368
10\2 *	0	0	0	0	0	0	0	7,37772	4,31662	1,47998	1,60332	13,32	10,9765	15,54	0,73999	14,5532	30,093
11\1 *	0	0	0	0	0	0	0	8,12912	6,38428	3,60851	3,88608	13,601	3,05335	8,3273	11,1031	11,1031	30,811
11\2 *	0	0	0	0	0	0	0	4,62083	1,62578	4,15477	0,90321	5,058	11,7418	15,174	12,103	9,93533	34,683
12\1 *	0	0	0	0	0	0	0	5,8922	34,3096	10,8773	3,95047	7,03509	3,0846	8,71269	7,6845	5,79042	10,12
12\2 *	0	0	0	0	0	0,06453	9,5309	41,5495	6,02311	5,94865	5,84937	4,236	7,88465	5,5432	7,51234	1,45614	4,4015
12\3 *	0	0	0	0	0	0	0	3,54129	0,66985	0,22328	4,91225	3,3493	7,14509	17,416	14,0669	20,7654	27,911
13\1 *	0	0	0	0	0	0	0	2,64081	0,88279	0,25223	5,54897	4,414	10,089	17,277	16,6469	12,1068	30,141
13\2 *	0	0	0	0	0	0	0	2,94256	1,76201	1,90885	2,64302	4,9924	22,4656	16,152	10,5721	6,16704	30,395
14	59,0099	3,9961	2,1901	2,52623	2,13361	3,58138	2,8771	2,7667	0,98154	1,34961	1,59499	2,1471	2,45384	1,9017	1,4723	1,96307	7,0548
15\1 *	0	0	0	0	0	0	0	5,13072	0,86376	2,44731	3,59899	1,4395	6,34216	20,73	21,306	13,2443	24,905
15\2 *	0	0	0	0	0	0	0	6,0255	5,03672	3,71126	0,53018	6,7598	11,6636	16,966	7,28998	7,55507	34,462
16\1	79,5795	2,2877	1,0239	0,99224	2,63487	1,09392	1,218	2,38275	1,33259	1,47182	1,19337	0,2387	0,89502	1,0541	0,35801	1,21325	3,0232
16\2 *	0	0	0	0	0	0	0	2,23973	3,1614	2,06707	9,11943	6,4444	17,5093	17,509	9,6058	6,93077	25,413
16\3 *	0	0	0	0	0	0	0	3,80103	0,73322	5,13257	4,98592	8,5054	14,6645	13,931	12,3182	8,06546	27,863
17\1	6,91575	1,4788	1,2396	1,20265	1,06129	2,84024	4,7105	13,0247	5,65439	5,76313	5,76313	3,3709	9,02527	3,0447	2,71846	5,87186	26,315
17\2	29,8297	1,8647	1,0127	1,10304	0,78179	1,53974	1,6477	4,68446	3,51366	4,20384	7,96848	3,0745	3,5764	6,5254	2,50976	5,77244	20,392
18\1	21,887	3,1384	2,0098	2,02085	1,79337	2,11803	3,4586	9,35333	4,30673	4,41716	3,09201	4,7474	9,82817	5,1902	3,09201	3,09201	16,454
18\2	51,5731	4,6574	2,0167	2,50948	1,68648	2,19954	2,0013	5,25978	3,38552	3,21101	2,23375	2,7224	3,52513	1,9545	0,59334	3,42043	7,0503

A/A παραγ/ντων (17 τάξεις μεγέθους)	% συμμετο- χή στην ολ. διακύ- μανση	αθροιστι- κό ποσοστό
1	52,9	52,9
2	16,7	69,6
3	6,6	76,2
4	5,5	81,8
5	4,6	86,4
6	3,8	90,2
7	2,9	93,1
8	2,6	95,7
9	1,6	97,3
10	,8	98,1
11	,7	98,8
12	,5	99,3
13	,4	99,7
14	,2	99,9
15	,0	100,0
16	,0	100,0
17	,0	100,0
μεταβλητές		

**R-ANALYSIS**  
Initial Statistics

**Q ANALYSIS :**  
Initial Statistics:

A/A παραγ/ντων (32 δείγματα)	% συμμετο- χή στην ολ.διακύ- μανση	αθροιστι- κό ποσοστό
* 1	52,7	52,7
* 2	34,5	87,2
* 3	6,8	94,0
* 4	2,0	96,0
* 5	1,8	97,8
* 6	,8	98,6
* 7	,4	99,0
* 8	,4	99,3
* 9	,3	99,6
* 10	,2	99,8
* 11	,1	99,9
* 12	,1	100,0
* 13	,0	100,0
* 14	,0	100,0
* 15	,0	100,0
* 16	,0	100,0
* 17	,0	100,0
* 18	,0	100,0
* 19	,0	100,0
* 20	,0	100,0
* 21	,0	100,0
* 22	,0	100,0
* 23	,0	100,0
* 24	,0	100,0
* 25	,0	100,0
* 26	,0	100,0
* 27	,0	100,0
* 28	,0	100,0
* 29	,0	100,0
* 30	,0	100,0
* 31	,0	100,0
* 32	,0	100,0

## R - ANALYSIS with 3 factors

## FORTISIS

τάξεις (Φ)	παράγο - ντας 1	παράγο - ντας 2	παράγο- ντας 3	κοιν.παρ. διακυμ/ση
<-1	-0,85726	0,19598	-0,45132	0,976993
(-1) - (-0,5)	-0,49361	0,68742	-0,39369	0,871189
(-0,5) - (0)	-0,44625	0,79121	-0,29469	0,911995
(0) - (0,5)	-0,44455	0,79121	-0,29469	0,91048
(0,5) - (1)	-0,50504	0,73922	-0,28351	0,88189
(1) - (2)	-0,31352	0,85795	-0,06137	0,838139
(2) - (3)	-0,27177	0,6255	0,55733	0,775726
(3) - (4)	-0,10525	-0,05415	0,89871	0,821689
(4) - (4,5)	0,03497	-0,26479	0,85319	0,79927
(4,5) - (5)	0,27326	-0,07994	0,77076	0,675132
(5) - (5,5)	0,36969	-0,27429	0,55073	0,515209
(5,5) - (6)	0,56027	-0,32275	0,27207	0,492092
(6) - (7)	0,53841	-0,17943	0,11008	0,334198
(7) - (8)	0,85388	-0,43462	0,01094	0,918125
(8) - (9)	0,7933	-0,27495	0,00458	0,704943
(9) - (10)	0,7916	-0,32525	-0,10494	0,743431
> 10	0,81914	-0,36658	-0,00231	0,805377

Πίνακας των φορτίσεων



πίνακας των παρ. τιμών **FACTOR VALUES**

δείγματα	παράγο - ντας 1	παράγο - ντας 2	παράγο- ντας 3
1	-1,78972	-1,16371	-0,57929
2	-0,81413	0,12442	-0,03401
3	-0,47035	-0,01312	-0,70453
4 1	-1,19185	-0,46075	-0,80831
4 2	-0,32107	1,69796	-0,73327
6	-0,85	1,06696	0,41784
7 α	-1,81784	-1,54169	-0,96531
7 1	-0,41407	0,28851	-0,53116
7 2	-0,33002	0,44975	-0,71973
8 α	-0,70951	0,50879	-1,10049
8 1	0,4014	2,27621	-0,72263
8 2	-0,23826	0,636	-0,83815
9	0,20388	3,17926	0,6813
10 1	0,71205	-0,73795	0,07632
10 2	0,87812	-0,84469	-0,03064
11 1	0,79771	-0,74945	0,67862
11 2	1,22199	-0,4595	-0,23357
12 1	-0,75807	-0,79299	2,85787
12 2	-0,57814	-0,20802	3,10927
12 3	1,58145	-0,51169	-0,8873
13 1	1,4477	-0,54356	-0,71365
13 2	1,15365	-0,56189	-0,37905
14	-0,71867	0,37153	-0,40191
15 1	1,54916	-0,37999	-0,56015
15 2	0,79966	-0,72999	0,18915
16 1	-1,67258	-0,99466	-0,5461
16 2	1,08994	-0,6351	0,18962
16 3	1,33732	-0,33984	0,1486
17 1	0,32497	0,61525	1,56496
17 2	-0,12313	-0,2929	0,63345
18 1	0,08393	0,63716	0,79563
18 2	-0,78551	0,10968	0,14663

## R- analysis with 4 factors

## FORTISIS

τάξεις (Φ)	παράγο - ντας 1	παράγο - ντας 2	παράγο- ντας 3	παράγο- ντας 4	κοινή παρ- διακ.
<-1	0,18439	-0,69074	-0,43152	-0,53227	0,980642
(-1) - (-0,5)	0,68899	-0,48964	-0,37584	-0,18724	0,890769
(-0,5) - (0)	0,76283	-0,45151	-0,31823	-0,16087	0,91292
(0) - (0,5)	0,79103	-0,44403	-0,27424	-0,16999	0,926995
(0,5) - (1)	0,73741	-0,49626	-0,26381	-0,1979	0,898808
(1) - (2)	0,84656	-0,19643	-0,02712	-0,31844	0,857388
(2) - (3)	0,59463	-0,08176	0,59259	-0,39866	0,870362
(3) - (4)	-0,08235	-0,04837	0,90256	-0,09715	0,833174
(4) - (4,5)	-0,2784	-0,09009	0,83346	0,24499	0,840298
(4,5) - (5)	-0,08604	0,11456	0,75334	0,35654	0,715169
(5) - (5,5)	-0,28498	0,40915	0,54812	0,06711	0,553557
(5,5) - (6)	-0,30153	0,24025	0,2327	0,69733	0,689059
(6) - (7)	-0,15453	0,21816	0,07455	0,68103	0,540833
(7) - (8)	-0,41696	0,77982	-0,00606	0,38185	0,927821
(8) - (9)	-0,26738	0,86988	0,00684	0,1139	0,841203
(9) - (10)	-0,31008	0,79022	-0,11184	0,23894	0,790198
> 10	-0,34132	0,61489	-0,03057	0,57894	0,830695

Πίνακας των φορτίσεων

πίνακας των παρ. τιμών

παραγοντικές τιμές

δείγματα	παράγο - ντας 1	παράγο - ντας 2	παράγο- ντας 3	παράγο- ντας 4
1	-1,21601	-1,09748	-0,54631	-1,58792
2	0,09218	-0,47239	0,00144	-0,78961
3	-0,00854	-0,36178	-0,69518	-0,32563
4 1	-0,47764	-0,85382	-0,79006	-0,88342
4 2	1,72005	-0,4907	-0,7048	0,08813
6	1,0419	-0,84994	0,4446	-0,27919
7 α	-1,57956	-1,19771	-0,94986	-1,47183
7 1	0,35655	-1,4203	-0,62502	1,4822
7 2	0,46822	-0,41978	-0,71726	0,01331
8 α	0,52108	-0,63036	-1,08046	-0,37933
8 1	2,32871	-0,10822	-0,71056	0,81657
8 2	0,64724	-0,13941	-0,81149	-0,27673
9	3,10363	1,14126	0,86206	-1,58367
10 1	-0,69669	0,19178	0,00604	1,0779
10 2	-0,77013	-0,10259	-0,14945	1,87116
11 1	-0,71883	0,21749	0,60219	1,21442
11 2	-0,41802	0,95104	-0,26995	0,79951
12 1	-0,89523	-0,46109	2,86371	-0,58864
12 2	-0,33103	-0,01391	3,15821	-0,98966
12 3	-0,51664	2,44713	-0,81036	-0,94873
13 1	-0,5371	2,01808	-0,6675	-0,50385
13 2	-0,49934	0,58226	-0,44845	1,26661
14	0,35955	-0,53622	-0,37539	-0,52541
15 1	-0,40046	2,5204	-0,46918	-1,12635
15 2	-0,67953	0,10083	0,10144	1,39367
16 1	-1,03086	-1,23515	-0,53372	-1,14982
16 2	-0,60779	0,84334	0,1505	0,74109
16 3	-0,29278	0,83703	0,09278	1,20679
17 1	0,59819	0,0052	1,55038	0,61962
17 2	-0,31928	0,01792	0,6392	-0,23398
18 1	0,65404	-0,52815	0,75185	1,00357
18 2	0,10415	-0,95474	0,1306	0,04923

R- analysis with 5 factors

FORTISIS

Πίνακας με τις παραγοντικές τιμές

τάξεις (Φ)	παράγο - ντας 1	παράγο - ντας 2	παράγο- ντας 3	παράγο- ντας 4	παράγο- ντας 5	κοινή παραγ. διακ.	δείγματα	παράγο - ντας 1	παράγο - ντας 2	παράγο- ντας 3	παράγο- ντας 4	παράγο- ντας 5
<-1	0,247	-0,73695	-0,47013	0,19266	-0,34411	0,980656	1	-1,21408	-1,48071	-0,82532	0,6406	-0,9109
(-1) - (-0,5)	0,75436	-0,42886	-0,34056	0,08836	-0,13732	0,895625	2	0,08136	-0,56647	-0,07969	0,42814	-0,59523
(-0,5) - (0)	0,82316	-0,37771	0,2748	0,09394	-0,13376	0,922489	3	0,16034	-0,29863	-0,63574	-0,24885	-0,60645
(0) - (0,5)	0,84678	-0,36828	-0,23039	0,11104	-0,14697	0,939676	4 1	-0,3382	-0,96412	-0,85992	0,0654	-0,77912
(0,5) - (1)	0,78829	-0,43786	-0,23272	0,1354	-0,13003	0,902522	4 2	1,92763	-0,17343	-0,48222	-0,24609	-0,36838
(1) - (2)	0,79483	0,18727	-0,04481	0,42243	-0,10564	0,85844	6	1,189	-0,65461	0,57937	-0,0286	-0,68031
(2) - (3)	0,44846	-0,14756	0,5145	0,63095	-0,07002	0,890601	7 α	-1,48666	-1,56454	-1,20029	0,32626	-0,92292
(3) - (4)	-0,16308	-0,08848	0,86559	0,21524	-0,06073	0,833686	7 1	0,16599	-1,66057	-0,82005	0,24624	3,35557
(4) - (4,5)	-0,2609	-0,0454	0,87569	-0,2079	-0,00748	0,880221	7 2	0,48814	-0,43336	-0,73553	0,10669	0,36436
(4,5) - (5)	-0,10267	0,17049	0,79853	-0,1588	0,15506	0,726532	8 α	0,73259	-0,51812	-0,99177	-0,2082	-0,60572
(5) - (5,5)	-0,39755	0,3461	0,49762	0,15219	0,1422	0,56884	8 1	2,50051	0,32757	-0,40731	-0,40601	0,3357
(5,5) - (6)	-0,19387	0,39119	0,36801	-0,6621	0,16841	0,792825	8 2	0,7658	-0,03028	-0,73412	-0,06467	-0,48481
(6) - (7)	-0,22996	0,1932	0,0583	-0,1206	0,93225	0,977248	9	2,38201	0,87823	0,52704	2,83599	-0,05485
(7) - (8)	-0,4689	0,78004	0,00267	-0,1911	0,25352	0,929144	10 1	-0,70164	0,18816	0,02622	-0,54164	1,1772
(8) - (9)	-0,37684	0,8253	-0,02826	0,07907	0,11827	0,844167	10 2	-0,14349	0,51246	0,39947	-2,54597	-0,23418
(9) - (10)	-0,30771	0,84198	-0,06281	-0,2656	-0,10082	0,88829	11 1	-0,10846	0,86526	1,1681	-2,32027	-1,33332
> 10	-0,31037	0,699	0,04839	-0,4581	0,23402	0,851911	11 2	-0,39156	1,05275	-0,17397	-0,58611	0,40642
							12 1	-1,1828	-0,74199	2,63778	0,83622	-0,16453
							12 2	-0,86246	-0,4268	2,7976	1,66167	-0,02716
							12 3	-0,78096	2,26211	-0,965	0,67261	-0,99721
							13 1	-0,88709	1,73941	-0,89701	0,7919	0,02322
							13 2	-0,73782	0,39331	-0,58969	0,01309	2,24694
							14	0,42738	-0,5369	-0,38243	0,17401	-0,47319
							15 1	-0,85485	2,18189	-0,75989	1,25464	-0,6036
							15 2	-0,39736	0,39705	0,37459	-1,44211	0,4021
							16 1	-0,90337	-1,46005	-0,68289	0,17154	-0,8671
							16 2	-0,8947	0,62839	-0,0165	0,26866	1,51888
							16 3	-0,33418	0,92374	0,17197	-0,53968	1,05918
							17 1	0,55689	0,17536	1,66723	-0,11353	0,279
							17 2	-0,31072	0,01847	0,64457	-0,00944	-0,49558
							18 1	0,79031	-0,26043	0,95911	-0,62388	0,55225
							18 2	0,36246	-0,77317	0,2863	-0,56859	-0,51625

Πίνακας των φορτίσεων

## Q -analysis with two factors

## FORTISIS

δείγματα	1ος παραγ.	2ος παραγ.	κ.παρ. δια
1	0,98378	-0,15367	0,991438
2	0,99472	-0,06496	0,993688
3	0,99327	0,06116	0,990326
4 1	0,99477	-0,07583	0,995318
4 2	0,9897	-0,10849	0,991276
6	0,92729	-0,21947	0,908034
7 α	0,99105	-0,10423	0,993044
7 1	0,8636	-0,09237	0,754337
7 2	0,98821	0,07127	0,981638
8 α	0,98956	-0,09753	0,988741
8 1	0,97881	0,03584	0,959354
8 2	0,98993	0,06941	0,984779
9	0,91959	-0,2625	0,914552
10 1	0,03408	0,95384	0,910972
10 2	-0,0428	0,91855	0,845566
11 1	-0,06001	0,90955	0,830882
11 2	-0,01574	0,98998	0,980308
12 1	-0,13655	0,32231	0,12253
12 2	-0,13622	0,13794	0,037583
12 3	-0,05848	0,90854	0,828865
13 1	-0,04453	0,95973	0,923065
13 2	-0,02165	0,94023	0,884501
14	0,99389	-0,09407	0,996666
15 1	-0,07665	0,87579	0,772883
15 2	-0,01772	0,9826	0,965817
16 1	0,98573	-0,13481	0,989837
16 2	-0,06875	0,93436	0,877755
16 3	-0,05773	0,97375	0,951522
17 1	0,20825	0,80816	0,696491
17 2	0,87724	0,40638	0,934695
18 1	0,83716	0,45696	0,909649
18 2	0,99261	-0,07946	0,991589

## FACTOR VALUES

τάξεις (Φ)	1ος παραγ.	2ος παραγ.
<-1	3,80731	-0,58468
(-1) - (-0,5)	-0,12126	-0,74738
(-0,5) - (0)	-0,2897	-0,7617
(0) - (0,5)	-0,29625	-0,7629
(0,5) - (1)	-0,37001	-0,76655
(1) - (2)	-0,2732	-0,75558
(2) - (3)	-0,26799	-0,70088
(3) - (4)	-0,18079	0,09104
(4) - (4,5)	-0,37726	-0,34355
(4,5) - (5)	-0,36612	-0,36726
(5) - (5,5)	-0,3513	-0,22383
(5,5) - (6)	-0,35827	0,02355
(6) - (7)	-0,07371	0,72472
(7) - (8)	-0,30038	1,03727
(8) - (9)	-0,31893	0,5285
(9) - (10)	-0,29641	0,46631
> 10	0,43427	3,14291

## Q -analysis with three factors

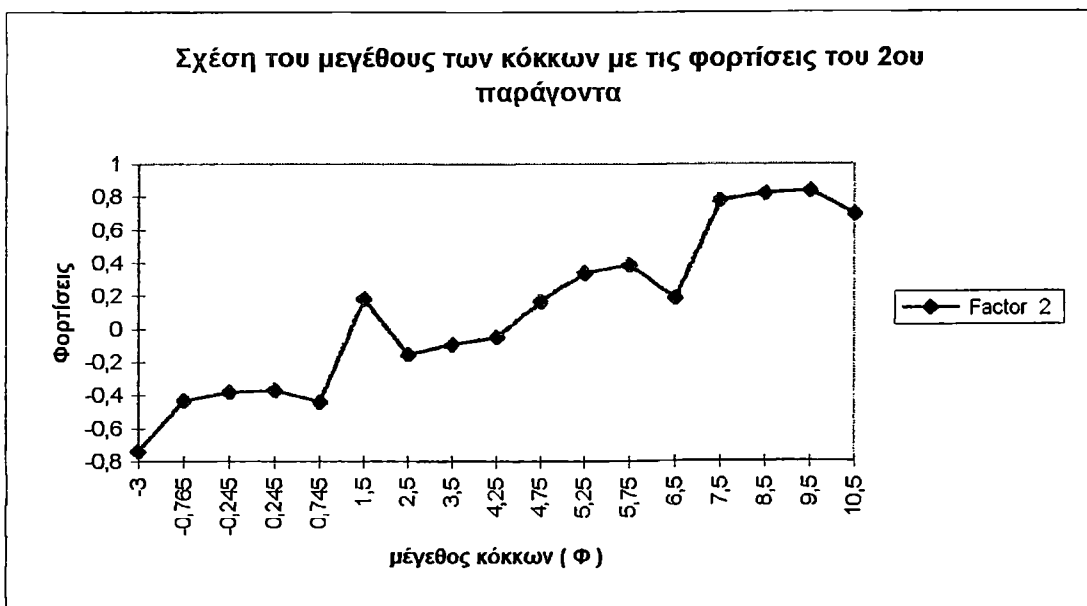
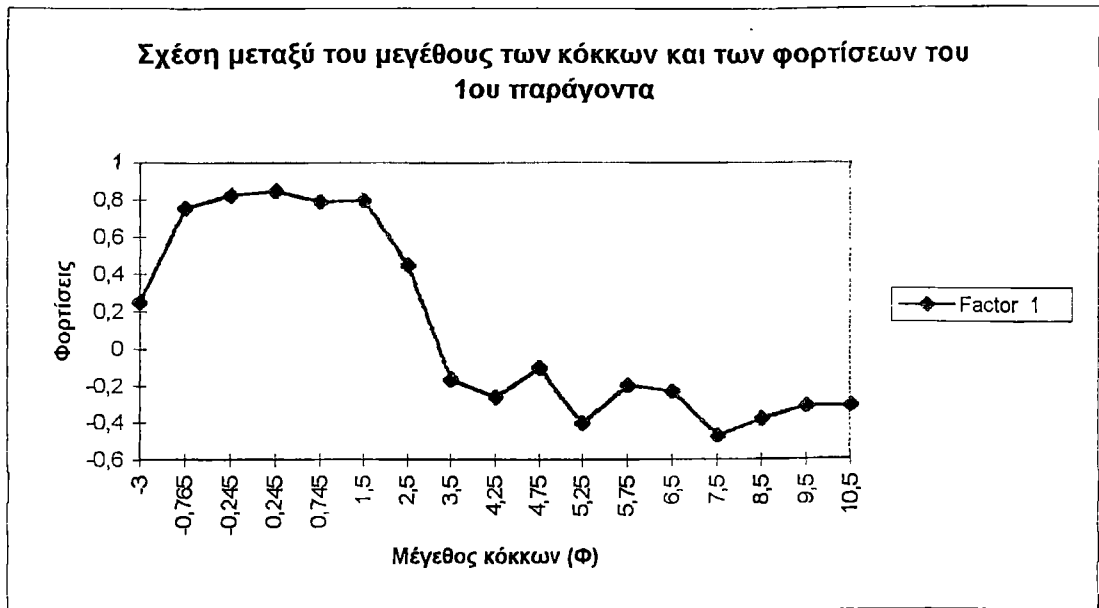
## φόρτιση

δείγματα	Factor 1	Factor 2	Factor	κ.παρ.δια.
1	0,98485	-0,14337	-0,03177	0,991494
2	0,99587	-0,05873	0,01041	0,995315
3	0,99097	0,07816	-0,07963	0,994471
4 1	0,99443	-0,06214	-0,05727	0,996032
4 2	0,9892	-0,09271	-0,07817	0,993222
6	0,93534	-0,23953	0,2336	0,986804
7 α	0,99099	-0,09072	-0,05751	0,993599
7 1	0,86407	-0,08292	-0,02932	0,754352
7 2	0,9861	0,08692	-0,06729	0,984476
8 α	0,98853	-0,07975	-0,09569	0,992708
8 1	0,97621	0,0552	-0,10322	0,966687
8 2	0,98744	0,08692	-0,08396	0,989642
9	0,92201	-0,25445	-0,0221	0,915336
10 1	0,02562	0,95311	0,06155	0,912863
10 2	-0,04966	0,91116	0,11409	0,845695
11 1	-0,06592	0,89793	0,15049	0,833271
11 2	-0,02522	0,99209	0,0345	0,986069
12 1	-0,11725	0,217	0,9555	0,973817
12 2	-0,11463	0,02979	0,97093	0,956733
12 3	-0,06947	0,92075	-0,06391	0,856691
13 1	-0,05575	0,971	-0,05159	0,948611
13 2	-0,03101	0,9438	0,01822	0,892052
14	0,99399	-0,08166	-0,0469	0,996884
15 1	-0,08626	0,8828	-0,02013	0,787182
15 2	-0,02563	0,97761	0,09776	0,965935
16 1	0,98654	-0,1241	-0,03432	0,98984
16 2	-0,07873	0,94066	-0,01001	0,89114
16 3	-0,06741	0,97708	0,01972	0,959618
17 1	0,21044	0,76535	0,44429	0,827439
17 2	0,87417	0,41126	0,04024	0,934927
18 1	0,83885	0,43702	0,26358	0,96413
18 2	0,99382	-0,0729	0,00652	0,993035

## FACTOR VALUES WITH 3 FACTORS

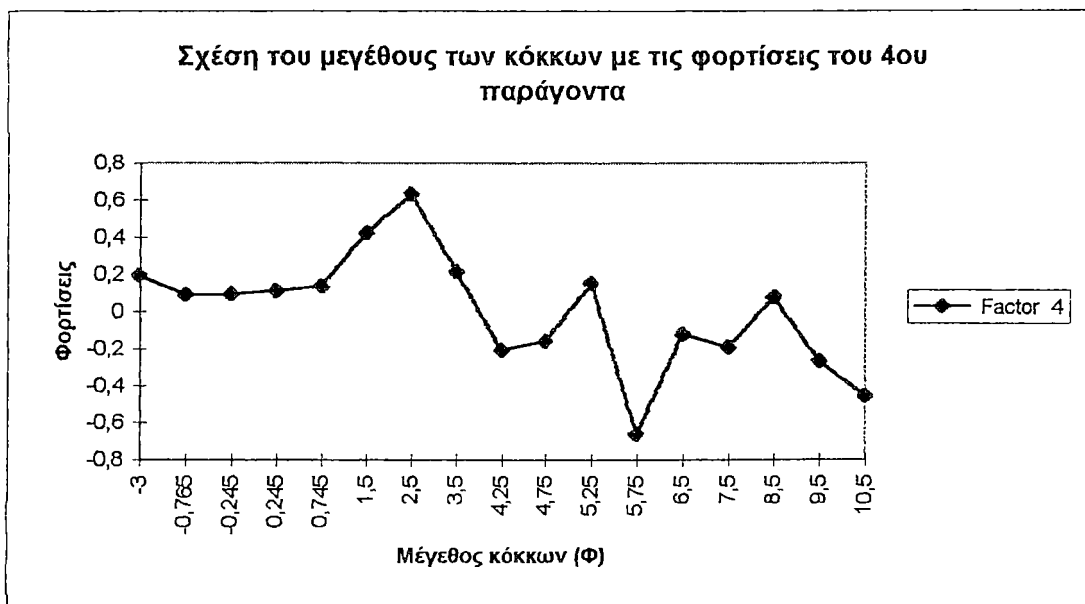
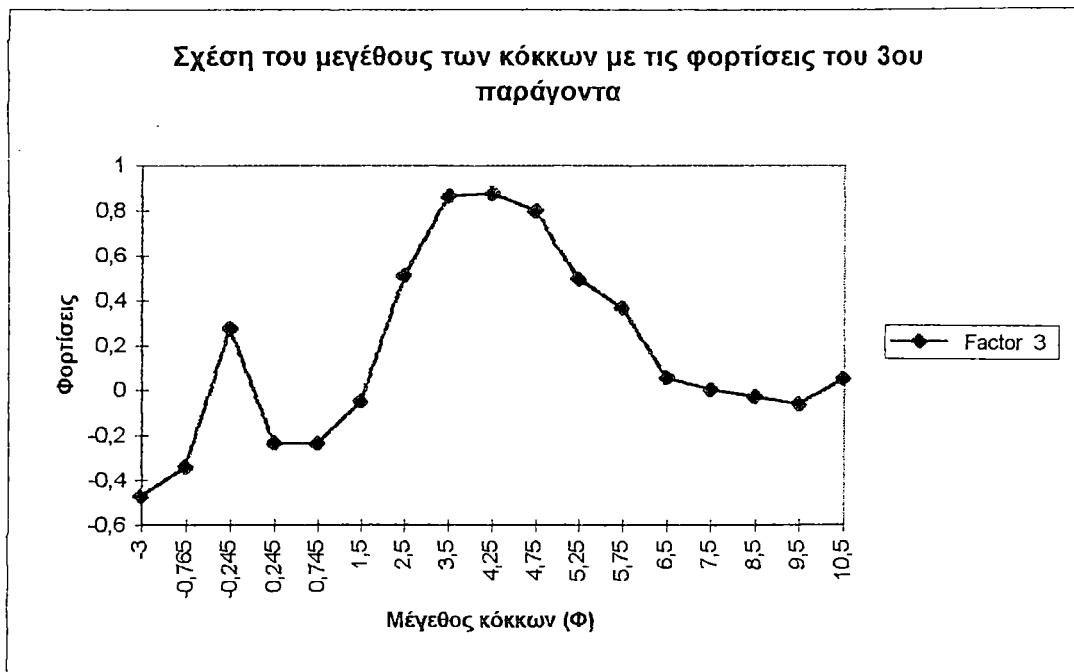
τάξεις (Φ)			
<-1	3,80956	-0,53648	-0,19776
(-1) - (-0,5)	-0,12764	-0,68672	-0,59544
(-0,5) - (0)	-0,29594	-0,70262	-0,59385
(0) - (0,5)	-0,30232	-0,70465	-0,58695
(0,5) - (1)	-0,37623	-0,70803	-0,59478
(1) - (2)	-0,27782	-0,70419	-0,5232
(2) - (3)	-0,25324	-0,74248	0,31668
(3) - (4)	-0,09556	-0,31352	3,63164
(4) - (4,5)	-0,36336	-0,39735	0,4384
(4,5) - (5)	-0,36168	-0,37569	0,02987
(5) - (5,5)	-0,34796	-0,23306	0,04602
(5,5) - (6)	-0,36304	0,04168	-0,18699
(6) - (7)	-0,07775	0,71209	0,14836
(7) - (8)	-0,32116	1,08771	-0,41771
(8) - (9)	-0,33404	0,57391	-0,40184
(9) - (10)	-0,31619	0,53641	-0,62576
> 10	0,40435	3,15298	0,1133

## Γραφήματα παραγοντικής



Οι φορτίσεις του 5-μελούς παραγοντικού μοντέλου, σε συνάρτηση με μέσο μέγεθος των κόκκων.

## Γραφήματα παραγοντικής



Οι φορτίσεις του 5-μελούς παραγοντικού μοντέλου, σε συνάρτηση με μέσο μέγεθος των κόκκων.



Γραφήματα παραγοντικής



Οι φορτίσεις του 5-μελούς παραγοντικού μοντέλου, σε συνάρτηση με μέσο μέγεθος των κόκκων.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

*Συνολική παρουσίαση των ηχογραφιών του Ηχοβολιστή  
Πλευρικής Σάρωσης.*



































































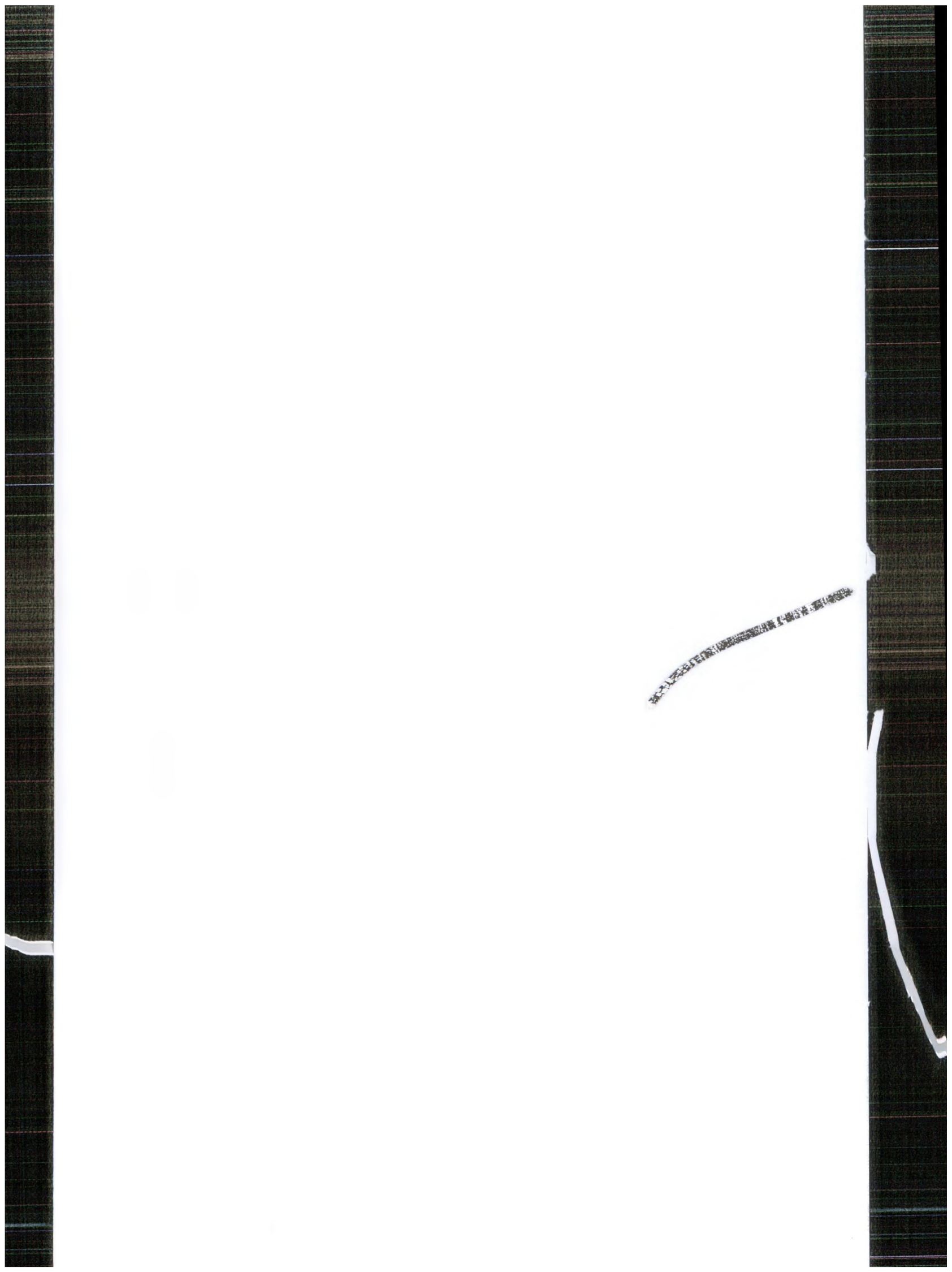




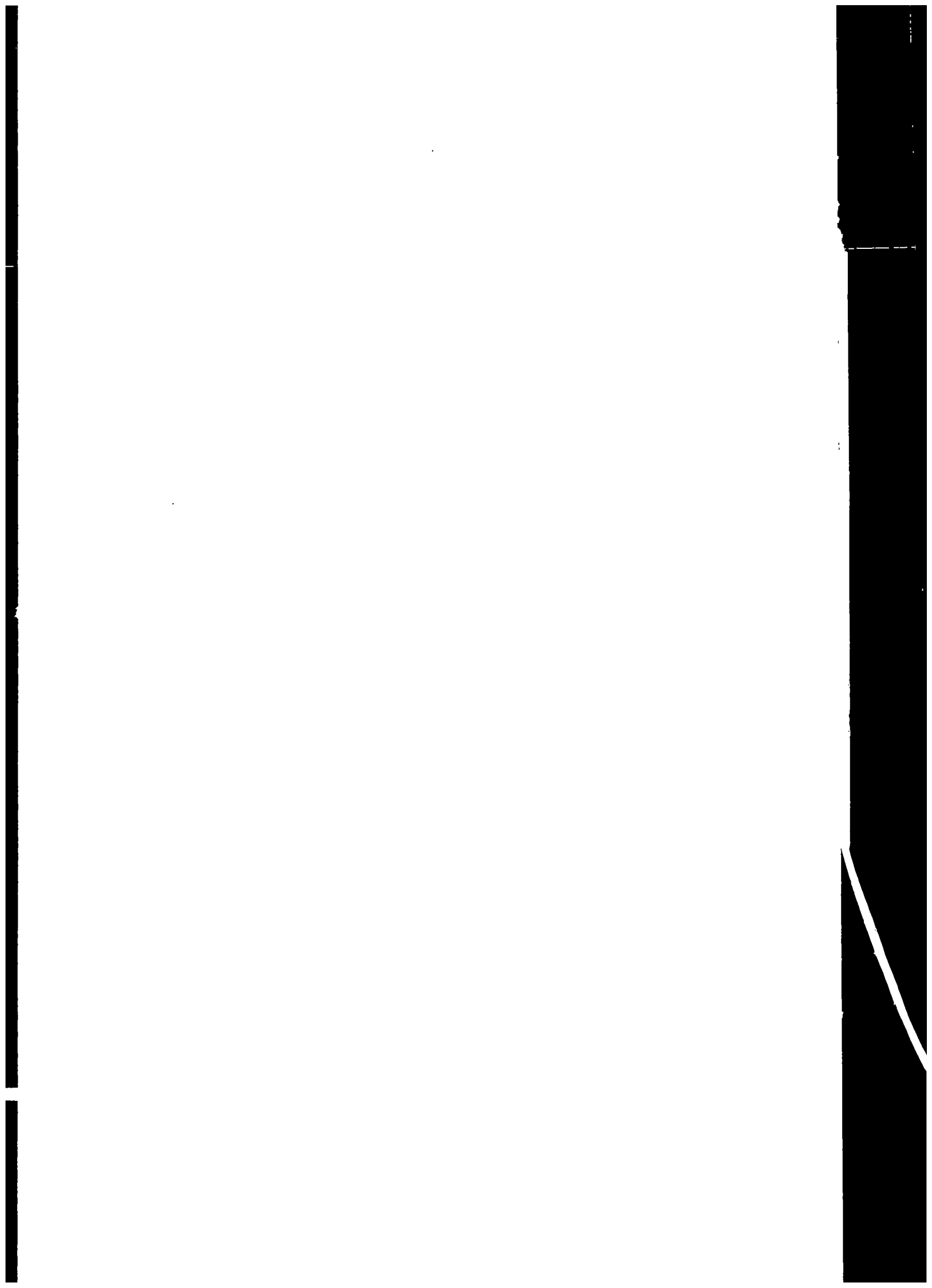


















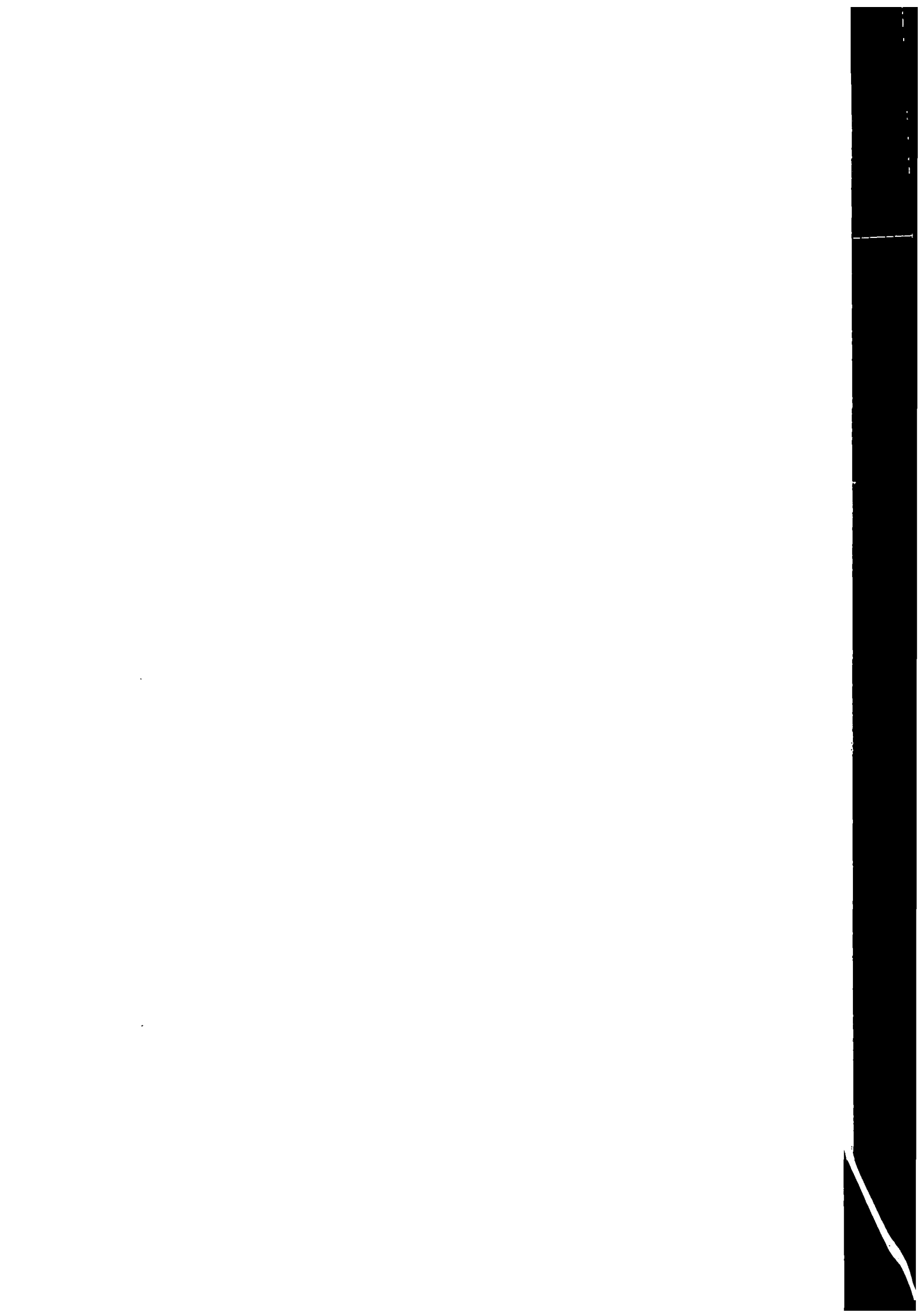














## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Krumbein, W. C. and Sloss, L. L., *Stratigraphy and Sedimentation*, Freeman and Co., San Francisco, 1963, 660 pp.
2. Walling, D. E. and Moorehead, P. W., The particle size characteristics of fluvial suspended sediments: an overview, *Hydrobiologia*, 176/177, 125, 1989.
3. Gregory, K. J. and Walling, D. E., *Drainage Basin Form and Process: A Geomorphological Approach*, Edward Arnold, London, 1985, 458 pp.
4. Grobler, D. C., Toerien, D. F., and Roussouw, J. N., A review of sediment/water-quality interactions with particular reference to the Vaal River system, *Water SA*, 13, 15, 1987.
5. Sly, P. G., Thomas, R. L., and Pelletier, B. R., Comparison of sediment energy-texture relationships in marine and lacustrine environments, *Hydrobiologia*, 91, 71, 1982.
6. CERC [U.S. Army Coastal Engineering Research Center], *Shore Protection Manual*, Vol. 1, Department of the Army Corps of Engineers, Washington, D.C., 1984, chap. 4.
7. Sly, P. G., Sediment dispersion: Part 2. Characterization by size of sand fraction and percent mud, *Hydrobiologia*, 176/177, 111, 1989.
8. Nakata, K., A simulation of the process of sedimentation of suspended solids in the Yoshii Estuary, *Hydrobiologia*, 176/177, 431, 1989.
9. Ferretti, O., Niccolai, I., Bianchi, C. N., Tucci, S., Morri, C., and Veniale, F., An environmental investigation of a marine coastal area: Gulf of Gaeta (Tyrrhenian Sea), *Hydrobiologia*, 176/177, 171, 1989.
10. Arakel, A. V., Hill, C. M., Poirevich, J., and Connor, T. B., Hydro-sedimentology of the Johnstone River Estuary, *Hydrobiologia*, 176/177, 51, 1989.
11. Petts, G. E., *Historical Change of Large Alluvial Rivers: Western Europe*, Wiley, Chichester, U.K., 1989.
12. Hakanson, L., The Swedish Coastal Zone Project: Sediment types and morphometry, in *Sediments and Water Interactions*, Sly, P. G., Ed., Springer-Verlag, New York, 1986, chap. 4.
13. Damiani, V., Ambrosano, E., DeRosa, S., DeSimone, R., Ferretti, O., Izzo, G., and Zurlini, G., Sediments as a record of the input dispersal and settling process in a coastal marine environment, in *Sediments and Water Interactions*, Sly, P. G., Ed., Springer-Verlag, New York, 1986, chap. 2.
14. Santschi, P., Radionuclides as tracers for sedimentation and remobilization processes in the ocean and in lakes, in *Sediments and Water Interactions*, Sly, P. G., Ed., Springer-Verlag, New York, 1986, chap. 38.
15. Gabrielson, J. O. and Lukatelich, R. J., Wind-related resuspension of sediments in the Peel-Harvey estuarine system, *Estuarine, Coastal Shelf Sci.*, 20, 135, 1985.
16. Anderson, F. E., Resuspension of estuarine sediments by small amplitude waves, *J. Sediment. Petrol.*, 42, 602, 1972.
17. Anderson, F. E., The Effect of Boat Waves on the Sedimentary Processes of a New England Tidal Flat, University of New Hampshire-Jackson Estuarine Laboratory Tech. Rep. No. 1, Office of Naval Research, Arlington, VA, 1974, 38 pp.
18. Anderson, F. E., The Short Term Variation in Suspended Sediment Concentration Caused by the Passage of a Boat Wave Over a Tidal Flat Environment, University of New Hampshire-Jackson Estuarine Laboratory Tech. Rep. No. 2 (Final), Office of Naval Research, Arlington, VA, 1975, 40 pp.
19. Jouanneau, J. M. and Latouche, C., Estimation of fluxes to the ocean from mega-tidal estuaries under moderate climates and the problems they present, *Hydrobiologia*, 91, 23, 1982.
20. Santschi, P. H., Nyffeler, U. P., Li, Y.-H., and O'Hara, P., Radionuclide cycling in natural waters: Relevance of scavenging kinetics, in *Sediments and Water Interactions*, Sly, P. G., Ed., Springer-Verlag, New York, 1986, chap. 17.
21. Young, T. C. and Comstock, W. G., Direct effects and interactions involving iron and humic acid during the formation of colloidal phosphorus, in *Sediments and Water Interactions*, Sly, P. G., Ed., Springer-Verlag, New York, 1986, chap. 40.
22. Twinch, A. J., Ashton, P. J., Thornton, J. A., and Chutter, F. M., A comparison of phosphorus concentrations in Hartbeespoort Dam predicted from phosphorus loads derived near the impoundment and in the upper catchment area, *Water SA*, 12, 51, 1986.
23. Boyer, J. N., Stanley, D. W., Christian, R. R., and Rizzo, W. M., Modulation of nitrogen loading impacts within an estuary, in *Proc. Symp. Coastal Water Resources*, Lyke, W. L. and Hoban, T. J., Eds., American Water Resources Association Technical Publications Series No. TPS-88-1, AWRA, Bethesda, MD, 1988, 165.
24. Stumm, W. and Morgan, J. J., *Aquatic Chemistry: An Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters*, Wiley-Interscience, New York, 1970, 583 pp.
25. Lofgren, S., Phosphorus Retention in Sediments — Implications for Aerobic Phosphorus Release in Shallow Lakes, Ph.D. thesis, Institute of Limology, University of Uppsala, Sweden, 1987.
26. Floderus, S. and Hakanson, L., Resuspension, ephemeral mud blankets and nitrogen cycling in Laholmsbukten, south east Kattegat, *Hydrobiologia*, 176/177, 61, 1989.
27. Nixon, S. W., Remineralization and nutrient cycling in coastal marine systems, in *Estuaries and Nutrients*, Neilson, B. J. and Cronin, L. E., Eds., Humana Press, Clifton, NJ, 1981, 3.
28. McComb, A. J. and Lukatelich, R. J., Inter-relationships between biological and physicochemical factors in a database for a shallow estuarine system, *Environ. Monit. Assess.*, 14, 223, 1990.
29. Davies, B. R., Stuart, V., and deVilliers, M., The filtration activity of a serpulid polychaete population (*Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel) [sic] and its effect on water quality in a coastal marina, *Estuarine, Coastal Shelf Sci.*, 29, 613, 1989.
30. Lavery, P. S. and McComb, A. J., Macroalgal-sediment nutrient interactions and their importance to macroalgal nutrition in a eutrophic Estuary, *Estuarine, Coastal Shelf Sci.*, 32, 281, 1991.



31. Lukatefich, R. J. and McComb, A. J., Distribution and abundance of benthic microalgae in a shallow southwestern Australian estuarine system, *Mar. Ecol. — Prog. Ser.*, 27, 287, 1986.
32. Millis, N. F., Microorganisms and the aquatic environment, *Hydrobiologia*, 176/177, 355, 1988.
33. Wetzel, R. G., *Limnology*, W.B. Saunders, Philadelphia, 1975. chap. 11.
34. Pagnotta, R., Blundo, C. M., LaNoce, T., Pettine, M., and Puddu, A., Nutrient remobilization processes at the Tiber River mouth (Italy), *Hydrobiologia*, 176/177, 297, 1989.
35. Callender, E., Benthic phosphorus regeneration in the Potomac River Estuary, *Hydrobiologia*, 92, 431, 1982.
36. Thornton, J. A., The Distribution of Reactive Silicate in the Piscataqua River Estuary of New Hampshire—Maine, M.Sc. thesis. University of New Hampshire, Durham, NH, 1976.
37. Chapman, P., Nutrient cycling in marine systems, *J. Limnol. Soc. South. Afr.*, 12, 22, 1986.
38. Mortimer, C. H., The exchange of dissolved substances between mud and water in lakes (Parts I and II), *J. Ecol.*, 29, 280, 1941.
39. Mortimer, C. H., The exchange of dissolved substances between mud and water in lakes (Parts III, IV, Summary and References), *J. Ecol.*, 30, 147, 1942.
40. Ryding, S.-O. and Forsberg, C., Sediments as a nutrient source in shallow, polluted lakes, in *Interactions Between Sediments and Fresh Waters*, Golterman, H. L., Ed., Dr. W. Junk Publishers, The Hague, 1977, 227.
41. Twinch, A. J., Phosphate exchange characteristics of wet and dried sediment samples from a hypertrophic reservoir: implications for the measurement of sediment phosphorus status, *Water Res.*, 21, 1225, 1987.
42. Nixon, S. W., Oviatt, C. A., Frithsen, J., and Sullivan, B., Nutrients and productivity of estuarine and coastal marine ecosystems, *J. Limnol. Soc. South. Afr.*, 12, 43, 1986.
43. Carignan, R., An empirical model to estimate the relative importance of roots in phosphorus uptake by aquatic macrophytes, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39, 243, 1981.
44. Hart, B. T., Uptake of trace metals by sediments and suspended particulates: A review, *Hydrobiologia*, 91, 299, 1982.
45. El Ghobary, H. and Latouche, C., A comparative study of the partitioning of certain metals in sediments from four near-shore environments of the Aquitaine coast (southwest France), in *Sediments and Water Interactions*, Sly, P. G., Ed., Springer-Verlag, New York, 1986, chap. 10.
46. Fernex, F. E., Span, D., Flatau, G. N., and Renard, D., Behavior of some metals in surficial sediments of the northwest Mediterranean continental shelf, in *Sediments and Water Interactions*, Sly, P. G., Ed., Springer-Verlag, New York, 1986, chap. 30.
47. Sadiq, M., Nickel sorption and speciation in a marine environment, *Hydrobiologia*, 176/177, 225, 1989.
48. Chakraborti, D., van Cleuvenbergen, R. J. A., and Adams, F. C., Ionic alkyllead compounds in environmental water and sediments, *Hydrobiologia*, 176/177, 151, 1989.
49. Nakanishi, H., Ukita, M., Sekino, M., and Murakami, S., Mercury pollution in Tokuyama Bay, *Hydrobiologia*, 176/177, 197, 1989.
50. Forstner, U., Ahlf, W., Calmano, W., Kersten, M., and Salomons, W., Mobility of heavy metals in dredged harbor sediments, in *Sediments and Water Interactions*, Sly, P. G., Ed., Springer-Verlag, New York, 1986, chap. 31.
51. Lyngby, J. E. and Brix, H., Heavy metals in eelgrass (*Zostera marina* L.) during growth and decomposition, *Hydrobiologia*, 176/177, 189, 1989.
52. Malone, L. A., *Environmental Regulation of Land Use*, Clark, Boardman, Callaghan, New York, 1992, chap. 2.
53. Chapman, P. and Thornton, J. A., Nutrients in aquatic ecosystems: An introduction to similarities between freshwater and marine ecosystems, *J. Limnol. Soc. South. Africa*, 12, 2, 1986.
54. Luoma, S. N., Can we determine the biological availability of sediment-bound trace elements?, *Hydrobiologia*, 176/177, 379, 1989.
55. Ryding, S.-O. and Rast, W., *The Control of Eutrophication of Lakes and Reservoirs*, UNESCO Man and the Biosphere Series, Vol. 1, Parthenon Publishing, Carnforth, U.K., 1989, chap. 9.
56. Olem, H. and Flock, G., *The Lake and Reservoir Restoration Guidance Manual*, U.S. Environmental Protection Agency Rep. No. EPA-440/4-90-006, Washington, D.C., 1990.
57. Dick, R., *Potamogeton pectinatus* standing crop in Zandvlei Report to the Inland Waters Management Team, City Engineer's Department, Scientific Services Branch, Cape Town, 1988.
58. CERC [U.S. Army Coastal Engineering Research Center], *Shore Protection Manual*, Vol. 2, Department of the Army-Corps of Engineers, Washington, D.C., 1984, chap. 6.
59. Schleyer, M. H., Decomposition in estuarine ecosystems, *J. Limnol. Soc. South. Afr.*, 12, 90, 1986.
60. Thornton, J. A. and Rast, W., A test of hypotheses relating to the comparative limnology and assessment of eutrophication in semi- and man-made lakes, in *Comparative Reservoir Limnology and Water Quality Management*, Straskraba, M. L., Tundisi, J., and Duncan, A., Eds., Kluwer, The Hague, 1993, chap. 1.

61. Αλεξανδροπούλου Π. Σταυρούλα. Διδακτορική διατριβή στο τμήμα γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών. Γεωχημεία παράκτιων ιζημάτων (Ιθάκη - Κεφαλονιά - Αστακός).1991.
62. Παπαθεοδώρου Σ. Γιώργος. Εργαστηριακές ασκήσεις στην Χημική Ωκεανογραφία Ι. ΤΕΙ Μεσολογγίου 1990.
63. Παπαθεοδώρου Σ. Γιώργος. Γεωλογία Περιβάλλοντος. Πανεπιστήμιο Πατρών 1999.
64. Παπαθεοδώρου Σ. Γιώργος - Χασιώτης Θ. - Φερεντίνος Γ. Βαρυτικές διεργασίες μεταφοράς ιζημάτων και ανάλυση ευστάθειας πρανών στη λεκάνη του στενού της Ζακύνθου.1997
65. Ξένος Κωνσταντίνος. Εργαστηριακές & Θεωρητικές σημειώσεις Χημικής Ωκεανογραφίας Ι & ΙΙ ΤΕΙ Μεσολογγίου 1997.
66. Χάτος Γεώργιος. Σημειώσεις Θεωρίας στο μάθημα Υδατοκαλλιέργειες Ιχθύων Θαλάσσιες & Υφαμύρων Υδάτων. ΤΕΙ Μεσολογγίου 1997.
67. Εθνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (Ε.Κ.Θ.Ε). Μελέτη - προστασία & αλιευτική αξιοποίηση της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου - Αιτωλικού. Σπύρος Κλαυδάτος & συνεργάτες 1984.
68. Αλιμπανάκης Κ- Ψιλοβίκος Α - Βουβαλίδης Κ - Παλικαρίδης Χ. Η ευξείνική λεκάνη του Αιτωλικού σε σχέση με τη λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου. Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου 1995.
69. Ερευνητική Ομάδα Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης - Μελέτη ΥΠΕΧΩΔΕ 1996.
70. Ντασσανάκης Μ - Κρασακοπούλου Ε - Ματζάρα Β, Πανεπιστήμιο Αθηνών (τμήμα χημείας). Χημικά χαρακτηριστικά στη λεκάνη του Αιτωλικού μετά από την οικολογική διαταραχή του Νοεμβρίου του '90. 1994.
71. J.A. Thornton, A. J. McComb & S. - O. Ryding. Περιβάλλοντα εστούρας & λιμνοθαλασσών 1994.
72. J.Brown, A. Colling, D. Park, J. Phillips, D. Rothery, J. Wright. Θαλάσσιο νερό : Σύνθεση Ιδιότητες & Συμπεριφορά. Open University 1989 & 1991.
73. J. E. Klovon. Η χρήση της παραγοντικής ανάλυσης στον καθορισμό των περιβαλλόντων απόθεσης από την κατανομή των μεγεθών των κόκκων. Journal of Sedimentary Petrology Vol 36 1966.
74. Ρυθασόπουλος Γ. & Βαϊτσας Γ. Ιζήματα στη λιμνοθάλασσα του Πάπια. Πτυχιακή Εργασία ΤΕΙ Μεσολογγίου 1997.
75. Μελέτη Χατζιδάκη 1952. Λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου - Αιτωλικού.
76. Λεονάρδος Ι. & Σίνης Ι. Αιτωλικό 1999.
77. Σκουλός Μιχάλης. Ο ψευδόργωρος στο θαλάσσιο νερό & τα ιζήματα 1981.
78. Βουτσινού - Ταλιαδούρη Φανή. Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων σε επιφανειακά δύο συμπλεγμάτων λιμνοθαλασσών (Μεσολογγίου & Αμβρακικού). Συνέδριο Περιβαλλοντικής Επιστήμης & Τεχνολογίας Μυτιλήνης 1989.
79. S. Guerzoni, M. Frignani, P. Giordani. Heavy Metals in Sediments from different Environments of a Northern Adriatic Sea Area, Italy. Environ. Geol. Water Vol 6 No 2, p. 111-119, 1984.
80. Καμπέρη Ε.- Αναγνώστου Χ.- Καραγιώργης Α. Τάσεις στην κατανομή των βαρέων μετάλλων στα ιζήματα του κόλπου της Θεσσαλονίκης. ΕΚΘΕ 1997.
81. Βουτσινού - Ταλιαδούρη Φανή. Συμβολή των κατανομών των βαρέων μετάλλων στην εκτίμηση της ποιότητας των θαλάσσιων επιφανειακών ιζημάτων. 1997.
82. Περισωράτης & Κονισπολιάτης. Ζώνες απόθεσης και παράγοντες που επδρούν στην παρουσία Αργιλικών Ορυκτών στα ιζήματα του Μαλιακού Κόλπου και των γύρω διαύλων. ΠΓΜΕ & Ε.Μ.Π 1997.
83. Αναγνώστου Χ.- Καραγιώργης Α.- Σισύλας Α. Διαδικασία Φυσικού εμπλουτισμού σε μέταλλα στον όρμο της Μήλου & Ο δείκτης γεωσυσσώρευσης στα επιφανειακά ιζήματα του Παγασητικού Κόλπου. 1997.
84. Αγγελίδης Μ & Πλούπη Μ. Κατανομή μετάλλων σε πυρήνες ιζημάτων σε παράκτιες περιοχές της Μυτιλήνης. Πανεπιστήμιο Αιγαίου 1997.
85. Καραγιώργης Α. - Λυκοδής Β - Χρόνης Θ. Μελέτη επιφανειακών & υποεπιφανειακών ιζημάτων στην περιοχή του Ηρακλείου.1997.
86. Σουλιάος Γ. Αριθμητική διερεύνηση κυκλοφορίας και μείξης νερού σε ιδεατή εκβολή ποταμού. ΕΘΙΑΓΕ 1997.
87. Πούλος Σ. & Παναγιωτόπουλος Ι. Ο ρόλος των ρευμάτων στην ιζηματογένεση του πυθμένα του Θερμαϊκού κόλπου και του στενού της Ζακύνθου 1997.
88. Παναγιωτόπουλος Ι. & Βούργαρης Γ. Μελέτη του κρίσιμου ορίου διάβρωσης για αμμώδη ιζήματα με προσμίξεις υλός 1997.
89. Belderson R.H, Kenyon N.H, Stride A.H and Stubbs. Sonographs of the sea floor " A picture Atlas " Elsevier Publishing Company, 185pp. 1971.
90. Cesterman W.D. Clynick P.R. and Stride A.H. An acoustic aid to sea bed survey. Acustica 8. 1958.
91. Cholet J. , Fontalen A, and Grau G. Etude du fond de la mer a l'aide d'un sonar lateral. 1968.
92. Fish J.P and H.A. Carr. Sound Underwater Images. 1990.
93. Hopkins J.C. Cathode rade tube display and correction of side -scan sonar signals. 1970.
94. Φερεντίνος Γ. Τεχνική Ωκεανογραφία. (επιμέλεια ασκήσεων Γ. Παπαθεοδώρου). 1985.
95. Davis A. Methane in marine sediments 1992.
96. Fader G. B.J. Gas-related features from the eastern Canadian continental shelf. 1991.
97. Hovland M. and A.G. Judd. Seabed pockmarks and Seepages. 1988.
98. Papatheodorou G. Hasiotis T. and Ferredinos G. Gas-charged sediments in the Aegean and Ionian Seas. Marine Geology 1993
99. Hasiotis T. Papatheodorou G. Kastanos N. and Ferredinos G. A pockmark field in the Patras Gulf (Greece) and it's activation during the 14/7/93 seismic event. Marine Geology 1995.
100. A. Garcia -Garcia, F. Vilas and S. Garcia-Gil. A seeping sea-floor in a Ria environment : Ria de Vigo (NW Spain). Environmental Geology Oct. 1999.