

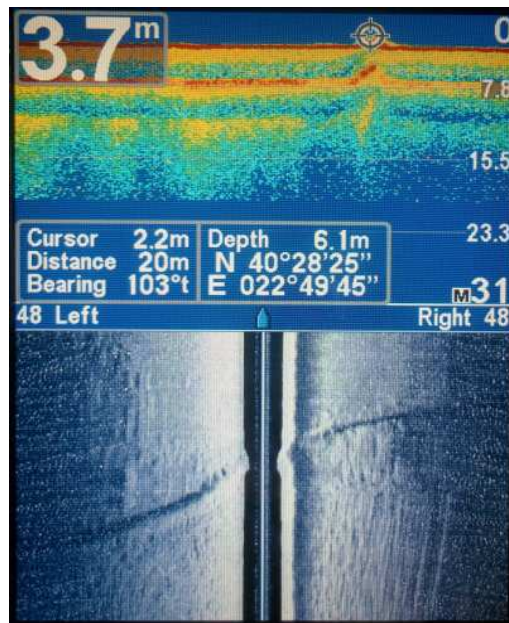
ΟΝΟΜΑ: ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ ΜΑΡΙΑ
Α.Ε.Μ.: 4038

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΑΛΜΠΑΝΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΥ ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**Μορφολογικά χαρακτηριστικά της υποθαλάσσιας παράκτιας
ζώνης στην περιοχή Ακρωτήρι Τούζλας (Νέα Μηχανιώνα -
Θεσσαλονίκη) με τη χρήση πολυδεσμικού σαρωτή:
Καταγραφή του υποθαλάσσιου αγωγού του Βιολογικού
Σταθμού επεξεργασίας λυμάτων «ΑΙΝΕΙΑ»**



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2012

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| Περιεχόμενα..... | 3 |
| Θερμαϊκός Κόλπος | 5 |
| Η Γεωμορφολογία του Θερμαϊκού κόλπου, | 6 |
| Χερσαίο τμήμα του παράκτιου συστήματος του Θερμαϊκού..... | 7 |
| Η ενδοχώρα..... | 8 |
| Το υποθαλάσσιο τμήμα | 9 |
| Η Γεωλογία της παράκτιας ζώνης | 9 |
| Η Γεωμορφολογία της παράκτιας ζώνης | 12 |
| Η Γεωμορφολογία της ευρύτερης περιοχής του Αγγελοχωρίου | 15 |
| Το θαλάσσιο τμήμα του παράκτιου συστήματος..... | 18 |
| Θαλάσσιες μάζες..... | 20 |
| Κινήσεις των θαλάσσιων μαζών | 20 |
| Η δραστηριότητα των κυμάτων | 22 |
| Ο βιολογικός σταθμός επεξεργασίας λυμάτων Αίνεια..... | 23 |
| Βυθομετρία | 26 |
| Στοιχεία διάδοσης του ήχου στο θαλάσσιο περιβάλλον..... | 26 |
| Ηχοβολιστικές Συσκευές/Βυθόμετρα (echo-sounders)..... | 27 |
| Ηχοβολιστικά συστήματα πολλαπλής ηχητικής δέσμης (multi-beam echo-sounders) | 29 |
| Σφάλματα χρησιμοποιώντας ηχοβολιστικά συστήματα πολλαπλής δέσμης | 34 |
| Ιχθυοανιχνευτικά βυθόμετρα (fishing echo-sounders) | 35 |
| Ηχοβολιστικό σύστημα πολλαπλής δέσμης που χρησιμοποιήθηκε | 40 |
| Δέκτης GPS που χρησιμοποιήθηκε | 42 |
| Μεθοδολογία πεδίου..... | 43 |
| Αποτελέσματα:..... | 44 |
| Συμπεράσματα:..... | 65 |

| | |
|----------------------------|----|
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 66 |
| Ξένη Βιβλιογραφία..... | 66 |
| Ελληνική Βιβλιογραφία..... | 67 |
| ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ..... | 68 |

Θερμαϊκός Κόλπος

Ο Θερμαϊκός κόλπος βρίσκεται στο βορειοδυτικό άκρο του Αιγαίου Πελάγους (Εικόνα 1) , αποτελώντας το μεγαλύτερο κόλπο του. Πήρε το όνομά του από την αρχαία πόλη Θέρμη, η οποία βρισκόταν κατά μήκος της ακτής του κόλπου (η Θέρμη αργότερα μετονομάστηκε σε Θεσσαλονίκη). Έχει επιφάνεια 3.500km² που περιορίζεται ανατολικά από τη χερσόνησο της Κασσάνδρας στο πρώτο πόδι της Χαλκιδικής, δυτικά από τα παράλια του νομού Πιερίας, νότια επικοινωνεί με το Αιγαίο, ενώ βόρεια στενεύει για να καταλήξει στην πόλη της Θεσσαλονίκης. Συγκεκριμένα ο Θερμαϊκός κόλπος , αποτελεί το θαλάσσιο τμήμα μιας τεκτονικής τάφρου με κατεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ, που οριοθετείται σε γενικές γραμμές κατά μήκος των δυτικών ακτών της Χαλκιδικής. Βορειοδυτικά του κόλπου, η τάφρος είναι πληρωμένη με προσχώσεις και σχηματίζει την πεδιάδα της Θεσσαλονίκης.

Γενικά ο Θερμαϊκός κόλπος χωρίζεται μορφολογικά σε τρία τμήματα ([http1](http://)):

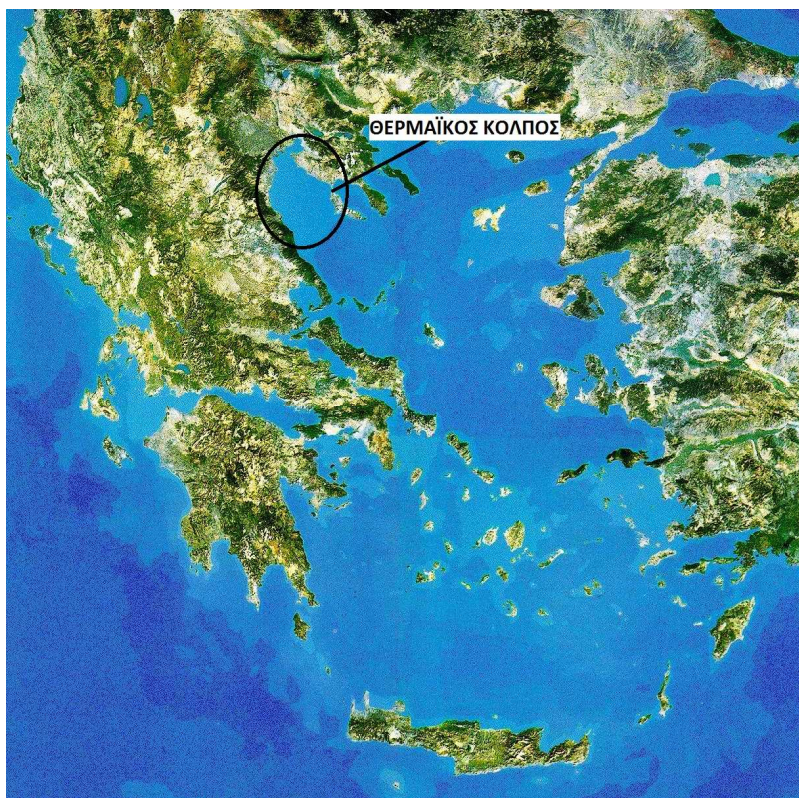
Α) Τον όρμο Θεσσαλονίκης, με νότια όρια τη νοητή γραμμή από το Μικρό έμβολο ή Μικρό Καραμπουρνού (Καραμπουρνάκι) στα ανατολικά μέχρι τις εκβολές του Γαλλικού ποταμού, του αρχαίου Εχεδώρου στην περιοχή της Σίνδου στα δυτικά.

Β) Τον κεντρικό κόλπο, με νότια όρια τη νοητή γραμμή από το ακρωτήριο του Μεγάλου εμβόλου στην αρχαία Αίνεια μέχρι και το δέλτα του Αξιού στα δυτικά.

Γ) Τον εξωτερικό κόλπο ή κυρίως Θερμαϊκό κόλπο, με νότια όρια τη νοητή γραμμή μεταξύ ακρωτηρίου Επανωμής στα ανατολικά και ακρωτηρίου Αθερίδας στα δυτικά.

Πρόκειται λοιπόν για ένα φυσικό λιμάνι με νότια διέξοδο στο Αιγαίο πέλαγος. Το πλάτος ,γενικά, του Θερμαϊκού κυμαίνεται από 5km στην περιοχή της Θεσσαλονίκης, μέχρι 50km στο νοτιότερο τμήμα του. Το μέγιστο βάθος του στον όρμο της Θεσσαλονίκης είναι στα 19m (δυτικά του Μικρού εμβόλου), ενώ το μέγιστο βάθος στον κόλπο της Θεσσαλονίκης αντιστοιχεί στα 29m (δυτικά του Μεγάλου εμβόλου). Κύριο χαρακτηριστικό των περιοχών αυτών είναι οι εκτεταμένες αβαθείς περιοχές(βάθος <5m) στις δυτικές ακτές.

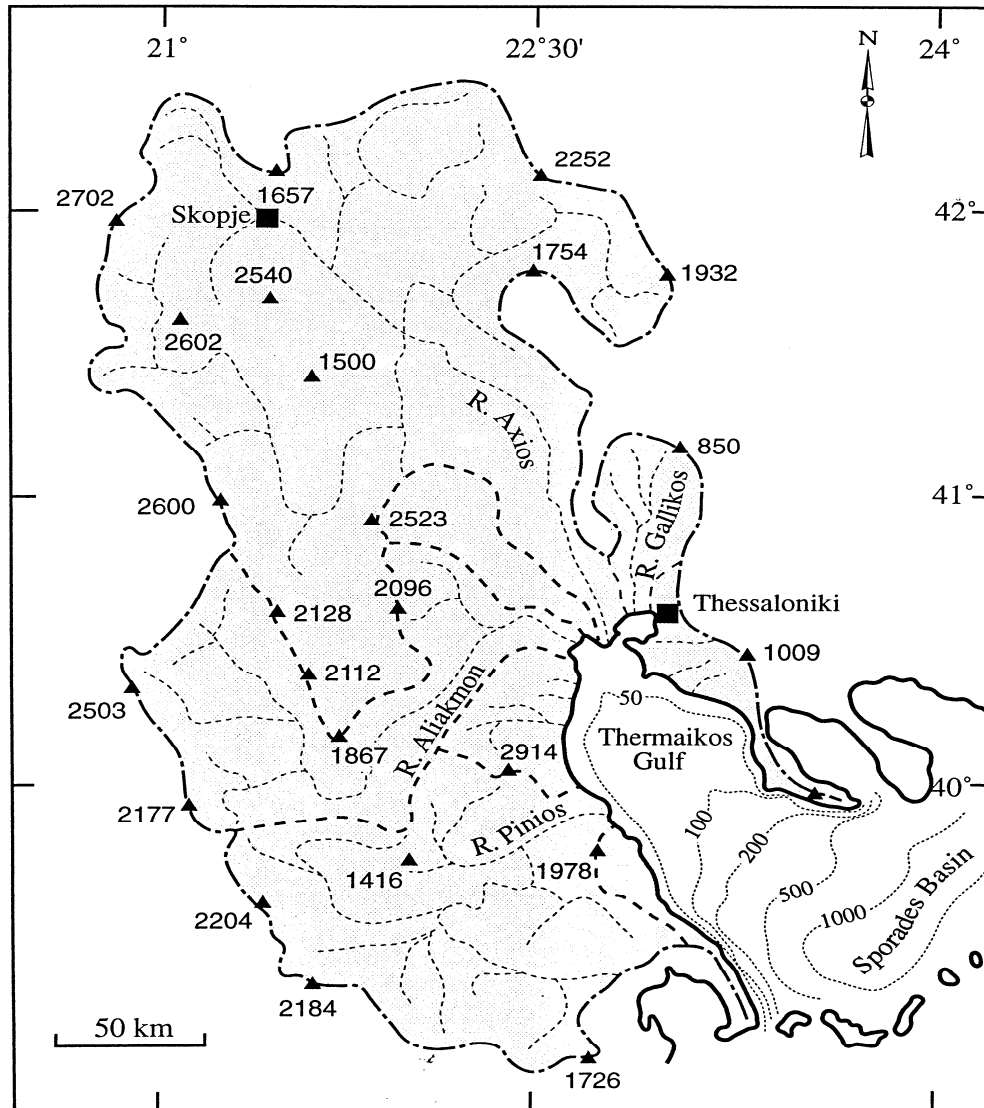
Στον Θερμαϊκό εκβάλλουν οι ποταμοί Αξιός, Αλιάκμονας, Λουδίας, Γαλλικός και Πηνειός, καθώς και αρκετοί μικρότεροι, οι οποίοι τροφοδοτούν το θαλάσσιο περιβάλλον με σημαντική ποσότητα γλυκών υδάτων αλλά και φερτών υλικών, δημιουργώντας έτσι χαρακτηριστικά παράκτια περιβάλλοντα. Έχει διαπιστωθεί ότι ο Θερμαϊκός συνεχώς συρρικνώνεται και ρηχαίνει από τις προσχώσεις των ποταμών. Τα τελευταία χρόνια όμως έχει παρατηρηθεί μείωση του ρυθμού με τον οποίο «κλείνει» ο κόλπος.



Εικόνα 1: Τοποθέτηση του Θερμαϊκού κόλπου στον ελληνικό χώρο. (<http2>)

Η Γεωμορφολογία του Θερμαϊκού κόλπου,

Το παράκτιο σύστημα του Θερμαϊκού κόλπου χωρίζεται σε δύο κύρια υποσυστήματα: α) το επίγειο υποσύστημα και β) το ωκεάνιο υποσύστημα (Εικόνα 2). Το χερσαίο υποσύστημα αποτελείται από την ενδοχώρα και υπό-εναέριο μέρος της παράκτιας ζώνης. Το πρώτο αντιπροσωπεύει κυρίως τις λεκάνες απορροής των ποταμών αποφόρτισης κατά μήκος της ακτογραμμής του Θερμαϊκού κόλπου, ενώ το τελευταίο αποτελείται ως επί των πλείστον από δελταϊκές πεδιάδες, παράκτιες πεδιάδες και απόκρημνους βράχους. Το ωκεάνιο υποσύστημα περιλαμβάνει το εσωτερικό της υφαλοκρηπίδας (<40m) και το εξωτερικό/στο όριο σπασίματος της υφαλοκρηπίδας (40-130m βάθος νερού). (Poulos, Chronis, Collins, Lykousis, 1999)



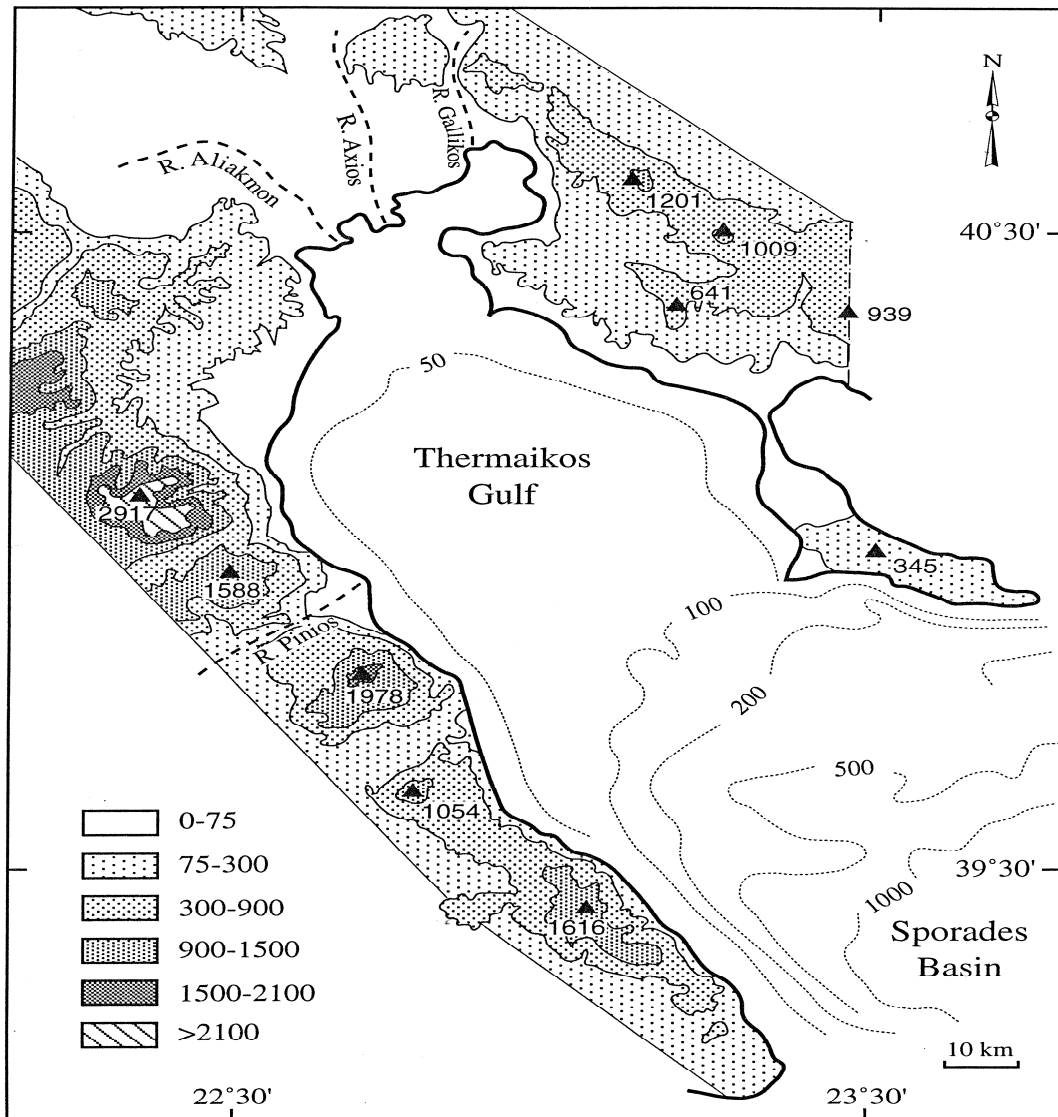
Εικόνα 2: Γεωγραφικός χάρτης που δείχνει το παράκτιο σύστημα του Θερμαϊκού κόλπου, ΒΔ Αιγαίο πέλαγος, ανατολική Μεσόγειος (The Times Atlas of the World, 1994). (υψόμετρα σε μέτρα(m), —·—: χερσαία όρια του παράκτιου συστήματος, ··· : όρια των λεκανών απορροής των ποταμών της περιοχής, - - -: βαθυμετρικά περιγράμματα σε μέτρα (m). (Poulos, Chronis, Collins, Lykousis, 1999).

Χερσαίο τμήμα του παράκτιου συστήματος του Θερμαϊκού

Το χερσαίο υποσύστημα του Θερμαϊκού αποτελείται από I.την ενδοχώρα και II.το υποθαλάσσιο τμήμα της παράκτιας ζώνης. Η ενδοχώρα αποτελείται κυρίως από τις περιοχές των λεκανών των ποταμών και τα προσωρινά ρεύματα αποφόρτισης κατά μήκος της ακτογραμμής του Θερμαϊκού κόλπου. Το υποθαλάσσιο τμήμα της παράκτιας ζώνης, περιλαμβάνει ως επί το πλείστον τις δελταϊκές πεδιάδες των προαναφερθέντων ποταμών, μερικές παράκτιες πεδιάδες χαμηλού ανάγλυφου του ανώτερου Τεταρτογενούς και βραχώδεις περιοχές.

Η ενδοχώρα

Η ενδοχώρα αντιπροσωπεύει περίπου το 85% της συνολικής έκτασης του παράκτιου συστήματος. Τα γεωμορφολογικά και κλιματικά χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής των ποταμών καθορίζουν τις καιρικές συνθήκες και τις ποτάμιες διεργασίες. Αυτά, σε συνδυασμό με τις επικρατούσες θαλάσσιες διεργασίες καθορίζουν τη συνολική μορφολογία της παράκτιας ζώνης.



Εικόνα 3: Γενικευμένη τοπογραφία και βαθυμετρία της παράκτιας ζώνης (δεν περιλαμβάνονται οι λεκάνες απορροής των κυριότερων ποταμών) του Θερμαϊκού κόλπου (βασίζεται σε τοπογραφικό χάρτη (1:500,000), που εκδόθηκε από την Ελληνική Υπηρεσία Στρατού το 1979) και ένας παρακείμενος βυθομετρικός χάρτης (1:50,000).

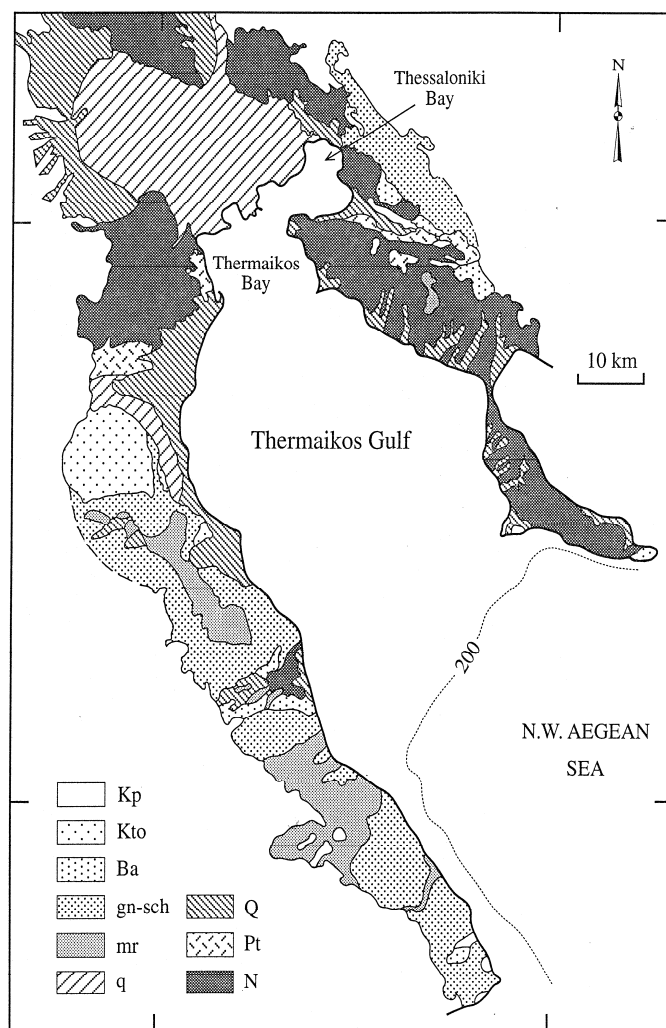
Η γεωλογική δομή του χερσαίου τμήματος του παράκτιου συστήματος του Θερμαϊκού είναι το αποτέλεσμα της Αλπικής τεκτογένεσης, η οποία έληξε στο Μειόκαινο, περίπου 5.1 Ma πριν (McKenzie, 1978). Ο εντατικός τεκτονισμός ενισχυμένος από τις καιρικές συνθήκες έχει δημιουργήσει μία περιοχή ακραίας και πολύπλοκης γεωμορφολογίας με ακανόνιστο ανάγλυφο. Γενικά, η τοπογραφία της ηπειρωτικής ζώνης περιλαμβάνει πολυάριθμα δίκτυα ποταμών. Τα πιο σημαντικά ποτάμια δίκτυα είναι του Αξιού, με το μεγαλύτερο τμήμα του εντός της πρώην Γιουγκοσλαβίας, του Αλιάκμονα στην ηπειρωτική βορειοδυτική Ελλάδα, του Πηνειού στην κεντρική Ελλάδα και μεταξύ των μικρότερων ποταμών, του Γαλλικού (Εικόνα 2).

Το υποθαλάσσιο τμήμα

Η γεωμορφολογία του υποθαλάσσιου τμήματος της παράκτιας ζώνης και οι παραπλήσιες περιοχές φαίνονται στο Σχήμα 3. Η παράκτια-χερσαία περιοχή του Θερμαϊκού κόλπου εκτείνεται σε μεγάλη επιφάνεια, περίπου 2650km² (για υψόμετρα από 0 έως και 75m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας). Το συνολικό μήκος της ακτογραμμής που συσχετίζεται με το σύστημα ξεπερνά τα 350km. Στα δυτικά, κυρίως στα νοτιοδυτικά, η ακτογραμμή περικλείεται από ψηλά βουνά με υψόμετρο πάνω από 2000m. Το ανατολικό τμήμα οριοθετείται από το χαμηλότερο ανάγλυφο, με τοπογραφικά ύψη μεταξύ 300m και 1000m. (Poulos, Chronis, Collins, Lykousis, 1999)

Η Γεωλογία της παράκτιας ζώνης

Το σύστημα του Θερμαϊκού κόλπου αποτελεί το ηπειρωτικό περιθώριο του Αιγαίου πελάγους. Η περιοχή είναι μία πίσω-από-το-τόξο τοποθεσία σε σχέση με την Ελληνική Τάφρο. Γεωλογικά ανήκει στις ζώνες Αξιού και Πελαγονική και αναπτύχθηκε κατά το Τεταρτογενές (1.8Ma έως σήμερα). Η διαμόρφωση της ακτογραμμής είχε ήδη αναπτυχθεί από το Ολόκαινο, ακολουθώντας τον τερματισμό της ανόδου της στάθμης της θάλασσας πριν από περίπου 6000 χρόνια π.Χ. (Piper και Perissoratis, 1991).



Εικόνα 4: Λιθολογία της παράκτιας περιοχής της ζώνης του Θερμαϊκού κόλπου, βασιζόμενη σε ένα γεωτεκτονικό χάρτη που εκδόθηκε από το Ι.Γ.Μ.Ε., 1989.

Q: πρόσφατοι σχηματισμοί, κυρίως αλλουβιακές αποθέσεις, ποτάμιας αποθέσεις, αμμόλοφοι και ηφαιστειογενείς αποθέσεις.

Q1: παράκτιες, ποτάμιας και δελταϊκές αποθέσεις.

Pt: παλιές προσχώσεις, κώνοι κορημάτων κυρίως του Πλειστοκαίνου.

N: μάργες, κυρίως ασβεστόλιθοι, αργιλώδεις μάργες, άμμοι, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή του Νεογενούς και κατά τόπους του Πλειστοκαίνου.

Kp: ασβεστόλιθοι και δολομίτες της Πελαγονικής ζώνης.

Kto: ασβεστόλιθοι της ζώνης Ωλονού-Πίνδου.

Ba: βασικά και υπερβασικά πυριγενή πετρώματα.

Gn: σχιστογενέσιοι, αμφιβολίτες μαζί με κρυσταλλικούς σχιστόλιθους.

Mr: μάρμαρα, κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και σιπολλίνες.

Η γενική λιθολογία της παράκτιας ζώνης του Θερμαϊκού κόλπου και της γύρω περιοχής συνοψίζεται στην Εικόνα 4. Η νότια/νοτιοδυτική ακτογραμμή, μεταξύ των δέλτα των Αλιάκμονα και του Πηνειού αντίστοιχα αποτελείται πρόσφατους τεταρτογενείς σχηματισμούς με αλλουβιακές και ποτάμιας αποθέσεις. Το νοτιότερο τμήμα της δυτικής ακτής αποτελείται από ασβεστόλιθους (κυρίως δολομίτικους), μάρμαρα, γνευσίους, σχιστόλιθους και μεταμορφωμένοι σχιστοειδείς σχηματισμοί, της Πελαγονικής ζώνης του Τριαδικού-Ιουρασικού.

Η ανατολική ακτογραμμή ανήκει στο ανατολικό τμήμα της ζώνης Αξιού και πιο συγκεκριμένα στη ζώνη Παιονίας, αλλά καλύπτεται από παχύ στρώμα Νεογενών και Τεταρτογενών ιζημάτων. Η επικρατούσα σημερινή άποψη είναι ότι η ζώνη της Παιονίας αντιπροσωπεύει τμήμα της παλαιάς ωκεάνιας περιοχής της Τηθύος. Η ζώνη αυτή υπήρξε μία μεσοζωική αύλακα, ενώ προς τα δυτικά υπήρχε το ύβωμα του Πάικου. Η κατωφέρεια του υβώματος προς την αύλακα ονομάστηκε «Υποζώνη Προπαιονίας» και η διάκριση αυτή στηρίχθηκε στην ιδιαίτερη λιθοστρωματογραφική εξέλιξη και λιθολογική σύσταση του

δυτικού αυτού τμήματος της ζώνης συγκριτικά με την «Ανατολική Παιονία» που χαρακτηρίζεται σαν η κύρια αύλακα.

Χαρακτηριστικό γνώρισμα της ζώνης αυτής είναι η λεπιδοειδής τεκτονική. Τα τεκτονικά λείπια έχουν μικρές ή μεγάλες διαστάσεις και σχηματίστηκαν από τις Τριτογενείς φάσεις πτυχώσεων. Η ζώνη διακρίνεται με βάση τα αλπικά της ιζήματα σε επιμέρους ενότητες πετρωμάτων, που ουσιαστικά η κάθε μία αποτελεί ένα μεγαλέπι. Τα μεγαλέπια εμφανίζονται αποκομμένα μεταξύ τους λόγω της γενικής κάλυψης της περιοχής από μεταλικά ιζήματα (Μουντράκης 1985).

Τα ιζήματα αυτά με βάση λιθοστρωματογραφικά και βιοστρωματογραφικά κριτήρια χωρίστηκαν στους σχηματισμούς: Αντωνίου (Κάτω-Μέσο Μειόκαινο-Άνω Μειόκαινο), Τρίγλιας (Άνω Μειόκαινο), Τριλόφου (Ανώτερο Μειόκαινο), Γωνιάς (Πλειόκαινο, Ρουσίνιο) και Μουδανίων (Άνω Πλειόκαινο-Κάτω Πλειστόκαινο) (Συρίδης 1990).

Κατά το Συρίδη (1990) το μέτωπο των παράκτιων αναβαθμίδων στην ευρύτερη περιοχή μελέτης αποτελείται κυρίως από ιζήματα του Σχηματισμού Γωνιάς, ενώ στα ανώτερα τμήματα της αναβαθμίδας καθώς και στο επιφανειακό τμήμα της περιοχής της Νέας Μηχανιώνας εμφανίζεται ο σχηματισμός Μουδανίων.

- Ο Σχηματισμός Γωνιάς πήρε την ονομασία του από το χωριό Νέα Γωνιά, το οποίο είναι κτισμένο επάνω στα ιζήματά του. Περιλαμβάνει μεγάλη ποικιλία ιζημάτων, άμμους-ψαμμίτες, αργίλους, κροκαλοπαγή, μάργες, και ασβεστόλιθους, οργανωμένα σε στρώματα-φακούς με περιορισμένες διαστάσεις. Η στρώση τους ποικίλει από παράλληλη ως διασταυρωμένη και παρατηρούνται συχνές αποσφηνώσεις και πλευρικές μεταβάσεις. Τα υλικά του σχηματισμού αποτέθηκαν κατά το Πλειόκαινο (Ρουσίνιο) σε ένα εκτεταμένο αβαθές ποταμολιμναίο περιβάλλον, ενώ η πηγή των υλικών θεωρείται ότι είναι η περιοχή Φανού Κιλκίς, λίγα χιλιόμετρα ανατολικά της Αλμωπίας. Η απόσταση μεταφοράς και οι συνθήκες απόθεσης αυτών των υλικών έχουν δώσει ώριμα ιζήματα από τα οποία απουσιάζουν οι κροκάλες. Επιπλέον, στην περιοχή του Μεγάλου Εμβόλου μέσα σε πλειοκαινικά ιζήματα της αναβαθμίδας (σε στρώματα άμμου με διασταυρωμένη στρώση) έχει παρατηρηθεί και η ύπαρξη ηφαιστειακού υλικού και ερυθρού γρανίτη, τα οποία πιθανότατα μεταφέρθηκαν εκεί από ένα σημαντικό ανεπτυγμένο υδρογραφικό δίκτυο, το οποίο διέρρευε την ευρύτερη περιοχή της λεκάνης του Αξιού (Ψιλοβίκος & Αλμπανάκης 1981, Συρίδης 1990).
- Ο Σχηματισμός Μουδανίων πήρε το όνομά του από την πόλη των Νέων Μουδανίων, η οποία είναι κτισμένη πάνω στα ιζήματά του. Είναι νεότερος και καλύπτει το Σχηματισμό Γωνιάς, από τον οποίο διαχωρίζεται με επιφάνεια διάβρωσης. Περιλαμβάνει ένα μεγάλο όγκο ερυθροστρωμάτων, τα οποία αποτελούνται από εναλλαγές φακών υπογωνιωδών κροκάλων, άμμων-ψαμμιτών με διασταυρωμένη στρώση, και αμμούχων-ιλυούχων αργίλων. Ανεξάρτητα από την κοκκομετρική σύσταση του υλικού όλα τα στρώματα-φακοί περιέχουν καστανέρυθρο λεπτόκοκκο υλικό, το οποίο δίνει ενιαίο χρωματισμό στα ιζήματα (Συρίδης 1990). Τα υλικά του σχηματισμού αποτέθηκαν κατά το Άνω Πλειόκαινο-Κάτω Πλειστόκαινο (Βιλαφράγγιο) σε ένα χερσαίο-χερσοποτάμιο περιβάλλον, στο οποίο επικρατούσαν οξειδωτικές συνθήκες και το πάχος τους είναι έντονα μεταβαλλόμενο κατά θέσεις.

Μετά την πρώτη απόθεση των ερυθροστρωμάτων (Σχηματισμός Μουδανίων), η περιοχή διατήρησε το χερσαίο χαρακτήρα της και στην επιφάνεια δημιουργήθηκε ένα ώριμο παλαιοανάγλυφο. Κατά το Κατώτερο-Μέσο Πλειστόκαινο ξεκίνησε μια νέα φάση έντονης τεκτονικής δραστηριότητας, με ομάδες

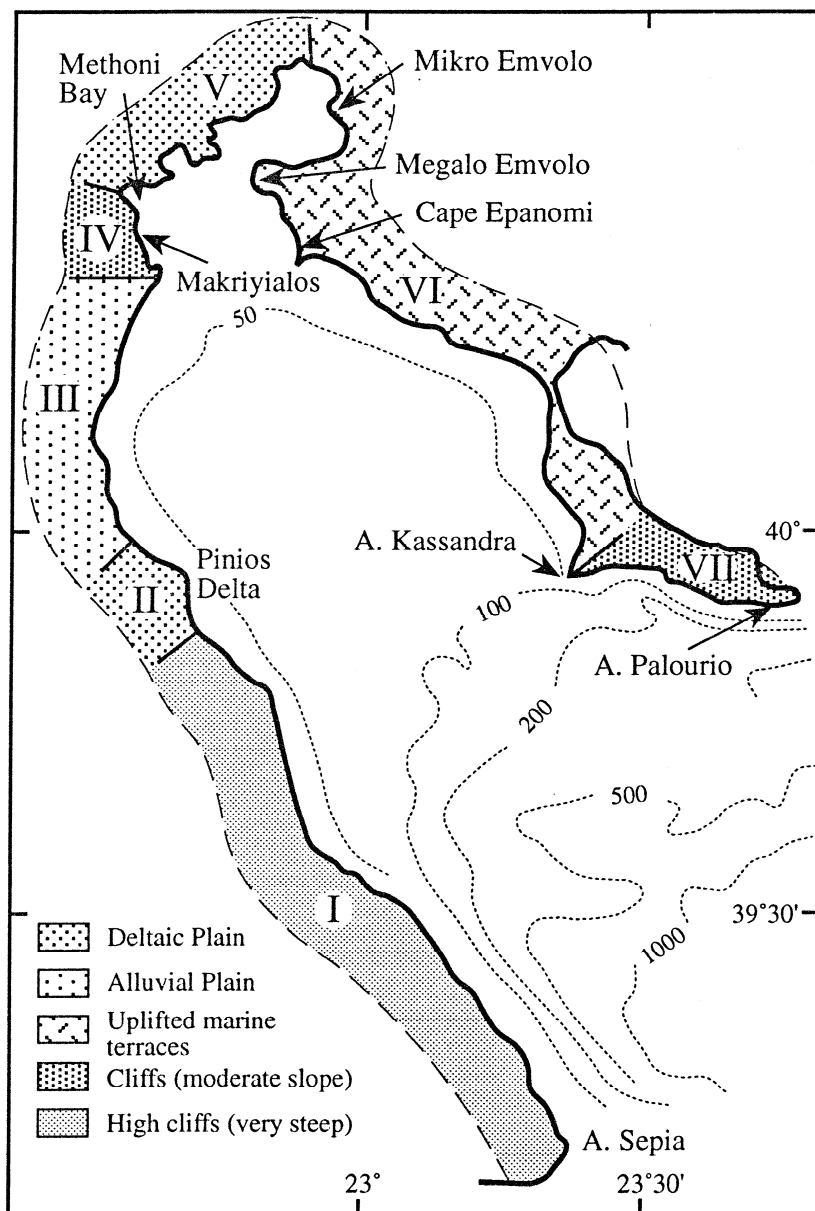
νέων κανονικών ρηγμάτων να τεμαχίζουν την περιοχή και να σχηματίζουν τα βυθίσματα του Ανθεμόντα, της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης καθώς και την πολύπλοκη μορφολογία της Χαλκιδικής (Συρίδης 1990, Αλμπανάκης κ. α. 1999, Ψιλοβίκος 1977, Μουντράκης κ. α. 1993). Κατόπιν, κατά το Άνω Πλειστόκαινο (Μιλάτζιο) η θάλασσα εισχώρησε στα βυθισμένα τμήματα και στη συνέχεια άρχισαν οι παράκτιες διεργασίες διάβρωσης και απόθεσης, που διαμορφώνουν τη σημερινή κατάσταση (Αλμπανάκης κ.α. 1999). Κατά το Χρόνη (1986) η νεοτεκτονική στο Ολόκαινο δεν είχε άμεση επίδραση στην ιζηματογένεση, γιατί δεν εντοπίστηκαν ρήγματα που να διαταράσσουν τα πρόσφατα ιζήματα.

Η Γεωμορφολογία της παράκτιας ζώνης

Το τοπογραφικό ανάγλυφο της παράκτιας έκτασης ποικίλλει και ελέγχεται από αλληλένδετους παράγοντες: την γενική γεωλογική και τεκτονική εξέλιξη της περιοχής, ειδικά του Τεταρτογενούς, την υποκείμενη λιθολογία, τις κλιματικές συνθήκες και τις καιρικές διεργασίες και την παρουσία διαφόρων ποτάμιων δικτύων. Στο πλαίσιο μιας παγκόσμιας διανομής, η παράκτια ζώνη που ερευνάται, ως τμήμα της νοτιοανατολικής ευρωπαϊκής ακτής, μπορεί να χαρακτηριστεί (από τον Carter, 1988) ως μία παράκτια πεδιάδα που αναπτύσσεται πάνω σε μία ευρεία υφαλοκρηπίδα. Μπορεί περαιτέρω να διακριθεί γεωμορφολογικά σε: (α) δελταϊκές πεδιάδες (Ολόκαινο), (β) προσχωσιγενή παράκτια πεδιά (Τεταρτογενές), (γ) χαμηλές βραχώδεις ακτές και (δ) υψηλές βραχώδεις ακτές. Οι δύο τελευταίες κατηγορίες ενσωματώνουν συχνά κλειστές παραλίες. Έτσι με βάση την προαναφερθείσα ταξινόμηση, η παράκτια ζώνη του Θερμαϊκού κόλπου μπορεί να χωριστεί σε διαφορετικούς γεωμορφολογικούς τομείς (Εικόνα 5), όπως περιγράφεται παρακάτω.

Ο Τομέας I εκτείνεται μεταξύ του Ακρωτηρίου Σέπια, στα νότια, και την αρχή του Πηνειού ποταμού, στα βόρεια. Η περιοχή περιλαμβάνει κυρίως υψηλούς γκρεμούς, με κλίσεις μεγαλύτερες του 10%, που συνδέονται με τα μεγάλα υψόμετρα (>2000m) των κοντινών βουνών και τη σκληρή λιθολογία τους (κυρίως μεταμορφωμένα από την Πελαγονική Ζώνη). Κατά μήκος της βραχώδης ακτογραμμής υπάρχουν μερικές κλειστές παραλίες, που σχηματίστηκαν από τους τοπικούς εφήμερους χείμαρρους. Επιπλέον, στο βόρειο τμήμα του Τομέα I υπάρχει μία παράκτια περιοχή (βλέπε Εικόνα 4) που αποτελείται από σχετικά χαμηλά βράχια και μία ευρεία παράκτια προσχωσιγενή πεδιάδα. Η παρουσία της συνδέεται με κάποιο εφήμερο χείμαρρο, ο οποίος συνέδεε τη λίμνη Βόλβη με την ανοιχτή θάλασσα. Σε γενικές γραμμές, ο παράκτιος Τομέας I συνδέεται με μεγάλα θαλάσσια βάθη κοντά στις ακτές (>200m) ενώ είναι εκτεθειμένος με μεγάλων αποστάσεων ανατολικά κύματα. (Poulos, Chronis, Collins, Lykousis, 1999)

Ο Τομέας II βασικά περιλαμβάνει υποθαλάσσια δελταϊκή πεδιάδα του Πηνειού ποταμού (Εικόνα 5), που σχηματίζεται από τις ποτάμιες ολοκαινικές αποθέσεις του Πηνειού. Η λοβόσχημη ακτογραμμή του δείχνει την κυριαρχία των θαλάσσιων διεργασιών, σχετιζόμενες με τα μεγάλα θαλάσσια και αέρια κύματα και τη μεγάλη βαθυμετρία της στενής υφαλοκρηπίδας (βλέπε Εικόνα 2). (Poulos, Chronis, Collins, Lykousis, 1999)



Εικόνα 5: Σχηματική παρουσίαση των διαφορετικών γεωμορφολογικών περιοχών της χερσαίας-παράκτιας ζώνης του Θερμαϊκού κόλπου. (Ρουλος, Chronis, Collins, Lykousis, 1999)

Ο **Τομέας III** βρίσκεται ανάμεσα στο βόρειο όριο από το δέλτα του Πηνειού ποταμού και το ακρωτήριο Αθερίδα στα βόρεια (Εικόνα 5). Το ακρωτήριο Αθερίδα είναι το φυσικό όριο, κατά μήκος της δυτικής ακτής, μεταξύ της εξωτερικής και της εσωτερικής υφαλοκρητίδας του Θερμαϊκού κόλπου. Το κεντρικό και το βόρειο τμήμα της παράκτιας περιοχής αντιπροσωπεύει μία παράκτια πεδιάδα χαμηλού ανάγλυφου (πλαγιές < 1%). Αποτελείται από προσχώσεις των εφήμερων χειμάρρων της περιοχής, με μεγαλύτερο αυτόν του Μαυρονερίου (με μία λεκάνη 150km² έκτασης περίπου). Η ακτογραμμή είναι ευθεία, αμμώδης και φαρδαινεί προς τα νότια. Το τελευταίο χαρακτηριστικό είναι ενδεικτικό της βόρειας παράκτιας πεδιάδας από τη μεταφορά των ιζημάτων της περιοχής του δέλτα του Πηνειού ποταμού. Το νότιο τμήμα (Εικόνα 4) αυτού του τομέα χαρακτηρίζεται από μία στενή παράκτια πεδιάδα που σχετίζεται με την εγγύτητα του Ολύμπου (2800m). (Ρουλος, Chronis, Collins, Lykousis, 1999)

Ο **Τομέας IV** αποτελεί τη δυτική ακτογραμμή της εσωτερικής υφαλοκρηπίδας του Θερμαϊκού κόλπου, που βρίσκεται μεταξύ του ακρωτηρίου Αθερίδα και του κόλπου της Μεθώνης (στην αρχή του δέλτα του Αλιάκμονα ποταμού). Η παράκτια ζώνη αποτελείται από μία στενή πεδιάδα που επεκτείνεται μερικές εκατοντάδες μέτρα προς την ξηρά. Σχετίζεται με τα μικρά θαλάσσια βάρη (< 35m) και εκτίθεται σε περιορισμένης έκτασης κύματα. Η παράκτια πεδιάδα διακόπτεται από την παρουσία ενός υψηλού βράχου (ύψους 20m) που αποτελείται από γκρίζο ψαμμίτη και μια μάζα από άμμους και μάργες, ηλικίας Wurm-Rissio (Faugeres, 1977). Ιζηματολογικά, ο τομέας χαρακτηρίζεται από: (α) χονδρόκοκκα υλικά ως επί το πλείστον άμμο τοπικής προέλευσης και (β) αλλόχθονα λεπτόκοκκα υλικά (κυρίως ιλύς). Τα χονδρόκοκκα ιζήματα στην παραλία του Μακρύγιαλου, προέρχονται από την αποσάθρωση των προαναφερθέντων τεταρτογενών βράχων. Αυτό φαίνεται από την παρουσία του ορεινού όγκου με στίγματα αποτελούμενο από αυγίτη, ο οποίος αποτελεί το προϊόν διάβρωσης του προαναφερθέντα βράχου. Αντίθετα η παρουσία της ιλύος μπορεί να αποδοθεί στη μεταφορά των λεπτόκοκκων υλικών των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα προς τα νότια. Αυτό φαίνεται από την παρουσία του πράσινου αδρόκοκκου αυγίτη που προέρχεται από τα ηφαιστειογενή πετρώματα της περιοχής της λεκάνης απορροής του Αξιού ποταμού (Χρόνης, 1981).

Ο **Τομέας V** αποτελεί τη βόρεια/βορειοδυτική ακτογραμμή του Θερμαϊκού κόλπου, η οποία αποτελείται από τη μεγάλη δελταϊκή πεδιάδα των ποταμών Αξιού, Αλιάκμονα και Γαλλικού. Η παράκτια αυτή δελταϊκή λεκάνη έχει διαμορφωθεί από το Ολόκαινο, παρουσιάζοντας ένα πολύ χαμηλό ανάγλυφο (< 25%). Η παράκτια μορφολογία της δελταϊκής λεκάνης, με το «πόδι της χήνας» σχήμα της στις εκβολές των ποταμών, δείχνει την κυριαρχία των ποτάμιων (νερό και ιζήματα) διεργασιών σε σχέση με τις θαλάσσιες (κύματα, ρεύματα ακτής). Κάτι τέτοιο συσχετίζεται με τα ρηχά παράκτια νερά (< 25m) και την έκθεση μόνο σε υψηλά κύματα που έρχονται από το νότο. Επίσης, το ιζηματογενές υλικό του ποταμού Αλιάκμονα είναι σχετικά πιο λεπτόκοκκο (αμμώδης ιλύς), όταν συγκρίνεται με αυτό του ποταμού Αξιού (λασπώδης άμμος). (Ρουλος, Chronis, Collins, Lykousis, 1999)

Ο **Τομέας VI** περιλαμβάνει το σύνολο σχεδόν της ανατολικής ακτογραμμής του Θερμαϊκού κόλπου, που εκτείνεται από την πόλη της Θεσσαλονίκης (Μικρό Έμβολο) μέχρι το Ακρωτήριο Κασσάνδρα. Η περιοχή γενικά χαρακτηρίζεται από χαμηλού ανάγλυφου παράκτια πεδιάδα, που συνδέεται με κάποιες περιοχές με χαμηλά βράχια. Μπορεί να υποδιαιρεθεί περαιτέρω στους ακόλουθους υποτομείς. (Ρουλος, Chronis, Collins, Lykousis, 1999)

(i) Ο **Υποτομέας VIa** (η ανατολική ακτή του κόλπου της Θεσσαλονίκης) σχετίζεται με τα προφυλαγμένα και ρηχά νερά του κόλπου (< 25m), με την περιορισμένη δραστηριότητα των κυμάτων. Αυτό το τμήμα της παράκτιας ζώνης παρουσιάζει ένα σχετικά χαμηλό ανάγλυφο (< 1,5%).

(ii) Ο **Υποτομέας VIb** (η ανατολική ακτή του Θερμαϊκού κόλπου) εκτείνεται μεταξύ του ακρωτηρίου του Μεγάλου Εμβόλου (Εικόνα 5) και του ακρωτηρίου (αμμώδης «μύτη») της Επανωμής. Γενικά χαρακτηρίζεται από απότομο ανάγλυφο (περίπου 5%) και σχετικά ρηχά νερά (< 40m).

(iii) Ο **Υποτομέας VIc** (Ακρωτήριο Επανωμής-Ακρωτήριο Κασσάνδρας) χαρακτηρίζεται από παράκτια ζώνη με κατωφέρεις κλίσεων μεταξύ 2% και 5%, ενώ το παρακείμενο βάθος των νερών υπερβαίνει τα 80m.

Ο **Τομέας VII** είναι βασικά μία βραχώδης ακτογραμμή που εκτείνεται μεταξύ του ακρωτηρίου Κασσάνδρας και του ακρωτηρίου Παλιουρίου, μπροστά στο ανοιχτό βορειοδυτικό Αιγαίο με τις συνθήκες βαθιάς θάλασσας (θαλάσσια βάρη > 200m). Γεωμορφολογικά, είναι μία βραχώδης ακτή που οριοθετείται από μία χαμηλότερη και περισσότερο αποσαθρωμένης ορεινής λιθολογίας, σε σύγκριση

με εκείνη της υψηλής βραχώδης παράκτια ζώνη του Τομέα Ι (βλέπε σχήματα 3 και 4). (Poulos, Chronis, Collins, Lykousis, 1999)

Η Γεωμορφολογία της ευρύτερης περιοχής του Αγγελοχωρίου

Το Αγγελοχώρι βρίσκεται μόλις 32km νοτιοανατολικά της Θεσσαλονίκης, στη θέση του ακρωτηρίου Μεγάλο Έμβολο(Εικόνα 6) και μετά το σχέδιο Καποδίστρια ανήκει πλέον διοικητικά ως δημοτικό διαμέρισμα στον Δήμο Μηχανιώνας. Σύμφωνα με την παραπάνω γεωμορφολογικούς τομείς ανήκει στον Υποτομέα VIb του Τομέα VI.

Η περιοχή του μεγάλου Εμβόλου αποτελεί το ακραίο δυτικό τμήμα της Χαλκιδικής που μορφολογικά παρουσιάζει εικόνα ανυψωμένου πλατό, με μικρή κλίση προς το Θερμαϊκό κόλπο (ΝΔ) (Μαρίνος κ.α., 1970). Η ομαλή του επιφάνεια (με υψόμετρο 50m περίπου) εκτείνεται προς τη θάλασσα και στην περιοχή της ακτής διακόπτεται απότομα, με συνέπεια το σχηματισμό αναβαθμίδας με ύψος μετώπου 25-40m περίπου (Ψιλοβίκος & Αλμπανάκης). Οι ανατολικές ακτές της Θεσσαλονίκης αποτελούν μία αλληλουχία από διαβρούμενες παράκτιες αναβαθμίδες, με πολύ στενή έως ανύπαρκτη παραλιακή ζώνη και χαμηλές αποθετικές παραλίες με πλατιά παραλιακή ζώνη. Γεωμορφολογικά, η χερσαία περιοχή χαρακτηρίζεται από ένα παλαιότερο ώριμο ανάγλυφο, με μικρές κλίσεις και με επιμήκεις κοιλάδες σχήματος ανοικτού U. Οι κοιλάδες αυτές είτε είναι ξηρές, είτε διαρρέονται από μικρούς χειμάρρους, στους οποίους όμως δεν μπορεί να αποδοθεί η τόσο μεγάλη διαπλάτυνση. Το ανάγλυφο αυτό πιθανότατα είναι κληρονομημένο από παλαιότερο κύκλο εξέλιξης όπως μαρτυρούν η απότομη διακοπή της παλιάς μορφολογικής επιφάνειας στις ακτές από την τεκτονική και την παράκτια διάβρωση. Έτσι σχηματίζονται σχεδόν σ' όλο το μήκος της δυτικής ακτής παράκτιες αναβαθμίδες και κρεμασμένες ξηρές κοιλάδες σε εναλλαγές με μικρές παράκτιες πεδινές εκτάσεις. Οι εκτάσεις αυτές σχηματίστηκαν από πλήρωση στομιών παλαιότερων κοιλάδων. Επίσης διακρίνονται σαφείς χαρακτήρες ανανέωσης των κοιλάδων και αρχή νέου κύκλου διάβρωσης, με τη δημιουργία νέων κοιλάδων μέσα στις παλιές και τη διάβρωση χαλαρών ιζημάτων. Η επιφανειακή ροή είναι υποτυπώδης (χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη μικρών χειμάρρων) και έχει σχεδόν άθικτο το αρχικό παλαιό ανάγλυφο. Προς τα ανατολικά όμως, η δράση των χειμάρρων είναι εντονότερη, όπου επισημαίνεται η ανάπτυξη ενός πυκνού υδρογραφικού δικτύου από ευθύγραμμες, Β-Ν διεύθυνσης, παράλληλες μεταξύ τους, διαπλατυσμένες κοιλάδες, πολύ μικρής τάξης και σημαντικού μήκους, οι οποίες αναπτύσσονται κάθετα στον Α-Δ διεύθυνσης υδροκρίτη Ανθεμόντα-Δ. Χαλκιδικής. Η Β-Ν διεύθυνση θα πρέπει να οφείλεται σε τεκτονική επίδραση, επειδή παρόμοια διεύθυνση παρουσιάζει το κατατμητικό σύστημα των Νεογενών απολιθωματοφόρων ασβεστόλιθων της περιοχής (Τρίλοφος, Μεσημέρι) (Συρίδης 1990).



Εικόνα 6: Θέση Αγγελοχωρίου. Διακρίνεται καθαρά το Μεγάλο Έμβολο του Θερμαϊκού και το Χωριό του Αγγελοχωρίου. (Google earth)

Στη ζώνη της ακτής, τα θαλάσσια κύματα υποσκάπτουν τη βάση της αναβαθμίδας, προκαλώντας την πτώση μεγάλων τεμαχών ψαμμιτικού, μαργαϊκού και ασβεστολιθικού υλικού από τα ανώτερα τμήματά της (Εικόνα 7). Η διαβρωτική δράση των κυμάτων διατηρεί το μέτωπο της αναβαθμίδας απότομο, ενώ τα υλικά διάβρωσης (λόγω της συνεχούς δράσης των κυμάτων και ρευμάτων στη θαλάσσια περιοχή) χωρίζονται στα μικρότερα συστατικά τους (κροκάλες, ψηφίδες, άμμο, ιλύ και άργιλο) και μεταφέρονται σε περιοχές με χαμηλές ακτές, ιδιαίτερα σε μικρούς κόλπους όπου ευνοείται η απόθεση και η παραμονή τους. Η εικόνα ολόκληρης της σημερινής δυτικής Χαλκιδικής αντιστοιχεί σε πρόσφατη μεταβολή στην τεκτονική κατάσταση της ευρύτερης περιοχής του βορειοελλαδικού χώρου.

Στο νοτιοδυτικό τμήμα του Μεγάλου Εμβόλου παρατηρείται διακοπή στη συνέχεια της μεγάλης κ απότομης αναβαθμίδας που εκτείνεται από την περιοχή της Αγίας Τριάδας προς το Αγγελοχώρι και από τη Μηχανιώνα προς την παραλία Επανωμής.



Εικόνα 7: Το Μεγάλο Έμβολο των Ανατολικών ακτών του Θερμαϊκού κόλπου. Διακρίνονται καθαρά οι αναβαθμίδες και η απότομη διακοπή τους από τη θάλασσα. Επίσης δεξιά στο βάθος φαίνεται και η λιμνοθάλασσα της Αλυκής Αγγελοχωρίου (<http3>).

Στην περιοχή του Αγγελοχωρίου, κεντρική θέση κατέχει η λιμνοθάλασσα της Αλυκής Αγγελοχωρίου ή Μεγάλου Εμβόλου. Νοτιότερα από τη λιμνοθάλασσα Αλυκής σχηματίζονται έλη σε έκταση περίπου 3km², γνωστά με το όνομα Βαρικά ή Τσαϊρια, τα οποία χωρίζονται από τη θάλασσα με μία ζώνη αμμώδους ακτής μικρού πλάτους (6-15m) (Ψιλοβίκος & Αλμπανάκης 1981)(Εικόνα 8).

Η δυτική και νότια πλευρά της περιοχής αποτελείται από μια στενή λωρίδα αμμώδους ακτής, που προβάλλει από τα δύο άκρα της αναβαθμίδας και έχει παγιδεύσει τη λιμνοθάλασσα της Αλυκής και έλη του Βαρικού στο εσωτερικό της τμήμα.

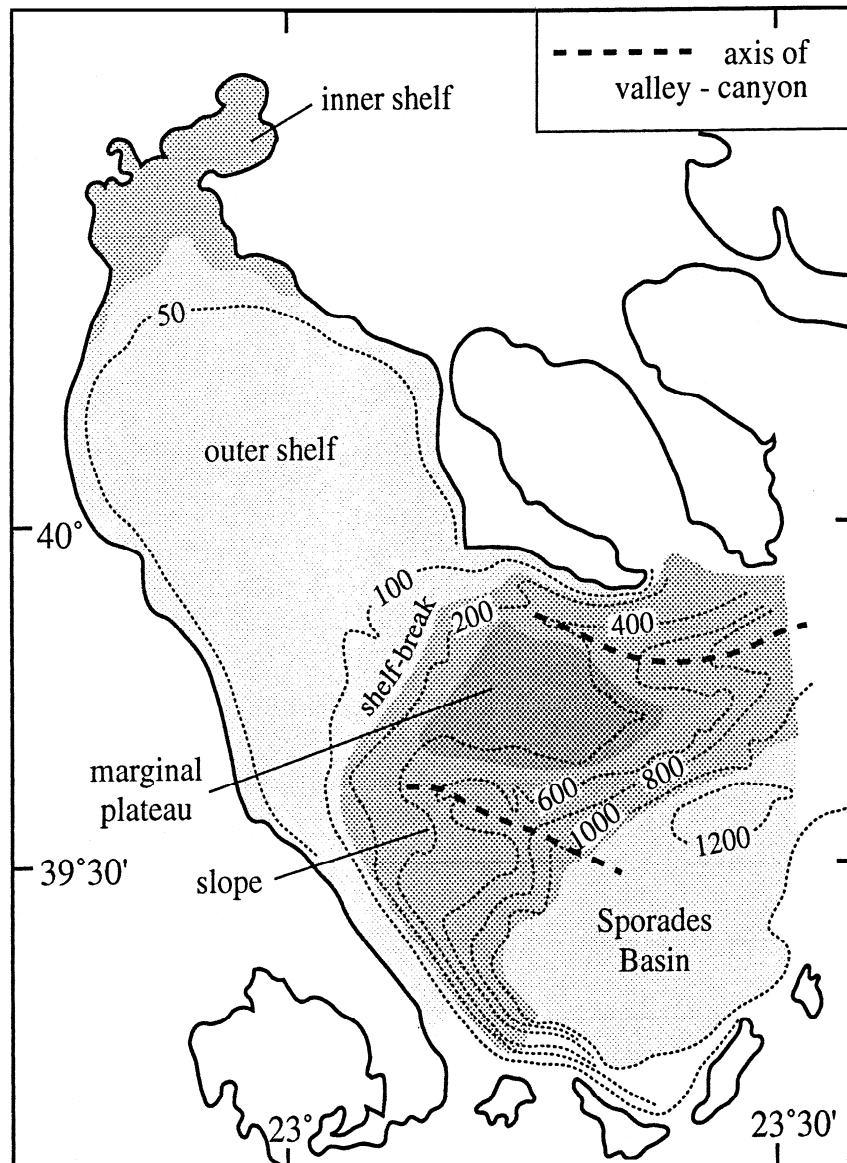


Εικόνα 8: Τμήμα της λιμνοθάλασσας Αλυκής Αγγελοχωρίου. Διακρίνεται στα αριστερά η δυτική πλευρά της που αποτελείται από μια στενή λωρίδα αμμώδους ακτής (<http3>).

Το θαλάσσιο τμήμα του παράκτιου συστήματος

Το θαλάσσιο τμήμα του παράκτιου συστήματος (0-200m βάθος νερού) αντιστοιχεί σε περίπου 5100km², που αντιπροσωπεύουν σχεδόν το 10% της συνολικής έκτασης του Παράκτιου Συστήματος του Θερμαϊκού Κόλπου και περίπου τα δύο τρίτα (2/3) της περιοχής που οριοθετείται μεταξύ των ισοβαθών των 75m και των 200m. Ο τομέας αυτός μπορεί να χωριστεί περαιτέρω σε: (α) την εσωτερική ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα, με βάθος νερού μέχρι 40m, αποτελούμενη κυρίως από τους κόλπους Θεσσαλονίκης και Θερμαϊκό και (β) την περιοχή εκτός της υφαλοκρηπίδας (ανοιχτός Θερμαϊκός κόλπος), όπου τα βάθη του νερού κυμαίνονται μεταξύ 50 έως 200 m. Έτσι, η εσωτερική περιοχή της υφαλοκρηπίδας (υποβρύχιο μέρος της παράκτιας ζώνης) καλύπτει μία έκταση 1100km², που αντιπροσωπεύουν το 21% του ωκεάνιου τμήματος του Παράκτιου συστήματος και σχεδόν το 30% ολόκληρης της περιοχής της παράκτιας ζώνης. Η περιοχή έξω από την υφαλοκρηπίδα καλύπτει πολύ μεγαλύτερη έκταση, περίπου 4000km².

Με βάση την ερμηνεία των βαθυμετρικών και μορφολογικών χαρακτηριστικών του πυθμένα (Lykousis et al., 1981) το υποβρύχιο τμήμα του Παράκτιου Συστήματος μπορεί να ταξινομηθεί στις ακόλουθες φυσιογραφικές περιοχές (Εικόνα 9): (i) στην περιοχή της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας, η οποία εκτείνεται μέχρι τη θραύση της υφαλοκρηπίδας (στα 130m βάθος νερού περίπου) και (ii) στην ηπειρωτική κατωφέρεια η οποία εκτείνεται μέχρι την βαθειά λεκάνη των Σποράδων (με βάθη νερών έως και 1200m). Η υφαλοκρηπίδα είναι χωρισμένη περαιτέρω στην εσωτερική (<40m) και την εξωτερική υφαλοκρηπίδα, ενώ στην κατωφέρεια παρουσιάζονται δύο χαρακτηριστικές περιοχές: (α) το οριακό πλατό, που ορίζεται από το περίγραμμα της ισοβαθούς των 500m και (β) το σύστημα φαραγγίων και κοιλάδων, το οποίο διασταυρώνεται σε όλη την κατωφέρεια.



Εικόνα 9: Φυσιογραφικές περιοχές του υποβρυχίου τμήματος της παράκτιας ζώνης του Παράκτιου Συστήματος του Θερμαϊκού Κόλπου (Lykousis et al., 1981)

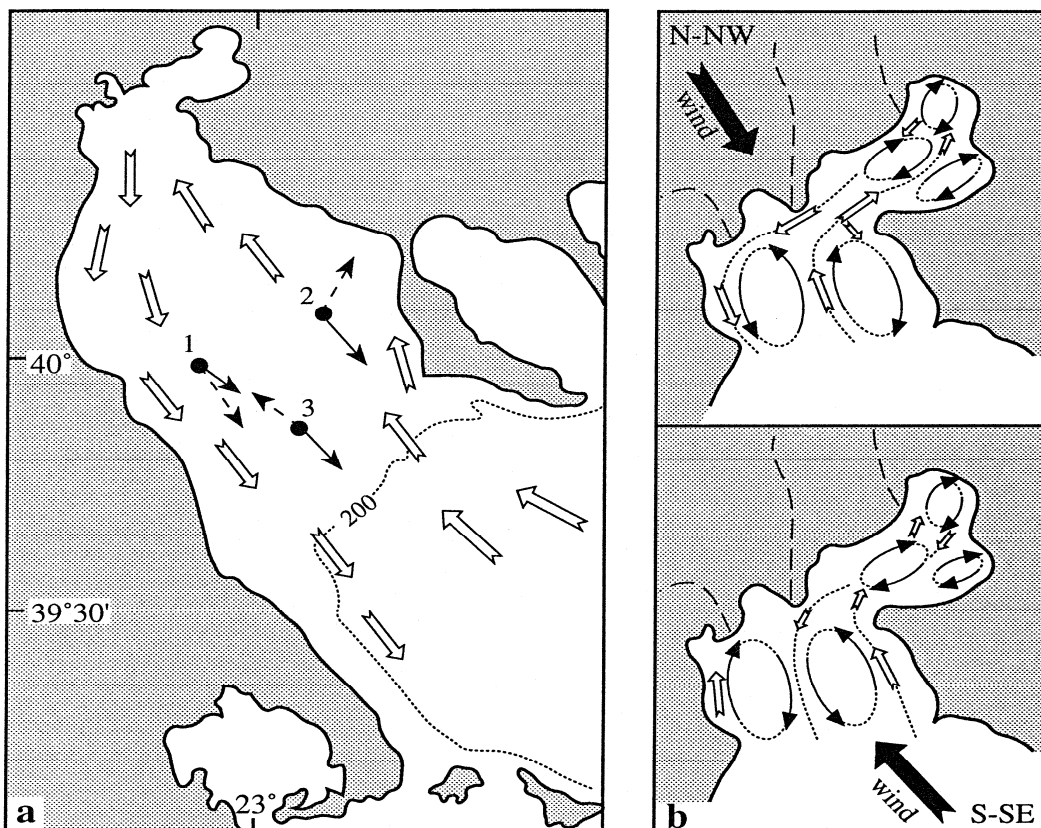
Θαλάσσιες μάζες

Οι ιδιότητες των θαλάσσιων νερών του Παράκτιου Συστήματος του Θερμαϊκού Κόλπου ποικίλλουν εποχιακά, ακολουθώντας τις αντίστοιχες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του αέρα, τις εισροές του γλυκού νερού, το κλίμα των ανέμων και τη γενική κυκλοφορία τους και την ανάμειξη των υδάτινων μαζών. Εντός της εσωτερικής υφαλοκρηπίδας (Θερμαϊκός Κόλπος), η θερμοκρασία των επιφανειακών νερών κυμαίνεται μεταξύ των 25°C (το καλοκαίρι) και των 9°C (τον χειμώνα), και η επιφανειακή αλατότητα στα 35psu το καλοκαίρι κ 28psu τον χειμώνα. Στα κατώτερα στρώματα του νερού, κοντά στον πυθμένα η θερμοκρασία και η αλατότητα είναι γενικότερα πιο σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, γύρω στους 21°C και 36psu το καλοκαίρι και 9°C και 38psu το χειμώνα (Robles et al., 1983).

Κινήσεις των θαλάσσιων μαζών

Ο Θερμαϊκός κόλπος, ως τμήμα του βόρειου Αιγαίου πελάγους, είναι ένα θαλάσσιο περιβάλλον με μικροπαλίρροιες. Στο πλαίσιο αυτού του μικροπαλιρροιακού περιβάλλοντος, οι κινήσεις των υδάτων ρυθμίζονται από την θερμοαλατική κυκλοφορία, την ανάμειξη των διαφορετικών υδάτινων μαζών και τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες των ανέμων. Έχει παρατηρηθεί γενικά ότι τα περισσότερα αλατούχα, καθαρά και σχετικά πυκνά νερά, που προέρχονται από τα ανοιχτά νερά του βορείου Αιγαίου, εισέρχονται στην εξωτερική υφαλοκρηπίδα του Θερμαϊκού κόλπου πάνω από το κεντρικό και ανατολικό τμήματος του πλατό. Εκεί στρέφονται προς τα βορειοανατολικά ρέοντας παράλληλα με τη χερσόνησο της Χαλκιδικής και καταλήγουν να εισέρχονται στον κυρίως Θερμαϊκό κόλπο (Εικόνα 10a).

Αντίθετα, τα φρέσκα (λιγότερα αλατούχα νερά) ρέουν προς το νότο, κατά μήκος της δυτικής ακτογραμμής. Αυτή η δυτική ροή αποτελείται από τα αποφορτισμένα νερά των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα, καθώς και τα συμπληρωματικά ύδατα του Πηνειού ποταμού στα νότια. Επιπλέον, αυτή η προς τα νότια κυκλοφορία των επιφανειακών νερών είναι ιδιαίτερα αυξημένη κατά τη διάρκεια του χειμώνα, εξαιτίας των βόρειων ανέμων και των αυξημένων αποφορτίσεων των ποτάμιων υδάτων (Φεβρουάριο-Ιούλιο). Ομοίως, η κυριαρχία της νότιας/νοτιοδυτικής αύρας, το καλοκαίρι, κινεί τις υδάτινες μάζες από τα κεντρικά και ανατολικά τμήματα του κόλπου προς το πιο εσωτερικό του τμήμα.



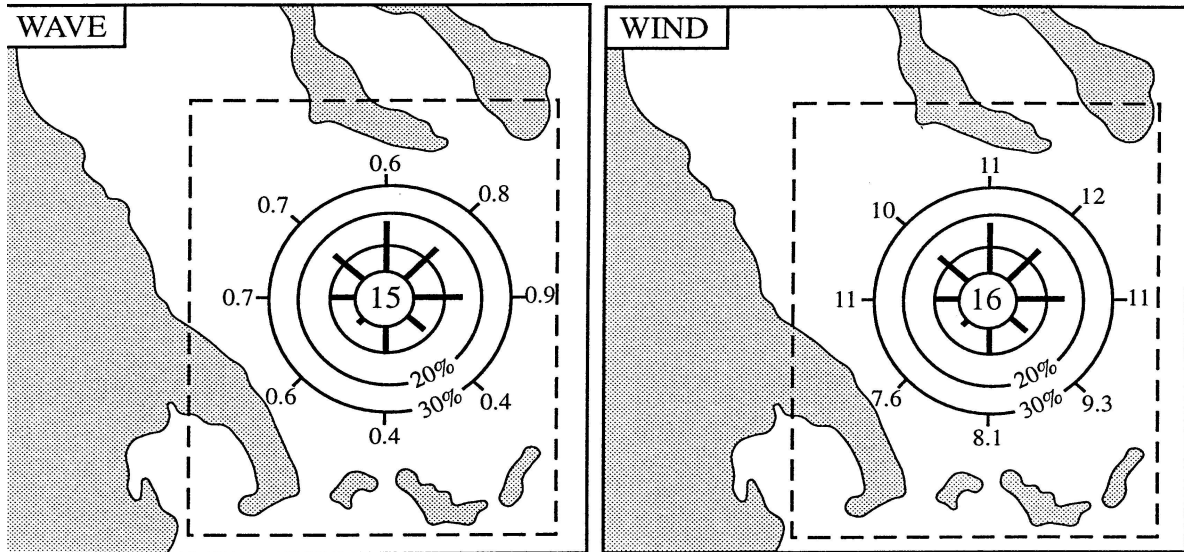
Εικόνα 10: (a) Γενικά σχήματα της κυκλοφορίας των επιφανειακών υδάτων (μετά Baloroulos et al., 1987), (RRS Discovery Cruise 137). (b) Σχήματα της κυκλοφορίας στην εσωτερική υφαλοκρηπίδα (Θερμαϊκός και κόλπος Θεσσαλονίκης) ρηχών (κλειστά διανύσματα) και βαθιών νερών (ανοιχτά διανύσματα) (Ganoulis, 1987)

Οι μετρήσεις των επιφανειακών ρευμάτων είναι σε συμφωνία με το πρότυπο της κυκλοφορίας που περιγράφηκε παραπάνω, αν και οι κατευθύνσεις μπορεί να ποικίλλουν. Αντίθετα, οι μετρήσεις των ροών κοντά στον πυθμένα, που λαμβάνονται κατά τη διάρκεια διαφορετικών εποχών του χρόνου, έχουν δείξει ότι υπάρχει μία γενική και προς νότο επίμονη κίνηση των νερών του πυθμένα πάνω στην υφαλοκρηπίδα. Αυτό συνεχίζεται στην κατωφέρεια και κατά μήκος του κεντρικού υποθαλάσσιου συστήματος κοιλάδων/φαραγγίων προς τη λεκάνη των Σποράδων (Roulos and Panagiotopoulos, 1997).

Συγκεκριμένα, η κυκλοφορία των επιφανειακών νερών πάνω από την εσωτερική υφαλοκρηπίδα (βάθος < 40m) επηρεάζεται έντονα από τις επικρατούσες συνθήκες των ανέμων. Με βάση ένα ολοκληρωμένο υδροδυναμικό μοντέλο με βάθος, στο Θερμαϊκό κόλπο θεωρείται ότι εγκαθίστανται ένα διπλό σύστημα στροβιλισμών (Εικόνα 10b). Τα νερά κινούνται προς το νότο κατά μήκος της ανατολικής και δυτικής ακτογραμμής, σύμφωνα με ανέμους βόρειας-βορειοδυτικής διεύθυνσης. Σε ανέμους νότιας-νοτιοδυτικής διεύθυνσης, τα νερά κινούνται αντίθετα (Ganoulis, 1987). Κατά τη διάρκεια ενός επίμονου βόρειου ανέμου, η γενική επιφανειακή ροή καθ' όλη την έκταση του κόλπου είναι προς το νότο. Η παρουσία ενός στροβιλισμού, που χαρακτηρίζεται από θολά νερά, στα δυτικά του κόλπου έχει εντοπιστεί και σε δορυφορικές εικόνες (LANDSAT) (Baloroulos et al., 1986).

Η δραστηριότητα των κυμάτων

Τα ύψη των κυμάτων, και ειδικά η κατεύθυνση διάδοσης τους, ρυθμίζεται από το υφιστάμενο σύστημα ανέμων. Αυτό αποδεικνύεται από τα ροδιοδιαγράμματα των διευθύνσεων των ανέμων και κυμάτων που παρουσιάζονται στην Εικόνα 11.



Εικόνα 11: Ροδιοδιαγράμματα κυμάτων και ανέμων που σχετίζονται με τον εξωτερικό Θερμαϊκό Κόλπο και της περιοχή της λεκάνης των Σποράδων (Athanasoulis and Skarsoulis, 1992).

Τα κύματα τα οποία σχετίζονται με τους δυτικούς ανέμους θεωρούνται πιο σημαντικά από τη άποψη του μεγέθους τους. Είναι αυτά που σχετίζονται με τις μεγαλύτερες ευρύτητες (περίπου 170km). Ως εκ τούτου, υψηλά κύματα μεγάλου μήκους αναμένονται μόνο από νότιες κατευθύνσεις. Αντίθετα, οι βόρειες κατευθύνσεις έχουν υψηλή συχνότητα εμφάνισης, και παρά τη μικρή τους ευρύτητα, παράγουν επιφανειακά βαρυτικά κύματα που επηρεάζουν τη γενική κυκλοφορία των υδάτων στην επιφάνεια του Θερμαϊκού κόλπου. Το κυματικό πεδίο της εξωτερικής υφαλοκρηπίδας, κυρίως εντός της λεκάνης των Σποράδων, χαρακτηρίζεται από ένα μέσο ύψος κυμάτων από 0,5-0,7m. Η συχνότητα εμφάνισης (%), για διάφορα ύψη κυμάτων (H) σε ετήσια βάση είναι η εξής: $H < 1m$ (80%), $H < 2m$ (95%), $H > 3m$ (1%), και για $H > 4m$ (5%) (Athanasoulis and Skarsoulis, 1992).

Ο βιολογικός σταθμός επεξεργασίας λυμάτων Αίνεια

Σύμφωνα με το γενικό σχεδιασμό που εκπονήθηκε στα τέλη του 1970, η ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης διαιρέθηκε σε δύο ζώνες συλλογής αποβλήτων:

α. τα λύματα από τις κεντρικές και δυτικές περιοχές, όπου είναι εγκατεστημένες οι περισσότερες από τις αστικές και βιομηχανικές δραστηριότητες, συλλέγονται και μεταφέρονται στην Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Θεσσαλονίκης (ΕΕΛΘ) στην περιοχή της Σίνδου.

β. τα λύματα από τις ανατολικές (τουριστικές) περιοχές συλλέγονται και μεταφέρονται σε άλλη εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων στην περιοχή, την επονομαζόμενη «Αίνεια» του Δήμου Μηχανιώνας.

γ. τα απόβλητα της Βιομηχανικής Περιοχής Θεσσαλονίκης (ΒΙΠΕΘ) συλλέγονται και υφίστανται επεξεργασία στη Μονάδα Κατεργασίας Αποβλήτων που περιήλθε για χρήση στην ΕΥΑΘ Α.Ε. τον Ιανουάριο του 2003.

Η ΕΥΑΘ Α.Ε. λοιπόν έχει τη χρήση (για λειτουργία και συντήρηση) των δύο εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων του ευρύτερου Πολεοδομικού Συγκροτήματος Θεσσαλονίκης. Εποπτεύει την ΕΕΛΘ στη Σίνδο, δίπλα από το Γαλλικό ποταμό, και την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων - Βοθρολυμάτων (ΕΕΛ) «Αίνεια» των τουριστικών περιοχών στο Αγγελοχώρι (Εικόνα 12).

Η «Αίνεια», που πήρε το όνομά της από την αρχαία πόλη Αίνεια που βρισκόταν στην περιοχή του Αγγελοχωρίου(Εικόνα 13),δέχεται προς το παρόν ένα μέρος των αστικών λυμάτων από τους δήμους Θερμαϊκού και Νέας Μηχανιώνας, καθώς και μεγάλο αριθμό βυτίων καθημερινά, ενώ με την ολοκλήρωση των αποχετευτικών δικτύων θα καλύψει όλες τις τουριστικές περιοχές. Η εγκατάσταση, η οποία εγκαινιάστηκε το 1997, μπορεί να επεξεργάζεται στο πρώτο στάδιο σχεδιασμού της α' φάσης 29.000 m³ την ημέρα.



Εικόνα 12: Άποψη του Βιολογικού σταθμού επεξεργασίας λυμάτων από αεροφωτογραφία. (Google earth).



Εικόνα 13: Διακρίνεται η θέση της αρχαίας πόλης Αινείας, όπου σήμερα βρίσκεται ο βιολογικός σταθμός επεξεργασίας λυμάτων (κόκκινη υπογράμμιση) ([http4](http://4))

Αρχικά επεξεργαζόταν μικρές ποσότητες αστικών λυμάτων από τη Μηχανιώνα και το Αγγελοχώρι μέσω δικτύου και τριών αντλιοστασίων αλλά κυρίως βοθρολύματα, τα οποία οδηγούνταν εκεί με βυτιοφόρα οχήματα. Σημειώνεται ότι ήδη σήμερα λειτουργούν ο κεντρικός αποχετευτικός αγωγός των τουριστικών περιοχών, τα οκτώ νέα αντλιοστάσια, καθώς και το αποχετευτικό δίκτυο των άνω της οδού Θεσσαλονίκης - Μηχανιώνας περιοχών του δήμου Θερμαϊκού, τα λύματα των οποίων οδηγούνται στην «Αίνεια»(Εικόνα 14) προς επεξεργασία.



Εικόνα 14: Οι εγκαταστάσεις του βιολογικού σταθμού επεξεργασίας λυμάτων «Αίνεια» (<http5>).

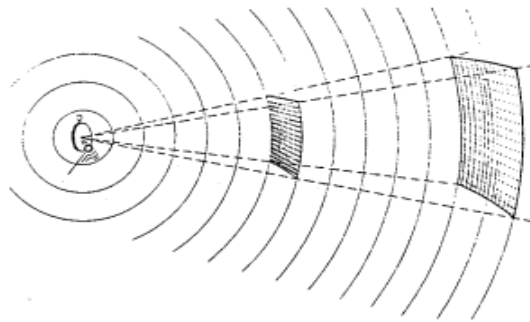
Σήμερα επεξεργάζονται στην ΕΕΛ «Αίνεια» με δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία και ταυτόχρονη απομάκρυνση αζώτου κατά μέσο όρο 2.500 m^3 την ημέρα βοθρολύματα και 5.000 m^3 την ημέρα αστικά λύματα με πολύ καλά αποτελέσματα. Συνολικά το 2006 επεξεργάστηκαν $2.650.000 \text{ m}^3$ λυμάτων και εξυπηρετήθηκαν 46.355 βυτία.

Βυθομετρία

Η μέτρηση του βάθους είναι δυνατόν να γίνει με (α) χρήση βολίδας ή βολιστικού κόντου, (β) μεθόδους τηλεπισκόπησης και (γ) ηχοβολιστικές συσκευές, οι οποίες αποτελούν τη συνηθέστερη μέθοδο. Αν και η βιβλιογραφία για όλες τις μεθόδους είναι μεγάλη και πλούσια σε πληροφορίες, στην παρούσα εργασία θα αναλυθούν λεπτομερέστερα μόνο οι ηχοβολιστικές συσκευές (Παπαθεοδώρου 1997).

Στοιχεία διάδοσης του ήχου στο θαλάσσιο περιβάλλον

Η ηχητική ή ακουστική ενέργεια χρησιμοποιείται ευρέως στην ωκεανογραφία για την αποτύπωση των χαρακτηριστικών του πυθμένα (βάθος, μορφολογία, δομή) εξαιτίας του ότι ο ήχος υφίσταται περιορισμένες απώλειες λόγω απορροφήσεων στην υδάτινη στήλη, σε αντίθεση (για παράδειγμα) με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Η ηχητική ενέργεια διαχέεται προς όλες τις διευθύνσεις και η επιφάνεια που καταλαμβάνει αυξάνει εκθετικά με την απόσταση (Παπαθεοδώρου 1997) (Εικόνα 15).



Εικόνα 15: Αύξηση της έκτασης που καταλαμβάνεται από τον ήχο όσο απομακρυνόμαστε από την ακουστική πηγή. (<http://6>)

Μεγέθη που χαρακτηρίζουν τα ηχητικά κύματα είναι το μήκος του ηχητικού κύματος (ή μήκος παλμού), η συχνότητα, η περίοδος και η ταχύτητα του ήχου. Η ένταση του ηχητικού κύματος (ακουστική ενέργεια / μονάδα επιφάνειας) μειώνεται (α) με την απόσταση από την ηχητική πηγή και (β) με την ανάπτυξη δυνάμεων τριβής στο μέσο μετάδοσης και την ανάλογη απορρόφηση ενέργειας και μετατροπής της σε θερμότητα. Η απορρόφηση ακουστικής ενέργειας εξαρτάται από μία ποικιλία φυσικών (θερμοκρασία, αλατότητα, πίεση) και χημικών παραγόντων.

Η μονάδα μέτρησης του ήχου είναι το decibel (dB) το οποίο μετρά την ισχύ ή την ένταση του ήχου ως προς μία ισχύ ή ένταση αναφοράς.

Ο ήχος ανακλάται και διαθλάται (*reflection and refraction*) καθώς διαδίδεται από ένα μέσο σε άλλο με διαφορετικές ιδιότητες (πυκνότητα και ελαστικότητα). Η ανάκλαση για παράδειγμα είναι έντονη στις διαχωριστικές επιφάνειες αέρα/νερού και νερού/πυθμένα, σε φυσαλίδες αέρα στην υδάτινη στήλη και κάτω από τον πυθμένα, σε στρώματα της υδάτινης στήλης λόγω διαφορών κυρίως θερμοκρασίας και

αλατότητας, αλλά και της έντονης παρουσίας πλαγκτόν ή αιωρούμενου ιζήματος. Ο ήχος *περιθλάται (diffraction)* όταν προσπέσει σε μεμονωμένα σημεία (π.χ. βράχος, θέση απότομης μεταβολής κλίσης πυθμένα), οπότε το σημείο πρόσπτωσης λειτουργεί ως σημειακή πηγή ενέργειας και μεταδίδει τον ήχο προς όλες τις διευθύνσεις (Παπαθεοδώρου 1997).

Ηχοβολιστικές Συσκευές/Βυθόμετρα (echo-sounders)

Η συνηθέστερη μέθοδος προσδιορισμού βάθους είναι με τη χρήση *ηχοβολιστικών συσκευών ή βυθόμετρων* (Εικόνα 16). Ο υπολογισμός του βάθους γίνεται με τη μέτρηση του χρόνου που απαιτείται για να διανύσει ο ήχος την απόσταση από τον πομπό της συσκευής μέχρι τον πυθμένα και την επιστροφή του στον δέκτη (συνήθως είναι ο ίδιος με τον πομπό του ηχοβολιστή).

Συνεπώς το βάθος (d) δίνεται από τη σχέση:

$$2d = C \cdot t \rightarrow d = C \cdot t/2 \quad [m]$$

όπου C : η ταχύτητα του ήχου στο νερό και

t : ο χρόνος μεταξύ εκπομπής και λήψης του ηχητικού κύματος.

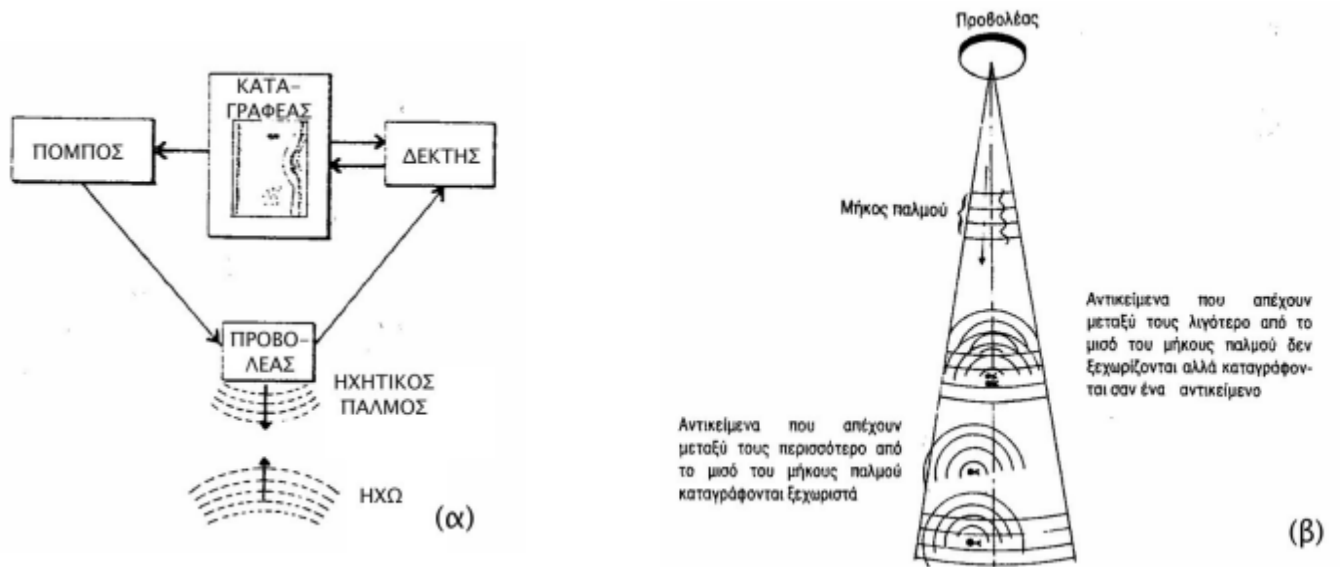


Εικόνα 16: Μονάδα καταγραφής με ενσωματωμένη γεννήτρια παλμών (στα δεξιά) και ένας τύπος πομποδέκτη (στα αριστερά με το καλώδιο). ([http7](http://7))

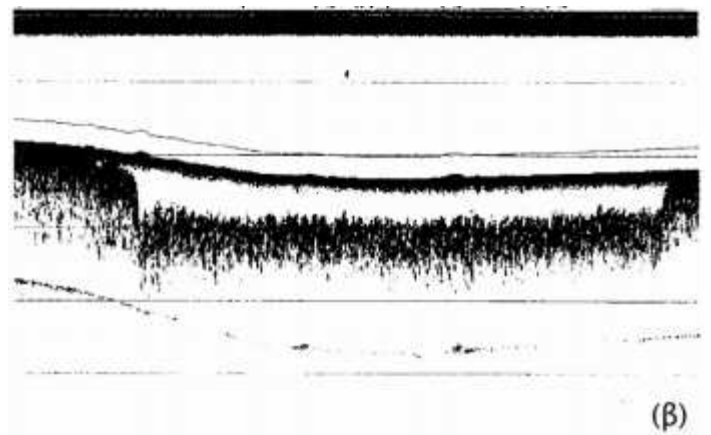
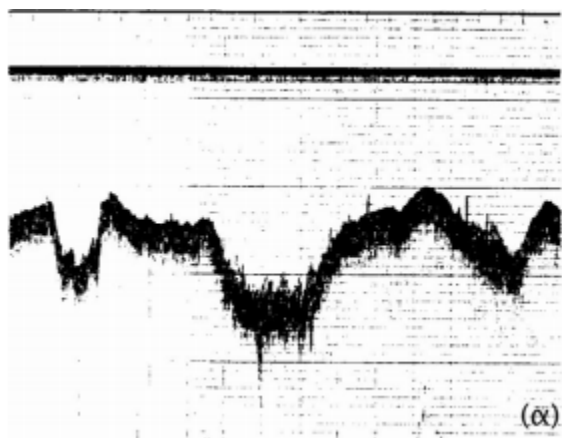
Οι ηχοβολιστικές συσκευές αποτελούνται από 4 βασικές μονάδες: τη γεννήτρια παλμών (transmitter), έναν ημίπλωτο πομπό/δέκτη (transducer), τον δέκτη/ενισχυτή (receiver/amplifier) και τη μονάδα καταγραφής (recorder) (Εικόνα 17α και 17β) (Παπαθεοδώρου 1997).

Η γεννήτρια παλμών δημιουργεί έναν ηλεκτρικό παλμό σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (συχνότητα, μήκος παλμού, ισχύς). Ο πομποδέκτης μετατρέπει τον ηλεκτρικό παλμό σε ηχητικό κύμα, εκπέμπει και προσλαμβάνει (αφού ανακλαστεί) την ηχητική ενέργεια και την μετασχηματίζει ξανά σε ηλεκτρική ενέργεια. Ο δέκτης/ενισχυτής ενισχύει τα ασθενή ηλεκτρικά σήματα ανάλογα με το χρόνο λήψης τους και τελικά οι ηλεκτρικοί παλμοί αποτυπώνονται στην καταγραφική μονάδα με τη μορφή ηχογραμμάτων.

Τα βυθομετρικά προφίλ (ηχογράμματα)(Εικόνα 18α και 18β) είναι παραμορφωμένα λόγω ανισοτιμίας μεταξύ οριζόντιας και κατακόρυφης κλίμακας, η οποία οφείλεται στη μικρότερη ταχύτητα εκτύλιξης του καταγραφικού χαρτιού σε σχέση με την ταχύτητα του πλοίου.



Εικόνα 17: (α) Κύρια μέρη βυθομέτρου και (β) κατευθυντικότητας ηχητικής δέσμης ([http6](http://6))



Εικόνα 18: Ηχογράμματα στα οποία παρουσιάζονται (α) αυξημένες τοπικά κλίσεις λόγω ανισοτιμίας μεταξύ οριζόντιας και κατακόρυφης κλίμακας και (β) τοπική διείδυση του ήχου κάτω από τον πυθμένα λόγω της παρουσίας ενός επιφανειακού πολύ υδαρούς στρώματος. ([http6](http://6))

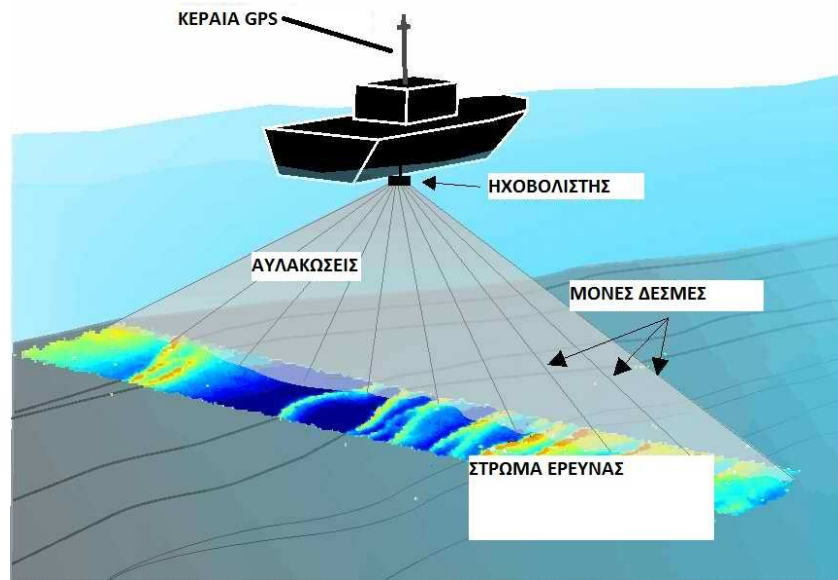
Η ακρίβεια κ κατ' επέκταση η ποιότητα των ηχοβολιστικών συσκευών εξαρτάται από τη διακριτική τους ικανότητα. *Διακριτική ικανότητα (resolution)* είναι η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο σημείων, τα οποία μπορούν να αναγνωριστούν και να καταγραφούν από τα ηχητικά κύματα ως μεμονωμένα. Η διακριτική ικανότητα εξαρτάται (i) από το μήκος του παλμού, (ii) το εύρος της εκπεμπόμενης ηχητικής δέσμης (*κατευθυντικότητα*), (iii) τη γωνία πρόσπτωσης του ηχητικού σήματος,

(iv) την ποιότητα του καταγραφικού μηχανισμού, (v) τις ιδιότητες του επιπέδου ανάκλασης και (vi) την ταχύτητα του σκάφους. Το εύρος (άνοιγμα) της ηχητικής δέσμης πρέπει να είναι όσο το δυνατόν στενότερο (ανάλογα με το βάθος) διότι η ηχοβολιστική συσκευή μετρά τη συντομότερη και όχι την κατακόρυφη απόσταση μεταξύ πομποδέκτη-πυθμένα. Η συγκέντρωση της ηχητικής ενέργειας σε ένα ορισμένο εύρος (συγκεκριμένης διεύθυνσης) ονομάζεται κατευθυντικότητα (directivity) και έχει τη μορφή κώνου.

Τα σύγχρονα βυθόμετρα έχουν τη δυνατότητα να συνεργάζονται με το δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσης (GPS) του σκάφους και σε συνδυασμό με τις πληροφορίες που έχουν αποθηκευμένες σε ειδικές δισκέτες (για τη γενική μορφολογία, βυθομετρία και σύσταση του βυθού) να δημιουργούν πραγματικούς χάρτες του βυθού στις περιοχές έρευνας. Επιπλέον, μπορούν να αναπαριστούν σε τρισδιάστατη απεικόνιση τη μορφολογία του πυθμένα, να εμφανίζουν τη θέση και την πορεία του σκάφους στην επιφάνεια της θάλασσας, αλλά και την κίνηση ενός αλιευτικού σκάφους (π.χ. μηχανότρατας) πάνω στο βυθό. Τα στοιχεία ορισμένων βυθομέτρων δίνουν πληροφορίες και για την ποιότητα του βυθού (λάσπη, άμμος, βράχος) ([http6](http://6)).

Ηχοβολιστικά συστήματα πολλαπλής ηχητικής δέσμης (multi-beam echo-sounders)

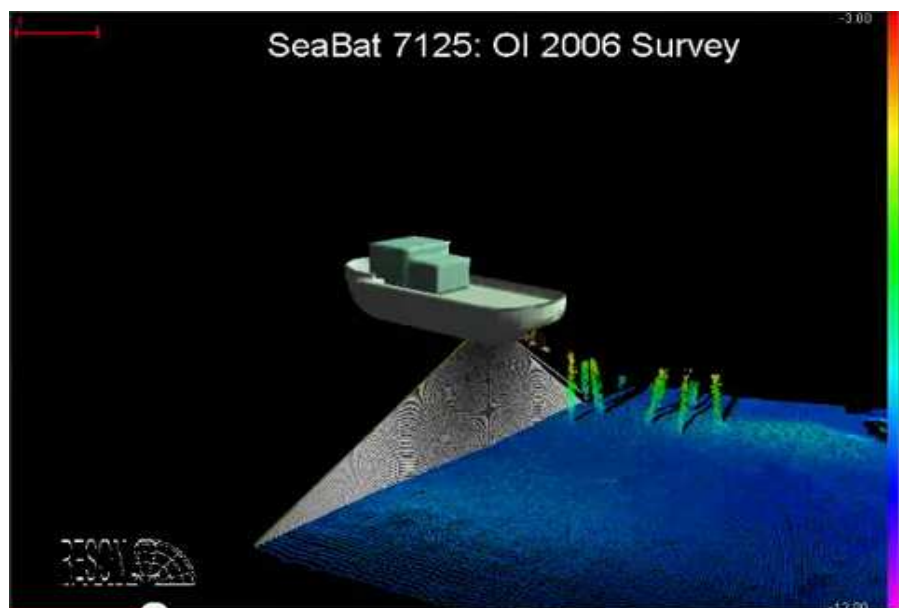
Το ηχοβολιστικό σύστημα πολλαπλής ηχητικής δέσμης είναι μία συσκευή που συνήθως χρησιμοποιείται από υδρογραφικούς ερευνητές για να καθορίσουν το βάθος του νερού και τη φύση του πυθμένα. Τα περισσότερα σύγχρονα συστήματα λειτουργούν μεταδίδοντας ένα ευρύ ακουστικό παλμό από ένα ειδικά σχεδιασμένο αισθητήριο σε όλη τη λωρίδα καθ' όλη τη διαδρομή (Εικόνα 19) και έπειτα σχηματίζοντας μία λαμβάνουσα ακτίνα που είναι πολύ στενότερη (περίπου ένα βαθμό ανάλογα το σύστημα) για να δημιουργήσει μία αμφίδρομη χρονική διαδρομή από την ακουστικό παλμό. Εάν η ταχύτητα του ήχου στο νερό είναι γνωστή για τη γεμάτη στήλη νερού, το βάθος και η θέση του επιστρεφόμενου σήματος μπορεί να καθοριστεί από τη λαμβάνουσα γωνία και την αμφίδρομη χρονική διαδρομή ([http6](http://6))



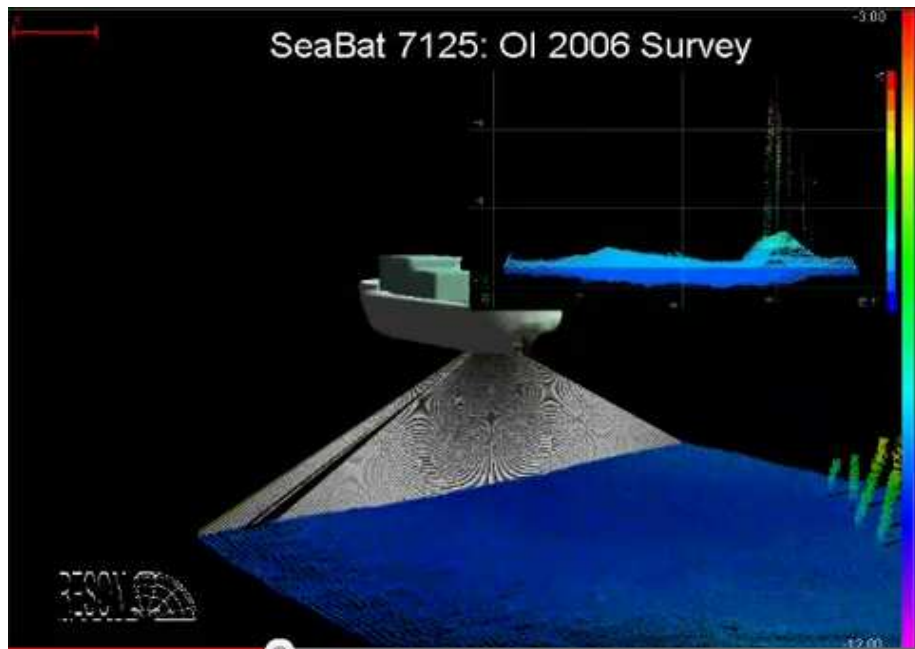
Εικόνα 19: Γενική εικόνα λειτουργίας ενός ηχοβολιστικού συστήματος πολλαπλής δέσμης. (http8)

Προκειμένου να καθοριστεί η γωνία μετάδοσης και λήψης της κάθε ακτίνας, ένα ηχοβολιστικό σύστημα πολλαπλής δέσμης απαιτεί ακριβή μέτρηση της κίνησης των βυθομέτρων σε σχέση με ένα καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Οι μετρούμενες τιμές είναι συνήθως η ταλάντωση, το βήμα, η κύλιση και η κατεύθυνση.

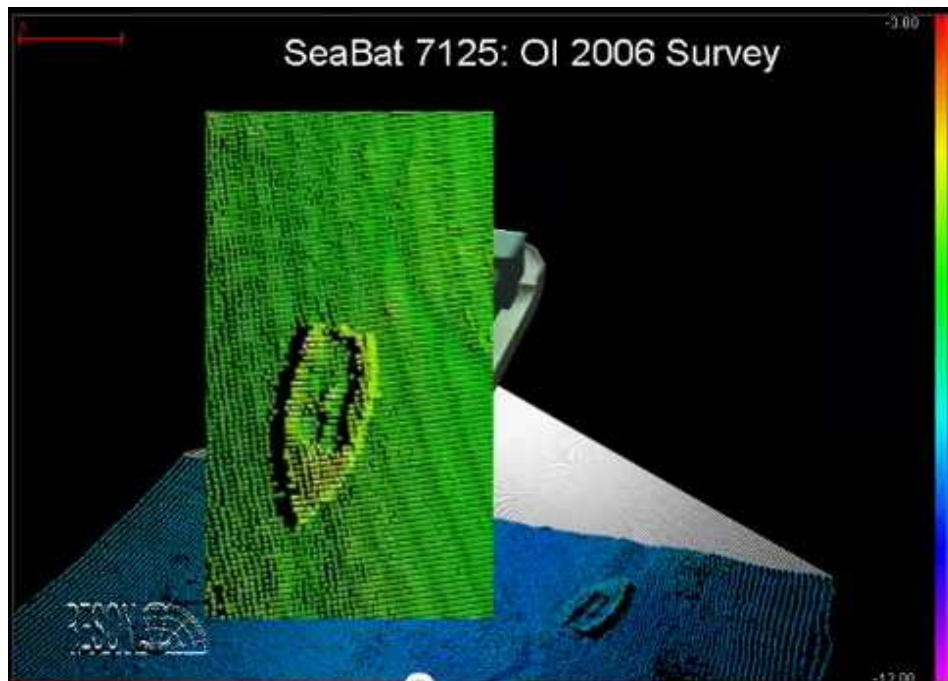
Ακολουθεί μία σειρά χαρακτηριστικών εικόνων σε 3D προσαρμογή τις ίδιες καταγραφές κάτω και πλαγίως μιας γέφυρας στο λιμάνι του Λονδίνου με ηχοβολιστικό σύστημα πολλαπλής δέσμης SeaBat 7125 (http9).



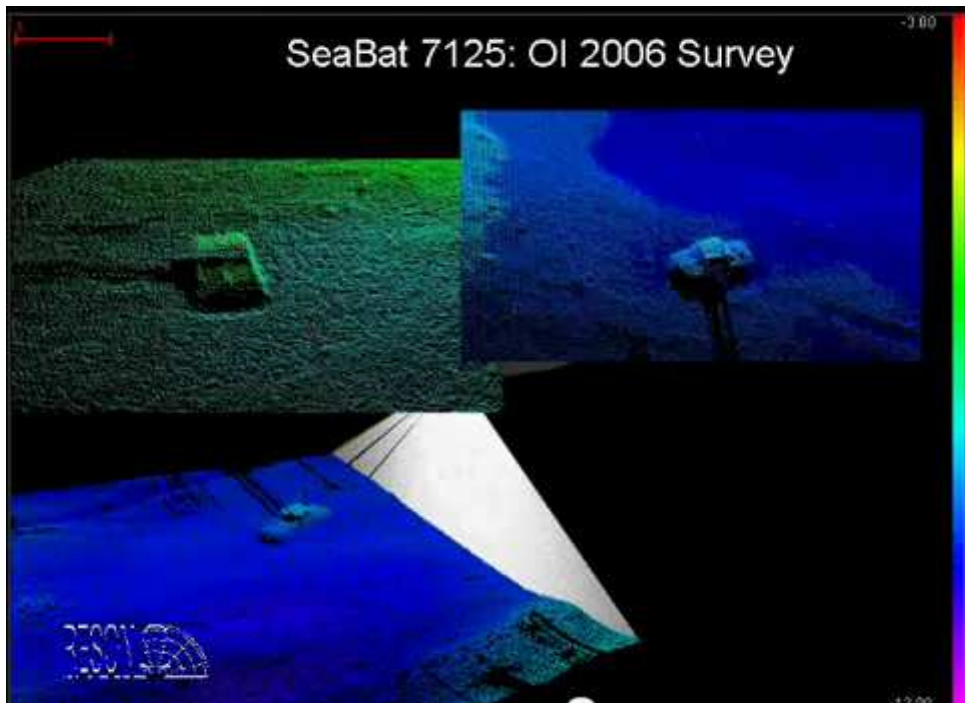
Εικόνα 20: Διακρίνονται όπως καταγράφονται από το σύστημα οι πάσσαλοι της γέφυρας (πράσινο χρώμα στα δεξιά) (http9)



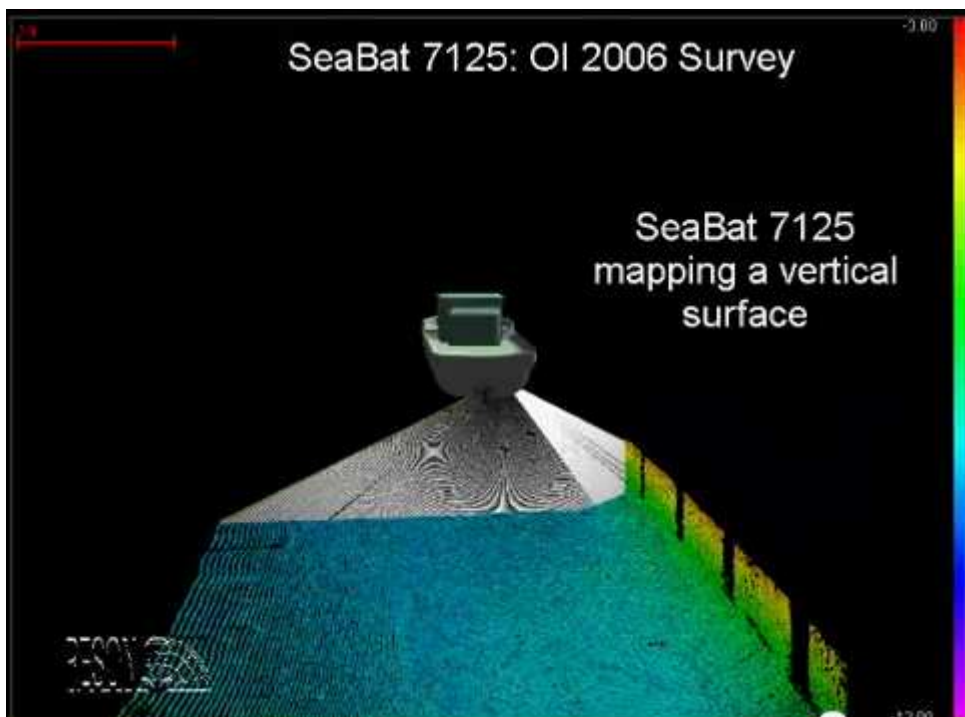
Εικόνα 21: Η καταγραφή γίνεται πάντα σε σχέση με κάποιο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων (δεξιά επάνω). (<http9>)



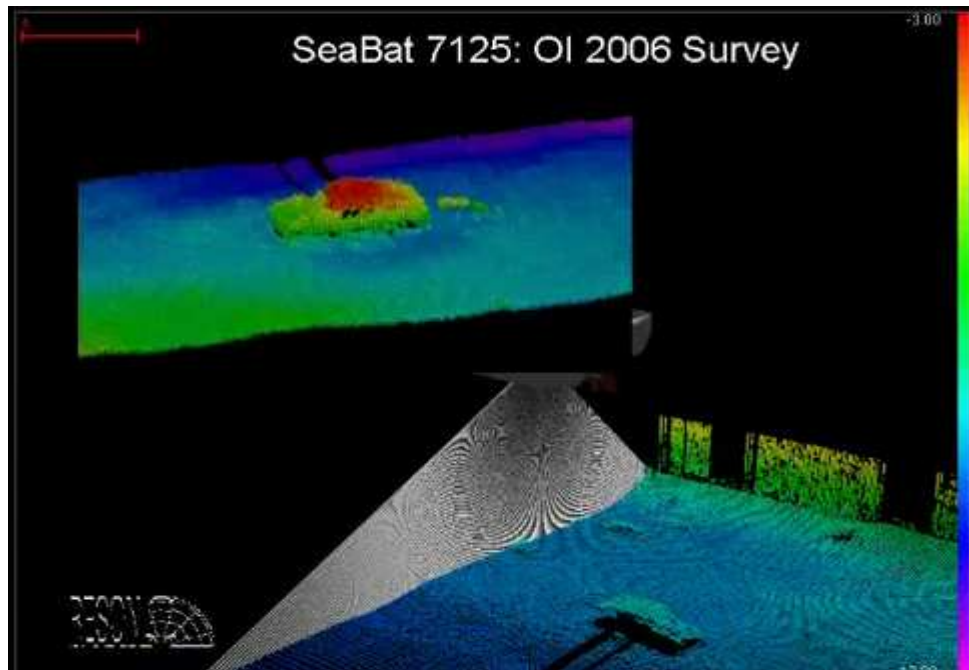
Εικόνα 22: Ακριβής εικόνα της καταγραφής μίας βάρκας έτσι όπως παρουσιάζεται στην οθόνη του ηχοβολιστικού συστήματος πολλαπλής δέσμης. (<http9>)



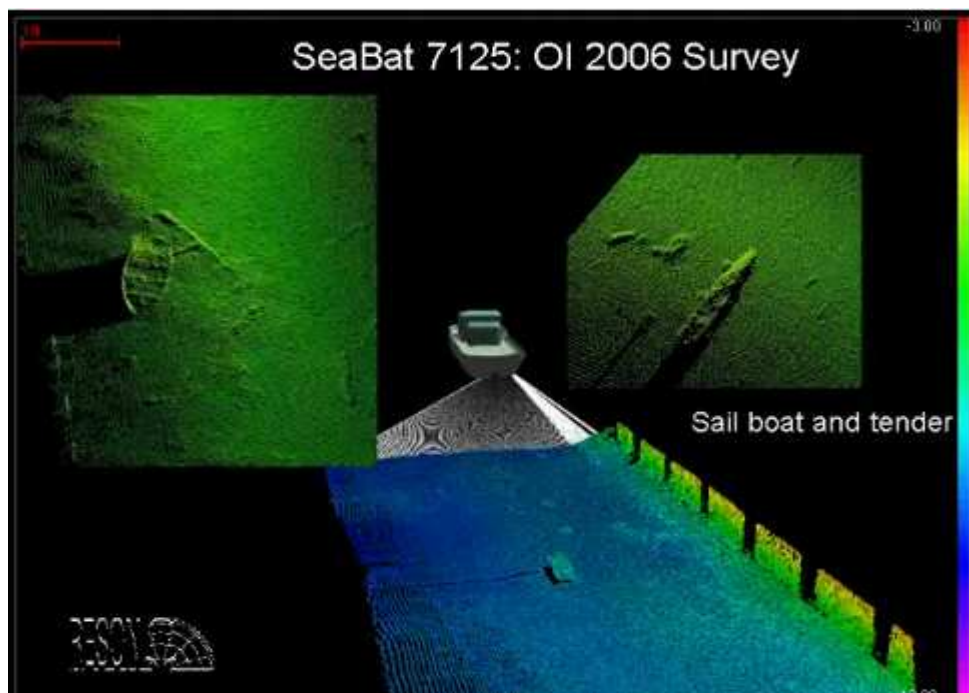
Εικόνα 23: Ακριβής εικόνα της καταγραφής ενός αυτοκινήτου έτσι όπως παρουσιάζεται στην οθόνη του ηχοβολιστικού συστήματος πολλαπλής δέσμης (επάνω δεξιά και αριστερά). (<http9>)



Εικόνα 24: Καταγράφοντας μία κατακόρυφη επιφάνεια (στα δεξιά). (<http9>)



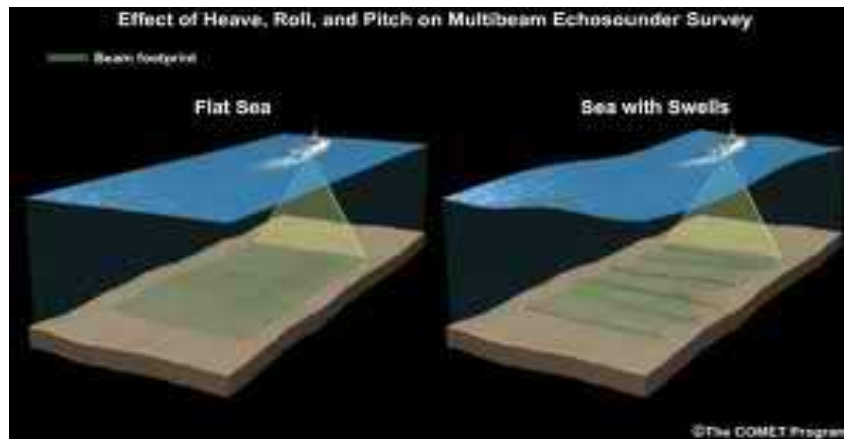
Εικόνα 25: Ακριβής εικόνα της καταγραφής ενός αυτοκινήτου έτσι όπως παρουσιάζεται στην οθόνη του ηχοβολιστικού συστήματος πολλαπλής δέσμης (επάνω αριστερά). (<http9>)



Εικόνα 26: Ακριβείς εικόνες των καταγραφών μίας βάρκας (αριστερά) κ μίας βοηθητικής βάρκας (δεξιά) έτσι όπως παρουσιάζεται στην οθόνη του ηχοβολιστικού συστήματος πολλαπλής δέσμης (επάνω αριστερά). (<http9>)

Σφάλματα χρησιμοποιώντας ηχοβολιστικά συστήματα πολλαπλής δέσμης

Είναι εύκολα κατανοητό ότι η ακρίβεια των ήχων χρησιμοποιώντας ηχοβολιστικό σύστημα πολλαπλής δέσμης θα επιδεινωθεί από τη δέσμη στο ναδίρ των δεσμών της εξωτερικής πλευράς, λόγω της δυναμικής κίνησης του πλοίου. Οι πιο σημαντικές επιδράσεις στα αποτελέσματα θα είναι λόγω της κίνησης στα roll, στα pitch και στην ταλάντωση (Εικόνα 27).



Εικόνα 27: Επίδραση της ταλάντωσης, της κύλισης και του βήματος κατά την καταγραφή. ([http10](http://10))

- Επίδραση της επιμήκης περιστροφής (Roll) (Εικόνα 28)

Η επιμήκης περιστροφή θα προκαλέσει πλευρική μετατόπιση της λωρίδας. Αυτό θα προκαλέσει μία κλίση του πυθμένα καθώς και λιγότερη εγγυημένη ερευνητική κάλυψη. Τα λάθη καθέτου διατομής που παράγει θεωρούνται σημαντικότερα σε περίπτωση υδρογραφικής έρευνας με ηχοβολιστικό σύστημα πολλαπλής δέσμης.

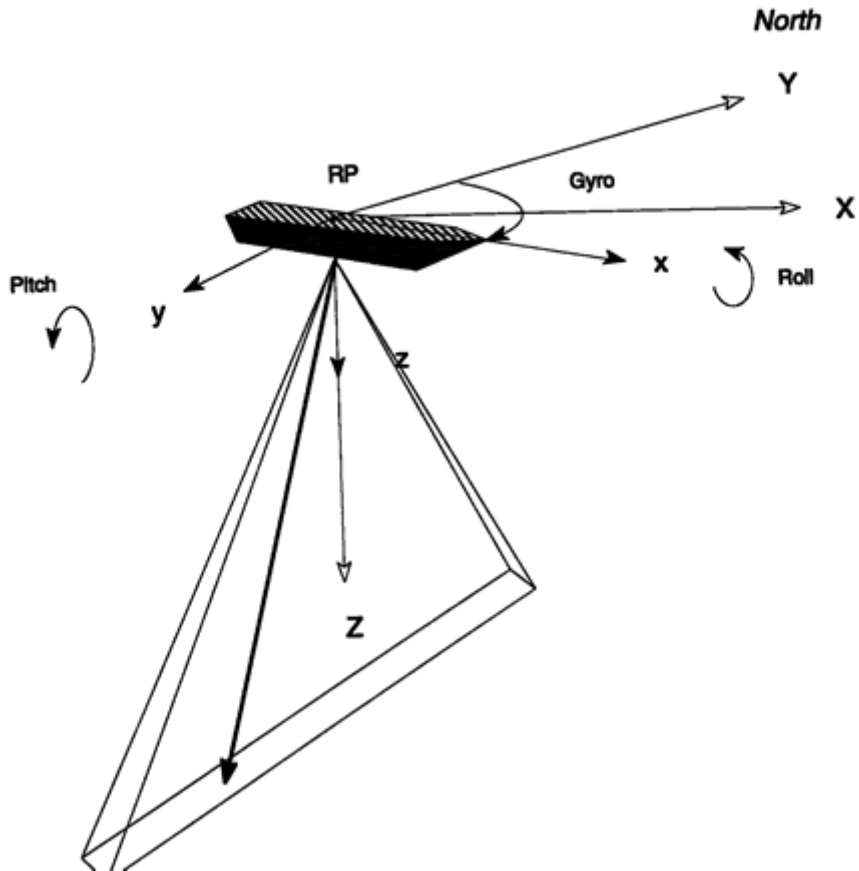
- Επίδραση της εγκάρσιας περιστροφής (Pitch) (Εικόνα 28)

Αυτό θα εκτοπίσει τον ήχο προς τα εμπρός ή προς τα πίσω με την επαπτόμενη της γωνίας του βήματος και ως εκ τούτου θα προκαλέσει οριζόντιο σφάλμα.

- Επίδραση της κατακόρυφης ταλάντωσης (RP) (Εικόνα 29)

Η ταλάντωση αλλάζει τη στιγμιαία ανύψωση του αισθητηρίου σε σχέση με τον πυθμένα της θάλασσας και άμεσα παράγει ένα κάθετο σφάλμα του ίδιου μεγέθους πάνω στον ήχο.

- Επίδραση της οριζόντιας στρέψης (Gyro) (Εικόνα 30)

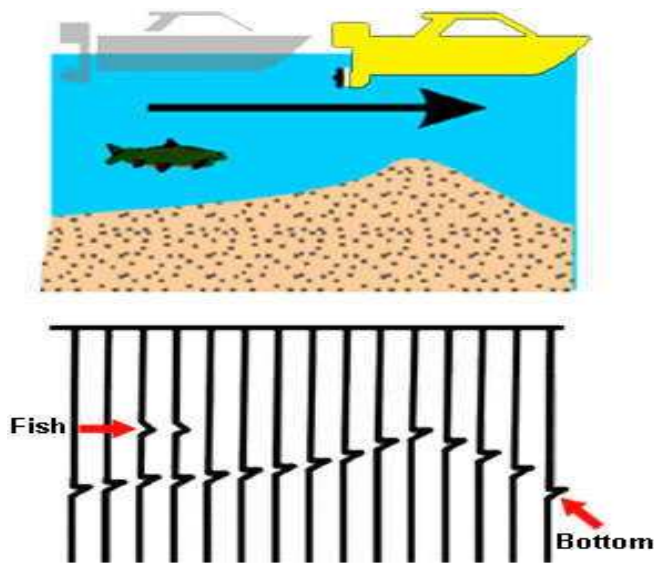


Εικόνα 30: Γεωμετρική εξέταση Ηχοβολιστικού συστήματος πολλαπλής δέσμης. (<http://11>)

Κατά συνέπεια, απαιτούνται αισθητήρες κίνησης για τη μέτρηση των παραπάνω κινήσεων ώστε η ακρίβεια των βυθομετρήσεων της εξωτερικής δέσμης να μπορεί να συγκριθεί με τις βολιδοσκοπήσεις που λαμβάνονται στο ναδίρ ή με τη χρήση ηχοβολιστικού συστήματος μονής δέσμης.

Ιχθυοανιχνευτικά βυθόμετρα (fishing echo-sounders)

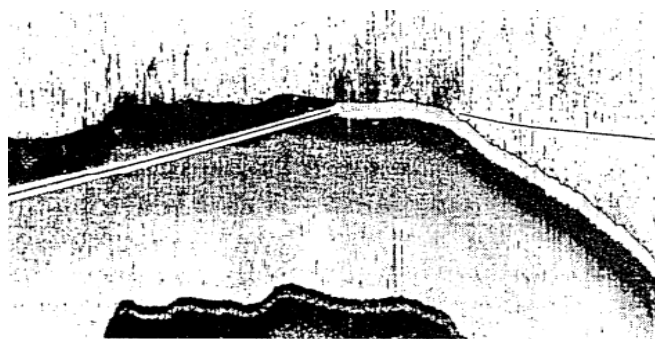
Η σημαντικότερη εφαρμογή των ηχοβολιστικών μεθόδων στην αλιεία είναι η ιχθυοανίχνευση με τη χρήση ιχθυοανιχνευτικών βυθομέτρων, η αποτελεσματικότητα των οποίων ελέγχεται απόλυτα από τη διακριτική ικανότητα του ιχθυοανιχνευτικού βυθομέτρου (Εικόνα 31). Το μήκος του παλμού ενός βυθομέτρου μπορεί να είναι 1ms, ενώ για την ιχθυοανίχνευση χρησιμοποιείται συνήθως παλμός 0.1 ms. Τα ψάρια καταγράφονται συνήθως είτε ως μεμονωμένοι στόχοι (άτομα ψαριών) είτε ως συγκεντρώσεις (κοπάδια ψαριών).



Εικόνα 31: Η καταγραφή ενός ψαριού με απλούστερη μορφή. ([http12](http://12))

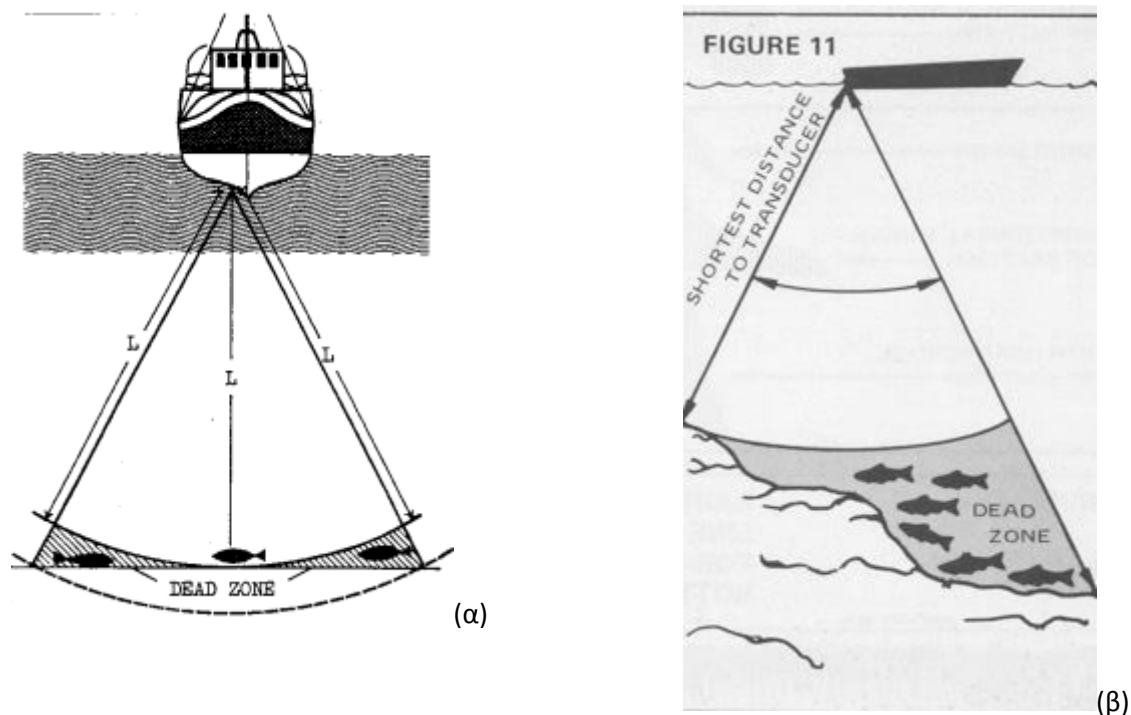
Σημαντικά προβλήματα στην ιχθυοανίχνευση αποτελούν ο εντοπισμός των ψαριών κοντά στην επιφάνεια του πυθμένα και συγκεκριμένα το ελάχιστο ύψος που μπορούν να βρίσκονται πάνω από αυτόν ώστε να εντοπιστούν, όπως και η σχετική τους θέση ως προς τον κύριο άξονα της δέσμης (φαινόμενο της νεκρής ζώνης).

Η παρουσία ιχθυοπληθυσμών κοντά στην επιφάνεια του πυθμένα είχε ως συνέπεια τη δύσκολη διάκρισή τους σε σχέση με αυτόν (είναι δυνατόν να θεωρηθούν μορφολογικές εξάρσεις). Η τοποθέτηση ειδικού φίλτρου στους δέκτες, το οποίο αποκόπτει τις ισχυρές ανακλάσεις που προέρχονται από τον πυθμένα, έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση μίας λευκής ή γκρι γραμμής στη θέση της επιφάνειας του πυθμένα, με συνέπεια την καταγραφή ασθενέστερων ανακλάσεων από ιχθυοπληθυσμούς πλησίον του βυθού (Εικόνα 32).



Εικόνα 32: Καταγραφή ιχθυοανιχνευτικού βυθομέτρου στην οποία παρουσιάζεται «λευκή γραμμή» μόνο κατά το ήμισυ της (δεξιά). Στο τμήμα αυτό της καταγραφής είναι εύκολη η αναγνώριση των ιχθυοπληθυσμών σε αντίθεση με το αριστερό τμήμα της καταγραφής όπου οι ιχθυοπληθυσμοί μπορούν να θεωρηθούν και τμήμα του πυθμένα. ([http6](http://6))

Το πρόβλημα της νεκρής ζώνης (Εικόνα 33α) προκύπτει εξαιτίας του εύρους της ηχητικής δέσμης και έχει ως συνέπεια στόχους (ψάρια) που βρίσκονται στην άκρη της δέσμης να υπερκαλύπτονται από ισχυρότερες ανακλάσεις που προέρχονται από το κεντρικό τμήμα της περιοχής ανάκλασης, το οποίο βρίσκεται πιο κοντά στον πομποδέκτη (Εικόνα 33β).



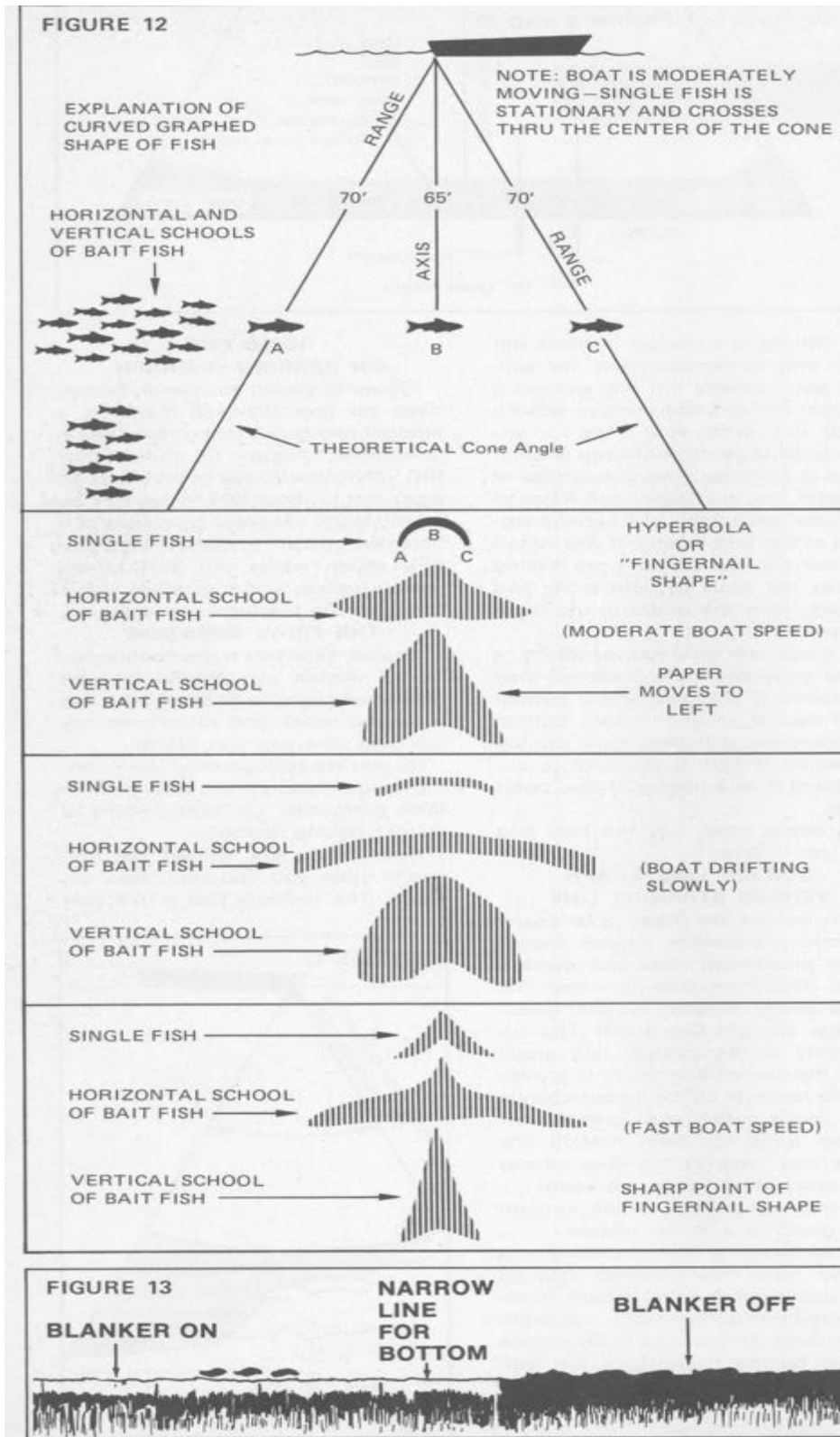
Εικόνα 33: (α) και (β) Το φαινόμενο της «νεκρής ζώνης» (dead zone). (<http6>)

Η σχέση της πυκνότητας ενός κοπαδιού με τη διακριτική ικανότητα του βυθομέτρου είναι σημαντική όσον αφορά στη μορφή που παρουσιάζει ο στόχος στην καταγραφή. Όταν η απόσταση μεταξύ των ατόμων (ψαριών) είναι μικρότερη από τη διακριτική ικανότητα του οργάνου τότε το κοπάδι καταγράφεται με τη μορφή ενός στρώματος (layer). Είναι δυνατόν να εντοπιστούν πολλά μεταβατικά στάδια από στρώματα με διάσπαρτα άτομα έως τα πυκνά ίχνη των κοπαδιών (Εικόνα 34). Ένα κοινό χαρακτηριστικό του στρωματοειδούς τύπου καταγραφής κοπαδιών είναι η παρουσία ατομικευμένων στόχων τόσο στην οροφή όσο και στη βάση του στρώματος.

Σημειώνεται ότι υπάρχει μία μεγάλη ποικιλία τύπων ιχνών (echo-types) με τα οποία καταγράφονται τα άτομα των ψαριών ή/και τα κοπάδια, σε καταγραφές βυθομέτρων διαφόρων τύπων (Εικόνα 34).

Στα σύγχρονα ιχθυαναχνευτικά βυθόμετρα είναι δυνατόν να επιλέξουμε την κατάλληλη συχνότητα, ισχύ, ενίσχυση σήματος, διαιρούμενες δέσμες και οτιδήποτε άλλο κρίνεται απαραίτητο για να «δημιουργήσουμε» το σύστημα ανίχνευσης ψαριών που ανταποκρίνεται ακριβώς στις ανάγκες της έρευνας ή της εργασίας μας (για το διαχωρισμό και την αναγνώριση των διαφόρων ψαριών). Τα υψηλής απόδοσης βυθόμετρα είναι πολύ μεγάλης ευαισθησίας και έχουν δυνατότητα βαθιάς

ανίχνευσης (μεγαλύτερη από 1000 μέτρα). Επιπλέον, η ενίσχυση του σήματος μπορεί να ρυθμιστεί έτσι ώστε να είναι ανεξάρτητη για ψάρι, κοπάδι ή για τον πυθμένα. Ακόμη, προσφέρουν τη δυνατότητα ανάλυσης του μεγέθους των ψαριών καθώς και ποσοστιαία κατανομή της ποσότητας των ψαριών (<http6>).



Εικόνα 34: Επεξήγηση σε ανάλογους ιχθυοπληθυσμούς των καταγραφών με βάση το σχήμα και την πυκνότητά τους. (<http://13>)

Ηχοβολιστικό σύστημα πολλαπλής δέσμης που χρησιμοποιήθηκε

Για την εξαγωγή αποτελεσμάτων, στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το ηχοβολιστικό σύστημα *Humminbird 797c2* (Εικόνα 35). Το 797c2 σύστημα διαθέτει οθόνη υπερ-υψηλής ανάλυσης 640V x 480H 5" και λαμπερών χρωμάτων και πομποδέκτη (Εικόνα 36). Επίσης πλάγιας λήψης και διπλής δέσμης PLUS με 4000Watts ισχύ εξόδου σόναρ, GPS με ενσωματωμένους σχεδιασμένους χάρτες και προηγμένες δυνατότητες για ψάρεμα.



Εικόνα 35: Ηχοβολιστικό σύστημα πολλαπλής δέσμης *Humminbird 797c2*. ([http14](http://14))



Εικόνα 36: Πομποδέκτης *Humminbird AS-GR16* GPS Receiver. ([http15](http://15))

Προηγμένα χαρακτηριστικά SONAR(http15)

- Στιγμαίο πάγωμα της οθόνης με δυνατότητα σημειώσεων στη δομή του Sonar.
- Άμεση ενημέρωση εικόνας.
- Παράθυρο αληθινής ώρας λήψεως του Sonar.
- Επιλεκτική αναγνώριση ψαριών.
- Ενίσχυση ήχου του Sonar.
- Καταγραφή Sonar.
- Διαχωρισμός οθόνης σε περίπτωση μεγέθυνσης.
- TrueArch τεχνολογία.
- Δυνατότητα διαχωρισμού οθόνης ανάλογα με τη δέσμη (ευρεία ή στενότερη).
- Εύχρηστη τεχνολογία.
- Προσαρμοσμένη ψηφιακή επιλογή ανάγνωσης.
- Προσαρμοσμένες επιλογές όψεων των εικόνων.
- Μεγάλα ψηφία.
- Γρήγορη αποσύνδεση συστήματος τοποθέτησης.
- Επιλογή φόντου.
- Συναγερμός θερμοκρασίας.
- Δυνατότητα σύνδεσης με ταξίδι.
- Γρήγορο μενού συστήματος

Δέκτης GPS που χρησιμοποιήθηκε

Για τον συνεχή προσδιορισμό της γεωγραφικής θέσης του σκάφους, στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε ο δέκτης Garmin GPSmap 276C (Εικόνα: 37). Το GPSmap 276C είναι ένας ευέλικτος έγχρωμος χαρτογράφος και πλοηγός, ιδανικός τόσο για την ξηρά όσο και για τα ύδατα. Αυτό το φορητό σύστημα πλοήγησης διαθέτει μία 256-εγχρωμη αναγνώσιμη οθόνη υπό το φως του ήλιου TFT και έναν ενσωματωμένο αυτόματης συνδεσμολογίας βασικό χάρτη που μπορεί να σας οδηγήσει παντού. ([http16](http://16))



Εικόνα 37: Ο δέκτης Garmin GPSmap 276C. ([http17](http://17))

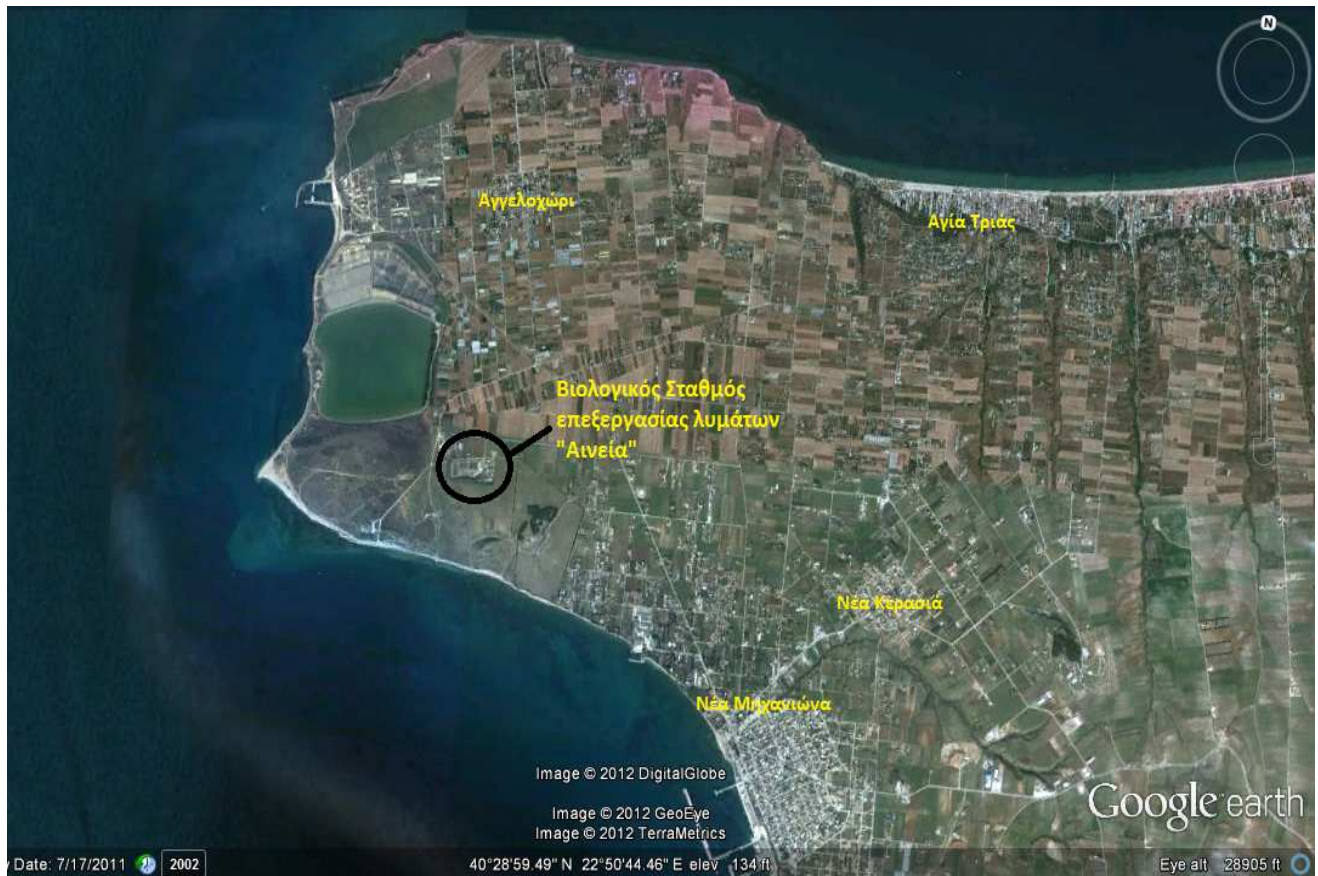
Μεθοδολογία πεδίου

Για την παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε ένα φουσκωτό σκάφος τύπου Zodiac μήκους 3,5 μέτρων (Εικόνα 38), πάνω στο οποίο τοποθετήσαμε το ηχοβολιστικό σύστημα πολλαπλής δέσμης (multibeam ecosounder) που αναφέραμε παραπάνω (Humminbird 797c2) και τον GPS δέκτη (Garmin GPS map 276c) οποίος μας έδειχνε συνεχώς την θέση μας επάνω στην επιφάνεια της Γης.



Εικόνα 38: Φουσκωτό τύπου Zodiac μήκους 3,5 μέτρων που χρησιμοποιήθηκε. ([http18](http://18))

Στόχος της εργασίας αυτής ήταν η ακολουθία της πορείας και η παρατήρηση της κατάστασης του αγωγού των λυμάτων που καταλήγει στη θάλασσα του βιολογικού σταθμού επεξεργασίας λυμάτων «Αινεία» (Εικόνα 39). Για την επίτευξη του στόχου στις 30/11/2011 πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή Τούζλα-Αγγελοχωρίου δοκιμαστικές διαδρομές για να εντοπιστεί ο αγωγός.



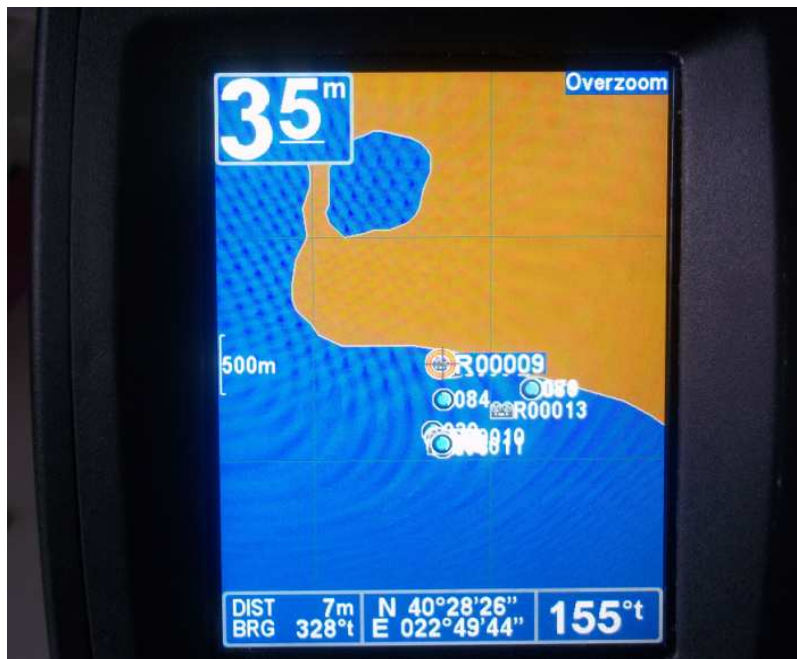
Εικόνα 39: Αεροφωτογραφία της περιοχής. Διακρίνεται ο Βιολογικός Σταθμός επεξεργασίας λυμάτων «Αινεία» και τα γύρω χωριά. (Google earth)

Αποτελέσματα:

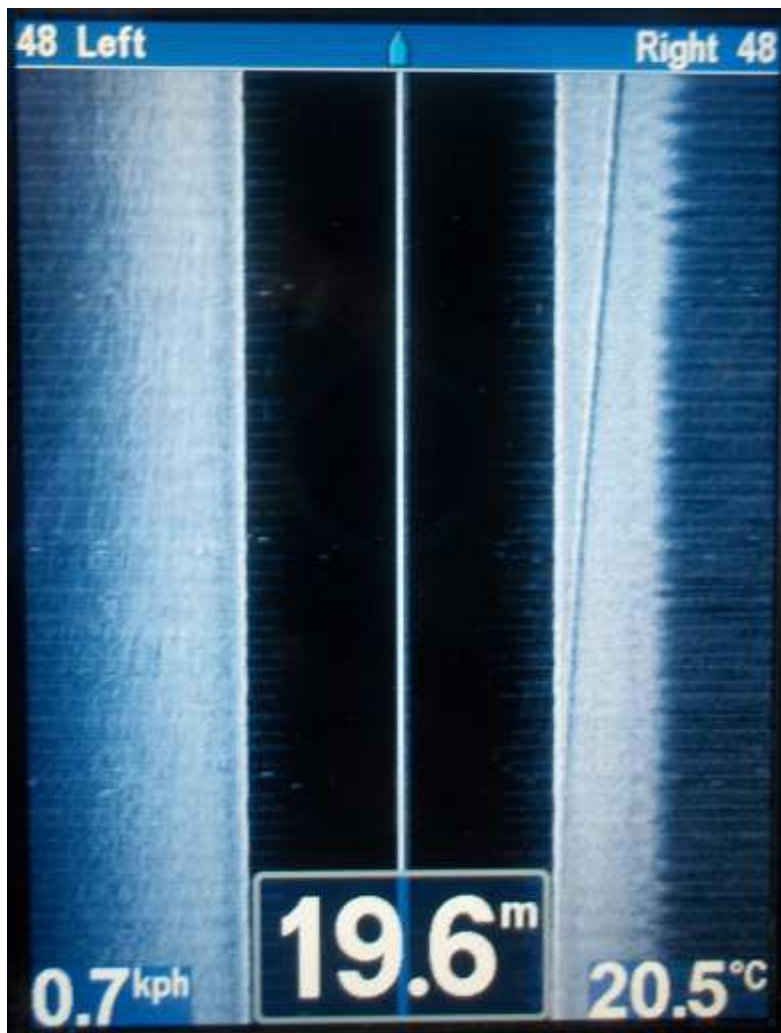
Οι δοκιμαστικές διαδρομές πραγματοποιήθηκαν σε συγκεκριμένη θαλάσσια περιοχή (Εικόνα 40) με σκοπό τον εντοπισμό, την ακολουθία της πορείας (Εικόνα 42) και την παρατήρηση της κατάστασης του αγωγού των λυμάτων. Από το σημείο εκκίνησης (Εικόνα 41) και με σταθερή ταχύτητα, το σκάφος αρχικά κατευθύνθηκε σε διεύθυνση BBA-NNΔ με κατεύθυνση NNΔ, στη συνέχεια με κατεύθυνση BBA και τέλος στη διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ με διαφορετικές κατευθύνσεις με σκοπό τη λήψη εικόνων τομής του αγωγού από το ηχοβολιστικό σύστημα.



Εικόνα 40: Αεροφωτογραφία της περιοχής όπου φαίνεται η θαλάσσια περιοχή μελέτης. (Google earth)

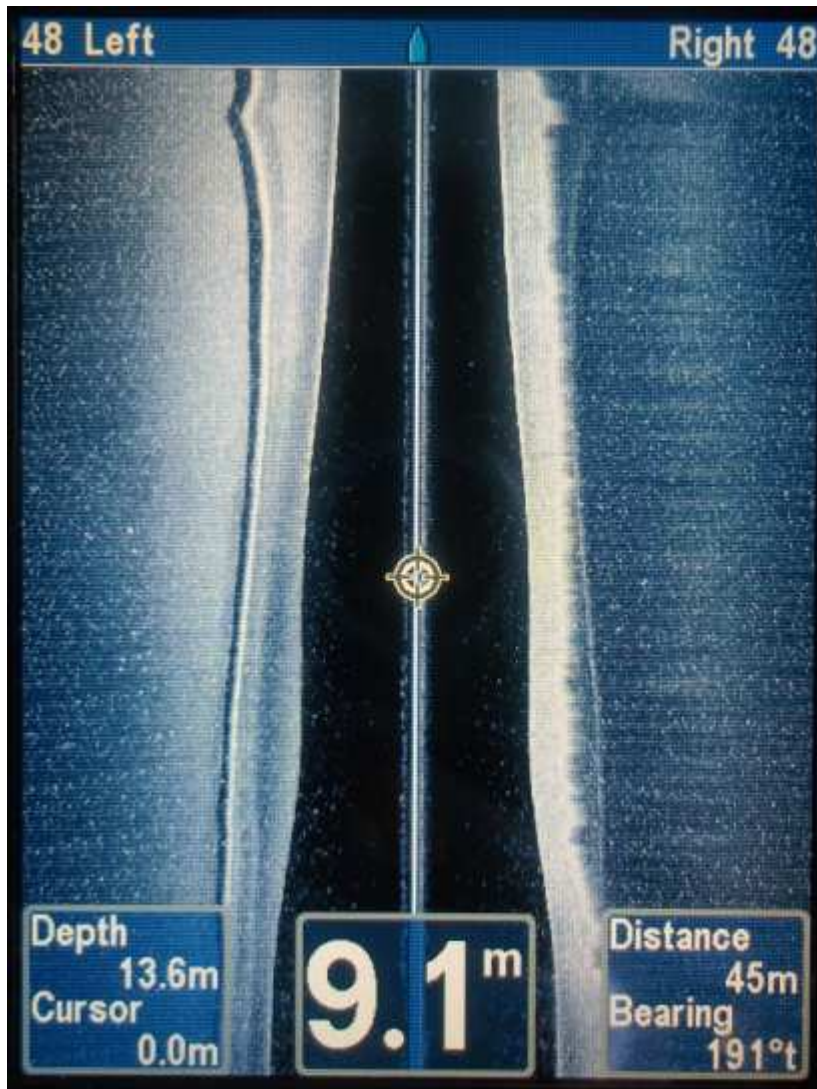


Εικόνα 41: Το σημείο(R00009) εκκίνησης των δοκιμαστικών διαδρομών. (Φωτογραφία τραβηγμένη απευθείας από το ηχοβολιστικό σύστημα).

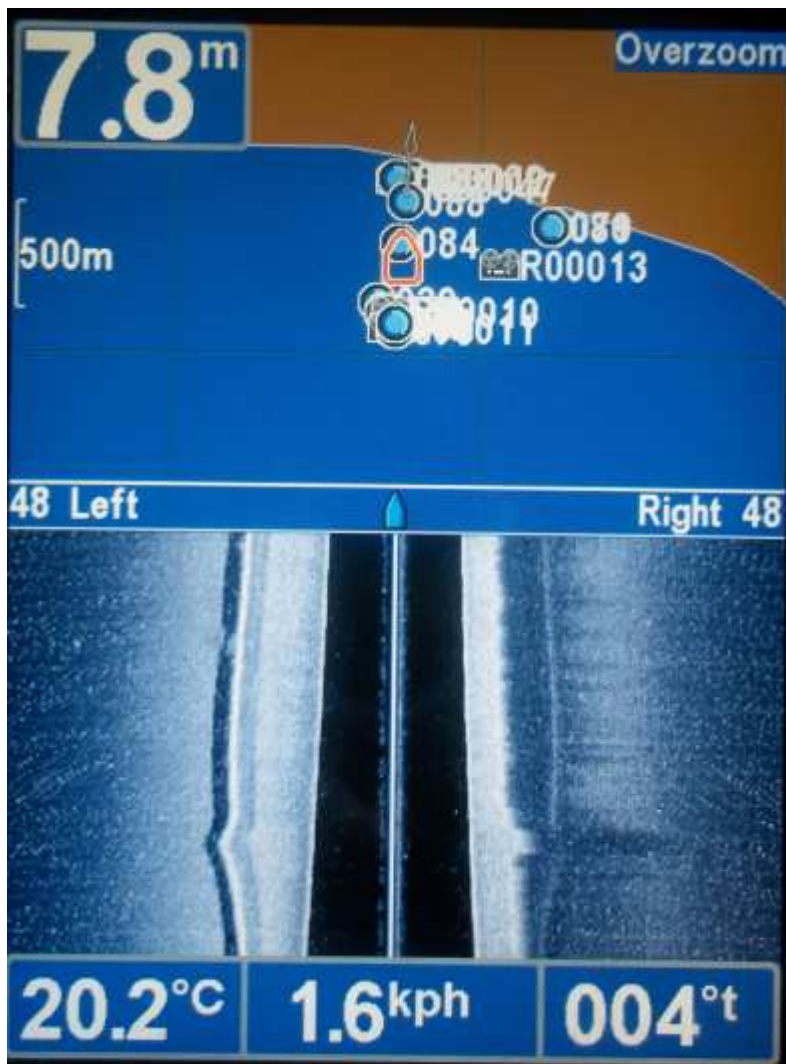


Εικόνα 42: Ξεκάθαρη εικόνα του αγωγού στα 19.6m βάθος, στα δεξιά της φωτογραφίας.

Εξαιτίας της πολύ μικρής ταχύτητας που διατηρούσαμε, τις περισσότερες φορές το σκάφος ήταν αδύνατο να κρατήσει σταθερή την πορεία του, γι' αυτό και ο αγωγός παρουσιάζεται στρεβλωμένος σε ορισμένες καταγραφές του ηχοβολιστικού συστήματος (Εικόνα 43 και 44). Στην πραγματικότητα είναι ίσιος και οι στρεβλώσεις οφείλονται στις κινήσεις του σκάφους (ζιγκ-ζαγκ).

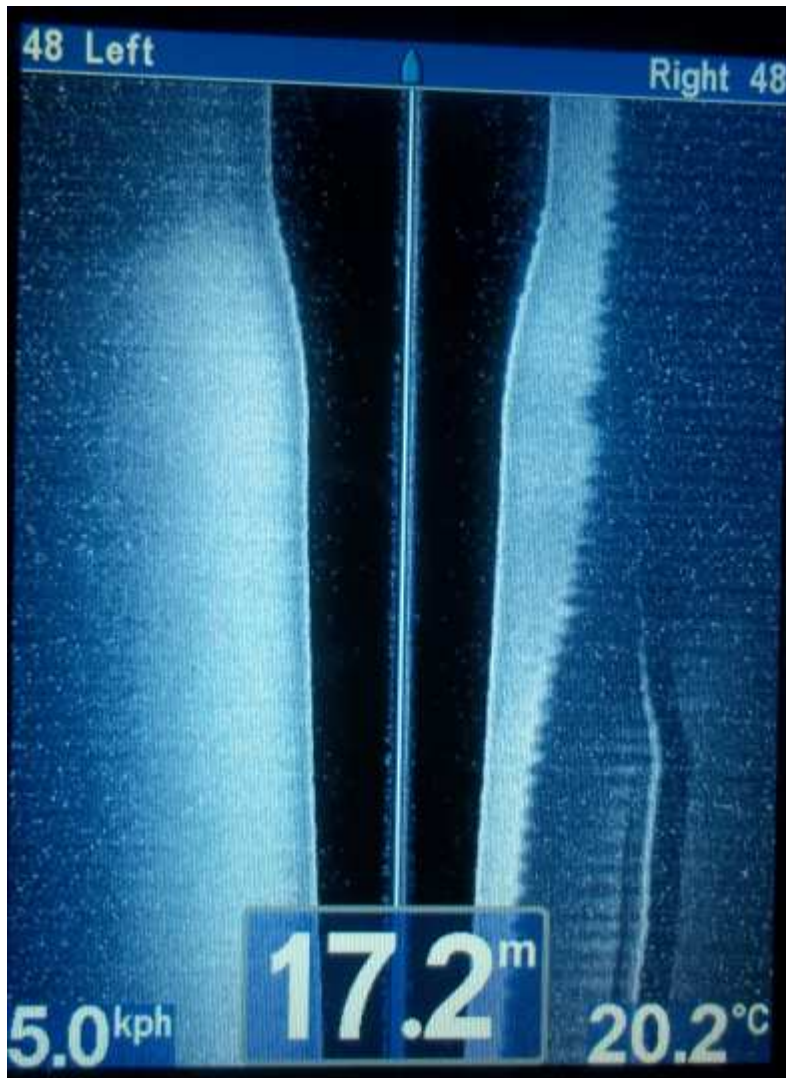


Εικόνα 43: Ο αγωγός στρεβλωμένος στα αριστερά της φωτογραφίας εξαιτίας της μη σταθερής πορείας του σκάφους στα 9.1m βάθος.

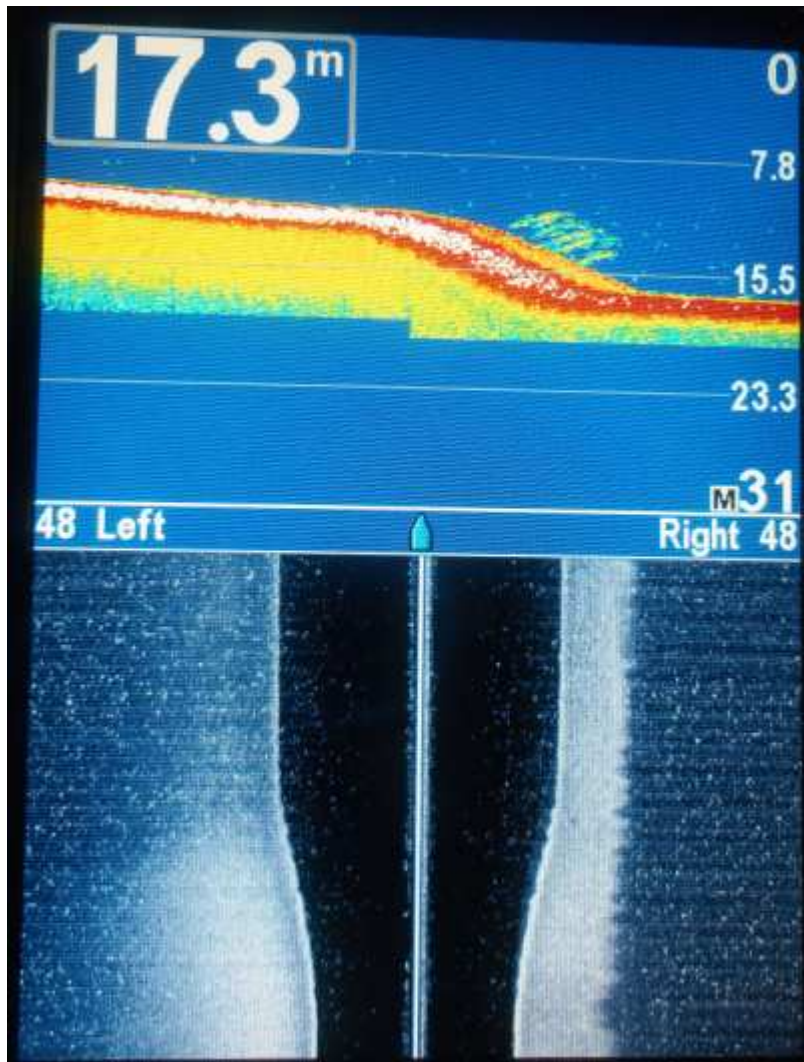


Εικόνα 44: Ο αγωγός στρεβλωμένος (κάτω αριστερά της εικόνας) φωτογραφίας εξαιτίας της μη σταθερής πορείας του σκάφους. Στο πάνω μέρος της φωτογραφίας διακρίνεται το σημείο (πορτοκαλί βάρκα) πάνω στο χάρτη της περιοχής όπου παρουσιάζεται η συγκεκριμένη εικόνα του αγωγού στο κάτω μέρος της φωτογραφίας.

Στο βάθος των 7m περίπου υπάρχει μία απότομη αύξηση του βάθους, από 7m αυξάνεται στα 17m περίπου. Η αύξηση αυτή του βάθους καταγράφεται από το ηχοβολιστικό σύστημα ως απότομη καμπύλωση στο πλάτος του διακένου (Εικόνα 45) (όσο μεγαλώνει το πλάτος του διακένου, τόσο μεγαλώνει το βάθος του νερού) στην καταγραφή και ως «σκαλοπάτι» στην εγκάρσια εικόνα του ηχοβολιστικού συστήματος (Εικόνα 46).



Εικόνα 45: Η καταγραφή της απότομης αύξησης του βάθους ως απότομη καμπύλωση στο πλάτος του διακένου των δεσμών του ηχοβολιστικού συστήματος. Επίσης κάτω και δεξιά της εικόνας παρατηρούμε τον αγωγό ο οποίος θάβεται-καλύπτεται από τα υλικά του πυθμένα και «χάνεται» η εικόνα του.

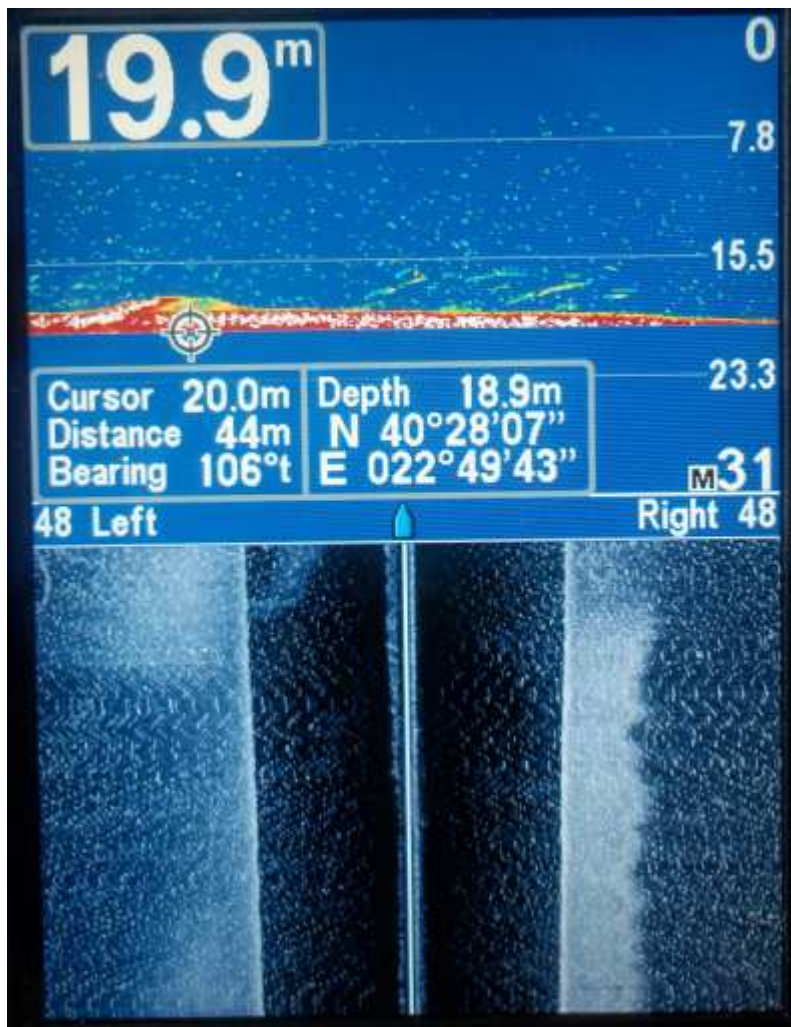


Εικόνα 46: Η καταγραφή της απότομης αύξησης του βάθους ως «σκαλοπάτι» στην εγκάρσια εικόνα του ηχοβολιστικού συστήματος (πάνω μέρος της εικόνας).

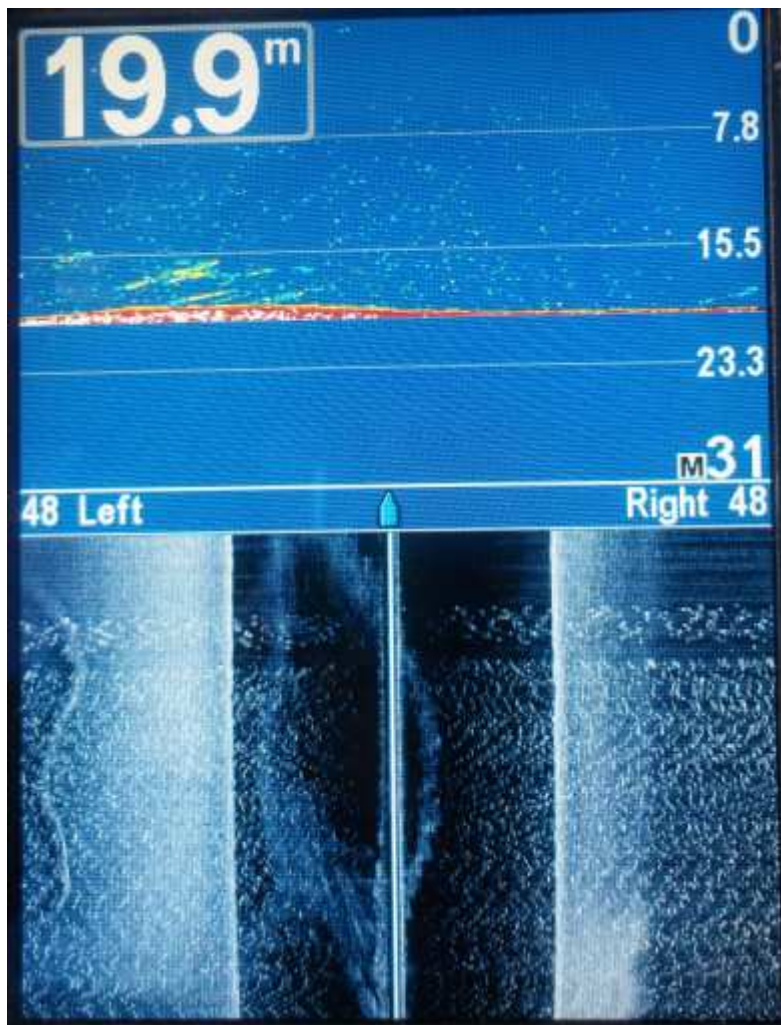
Το σημείο διάχυσης του αγωγού βρίσκεται ακριβώς στα 20m βάθος (Εικόνα 47). Από την εικόνα του ηχοβολιστικού συστήματος παρατηρούμε ότι υπάρχει μεγάλη αύξηση στην ποσότητα των αιωρούμενων σωματιδίων (Εικόνα 48). Τα αιωρούμενα αυτά σωματίδια είναι τόσο τα προϊόντα της διάχυσης του αγωγού όσο και η θολότητα του νερού ή ακόμη και θαλάσσια ζωή, ψάρια, που τρέφονται από τα προϊόντα αυτά της διάχυσης (Εικόνα 48 και 49). Το θετικό από την καταγραφή του σημείου διάχυσης είναι η παρατήρηση ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των αιωρούμενων σωματιδίων παραμένουν σε μεγάλο βάθος κοντά στον πυθμένα κ δεν ανεβαίνουν κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας (Εικόνα 50).



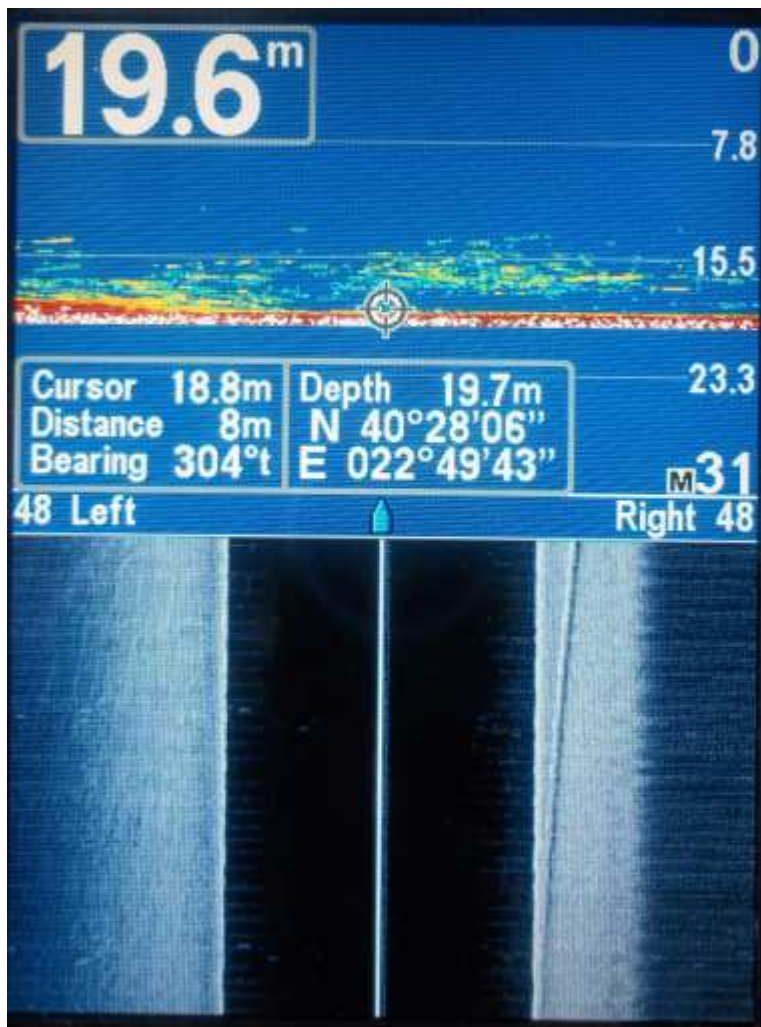
Εικόνα 47: Το σημείο (R000010) απεικονίζει το σημείο διάχυσης του αγωγού λυμάτων. Όπως παρατηρούμε στην πάνω αριστερά γωνία της φωτογραφίας, το βάθος είναι 19.9m ≈ 20m.



Εικόνα 48: Εγκάρσια τομή (πάνω μισό της φωτογραφίας) του ηχοβολιστικού συστήματος στο σημείο διάχυσης του αγωγού. Παρατηρούμε ότι υπάρχει μεγάλη αύξηση στην ποσότητα των αιωρούμενων σωματιδίων (μπλε στίγματα) και στην συγκέντρωση ψαριών (κίτρινα στίγματα) σε βάθος 19.9m. Στο κάτω μισό της φωτογραφίας παρατηρούμε μεγάλη ποσότητα «θορύβου» (όλος αυτός ο άτακτος κυματισμός) στην καταγραφή του ηχοβολιστικού συστήματος λόγω της παρουσίας των διάφορων αιωρούμενων σωματιδίων.

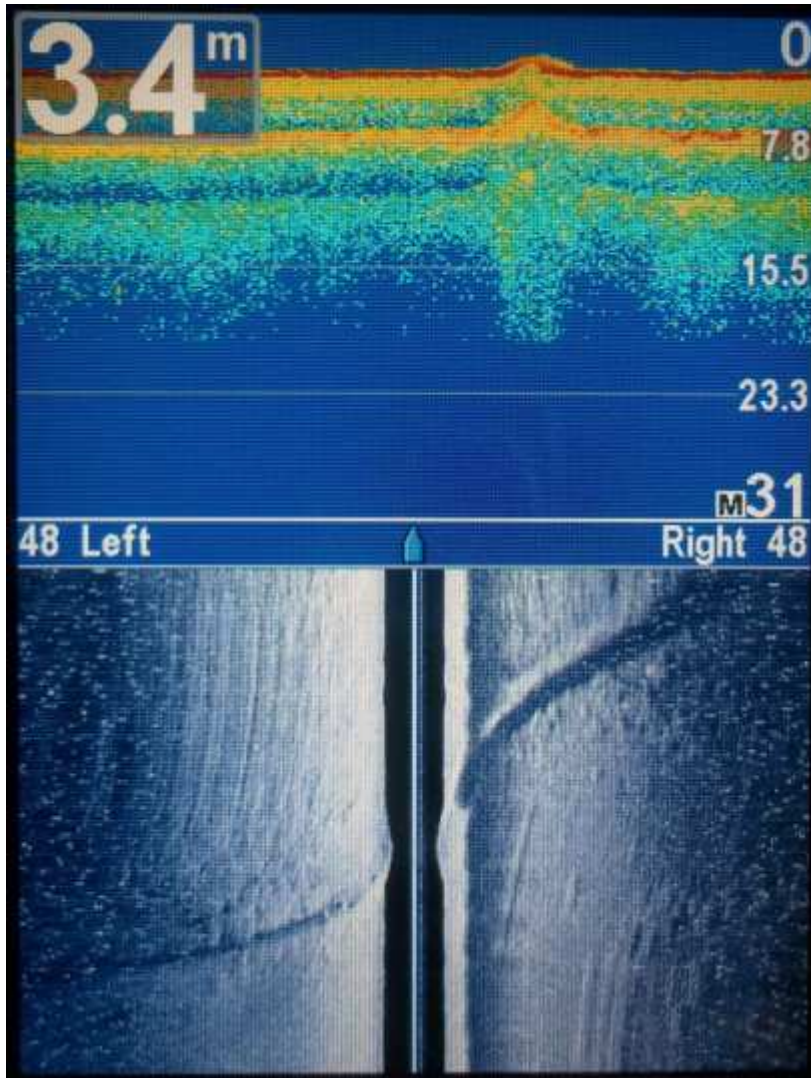


Εικόνα 49: Παρόμοια εικόνα του σημείου διάχυσης με την εικόνα .

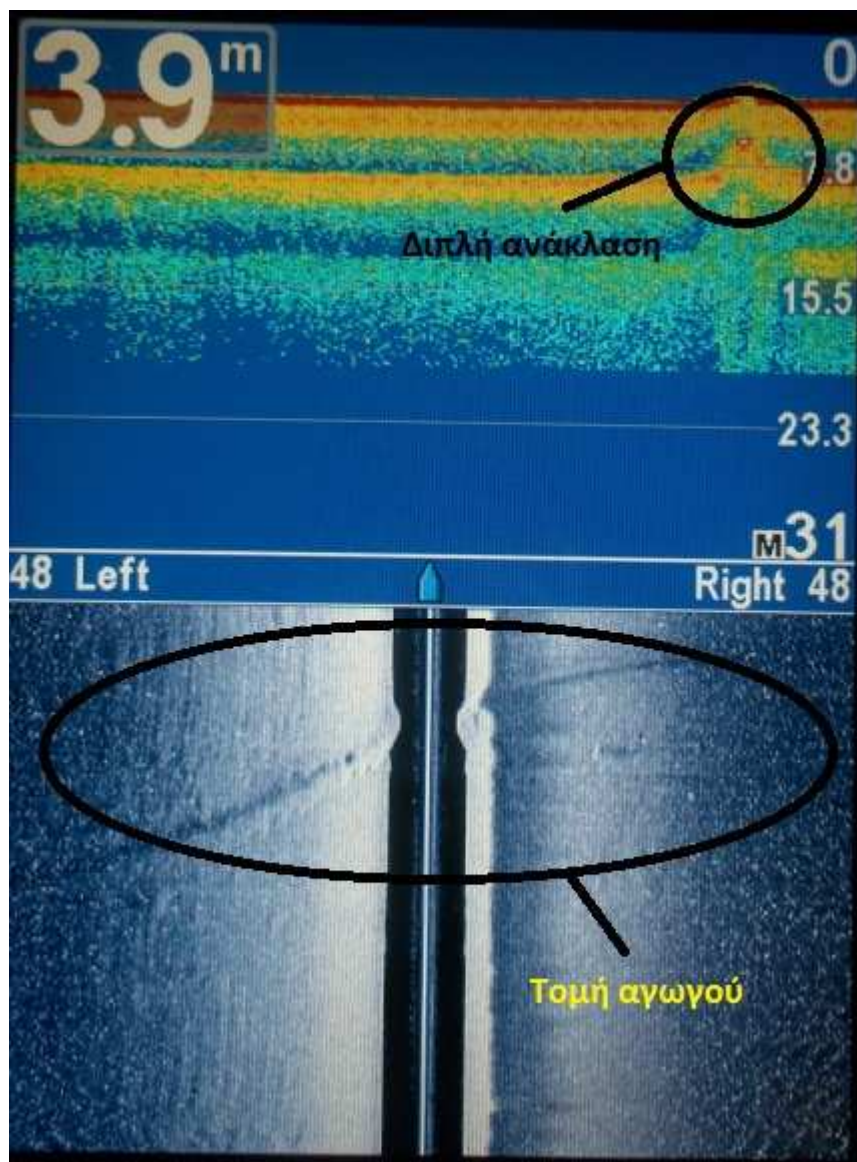


Εικόνα 50: Καθώς πλησιάζουμε στη διάχυση του αγωγού, στα 19.6m. Στα πάνω μισό της φωτογραφίας παρατηρούμε το μεγάλο ποσοστό των αιωρούμενων σωματιδίων στο νερό. Στο κάτω μισό και δεξιά της φωτογραφίας παρατηρούμε τον αγωγό σε περίπου ευθεία έκταση.

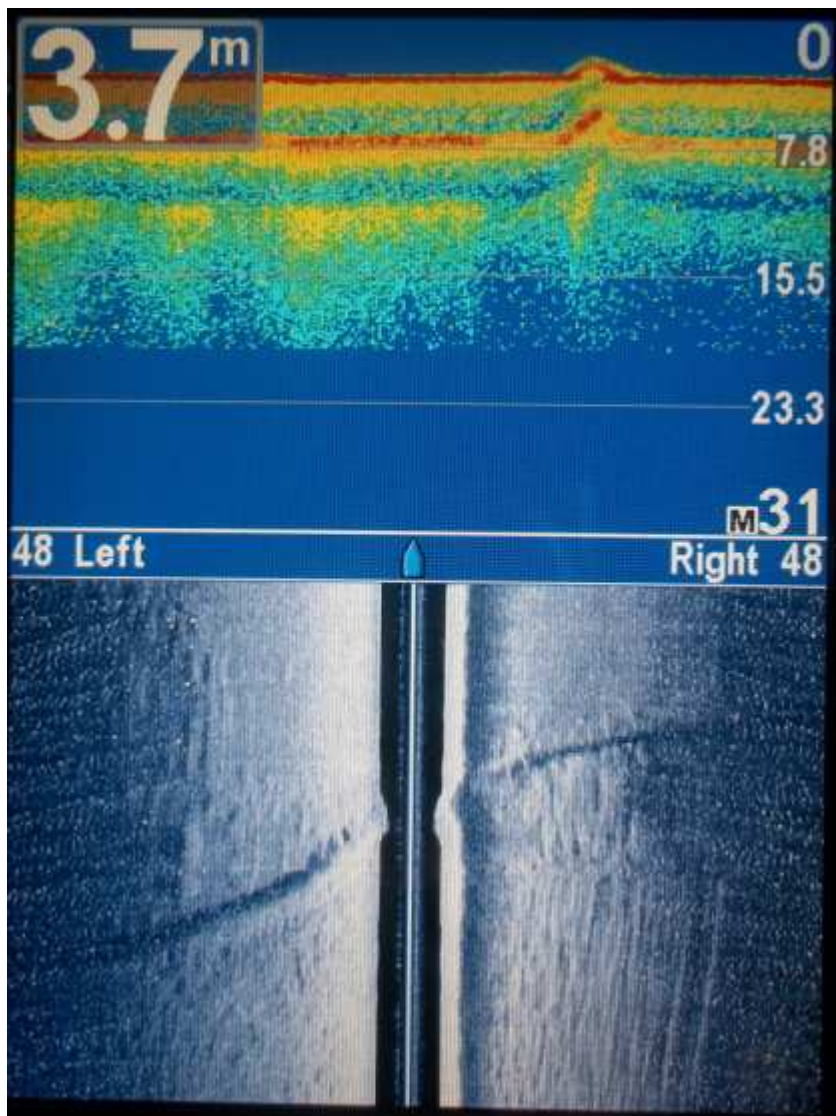
Όπως προαναφέρθηκε κ παραπάνω, οι δοκιμαστικές διαδρομές στη διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ με διαφορετικές κατευθύνσεις πραγματοποιήθηκαν με σκοπό τη λήψη εικόνων τομής του αγωγού από το ηχοβολιστικό σύστημα (Εικόνα 51, 52,53,54 ΚΑΙ 55). Κατά τη διάρκεια αυτών των διαδρομών καταφέραμε να «κόψουμε» αρκετές φορές τον αγωγό(Εικόνα 51, 52, 53, 54 ΚΑΙ 55) και να πάρουμε χαρακτηριστικές εικόνες του από τις οποίες μπορέσαμε να υπολογίσουμε την πραγματική διάμετρο του (Εικόνα 52). Λαμβάνοντας υπ' όψη μας την διπλή ανάκλαση του ηχοβολιστικού συστήματος μας και την αξιόπιστη απεικόνιση των πραγματικών βαθών στις πλάγιες όψεις του, υπολογίσαμε ότι η πραγματική διάμετρος του αγωγού λυμάτων είναι στα 52cm (Εικόνα 52).



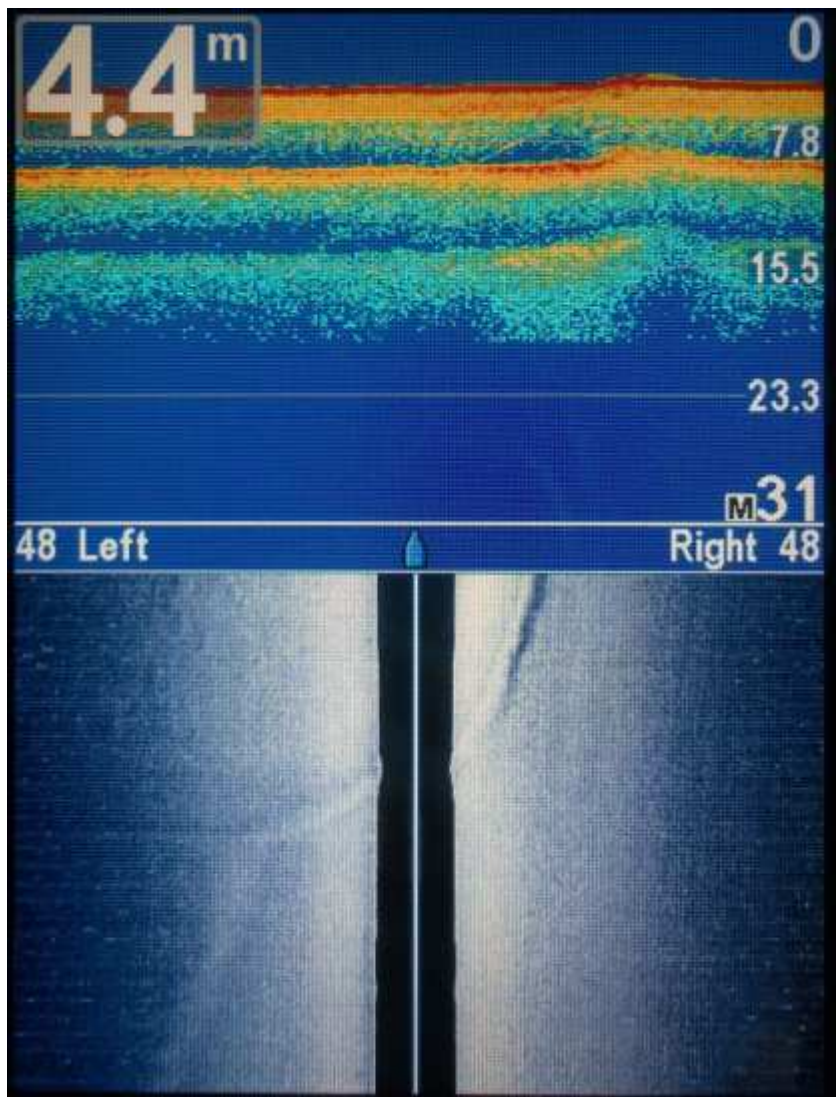
Εικόνα 51: Τομή του αγωγού από τις δέσμες του ηχοβολιστικού συστήματος στα 3.4m βάθος. Στο κάτω μισό της φωτογραφίας διακρίνεται ο αγωγός «κομμένος», ενώ στο πάνω μισό της φωτογραφίας παρατηρείται η εγκάρσια διπλή ανάκλαση του αγωγού έτσι όπως διακρίνεται από τον πυθμένα.



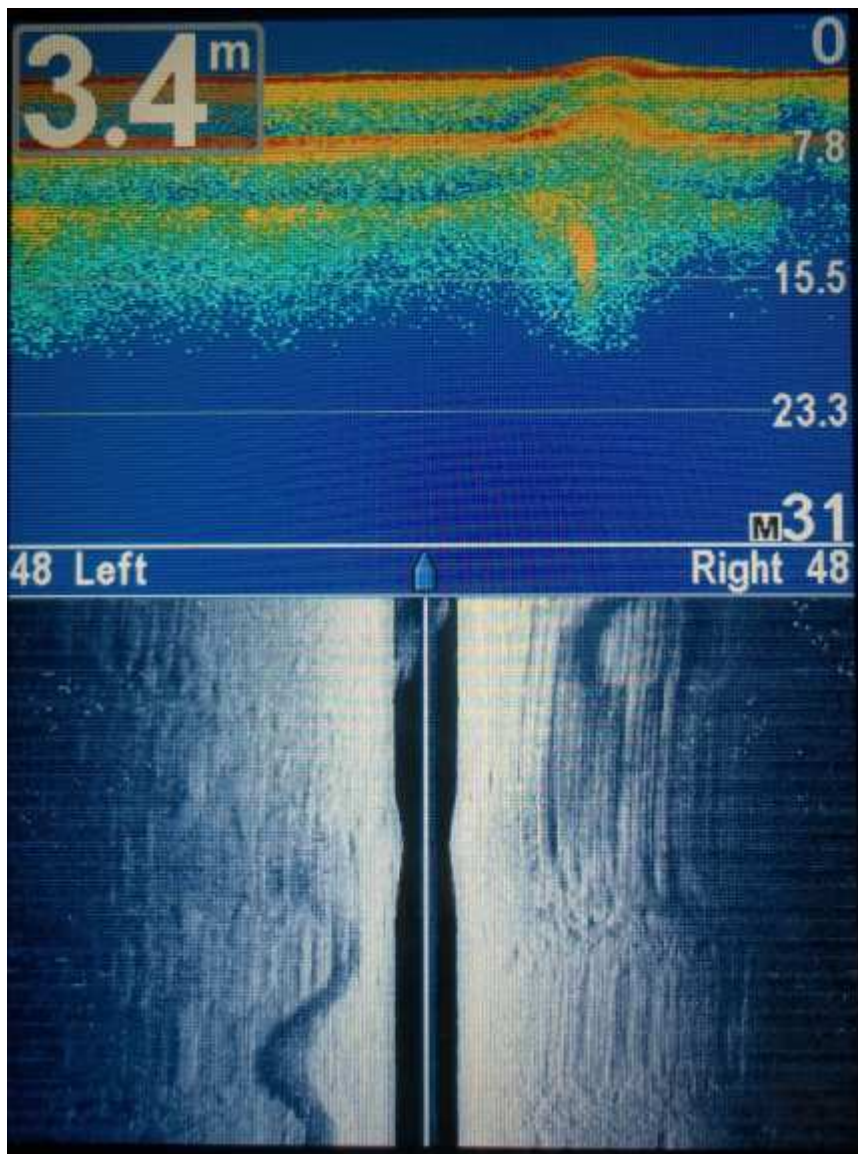
Εικόνα 52: Τομή του αγωγού από τις δέσμες του ηχοβολιστικού συστήματος στα 3.9m βάθος. Στο κάτω μισό της φωτογραφίας διακρίνεται ο αγωγός «κομμένος», ενώ στο πάνω μισό της φωτογραφίας παρατηρείται η εγκάρσια διπλή ανάκλαση του αγωγού έτσι όπως διακρίνεται από τον πυθμένα. Από τη συγκεκριμένη φωτογραφία μετρήσαμε και υπολογίσαμε την πραγματική διάμετρο του αγωγού των λυμάτων.



Εικόνα 53: Τομή του αγωγού από τις δέσμες του ηχοβολιστικού συστήματος στα 3.7m βάθος. Στο κάτω μισό της φωτογραφίας διακρίνεται ο αγωγός «κομμένος», ενώ στο πάνω μισό της φωτογραφίας παρατηρείται με διπλή ανάκλαση η ανύψωση του αγωγού έτσι όπως διακρίνεται από τον πυθμένα.

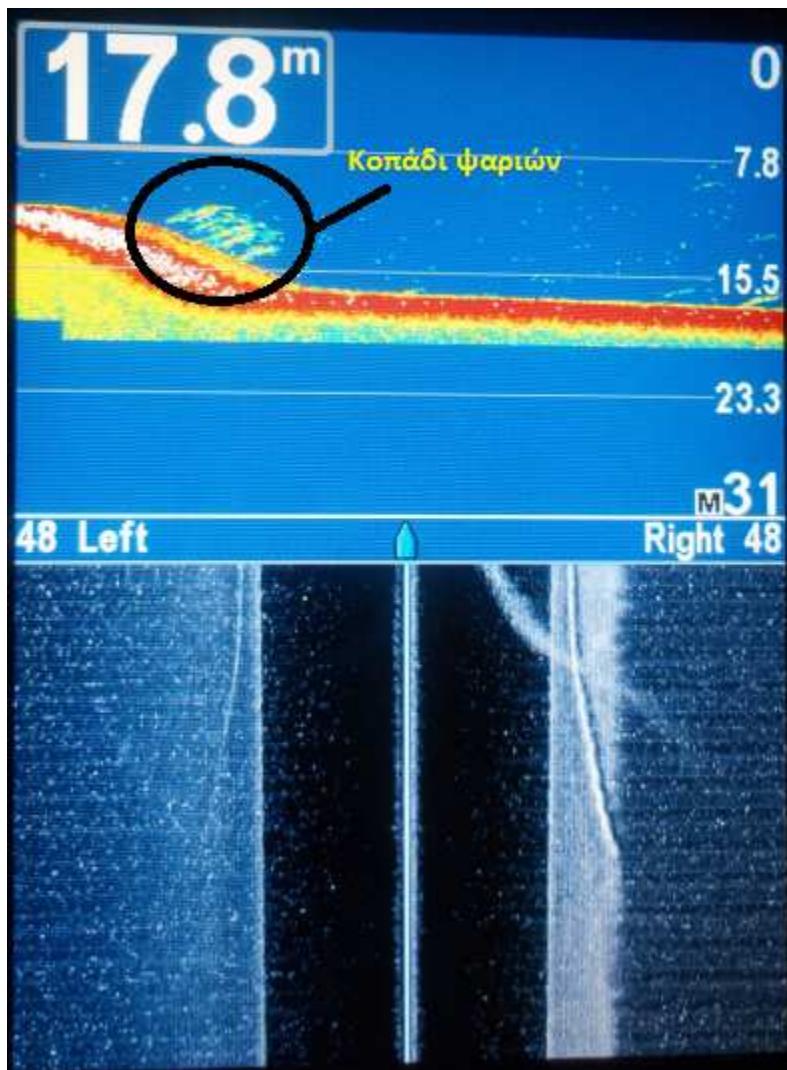


Εικόνα 54: Τομή του αγωγού από τις δέσμες του ηχοβολιστικού συστήματος στα 4.4m βάθος. Στο κάτω μισό της φωτογραφίας διακρίνεται ο αγωγός «κομμένος», ενώ στο πάνω μισό της φωτογραφίας παρατηρείται η εγκάρσια ανύψωση του αγωγού με διπλή ανάκλαση έτσι όπως διακρίνεται από τον πυθμένα. Και στις δύο εικόνες της φωτογραφίας ο αγωγός διακρίνεται δύσκολα εξαιτίας των ιζημάτων και υλικών του πυθμένα που τον σκεπάζουν πλευρικά δεξιά και αριστερά.

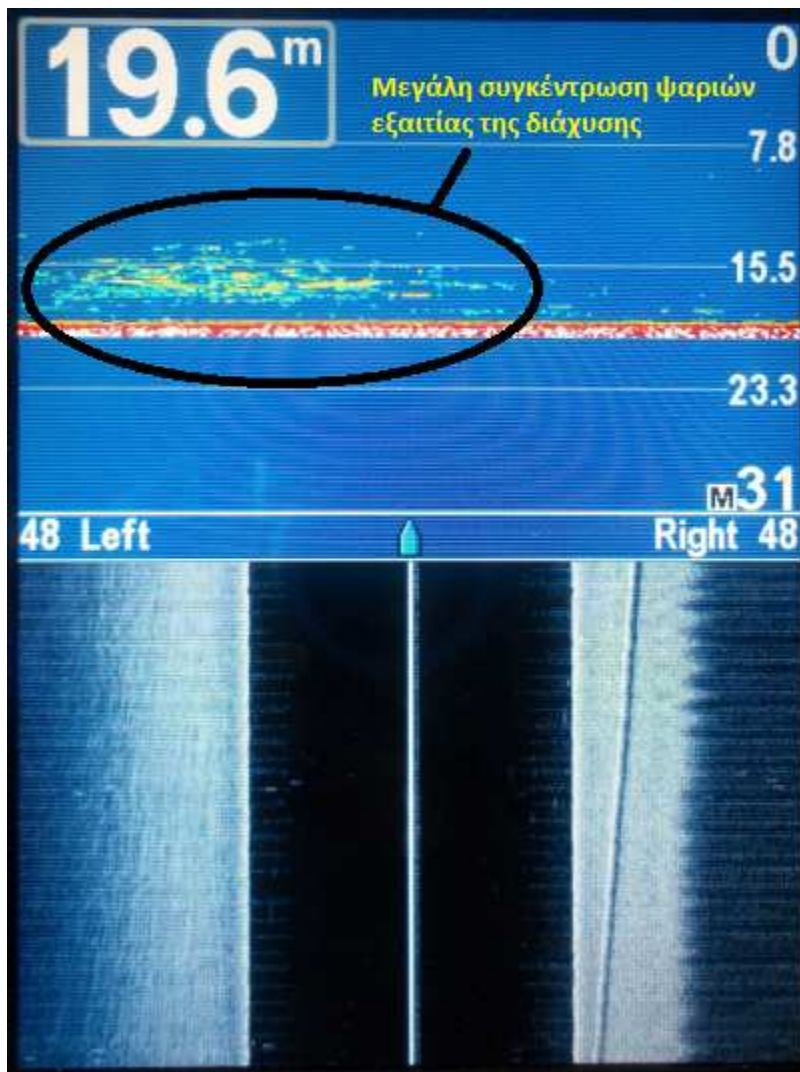


Εικόνα 55: Ο αγωγός παρουσιάζεται τελείως καλυμμένος-θαμμένος από τα ιζήματα και τα υλικά του πυθμένα (3.4m βάθος).

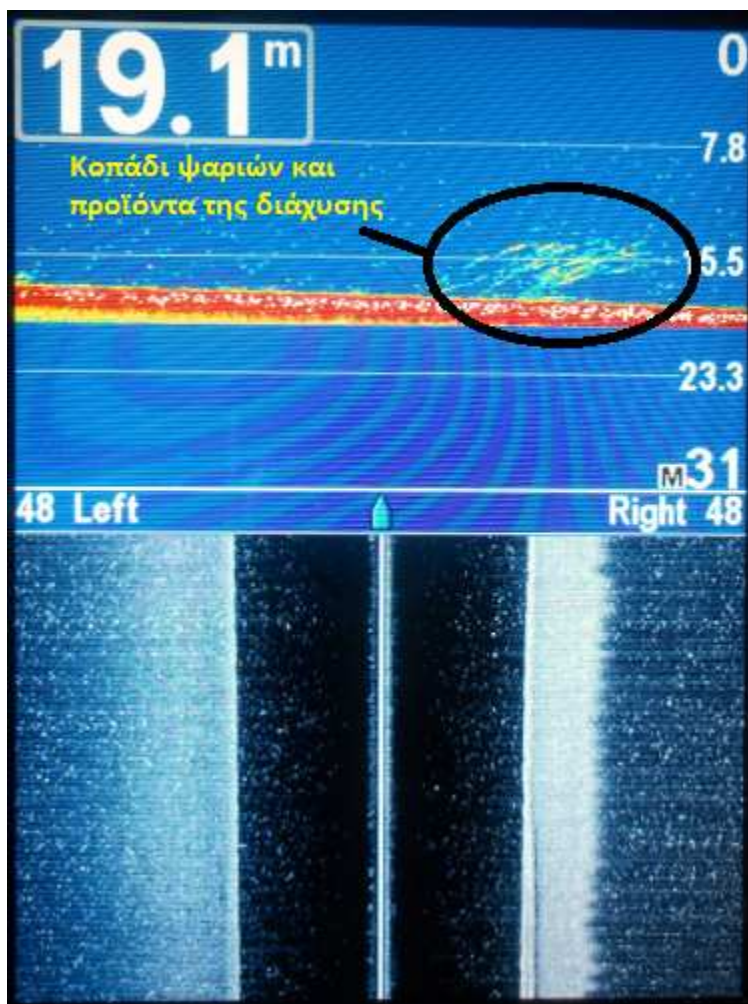
Κατά την διεξαγωγή των διαδρομών, το ηχοβολιστικό σύστημα, εκτός από τον αγωγό των λυμάτων, κατέγραψε και άλλα πράγματα τόσο στον πυθμένα όσο και αιωρούμενα στο νερό. Ανάμεσα σε αυτά εντοπίστηκαν μία βάρκα (Εικόνα 59), πιθανόν δίχτυα (Εικόνα 60) και κοπάδια ψαριών (Εικόνα 56, 57 και 58).



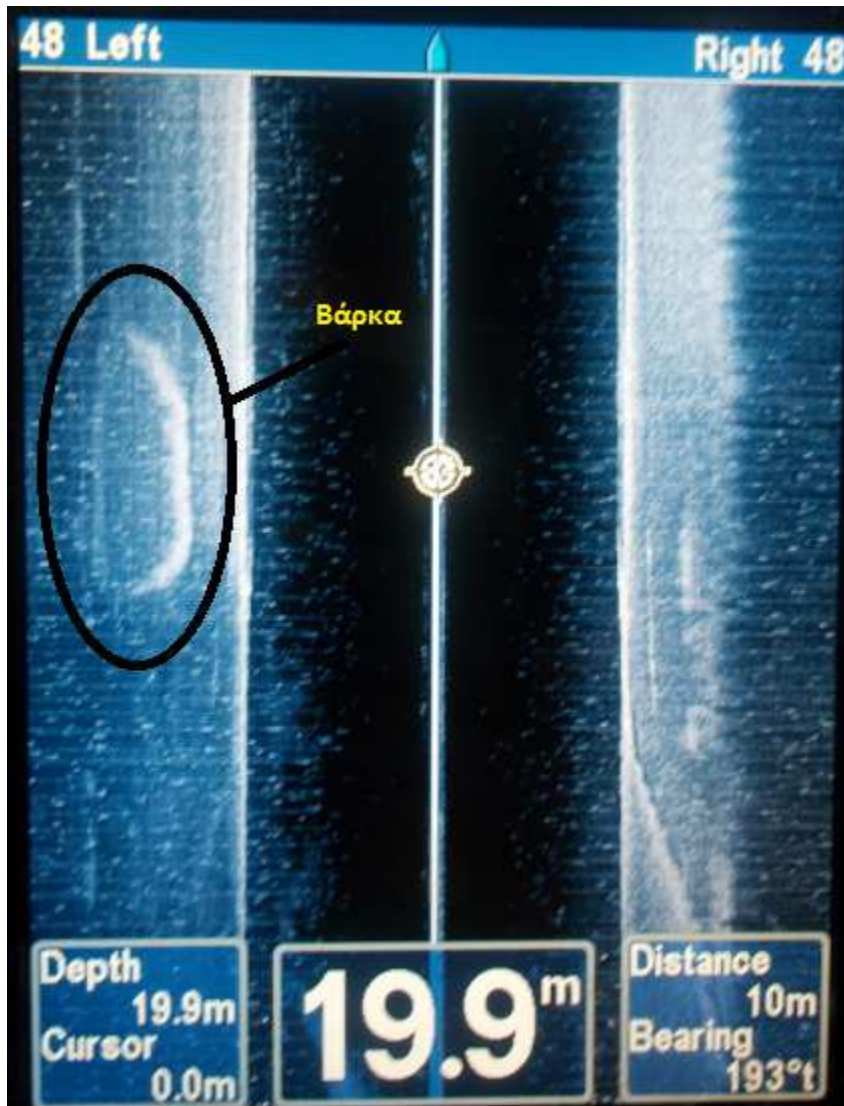
Εικόνα 56: Απεικόνιση κοπαδιού ψαριών από το ηχοβολιστικό σύστημα (17.8m βάθος).



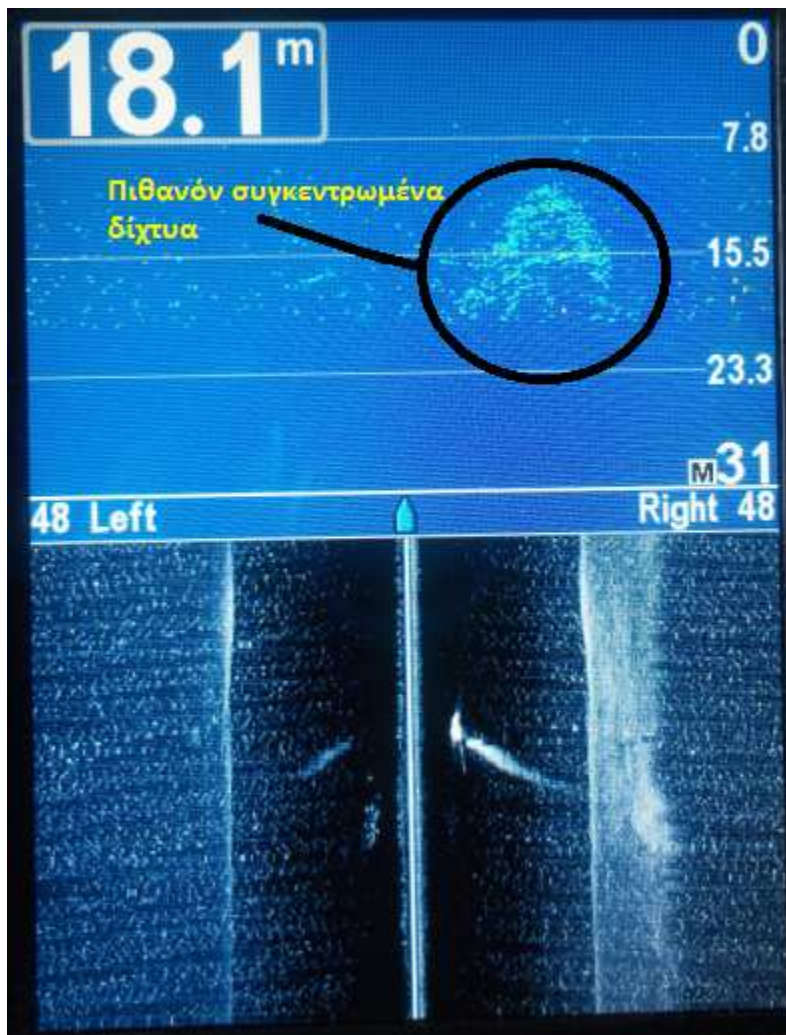
Εικόνα 57: Συγκέντρωση ψαριών κοντά στο σημείο διάχυσης (19.6m βάθος). Παρατηρούμε γενικότερη συγκέντρωση κοπαδιών κοντά στη διάχυση διότι τα προϊόντα της αποτελούν πηγή τροφής για τη θαλάσσια ζωή.



Εικόνα 58: Κοπάδι ψαριών και πάλι κοντά στο σημείο διάχυσης (19.1m βάθος).



Εικόνα 59: Βυθισμένη βάρκα στο πυθμένα στα 19.9m βάθος.



Εικόνα 60: Πιθανή συγκέντρωση δικτύων κοντά στον πυθμένα (18.1m βάθος).

Συμπεράσματα:

Ο αγωγός των λυμάτων του Βιολογικού σταθμού επεξεργασίας λυμάτων «Αινεία» (Εικόνα:) στην περιοχή Τούζλα Αγγελοχωρίου, ξεκινά, με διεύθυνση περίπου BBA-NNΔ, υπόγεια από τον Σταθμό και επεκτείνεται υποθαλάσσια μέχρι τα 20 μέτρα βάθος, όπου γίνεται και η διάχυση των επεξεργασμένων λυμάτων στη θάλασσα. Μετά από υπολογισμούς, βρήκαμε ότι ο αγωγός διαθέτει 52cm περίπου διάμετρο. Στο σημείο διάχυσης παρατηρείται άμεση αλλαγή στο χρώμα και τη διαύγεια του νερού. Το νερό παρουσιάζεται πιο σκούρο, με φυσαλίδες και αιωρούμενα σωματίδια, τα οποία αποτελούν πηγή διατροφής μεγάλου ποσοστού ψαριών. Επιπλέον, λόγω της ορμής της διάχυσης των επεξεργασμένων λυμάτων ακριβώς πάνω από το σημείο δημιουργούνται τοπικά ρεύματα. Για τη αναγνώριση του αγωγού από τα εκάστοτε πλεύόμενα, τόσο από μεγάλη, όσο και από μικρή απόσταση, ο Βιολογικός Σταθμός έχει προνοήσει και έχει τοποθετήσει ειδική σημαδούρα ακριβώς πάνω από σημείο διάχυσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη Βιβλιογραφία

Athanasoulis, G.A., Skarsoulis, E. K. (Eds), Wind and Wave Atlas of the Northeastern Mediterranean Sea. Hellenic Navy General Staff, Athens.

Balopoulos, E. T., Collins, M. B., James, A. E., 1986. Satellite images and their use in the numerical modelling of coastal processes, *Int. J. Rem. Sens.* 7 (7), 905-919.

Balopoulos, E. T., Chronis, G., Lykousis, V., Papageorgiou, E., 1987. Hydrodynamic and sedimentological processes in the north Aegean Sea: Thermaikos Gulf. *Colloq. Int. Oceanogr. Comm. Int. Explor. Sci.Medit.*, 24.

Carter, R. W. G., 1988. Coastal Environments: An Introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of coastline. Academic Press, Harcourt brace, London.

Chronis, G., 1981. Etude de la sedimentation dans la Baie de Thermaikos. Premiere partie. Dynamique des particules grossiers. *Thalassografica* 4 (1), 67-97.

Ganoulis, J., 1987. Oceanographic Elements and Environmental Investigation of the Impacts of the Draining Project of Thessaloniki Gulf. Dept. of Hydraulics. Univ. Thessaloniki, Rep. Minist. of Environment (in Greek).

Lykousis, V., Collins, M. B., Ferentinos, G., 1981. Modern Sedimentation in the N. W. Aegean Sea. *Mar. Geol.* 43, 111-130.

McKenzie, D. P., 1978. Active Tectonics of the Alpine Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions. *Geophys. J. R. Astron. Soc.* 55, 217-254.

Pipper, D. J. N., Perissoratis, C., 1991. Late Quaternary sedimentation on the north Aegean continental margin. Greece. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* 75 (1), 46-61.

Poulos, S. E., Chronis, G. Th., Collins, M. B., Lykousis, V., 1999. Thermaikos Gulf Coastal System, NW Aegean: an overview of water/sediment fluxes in relation to air-land-ocean interactions and human activities.

Poulos, S. E., Panagiotopoulos, I., 1997. The role of the currents in the modern sedimentation of the seabed in Thermaikos gulf and Zakynthos Strait. In: *Proc. 5th Hell. Symp. Oceanogr. Fish.* (Kavala) 1pp 399-403 (in Greek).

Robles, F. L. E., Collins, M. B., Ferentinos, G., 1983. Water masses in Thermaikos Gulf, North western Aegean Sea. *Estuarine, Coastal Shelf Sci.* 16, 363-378.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Αλμπανάκης Κ., Αβραμίδη Ν., Κόρου Θ., και Βουβαλίδης Κ., 1999. Η παράκτια γεωμορφολογία των ανατολικών ακτών του Θερμαϊκού Κόλπου στο Νομό Θεσσαλονίκης και οι διαταραχές της ισορροπίας από ανθρωπογενείς παράγοντες. Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρείας. Αθήνα 11-13 Νοεμβρ. Σελ. 190-200.

IGME, 1969. Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας 1:50.000, φύλλο Επανωμή. Υπό Λαλέχος Ν., Στρωματογραφία: Bizon G., Αθήνα,

IGME, 1978. Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας 1:50.000, φύλλο Θεσσαλονίκη. Υπό Kockel F., Αντωνιάδης Π., Ιωαννίδης Κ., και Λαλέχος Ν. Αθήνα.

Μουντράκης Δ., 1985. Γεωλογία της Ελλάδας. University Studio Press. Θεσσαλονίκη. Σελ. 207.

Μουντράκης Δ., Συρίδης Γ., Πολυμενάκος Λ., Παυλίδης Σ., 1993. Η νεοτεκτονική δομή του ανατολικού περιθωρίου του βυθίσματος Αξιού – Θερμαϊκού στην περιοχή δυτικής Χαλκιδικής (Κ. Μακεδονία). Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., XXVIII/1. Αθήνα. Σελ. 379-395.

Παπαθεοδώρου Γ., 1997. Ναυτιλία – Ναυτιλιακά Όργανα [με έμφαση στα ηχοβολιστικά συστήματα και στην εφαρμογή τους στην Αλιεία]. Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής & Ζωικής Παραγωγής, Σχολή Τεχνολογικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Σελ 2-1 – 2-51.

Συρίδης Γ., 1990. Λιθοστρωματογραφική, βιοστρωματογραφική και παλαιογεωγραφική μελέτη των νεογενών – τεταρτογενών σχηματισμών της χερσονήσου Χαλκιδικής. Διδακτ. Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη. Σελ. 243.

Ψιλοβίκος Α., 1977. Παλαιογεωγραφική εξέλιξη της λεκάνης και της λίμνης Μυγδονίας (Λαγκαδά – Βόλβης). Διδακτ. Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Σελ. 156.

Ψιλοβίκος Α. & Αλμπανάκης Κ., 1981. Ιζηματολογική μελέτη για τη συγκέντρωση μαύρης μαγνητικής άμμου στην ακτή του ακρωτηρίου Τούζλας Θεσσαλονίκης. Θαλασσογραφικά, Τομ. 4, Τεύχος 1. Σελ. 100-125.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

http1: http://www.mathra.gr/default_1698.aspx

http2: <http://portal.survey.ntua.gr/main/labs/carto/research/projects/relief-g.html>

http3: <http://panoshatzik.blogspot.com/2011/09/skg.html>

http4: http://www.komvos.edu.gr/mythology/ent1/1a_ainea.html

http5: <http://www.eyath.gr/swift.jsp?CMCCode=06010402&extLang=>

http6: http://users.auth.gr/~kobiadou/publications/Kombiadou_tm1.pdf

http7: <http://www.catfish1.com/forums/attachments/f541/110848d1274111082-humminbird-797-si-hum1.jpg>

http8: http://www.marum.de/Binaries/Binary4229/1.9.F%C3%A4cherecholot_c.jpg

http9: <http://www.youtube.com/watch?v=AmRYPwWWOUU&feature=related>

http10:

http://www.google.gr/imgres?q=multibeam+echosounder+faults&hl=el&gbv=2&biw=1366&bih=624&tbid=tuVrFzePTMGnvM:&imgrefurl=http://www.meted.ucar.edu/oceans/hydrography/print.htm&docid=hOaVIFU3ZfkgCM&imgurl=http://www.meted.ucar.edu/oceans/hydrography/media/graphics/heave_pitch_roll.jpg&w=592&h=337&ei=5yggT_fPElis8gOZupWTDg&zoom=1

http11: <http://www.hydro.gov.hk/basic/multi.htm>

http12: <http://www.sensoft.ca/SenSoft/media/FAQs/What-is-GPR/Fish-finder-record.jpg>

http13: http://s9.invisionfree.com/Indiana_Fishin/ar/t1882.htm

http14: http://store.humminbird.com/products/411630/797c2_SI_Combo

http15: <http://www.shopping.com/Humminbird-Humminbird-Advanced-Fishing-System-GPS-Receiver/info>

http16: <https://buy.garmin.com/shop/shop.do?pid=233&ra=true>

http17: <http://jollyannsales.com/images/garminGPSMAP276C.jpg>

http18:

http://img.tootoo.com/mytootoo/upload/51/511716/product/511716_08abcfb976b71fdbcf1f118cacf2edd4.jpg

