

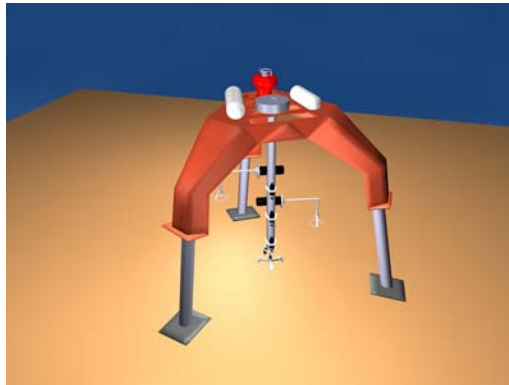
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θέμα: Σχεδίαση και μοντελοποίηση μιας βενθικής ακάτου (benthic lander) για τη μελέτη του φαινομένου της επαναιώρησης και μεταφοράς ιζημάτων στον πυθμένα της θάλασσας.

ΓΙΑΝΝΑΚΙΔΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ



Επιτροπή:

ΚΑΛΑΙΤΖΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΚΟΥΤΡΟΥΛΗΣ ΕΥΤΥΧΗΣ, ΔΙΔΑΣΚΩΝ ΠΔ407

ΘΑΝΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε, Συνεργάτης Ερευνητής

ΧΑΝΙΑ, 2004

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	ΠΡΟΛΟΓΟΣ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1.1	ΓΕΝΙΚΑ	9
1.2	ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ	10
1.3	ΣΥΧΡΟΝΗ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΩΚΕΑΝΩΝ	14
2.1	ΩΚΕΑΝΟΙ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΕΣ	14
2.2	ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ	14
2.3	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΙΕΣΗ	15
2.4	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ	15
2.5	ΚΥΜΑΤΑ	17
2.5.1	Γενικά.	17
2.5.2	Μελέτη της κίνησης των σωματιδίων του θαλάσσιου νερού	20
2.6	ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΕΥΜΑΤΑ	22
2.6.1	Ωκεάνια κυκλοφορία	22
2.6.2	Η ένταση του ανέμου	22
2.6.3	Παράκτια ρεύματα	23
2.7	ΠΑΛΙΡΡΟΙΕΣ	26
2.8	ΟΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΑΙΡΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΩΚΕΑΝΟΥ	27
2.8.1	Δομή του βυθού	27
2.8.2	Ηπειρωτικά κράσπεδα	27
2.8.3	Η ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα	27
2.8.4	Ηπειρωτική κατωφέρεια και ηπειρωτική ανύψωση	29

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	ΕΠΑΝΑΙΩΡΗΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΙΖΗΜΑΤΩΝ	30
3.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	30
3.2	Η ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΚΤΗ	30
3.3	ΤΟ ΟΡΙΑΚΟ ΣΤΡΩΜΑ ΒΥΘΟΥ	31
3.4	ΕΠΑΝΑΙΩΡΗΣΗ	32
3.4.1	Εισαγωγή	32
3.4.2	Μελέτη του φαινομένου χρησιμοποιώντας εικόνες video	34
3.4.3	Μελέτη του φαινομένου χρησιμοποιώντας αγκυροβολημένη αλυσίδα	35
3.4.4	Μελέτη του φαινομένου με βενθική άκατο - Περιγραφή και παρουσίαση των επίκτητων δεδομένων	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	ΒΕΝΘΙΚΕΣ ΑΚΑΤΟΙ ΣΤΗΝ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ	44
4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	44
4.2	ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΥΛΙΚΩΝ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ	45
4.3	ΔΙΑΒΡΩΣΗ	46
4.3.1	Γενικά περί μετάλλων	46
4.3.2	Ορισμός διάβρωσης	47
4.4	ΚΑΘΟΔΟΣ ΣΤΟΝ ΠΥΘΜΕΝΑ	48
4.5	ΒΑΡΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ	49
4.6	ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗ ΣΤΟΝ ΠΥΘΜΕΝΑ	49
4.7	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ	50
4.8	ΑΛΛΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	51
4.9	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ	51
4.10	ΑΝΟΔΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΤΗΣΗ	52
4.11	Η ΒΕΝΘΙΚΗ ΑΚΑΤΟΣ ΤΟΣΚΑ	52
4.11.1	Πλαίσιο – Μεταλλική κατασκευή	52

4.11.2	Σύστημα απόληψης δεδομένων (Data Logger)	54
4.11.3	Αισθητήρια όργανα της ακάτου	55
4.12	ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΕΠΑΝΑΙΩΡΗΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΒΕΝΘΙΚΗ ΑΚΑΤΟ ΤΟΣΑ ΣΤΟΝ ΚΟΛΠΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΑΪΚΟΥ	57
4.12.1	Ο Θερμαϊκός κόλπος – Βυθομετρία και ιζήματα πυθμένα	57
4.12.2	Υπαιθρια εργασία	58
4.13	Η ΒΕΝΘΙΚΗ ΑΚΑΤΟΣ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ	60
4.13.1	Εισαγωγή και κύριες επιδιώξεις	60
4.13.2	Κύριο όργανο της ακάτου είναι ο βενθικός θάλαμος του	61
4.13.3	Ηλεκτρονικά της ακάτου	63
4.13.4	Αποστολές στη θάλασσα	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΚΑΤΟΥ RETROB	67
5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	67
5.2	ΟΠΤΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΕΠΑΝΑΣΚΕΔΑΣΗΣ (OPTICAL BACKSCATTERING SENSOR, OBS)	68
5.2.1	Θολερότητα	68
5.2.2	Αισθητήρας και αρχή λειτουργίας	69
5.2.3	Τεχνικές για καλύτερα αποτελέσματα	70
5.2.4	Βαθμονόμηση του οργάνου	71
5.3	ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟΣ ΡΕΥΜΑΤΟΓΡΑΦΟΣ (ELECTROMAGNETIC CURRENT METER, EDCM)	72
5.3.1	Αισθητήρας και αρχή λειτουργίας	72
5.3.2	Η κεφαλή του αισθητήρα	74
5.3.3	Βαθμονόμηση του EDCM	74
5.4	ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΡΕΥΜΑΤΟΓΡΑΦΟΣ DOPPLER (ACOUSTIC DOPPLER VELOCIMETER, ADV)	75
5.4.1	Αισθητήρας και αρχή λειτουργίας	75

5.4.2	Άλλοι αισθητήρες του οργάνου	76
5.4.3	Βαθμονόμηση του οργάνου	76
5.5	ΠΙΕΣΟΜΕΤΡΟ	77
5.5.1	Υδροστατική πίεση	77
5.5.2	Αισθητήρας και αρχή λειτουργίας	77
5.5.3	Βαθμονόμηση του πιεσόμετρου	80
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΛΗΨΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΑΚΑΤΟΥ RETROB	81
6.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	81
6.2	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΛΗΨΗΣ	81
6.2.1	Γενική περιγραφή	81
6.2.2	Το PC/104 bus	83
6.2.3	Ο μικροϋπολογιστής CMF8680	85
6.2.4	Η κάρτα γραφικών MiniModule/VGA	86
6.2.5	Ο μετατροπέας A/D DM5416	87
6.2.6	Το Relay Board	91
6.2.7	Οι δύο προγραμματιζόμενοι χρονοδιακόπτες	92
6.3	ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΛΗΨΗΣ	94
6.3.1	Περιγραφή	94
6.3.2	Διέγερση ON των αισθητηρίων (turnon.exe)	95
6.3.3	Ανάκτηση δεδομένων από αναλογικά αισθητήρια (analog.exe)	97
6.3.4	Ανάκτηση δεδομένων από τον ADV	100
6.3.5	Η προσομοίωση του ADV (adv.exe)	103
6.3.6	Διέγερση OFF των αισθητηρίων (turnoff.exe)	106

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΚΑΤΟΥ RETROB, ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ, ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	108
7.1	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	108
7.2	Η ΒΑΣΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΟ FIBERGLASS	109
7.3	ΤΑ ΠΟΔΙΑ ΑΝΥΨΩΣΗΣ, Ο ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ	111
7.4	ΔΟΧΕΙΟ ΠΙΕΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΛΗΨΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	113
7.5	ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΔΟΧΕΙΟ ΠΙΕΣΗΣ ΤΟΥ	114
7.5.1	Δοχείο πίεσης και συστοιχία μπαταριών	114
7.5.2	Χωρητικότητα και προϋπολογισμός κατανάλωσης ενέργειας	115
7.6	ΣΥΣΚΕΥΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ ΣΗΜΑΔΟΥΡΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	118
7.7	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗΝ RETROB	119
7.8	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΤΗΣ RETROB	121
7.9	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΑΚΑΤΟΥΣ	126
7.10	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	127
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ	128
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΛΗΨΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	137
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΛΗΨΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ	145
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ	ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΤΗΣ ΑΚΑΤΟΥ RETROB	153

ΠΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η σχεδίαση και η μοντελοποίηση μιας «βενθικής ακάτου» (benthic lander) που θα χρησιμοποιηθεί στην ωκεανογραφική έρευνα και πιο συγκεκριμένα στη μελέτη του φαινομένου της επαναιώρησης ιζημάτων και της μεταφοράς τους στον πυθμένα των ωκεανών (βενθικό περιβάλλον είναι αυτό που αναφέρεται στον πυθμένα της θάλασσας). Για λόγους ευκολότερης παρουσίασης θα της δοθεί η ονομασία REsuspension TRansport OBserver (RETROB). Σε συνεργασία με το Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε) θα εξεταστεί και η δυνατότητα υλοποίησης και κατασκευής της συγκεκριμένης ακάτου.

Η εργασία αυτή αποτελεί παράλληλα και μια μελέτη όλων των παραμέτρων που θα πρέπει να λάβει υπόψη του ένας μηχανικός για την υλοποίηση μιας υποθαλάσσιας κατασκευής τέτοιου τύπου.

Εισαγωγικά θα μιλήσουμε για την επιστήμη της ωκεανογραφίας εξετάζοντας το αντικείμενο, τα βασικά στοιχεία, τους κυριότερους τομείς, καθώς και τις εφαρμογές της. Θα επικεντρώσουμε το ενδιαφέρον μας στο φαινόμενο της επαναιώρησης και τη διαδικασία που θα το μελετήσουμε μέσω της βενθικής ακάτου που σχεδιάζουμε. Θα γίνει μια μικρή επισκόπηση άλλων ακάτων που έχουν κατασκευαστεί καθώς και άλλων πειραμάτων και μελετών που έγιναν στα πλαίσια της έρευνας του φαινομένου της επαναιώρησης. Έπειτα θα γίνει παρουσίαση των απαραίτητων ωκεανογραφικών οργάνων και θα αναλυθεί εμπεριστατωμένα ο τρόπος λειτουργίας τους.

Ξεχωριστό και αυτόνομο κεφάλαιο θα αποτελέσει ο μικροϋπολογιστής που θα ελέγχει τα όργανα της ακάτου και θα αποθηκεύει τα δεδομένα των μετρήσεων. Θα παρουσιάσουμε αναλυτικά τη λειτουργία του, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο ανακτούνται τα δεδομένα. Οι επιμέρους μονάδες του συστήματος απόληψης δεδομένων (data logger) είναι στη διάθεση μας από το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε και έχει σχεδιαστεί και προγραμματιστεί έτσι ώστε να εκτελεί όλες τις απαραίτητες διαδικασίες. Βέβαια θα γίνει και παρουσίαση του λογισμικού που κατασκευάστηκε ειδικά για τη συγκεκριμένη βενθική άκατο. Η υλοποίηση του συστήματος απόληψης ολοκληρώθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας και είναι έτοιμο προς χρήση στην άκατο RETROB.

Στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας θα παρουσιαστούν η προτεινόμενη σχεδίαση του σκελετού της ακάτου, τα υλικά κατασκευής καθώς και η τοποθέτηση των οργάνων και αισθητηρίων πάνω σε αυτήν. Επίσης θα παρουσιαστεί το σύστημα τροφοδοσίας καθώς και οι διαδικασίες καθόδου και ανάκτησης της ακάτου.

Χανιά, Ιούνιος 2004

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Όπως αναφέρθηκε και στον πρόλογο, στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας σχεδιάστηκε και μοντελοποιήθηκε η βενθική άκατος RETROB. Πρόκειται για μία υποβρύχια πλατφόρμα που σκοπός της είναι η μελέτη του φαινομένου της επαναιώρησης και της μεταφοράς ιζημάτων που λαμβάνουν χώρα στον πυθμένα της θάλασσας. Η επαναιώρηση είναι με λίγα λόγια η ανασήκωση ιζημάτων από τον πυθμένα, λόγω της αλληλεπίδρασης κυμάτων και ρευμάτων πάνω στο στρώμα του βυθού.

Γνώσεις και προβλέψεις που αφορούν το φαινόμενο της επαναιώρησης ιζημάτων και την μεταφορά τους είναι σημαντικές από πολλές σκοπιές. Μπορούν να βοηθήσουν στην ολοκληρωμένη εικόνα για τη γεωλογική διαμόρφωση μιας ακτής με το πέρασ του χρόνου (π.χ παραλίες, λιμάνια) ή της μεταφοράς ρύπων μέσα στη θάλασσα. Η μελέτη της επαναιώρησης με τη χρήση της ακάτου, σε σχέση με άλλες μεθόδους, όπως αυτή της αγκυροβολημένης αλυσίδας (Κεφάλαιο 3), επιτρέπει την εξέταση του φαινομένου λίγα εκατοστά πάνω από τον πυθμένα, γεγονός που προσδιορίζει τα αίτια καθώς την ακριβή χρονική στιγμή της έναρξης του. Μελέτες πάνω στην επαναιώρηση έγιναν στην Ελλάδα, με τη χρήση ακάτων από πανεπιστήμια του εξωτερικού και ως εκ τούτου δεν είχαν μεγάλη συχνότητα και διάρκεια (κεφάλαιο 4). Σε συνεργασία με το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε ολοκληρώθηκε η σχεδίαση και η μοντελοποίηση μιας ακάτου, με προοπτικές κατασκευής, για τη μελέτη του φαινομένου της επαναιώρησης, στις θάλασσες του ελλαδικού χώρου. Ο στόχος της σχεδίασης ήταν:

- Ανθεκτικότητα στο υποθαλάσσιο περιβάλλον
- Περιορισμένο βάρος
- Εύκολη μεταφορά
- Πολλαπλή χρήση για διαφορετικές μελέτες και πειράματα
- Μικρή επέμβαση στο περιβάλλον που γίνονται η μετρήσεις
- Εύκολη ανάπτυξη και ανάκτηση της από το σημείο του πειράματος
- Ευέλικτο και αξιόπιστο σύστημα ανάκτησης δεδομένων

Ιδιαίτερα μεγάλη έμφαση κατά τη σχεδίαση, δόθηκε στη δημιουργία μια ζώνης ελεύθερης ροής, κάτω από την κύρια μονάδα της ακάτου, με σκοπό την όσο το δυνατόν μικρότερη επέμβαση στο περιβάλλον απ' όπου ανακτώνται τα δεδομένα (Κεφάλαιο 7).

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια αναδρομή στη μελέτη των θαλασσών καταλήγοντας στη σύγχρονη ωκεανογραφία. Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται τα κύρια χαρακτηριστικά των ωκεανών, όπως τα κύματα, τα ρεύματα, οι παλίρροιες κ.α, με σκοπό την εξέταση και καλύτερη κατανόηση του φαινομένου της επαναιώρησης που παρουσιάζεται στο τρίτο κεφάλαιο. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται αρχικά μια γενική περιγραφή όλων των χαρακτηριστικών που πρέπει να λάβει υπόψη του ένας σχεδιαστής ωκεανογραφικής ακάτου. Έπειτα γίνεται μια ανασκόπηση της μελέτης της επαναιώρησης που έγινε από το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε σε συνεργασία με το πανεπιστήμιο του Southampton, στον κόλπο του Θερμαϊκού πριν από λίγα χρόνια. Στο τέλος του τέταρτου κεφαλαίου παρουσιάζεται και η βενθική άκατος του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε που χρησιμοποιείται για την εξόρυξη ιζημάτων από τον πυθμένα σε βάθος - 5500 m. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αισθητήρια όργανα της ακάτου και αναλύεται εμπεριστατωμένα ο τρόπος λειτουργίας τους. Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση και σχεδίαση του συστήματος απόληψης δεδομένων. Επίσης προγραμματίζεται έτσι ώστε να εκτελεί τις επιθυμητές λειτουργίες. Στο έβδομο και τελευταίο κεφάλαιο περιγράφεται η σχεδίαση της ακάτου, γίνεται η μοντελοποίηση της ακάτου και παρουσιάζεται το σύστημα τροφοδοσίας. Επίσης περιγράφεται η διαδικασία ανάπτυξης και ανάκτησης της ακάτου.

Το Παράρτημα Α περιέχει τις διαστάσεις και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αισθητήριων οργάνων, το Παράρτημα Β περιέχει τις διαστάσεις και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αισθητήριων οργάνων, στο Παράρτημα Γ παρουσιάζεται η αναλυτική διασύνδεση όλων των μονάδων και των αισθητήριων της ακάτου και τέλος στο Παράρτημα Δ παρουσιάζονται τα υλικά κατασκευής της RETROB.

1.2 ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

Η γνώση της θάλασσας και της ναυτικής τέχνης ήταν γνωστή σε διάφορους αρχαίους λαούς όπως τους Φοίνικες και τους Μινωίτες. Μπορεί κανείς να βρει πλήθος πληροφοριών σε συγγράμματα και σε χάρτες των αρχαίων Ελλήνων, των Αιγυπτίων, των Καρχηδονίων, των Ρωμαίων και των Βυζαντινών. Εν τούτοις, οι πληροφορίες βασίζονταν περισσότερο και κυρίως στην παρατήρηση των ωκεανογραφικών δεδομένων και φαινομένων, όχι όμως και στην αναλυτική εργασία, την σύνθεση των πληροφοριών και την επιστημονική επαλήθευση. Οι θαλασσοπόροι μετά το μεσαίωνα, παράλληλα με τις εξερευνήσεις σε άλλες ηπείρους, έδωσαν σημαντικές ωκεανογραφικές πληροφορίες για τα θαλάσσια ρεύματα και τα συστήματα ανέμων που επικρατούν σε κάθε γεωγραφική ζώνη. Τα στοιχεία αυτά καταγράφονταν με ακρίβεια γιατί ήταν απαραίτητα για την επανάληψη των ταξιδιών τους.

Η πρώτη συστηματική προσπάθεια, που έθεσε τις βάσεις της σύγχρονης ωκεανογραφίας έγινε πολύ αργότερα, τον 19^ο αιώνα. Είναι η αποστολή του Αγγλικού πλοίου Challenger, η οποία είχε αποκλειστικό αντικείμενο τη μελέτη των ωκεανών. Το πλοίο εξοπλίστηκε με δειγματολήπτες και άλλο εξοπλισμό σχεδιασμένο ειδικά για την περίπτωση και επί 3.5 χρόνια (1872-1876) διέπλευσε όλους τους ωκεανούς της γης και συνέλεξε από

παντού δείγματα νερού, ιζημάτων πυθμένα και ζώντων οργανισμών. Οι αναλύσεις των στοιχείων κράτησαν πολλά χρόνια και ολοκληρώθηκαν το 1895 με την έκδοση 50 τόμων, γνωστών σαν Challenger Report.

Σε αντίθεση λοιπόν με τις πολύ παλιές έρευνες, οι σημερινές ωκεανογραφικές μελέτες γίνονται συστηματικά και προγραμματισμένα από ειδικούς φορείς, ερευνητικά κέντρα και ιδρύματα και συνήθως με τη συνεργασία πολλών χωρών, η δε ανταλλαγή των επιστημονικών σκέψεων και των τεχνολογικών επιτευγμάτων είναι ευρύτατη. Γίνεται κατανοητό, ότι η επιτυχία των ερευνών στην ωκεανογραφία, όπως και σε κάθε άλλη επιστήμη, εξαρτάται κυρίως από το κατάλληλα εξειδικευμένο επιστημονικό και τεχνικό δυναμικό, την τεχνολογική εξέλιξη και το ύψος των επενδυόμενων χρημάτων.

1.2 ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ

Οι συλλογές των ποικίλων ωκεανογραφικών στοιχείων και πληροφοριών (γεωλογικών, φυσικών, χημικών, βιολογικών) από το νερό, το βυθό και κάτω από τον πυθμένα πραγματοποιούνται σήμερα από τον παρατηρητή ή με ιδιαίτερους τηλεχειρισμούς.

Η σύγχρονη ωκεανογραφική τεχνολογία παρέχει στους ειδικούς επιστήμονες και τεχνικούς στα διάφορα κέντρα ερευνών και στις βιομηχανίες, συσκευές ακουστικών μετρήσεων, μαγνητομετρήσεων, αυτόματων καταγραφικών οργάνων μέτρησης της θερμοκρασίας, της αλατότητας, της πίεσης, του βάθους κ.ά.

Επίσης χρησιμοποιούνται συσκευές μέτρησης των κυμάτων, των ρευμάτων και των παλιρροιών καθώς επίσης φωτογραφικών μηχανών και video. Τέλος, υπάρχουν πλούσια σύγχρονα υλικά καταδύσεων, βαθυσκάφη, υποβρύχια οχήματα, πλοία με κατευθυνόμενες αρπαγές, ρομπότ και διαφόρων κατηγορίες πλατφόρμες και υποθαλάσσιοι άκατοι.

Τελευταία, το ωκεανογραφικό σκάφος «Αιγαίον» του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε που αποτελεί μεγάλης σημασίας επιστημονικό εργαλείο για την υλοποίηση των προσπαθειών που καταβάλλονται από τους ειδικούς φορείς της ελληνικής Ωκεανογραφίας, συμβάλλει στη λεπτομερέστερη έρευνα του θαλάσσιου ελληνικού χώρου από γεωλογική, γεωφυσική, ιζηματολογική, χημική, βιολογική και γενικά ωκεανογραφική άποψη.

Φαίνεται λοιπόν από τα παραπάνω, ότι η ωκεανογραφία είναι μια πολύ πλατιά επιστήμη που περιλαμβάνει όλες τις γνώσεις και τα φαινόμενα που σχετίζονται άμεσα με το θαλάσσιο και ωκεάνιο περιβάλλον.

Είναι επομένως αναγκαίο να στεγάζονται κάτω από τη λέξη ωκεανογραφία, όλα όσα ασχολούνται με την ερμηνεία των φαινομένων που λαμβάνουν χώρα μέσα στο νερό των ωκεανών, στην επιφάνεια του πυθμένα και στα βαθύτερα γεωλογικά στρώματα, που τελικά μελετώνται και σπουδάζονται από τη φυσική, τη χημεία, τη γεωλογία, τη βιολογία και πολλές άλλες επιστήμες.

Θεωρείται λοιπόν απαραίτητο να χωριστεί η Ωκεανογραφία σε ορισμένο αριθμό ειδικοτήτων, που με απλά λόγια μπορούν να ταξινομηθούν σε πέντε μεγάλες κατηγορίες, μέσα στις οποίες αναπτύσσονται πολλές άλλες σημαντικές και απαραίτητες υποδιαιρέσεις, όπως :

1. **Η Γεωλογική Ωκεανογραφία.** Για να γίνει κατανοητή η αποστολή της Γεωλογίας στη θεραπεία πολλών Ωκεανογραφικών προβλημάτων, υποδιαιρέθηκε σε τρία μέρη: Τη Γεωλογία, την Ιζηματολογία και τη Γεωφυσική. Όλα τα μέρη είναι προεκτάσεις των αντίστοιχων επίγειων επιστημών, χρησιμοποιούν δε συχνά τις ίδιες μεθόδους που αναγκαστικά όμως προσαρμόζονται σε θαλάσσια περιβάλλοντα, τα οποία και ερευνούν. Ο Γεωλόγος ασχολείται με το στερεό υπόβαθρο και τις ακτές, ενώ ο Ιζηματολόγος με την έρευνα των χαλαρών ή συμπαγών ιζημάτων που επιστρώνουν τους πυθμένες των θαλασσών και οριοθετούν τις χέρσους από τις θάλασσες. Ο Γεωφυσικός χρησιμοποιεί μεθόδους έρευνας που στηρίζονται κυρίως στη Σεισμολογία, όπως π.χ. οι λιθοσεισμικές τομογραφίες, προκειμένου να καταγραφεί το πάχος, η φύση και η τεκτονική διάταξη και συμπεριφορά των πετρωμάτων και των ιζημάτων που σχηματίζουν το βυθό των θαλασσών.
2. **Η Φυσική Ωκεανογραφία.** Χρησιμοποιεί φυσικές μεθόδους και προσπαθεί να επιλύσει ένα ορισμένο αριθμό προβλημάτων που αφορούν στις φυσικές ιδιότητες του θαλάσσιου νερού, στις κινήσεις των υγρών μορίων – κύματα, ρεύματα, παλίρροιες, από τα οποία αποτελείται και τέλος τις αμοιβαίες επιδράσεις μεταξύ της θάλασσας και της ατμόσφαιρας αφενός και της θάλασσας με το βυθό αφετέρου.
3. **Η Βιολογική Ωκεανογραφία.** Η επιστήμη αυτή καλύπτει ολόκληρο το χώρο που μελετά τη ζωή μέσα στις θάλασσες. Οι Βιολόγοι επομένως μελετούν τα θαλάσσια ζώα (ιχθείς, μαλάκια κ.ά.), το πλαγκτόν ζωικής και φυτικής προέλευσης και την πανίδα και χλωρίδα που ζει στο βυθό. Μια πολύ ενδιαφέρουσα, ιδιαίτερα σήμερα, υποδιαίρεση της Βιολογικής Ωκεανογραφίας είναι η Οικολογία που ερευνά την επίδραση του περιβάλλοντος επάνω στους οργανισμούς ή και αντίστροφα.
4. **Η Χημική Ωκεανογραφία.** Ασχολείται με τις χημικές ιδιότητες του θαλάσσιου νερού, τον εντοπισμό και την αξιοποίηση χημικών στοιχείων που υπάρχουν μέσα σ' αυτό και τέλος ελέγχει το βαθμό της χημικής ρύπανσης που σήμερα αποτελεί πραγματική μάστιγα των ανοικτών και ιδιαίτερα των κλειστών θαλασσών.
5. **Η Εφαρμοσμένη Ωκεανογραφία.** Αναφερόμαστε στο σπουδαιότερο ίσως κλάδο της Ωκεανογραφίας, γιατί εδώ υλοποιούνται οι θεωρητικές και πρακτικές γνώσεις που παρέχονται από τους τέσσερις παραπάνω κλάδους. Τα αντικείμενα της έρευνας της είναι: η αλιεία, η διευθέτηση των ακτών (προστασία ακτών, κατασκευή λιμένων), η μόλυνση του θαλάσσιου νερού, η φθορά και η προφύλαξη των διάφορων υλικών, η εκμετάλλευση της θαλάσσιας ενέργειας (παλίρροιες, θερμική ενέργεια) και τέλος η εκμετάλλευση του πλούτου του θαλάσσιου νερού και του

βυθού, όπως είναι τα διάφορα άλατα, τα υποθαλάσσια πετρέλαια, ο ορυκτός γενικά πλούτος και άλλα.

Λόγω της αλόγιστης ανθρωπογενούς παρέμβασης στο φυσικό περιβάλλον και τις φυσικές διεργασίες, ειδικά στη θάλασσα και τους ωκεανούς, η Ωκεανογραφία αποτελεί πλέον μια από τις σημαντικότερες περιβαλλοντικές επιστήμες. Μελέτες που αφορούν όλο το φάσμα των θαλάσσιου περιβάλλοντος μπορούν να αποδώσουν σημαντικά αποτελέσματα στη προστασία της φύσης και κυρίως να επαναπροσδιορίσουν την ανθρώπινη παρέμβαση σε αυτή.

ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΩΚΕΑΝΩΝ

2.1 ΩΚΕΑΝΟΙ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΕΣ

Σύμφωνα με τη Διεθνή Υδρογραφική Υπηρεσία (International Hydrography Bureau, 1953) υπάρχουν μόνο τρεις ωκεανοί : Ο Ατλαντικός, ο Ειρηνικός και ο Ινδικός, ο καθένας από τους οποίους συμπεριλαμβάνει περιθωριακές ή εσωτερικές (μεσόγειες) θάλασσες. Οι μεσόγειες θάλασσες περιβάλλονται στο μεγαλύτερο μέρος τους από ξηρά και επικοινωνούν από ένα μικρό τμήμα τους με κάποιον ωκεανό. Σύμφωνα με τον ορισμό αυτό η Αρκτική και η Καραϊβική Θάλασσα αποτελούν και οι δύο μεσόγειες θάλασσες. Οι περιθωριακές θάλασσες ορίζονται μόνο από κάποια εσοχή στην ακτογραμμή του ωκεανού.

Οι ωκεανοί και οι γειτονικές τους θάλασσες καλύπτουν το 70.8% της επιφάνειας της Γης. Το μέγεθός τους ποικίλει αρκετά. Ο Ειρηνικός Ωκεανός είναι ο μεγαλύτερος και η επιφάνειά του είναι όσο η επιφάνεια των άλλων δύο ωκεανών μαζί (Πίνακας 1).

Επιφάνεια των Ωκεανών της Γης	
Ειρηνικός	$181.34 \cdot 10^6 \text{ Km}^2$
Ατλαντικός	$106.57 \cdot 10^6 \text{ Km}^2$
Ινδικός	$74.12 \cdot 10^6 \text{ Km}^2$

Πίνακας 1 Επιφάνειες των τριών ωκεανών

2.2 ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το θαλασσινό νερό είναι ένα σύνθετο διάλυμα αποτελούμενο από διαλυμένα άλατα, χημικά στοιχεία και ορυκτά.

Σχεδόν όλα τα γνωστά σταθερά στοιχεία εμπεριέχονται στο θαλάσσιο νερό σε σχετικά μικρές αναλογίες και συγκεντρώσεις. Είναι γνωστό, ότι το νερό είναι μια ένωση υδρογόνου και οξυγόνου, τα δύο δε αυτά χημικά στοιχεία είναι και τα πλέον άφθονα, ενώ σε μικρότερες ποσότητες απαντώνται τα στοιχεία χλώριο, νάτριο, μαγνήσιο, ασβέστιο, κάλιο, οξείδια του καλίου, υδρογονάνθρακες και θειικές ρίζες.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό γνώρισμα του θαλάσσιου νερού είναι ότι, ενώ η συγκέντρωση των διαλυμένων αλάτων μεταβάλλεται από περιοχή

σε περιοχή, οι αναλογίες των πλέον διαδεδομένων στοιχείων παραμένουν σχεδόν σταθερές. Το γεγονός αυτό μπορεί να εκληφθεί σαν απόδειξη, ότι δηλαδή κατά τη διάρκεια του χρόνου το νερό των ωκεανών έχει αναδευθεί πολύ καλά. Τα θαλάσσια ρεύματα προκαλούν ανάμειξη των μαζών του νερού σε όλη την επιφάνεια της γης που καλύπτεται από τους ωκεανούς. Είδη από την πρώτη συστηματική ανάλυση δειγμάτων νερού από διάφορες περιοχές της γης, με το πρώτο συστηματικό ωκεανογραφικό ταξίδι του πλοίου Challenger (Κεφάλαιο 1) έγινε φανερό ότι υπήρχε εκπληκτική ομοιότητα στη σύσταση του θαλασσινού νερού. Έτσι ο William Dittmar, αναλύοντας τα δείγματα αυτά, διετύπωσε τον *κανόνα των σταθερών αναλογιών*, ο οποίος δεν άλλαξε μέχρι σήμερα.

2.3 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΙΕΣΗ

Υπάρχουν δύο υδροστατικές παράμετροι με ιδιαίτερη ωκεανογραφική σημασία: η πυκνότητα (ρ) και η πίεση (P) του νερού, που συνδέονται μεταξύ τους με την υδροστατική εξίσωση:

$$P = \rho \cdot g \cdot z$$

όπου g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας και z το βάθος του ωκεανού και της θάλασσας.

Μια μέση τιμή της πυκνότητας του θαλάσσιου νερού είναι, $1.025 \cdot 10^3 \text{ Kg/m}^3$, ενώ όταν αυξάνεται το βάθος του νερού κατά 1m η πίεση του αυξάνεται κατά 10^4 Pa ($1 \text{ Pa} = \text{N/m}^2$).

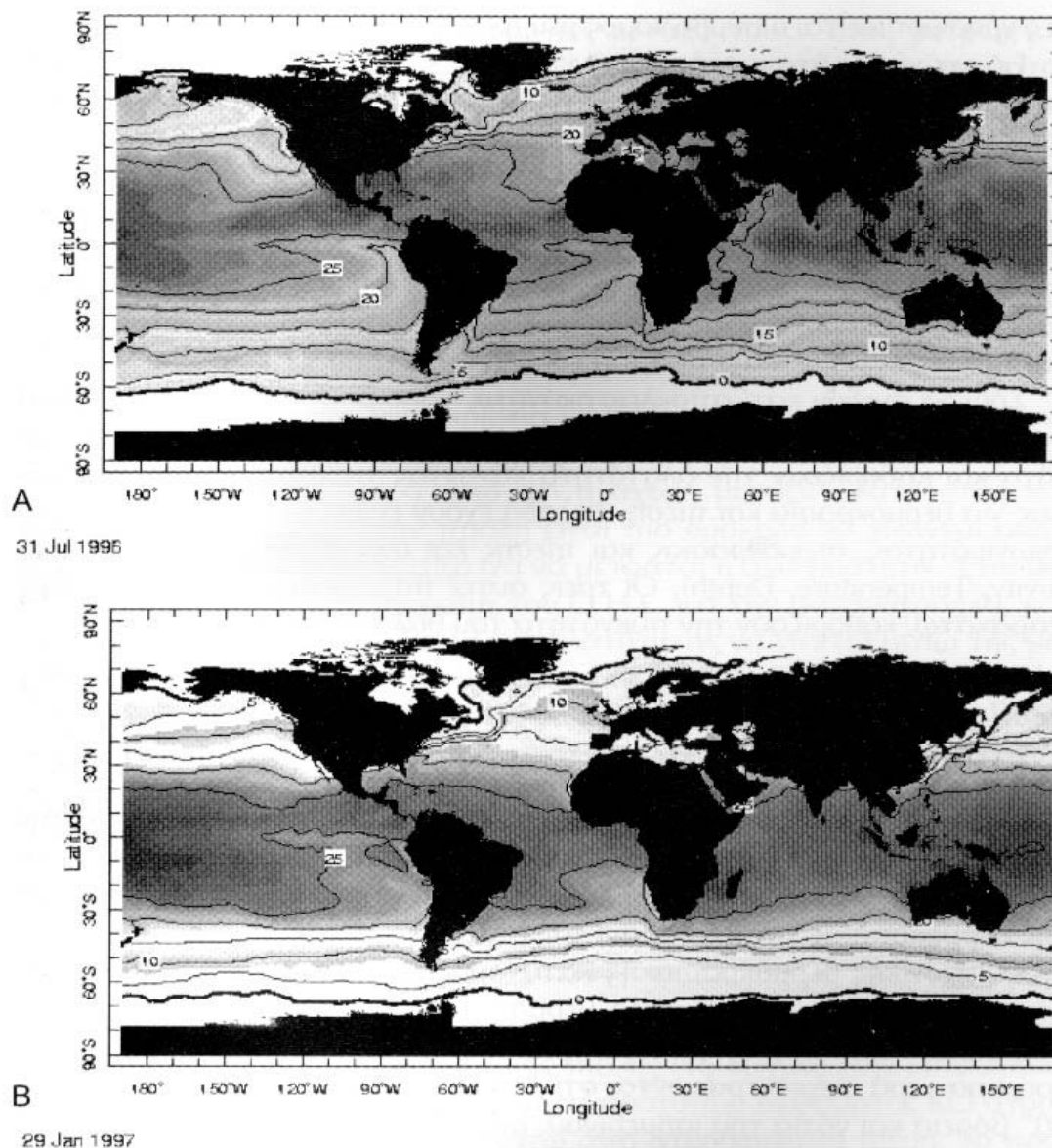
Στην πράξη όμως χρησιμοποιούμε το 1/10 του bar ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$), δηλαδή το decibar που δείχνει τη μεταβολή της πίεσης, της προκαλούμενης από την αύξηση του βάθους, του νερού κατά 1m.

Η πυκνότητα του θαλάσσιου νερού επηρεάζεται κυρίως από τη θερμοκρασία και την αλατότητα που είναι σχετικά πιο εύκολο να μετρηθούν με ακρίβεια, απ' ό,τι η άμεση μέτρηση της πυκνότητας. Για το λόγο αυτό, αυτές οι παράμετροι της θεωρούνται απαραίτητες και πρέπει πάντοτε να μετρώνται σ' οποιαδήποτε ωκεανογραφική έρευνα και μελέτη, αφού μαζί με την έμμεσα υπολογιζόμενη πυκνότητα μας δίνουν πληροφορίες για τη σταθερότητα και τη μετακίνηση των θαλάσσιων μαζών.

2.4 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η ηλιακή ακτινοβολία, η εξάτμιση και η βροχή, επιδρούν στην κατανομή της θερμοκρασίας και της αλατότητας στην επιφάνεια των ωκεανών. Μεταβολές στη θερμοκρασία και την αλατότητα, οδηγούν σε μεταβολές στην πυκνότητα του νερού στην επιφάνεια. Με τη σειρά τους, αυτές οδηγούν σε κατακόρυφη μετακίνηση του νερού και επίδραση στη βαθιά ωκεάνια κυκλοφορία. Τα επιφανειακά νερά μετά τη βύθιση τους στα βαθύτερα στρώματα των ωκεανών, κρατούν χαρακτηριστικές σχέσεις μεταξύ θερμοκρασίας και αλατότητας. Οι σχέσεις αυτές βοηθούν τους

ωκεανογράφους να προσδιορίσουν τη γεωγραφική προέλευση αυτών των νερών. Επιπλέον, οριζόντιες μεταβολές στην πυκνότητα, οδηγούν σε διαφορά πίεσης μεταξύ περιοχών, η οποία είναι η κινητήρια δύναμη των θαλάσσιων ρευμάτων. Έτσι, η γνώση της κατανομής της θερμοκρασίας, της αλατότητας και της πυκνότητας των νερών των ωκεανών, είναι σημαντική για την κατανόηση της δυναμικής τους (εικ.4).

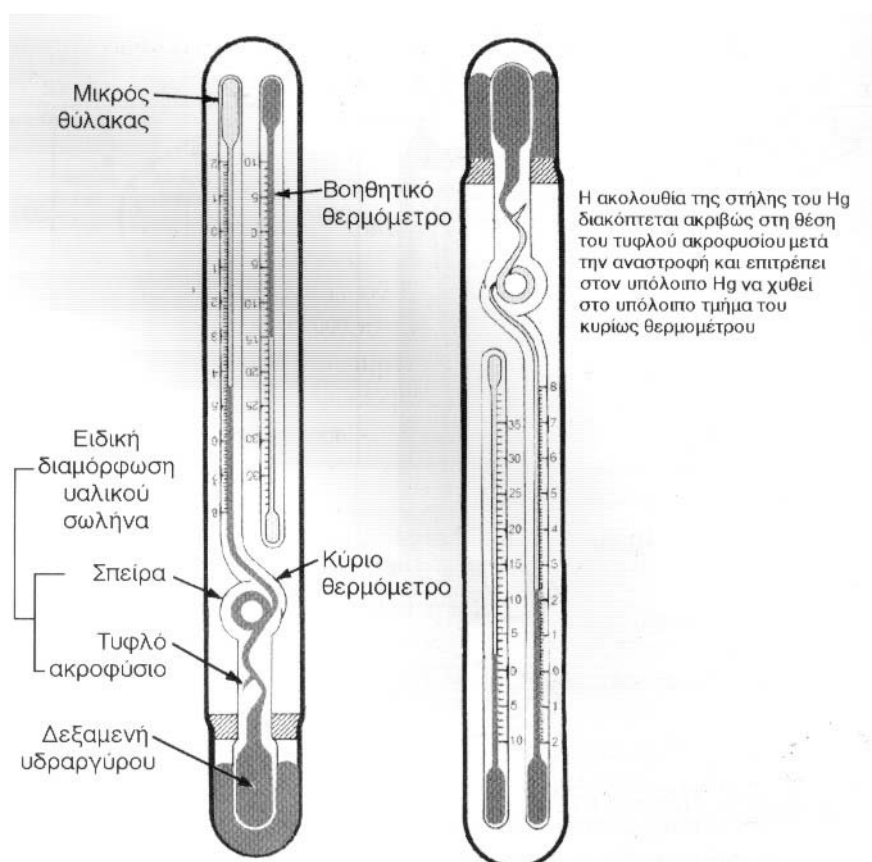


Εικ.4 Κατανομή θερμοκρασίας στην επιφάνεια της Θάλασσας (Α. Καλοκαίρι, Β. Χειμώνας)

Αλατότητα εννοούμε το συνολικό βάρος των στερεών υλικών σε gr που περιέχονται σε ένα Kg θαλάσσιου νερού, όταν όλος ο άνθρακας έχει μετατραπεί σε οξείδια, το βρώμιο και το ιώδιο έχουν αντικατασταθεί από το χλώριο και ολόκληρη η οργανική ύλη έχει τελείως οξειδωθεί. Η μέση τιμή της

αλατότητας του θαλάσσιου νερού είναι 34.72 gr σε 1 Kg νερού και συνήθως παρίσταται με $S=34.72^0/_{00}$.

Η θερμοκρασία λόγω της ευκολίας στη μέτρηση της με τη χρήση διάφορων ειδικών θερμομέτρων, είναι η πρώτη ωκεανογραφική παράμετρος που μελετήθηκε λεπτομερειακά. Ειδικά στην Ωκεανογραφία χρησιμοποιούνται τα αντιστρεφόμενα θερμομέτρα (εικ.5), τα οποία συνήθως είναι προσαρτημένα επάνω στις δειγματοληπτικές φιάλες νερού που κατά τη συλλογή του δείγματος προκαλούν αναστροφή του θερμομέτρου, με αποτέλεσμα ο υδράργυρος αυτού αφού αφήσει το ίχνος του στον τριχοειδή σωλήνα του θερμομέτρου, συγκεντρώνεται στο κάτω μέρος του χωρίς να επηρεάσει πλέον την αρχική ένδειξη της θερμοκρασίας στο βάθος της αναστροφής με ακρίβεια 0.01 του βαθμού.



Εικ.5 Αντιστρεφόμενο θερμομέτρο και τρόπος λειτουργίας του

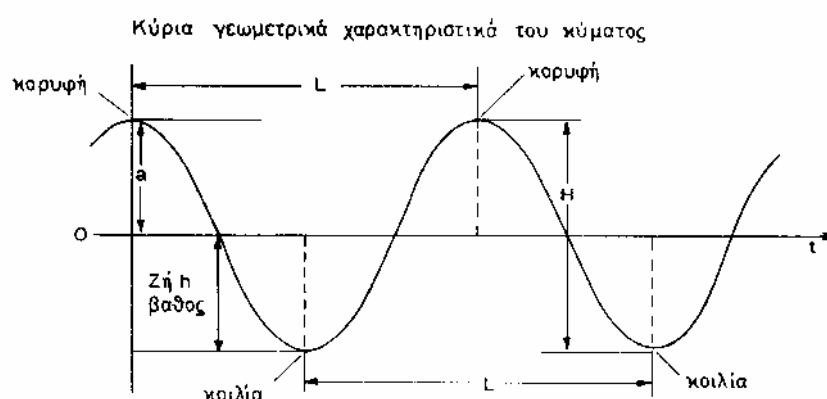
2.5 ΚΥΜΑΤΑ

2.5.1 Γενικά

Η επιφάνεια της θάλασσας φαίνεται να βρίσκεται συνέχεια σε κίνηση με διαρκείς αναταράξεις. Η πιο προφανής αιτία είναι τα ανεμογενή κύματα που διαδίδονται από άκρο σε άκρο σε έναν ωκεανό ώσπου να εκτονωθεί η

ενέργεια τους με τη θραύση τους σε κάποια ακτή. Τα ελαστικά κύματα με την ευρεία έννοια της φυσικής είναι μεταφορά ενέργειας με περιοδική κίνηση των μορίων της ύλης. Ο άνεμος, οι μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης, η αλληλεπίδραση μεταξύ δυνάμεων που προκύπτουν από την περιστροφή της γης (Coriolis) με άλλες δυνάμεις, μεταφέρουν την ενέργεια προξενώντας περιοδικές κινήσεις των μορίων του νερού.

Επομένως τα κύματα είναι περιοδικές μηχανικές ταλαντώσεις των μορίων του νερού, στην επιφάνεια ή στο βάθος, οποιασδήποτε περιόδου, με τις οποίες γίνεται μεταφορά ενέργειας. Τα κύρια γεωμετρικά χαρακτηριστικά των κυμάτων φαίνονται στο σχήμα 1. Το φάσμα τους περιλαμβάνει περιόδους μικρότερες από 1 sec, όπως οι ρυτιδώσεις που προξενεί ο ασθενής άνεμος στην ήρεμη επιφάνεια της θάλασσας, ως 3-4 μήνες σε μερικά πλανητικά κύματα που τα αποτελέσματα τους γίνονται αισθητά κυρίως σαν περιοδικές μεταβολές στην ροή και την διεύθυνση των θαλάσσιων ρευμάτων.



Σχ.1 Ονοματολογία ενός απλού ημιτονοειδούς κύματος, όπου το ύψος του κύματος (H) ορίζεται σαν το διπλάσιο του πλάτους (a). Ακόμη L ή λ είναι το μήκος κύματος, T η περίοδος του κύματος που ορίζεται σαν ο χρόνος που απαιτείται προκειμένου δύο διαδοχικές κορυφές του κύματος να περάσουν από ένα σταθερό σημείο.

Σύμφωνα με τον ορισμό αυτό οι παλίρροιες θεωρούνται και αυτές κύματα, οι γενεσιουργές δυνάμεις των οποίων βρίσκονται εκτός της γης και έχουν αστρονομικά αίτια. Τα πιο σημαντικά από την άποψη των επιπτώσεων στον άνθρωπο είναι τα ανεμογενή κύματα στην επιφάνεια της θάλασσας. Σχετικά σπάνια, αλλά επίσης σημαντικά από άποψη επιπτώσεων, είναι τα κύματα Tsunami, που προξενούνται από τους υποθαλάσσιους σεισμούς και εξετάζονται από τη σεισμολογία [1].

Η κυματική έκφραση μέσα σ' ένα υγρό μέσο χαρακτηρίζεται από το γεγονός, ότι η ενέργεια διαδίδεται από το ένα σημείο στο άλλο, ενώ το διαταραγμένο κύμα κινείται μέσα στο θαλάσσιο νερό που αποτελεί το μέσο διάδοσης, χωρίς αυτό στο σύνολο του να υφίσταται μόνιμη μεταβολή [2].

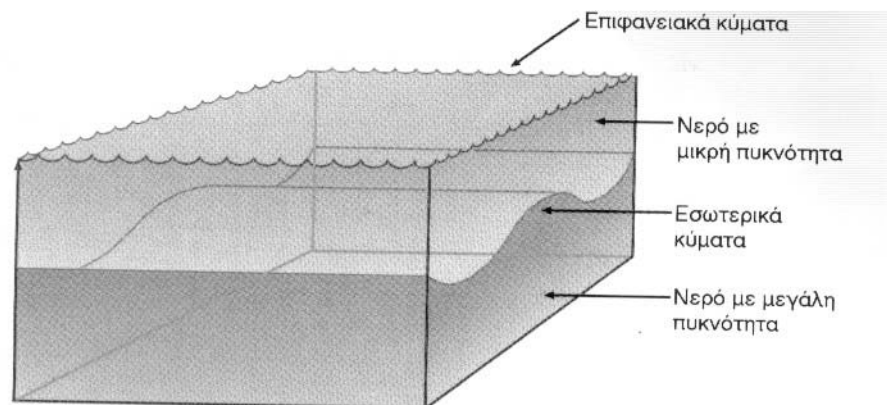
Πριν προχωρήσουμε στην περιγραφή και την ταξινόμηση των κυμάτων της θάλασσας θα αναφερθούμε περιληπτικά στα είδη των κυμάτων που διαδίδονται μέσα στην ύλη. Έχουμε δύο μεγάλες κατηγορίες κυμάτων:

- Τα κύματα που διαδίδονται μέσα στη μάζα της ύλης και χωρίζονται σε επιμήκη και εγκάρσια και
- Τα κύματα που διαδίδονται στο όριο δύο μέσων διαφορετικής πυκνότητας και ονομάζονται τροχιακά (orbital waves).

Τα επιμήκη κύματα χαρακτηρίζονται από την ταλάντωση των μορίων της ύλης κατά μήκος της διεύθυνσης διάδοσης τους π.χ. όπως τα ηχητικά κύματα, δημιουργώντας περιοδικά μεταβαλλόμενες ζώνες συμπίεσης και αραιώσης. Τα κύματα αυτά διαδίδονται σε όλα τα μέσα, στερεά υγρά και αέρια.

Τα εγκάρσια κύματα χαρακτηρίζονται από ταλαντώσεις κάθετες στη διεύθυνση διάδοσης της κύμανσης, όπως για παράδειγμα οι αναταράξεις σε ένα σχοινί δεμένο στο ένα άκρο το οποίο κρατάμε τεντωμένο από το άλλο άκρο και το ταλαντώνουμε. Τα εγκάρσια κύματα διαδίδονται μόνο στα στερεά σώματα γιατί προϋποθέτουν μεγάλη συνεκτικότητα μεταξύ των μορίων της ύλης. Επομένως τα κύματα αυτά δε διαδίδονται στη θάλασσα.

Τα τροχιακά κύματα αναπτύσσονται στο όριο μεταξύ δύο μέσων διαφορετικής πυκνότητας όπως η θάλασσα και ο αέρας αλλά και μέσα στη θάλασσα μεταξύ επιφανειακού και βαθύτερου νερού στο όριο του θερμοκλινούς (σχ. 2). Εμείς θα ασχοληθούμε με τα κύματα στην επιφάνεια της θάλασσας τα οποία έχουν και τη μεγαλύτερη σημασία για τις παράκτιες διεργασίες, τη διάβρωση, τη μεταφορά και την απόθεση υλικών στον παράκτιο χώρο.



Σχ.2 *Επιφανειακά και εσωτερικά κύματα*

Έχουν γίνει πολλές προσπάθειες προκειμένου να ταξινομηθούν τα ποικίλα είδη των επιφανειακών κυμάτων με βάση τα διάφορα χαρακτηριστικά τους. Μια τέτοια ταξινόμηση στηρίζεται στη σχέση που υφίσταται μεταξύ της συχνότητας ($f = \frac{1}{T}$) και της ενέργειας του κυματισμού.

Τα κυριότερα είδη επιφανειακών κυμάτων ταξινομούνται ως εξής:

- α. τα προοδευτικά κύματα
- β. τα στάσιμα
- γ. τα ελεύθερα
- δ. τα αναγκαστικά ή βίαια
- ε. τα κύματα των βαθιών νερών και
- στ. τα κύματα των ρηχών νερών.

Στα προοδευτικά κύματα, κάθε σωματίδιο της θαλάσσιας μάζας μέσα στην οποία διαδίδεται ένας τέτοιος κυματισμός, υπόκειται στην ίδια σε μέγεθος μετατόπιση, αλλά σε διαφορετικό χρόνο καθώς το κύμα περνάει απ' αυτό.

Αντίθετα, στα στάσιμα κύματα η μετατόπιση των σωματιδίων μέσα σ' ένα μήκος κύματος είναι διαφορετική σε μέγεθος, με τη διαφορά ότι όλα τα σημεία φτάνουν μαζί στο μέγιστο της μετατόπισης τους.

Η διάκριση μεταξύ αναγκαστικού ή βίαιου και ελεύθερου κύματος αφορά κυρίως στον τρόπο δημιουργίας του κυματισμού. Έτσι, ένα ελεύθερο κύμα προκύπτει από μια στιγμιαία παροχή ενέργειας, που αν παύσει να παρέχεται, τότε ο κυματισμός προοδευτικά εξασθενίζει. Το πιο χαρακτηριστικό και παραστατικό παράδειγμα αναγκαστικού κύματος είναι η δημιουργία ενός και πολλών κυμάτων από τη ρίψη μιας πέτρας μέσα σε απόλυτα ήρεμη θαλάσσια ή λιμναία επιφάνεια και η γένεση των ομόκεντρων κύκλων.

Τέλος τα κύματα διακρίνονται σε βαθιών και ρηχών νερών, με βάση τη σχέση μεταξύ του μήκους κύματος τους (λ) και του βάθους (h) της θάλασσας. Σύμφωνα με τον Komar (1972) έχουμε τρεις κατηγορίες διάδοσης των κυμάτων.

α. Διάδοση σε ρηχά νερά ($h/\lambda < 0,05$)

β. Διάδοση σε ενδιάμεσο βάθος νερού ($0,05 < h/\lambda < 0,5$) και

γ. Διάδοση σε βαθιά νερά ($h/\lambda > 0,5$) [2].

2.5.2 Μελέτη της κίνησης των σωματιδίων του θαλάσσιου νερού

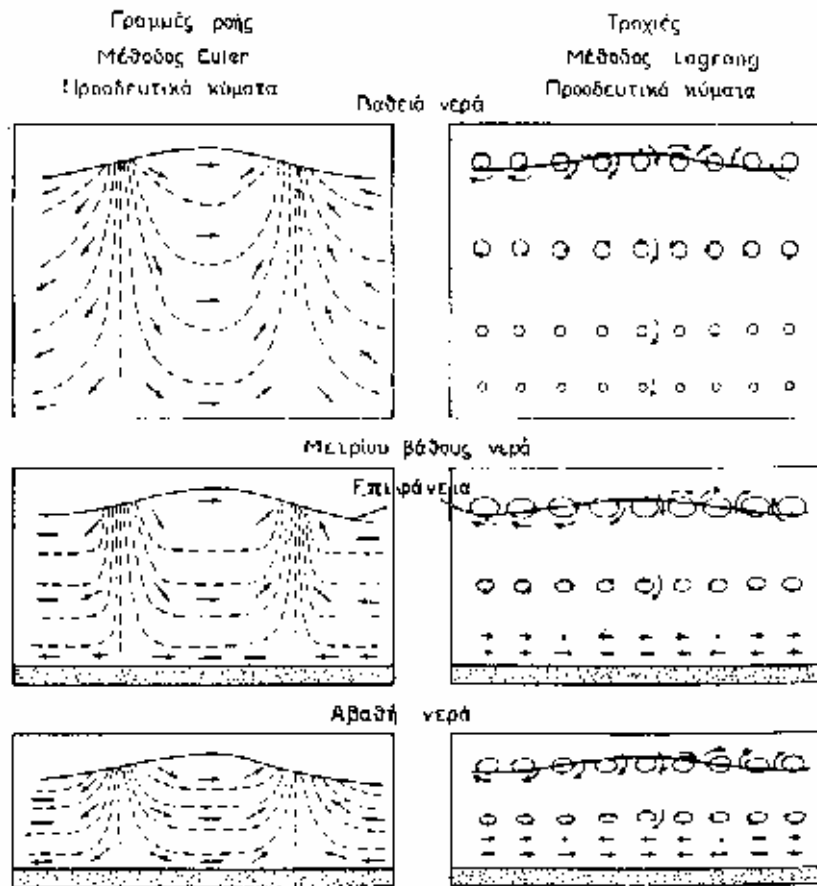
Κατά το χρόνο διάδοσης ενός κύματος μέσα στον υδάτινο χώρο, τα σωματίδια του νερού που συμμετέχουν στην κίνηση του, κινούνται επάνω-κάτω και εμπρός-πίσω πραγματοποιώντας δύο κινήσεις που μπορούν να περιγραφούν σαν απλές αρμονικές κινήσεις από φυσικής πλευράς.

Στη βιβλιογραφία συναντώνται δύο τρόποι με τους οποίους περιγράφεται η κίνηση των σωματιδίων του νερού.

Η πρώτη είναι η μέθοδος Euler στην οποία καταγράφονται οι ταχύτητες των σωματιδίων του νερού με βάση τις οποίες παράγονται οι γραμμές ροής που δείχνουν την ταχύτητα και τη διεύθυνση σε κάθε σημείο του ρευστού.

Η μέθοδος του Lagrange βασίζεται στην καταγραφή της μετατόπισης των ανεξάρτητων σωματιδίων του ρευστού, με τρόπο ώστε να καταγράφονται οι τροχιές τους, απ' όπου βγαίνουν συμπεράσματα για τη διεύθυνση και την ταχύτητα της διάδοσης του κύματος (σχ.3).

Επιφάνεια κύματος



Σχ.3 Επιφάνειες προοδευτικών κυμάτων όπου διακρίνονται οι γραμμές ροής και οι τροχιές των σωματιδίων του νερού κατά Euler και Lagrang

Ακόμη η κίνηση των σωματιδίων εξαρτάται και από το βάθος της θάλασσας. Στην περίπτωση των βαθιών νερών, κάθε ανεξάρτητο σωματίδιο νερού διαγράφει κύκλους των οποίων η ακτίνα μειώνεται με το βάθος, στην επιφάνεια δε η ακτίνα (r) είναι ίση με το πλάτος του κύματος (a), ενώ η ταχύτητα (u) του σωματιδίου ισούται με την περιφέρεια του κύκλου, διαιρούμενης με την περίοδο του κύματος.

Όμως τόσο η ακτίνα (r), όσο και η ταχύτητα (u) του σωματιδίου είναι παράμετροι που μεταβάλλονται πολύ γρήγορα σε σχέση με το βάθος της θάλασσας.

Επίσης η διαφορά πίεσης λίγο βαθύτερα από την επιφάνεια, είναι ίση με την αλλαγή της υδροστατικής πίεσης που προκαλείται από το πέρασμα του κύματος.

Στα αβαθή νερά η κατάσταση είναι περισσότερο πολύπλοκη. Τα σωματίδια του νερού διαγράφουν ελλειπτικές τροχιές (ελλείψεις), η ακτίνα δε της έλλειψης κατά το μικρότερο άξονά της είναι ίση με το πλάτος του κύματος στην επιφάνεια, ενώ μειώνεται γραμμικά με το βάθος μέχρι τον πυθμένα όπου η κίνηση είναι μόνο οριζόντια. Η τιμή της ακτίνας της έλλειψης κατά το

μεγάλο άξονά (οριζόντιο), είναι συνάρτηση του βάθους του νερού, του μήκους και του πλάτους του κύματος [2].

2.6 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

2.6.1 Ωκεάνια κυκλοφορία

Η επιφάνεια των ωκεανών βρίσκεται συνέχεια κάτω από την επίδραση των ατμοσφαιρικών συνθηκών, δηλαδή της τριβής που ασκεί ο άνεμος στην επιφάνεια, και παρασύρει τις θαλάσσιες μάζες, και της ηλιακής ενέργειας, της εξάτμισης και των κατακρημνισμάτων που μεταβάλλουν τοπικά την πυκνότητα του θαλασσινού νερού. Η συσσώρευση θαλάσσιων μαζών σε μια περιοχή (π.χ. παρασυρόμενες από τον άνεμο) και η διαφοροποίηση της πυκνότητας οδηγούν σε οριζόντιες διαφορές πίεσης στο εσωτερικό, με αποτέλεσμα τη ροή μαζών για την αποκατάσταση αυτής της ισορροπίας [1].

Η δημιουργία των θαλάσσιων ρευμάτων οφείλεται σε διάφορους παράγοντες μεταξύ των οποίων πρωτεύουσα θέση κατέχουν :

1. Ο άνεμος. Πρόκειται για σημαντικό παράγοντα γιατί εκτός του ότι μετέχει ενεργά στη γένεση των κυμάτων, παρασύρει ταυτόχρονα κατά τη διεύθυνση της πνοής του και τις επιφανειακές μάζες νερού.

Επομένως από τη δράση των κυμάτων δημιουργούνται ρεύματα, όπως στην περίπτωση των παράκτιων ρευμάτων που έχουν συμμετοχή στην παράκτια διάβρωση και απόθεση των ιζημάτων.

2. Η παλίρροια. Συνιστά μια άλλη αιτία δημιουργίας των ρευμάτων που μπορεί βέβαια να είναι μικρής σημασίας για τις ανοικτές θαλάσσιες λεκάνες, αλλά όταν λαμβάνει χώρα σε κλειστές λεκάνες με ιδιαίτερα χαρακτηριστική μορφολογία (Στενά Ευρίπου, Μάγχης), τότε είναι δυνατό να προκαλέσει πολύ ισχυρά ρεύματα κατά τις φάσεις της αμπτώιδας και της πλημμυρίδας.

3. Οι διαφορές της υδροστατικής πίεσης. Και αυτές επίσης δημιουργούν θαλάσσια ρεύματα, λόγω της παρουσίας διαφορετικών τιμών πυκνοτήτων, που προκαλούν τη μετακίνηση της πυκνότερης μάζας προς την περιοχή της αραιότερης.

4. Η περιστροφή της γης. Ο παράγοντας αυτός επηρεάζει την πορεία και την εξέλιξη των θαλάσσιων ρευμάτων, όπως άλλωστε αυτός εκφράζεται από τις δυνάμεις Coriolis.

Είναι επομένως δυνατό κατά τη μετακίνηση των θαλάσσιων μαζών να συμμετέχουν ενεργά περισσότεροι του ενός από τους προαναφερθέντες παράγοντες ή να έχουμε ακόμη την παρουσία και άλλων δευτερεύουσας σημασίας παραμέτρων.

2.6.2 Η ένταση του ανέμου

Όταν ο άνεμος φυσάει επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας προκαλεί κύματα και επιφανειακά ρεύματα. Με ποιους μηχανισμούς η ορμή του ανέμου μεταφέρεται στη θαλάσσια επιφάνεια δεν είναι απόλυτα γνωστό,

αλλά μια ποσοτική έκφραση της έντασης του ανέμου δίδεται από την ημιεμπειρική σχέση :

$$\tau = \rho_a \cdot C_D \cdot W^2.$$

Όπου ρ_a : είναι η πυκνότητα του αέρα ($1,3 \text{ Kg/m}^3$)

τ : εκφράζει την ένταση του ανέμου

C_D : είναι ο συντελεστής τριβής που εξαρτάται από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και

W : είναι η ταχύτητα του ανέμου που μετράται συνήθως σε ύψος 10m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Προσεγγίζοντας γενικά το θέμα μπορούμε να πούμε, ότι η ένταση του ανέμου (τ) αυξάνει ανάλογα με το τετράγωνο της ταχύτητας του ανέμου ($\tau \approx 0,02W^2$).

Τα μεγάλα επιφανειακά ωκεάνια ρεύματα, οφείλουν κυρίως τη δημιουργία τους στους επικρατούντες κατά περιοχή επιφανειακούς ανέμους, ενώ το βάθος τους σπάνια ξεπερνάει τα 50-100m.

Στο σχήμα 4 φαίνεται χαρακτηριστικά η άμεση σχέση που υφίσταται μεταξύ των ανέμων, των ρευμάτων και των μεγάλων περιστροφικών κινήσεων.

2.6.3 Παράκτια ρεύματα

Πρόκειται για ρεύματα που δημιουργούνται κατά την προσέγγιση των κυμάτων στην ακτή, μετακινώντας ταυτόχρονα ιζήματα από και προς την ακτή, ανάλογα με τις κυματικές συνθήκες που κάθε φορά επικρατούν (ύψος, πλάτος, διεύθυνση κυματισμού).

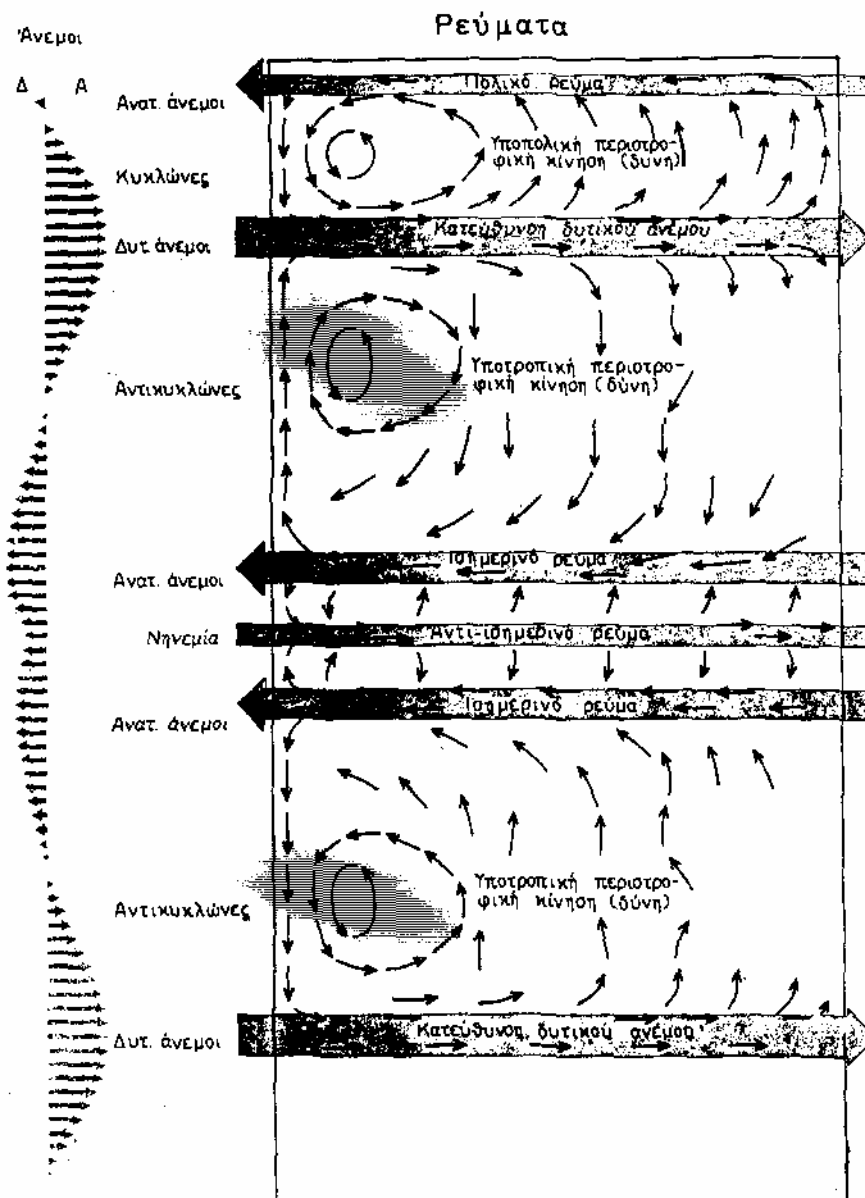
Κοντά στην ακτή ξεχωρίζουμε δύο κύριους τύπους ρευμάτων:

α. Τα ρεύματα επαναφοράς (rip currents) που γενικά μετακινούν τα ιζήματα από την ακτή προς την ανοικτή θάλασσα και

β. Τα παράλληλα προς την ακτή ρεύματα (longshore currents) που μετακινούν ιζήματα κατά μήκος της ακτής.

Η μεταφορά μάζας νερού προς την ακτή από τη δράση των κυμάτων, αντισταθμίζεται από μια αντίστροφη κίνηση του νερού με κατεύθυνση προς την εσωτερική θάλασσα.

Τα ομαλά κύματα μέσου ύψους προκαλούν μετακίνηση της άμμου προς την ακτή επάνω από τον πυθμένα της θάλασσας, ενώ η προς την ανοικτή θάλασσα κίνηση, παρασύρει τα ιζήματα σε αιώρηση και μάλιστα σε μέσα βάθη.



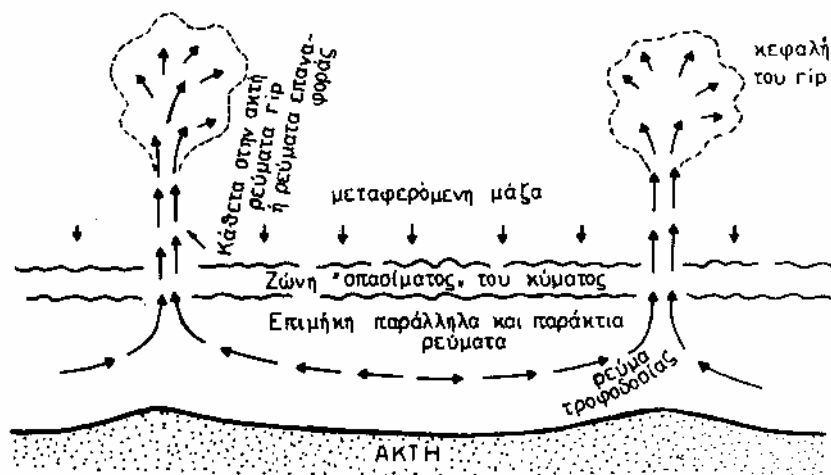
Σχ.4 Γραμμική παρουσίαση της κυκλοφορίας ενός ιδεατού ωκεανού, που παρουσιάζει σχήμα παραλληλόγραμμου και επηρεάζεται μόνο από τη δράση του οριζόντια πνέοντος ανέμου.

Το αποτέλεσμα αυτών των ενεργειών είναι η μεταφορά και η απόθεση του ιζηματος στην ακτή. Τα μεγάλα και βίαια κύματα προκαλούν μεταφορά ιζημάτων του πυθμένα μακριά από την ακτή, την οποία και διαβρώνουν.

Τα κύρια συστήματα ρευμάτων είναι τέσσερα, έχουν δε σαν αιτία δημιουργίας τους τη δράση των κυμάτων στην παράκτια ζώνη και μπορούν να διαχωριστούν σε:

1. **Κλειστό σύστημα κυκλοφορίας** που συνίσταται από rip και longshore ρεύματα και
2. **Παράκτια ρεύματα** που προέρχονται από την υπό γωνία προσέγγιση των κυμάτων στην ακτή.

Η κλειστή κυκλοφορία δίδεται στο σχήμα 5.



Σχ.5 Παράκτια κυκλοφορία κλειστού τύπου αποτελούμενη από longshore παράκτια ρεύματα, gir ρεύματα και μια ήρεμη και αργή μεταφορά ιζημάτων προς την κυματοαγωγή

Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της κλειστής αυτής κυκλοφορίας είναι τα ρεύματα επαναφοράς που είναι ισχυρά, μικρού πλάτους και έχουν την αρχή τους στη ζώνη «σπασίματος» του κύματος και κατεύθυνση προς την ανοικτή θάλασσα.

Τα ρεύματα που τροφοδοτούνται από τα παράκτια ρεύματα, όπως φαίνεται στο σχήμα 5, των οποίων η ταχύτητα από μηδέν που είναι μεταξύ δύο διαδοχικών ρευμάτων επαναφοράς, φτάνει ένα μέγιστο λίγο πριν πάρει κατεύθυνση προς την ανοικτή θάλασσα, στην περιοχή δηλαδή της αφετηρίας ενός ρεύματος επαναφοράς.

Για να έχουμε μεταφορά θαλάσσιας μάζας μακριά από την ακτή μέσα από το σύστημα των ρευμάτων επαναφοράς, θα πρέπει να υπάρχει μια ήρεμη κίνηση της θάλασσας προς την ακτή, μέσω μιας ζώνης «σπασίματος» του κυματισμού και των ρευμάτων επαναφοράς.

Μεταξύ λοιπόν δύο διαδοχικών ρευμάτων επαναφοράς έχουμε μια συσσώρευση θαλάσσιας μάζας που οδηγεί σε μια ανύψωση της στάθμης της θάλασσας, ενώ στην αφετηρία ενός ρεύματος επαναφοράς, όπου υπάρχει απώλεια θαλάσσιου νερού, δημιουργείται μια πτώση της στάθμης της θάλασσας. Έτσι προκαλείται η δημιουργία ενός παράλληλου παράκτιου ρεύματος (longshore current) με κατεύθυνση από το χώρο συσσώρευσης προς το χώρο απώλειας του θαλάσσιου νερού.

Το είδος αυτό της κυκλοφορίας που έχει σαν αποτέλεσμα τη μεταφορά προς το ανοικτό πέλαγο παράκτιων θαλάσσιων μαζών, συμβάλλει στη μείωση της μόλυνσης της παράκτιας περιοχής με παράλληλη αντικατάσταση του νερού από αντίστοιχες καθαρές μάζες νερού της ανοικτής πλέον θάλασσας. Το γεγονός τούτο έχει μεγάλη σημασία για την τουριστική ανάπτυξη ενός παράκτιου χώρου.

3. Ρεύματα απόκλισης που μελετήθηκαν από το Νορβηγό ωκεανογράφο

Ekman και διάφοροι θεωρητικοί και πρακτικοί υπολογισμοί απέδειξαν, τόσο την επιστημονική και πρακτική σημασία όσο την ύπαρξη και την κατανομή τους.

Εάν ο άνεμος πνέει για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα προς μια σταθερή διεύθυνση, συμπαρασύρει μόρια του επιφανειακού στρώματος και η κίνηση επεκτείνεται προοδευτικά προς τον πυθμένα.

4.Ρεύματα κλίσης που είναι συνέπεια των προηγούμενων ρευμάτων απόκλισης. Πραγματικά μόλις ένα τέτοιο ρεύμα προκαλέσει μια συγκέντρωση νερού προς την ακτή, τα συσσωρευθέντα νερά έχουν την τάση να κυλήσουν αντίθετα, λόγω της δημιουργηθείσας κλίσης [2].

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν και πολλές άλλες φυσικές αιτίες που δημιουργούν με τη σειρά τους διαφόρων ειδών ρεύματα όπως, τα παλίρροια ρεύματα, τα ρεύματα δημιουργούμενα από δυνάμεις που οφείλονται στις διαφορές πιέσεων, τα ρεύματα που δημιουργούνται λόγω διαφοράς της πυκνότητας του θαλάσσιου νερού, ρεύματα που οφείλονται στις βαροτροπικές και βαροκλινείς συνθήκες, ρεύματα δημιουργούμενα από τις δυνάμεις Coriolis, επίσης υπάρχουν τα γεωστροφικά ρεύματα και τα ρεύματα Upwelling και Downwelling. Επιδιώκοντας να δώσουμε μια γενική εικόνα των θαλάσσιων ρευμάτων δε θα επιχειρήσουμε να επεκταθούμε περαιτέρω και θα περιοριστούμε στις παραπάνω αναφορές.

2.7 ΠΑΛΙΡΡΟΙΕΣ

Ως παλίρροια ορίζουμε τις διαδοχικές εναλλασσόμενες ανόδους και καθόδους του επιπέδου της θάλασσας σε σχέση με την ξηρά, που δημιουργούνται από τη βαρυτική έλξη που ασκούν η σελήνη και ο ήλιος στη γη. Σε πολύ μικρότερο βαθμό παλίρροιες συμβαίνουν σε πολύ μεγάλες λίμνες, στην ατμόσφαιρα αλλά και στο στερεό φλοιό της γης από τις ίδιες βαρυτικές δυνάμεις. Επιπρόσθετοι μη αστρονομικοί παράγοντες, όπως η μορφολογία των αβαθών παράκτιων περιοχών, το τοπικό βάθος του νερού στην ωκεάνια λεκάνη, καθώς και άλλες υδρογραφικές και μετεωρολογικές επιδράσεις, παίζουν σημαντικό ρόλο στο εύρος και στο χρόνο άφιξης άλλα και το ύψος της παλίρροιας σε μια περιοχή. Σε περιοχές με μικρό παλίρροιακό εύρος όπως η Ελλάδα, οι μετεωρολογικοί παράγοντες μπορεί να έχουν διπλάσια ή τριπλάσια επίδραση από ότι η αστρονομική παλίρροια. Ένας άνεμος κάθετος στην ακτή, ένα βαρομετρικό υψηλό ή χαμηλό μπορεί να κάνουν τη στάθμη της θάλασσας στις περιοχές του Αιγαίου και του Ιονίου να μεταβληθεί περισσότερο από ένα μέτρο ενώ η αστρονομική παλίρροια δεν υπερβαίνει τα 30 cm.

Η παλίρροια γίνεται αντιληπτή στον άνθρωπο, σε μια παράκτια περιοχή, σαν διαδοχική επικάλυψη και αποκάλυψη της παράκτιας ζώνης από τη θάλασσα που ονομάζονται πλημμυρίδα και αμπώτιδα αντίστοιχα. Στις ελληνικές θάλασσες δεν γίνεται ιδιαίτερα αντιληπτή, γιατί το εύρος της κάθετης διακύμανσης της θαλάσσιας στάθμης δεν ξεπερνά τα 30 cm. Σε περιοχές όμως που το εύρος είναι αρκετά μέτρα, σημαντικές εκτάσεις του θαλάσσιου πυθμένα καλύπτονται και αποκαλύπτονται από το νερό σε κάθε παλίρροιακό κύκλο. Τέτοιες περιοχές είναι οι ανατολικές ακτές της Αγγλίας στη

Βόρειο Θάλασσα με εύρος 7 m, μερικές ακτές της βόρειας Γαλλίας, με αποκορύφωμα τον κόλπο Φάντι στον Καναδά όπου το παλιρροιακό εύρος φτάνει τα 15 m.

2.8 ΟΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΑΙΡΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΩΚΕΑΝΟΥ

2.8.1 Δομή του βυθού

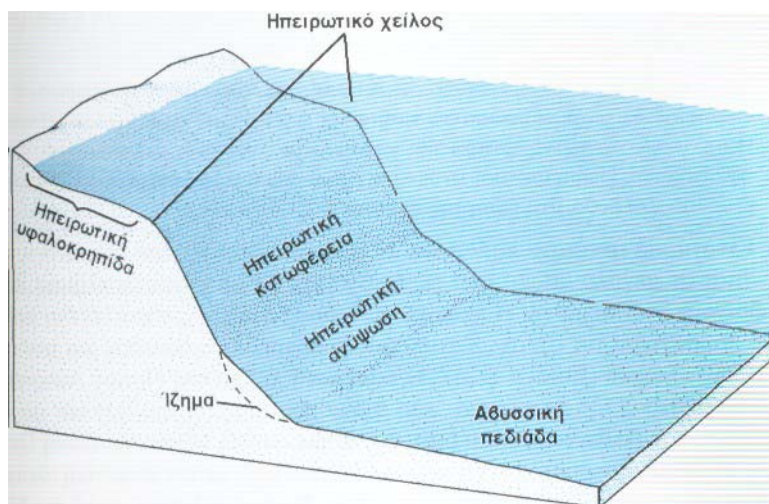
Η δομή του βυθού των ωκεανών κυριαρχείται από τις δραστηριότητες των τεκτονικών πλακών. Επειδή η τεκτονική των πλακών είναι μια παγκόσμια διεργασία, τα κύρια χαρακτηριστικά του θαλάσσιου βυθού είναι παρόμοια από περιοχή σε περιοχή. Ο βυθός διαιρείται σε δύο κύριες περιοχές : τα ηπειρωτικά κράσπεδα, τα οποία αντιστοιχούν στα όρια των ηπείρων και στις βαθιές ωκεάνιες λεκάνες.

2.8.2 Ηπειρωτικά κράσπεδα

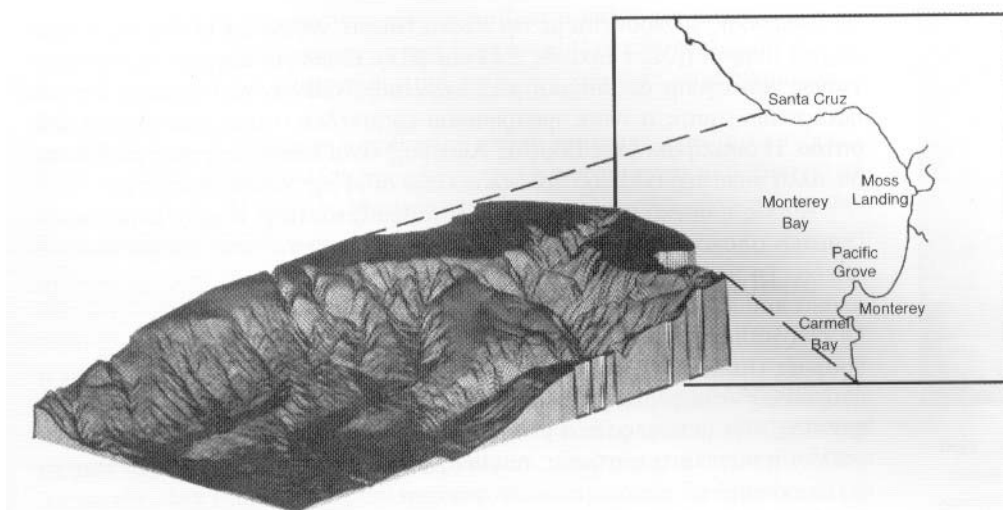
Τα ηπειρωτικά κράσπεδα είναι τα σύνορα μεταξύ του ηπειρωτικού και του ωκεάνιου φλοιού. Τα περισσότερα ιζήματα από τις ηπείρους καθιζάνουν στο βυθό αμέσως μόλις φτάσουν στη θάλασσα και συσσωρεύονται πάνω στα ηπειρωτικά κράσπεδα. Το πάχος τους μπορεί να φθάσει τα 10 km. Τα ηπειρωτικά κράσπεδα, γενικά, αποτελούνται από μια αβαθή, ελαφρά επικλινή ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα, μια πιο απότομη κλίσης ηπειρωτική κατωφέρεια, που είναι μετά την υφαλοκρηπίδα προς την πλευρά της θάλασσας και μία ακόμη ελαφρά επικλινή περιοχή, την ηπειρωτική ανύψωση, στη βάση της ηπειρωτικής κατωφέρειας (εικ. 6).

2.8.3 Η ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα (Continental Shelf)

Το πιο αβαθές τμήμα του ηπειρωτικού κράσπεδου είναι η ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα. Αν και αποτελούν μόλις το 8% της συνολικής επιφάνειας του ωκεανού, οι ηπειρωτικές υφαλοκρηπίδες είναι τα πιο πλούσια, από βιολογική άποψη, τμήματα του ωκεανού, με το μέγιστο σφρίγος και την αποδοτικότερη αλιεία. Η υφαλοκρηπίδα αποτελείται από ηπειρωτικό φλοιό και στην πραγματικότητα, είναι ακριβώς μέρος της ηπείρου, το οποίο προς το παρόν συμβαίνει να βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Στο παρελθόν, κατά τη διάρκεια της περιόδου όπου το επίπεδο της θάλασσας ήταν χαμηλό, οι ηπειρωτικές υφαλοκρηπίδες ήταν σε ανάδυση. Εκείνη την εποχή, ποτάμια και παγετώνες έρεαν κατά μήκος των ηπειρωτικών υφαλοκρηπίδων και δημιουργούσαν, εξαιτίας της διάβρωσης που προκαλούσαν, βαθιές χαράδρες. Όταν το επίπεδο της θάλασσας ανυψώθηκε, αυτές οι χαράδρες βυθίστηκαν στο νερό και έγιναν υποβρύχιες χαράδρες (εικ.7).



Εικ.6 Ένα «τυπικό» ηπειρωτικό κράσπεδο αποτελείται από μία ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα, μια ηπειρωτική, μια ηπειρωτική κατωφέρεια και μία ηπειρωτική ανύψωση. Από τη μεριά της θάλασσας, μετά την ηπειρωτική ανύψωση, βρίσκεται ο θαλάσσιος βυθός, ή η αβυσσική πεδιάδα. Αυτά τα βασικά χαρακτηριστικά ποικίλλουν αξιοσημείωτα από περιοχή σε περιοχή.



Εικ. 7 Η υποθαλάσσια χαράδρα Monterey, ξεκινάει από απόσταση κάτι λιγότερο από 1 km ανοιχτά του Moss Landing στον κόλπο του Monterey, στην Καλιφόρνια, και πέφτει με μεγάλη κλίση προς την ανοιχτή θάλασσα σε μήκος περίπου 175 km

Η ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα επεκτείνεται προς τη μεριά της θάλασσας με μια ελαφριά κλίση, που στις περισσότερες περιοχές είναι πάρα πολύ διαβαθμισμένη ώστε να αναγνωριστεί εύκολα. Η υφαλοκρηπίδα ποικίλλει σε πλάτος, από κάτι λιγότερο από 1 km, στις ακτές του Ειρηνικού της Νότιας Αμερικής και σε άλλες περιοχές, μέχρι και περισσότερο από 750 km, όπως στις ακτές της Αρκτικής στη Σιβηρία. Η ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα τελειώνει στο ηπειρωτικό χείλος, όπου η κλίση γίνεται απότομα πιο μεγάλη. Το ηπειρωτικό

χείλος βρίσκεται συνήθως σε βάθη από 120 m μέχρι 200 m αλλά μπορεί να βρίσκεται και πιο βαθιά, μέχρι και 400 m.

2.8.4 Ηπειρωτική κατωφέρεια και ηπειρωτική ανύψωση

Η ηπειρωτική κατωφέρεια είναι το πλησιέστερο τμήμα του πραγματικού κράσπεδου. Αρχίζει με το ηπειρωτικό χείλος και κατηφορίζει προς τη βαθιά ωκεάνια λεκάνη. Οι υποβρύχιες χαράδρες, αρχίζουν από την ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα και διασχίζουν κατά μήκος την ηπειρωτική κατωφέρεια, μέχρι τη βάση της στα 3000-5000 m. Μέσα από αυτές τις χαράδρες, τα ιζήματα μεταφέρονται από την ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα στις βαθιές ωκεάνιες λεκάνες.

Τα ιζήματα που μετακινούνται προς τα κάτω, μέσα στις υποβρύχιες χαράδρες, συσσωρεύονται στη βάση των χαραδρών, σχηματίζοντας ένα στρώμα απόθεσης που ονομάζεται βαθυθαλάσσια βεντάλια και μοιάζει πολύ με τα δέλτα των ποταμών. Γειτονικές βαθυθαλάσσιες βεντάλιες μπορούν να συγχωνευθούν και να σχηματίσουν έτσι την ηπειρωτική ανύψωση. Η ανύψωση αποτελείται από ένα παχύ στρώμα ιζήματος στοιβαγμένο στο βυθό. Τα ιζήματα μπορεί επίσης να μεταφέρονται κατά μήκος της βάσης της κατωφέρειας από ρεύματα και να επεκτείνεται έτσι η ηπειρωτική ανύψωση πέρα από τις βαθυθαλάσσιες βεντάλιες [4] .

ΕΠΑΝΑΙΩΡΗΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι χερσαίες ήπειροι αποτελούν την μεγαλύτερη πηγή των περισσότερων υλικών που εισέρχονται στους ωκεανούς. Το ποσοστό των ιζημάτων που μεταφέρονται στη θάλασσα εξαρτάται από φυσικούς μηχανισμούς που λαβαίνουν χώρα κατά μήκος των υφαλοκρηπιδών [5].

Η επαναιώρηση είναι μια κοινή φυσική διαδικασία που εμφανίζεται παντού στο θαλάσσιο περιβάλλον, τόσο στις ρηχές παράκτιες περιοχές όσο και στα μεγάλα θαλάσσια βάθη. Η επαναιώρηση εμφανίζεται όταν η διατμητική τάση (shear stress, τριβή του ύδατος ενάντια στο κατώτατο σημείο του πυθμένα), είναι αρκετά υψηλή ώστε να κινητοποιήσει τα μόρια του ιζήματος. Κατά συνέπεια, η επαναιώρηση οδηγεί επίσης σε μεταφορά των μορίων κατά μήκος του πυθμένα της θάλασσας λόγω των ρευμάτων.

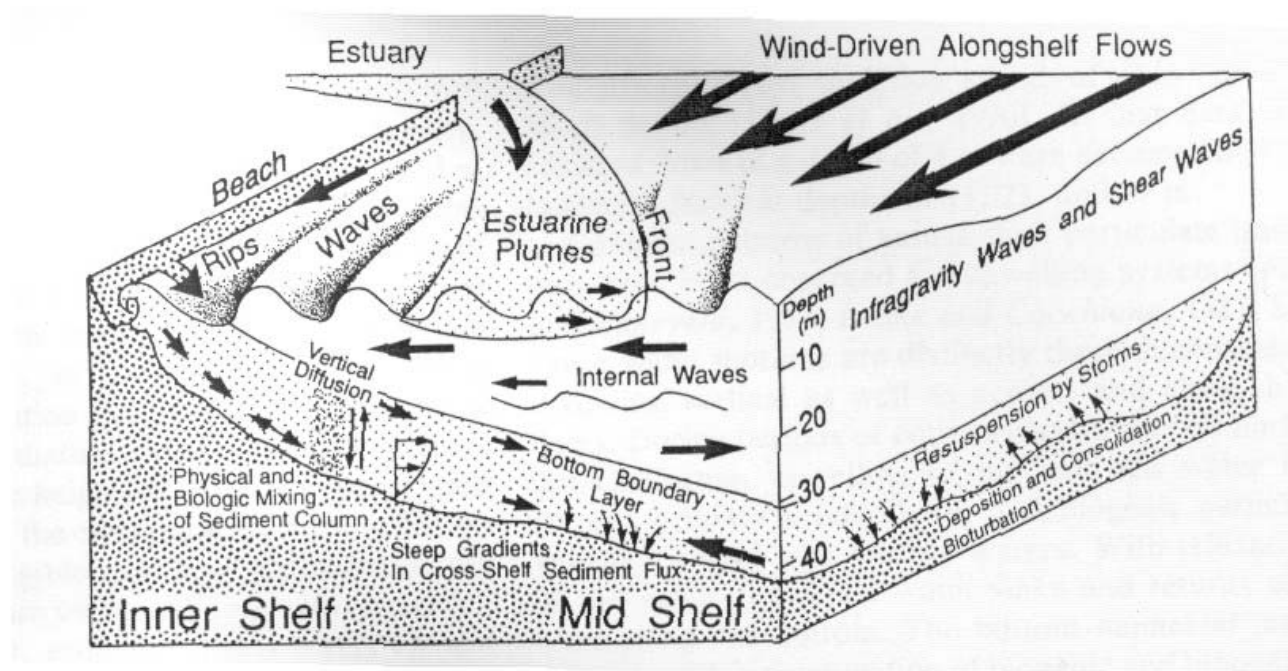
Η επαναιώριση μπορεί να προκληθεί από φυσικά γεγονότα, όπως ο ισχυρός αέρας και τα παλινδρομικά ρεύματα και από βιολογικές δραστηριότητες ή από ανθρωπογενείς επεμβάσεις με τράτες ή διεργασίες εκβάθυνσης [7].

Εμείς θα επικεντρώσουμε το ενδιαφέρον μας στη περιοχή της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας και συγκεκριμένα στη ζώνη της εσωτερικής ακτής (inner shelf). Σ' αυτή τη ζώνη θα εξετάσουμε το φαινόμενο της επαναιώρισης στο οριακό στρώμα βυθού (Bottom Boundary Layer, BBL), μόλις λίγα εκατοστά πάνω από τον πυθμένα (σχ.6).

3.2 Η ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΚΤΗ

Η εσωτερική ακτή είναι η περιοχή δίπλα στην παραλία όπου ολόκληρη υδάτινη στήλη διακατέχεται από την τριβή με τον επικαλύπτοντα αέρα και τον ελλοχεύοντα βυθό. Μιλώντας με χωρικούς όρους, βρίσκεται μεταξύ της ζώνης κυματαγωγής (surf zone) και του της μεσαίας ακτής (mid shelf). Οι κυρίαρχες υδροδυναμικές μεταβλητές που λειτουργούν σε αυτό το περιβάλλον είναι τα κύματα αέρος (wind waves), καθώς επίσης και τα ρεύματα που παράγονται από τους ανέμους και τις παλίρροιες. Αυτές οι υδροδυναμικές επιρροές ασκούν από κοινού την πίεση στην υδάτινη στήλη και το βυθό, αναγκάζοντας τα ιζήματα να κινητοποιηθούν και να μεταφερθούν κατά μήκος της ακτής ή να αιωρούνται. Λαμβάνοντας υπόψη τη σημασία του αέρα σαν κινητήρια δύναμη, συμπεραίνουμε ότι οι θύελλες οδηγούν συχνά στη τροποποίηση του

οριακού στρώματος του βυθού, και έχουμε επαναιώρηση και μεταφορά ιζημάτων στις περιοχές των εσωτερικών ακτών [6].



Σχ.6 Σχεδιάγραμμα που παρουσιάζει τις κύριες φυσικές διεργασίες που προκαλούν την επαναιώρηση και τη μεταφορά των ιζημάτων στον πυθμένα της εσωτερικής και της μεσαίας ακτής.

3.3 ΤΟ ΟΡΙΑΚΟ ΣΤΡΩΜΑ ΒΥΘΟΥ

Το οριακό στρώμα βυθού, είναι το στρώμα της υδάτινης στήλης, ακριβώς πάνω από τον πυθμένα της θάλασσας όπου οι ροές επιβραδύνονται σημαντικά από την τριβή του πυθμένα (bed friction) και οι ορμές στις κατακόρυφες μετακινήσεις είναι πολύ πιο έντονες.

Οι διεργασίες που λαβαίνουν χώρα στο οριακό στρώμα βυθού προσδιορίζουν την διατμητική τάση και επιδρούν στη μεταφορά ιζημάτων με δύο τρόπους :

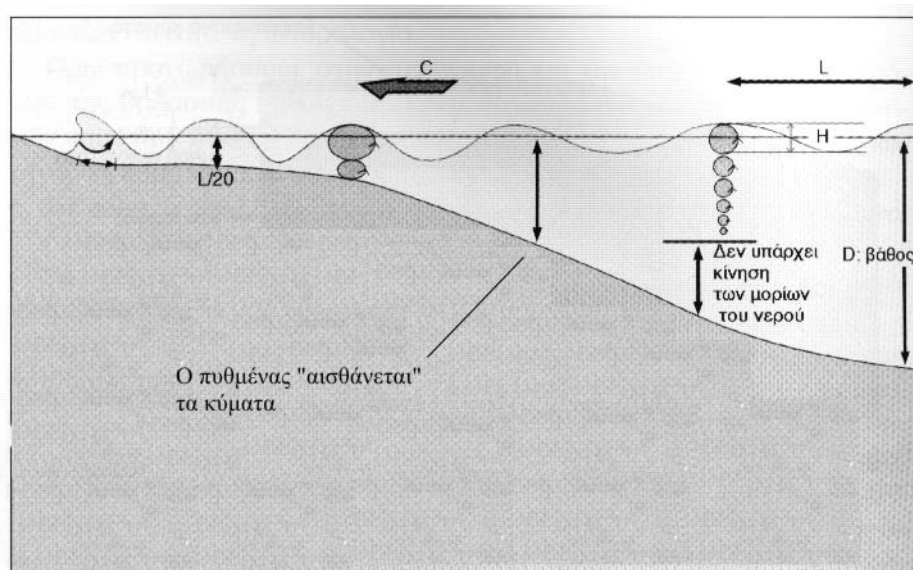
1. Καθορίζουν το προφίλ των ταχυτήτων κοντά στον πυθμένα (near-bottom velocity profile), στις περιοχές όπου η συγκέντρωση των σωματιδίων είναι μεγαλύτερη, και
2. καθορίζουν επίσης την δύναμη της τριβής (skin friction) που επιδρά στα σωματίδια του ιζήματος και κατά συνέπεια ρυθμίζουν την αιώρηση των σωματιδίων.

Στο οριακό στρώμα βυθού της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας και συγκεκριμένα στη περιοχή της εσωτερικής ακτής, η αλληλεπιδράσεις μεταξύ των κυμάτων και των ρευμάτων και η μικρομορφολογία του βυθού είναι οι κυριότερες αιτίες που προκαλούν και κυριαρχούν στις παραπάνω διεργασίες [5].

3.4 ΕΠΑΝΑΙΩΡΗΣΗ

3.4.1 Εισαγωγή

Τα κύρια φυσικά αίτια της επαναιώρησης ιζημάτων είναι τα μεγάλα κύματα και τα ρεύματα. Διατμητικές τάσεις δημιουργούνται από την επιβράδυνση των ρευμάτων και την αντανάκλαση της τροχιάς των κυμάτων στον πυθμένα της θάλασσας(εικ.8).



Εικ. 8 Η επίδραση των κυμάτων στον πυθμένα. Παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται το βάθος, τόσο μειώνονται οι τροχιές των σωματιδίων.

Καθώς αυτές οι τροχιές μειώνονται λογαριθμικά απομακρυνόμενες από την επιφάνεια της θάλασσας, η σημασία των κυμάτων είναι μεγαλύτερη στα ρηχά νερά – μόνο τα πολύ μεγάλα κύματα διεισδύουν σε πυθμένες που βρίσκονται κάτω από τα 50 m. Το ποσοστό της επαναιώρισης εξαρτάται από την διαφορά της παραγόμενης διατμητικής τάσης (shear stress) και της κρίσιμης διατμητικής τάσης (critical shear stress), κάτω από το όριο της οποίας δεν κινητοποιείται το ίζημα [8].

Με απλά λόγια τα κύματα κινητοποιούν τα ιζήματα από τον πυθμένα, τα διασκορπίζουν κατακόρυφα στην υδάτινη στήλη και παράγουν ένα αιωρούμενο δίκτυ από σωματίδια του ιζήματος. Άπαξ και αιωρούνται, τα ρεύματα είναι σχεδόν αποκλειστικά αυτά που μεταφέρουν τα σωματίδια μέσα στο νερό [9].

Οι απαραίτητες εξισώσεις για τον υπολογισμό της διατμητικής τάσης στον πυθμένα από την συνδυασμένη δράση κυμάτων και ρευμάτων δίδονται παρακάτω [10] :

$$\tau_{c+w} = 0.5 f_w \rho u_w^2 n \quad (1)$$

όπου f_w είναι ο συντελεστής τριβής του κύματος (wave friction factor) και n περιγράφει τη σχέση μεταξύ του ρεύματος και του κύματος :

$$n = [1 + \sigma^2 + 2\sigma + |\cos(\delta - \alpha)|]^{1/2} \quad (2)$$

όπου $(\delta - \alpha)$ είναι η γωνία μεταξύ του ρεύματος και του κύματος και σ είναι η αναλογία του μεγέθους της παρακινούμενης από το ρεύμα διατμητικής τάσης προς το εύρος της παρακινούμενης από το κύμα διατμητικής τάσης στον πυθμένα και αναπαρίσταται από την εξίσωση :

$$\sigma = (f_c / f_w) (u_c / u_w)^2 \quad (3)$$

όπου f_c είναι ο συντελεστής τριβής του ρεύματος (current friction factor). Λαβαίνοντας για την πρώτη επανάληψη ένα θεωρητικό ρεύμα ο συντελεστής τριβής του υπολογίζεται βάση της :

$$(2/f_c)^{1/2} = (1/k) \ln[(30h) / (e k_n)] - (1/k) \ln(k_a k_n) \quad (4)$$

όπου k_n είναι η τραχύτητα κατά Nikuradse και k_a είναι η φαινομενική τραχύτητα (apparent roughness). Αυτό προϋποθέτει ότι ο πυθμένας είναι επίπεδος και η κλίμακα της τραχύτητας των στοιχείων είναι ή διάμετρος του κόκκου.

Έπειτα υπολογίζεται ο συντελεστής τριβής του κύματος λαβαίνοντας ένα θεωρητικό κύμα ($n=1$) :

$$f_w = \{ [4\beta (2n)^{1/2} k_n \pi] / (u_w T) \}^{2/3} \quad (5)$$

όπου β είναι μια εμπειρική σταθερά στροβιλισμού. Η φαινομενική τραχύτητα k_a υπολογίζεται με :

$$(k_a / k_n) = 30 (\delta_w / k_n) \exp [-(\kappa / \beta) (\delta_w / k_n) (\sigma / n)^{1/2}] \quad (6)$$

με :

$$\delta_w / k_n = 0.45 (\pi / 2^{1/2}) (\beta J)^{1/2} \quad (7) ,$$

$$J = [(1/2)(n f_w)]^{1/2} [u_w / (k_n \omega_\alpha)] \quad (8) ,$$

$$\omega_\alpha = 2\pi / T \quad (9)$$

όπου δ_w είναι η πυκνότητα (πλάτος) του κύματος στο οριακό στρώμα βυθού και ω_α είναι η γωνιακή κυματική συχνότητα (angular wave frequency). Έπειτα

υπολογίζεται μια νέα τιμή της f_c χρησιμοποιώντας την (4) και επαναλαμβάνεται η διαδικασία έως ότου να συγκλίνει με την f_c .

Τελευταία υπολογίζεται η τιμή της διατμητικής τάσης τ_{c+w} με την (1).

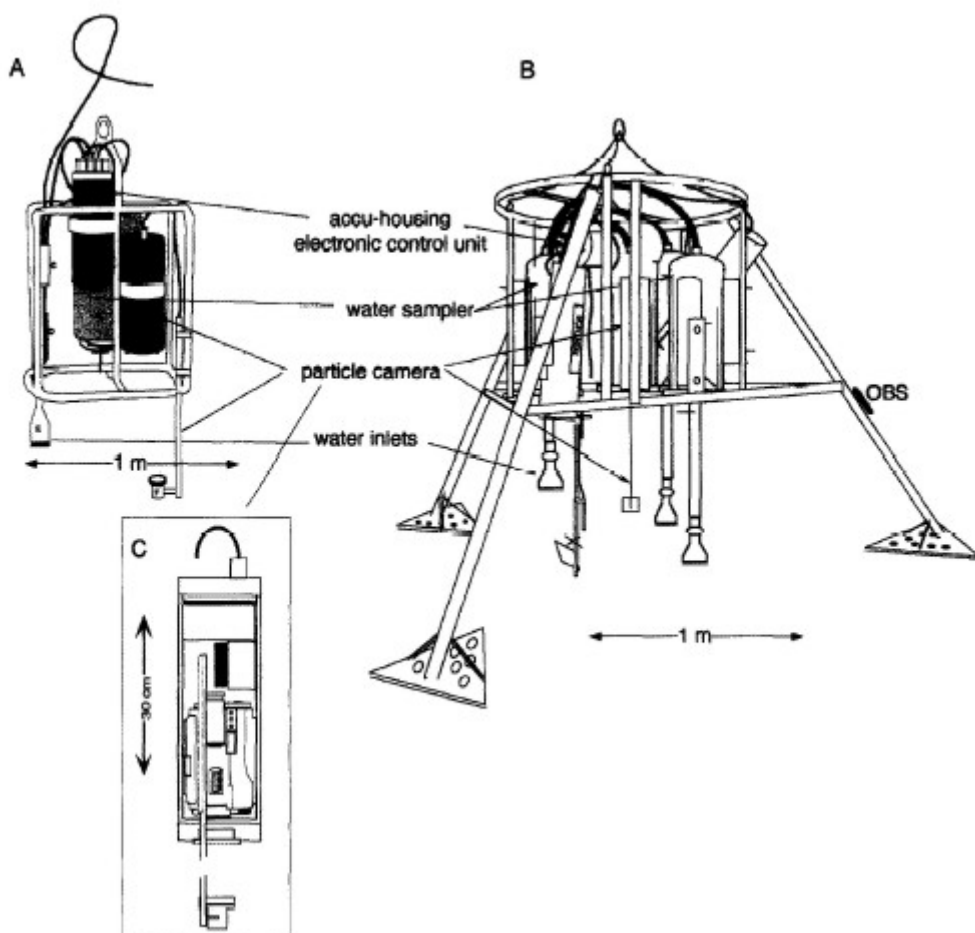
3.4.2 Μελέτη του φαινομένου χρησιμοποιώντας εικόνες video

Θα περιγράψουμε τη χρήση ενός συστήματος video για συσσωματικές μελέτες στο οριακό στρώμα βυθού, που αναπτύχθηκε από ερευνητές στο ινστιτούτο GEOMAR της Γερμανίας. Σε συνδυασμό με μπουκάλες δειγματοληψίας νερού στον πυθμένα επιτρέπει τη μελέτη των πιθανών αιτιών της επαναιώρισης που σχετίζονται με τα μορφολογικά, τα χημικά και τα βιολογικά χαρακτηριστικά του ιζήματος.

Το σύστημα video αποτελείται από μια κάμερα με χρονοδιακόπτη, μπαταρίες και μια λάμπα αλογόνου (εικ.9). Αυτό ενσωματώθηκε στη βενθική άκατο BIOPROBE, που είναι μια συστοιχία οργάνων για δειγματοληψία νερού από τον πυθμένα. Η κάμερα προστατεύεται μέσα σε ένα δοχείο υψηλής πίεσης (Aanderaa Instruments) πίσω από ένα γυάλινο παράθυρο πάχους 30 mm. Το δοχείο περιέχει μια Hi8 Sony TR3 κάμερα. Επίσης διαθέτει και έναν ειδικό φακό που μπορεί να διακρίνει μέχρι και σωματίδια διαμέτρου 100 μm . Προγραμματίστηκε έτσι ώστε να εστιάζει σε σωματίδια που βρίσκονται σε απόσταση 35 cm από τον φακό. Καθορίστηκε ότι το εύρος της εικόνας θα περιλαμβάνει περίπου 1,9 cm^3 νερού και η μετρήσεις θα γίνονται 40 cm πάνω από τον πυθμένα.

Οι μαγνητοσκοπημένες εικόνες μεταφέρονται στο εργαστήριο σε έναν υπολογιστή Macintosh 68040 και αναλύονται με το πρόγραμμα ανάλυσης εικόνας "Image Analysis 1.45". Για κάθε περιοχή δειγματοληψίας λαμβάνεται μια ειδική πλεγματοδής εικόνα που χρησιμοποιείται για τη βαθμονόμηση (calibration) των εικόνων στο εργαστήριο.

Χρησιμοποιώντας το σύστημα δειγματοληψίας νερού του GEOBROBE λαμβάνονται ταυτόχρονα με το φαινόμενο και δείγματα νερού και αναλύοντας τα στο εργαστήριο μπορούν να προσφέρουν και δεδομένα για τις χημικές και βιολογικές ιδιότητες των σωματιδίων που βρίσκονταν σε αιώρηση.



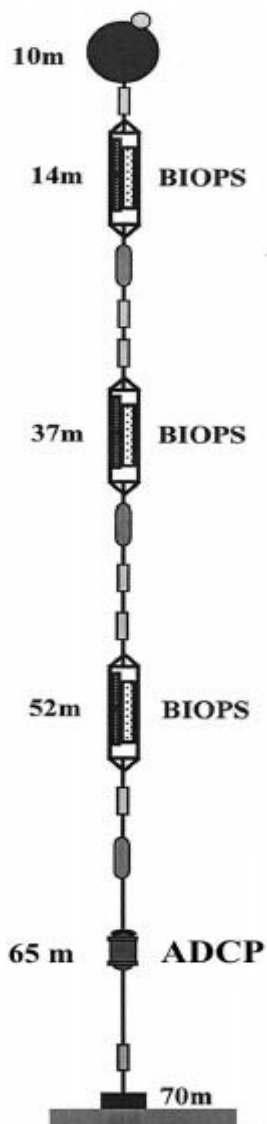
Εικ. 9 *A. Η κάμερα ενσωματωμένη στο διαμορφωμένο σύστημα για τον βυθό
B. Η βενθική άκατος BIOPROBE
C. Όψη μέσα στο δοχείο υψηλής πίεσης Aanderaa*

3.4.3 Μελέτη του φαινομένου χρησιμοποιώντας αγκυροβολημένη αλυσίδα

Μια άλλη μέθοδος μελέτης του φαινομένου της επαναιώρησης είναι αυτή της χρήσης μια αλυσίδας που θα είναι αγκυροβολημένη στο βυθό (subsurface mooring) και θα μετράει την εξασθένηση της επαναιώρισης μέχρι και 50 m πάνω από τον βυθό. Ένα τέτοιο σύστημα αναπτύχθηκε από ερευνητές του πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας και του ωκεανογραφικού ινστιτούτου της Μασαχουσέτης το 1996, και εφαρμόστηκε κατά το πέρασμα των τυφώνων Eduard και Hortense σε ένα σημείο της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας στη Μασαχουσέτη [10]. Πάνω στην αλυσίδα τοποθετήθηκαν τρεις βιοοπτικοί αισθητήρες (BIOPS) σε βάθη 14, 37 και 52 μέτρων (εικ.10). Το βάθος της θάλασσας στο σημείο τοποθέτησης ήταν 70 m. Οι αισθητήρες BIOPS στη συγκεκριμένη μελέτη αποτελούνταν από :

- 1 φθοροσκόπιο (fluorometer) της εταιρίας WET Labs, για τη μέτρηση της αιωρούμενης ποσότητας χλωροφύλλης
- 1 transmissometer (660nm) της Sea Tech
- 1 αισθητήρα θερμοκρασίας της Sea Bird Electronics

- 1 οπτικό αισθητήρα ac-9 της Wet Labs που μετράει την εξασθένηση της διάχυσης του αιωρούμενου υλικού, καθώς και διάφορους συντελεστές απορρόφησης στα μήκη κύματος $\lambda = 412, 440, 488, 510, 532, 555, 650, 676$ και 715 nm .



Εικ. 10 *Η αγκυροβολημένη αλυσίδα που χρησιμοποιήθηκε*

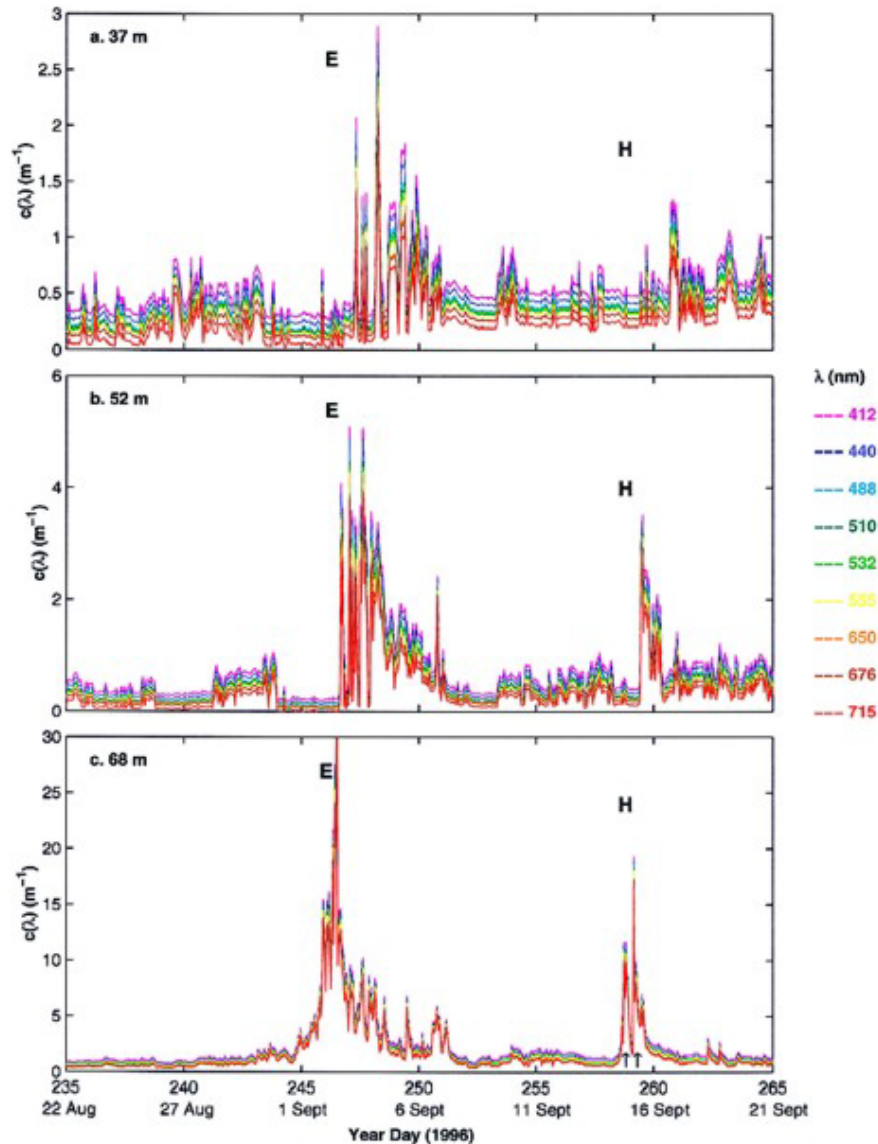
Η συχνότητα δειγματοληψίας για τον ac-9 καθορίστηκε για μία φορά την ώρα για 30 sec, ενώ για όλους τους άλλους αισθητήρες η συχνότητα ήταν 8 μετρήσεις την ώρα.

Εκτός από τους BIOPS αισθητήρες τοποθετήθηκε πάνω στη αλυσίδα σε βάθος 65 m και ένα Acoustic Current Doppler Profiler (ADCP), ένας ακουστικός ρευματογράφος δηλαδή, που χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Doppler, μπορεί να συλλέγει δεδομένα για τη διεύθυνση και την ταχύτητα των ρευμάτων. Τα δεδομένα του ADCP καταγράφονταν κάθε 2 λεπτά.

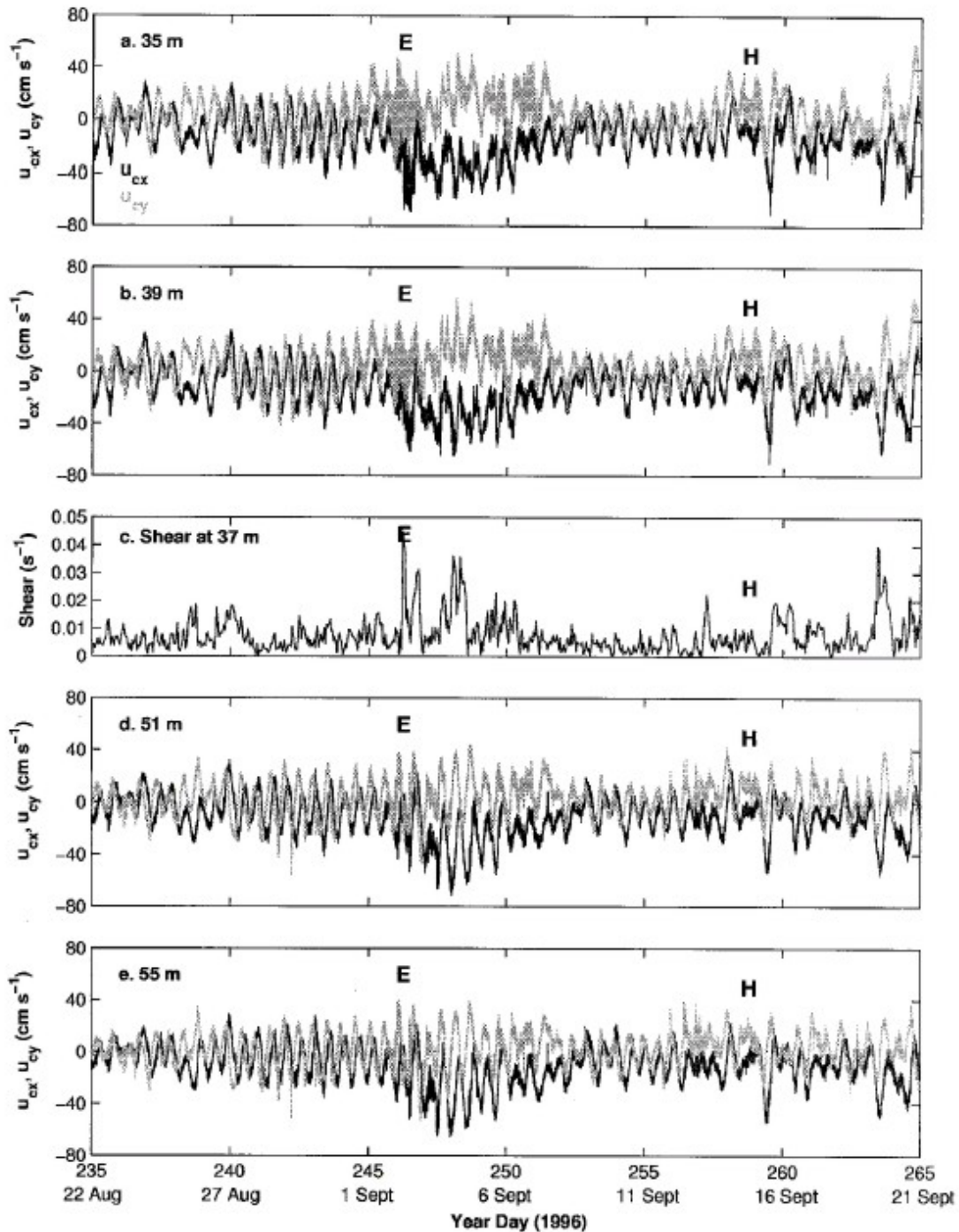
Τα απαραίτητα δεδομένα για τα χαρακτηριστικά των κυμάτων που επικρατούσαν στην περιοχή συλλέχθηκαν από τον κυματογράφο 44008 που

βρίσκονταν κοντά στο σημείο της αλυσίδας και είναι ενταγμένος στο εθνικό δίκτυο μετεωρολογικών σηματοδότηρων (NDBC).

Μετά τη συλλογή και την επεξεργασία των δεδομένων στο εργαστήριο προέκυψαν τα παρακάτω σχεδιαγράμματα, που δίνουν μια εικόνα για την κατακόρυφη διάχυση του φαινομένου της επαναιώρησης στην περιοχή, καθώς επίσης και για τα ρεύματα και τα κύματα που επικρατούσαν.



Σχ. 7 Χρονική αναπαράσταση του συντελεστή διάχυσης της επαναιώρησης σε τρία διαφορετικά βάθη, και σε 9 διαφορετικά μήκη κύματος του ΒΙΟΡ



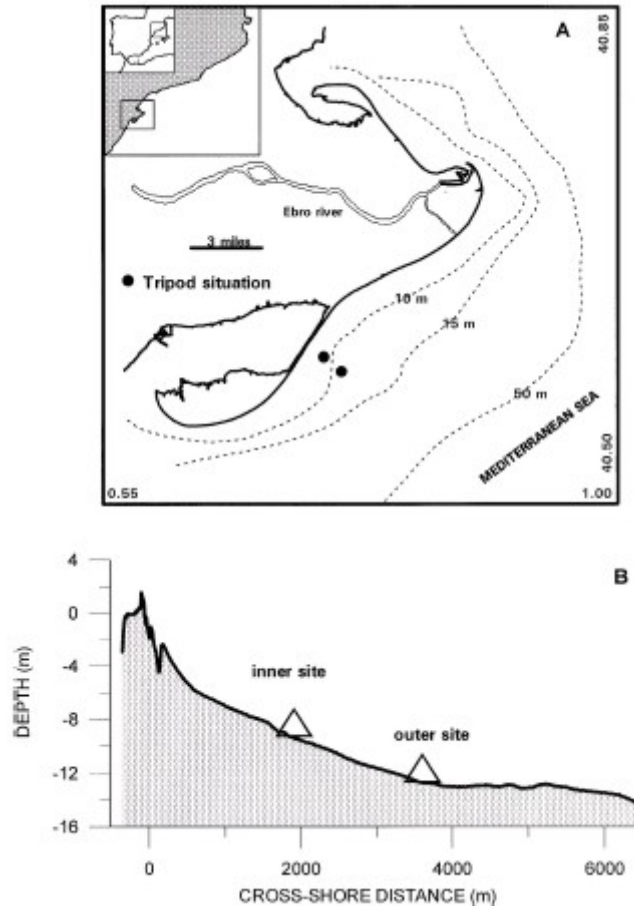
Σχ. 8 (a), (b), (d) και (e) είναι οι ταχύτητες των ρευμάτων όπως τους κατέγραψε ο ADCP στα διαφορετικά βάθη, και (c) είναι η διάτμηση μεταξύ των 35 και των 39 μέτρων.

3.4.4 Μελέτη του φαινομένου με βενθική άκατο - Περιγραφή και παρουσίαση των επίκτητων δεδομένων

Παρακάτω θα περιγράψουμε μια μελέτη του φαινομένου της επαναιώρισης ιζημάτων που έγινε το 1997, στο δέλτα του ποταμού Ebro, στην Ισπανία. Το πείραμα καλύπτει μια χρονική περίοδο μέσα στην οποία οι υδροδυναμικές συνθήκες ποικίλουν, από μικρές ροές στον πυθμένα της

θάλασσας, όπου δεν κινητοποιούνταν σωματίδια, μέχρι και αναπτυγμένες συνθήκες θαλασσοθύελας όπου υπήρχε η μέγιστη επαναιώρηση των ιζημάτων [12].

Δύο τρίποδα, εξοπλισμένα με τα απαραίτητα όργανα τοποθετήθηκαν σε βάθη των 8.5 και 12.5 μέτρων στην εσωτερική ακτή κοντά στο δέλτα που σχηματίζει ο ποταμός, όταν εισέρχεται στη Μεσόγειο (εικ.11).



Εικ. 11 (Α) περιοχή μελέτης και (Β) θέση των δύο τρίποδων κατά μήκος της εσωτερικής ακτής του δέλτα του ποταμού Ebro.

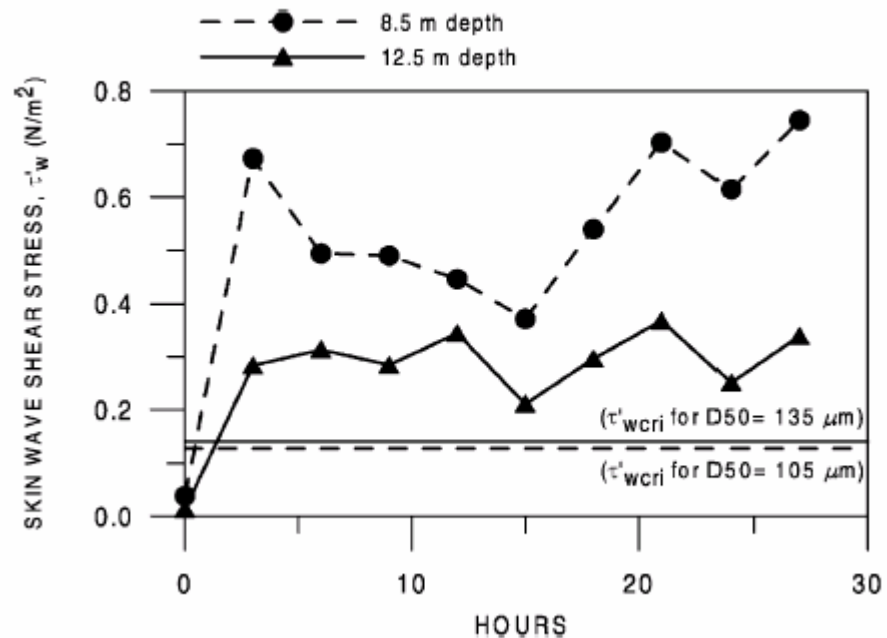
Οι ταχύτητες των ρευμάτων και η συγκέντρωση του αιωρούμενου ιζήματος μετρήθηκαν σε τρία διαφορετικά επίπεδα της υδάτινης στήλης (περίπου 10, 50 και 90 cm πάνω από τον πυθμένα), χρησιμοποιώντας τρεις διαζονικούς, ηλεκτρομαγνητικούς ρευματογράφους της εταιρίας Delft Hydraulics, τρία οπτικά θολερόμετρα (optical backscattering sensors, OBS) της εταιρίας D&A Instruments. Οι αισθητήρες OBS διαβαθμίστηκαν στο εργαστήριο χρησιμοποιώντας δείγματα ιζημάτων από της δύο περιοχές τοποθέτησης. Η πίεση στον πυθμένα μετρήθηκε με τη χρήση ενός απόλυτου αισθητήρα πίεσης της εταιρίας DRUCK, συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο PDCR-1830.

Πριν την έναρξη των μετρήσεων εξακριβώθηκε από δύτες, η ακριβής απόσταση των αισθητήρων από τον πυθμένα (αυτό γιατί τα τρίποδα, βυθίζονται κάποια εκατοστά μέσα στον πυθμένα αφού τοποθετηθούν). Και τα δύο τρίποδα λειτουργούσαν σε burst-mode (δηλαδή έπαιρναν μετρήσεις και μετά περίμεναν σε sleep-mode μέχρι την επόμενη μέτρηση, για

εξοικονόμηση ενέργειας). Η καταγραφή των δεδομένων γινόταν με συχνότητα 2 Hz, για τα 20 λεπτά ανά τρεις ώρες που διαρκούσε η δειγματοληψία.

- **Κυματισμός**

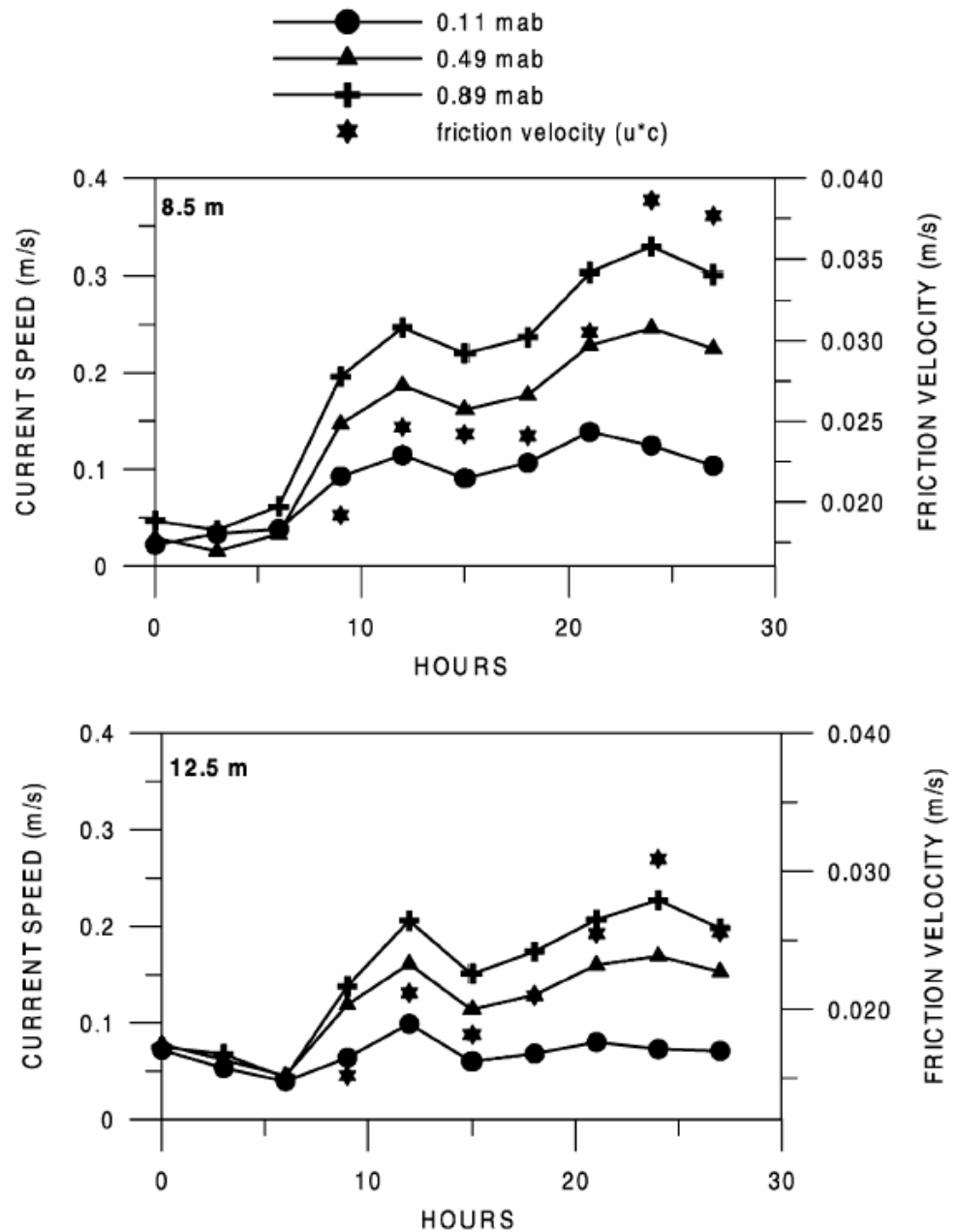
Οι συνθήκες κυματισμού κατά τη διάρκεια της παρακολούθησης υπολογίστηκαν από την πίεση στον πυθμένα και από την χρονοσειρά των ταχυτήτων (velocity time series). Η κατεύθυνση κυματισμού υπολογίστηκε από τη χρονοσειρά των ταχυτήτων κατά Madsen. Επίσης υπολογίστηκε η περίοδος του κυματισμού, καθώς και το ύψος κύματος. Μετά από υπολογισμούς υπολογίστηκε και η ασκούμενη διατμητική τάση στον πυθμένα από τα κύματα (skin wave shear stress)



Σχ.9 Χρονική εξέλιξη της κυματικής διατμητικής τάσης στον πυθμένα (εδώ φαίνεται και η κρίσιμη τιμή της διατμητικής τάσης, που πρέπει να ξεπεραστεί ώστε να αρχίσει η επαναιώρηση)

- **Ρεύματα**

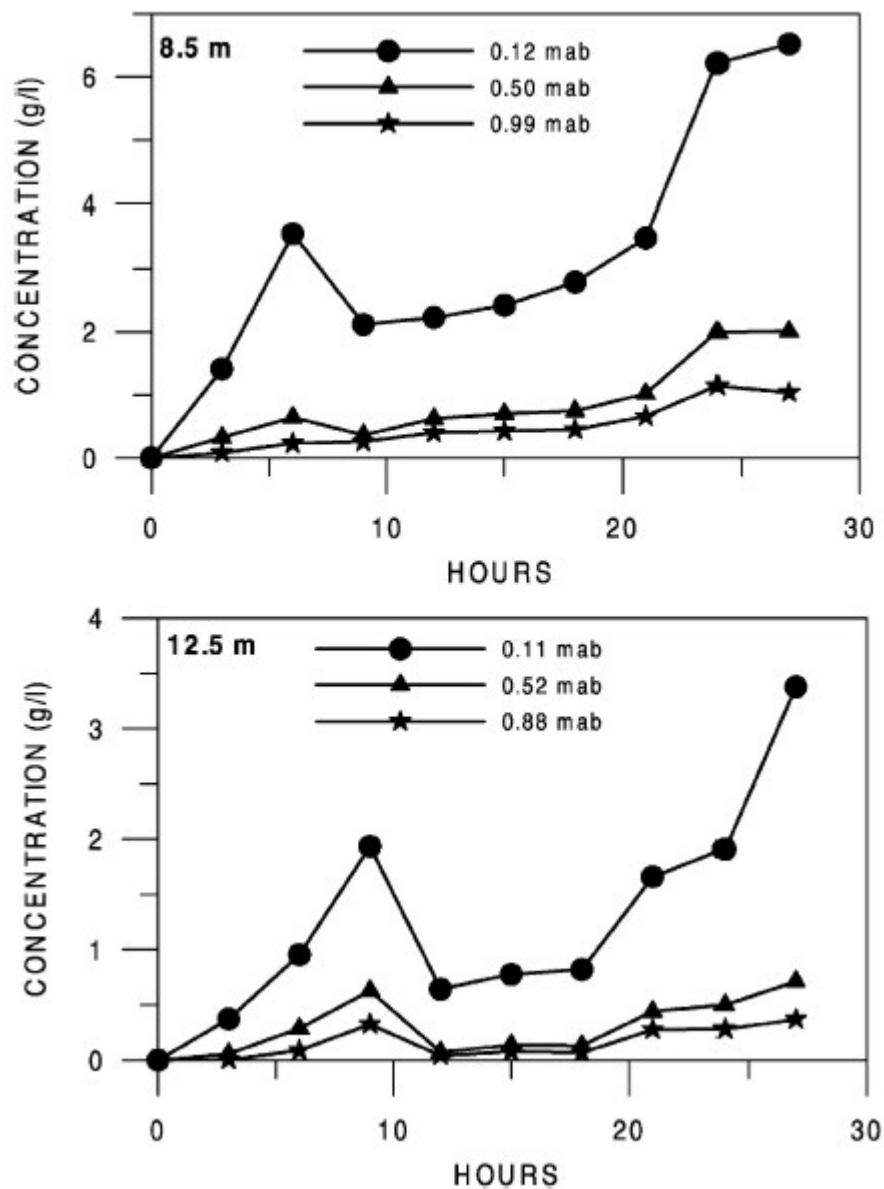
Οι ρευματογράφοι κατέγραψαν όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τον υπολογισμό των διανυσμάτων της ταχύτητας των ρευμάτων. Καθώς επίσης και για την τριβή που ασκούν τα ρεύματα στο πυθμένα (friction velocity).



Σχ.10 Χρονική εξέλιξη της ταχύτητας των ρευμάτων καθώς και της ασκούμενης τριβής

- **Αιωρούμενα ιζήματα**

Οι οπτικοί αισθητήρες OBS κατέγραψαν τις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων ιζημάτων σε διάφορα ύψη πάνω από τον πυθμένα. Μετά από υπολογισμούς και συγκρίνοντας τα δεδομένα με τα δείγματα των ιζημάτων που πάρθηκαν από δύτες στα σημεία εγκατάστασης παράχθηκαν τα παρακάτω σχεδιαγράμματα :



Σχ. 11 Χρονική εξέλιξη της συγκέντρωσης των αιωρούμενων ιζημάτων σε τρία διαφορετικά ύψη πάνω από τον πυθμένα

Συμπεράσματα :

Οι απαραίτητες υδροδυναμικές συνθήκες για την έναρξη του φαινομένου της επαναιώρησης, στην εσωτερική ακτή του δέλτα του ποταμού Ebro, υπολογίστηκαν εφαρμόζοντας το κριτήριο του Shields, σύμφωνα με τους Madsen και Grant. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως το critical shear stress στα 12.5 m ήταν $T_{cr}=0.14 \text{ N/m}^2$ ενώ στα 8.5 m είχαμε $T_{cr}=0.16 \text{ N/m}^2$. Δηλαδή το shear stress που ασκούνταν στον πυθμένα από την αλληλεπίδραση κυμάτων και ρευμάτων, έπρεπε να ξεπερνάει τις παραπάνω τιμές για να έχουμε επαναιώριση ιζημάτων (βλέπε σχ.9). Υποθέτοντας πως τα κύματα είναι η κύρια αιτία για την παραγωγή τέτοιου μεγέθους διατμητικών δυνάμεων στον

πυθμένα, μπορούμε να υπολογίσουμε θεωρητικά ελάχιστα κύματα, που θα κινητοποιούν τα ιζήματα.

ΒΕΝΘΙΚΕΣ ΑΚΑΤΟΙ ΣΤΗΝ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι δύσκολο, αν όχι αδύνατο, να ανακτήσουμε ακριβή δεδομένα από την βαθιά θάλασσα, γιατί συχνά τα δείγματα και τα δεδομένα, υποβάλλονται σε μεγάλες αλλαγές κατά την ανάβαση τους στην επιφάνεια. Επομένως είναι προτιμότερο οι μετρήσεις και τα πειράματα να διενεργούνται κατευθείαν στον πυθμένα της θάλασσας. Ακόμα και όταν δουλεύουμε σε ρηχά νερά στις παράκτιες περιοχές, είναι γενικώς παραδεκτό, ότι είναι προτιμότερο, αν υπάρχει η δυνατότητα, να διενεργούνται τα πειράματα *in situ*, δηλαδή στον πυθμένα της θάλασσας, για να αποφευχθούν οι συνέπειες της αλλοίωσης των δεδομένων. Τέτοιες μελέτες μπορούν να γίνουν χρησιμοποιώντας βενθικές ακάτους ή άλλα όργανα που μπορούν να εγκατασταθούν στον πυθμένα. Κατά το σχεδιασμό και τη χρήση αυτών των εργαλείων, ένας σημαντικός στόχος είναι να ελαχιστοποιήσουμε την επίδραση τους, στο υδροδυναμικό περιβάλλον του πυθμένα κατά την άφιξη και τη λειτουργία τους εκεί. Άλλο ένα πλεονέκτημα της χρήσης των ακάτων για τέτοιες μελέτες, είναι ότι με τη σωστή χρήση τους, απαιτείται λιγότερος χρόνος χρήσης του ωκεανογραφικού πλοίου (άρα και χρημάτων), από εκείνη που θα απαιτούνταν με τη χρήση συμβατικών μεθόδων ανάκτησης ωκεανογραφικών δεδομένων. Από τη στιγμή που θα αναπτυχθεί η άκατος στον πυθμένα, το πλοίο, είναι έτοιμο να αναχωρήσει και να χρησιμοποιηθεί για άλλους σκοπούς.

Για το σχεδιασμό μιας ακάτου υπάρχουν αρκετές παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπ' όψη προκειμένου να εξασφαλιστεί η επιτυχής διεξαγωγή των πειραμάτων και των μετρήσεων. Αυτές περιλαμβάνουν:

- τις μεθόδους της καθέλκυσης και της ανάκτησης,
- την επιλογή των κατασκευαστικών υλικών για τα διάφορα μέρη της,
- το σχέδιο της ακάτου,
- την ταχύτητα κατάβασης και ανάβασης,
- την τεχνική προσγείωσης,
- την επιλογή των τεχνικών δειγματοληψίας,
- τις παρατηρήσεις, τις μετρήσεις και
- και τελευταία την σωστή επιλογή των ηλεκτρονικών ελέγχου και της τροφοδοσίας.

4.2 ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΥΛΙΚΩΝ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Μια αυτόνομη βενθική άκατος πρέπει να έχει ένα βασικό σκελετό υποστήριξης, πάνω στον οποίο τοποθετούνται τα όργανα, τα βάρη ευστάθειας και ο μηχανισμός απελευθέρωσης. Ο κύριος στόχος κατά την κατασκευή του σκελετού είναι να διατηρήσουμε το βάρος του στο ελάχιστο χωρίς να ζημιώνουμε την σταθερότητα του. Η διατήρηση του χαμηλού βάρους δε βοηθάει μόνο στην εύκολη διαχείριση του οργάνου, αλλά ελαχιστοποιεί και την ανάγκη για ακριβή όργανα ανάβασης και κατάβασης. Κατά τη χρήση, η άκατος και ο σκελετός του επηρεάζονται από ακαθόριστες υδροστατικές πιέσεις, οπότε το μεγαλύτερο ρίσκο για μηχανική βλάβη, υπάρχει κατά τις διαδικασίες κατάβασης και ανάβασης. Για τη διευκόλυνση της μεταφοράς και της φύλαξης οι περισσότεροι κατασκευαστές σχεδιάζουν εξωτερικούς συναρμολογούμενους σκελετούς. Το υλικό που προτιμάται είναι το αλουμίνιο, που είναι σχετικά φθηνό και ελαφρύ ($\rho_{Al} = 2600-2850 \text{ kg/m}^3$, ανάλογα με το κράμα που θα επιλεγεί). Παρ' όλ' αυτά το αλουμίνιο δεν είναι τόσο δυνατό όσο κάποια άλλα υλικά, όπως για παράδειγμα ο ανοξείδωτος χάλυβας, και πολλά πλοία δεν είναι εξοπλισμένα με τον ειδικό συγκολλητικό εξοπλισμό, που πιθανόν να χρειαστεί για διάφορες επισκευές. Εναλλακτικά υλικά για του σκελετούς είναι το ανοξείδωτο ατσάλι, το τιτάνιο και συνθετικά υλικά όπως το ενισχυμένο με aramid Fiberglass (σαν υλικό συγκόλλησης χρησιμοποιείται το epoxy resin).

Το ανοξείδωτο ατσάλι ($\rho_{\text{stainless}} = 7950 \text{ kg/m}^3$) είναι περίπου τρεις φορές πιο πυκνό από το αλουμίνιο και τουλάχιστον τέσσερις φορές πιο πυκνό από τα συνθετικά υλικά ($\rho_{\text{composite}} = 1500 \text{ kg/m}^3$). Το τιτάνιο έχει πυκνότητα $\rho_{\text{titanium}} = 4500 \text{ kg/m}^3$. Παρά το μεγάλο βάρος του, το ανοξείδωτο ατσάλι έχει καλύτερες μηχανικές δυνατότητες. Έχει E-module (χρησιμοποιείται συχνά στη μηχανική ως μονάδα μέτρησης δύναμης, για παράδειγμα δύναμη κάμψης) το οποίο είναι σχεδόν τρεις φορές μεγαλύτερο από αυτό του αλουμινίου και περίπου μια και μισή φορά μεγαλύτερο από αυτό των συνθετικών υλικών : $E_{\text{stainless}} = 210 \text{ GP}_a$ σε αντίθεση με $E_{Al} = 70 \text{ GP}_a$, $E_{\text{composite}} = 120-140 \text{ GP}_a$, $E_{\text{titanium}} = 114-118 \text{ GP}_a$.

Το υψηλότερο κόστος που ανακύπτει κατά την κατασκευή μιας ακάτου είναι το κόστος εργασίας, αλλά εάν τα υλικά για το σκελετό επιλέγονται με βάση το κόστος, το κόστος του αλουμινίου και του ανοξείδωτου χάλυβα είναι παρόμοια, ενώ του τιτανίου και των συμβατικών υλικών περίπου 20 φορές ακριβότερο, σύμφωνα με τις τιμές του 1994. Το κόστος των συνθετικών υλικών εξαρτάται από την ποσότητα των aramid fibers που θα χρησιμοποιηθούν : η χρήση (το πλήθος) των aramid fibers είναι ανάλογη με τη μηχανική δύναμη που αναπτύσσεται και με το κόστος.

Εάν χρησιμοποιηθεί αλουμίνιο ή ανοξείδωτο ατσάλι η επιλογή του κράματος πρέπει να γίνει με βάση την ικανότητα αντίστασης στη φθορά από το θαλασσινό νερό. Οι καλύτερες επιλογές είναι, για το ανοξείδωτο ατσάλι AA316 (US Standard Norm) και για το αλουμίνιο AA5052, AA5754, AA5083, AA6082, AA6063 και AA6061 (US Standard Norm). Μέχρι τώρα σπάνια έχουν χρησιμοποιηθεί συνθετικά υλικά παρόλο που έχουν λιγότερο βάρος και

καλύτερες μηχανικές ιδιότητες, επειδή η συμπεριφορά τους υπό υψηλή πίεση ήταν ελάχιστα γνωστή.

Το τιτάνιο είναι σχετικά ελαφρύ και δυνατό αλλά είναι δύσκολο να στιλβωθεί. Η συγκόλληση καλής ποιότητας τιτανίου απαιτεί ειδικές προδιαγραφές: Η βιομηχανική συγκόλληση γίνεται σε περιβάλλον απουσίας οξυγόνου, με τη χρήση ειδικού εξοπλισμού. Η στίλβωση του τιτανίου πρέπει να γίνει με αρκετή προσοχή, διότι η σκόνη του είναι εύφλεκτη. Υπάρχουν πολλές διαφορετικές ποιότητες τιτανίου προς επιλογή, όμως αυτές που είναι εύθραυστες, πρέπει να αποφεύγονται.

Αν και το γαλβανισμένο ατσάλι έχει παρόμοιες μηχανικές και φυσικές ιδιότητες με αυτές του ανοξείδωτου ατσαλιού και έχει περίπου το μισό κόστος δεν προτιμάται διότι έχει αρκετά μειονεκτήματα. Προσοχή πρέπει να δοθεί στο σχήμα του σκελετού γιατί τα κλειστά του μέρη, για παράδειγμα τα κυλινδρικά δοχεία του, δύσκολα γαλβανοποιούνται εκ των έσω, γεγονός που τους καθιστά ευάλωτους στην φθορά. Επίσης κάθε διάσπαση στο προστατευτικό στρώμα που προέρχεται από αλλαγές ή φθορά στον σκελετό, θα έχει ως αποτέλεσμα άμεση διάβρωση και οξείδωση. Ανεξάρτητα από τα μέταλλα που θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή του σκελετού, πρέπει να δοθεί προσοχή, εάν θα προτιμηθεί κάποιος συνδυασμός διαφορετικών μετάλλων (π.χ. βίδες από ανοξείδωτο ατσάλι ή στεγαστικοί κύλινδροι τιτανίου μέσα σε σκελετό ανοξείδωτου ατσαλιού). Αν τα μέταλλα δεν μονωθούν μεταξύ τους με επίστρωση ειδικού χρώματος, θα υπάρξει ταχεία φθορά η οποία δεν περιορίζεται εύκολα.

4.3 ΔΙΑΒΡΩΣΗ

4.3.1 Γενικά περί μετάλλων

Τα μέταλλα δεν τα συναντάμε στη φύση στην καθαρή μορφή όπως τα βλέπουμε γύρω μας, αλλά σε οξειδωμένα, δηλαδή ως μεταλλεύματα με πολλές προσμίξεις αλάτων, οξειδίων και άλλων ενώσεων. Μετά την εξόρυξη των μεταλλευμάτων ακολουθείται μία διαδικασία φυσικοχημικής κατεργασίας (αναγωγή) κατά την οποία προσδίδεται ενέργεια στα μεταλλεύματα, τα οποία μετατρέπονται σε καθαρής μορφής μέταλλα με αυξημένη εσωτερική ενέργεια.

Έτσι λοιπόν τα μέταλλα που παρασκευάζονται ύστερα από μια σειρά διεργασιών στην μεταλλουργία, είναι ενεργειακά αναβαθμισμένα σε σχέση με την αρχική τους μορφή (μετάλλευμα). Στην κατάσταση αυτή το μέταλλο όπως και κάθε υλικό ενεργειακά αναβαθμισμένο, αν αφεθεί ελεύθερο στην φύση έχει την προδιάθεση να υποβαθμιστεί ενεργειακά και να μεταπέσει σταδιακά στην αρχική μορφή του, δηλαδή σε οξείδια ή άλλες ενώσεις, εκλύοντας ταυτόχρονα θερμότητα. Το παραπάνω φαινόμενο εξηγείται από το δεύτερο θερμοδυναμικό νόμο σύμφωνα με τον οποίο κάθε υλικό έχει προδιάθεση να ελαττώσει την ελεύθερη ενέργεια F , ή την ελεύθερη ενθαλπία G , ή το χημικό δυναμικό (μ) και να αυξήσει την εντροπία του S .

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η αυθόρμητη προδιάθεση των μετάλλων να επανέλθουν στην αρχική φυσική τους κατάσταση πριν την εξόρυξη αποτελεί τον κύριο λόγο της αυθόρμητης διάβρωσης (Corrosion).

4.3.2 Ορισμός διάβρωσης

Ο πιο αποδεκτός ορισμός της διάβρωσης για μέταλλα και κράματα είναι αυτός που προέκυψε από συζητήσεις στα πλαίσια της Διεθνούς Επιτροπής Θαλάσσιας Διάβρωσης και Ρύπανσης των Υφάλων Κατασκευών και από διάφορα Διεθνή συνέδρια: *Διάβρωση λέγεται κάθε αυθόρμητη, κατ' επέκταση εκβιασμένη, ηλεκτροχημικής, κατ' επέκταση χημικής, κατ' επέκταση μηχανικής, κατ' επέκταση βιολογικής φύσης αλλοίωση της επιφάνειας των μετάλλων και των κραμάτων που οδηγεί σε απώλεια υλικού.* Ο ορισμός θα γίνει πιο κατανοητός επεξηγώντας τις έννοιες που περιέχονται σε αυτόν:

- Αυθόρμητη αλλοίωση: Όπως ήδη αναφέραμε, η διάβρωση είναι αποτέλεσμα της αυθόρμητης μετάβασης των υλικών από μία υψηλότερη ενεργειακή στάθμη σε μία χαμηλότερη, διότι αυτό επιβάλλεται θερμοδυναμικά.
- Εκβιασμένη αλλοίωση: Στην περίπτωση αυτή ένα έντονο τεχνητό διαβρωτικό περιβάλλον επιταχύνει την διαδικασία της διάβρωσης που είναι θερμοδυναμικά αυθόρμητη.
- Ηλεκτροχημικής φύσης αλλοίωση: α) Κατά τις ηλεκτροχημικές δράσεις στα γαλβανικά στοιχεία, τα ηλεκτρόνια που εκπέμπονται από μια ουσία (οξειδωση), απομακρύνονται από το σύστημα προς μια κατανάλωση ρεύματος και γυρίζουν απ' έξω στο σύστημα για την αναγωγή της άλλης ουσίας. β) Κατά τις ηλεκτρολύσεις, τα ηλεκτρόνια που προκαλούν την αναγωγή έρχονται απ' έξω, από την πηγή συνεχούς ρεύματος στο σύστημα και απομακρύνονται από αυτό, προκαλώντας οξειδωση.
- Χημική αλλοίωση: Κατά τις χημικές δράσεις, τα ηλεκτρόνια που απομακρύνονται από ένα συστατικό του συστήματος προκαλώντας την οξειδωση του, απορροφώνται αμέσως από άλλο συστατικό, το οποίο ανάγεται χωρίς τα ηλεκτρόνια να απομακρυνθούν από το σύστημα ή να έλθουν απ' έξω.
- Μηχανική αλλοίωση: Κάθε επιφανειακή μηχανική κάκωση λόγω τριβών, κρούσεων, επίδρασης της ροής ρευστών, εξάχνωσης (δημιουργία υποπίεσης), καλείται μηχανική αλλοίωση.
- Βιολογική αλλοίωση: Προκαλείται από μικροοργανισμούς (φυτικούς και ζωικούς) με τις εκκρίσεις των οποίων προκαλείται διάβρωση των μετάλλων.
- Αλλοίωση επιφάνειας: Με τον όρο αυτό εννοείται η αλλοίωση της πραγματική επιφάνειας. Στην πραγματική επιφάνεια περιλαμβάνονται η γεωμετρική μάζα με τις επιφανειακές ανωμαλίες, τους πόρους, τα ενεργά κέντρα και τους ενεργούς δρόμους από τις αταξίες δομής. Αυτή η επιφάνεια είναι η έδρα των φαινομένων της διάβρωσης και όχι ολόκληρη η μάζα του μετάλλου ή κράματος που διαβρώνεται.
- Απώλεια υλικού: Η απώλεια υλικού ως συνέπεια της διάβρωσης, δεν σημαίνει πάντα πως το βάρος του μετάλλου που διαβρώνεται θα μειώνεται. Είναι δυνατόν να σχηματιστούν πάνω στην επιφάνεια ενώσεις, των οποίων η πρόσφυση μ' αυτή να είναι τόσο ισχυρή, ώστε να αυξάνεται το βάρος του υλικού που διαβρώνεται.

4.4 ΚΑΘΟΔΟΣ ΣΤΟΝ ΠΥΘΜΕΝΑ

Τα υποθαλάσσια ρεύματα επηρεάζουν την άκατο κατά την κάθοδο και άνοδο της προς και από τον πυθμένα και έχουν την δυνατότητα να την παρασύρουν μακριά από την επιθυμητή θέση. Όσο πιο γρήγορα βυθίζεται ή ανασύρεται η άκατος, τόσο μειώνονται οι πιθανότητες να βρεθεί εκτός πορείας, ταχύτητες 0.5 -1 m/s είναι αποδεκτές, παρ' όλ' αυτά αυτό σημαίνει ότι η άκατος θα χρειαστεί μία με δύο ώρες για να κατέβει σε βάθος 3600 m. Ένας άλλος σημαντικός λόγος αύξησης της ταχύτητας καθόδου και ανόδου, είναι η εξοικονόμηση ωρών χρήσης του ωκεανογραφικού πλοίου: Αν η άκατος χρειαστεί πολύ χρόνο κατά την άνοδο, μπορεί να δημιουργηθούν προβλήματα στην εύρεση του στην επιφάνεια. Ωστόσο εάν κατέβει με υπερβολική ταχύτητα είναι πιθανόν να δημιουργηθούν εκτεταμένα προβλήματα στο σημείο του πυθμένα που πρόκειται να γίνουν οι μετρήσεις. Επίσης υπάρχει κίνδυνος καταβύθισης της ακάτου μέσα στο ίζημα, και έτσι να είναι αδύνατη η ανασήκωση της αργότερα. Μερικές άκατοι έχουν παγιδευτεί σε πυθμένες με ιζήματα. Οι δυνατότητες ανάκτησης μπορούν να αυξηθούν με την προσθήκη περισσότερης πλευστότητας πάνω στην πλατφόρμα. Ωστόσο κάτι τέτοιο θα επέφερε αυξημένο κόστος καθώς και την ανάγκη να χρησιμοποιηθούν περισσότεροι παράγοντες ευστάθειας για να επιτευχθεί η επιθυμητή ταχύτητα καθόδου.

Η βύθιση της ακάτου στο νερό επηρεάζεται από την επιτάχυνση της βαρύτητας, την αρχή του Αρχιμήδη και την τάση ροής. Η τάση αυτή είναι αποτέλεσμα της τριβής του σκελετού με το νερό, αλλά και του νερού που κινείται μαζί με την άκατο. Αυτό το νερό αποκαλείται προστιθέμενη μάζα.

Η χρήση των κλασσικών υδροδυναμικών εξισώσεων σε συνδυασμό με την επιτάχυνση που πλησιάζει το μηδέν, μας δίνει τον παρακάτω προσεγγιστικό τύπο για την ταχύτητα (V_{limit}), δηλαδή την ταχύτητα ενός ακαθόριστου σώματος, όπως η άκατος, που πέφτει ελεύθερα μέσα στο νερό:

$$V_{limit} = \sqrt{\frac{2m_{water}g}{\rho_{liquid}C_D S}}$$

Η βαρύτητα ($g=9,81 \text{ m/s}^2$), καθώς και η πυκνότητα του νερού ($\rho=1026\text{kg/m}^3$ στην επιφάνεια) θεωρούνται σταθερές. Παρ' όλ' αυτά η πυκνότητα του νερού αυξάνεται κατά 1,5-2% από την επιφάνεια σε βάθος 6000m, λόγω της συμπίεσης. Διάφορες έρευνες έδειξαν ότι αυτή η συμπίεση αυξάνει τη θετική πλευστότητα της ακάτου, περίπου κατά 30 kg σε βάθος 4000m: Άλλου έχει αποδειχθεί ότι η υψηλή υδροστατική πίεση συμπιέζει τον όγκο διαφόρων μερών της ακάτου σε τέτοιο σημείο που να μειώνεται η πλευστότητα της. Άλλοι ερευνητές έχουν παρατηρήσει μικρή αλλαγή στην ταχύτητα καθόδου και ανόδου ανάλογα με το βάθος, υποδεικνύοντας ότι οι επιδράσεις της υδροστατικής πίεσης ακυρώνονται μεταξύ τους, έτσι ώστε αλλαγές στην πλευστότητα ανάλογα με το βάθος να μην είναι τόσο σημαντικές.

Η ταχύτητα της ακάτου εξαρτάται από την αρνητική (ή θετική όταν πρόκειται για ανέλκυση) πλευστότητα ($m_{water} = m_{air} - rV$, όπου V είναι ο όγκος

της ακάτου) και το $C_D S$. Το $C_D S$ μπορεί να χωριστεί σε έναν όρο προβαλλόμενης περιοχής ($S(m^2)$) και ένα συντελεστή ροής (C_D (καθαρός αριθμός)), ο οποίος εξαρτάται από την σταθερά Reynolds και το γεωμετρικό σχήμα του αντικειμένου. Η ταχύτητα καθέλκυσης των διάφορων ακάτων κυμαίνεται μεταξύ 25 – 60 m/min, ανάλογα με το σχήμα τους, την προβαλλόμενη περιοχή τους (S) και το βάρος τους στο νερό.

4.5 ΒΑΡΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ

Μεγάλη γκάμα υλικών χρησιμοποιείται για τα βάρη ευστάθειας, συμπεριλαμβανομένων του τσιμέντου, του σιδήρου και του μολυβδού. Ο μολυβδος έχει τη μεγαλύτερη πυκνότητα αλλά θα πρέπει να αποφεύγεται λόγω των σοβαρών περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων που δημιουργεί. Τα βιομηχανικά υπολείμματα σιδήρου, είναι εύκολο να βρεθούν αλλά δύσκολα στη χρήση λόγω του ακαθόριστου σχήματος τους. Τα «καθαρά» κομμάτια σιδήρου σε σχήμα κώνου, είναι μεν ακριβά αλλά μπορούν να ελαχιστοποιήσουν την ενόχληση του πυθμένα κατά την προσγείωση. Τα βάρη ευστάθειας από τσιμέντο είναι προτιμότερο να αποφεύγονται γιατί έχουν χαμηλή πυκνότητα και γιατί η συμπεριφορά τους στη βαθιά θάλασσα είναι ελάχιστα γνωστή.

Τα βάρη ευστάθειας μπορούν να σταθεροποιηθούν κάτω από τον σκελετό και να χρησιμοποιηθούν επίσης ως πέλματα. Επειδή η μεγαλύτερη επίδραση του πυθμένα ασκείται στα πέλματα, αυτά μπορούν να απομακρυνθούν κατά την ανάβαση και έτσι να έχουμε μια ευκολότερη έναρξη ανέλκυσης προς την επιφάνεια. Καθώς αυτή η μέθοδος της χρήσης των βαρών ευστάθειας ελαττώνει το ρίσκο προσκόλλησης της ακάτου στον πυθμένα, είναι σχεδόν σίγουρο ότι θα έχει επιτυχία. Ένα μικρό μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι περιπλέκει τον χειρισμό στο κατάστρωμα, αφού θα χρειαστεί ειδικός μηχανισμός χειρισμού των πελμάτων. Μια άλλη επιλογή είναι η χρήση σταθερών πελμάτων προσγείωσης για τη διασφάλιση μεγαλύτερης σταθερότητας όλης της πλατφόρμας.

4.6 ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗ ΣΤΟΝ ΠΥΘΜΕΝΑ

Οι περισσότερες άκατοι λειτουργούν επιτυχώς μετά από «βίαιη» προσγείωση στον πυθμένα με μια συγκρατημένη ταχύτητα. Όταν τα πέλματα είναι αρκετά μεγάλα που να αποτρέπουν μεγάλη διείσδυση στο βυθό δεν υπάρχει πρόβλημα. Μερικές τρύπες στα πέλματα μπορούν να μειώσουν την προσκόλληση κατά την ανασήκωση.

Με τον καιρό έχουν επινοηθεί διάφορες τεχνικές προσγείωσης για να ελαχιστοποιήσουν την πρόσκρουση, τόσο όσο προς την αλλοίωση της μελετούμενης περιοχής, όσο και ως προς τον κίνδυνο της ανεπανόρθωτης προσκόλλησης. Η άκατος ROLAID [19] έχει αρνητική πλευστότητα 67 kg, κατά την εκκίνηση, αλλά όταν φτάνει τα 4000m η πλευστότητα της μειώνεται κατά 37 kg ως αποτέλεσμα της αύξησης της πυκνότητας του θαλασσινού

νερού. Δέκα μέτρα κάτω από την άκατο κρέμεται ένα βάρος 52 kg και μόλις αυτό ακουμπήσει τον πυθμένα η ολική πλευστότητα της άκατου γίνεται θετική (15 kg) με αποτέλεσμα να σταματάει την κάθοδο και αυτή να παραμένει αιωρούμενη πάνω από το βυθό. Με ακουστική διαταγή που δίνεται από την επιφάνεια, η άκατος πιέζεται προς τον πυθμένα με ένα μηχανοκίνητο βαρούλκο με ταχύτητα 3m/min. Η επαφή με τον πυθμένα ανιχνεύεται είτε με ένα αισθητήρα φωτός, είτε με ένα διακόπτη πάνω στο βαρούλκο, ο οποίος πυροδοτεί την απελευθέρωση μερικών γυάλινων πλωτήρων, συνολικής θετικής πλευστότητας 145 kg. Έτσι η άκατος αποκτάει μια αρνητική πλευστότητα 130 kg, αρκετή να τη σπρώξει ομαλά προς τον πυθμένα. Αυτό το σύστημα δεν απαιτεί μόνο ακριβείς υπολογισμούς πλευστότητας αλλά και ένα περίπλοκο και ακριβό βοηθητικό εξοπλισμό, όπως το βαρούλκο, τους αισθητήρες φωτός και τον ακουστικό απελευθερωτή. Η απελευθέρωση γυάλινων σφαιριδίων απαιτεί επιπρόσθετο χρόνο πλοίου, για την ανάκτηση τους, αφού αν χαθούν ανεβαίνει αισθητά το κόστος.

Μία άλλη τεχνική προσγείωσης, που χρησιμοποιούν οι άκατοι BANYULS και GÖTEBURG, αποτελείται από βάρη καθόδου τα οποία κρέμονται από σχοινιά 0,6 m κάτω από τον σκελετό τους. Όταν αυτά τα βάρη ακουμπούν τον πυθμένα, η άκατος έχει θετική πλευστότητα, και σταματά περίπου 10 cm πάνω από τον βυθό και παραμένουν σε αυτό το ύψος αιωρούμενες. Αυτές οι άκατοι δεν χρειάζονται πέλματα αφού ο σκελετός τους δεν ακουμπάει ποτέ τον βυθό. Αυτή η τεχνική απαλείφει τις πιθανότητες προσκόλλησης της άκατου στο ίζημα.

4.7 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ

Όλες οι λειτουργίες των ακάτων ελέγχονται, παρακολουθούνται και καταγράφονται ηλεκτρονικά. Η επιλογή του συστήματος απόληψης (Data Logger) διαφέρει αρκετά από άκατο σε άκατο, ανάλογα με τις απαιτήσεις που δημιουργεί ο σχεδιασμός τους. Τα ηλεκτρονικά έχουν σημειώσει μεγάλη πρόοδο τα τελευταία 20 χρόνια και έτσι οι πρώτες άκατοι φαίνονται αρκετά πρωτόγονες ως προς τα ηλεκτρονικά τους συστήματα.

Ενώ οι σχεδιαστές ακόμα προτιμούν να σχεδιάζουν τα δικά τους συστήματα αναφορικά με τη προσωπική τους γνώση και εμπειρία στα ηλεκτρονικά, μια μεγάλη γκάμα μικροελεγκτών διατίθεται στο εμπόριο, η οποία είναι κατάλληλη για εφαρμογές σε ακάτους (μικρό μέγεθος, πολλές δυνατότητες, εύκολος προγραμματισμός, μικρή κατανάλωση ενέργειας). Διατίθενται συνεχώς νέα συστήματα στην αγορά. Τα περισσότερα από αυτά είναι εξοπλισμένα με ένα χρονόμετρο και απαιτούν μόνο ένα A/D μετατροπέα για μετάδοση των μετρήσεων από τα αναλογικά όργανα στον επεξεργαστή.

Είναι απαραίτητο να προστατεύονται τα ηλεκτρονικά συστήματα από το θαλασσινό νερό και γι' αυτό πρέπει να φυλάσσονται σε ειδικά δοχεία πίεσης συνήθως από αλουμίνιο, ανοξείδωτο ατσάλι ή τιτάνιο. Οι σφαιρικές θήκες γυαλιού που διατίθενται στο εμπόριο, έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για προστασία του ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Στο μέλλον είναι πιθανή και η χρήση κεραμικών. Αυτές οι προστατευτικές θήκες είναι εξοπλισμένες με αδιάβροχα βύσματα και καλώδια που συνδέουν τα ηλεκτρονικά με τα περιφερειακά. Αν

και θήκες πίεσης με ή χωρίς καλώδια διατίθενται στο εμπόριο, πολλοί κατασκευαστές προτιμούν να σχεδιάζουν τις δικές τους, που προσαρμόζουν μετά με τη χρήση εμπορικών βυσμάτων.

Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός διαφόρων κατασκευαστών βυσμάτων και καλωδίων και ο ειδικός τύπος που θα επιλεγεί δεν έχει πολύ μεγάλη σημασία (εφόσον τα βύσματα και τα καλώδια πληρούν τις προδιαγραφές).

4.8 ΑΛΛΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Μερικές άκατοι έχουν video-κάμερες με σκοπό την καταγραφή της προσγείωσης. Υπάρχουν αρκετά συστήματα κάμερας στο εμπόριο που προστατεύονται από την πίεση, κατασκευασμένα ειδικά για χρήση σε άκατο. Η χρήση τους είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα κατά τα πρώτα στάδια της ανάπτυξης, όταν η συμπεριφορά της ακάτου στον πυθμένα κατά την άφιξη είναι σχεδόν άγνωστη.

Μερικές άκατοι χρησιμοποίησαν απευθείας σύνδεση με την επιφάνεια κατά την ανάπτυξη τους στον πυθμένα. Μια ακουστική σύνδεση μπορεί να επιβλέπει την λειτουργία της ακάτου αλλά επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον επαναπρογραμματισμό της από την επιφάνεια. Παρ' όλ' αυτά, αυτή η σύνδεση απαιτεί χρόνο πάνω στο ωκεανογραφικό σκάφος, μπορεί να έχει προβληματική λειτουργία σε κακοκαιρία και η δυνατότητα μετάδοσης πολύπλοκων ακουστικών σημάτων είναι προς το παρόν περιορισμένη.

Τα ακουστικά συστήματα επικοινωνίας είναι ακριβά και η χρήση θα μπορούσε να θεωρηθεί υπερβολική αν η άκατος πρόκειται να αναπτυχθεί μόνο για μερικές μέρες. Μπορούν να είναι αρκετά σημαντικά για έλεγχο της κατάστασης της ακάτου όταν έχουμε μακροχρόνια ανάπτυξη. Ακόμα πιο σημαντικό για τη διαδικασία της ανάκτησης είναι ένας ακουστικός πυρός που βοηθάει το ωκεανογραφικό σκάφος να εντοπίσει την άκατο όταν αυτή φτάσει στην επιφάνεια μετά την ανάβαση της από τον πυθμένα.

4.9 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ

Για τις περισσότερες λειτουργίες της, η άκατος χρειάζεται ενέργεια. Όσο πιο μακρά θα είναι η ανάπτυξη της στο βυθό, τόσο μεγαλύτερη πρέπει να είναι η αποθηκευμένη ενέργεια. Έτσι η σχεδίαση και όλα τα εξαρτήματα πρέπει να χαρακτηρίζονται από ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας.

Η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να προσφέρεται από διαφόρων ειδών μπαταρίες. Οι μπαταρίες λιθίου δεν είναι επαναφορτιζόμενες αλλά συνδυάζουν μεγάλη χωρητικότητα με μικρό μέγεθος. Τύπου nickel-cadmium μπαταρίες είναι γενικά επαναφορτιζόμενες και μπορούν να δώσουν υψηλά ρεύματα, αλλά έχουν την τάση να εκφορτίζονται εύκολα και είναι ακατάλληλες για χρήσεις μακράς ανάπτυξης. Οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται συνήθως στις ακάτους είναι μολύβδου-οξέος (αυτές που χρησιμοποιούνται και στα αυτοκίνητα). Παρόλο το μεγάλο μέγεθος και βάρος τους, έχουν μεγάλη χωρητικότητα (70-80 A για 12V) και είναι επαναφορτιζόμενες, έτσι γενικότερα είναι σχετικά

οικονομικές. Στην RETROB θα χρησιμοποιήσουμε όμως κανονικές αλκαλικές μπαταρίες σε συστοιχία, επειδή στο ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε υπάρχει ήδη μεγάλη εμπειρία στη χρήση τους.

Όταν υπολογίζονται οι απαιτήσεις ενεργειακής χωρητικότητας, ένας σημαντικός προσανατολισμός είναι το γεγονός ότι σε χαμηλές θερμοκρασίες οι περισσότερες μπαταρίες χάνουν μέχρι και τη μισή από την αρχική τους χωρητικότητα. Οι θερμοκρασίες ποικίλουν ανάλογα με την εποχή και το βάθος όπου πρόκειται να ποντιστεί η άκατος (1 °C – 10 °C). Έτσι πρέπει να δοθεί προσοχή στις προδιαγραφές που συνήθως δίνει ο κατασκευαστής.

Μερικοί σχεδιαστές ακάτων προτιμούν την διαίρεση και κατανομή της ηλεκτρικής τροφοδοσίας σε ξεχωριστές ανεξάρτητες μονάδες τα υψηλά ρεύματα (που χρειάζονται π.χ. τα συστήματα video) και τις σταθερές τάσεις (για τον Data Logger).

4.10 ΑΝΟΔΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΤΗΣΗ

Υπάρχουν διάφορα παραδείγματα ακάτων που στο παρελθόν χάθηκαν, γιατί κόλλησαν στο ίζημα του βυθού, παρασύρθηκαν από τράτες ψαράδων ή χάθηκαν για διάφορους άλλους άγνωστους λόγους.

Όλες οι αυτόνομες άκατοι χρησιμοποιούν τη πλευστότητα για την ανασήκωση τους από τον πυθμένα και την επιστροφή τους στην επιφάνεια, αφού έχουν απελευθερώσει τα βάρη πλευστότητας (συνήθως χρησιμοποιούνται ειδικές γυάλινες σφαίρες). Όταν η ανάπτυξη της ακάτου γίνεται σε μικρά βάθη, μέχρι τα -50 m, τότε η άκατος συνήθως συνδέεται με μία σηματοδότη μέσω ισχυρού σύρματος και ανασηκώνεται από τον γερανό του πλοίου όταν τελειώσει το πείραμα.

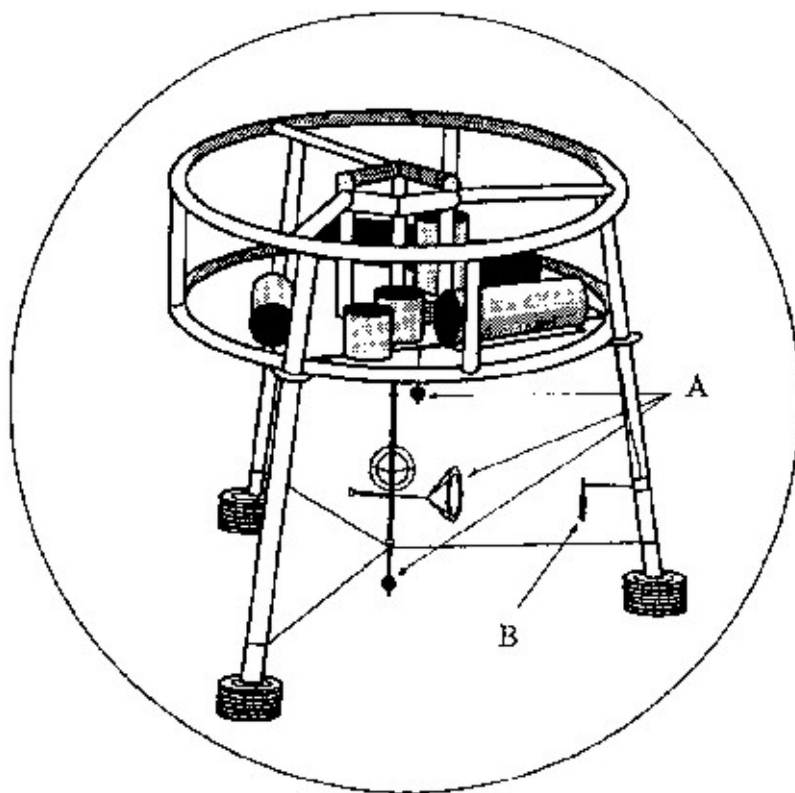
Μόλις η άκατος φθάσει στην επιφάνεια, και εφόσον ανασηκώθηκε μετά από αλλαγή πλευστότητας, τότε είναι σημαντικό, να γίνει γρήγορα ο εντοπισμός της ακάτου, γιατί είναι πολύ πιθανόν να παρασυρθεί από επιφανειακά ρεύματα και να βρεθεί εκτός της ζώνης ελέγχου του πλοίου. Είναι εξαιρετικά δύσκολος ο εντοπισμός ενός πλεούμενου αντικειμένου, ακόμα και σε ήρεμη θάλασσα, σε ακτίνα μεγαλύτερη του χιλιομέτρου. Έτσι οι άκατοι εντοπίζονται με διάφορες τεχνικές εντοπισμού. Αυτές περιλαμβάνουν, μικρά φανάρια, ανακλαστικά radar, μία σημαία, έναν ακουστικό σηματοδότη, έναν VHF εντοπιστή, ή έναν δορυφορικό αναμεταδότη (συνήθως του δορυφόρου ARGOS)[17].

4.11 Η ΒΕΝΘΙΚΗ ΑΚΑΤΟΣ TOSCA

Παρακάτω θα κάνουμε μια αναλυτική περιγραφή της ακάτου TOSCA που σχεδιάστηκε από μια ερευνητική ομάδα στο πανεπιστήμιο του Southampton της Αγγλίας [13]. Επίσης θα αναφερθούμε σε εφαρμογές και πειράματα στα οποία χρησιμοποιήθηκε η συγκεκριμένη άκατος.

4.11.1 Πλαίσιο – Μεταλλική κατασκευή

Η μεταλλική κατασκευή της Tosca αποτελείται από ένα κυλινδρικό πλαίσιο μέσα στο οποίο τοποθετούνται τα ευπαθή όργανα. Το πλαίσιο έχει διαστάσεις: διάμετρος : 1.55 μέτρα και ύψους : 0.50 μέτρα περίπου (σχ.12).



Σχ.12 Σχηματική αναπαράσταση της ακάτου TOSCA. Διακρίνονται οι θέσεις των ηλεκτρομαγνητικών ρευματογράφων (A) και η θέση του Οπτικού Αισθητήρα Επανασκέδασης (B)

Στο κυλινδρικό πλαίσιο συνδέονται τρία στηρίγματα επίσης από σωλήνες γαλβανιζέ Φ60, τα οποία δίδουν το απαραίτητο ύψος (συνολικό ύψος της κατασκευής συμπεριλαμβανομένων των στηριγμάτων 2 μέτρα περίπου) για την σταθερή έδραση του στον πυθμένα. Στα κάτω άκρα των στηριγμάτων έχουν προβλεφθεί ειδικά πέλματα, για την αποφυγή της βυθίσεως της κατασκευής σε χαλαρούς πυθμένες. Κατά περίπτωση η επιφάνεια των πελμάτων δύναται να προσαυξάνεται με ξύλινα προσαρτήματα.

Τα περισσότερα όργανα της TOSCA βρίσκονται στο άνω κυλινδρικό μέρος της κατασκευής. Οι αισθητήρες είναι προσαρμοσμένοι στα τρία πόδια τα οποία βρίσκονται στην περιοχή «ελεύθερης ροής», για να μην επηρεάζονται οι μετρήσεις από την επίδραση της όλης κατασκευής στο βυθό.

Ολόκληρη η κατασκευή, με όλο τον εξοπλισμό, ζυγίζει σχεδόν 300 kg στον αέρα. Επιπρόσθετα βάρη μέχρι και ενός τόνου, μπορούν να προσαρμοστούν, προσφέροντας μεγαλύτερη σταθερότητα σε περιοχές όπου δρουν δυνατά ρεύματα με ταχύτητες μεγαλύτερες των 4 m/s.

4.11.2 Σύστημα απόληψης δεδομένων (Data Logger)

Ένα κεντρικό κομμάτι του συστήματος TOSCA, είναι ένας PC-based microcontroller (32 bit, 80386 processor). Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των οργάνων, την αποθήκευση των δεδομένων και την μεταφορά τους.

Μέσα στον στεγανό κύλινδρο του καταγραφέα εδράζονται εκτός από τον μικροελεγκτή, όλοι οι μετατροπείς αναλογικών/ψηφιακών σημάτων, μία πιξίδα και 2 κλισιόμετρα, ενώ η αποθηκευτική ικανότητα του είναι 40 MB σε μορφή συμπιεσμένων αρχείων. Στον καταγραφέα καταλήγουν τα 7 αισθητήρια όργανα (3 ρευματογράφοι, 3 θολερόμετρα και 1 πιεσόμετρο) του Tosca. Ο καταγραφέας τροφοδοτείται από τις 2 συστοιχίες μπαταριών (κύλινδροι διαμέτρου Φ250 mm , και μήκους 1 m περίπου).

Άλλα χαρακτηριστικά του Data Logger :

Τύπος: *UMI-2SB11, της εταιρίας WS Ocean*

Βάθος λειτουργίας: *μέχρι 900 μέτρα. (Κυλινδρικό κέλυφος από τιτάνιο)*

Διαστάσεις στεγανού κυλίνδρου: *Φ168 mm , μήκος: 500 mm περίπου.*

Συνολικός αριθμός καναλιών: *32 (Δυνατότητα αναβάθμισης μέσω multiplexer).*

Αποθηκευτική ικανότητα: *40 Mb. (Τα δεδομένα συμπιέζονται, και έτσι η πραγματικός όγκος δεδομένων είναι πολύ μεγαλύτερος των 40 Mb).*

Ενεργά Κανάλια κατά την διάρκεια του πειράματος: *12, με συχνότητα απόληψης 8 Hertz.*

Συχνότητα δειγματοληψίας: *8 Hertz (επιλέξιμη)*

Διάρκεια μετρήσεων: *17 λεπτά (επιλέξιμη)*

Απολήψεις ανά ημέρα : *Κάθε ώρα, για 17 λεπτά.*

Διακριτική ικανότητα ψηφιοποιητή: *(16 Bit A/D converters) 65 536 τιμές.*

Ο data logger συνδέεται με εξωτερικό PC μέσω σειριακής επικοινωνίας, και προγραμματίζεται με βάση τις ανάγκες του εκάστοτε πειράματος, μέσω λογισμικού της WS Ocean (σε Windows 95).

Στην αρχή των μετρήσεων καταγράφονται άπαξ, ο κωδικός αριθμός του data logger (S/N) η ημέρα και ώρα έναρξης των μετρήσεων, η επίκαιρη τάση των μπαταριών, η κατεύθυνση θέσης της πλατφόρμας (καταγραφή της πιξίδας), και οι δύο κλίσεις της.

Ακολουθώς καταγράφονται στην μόνιμη μνήμη του data logger με συχνότητα 8 Hertz για 17 λεπτά (1024 x 8 γραμμές) οι δώδεκα στήλες δεδομένων με την ακόλουθη σειρά:

1. Θολερότητα στο σημείο 1 (Optical Back Scattering 1)
2. Θολερότητα στο σημείο 2 (Optical Back Scattering 2)
3. Θολερότητα στο σημείο 3 (Optical Back Scattering 3)
4. Μαγνητικός ρευματογράφος 1 ταχύτητα ύδατος , κατεύθυνση x
5. Μαγνητικός ρευματογράφος 1 ταχύτητα ύδατος , κατεύθυνση y
6. Μαγνητικός ρευματογράφος 2 ταχύτητα ύδατος , κατεύθυνση x
7. Μαγνητικός ρευματογράφος 2 ταχύτητα ύδατος , κατεύθυνση y
8. Ακουστικός ρευματογράφος 3 ταχύτητα ύδατος , κατεύθυνση x
9. Ακουστικός ρευματογράφος 3 ταχύτητα ύδατος , κατεύθυνση y
10. Ακουστικός ρευματογράφος 3 ταχύτητα ύδατος , κατεύθυνση z
11. Ακουστικός ρευματογράφος 3 απόλυτος τιμή του διανύσματος ταχύτητας.

12. Πιεσόμετρο, για την καταγραφή του κυματισμού επιφανείας.

Να σημειωθεί ότι καταγράφονται οι τιμές εξόδου των οργάνων (Volts) εκφρασμένες σε ακέραιες τιμές της διακριτικής ικανότητας του ψηφιοποιητή (π.χ. τα 0-5 Volt αντιστοιχούν σε 0-65536 τιμές). Οι τιμές αυτές θα πρέπει να αναχθούν αργότερα σε πραγματικές τιμές μετρήσεων βάσει της συνάρτησης βαθμονόμησης του κάθε οργάνου (calibration function).

Παράλληλα υπάρχει η δυνατότητα, εκτός από την καταγραφή των δεδομένων ο Data Logger, να επικοινωνεί με την επιφανειακή σηματοδότη μέσω σειριακής θύρας RS-232, όπου βρίσκεται ο αναμεταδότης (UHF-Radio) των δεδομένων και επικοινωνεί με έναν επίγειο σταθμό. Αυτή η επικοινωνιακή διάταξη θα μπορούσε να εκτελεί μεταφορά των δεδομένων σε σχεδόν πραγματικό χρόνο. Σημαντική επίσης προσφορά είναι και η δυνατότητα μετάδοσης της κατάστασης του συστήματος, όπως ο προσανατολισμός της πλατφόρμας καθώς και η υπολειπόμενη τροφοδοσία, που παρέχεται από τις μπαταρίες.

4.11.3 Αισθητήρια όργανα της ακάτου

Ο τρόπος λειτουργίας των αισθητηρίων περιγράφεται στο κεφάλαιο 5.

- **Θολερόμετρα**

Τα 3 θολερόμετρα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν βασίζονται στην αρχή της μέτρησης του ποσοστού ανακλώμενης ακτινοβολίας (λόγω ύπαρξης αιωρούμενων σωματιδίων στο νερό) από αυτήν της ίδιας εκπομπής του.

Κατασκευάστρια εταιρία: D&A ,

Συχνότητα εκπεμπόμενου φωτός: υπέρυθρη ακτινοβολία (880 nm).

- **Ρευματογράφοι**

Δύο ρευματογράφοι με αρχή λειτουργίας το μαγνητικό πεδίο, (φαινόμενο Doppler)

Κατεύθυνση μετρήσεως: x, y

Εταιρία κατασκευής : Valeport, Αγγλίας

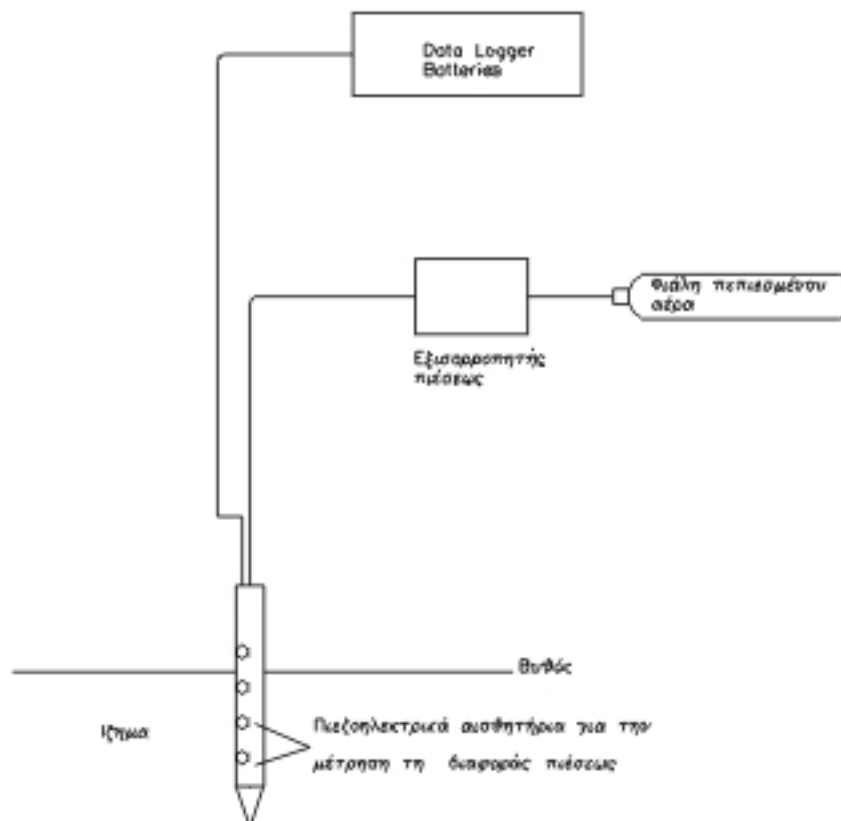
Ένας ρευματογράφος με αρχή λειτουργίας το ακουστικό πεδίο, (φαινόμενο Doppler)

Κατεύθυνση μετρήσεως: x, y, z

Αρχή λειτουργίας: Ένας ακουστικός παλμός γνωστής συχνότητας εκπέμπεται από το κέντρο του αισθητήρα κατά μήκος του κατακόρυφου άξονά του. Ο παλμός λαμβάνεται από τρεις μικρούς δέκτες οι οποίοι βρίσκονται περιφερειακά από τον κατακόρυφο άξονα του οργάνου και εστιάζονται σε γνωστό σημείο. Οι λαμβανόμενοι παλμοί ενισχύονται στη συνέχεια και ψηφιοποιούνται από τον ενδιάμεσο μετατροπέα. Η μετατόπιση της συχνότητας μεταξύ των ληφθέντων σημάτων και του εκπεμπόμενου, είναι ανάλογη με την ταχύτητα του νερού.

Εταιρία κατασκευής : Nortek AS Νορβηγίας (1 Αισθητήριο όργανο και ένας ενδιάμεσος μετατροπέας σημάτων)

- **Πιεσόμετρο:** Το πιεσόμετρο χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της κυματογενούς πίεσης στην υδάτινη στήλη. Τα δεδομένα του χρησιμοποιούνται για τη αναπαράσταση των συνθηκών κυματισμού. Το πιεσόμετρο συλλέγει δεδομένα με υψηλές συχνότητες δειγματοληψίας. Οι μετρήσεις του δίνουν πληροφορίες για τις τάσεις που ασκούνται πάνω στα ιζήματα του πυθμένα, από τα κύματα ή από άλλες υδροδυναμικές συνθήκες[16]. Εταιρία: Druck, σε συνεργασία με το πανεπιστήμιο της Οξφόρδης. Model: PDCR81.
- **Πυξίδα:** Θα καταγράφει κάθε στιγμή τον προσανατολισμό της πλατφόρμας ως προς τον μαγνητικό βορρά. Εταιρεία: KVH Industries, Model: C-100
- **2 Κλισιόμετρα:** Ειδική κατασκευή σε συνεργασία με την εταιρία WS-Ocean. Τα κλισιόμετρα θα παρέχουν πληροφορία για την κλίση της πλατφόρμας και θα βοηθούν στη διόρθωση των δεδομένων που καταγράφουν οι ρευματογράφοι σχετικά με τις διευθύνσεις των ρευμάτων
- Οι **στεγανοί κύλινδροι αλουμινίου** (αντοχής μέχρι βάθους 1000 μέτρων) , μέσα στους οποίους εδράζονταν οι συστοιχίες μπαταριών καθώς και το κέλυφος του πιεσόμετρου ήταν τυποποιημένες κατασκευές της εταιρίας Valeport.
- Τέλος, όλα τα **στεγανά υποθαλάσσια βύσματα** που χρησιμοποιήθηκαν ήταν της εταιρίας Impulse Αμερικής.

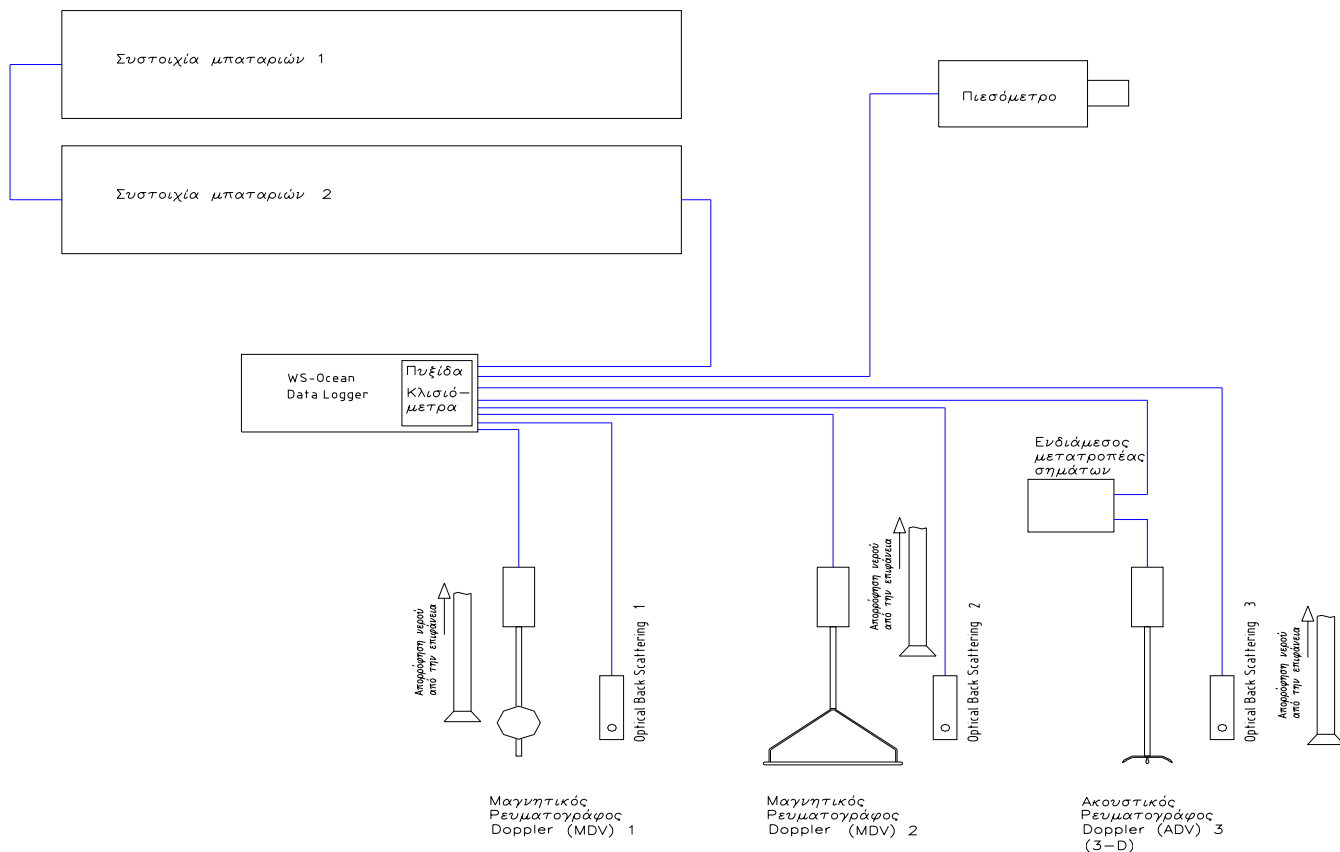


Σχ. 14 Το πιεσόμετρο που χρησιμοποιήθηκε .Μέτρηση της διαφοράς πίεσεως λόγω κυματισμού εντός του ανωτέρου στρώματος του ιζήματος.

4.12 ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΕΠΑΝΑΙΩΡΙΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΒΕΝΘΙΚΗ ΑΚΑΤΟ ΤΟΣΚΑ ΣΤΟΝ ΚΟΛΠΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΑΪΚΟΥ

4.12.1 Ο Θερμαϊκός κόλπος – Βυθομετρία και ιζήματα πυθμένα

Ο Θερμαϊκός είναι ένας ημιέγκλειστος κόλπος που χαρακτηρίζεται από ένα ήπια επικλινές περιβάλλον στα δυτικά που συνδυάζεται με ένα υψηλό ποσοστό απόθεσης ποταμίστιων ιζημάτων μέχρι το βάθος των 20 m(εικ.12). Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι μια κεντρική κοιλότητα, το βάθος της οποίας αυξάνεται σταδιακά από τα 20 m, στον εσωτερικό κόλπο της Θεσσαλονίκης, και φτάνει τα 100 m στο νοτιότερο σημείο του Θερμαϊκού.



Σχ. 13 Σχηματικό διάγραμμα της μετρητικής διάταξης TOSCA

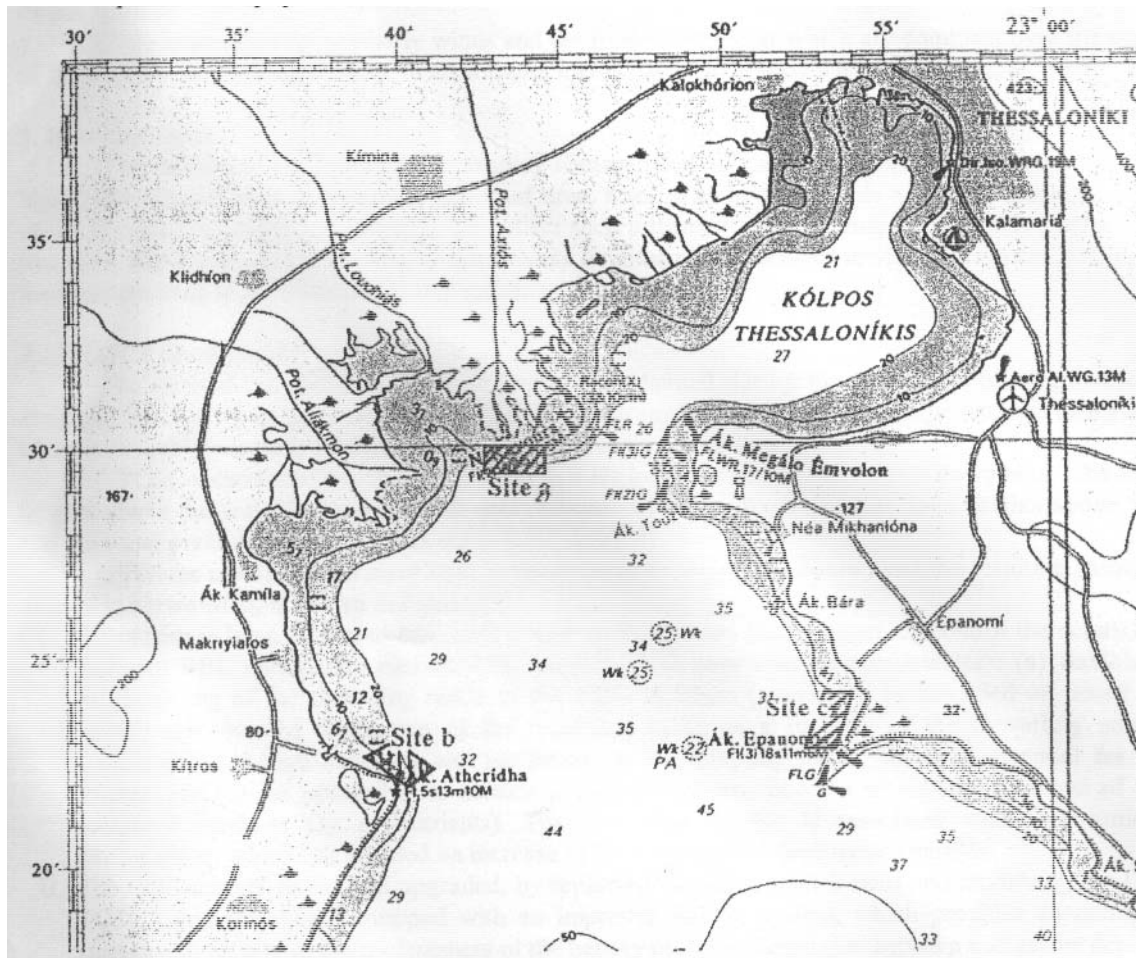
Στα ιζήματα στις ακτές του κολποειδή σχηματισμό κυριαρχούν τα λασπώδη υλικά, γεγονός που οφείλεται κυρίως στις αποθέσεις των ποταμών. Προχωρώντας προς το κέντρο του κόλπου συναντούμε ένα αυξημένο ποσοστό το μέγεθος των ιζημάτων είναι αυτό της άμμου[14].

Η γνώση των παραπάνω στοιχείων είναι απαραίτητη κυρίως για τη βαθμονόμηση των αισθητηρίων στο εργαστήριο.

4.12.2 Υπαίθρια εργασία

Αρχικά η υπαίθρια εργασία είχε προγραμματιστεί για τις αρχές του 1998, όμως περιορισμοί στη χρήση του πλοίου μετάθεσαν την αρχή της εργασίας τον Ιούνιο 1998. Εκείνη η περίοδος του χρόνου, χαρακτηριζόταν από ελάχιστη χρήση τράτων στην περιοχή που επακόλουθα επέτρεπαν την έρευνα των δυναμικών του πυθμένα υπό περισσότερο φυσικές συνθήκες.

Τελικά επιλέχθηκαν τρία σημεία για την υπαίθρια έρευνα (εικ.12) : (α) το δέλτα του ποταμού Αξιού, (β) στα ανοιχτά του Ακρωτηρίου Αθερίδα και (γ) στα ανοιχτά του Ακρωτηρίου Επανομή. Αυτά τα σημεία εκπροσωπούν τα τρία τυπικά «υδροδυναμικά περιβάλλοντα» της παράκτιας περιοχής του Θερμαϊκού κόλπου[15]. Το πρώτο σημείο έπρεπε βρίσκεται στην ζώνη άμεσης επίδρασης



Εικ. 12 Το βόρειο τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου που δείχνει τα τρία σημεία όπου μελετήθηκε το φαινόμενο της επαναιώρησης με τη βοήθεια της βενθικής ακάτου TOSCA

του ποταμού Αξίου. Το δεύτερο στη δυτική ζώνη όπου επηρεάζεται από τη ροή των δύο ποταμών, του Αξίου και του Αλιάκμονα. Τελικά το τρίτο σημείο έπρεπε να βρίσκεται στο ανατολικό μέρος του κόλπου που μένει ανεπηρέαστο από τους δύο ποταμούς.

Πριν την ανάπτυξη της πλατφόρμας TOSCA, ερευνήθηκε η φύση των ιζημάτων του πυθμένα καθώς και η μορφολογία του, για την ακριβή επιλογή των σημείων τοποθέτησης της. Γενικά θεωρείται προτιμότερος ένας επίπεδος, ομογενής και λασπώδης πυθμένας.

Το ωκεανογραφικό σκάφος «ΑΙΓΑΙΟ» του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε, πραγματοποίησε μια ηχοβολιστική σάρωση του βυθού, πάνω από τα τρία σημεία που επιλέχθηκαν παραπάνω. Επίσης έγιναν και δειγματοληψίες ιζημάτων για να προσδιοριστεί η φύση των ιζημάτων στα τρία σημεία. Έπειτα το TOSCA κατελκύστηκε από το ίδιο σκάφος στα τρία επιλεγμένα σημεία και έκανε δειγματοληψίες (2-3 ημερών) των απαραίτητων δεδομένων για τον προσδιορισμό της έναρξης του φαινομένου της επαναιώρησης.

4.13 Η ΒΕΝΘΙΚΗ ΑΚΑΤΟΣ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

4.13.1 Εισαγωγή και κύριες επιδιώξεις

Η βενθική άκατος (εικ.13) που θα παρουσιάσουμε παρακάτω κατασκευάστηκε από ερευνητές (Χριστοδούλου, Τσελεπίδης) του τότε Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης στο Ηράκλειο, το 1998, που αργότερα συγχωνεύθηκε με το Εθνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών, και σχημάτισαν το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. Πρόκειται για μία άκατο που χρησιμοποιείται για την ανάκτηση δεδομένων του βενθικού περιβάλλοντος. Ειδικότερα είναι ικανή για τη συλλογή διαδοχικών δειγμάτων νερού και ιζήματος με σκοπό τη μέτρηση της κατανάλωσης οξυγόνου (καθώς και τις ενεργειακές απαιτήσεις) ως συνάρτηση του χρόνου πάνω στην εφαιπτόμενη του νερού με το ίζημα. Έχει επίσης τη δυνατότητα εξοπλισμού με διάφορους περιφερειακούς αισθητήρες που μετρούν τις κοινές ωκεανογραφικές παραμέτρους (π.χ θερμοκρασία, αλατότητα, οξυγόνο). Τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά του είναι τα ακόλουθα:

- **Διαστάσεις και βάρος:** 120*130*95 cm, 200 kg (στον αέρα με τα βάρη ευστάθειας), 25 kg (στη επιφάνεια του νερού με τα βάρη ευστάθειας). Ο σκελετός είναι κατασκευασμένος από αλουμίνιο. Τα βάρη ευστάθειας είναι δύο κομμάτια σιδήρου 60 kg. Τα παραπάνω καθορίζουν την ταχύτητα καταβύθισης στα 35m/min.
- **Πλευστότητα:** Τέσσερις γυάλινες σφαίρες της εταιρίας BENTHOS (25 kg θετικής πλευστότητας η κάθε μία) δίνουν στην άκατο συνολική θετική πλευστότητα 30 kg, εφόσον απελευθερωθούν τα βάρη ευστάθειας και αρχίσει η ανάβαση της με ταχύτητα 50m/min.
- **Ανάκτηση:** Ένας ακουστικός απελευθερωτής της εταιρίας MORS, που απελευθερώνει τα βάρη ευστάθειας με εντολή που του δίνεται από το ωκεανογραφικό σκάφος, επίσης για τον εντοπισμό του στην επιφάνεια χρησιμοποιείται ένας φωτεινός σημαντήρας καθώς επίσης και ένας ραδιοπομπός της εταιρίας NOVATECH.

Η κύρια ιδέα ήταν η δημιουργία μίας μικρής πλατφόρμας που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά από επιστήμονες που δεν έχουν πρόσβαση σε μεγάλα ωκεανογραφικά σκάφη. Οι κύριες απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιεί μια τέτοια άκατος είναι οι ακόλουθες:

- Εύκολη μεταφορά, αποθήκευση και χρήση
- Γενικά μικρό κόστος κατασκευής, διατήρησης και επισκευής
- Εύκολος χειρισμός από μικρά ωκεανογραφικά σκάφη(μήκους 20-30m)
- Εύκολη χρήση υπό κακές καιρικές συνθήκες
- Λειτουργικότητα σε βαθιά νερά μέχρι τα -5500m

- Ικανότητα προσαρμογής διαφορετικών ωκεανογραφικών οργάνων



Εικ.13 *Η βενθική άκατος του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε*

4.13.2 Κύριο όργανο της ακάτου είναι ο βενθικός θάλαμος του

Μετά την προσγείωση του στον πυθμένα της θάλασσας ο βενθικός θάλαμος(εικ.14) κινείται προς τα κάτω σφραγίζοντας στο εσωτερικό του μία ποσότητα ιζήματος μαζί με υπερκείμενο νερό. Αμέσως ξεκινάει μία διεγερτική περιστροφή του μηχανισμού με σκοπό την αποφυγή δημιουργίας στάσιμου νερού μέσα στο δοχείο και εγκαινιάζεται έτσι η επώαση του δείγματος. Παράλληλα, με προγραμματισμένη συχνότητα, ειδικές σύριγγες παίρνουν δείγματα νερού, που αναλύονται αργότερα στο εργαστήριο, με σκοπό τον υπολογισμό της ροής διάφορων χημικών παραμέτρων του ιζήματος προς το υπερκείμενο νερό. Μέχρι στιγμής αντικείμενο μελέτης ήταν η κατανάλωση οξυγόνου του ιζήματος, κάτι που βοηθάει στον υπολογισμό των ενεργειακών απαιτήσεων, και έμμεσα στον προσδιορισμό της παραγωγικότητας του συστήματος.



Εικ. 14 *Ο βενθικός θάλαμος και ο κινητήριος μηχανισμός.*

Το δοχείο έχει ύψος 25cm και εσωτερική διάμετρο 19cm. Το υλικό κατασκευής του είναι το Plexiglas. Η διείσδυση στο ίζημα εκτελείται από ένα DC μοτέρ που κινεί το δοχείο μέσω γραναζιών και μία μεταλλικής ράβδου. Ένας ενσωματωμένος οπτικός καθετήρας βοηθάει στο καθορισμό του απαραίτητου βάθους διείσδυσης. Συνήθως αυτό το βάθος είναι τα 10cm, αφήνοντας από πάνω μια υδάτινη στήλη ύψους 15cm. Ένας διακόπτης τύπου Hall, σε συνδυασμό με δυο μαγνήτες καθορίζει το άνω και το κάτω όριο των κινήσεων του μηχανισμού. Για το σφράγισμα του δοχείου χρησιμοποιείται μια βαλβίδα η οποία επίσης κατευθύνεται από το DC μοτέρ.

Το σύστημα δειγματοληψίας νερού αποτελείται από πέντε πλαστικές σύριγγες των 50ml (Εικ.15) που εξαγάγουν το νερό από το δοχείο. Η λειτουργία των συριγγών αυτών γίνεται επίσης μέσω του DC μοτέρ, και είναι προγραμματισμένες να ενεργοποιούνται σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές κατά τη διάρκεια της επώασης.



Εικ. 15 Οι πλαστικές σύριγγες που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή του νερού από το δείγμα.

4.13.3 Ηλεκτρονικά της ακάτου

Για όλες τις κινήσεις χρησιμοποιείται το DC μοτέρ (του θαλάμου, της βαλβίδας, και του διεγέρτη), το οποίο στεγάζεται σε ελαφριά δοχεία κατασκευασμένα από πλαστικό (acetal plastic). Για προστασία ενάντια στην υδροστατική πίεση και το περιβάλλον θαλασσινό νερό, όλα τα δοχεία και οι αγωγοί γεμίζονται με το υγρό Fluorinert FC77 (εικ.16).

Όλες οι ενέργειες είναι προγραμματισμένες πριν την καταβύθιση της ακάτου και οι εντολές για εκτέλεση δίνονται από τον Data Logger τύπου Tattletale model 5F της εταιρίας ONSET. Επίσης στον Data Logger είναι εγκατεστημένος και ένας A/D μετατροπέας για την επέκταση του συστήματος με άλλα ωκεανογραφικά μετρητικά όργανα.



Εικ.16 Το ειδικό υγρό, που βρίσκεται σε όλα τα δοχεία και τα καλώδια του συστήματος για προστασία από την υδροστατική πίεση

Η τροφοδοσία του συστήματος με ενέργεια γίνεται με μπαταρίες Ni-Cd. Αυτές οι μπαταρίες μπορούν να υποστηρίξουν το σύστημα έως και 96 ώρες. Η κατανάλωση του συστήματος έχει ως εξής:

Κίνηση Δοχείου: 4.8 V, 20 A DC. Χρόνος λειτουργίας: 3 λεπτά
 Διεγέρτης: 3 V, 32 mA DC. Χρόνος λειτουργίας: καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος.

Βαλβίδα: 7 V, 120 mA. Χρόνος λειτουργίας: 30 sec

Σύριγγες: 7 V, 120 mA. Χρόνος λειτουργίας: 50 sec

Μικροελεγκτής: 9.6 V, sleep mode 3-5 mA, normal mode 40 mA

Η κατανάλωση ρεύματος κατά τη διάρκεια της επώασης του δείγματος (όπου λειτουργεί μόνο ο διεγέρτης και ο ελεγκτής είναι σε sleep mode) είναι το πολύ 40 mA. Οι μπαταρίες και τα ηλεκτρονικά στεγάζονται σε ειδικό κύλινδρο της εταιρίας Aanderaa, όπου συνήθως στεγάζονται ρευματογράφοι.

4.13.4 Αποστολές στη θάλασσα

Η άκατος χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία σε δύο ταξίδια. Ένα στην ανατολική Μεσόγειο, τον Ιούνιο του 1998, και ένα στο Βορειοανατολικό Ατλαντικό το Σεπτέμβριο του 1998.

Κατά τη διάρκεια του πρώτου 16ήμερου ταξιδιού στην ανατολική Μεσόγειο, με το ωκεανογραφικό σκάφος ΦΙΛΙΑ του Ι.ΘΑ.ΒΙ.Κ (εικ.17), έγινε χρήση της ακάτου σε βάθη από 1000 έως 3100 m. Η άκατος εκπλήρωσε με ικανοποιητικό τρόπο τις απαιτήσεις της μελέτης. Ακόμη δύο άκατοι χρησιμοποιήθηκαν στο ίδιο ταξίδι, πάνω στο σχετικά μικρό κατάστρωμα του σκάφους (εικ.18), το οποίο έχει περιορισμένες δυνατότητες χειρισμού μεγάλων σε μέγεθος κατασκευών. Αποδείχθηκε έτσι ότι και με τέτοιο «μικρό» εξοπλισμό είναι δυνατή η ανάκτηση αξιοποιήσιμων ωκεανογραφικών δεδομένων.

Το δεύτερο ταξίδι, στο οποίο συμμετείχε η συγκεκριμένη άκατος, στον Ατλαντικό, διήρκεσε ένα μήνα και έγινε με ωκεανογραφικό σκάφος «RSS DISCOVERY». Υπό ανέμους της τάξης των 7-8 μποφόρ, η χρήση της ακάτου, έγινε χωρίς προβλήματα και ανακτήθηκαν τα απαραίτητα δεδομένα από το βυθό.



Εικ.17 Το ωκεανογραφικό σκάφος ΦΙΛΙΑ του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε

Η άκατος που κατασκευάστηκε ήταν το τελικό προϊόν μιας επιτυχούς συνεργασίας μεταξύ διάφορων ευρωπαϊκών εργαστηρίων. Βασίστηκε στις αρχές της συνεισφοράς ιδεών, της μεταφοράς τεχνολογίας, της εφευρετικότητας και της δημιουργικότητας. Το βαθύ Κρητικό πέλαγος και το Ιόνιο είναι τα σημεία που δοκιμάζεται και επιχειρεί η άκατος [18].



Εικ.18 Εικόνα από το κατάστρωμα του ΦΙΛΙΑ. Φαίνεται ο γερανός που χρησιμοποιείται για την καθέλκυση της ακάτου.

ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΚΑΤΟΥ RETROB

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα ωκεανογραφικά όργανα που επιλέχθηκαν και θεωρήθηκαν απαραίτητα για τη μελέτη του φαινομένου της επαναιώρησης. Θα γίνει μια αναλυτική περιγραφή της λειτουργίας τους και θα επισημανθούν οι σημαντικότερες προδιαγραφές που παρέχονται από τον κατασκευαστή.

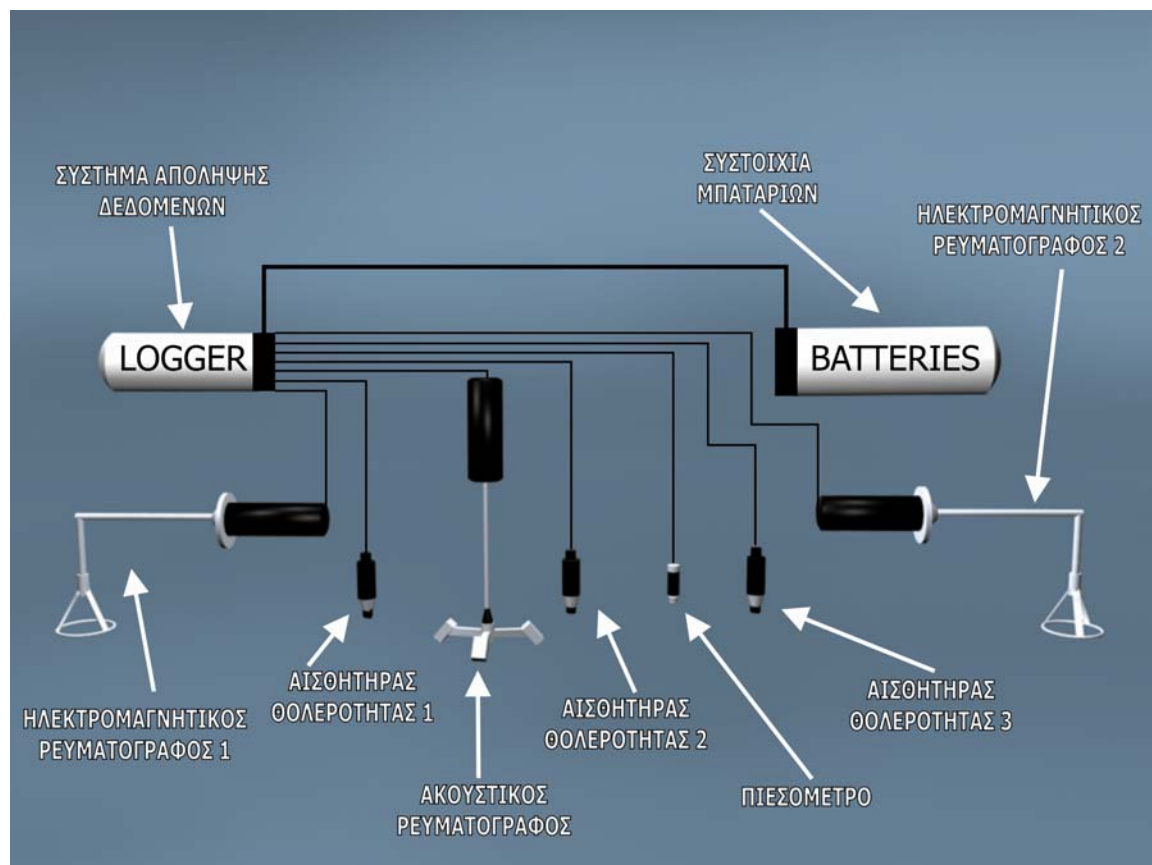
Συνολικά θα χρησιμοποιηθούν, τρία οπτικά θολερόμετρα, ένα υποβρύχιο πιεσόμετρο ακριβείας, δύο ηλεκτρομαγνητικοί ρευματογράφοι και ένας ακουστικός ρευματογράφος. Όλα τα αισθητήρια θα έχουν αναλογική έξοδο και θα συνδέονται στον A/D μετατροπέα του συστήματος απόληψης, εκτός από τον ακουστικό ρευματογράφο που έχει ψηφιακή έξοδο και θα μεταφέρει τα δεδομένα κατευθείαν μέσω της RS-232 εισόδου του μικροελεγκτή.

Η επιλογή των αισθητηρίων έγινε σύμφωνα με τις απαιτήσεις των μαθηματικών εξισώσεων που αναφέρονται στο φαινόμενο της επαναιώρησης (Κεφάλαιο 3). Για τον υπολογισμό της κρίσιμης τιμής της διατμητικής τάσης (critical shear stress), που όταν ξεπεραστεί ξεκινάει το φαινόμενο της επαναιώρησης, πρέπει να είναι γνωστές οι συνιστώσες των ρευμάτων που επικρατούν στην περιοχή (3 ρευματογράφοι), καθώς και η τάση που ασκείται στον πυθμένα από τα κύματα (πιεσόμετρο). Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης του αιωρούμενου ιζήματος θα χρησιμοποιήσουμε τα τρία θολερόμετρα σε τρία διαφορετικά ύψη πάνω από τον πυθμένα με σκοπό να υπάρχουν και δεδομένα για την κατακόρυφη διάχυση του φαινομένου. Η διάταξη των ρευματογράφων θα είναι τέτοια, ώστε να μπορεί να υπολογιστεί και προς τα ποια κατεύθυνση θα μεταφερθεί το αιωρούμενο ίζημα. Δηλαδή πέρα από τις συνθήκες των ρευμάτων που συντελούν στην έναρξη του φαινομένου της επαναιώρησης, θα υπάρχουν και δεδομένα για τις συνιστώσες των ρευμάτων λίγο παραπάνω από τον πυθμένα, αφού αυτά είναι που μεταφέρουν τα ιζήματα εφόσον βρεθούν σε αιώρηση.

Έχουν επιλεγθεί δύο ηλεκτρομαγνητικοί ρευματογράφοι (μοντέλο EDCM 802) εταιρίας Valeport, ένας ακουστικός ρευματογράφος (μοντέλο ADV) της εταιρίας Nortek, τρία θολερόμετρα της εταιρίας D&A Instruments (μοντέλο OBS3), και ένα πιεσόμετρο υδροστατικής πίεσης της εταιρίας DRUCK (μοντέλο PTX 1830). Η επιλογή των συγκεκριμένων τύπων αισθητηρίων βασίστηκε, στη χρήση τους σε άλλα πειράματα, σχετικά με την επαναιώρηση,

καθώς και στην εμπειρία που υπάρχει στο ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε με τα συγκεκριμένα αισθητήρια.

Το κάθε αισθητήριο θα συνδέεται με το σύστημα απόληψης δεδομένων της ακάτου RETROB (περισσότερα για τον τρόπο διασύνδεσης στο Κεφάλαιο 6), το οποίο με τη σειρά του θα τροφοδοτείται από την συστοιχία μπαταριών με 12 V (εικ.19). Η τροφοδοσία των αισθητηρίων θα γίνεται δηλαδή μέσω του συστήματος απόληψης, και όχι άμεσα από την συστοιχία μπαταριών.



Εικ.19 Γενικό διάγραμμα των αισθητηρίων που θα χρησιμοποιηθούν στην RETROB.

5.2 ΟΠΤΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΕΠΑΝΑΣΚΕΔΑΣΗΣ (OPTICAL BACKSCATTERING SENSOR, OBS)

5.2.1 Θολερότητα

Η θολερότητα χρησιμοποιείται συχνά σαν δείκτης εύρεσης της ποσότητας του αιωρούμενου ιζήματος μέσα στο νερό. Υψηλή θολερότητα σημαίνει υψηλή συγκέντρωση αιρούμενου ιζήματος. Η αιωρούμενη ουσία γενικότερα μπορεί να αποτελείται από ρύπους, άμμο ή λάσπη. Επίσης μπορεί να περιέχει φύκη και άλλες οργανικές ουσίες. Σύμφωνα με τον ορισμό του Οργανισμού Ποιότητας Νερού στο Illinois των Η.Π.Α (Water Quality Association) η θολερότητα ορίζεται ως «η ποσότητα μικρών σωματιδίων στερεάς ουσίας που αιωρείται στο νερό όπως μετριέται από την ποσότητα

σκέδασης και απορρόφησης (που οφείλεται στα σωματίδια) ακτινών φωτός». Η θολερότητα μετρείται σε NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Αυτή είναι μια μονάδα που χρησιμοποιείται στην επεξεργασία νερού για μετρήσεις επανασκέδασης (backscattering) με γωνία 90° . Το ποσοστό δηλαδή του φωτός που αντανάκλαται από το καθαρό νερό σε γωνία 90° καθορίζει τα NTU's. Η θολερότητα του πόσιμου νερού για παράδειγμα δεν επιτρέπεται να ξεπερνάει τα 0.5 NTU.

5.2.2 Αισθητήρας και αρχή λειτουργίας

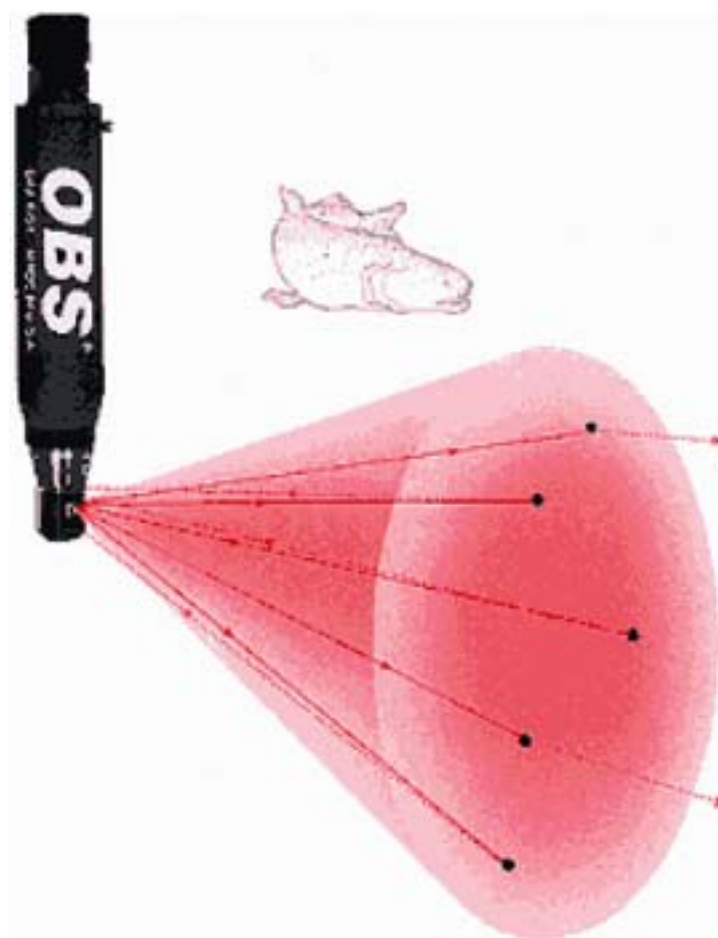
Ο αισθητήρας OBS που θα χρησιμοποιηθεί είναι το μοντέλο OBS-3 (εικ.20) της εταιρίας «D&A Instruments», Αμερικής. Αυτός ο αισθητήρας μετράει την θολερότητα (σε NTU) και τη συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων (σε mg/l) ανιχνεύοντας την υπέρυθρη ακτινοβολία που ανακλάται από την αιωρούμενη ουσία.



Εικ.20 *Ο OBS-3 αισθητήρας της εταιρίας «D-A-Instruments»*

Το σύστημα του αισθητήρα αποτελείται από μία δίοδο που εκπέμπει υψηλής συχνότητας υπέρυθρη ακτινοβολία (infrared emitting diode, IRED) με μήκος κύματος $\lambda = 875 \text{ nm}$, ένα θερμοστάτη και έναν ανιχνευτή τεσσάρων φωτοδίοδων. Παράγεται μία δέσμη IRED στις 50° του αξονικού και στις 30° του ακτινικού επιπέδου του αισθητήρα. Ο ανιχνευτής μετράει την

σκεδαζόμενη από το αιωρούμενο υλικό ακτινοβολία μεταξύ 140° και 160° (εικ.21).



Εικ.21 Η παραγόμενη ακτινοβολία αντανακλάται στην αιωρούμενη ουσία και ανιχνεύεται από τον OBS.

Χρησιμοποιείται υπέρυθρη ακτινοβολία επειδή αυτή εξασθενίζει σε μεγάλο βαθμό μέσα στο νερό. Σαν αποτέλεσμα η εκπεμπόμενη δέσμη από τον OBS δε διεισδύει πολύ μακριά στο νερό και οι μετρήσεις γίνονται σε μικρή απόσταση από τον αισθητήρα (λίγα εκατοστά). Επίσης η υπέρυθρη ακτινοβολία του ήλιου μειώνεται δραστικά με το βάθος. Για καλύτερη ακρίβεια στις μετρήσεις, ένα φίλτρο στον αισθητήρα απορροφά το ορατό φως [23].

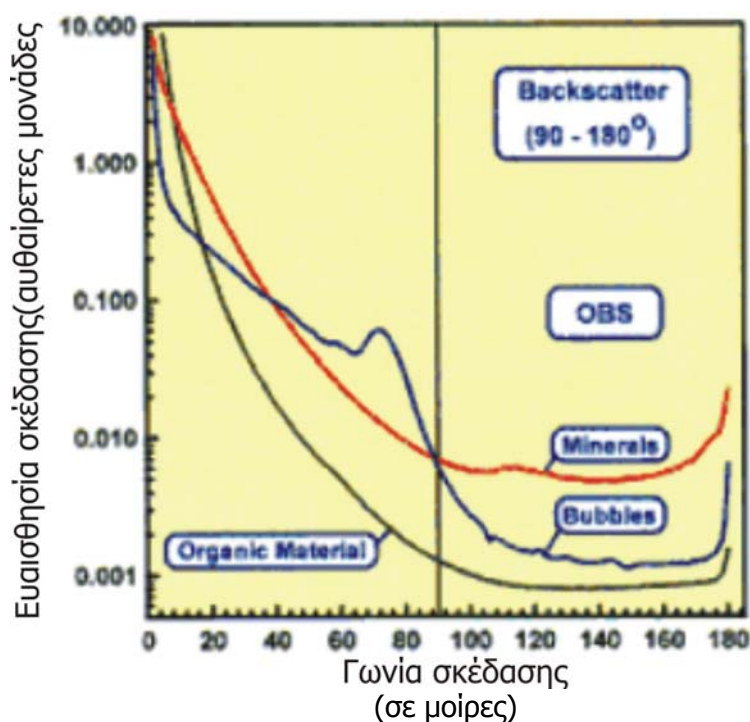
5.2.3 Τεχνικές για καλύτερα αποτελέσματα

Ο OBS-3 χρησιμοποιεί διάφορες τεχνικές για να έχει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα στις μετρήσεις που κάνει. Χρησιμοποιείται για παράδειγμα η τεχνική της σύγχρονης ανίχνευσης. Η σύγχρονη ανίχνευση είναι μια διεργασία κατά την οποία διατηρείται το πλάτος και η φάση του της ανιχνευόμενης ακτινοβολίας αλλά αφαιρείται ο ενδιάμεσος φορέας της

συχνότητας. Αυτή η τεχνική είναι απρόσβλητη στις παρεμβολές και στο θόρυβο.

Οι μεταβολές της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος επηρεάζουν αισθητά τις μετρήσεις ενός αισθητήρα. Για παράδειγμα ένας αισθητήρας πίεσης που διαβάζει 10 psi στους 25 °C, θα διαβάσει 10.1 psi στους 26 °C, χωρίς αλλαγή στην πίεση. Τότε λέμε ότι ο αισθητήρας αυτός έχει συντελεστή θερμοκρασίας +1% ανά βαθμό °C. Ο OBS-3, με τον ενσωματωμένη λειτουργία αντιστάθμισης της θερμοκρασίας, ελαχιστοποιεί αυτόν τον συντελεστή κοντά στο μηδέν.

Επειδή συνήθως οι OBS αισθητήρες χρησιμοποιούνται για μετρήσεις αιωρούμενων ιζημάτων, κυρίως ορυκτών, δεν είναι επιθυμητό οι μετρήσεις να επηρεάζονται από φυσαλίδες ή διάφορες οργανικές ουσίες. Γι' αυτό το λόγο η γωνία ανίχνευσης της ανακλώμενης ακτινοβολίας έχει ρυθμιστεί έτσι ώστε να αποκρίνεται και να δίνει αποτελέσματα μόνο για αιωρούμενα ορυκτά (σχ.15).



Σχ.15 Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα για την επιλεγμένη γωνία μεταξύ 140° και 160° ο OBS-3 είναι περισσότερο ευαίσθητος στα ορυκτά, ενώ οι φυσαλίδες και οι οργανικές ουσίες δεν επηρεάζουν αισθητά τις μετρήσεις.

5.2.4 Βαθμονόμηση του οργάνου

Η απαραίτητη διαδικασία της βαθμονόμησης του OBS-3 γίνεται συγκρίνοντας την έξοδο του οργάνου με γνωστές ή σταθερές τιμές της θολερότητας, του μεγέθους και του βάρους του ιζήματος. Έτσι μπορούμε να έχουμε πληροφορίες για τη συγκέντρωση (mg/l) του αιωρούμενου ιζήματος μέσα στο νερό. Παρακάτω θα αναφέρουμε τις κύριες μεθόδους βαθμονόμησης

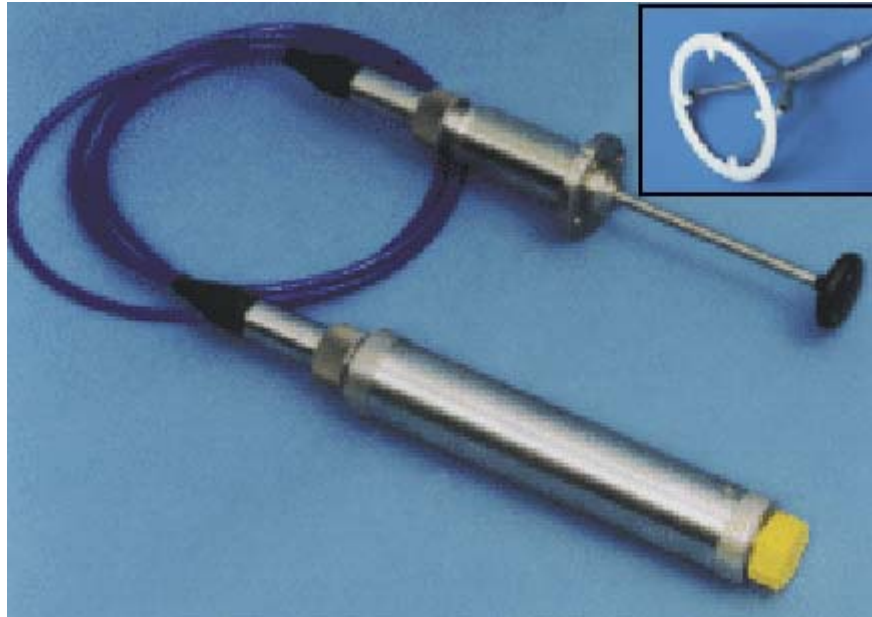
που χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο μαζί με τις αδυναμίες της κάθε μεθόδου:

- *Βαθμονόμηση με χρήση ιζήματος πυθμένα.* Η κύρια αδυναμία αυτής της μεθόδου είναι το γεγονός ότι το αιωρούμενο ίζημα που θα μετρήσει ο αισθητήρας μπορεί να μην είναι το ίδιο με αυτό του δείγματος.
- *Βαθμονόμηση με χρήση δειγμάτων νερού.* Είναι δυνατόν να αποθηκευτούν κάποια δείγματα νερού μέσα σε ειδικά δοχεία κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης της ακάτου στον πυθμένα. Λόγω του περιορισμένου αριθμού των δειγμάτων αυτών (ανάλογα με τη διάρκεια της μελέτης), αυτά δεν είναι πάντα αντιπροσωπευτικά όσον αφορά την αιώρηση ιζήματος στο συγκεκριμένο σημείο, σε σχέση πάντα με τη συγκέντρωση του. Επίσης τα απαραίτητα στοιχεία, όπως το μέγεθος και η διασπορά του ιζήματος μέσα στο νερό, πολύ συχνά αλλοιώνονται μέχρι το δείγμα να φτάσει στο εργαστήριο για ανάλυση.
- *Βαθμονόμηση με χρήση εικόνες video.* Κάμερες video μπορούν να ρυθμιστούν έτσι ώστε να καταγράφουν εικόνες μέσα σε έναν ειδικό σωλήνα(που περικλείει ένα μέρος της υδάτινης στήλης), πολύ κοντά στο σημείο που κάνει τις μετρήσεις ο OBS, έπειτα στο εργαστήριο με το κατάλληλο Software, μπορούν να διεξαχθούν συμπεράσματα για τις ιδιότητες του ιζήματος. Το μέγεθος του ιζήματος που μπορεί να αναγνωριστεί με αυτή την μέθοδο περιορίζεται μέχρι τα 20 μm . Επίσης πρόβλημα στα αποτελέσματα μπορούν να προκαλέσουν οι διαφορετικές υδροδυναμικές συνθήκες που επικρατούν μέσα και έξω από τον ειδικό αυτό σωλήνα[21].

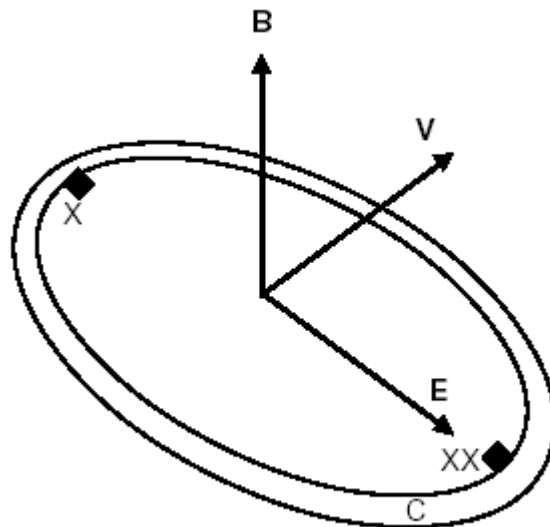
5.3 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟΣ ΡΕΥΜΑΤΟΓΡΑΦΟΣ (ELECTROMAGNETIC CURRENT METER, EDCM)

5.3.1 Αισθητήρας και αρχή λειτουργίας

Οι δύο ηλεκτρομαγνητικοί ρευματογράφοι που επιλέχθηκαν, είναι τα μοντέλα 802 της εταιρίας Valeport, Αγγλίας (εικ.22). Πρόκειται για ένα όργανο που χρησιμοποιείται συχνά στην ωκεανογραφία για καθορισμό των οριζόντιων συνιστωσών(x,y) των ρευμάτων στο βενθικό οριακό στρώμα. Θα γίνει χρήση των δύο αναλογικών καναλιών εξόδου (έξοδος σε mV). Όλοι οι ηλεκτρομαγνητικοί ρευματογράφοι στηρίζονται στον κανόνα του Faraday, που λέει ότι ένας αγωγός (σε αυτήν την περίπτωση το νερό) που κινείται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο (που δημιουργεί ένα πηνίο στην κεφαλή του αισθητήρα) παράγει μία τάση (που μετريέται από δύο ηλεκτρόδια). Τοποθετώντας σε ορθογώνια θέση τα δύο ηλεκτρόδια(σχ.16), μπορεί να μετρηθεί διαξονική ροή από έναν και μόνο αισθητήρα.



Εικ.22 Το μοντέλο 802, της εταιρίας Valeport. Επάνω δεξιά διακρίνεται η κεφαλή που επιλέχθηκε για προσαρμογή.



Σχ.16 Στο σχήμα βλέπουμε τη λειτουργία του νόμου του Faraday. Το αποτέλεσμα είναι μια διαφορά δυναμικού $E=BVL$, που επάγεται μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων (X και XX) που βρίσκονται σε απόσταση L, όταν ο αγωγός (θαλασσινό νερό) κινείται με ταχύτητα V, κάθετη στον άξονα X-XX και κάθετη στο μαγνητικό πεδίο με πυκνότητα ροής B, που επάγεται από το πηνίο C[22].

5.3.2 Η κεφαλή του αισθητήρα (sensor head)

Υπάρχουν πολλά είδη κεφαλών για τον συγκεκριμένο αισθητήρα(εικ.23). Κάθε μία από αυτές έχει διαφορετικό σχήμα(σφαιρικό, κυλινδρικό, ελλειψοειδή και ανοιχτού τύπου), και υποστηρίζει διαφορετικές δυνατότητες για τα διαφορετικά είδη ρευμάτων που θέλουμε να μετρήσουμε. Τα χαρακτηριστικά του πεδίου ροής γύρω από την κεφαλή και τον αισθητήρα – συμπεριλαμβανομένων της υδροδυναμικής και του διαχωρισμού της ροής – είναι κριτικής σημασίας για τον προσδιορισμό της γραμμικότητας του αισθητήρα. Μελέτες έδειξαν πως οι ελάχιστες διαταραχές στη ροή του ρεύματος επιτυγχάνονται χρησιμοποιώντας μια κεφαλή ανοιχτού τύπου όπως αυτή που επιλέξαμε και φαίνεται στην εικόνα 22. Το μειονέκτημα μιας τέτοιας κεφαλής είναι η μικρή σφριγηλότητα. Είναι δηλαδή πιο ευαίσθητη σε παραμορφώσεις με το χρόνο σε σύγκριση με τις άλλες κεφαλές κλειστού τύπου. Παρ' όλ' αυτά, επειδή επιθυμούμε ακριβείς μετρήσεις και μελετώντας το φαινόμενο της επαναιώρησης συναντάμε συχνά, μη έντονα ρεύματα, επιλέγουμε τη συγκεκριμένη κεφαλή.



Εικ.23 *Οι διάφορες κεφαλές που προσφέρονται για τον EDCM 802.*

5.3.3 Βαθμονόμηση του EDCM

Η σωστή βαθμονόμηση του οργάνου είναι άμεσα συνδεδεμένη με την υψηλή ακρίβεια στα αποτελέσματα των μετρήσεων. Σωστά αποτελέσματα στις ταχύτητες του ρεύματος, μπορούν να ελεγχθούν, κινώντας το όργανο με τη βοήθεια ενός βραχίονα με γνωστή σταθερή ταχύτητα μέσα σε στάσιμο νερό και συγκρίνοντας το αποτέλεσμα με αυτό της ταχύτητας του βραχίονα. Επίσης μια πολύ συχνή μέθοδος βαθμονόμησης είναι αυτή της σύγκρισης με άλλα γνωστά βαθμονομημένα όργανα.

5.4 ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΡΕΥΜΑΤΟΓΡΑΦΟΣ DOPPLER (ACOUSTIC DOPPLER VELOCIMETER, ADV)

5.4.1 Αισθητήρας και αρχή λειτουργίας

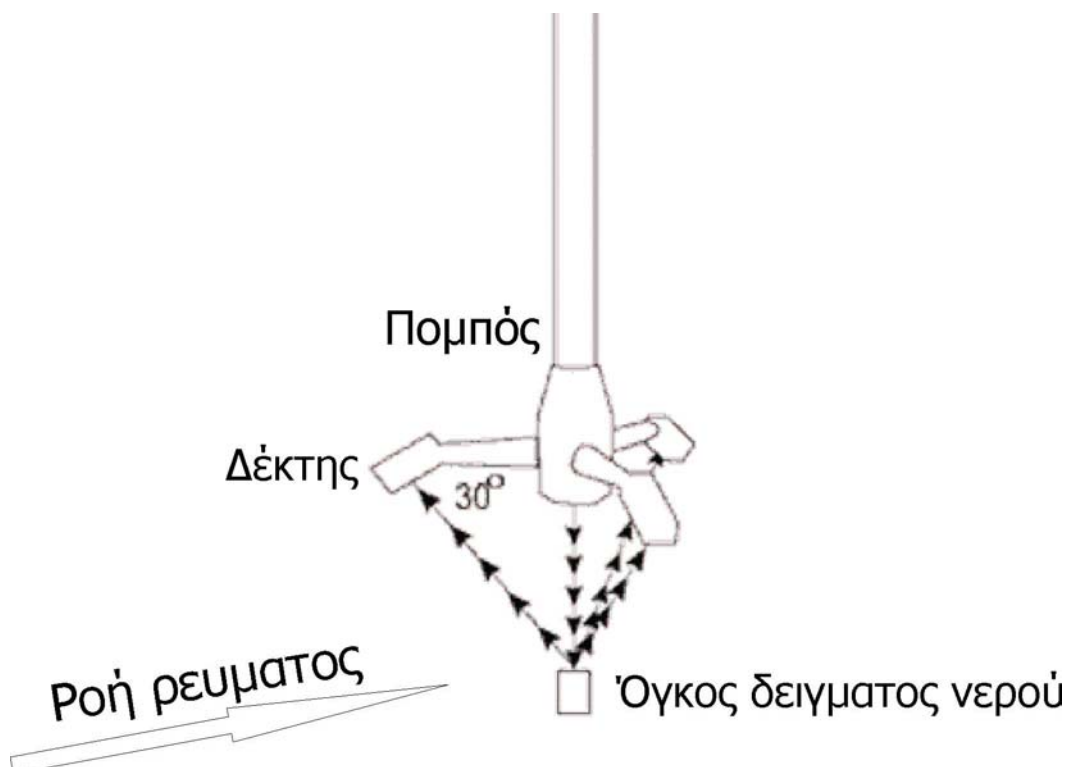
Ο ακουστικός ρευματογράφος που επιλέχθηκε για την άκατο είναι το μοντέλο ADV(εικ.24), της εταιρίας Nortek, Νορβηγίας. Αυτό το όργανο θα καταγράφει την κατακόρυφη συνιστώσα (z) του ρεύματος, καθώς και τις δύο οριζόντιες συνιστώσες (x,y).



Εικ.24 *Ο ADV της εταιρίας Nortek, Νορβηγίας.*

Ο ADV χρησιμοποιεί ακουστικές συχνότητες Doppler, για να μετρήσει τη ροή σε έναν μακρινό (50-100mm) όγκο νερού. Η παρουσία του αισθητήρα αφήνει ανεπηρέαστο το υδροδυναμικό περιβάλλον της μετρούμενης ποσότητας και έτσι τα αποτελέσματα είναι πιο ακριβείς.

Ένας ακουστικός παλμός γνωστής συχνότητας εκπέμπεται από το κέντρο του αισθητήρα κατά μήκος του κατακόρυφου άξονά του. Ο παλμός λαμβάνεται από τρεις μικρούς δέκτες οι οποίοι βρίσκονται περιφερειακά από τον κατακόρυφο άξονα του οργάνου και εστιάζουν σε γνωστό σημείο(σχ.17). Η μετατόπιση της συχνότητας μεταξύ των ληφθέντων σημάτων και του εκπεμπόμενου, είναι ανάλογη με την ταχύτητα του νερού[25]. Οι λαμβανόμενοι παλμοί ενισχύονται στη συνέχεια και ψηφιοποιούνται από τον ενδιάμεσο μετατροπέα.



Σχ.17 Η κεφαλή του αισθητήρα. Ο πομπός στο κέντρο του αισθητήρα εκπέμπει μια γνωστή συχνότητα στο ακουστικό πεδίο. Ο καθορισμένος όγκος νερού αντανakλάει την ακουστική δέσμη, η οποία λαμβάνεται μετά από τους τρεις δέκτες. Η αντανάκλαση γίνεται πάνω σε πολύ μικρά σωματίδια μέσα στο νερό.

5.4.2 Άλλοι αισθητήρες του οργάνου

Ο ADV είναι εξοπλισμένος και με μία σειρά άλλων αισθητήρων που προσφέρουν καλύτερη ακρίβεια στις μετρήσεις του. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας χρησιμοποιείται στη διαδικασία της εσωτερικής βαθμονόμησης των μετρήσεων, όπως και το ενσωματωμένο κλισιόμετρο (tilt sensor) που διορθώνει ενδεχόμενες κλίσεις του αισθητήρα κατά τη παραμονή του στο βυθό (η διόρθωση είναι εσωτερική διεργασία του αισθητήρα η οποία μεταβάλλει ανάλογα και την έξοδο). Η ψηφιακή πυξίδα καταγράφει κάθε στιγμή τον προσανατολισμό του οργάνου γεγονός σημαντικό αν θέλουμε ακριβή αποτελέσματα για τις κατευθύνσεις του ρεύματος. Το πιεσόμετρο του αισθητήρα μπορεί με την κατάλληλη βαθμονόμηση να δώσει πληροφορίες για τις συνθήκες κυματισμού[24]. Επειδή όμως αυτές οι συνθήκες είναι για την μελέτη του φαινομένου πολύ σημαντικές, εμείς θα χρησιμοποιήσουμε έναν ξεχωριστό αισθητήρα υδροστατικής πίεσης πολύ μεγαλύτερης ακρίβειας.

5.4.3 Βαθμονόμηση του οργάνου

Οι διάφοροι αισθητήρες που περιγράψαμε παραπάνω καταστούν τον ADV ένα όργανο έτοιμο προς χρήση που μπορεί να δώσει απευθείας αποτελέσματα χωρίς να είναι απαραίτητη κάποια είδους βαθμονόμηση. Μία παράμετρος που θα έπρεπε να καθοριστεί πριν την ανάπτυξη του ADV στο βυθό είναι η αλατότητα του νερού, που βοηθάει τον αισθητήρα να χρησιμοποιήσει την κατάλληλη ταχύτητα στην ακουστική συχνότητα που εκπέμπει.

5.5 ΠΙΕΣΟΜΕΤΡΟ

5.5.1 Υδροστατική πίεση

Πίεση είναι η δύναμη που εφαρμόζεται ή διανέμεται σε μία επιφάνεια. Η πίεση P μιας δύναμης F που εφαρμόζεται ή διανέμεται μία επιφάνεια A ορίζεται από τον τύπο:

$$P=F/A \quad (10)$$

Η πίεση που ασκείται σε ένα επίπεδο ενός υγρού, που απέχει h από την επιφάνεια και έχει πυκνότητα ρ , από το υγρό που βρίσκεται άνωθεν, ονομάζεται υδροστατική πίεση P_{HS} και δίνεται από τον τύπο :

$$P_{HS}=h\rho g \quad (11)$$

όπου g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας.

Υπάρχουν πολλές μονάδες μέτρησης της πίεσης. Ο μονάδα psi (pounds per inch) χρησιμοποιείται πολύ συχνά. Στην ωκεανογραφία συνήθως η υδροστατική πίεση εκφράζεται σε decibars (1 decibar= 1.4503774 psi). Ένα dbar ισούται με 0.1 bar (1 bar είναι περίπου ίσο με μία ατμόσφαιρα). Η ατμόσφαιρα, ως μονάδα μέτρησης είναι περίπου η πίεση που επικρατεί ακριβώς στην επιφάνεια της θάλασσας. Μια άλλη μονάδα μέτρησης της υδροστατικής πίεσης είναι τα mm στη στήλη υδραργύρου(mmHg). Τα 1.013 bar ισούνται με 760 mmHg[26].

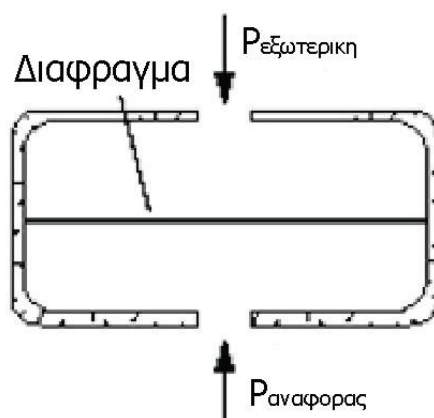
5.5.2 Αισθητήρας και αρχή λειτουργίας

Το πιεσόμετρο που επιλέξαμε για να μετράμε τις μεταβολές της υδροστατικής πίεσης στον πυθμένα και να εξαγάγουμε έτσι τα απαραίτητα συμπεράσματα για τις συνθήκες κυματισμού είναι το μοντέλο PTX1830 της εταιρίας DRUCK, ΗΠΑ (εικ.25). Ο αισθητήρας αυτός είναι ουσιαστικά ένας μετατροπέας πίεσης σε ένα ηλεκτρικό μέγεθος (V ή A). Η λειτουργία του βασίζεται στην ανίχνευση της ελαστικής παραμόρφωσης μίας μεμβράνης (από σιλικόνη) για να μετρήσει την εξωτερική υδροστατική πίεση σε σχέση με μία γνωστή πίεση(σχ.18).



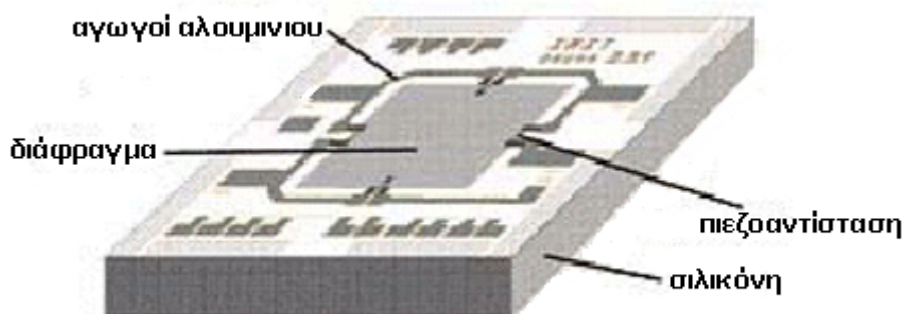
Εικ.25 Το πιεσόμετρο PTX1830 της εταιρίας DRUCK.

Στη δική μας περίπτωση (του PTX1830) η πίεση αναφοράς είναι το κενό, δηλαδή η απουσία πίεσης, οπότε μιλάμε για έναν απόλυτο αισθητήρα πίεσης. Υπάρχουν αισθητήρες που σαν πίεση αναφοράς έχουν την ατμοσφαιρική πίεση, ή ένα δεύτερο σημείο μέσα στο υγρό.

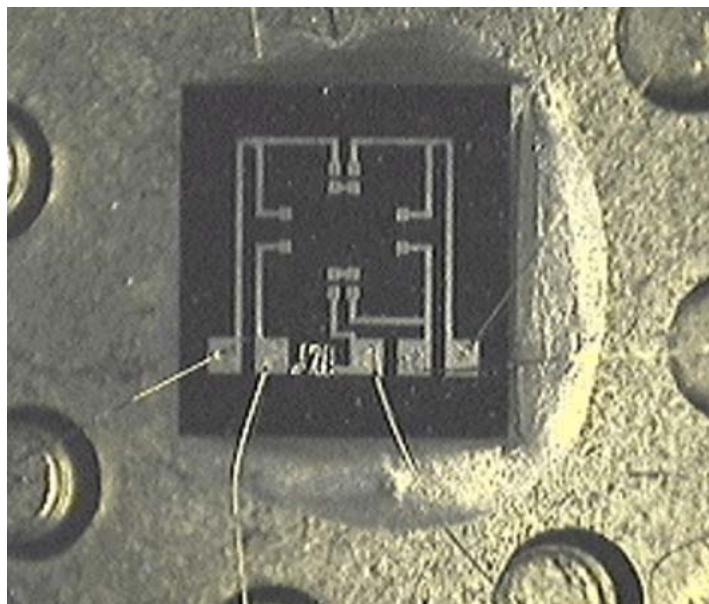


Σχ.18 Αρχή λειτουργίας του αισθητήρα. Η εξωτερική πίεση παραμορφώνει το ελαστικό διάφραγμα σε σχέση με την πίεση αναφοράς (κενό).

Η ανίχνευση της παραμόρφωσης της μεμβράνης γίνεται από ένα κύκλωμα πιεζοαντιστάσεων σε μια γέφυρα Wheatstone (σχ.19, εικ.26), συγκολλημένο πάνω στο διάφραγμα. Οι παραμόρφωση του διαφράγματος σιλικόνης αυξομειώνει τις τιμές των πιεζοαντιστάσεων. Τελικά η έξοδος της γέφυρας Wheatstone είναι ανάλογη της μεταβολής της πίεσης [27].



Σχ.19 Σχηματικό διάγραμμα της μετρητικής διάταξης του αισθητήρα πίεσης. Η συνδεσμολογία γέφυρας Wheatstone με τις πιεζοαντιστάσεις είναι συγκολλημένη πάνω στο διάφραγμα σιλικόνης που παραμορφώνεται λόγω των μεταβολών στην πίεση.

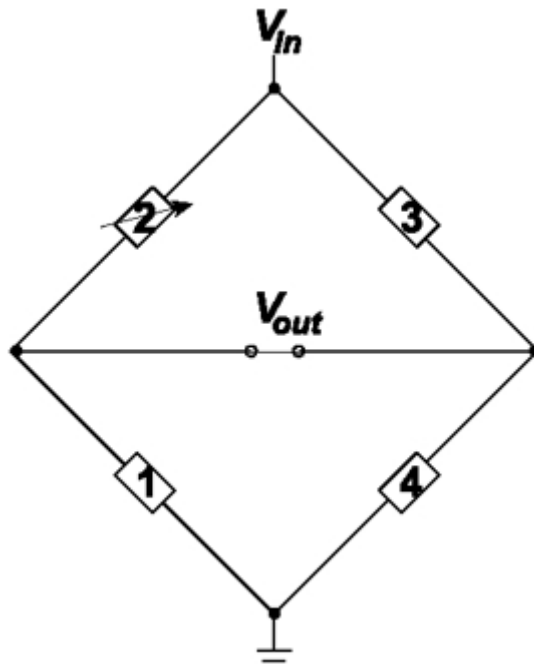


Εικ.26 Διατομή του πιεσόμετρου. Οι διαστάσεις του διαφράγματος σιλικόνης είναι 7mm x 7mm με πάχος περίπου 50 μm.

Η τιμή της εξόδου της γέφυρας Wheatstone(σχ.20) V_{out} , δίνεται από τον τύπο:

$$V_{out} = \frac{1}{4} \frac{\Delta R}{R} V_{in} \quad (12)$$

όπου V_{in} είναι το η τάση εισόδου της γέφυρας (τάση τροφοδοσίας του οργάνου) και $\Delta R/R = K\varepsilon$, όπου K είναι ο συντελεστής μετατροπής (gauge factor) της πιεζοαντίστασης και ε είναι η διάταση (strain) της. Οι δύο παραπάνω συντελεστές εξαρτώνται από τις διαστάσεις και το υλικό κατασκευής της πιεζοαντίστασης. Έχει αναπτυχθεί πλήθος τεχνικών για τη διόρθωση των λαθών τέτοιων κυκλωμάτων καθώς και για τη μείωση του συντελεστή θερμοκρασίας τους που επηρεάζει τα αποτελέσματα [28].



Σχ.20 Η τάση εξόδου της γέφυρας Whetstone, εξαρτάται από τις μεταβολές των τεσσάρων πιεζοαντιστάσεων.

5.5.3 Βαθμονόμηση του πιεσόμετρου

Το πιεσόμετρο PTX1830 δε χρειάζεται κάποιο είδος βαθμονόμησης και είναι έτοιμο προς χρήση στον πυθμένα. Το μόνο που ίσως πρέπει να γίνει πριν την εφαρμογή του είναι η σύγκριση των μετρήσεων που δίνει συγκριτικά με άλλα πιεσόμετρα που έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί και είναι διασφαλισμένη η εγκυρότητα τους.

ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΛΗΨΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΑΚΑΤΟΥ RETROB

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

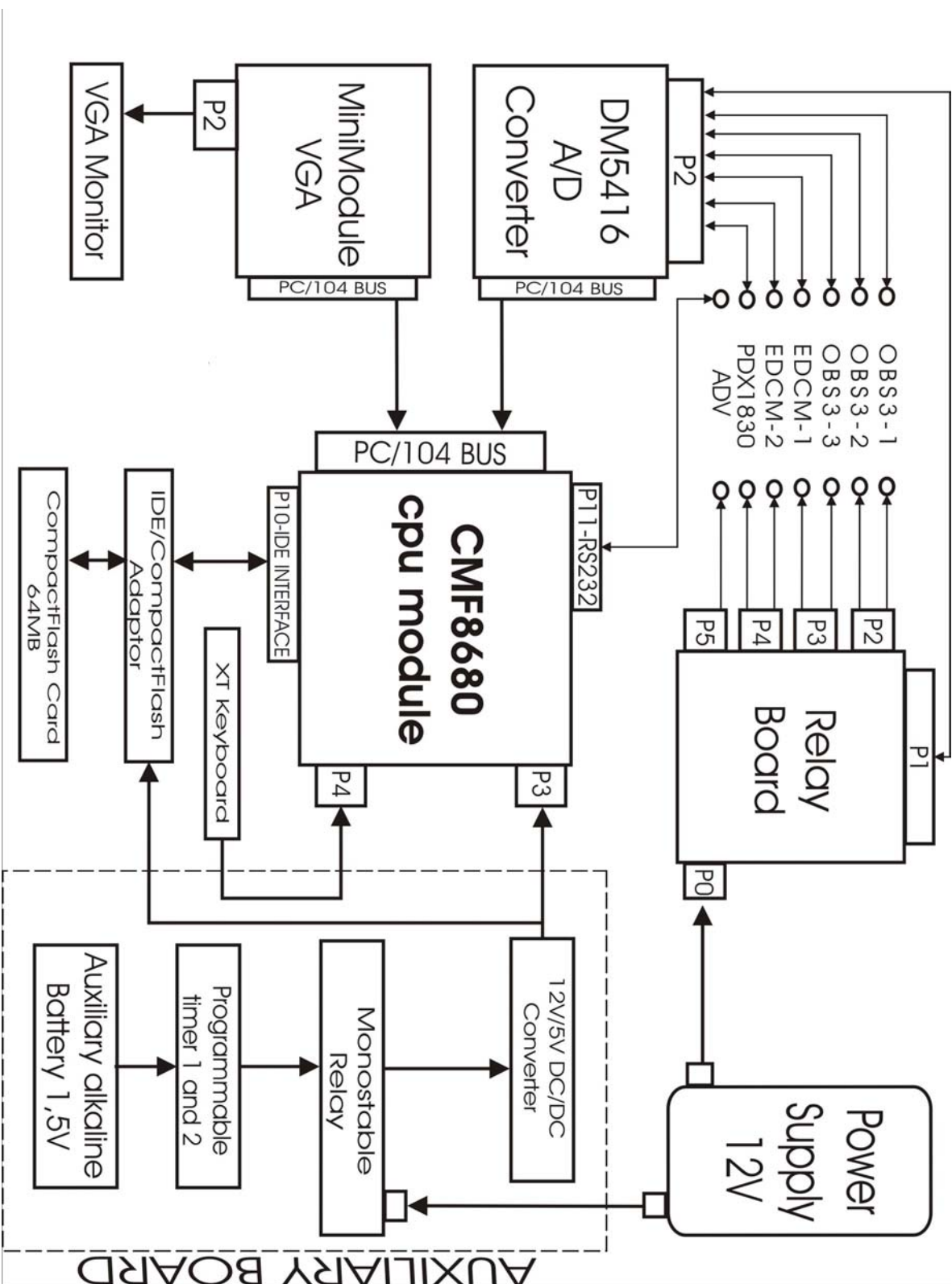
Στην παγκόσμια αγορά διατίθεται από διάφορες εταιρίες ένας μεγάλος αριθμός, έτοιμων προς χρήση, συστημάτων απόληψης δεδομένων για εφαρμογές περιβαλλοντικών μετρήσεων (data loggers). Για τις ανάγκες της ωκεανογραφίας μάλιστα υπάρχουν πολλές εταιρίες που κατασκευάζουν τέτοια συστήματα ενσωματωμένα μέσα στα ειδικά στεγανά δοχεία πίεσης. Υπάρχουν όμως πολλοί περιορισμοί χρησιμοποιώντας έτοιμα συστήματα απόληψης δεδομένων. Καταρχήν είναι προγραμματισμένα με τέτοιο τρόπο που δεν επιδέχονται μικρές, αλλά για τις ανάγκες κάποιων πειραμάτων σημαντικές, αλλαγές στον τρόπο λειτουργίας τους. Ένας άλλος περιορισμός έγκειται στο γεγονός της μη συμβατότητας κάποιων τέτοιων συστημάτων με αισθητήρια όργανα κατασκευασμένα από άλλες εταιρίες, πλην της δικής τους. Επίσης το κόστος των συστημάτων αυτών είναι πολλές φορές ανασταλτικός παράγοντας για την ενδεχόμενη χρήση τους.

Στην άκατο RETROB θα χρησιμοποιήσουμε μία πλατφόρμα μικροϋπολογιστή σε μια προσαρμοσμένη για τις ανάγκες της μελέτης διάταξη. Όλες οι επιμέρους μονάδες του συστήματος διατίθενται για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής εργασίας από το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. Η επιλογή, η εγκατάσταση και ο προγραμματισμός τους, που διαμορφώνουν το σύστημα απόληψης δεδομένων της ακάτου έγινε σύμφωνα με τις βασικές αρχές τέτοιων συστημάτων (ελάχιστη κατανάλωση, μικρό μέγεθος, αξιοπιστία, συμβατότητα). Η απουσία των αισθητήριων οργάνων στην παρούσα φάση, καθώς και του συστήματος που θα τροφοδοτεί τη διάταξη στο βυθό, ήταν περιοριστικός παράγοντας για μια ολοκληρωμένη προσομοίωση της λειτουργίας του στον πυθμένα. Για sampling rate κάθε αισθητηρίου επιλέχθηκαν τα 8 Hz. Όσο μεγαλύτερο ρυθμό δειγματοληψίας έχουμε τόσο πιο ακριβής είναι οι μετρήσεις. Ο μέγιστος ρυθμός που μπορεί να υποστηρίξει ο A/D Converter είναι τα 8 Hz (clock on board).

6.2 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΛΗΨΗΣ

6.2.1 Γενική περιγραφή

Το σύστημα απόληψης μετρήσεων βασίζεται σε έναν μικροϋπολογιστή της εταιρίας Real Time Devices (ΗΠΑ), το μοντέλο CMF8680, που είναι συμβατός με IBM PC/XT εφαρμογές. Η μονάδα αυτή υποστηρίζει μόνο γραφικά τύπου



Σχ.21 Η διασύνδεση όλων των επιμέρους μονάδων, που διαμορφώνουν το σύστημα απόληξης δεδομένων της ακάτου RETROB.

CGA(Computer Graphics Adapter) ή LCD(Liquid Crystal Display). Έτσι για πιο εύκολη χρήση προστέθηκε και μια κάρτα γραφικών VGA, που είναι συμβατή με τις πρόσφατες οθόνες. Η κάρτα αυτή, είναι το μοντέλο MiniModule/VGA της εταιρίας AMRO Computers (ΗΠΑ) και χρησιμοποιείται μόνο για τον προγραμματισμό και τα πειράματα στο εργαστήριο. Για την μετατροπή του αναλογικού σήματος, των αισθητηρίων, σε ψηφιακό, για την επεξεργασία και αποθήκευση τους, χρησιμοποιείται ο A/D μετατροπέας DM5416 της εταιρίας Real Time Devices. Όλα τα παραπάνω συνδέονται και επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω του PC/104 bus που υποστηρίζουν. Ο DM5416 θα χρησιμοποιηθεί επίσης και για την διέγερση των αισθητηρίων, η τροφοδοσία των οποίων θα είναι συνδεδεμένη σε ένα Relay Board, κατασκευής της εταιρίας EANT (Ελλάδας).

Ο μικροϋπολογιστής έχει αποθηκευτικό χώρο μόλις 2 MB. Ο σκληρός δίσκος που εγκαταστήθηκε είναι μια Compact Flash κάρτα 64 MB, η οποία συνδέεται στην IDE θύρα του CMF8680 μέσω ενός μετατροπέα CF/IDE.

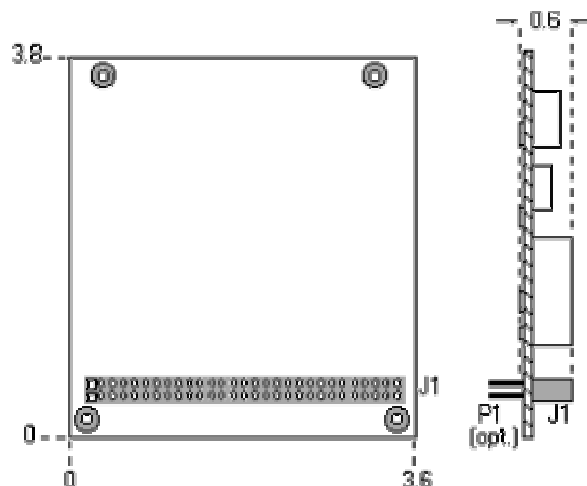
Δύο χρονοδιακόπτες της εταιρίας Mehne (Γερμανίας) είναι προγραμματισμένοι κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να θέτουν σε λειτουργία το σύστημα σύμφωνα με το προγραμματισμένο χρονοδιάγραμμα (σχήμα 29). Μια βοηθητική μονάδα (auxiliary unit) κατασκευασμένη από την εταιρία MICROANALYSIS (Ελλάδας), διοχετεύει τους παλμούς των ρολογιών στην τροφοδοσία του CMF8680, περιέχει μια βοηθητική μπαταρία για τα ρολόγια, καθώς επίσης την είσοδο του ηλεκτρολογίου και 2 σειριακών θυρών, που με τη σειρά τους είναι συνδεδεμένες με τις αντίστοιχες θύρες της κεντρικής μονάδας. Η συστοιχία μπαταριών τροφοδοτεί την βοηθητική μονάδα με 12V που μετατρέπονται μέσω ενός DC/DC converter 5V και τροφοδοτούν την κεντρική μονάδα, η οποία με τη σειρά της τροφοδοτεί μέσω του PC/104 bus τις υπόλοιπες μονάδες του συστήματος. Το λειτουργικό σύστημα που έχει εγκατασταθεί είναι το MS-DOS 6.20 και ο προγραμματισμός έγινε στη BorlandC.

Η διασύνδεση όλων των επιμέρους μονάδων, που διαμορφώνουν το σύστημα απόληψης δεδομένων της ακάτου RETROB, παρουσιάζεται παραπάνω στο σχήμα 21.

6.2.2 Το PC/104 Bus

Κατά τη διάρκεια της προηγούμενης δεκαετίας, η αρχιτεκτονική PC έχει γίνει μια αποδεκτή πλατφόρμα για πολύ περισσότερες εφαρμογές υπολογιστών πέρα από αυτές του γραφείου. Η χρήση της όμως για ενσωματωμένες (embedded) μικροϋπολογιστικές εφαρμογές είναι περιορισμένη, λόγω κυρίως του μεγάλου μεγέθους των PC μητρικών και των άλλων καρτών επέκτασης. Προέκυψε επομένως η ανάγκη για μια συμπαγέστερη μορφή του PC Bus, που θα ικανοποιεί τους περιορισμούς μεγέθους και τροφοδοσίας των ενσωματωμένων εφαρμογών. Αυτοί οι στόχοι έπρεπε να πραγματοποιηθούν χωρίς τη θυσία της πλήρους συμβατότητας υλικού και λογισμικού με τα δημοφιλή πρότυπα των PC bus. Αυτό θα επέτρεπε στο λογισμικό, στα εργαλεία ανάπτυξης, και στη τεχνογνωσία ανάπτυξης συστημάτων να διατηρηθούν.

Το PC/104 bus αναπτύχθηκε ανταποκρινόμενο σε αυτήν την ανάγκη. Προσφέρει την πλήρη αρχιτεκτονική, το υλικό, και τη συμβατότητα λογισμικού με το PC bus, αλλά σε εξαιρετικά συμπαγείς (3,6" X 3,8") διαστάσεις (σχ.22).



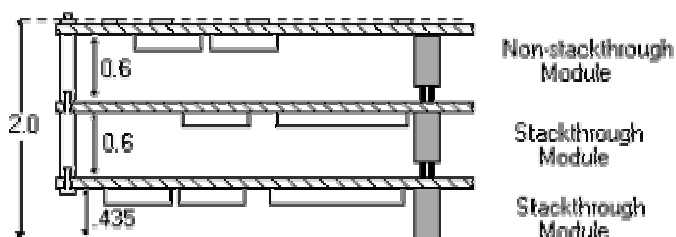
Σχ.22 Οι βασικές μηχανολογικές διαστάσεις μιας PC/104 μονάδας (8 bit)

Αν και οι μονάδες PC/104 είχαν αρχίσει να κατασκευάζονται από το 1987, μια επίσημη προδιαγραφή δεν δημοσιεύθηκε έως το 1992. Από τότε, το ενδιαφέρον για το PC/104 έχει αναπτυχθεί ραγδαία. Αυτή τη στιγμή υπάρχουν πάνω από 60 κατασκευαστές τέτοιων καρτών. Το 1992, η IEEE άρχισε ένα πρόγραμμα για να τυποποιήσει τη μορφή PC/104[29]. Η προδιαγραφή έχει υιοθετηθεί ως το πρότυπο P996.1 Standard για τις μονάδες ενσωματωμένων PC.

Οι βασικές διαφορές μεταξύ του PC/104 και του κανονικού PC bus συνοψίζονται στα εξής:

- Συμπαγής μορφή. Μειωμένο μέγεθος στις 3,6 X 3,8 ίντσες.
- Μοναδικό αυτοσυναρμολογούμενο bus.
- Σύνδεση μέσω pin-υποδοχής. Αντικατάσταση της γνωστής μορφής του PC bus με 64 pins για 8 bit bus ή 104 pins για 16 bit bus.
- Bus μικρής κατανάλωσης. Μειώνει την κατανάλωση ενέργειας στα 1-2 Watt ανά μονάδα.

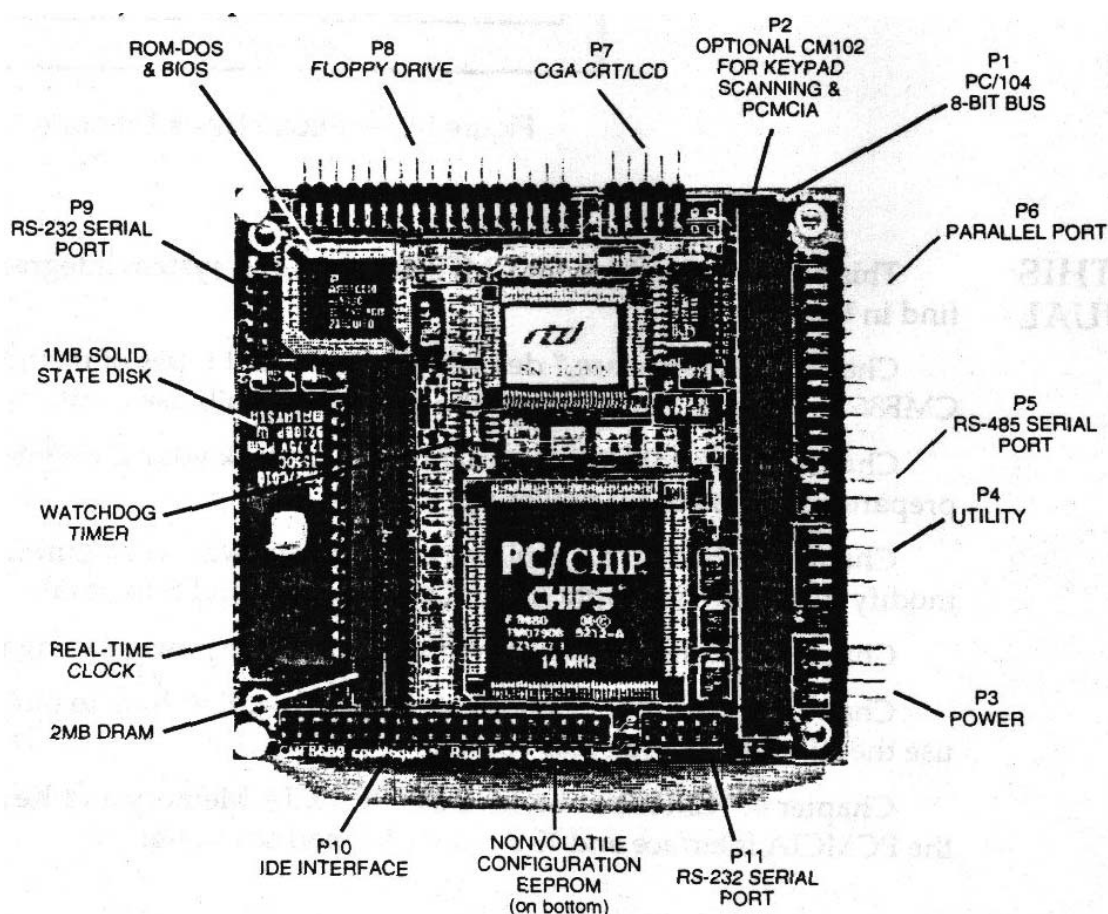
Ο κύριος τρόπος συναρμολόγησης ενός ολοκληρωμένου PC/104 συστήματος φαίνεται στο σχήμα 23. Υπάρχουν κάρτες που δέχονται άλλες μόνο από τη μία πλευρά τους (non-stackthrough modules) και άλλες που συνδέονται και από τις δύο πλευρές (stackthrough modules).



Σχ.23 Στο σχήμα φαίνεται το αυτοσυναρμολογούμενο PC/104 bus

6.2.3 Ο μικροϋπολογιστής CMF8680

Όπως αναφέραμε και παραπάνω η κεντρική μονάδα του συστήματος απόληξης δεδομένων της RETROB, είναι ο μικροϋπολογιστής CMF8680 της εταιρίας Real Time Devices, κατασκευής 1994 (εικ.27). Πρόκειται ουσιαστικά για μία μητρική κάρτα (από τις γνωστές που ξέρουμε από τους PC's) αλλά σε πολύ μικρότερο μέγεθος. Μοιάζει πολύ με μία συμβατική μητρική, με τη διαφορά ότι ο 16 bit – 14 MHz επεξεργαστής, της CHIPS&Technologies, είναι ενσωματωμένος. Επικοινωνεί μέσω 2 θυρών RS232, μίας RS485 και μίας παράλληλης θύρας. Η μνήμη του αποτελείται από 2 MB DRAM, 1 MB Solid State Disk (που μπορεί να επεκταθεί μέχρι 8 MB) και 4 K bit EEPROM (για αποθήκευση των ρυθμίσεων).



Εικ.27 Ο μικροϋπολογιστής CMF8680. Σημειώνονται όλες οι θύρες, οι μνήμες καθώς και τα κυριότερα λειτουργικά του στοιχεία.

Έχει 8 κανάλια interrupt (IRQ0-IRQ7). Τα πρώτα δύο (IRQ0 και IRQ1) είναι κατειλημμένα από εσωτερικές λειτουργίες, ενώ τα υπόλοιπα είναι διαθέσιμα στον χρήστη για τη διασύνδεση με περιφερειακές συσκευές. Για τις ανάγκες της ακάτου RETROB χρησιμοποιείται το IRQ2 για το MiniModule/VGA, το IRQ4 για τη σειριακή (RS232) σύνδεση με τον ακουστικό ρευματογράφο ADV, το IRQ5 για την κάρτα CF, και το IRQ6 για τον A/D Converter DM5416.

Έχει εγκατασταθεί το λειτουργικό σύστημα MS-DOS 6.2 το οποίο υποστηρίζεται και είναι συμβατό με την αρχιτεκτονική του υπολογιστή. Για

την μεταφορά αρχείων (όποτε αυτό ήταν αναγκαίο) προτιμήθηκε να μην χρησιμοποιηθεί Floppy Drive (που επίσης υποστηρίζεται από τον CMF8680), λόγω περιορισμών στην χωρητικότητα. Εγκαθιδρύθηκε επικοινωνία με έναν PC μέσω της σειριακής θύρας, ενός null-modem καλωδίου και του λογισμικού Norton Commander 4 (DOS). Έτσι ήταν πολύ πιο εύκολο να μεταφέρονται και σχετικά μεγάλα αρχεία στον CMF8680.

Η τροφοδοσία λειτουργίας του είναι 5V και καταναλώνει 1.6 Watt όταν ο επεξεργαστής του δουλεύει στα 14 MHz (υπάρχει και δυνατότητα ρύθμισης του επεξεργαστή στα 7.22, 4.77, 3.58 MHz). Ο μικροϋπολογιστής υποστηρίζει και sleep λειτουργία όπου καταναλώνει 350 mW [31]. Προτιμήθηκε όμως να χρησιμοποιηθούν οι δύο χρονοδιακόπτες για την ON/OFF λειτουργία, να μην βρίσκεται δηλαδή ποτέ σε sleep mode, και μ' αυτόν τον τρόπο να εξοικονομείται ενέργεια.

6.2.4 Η κάρτα γραφικών MiniModule/VGA

Η μονάδα αυτή (εικ.28) υποστηρίζει έγχρωμα και μονόχρωμα γραφικά. Είναι της εταιρίας Ampro Computers και είναι συνδεδεμένη στο PC/104 bus. Είναι συμβατή με τα 6 δημοφιλέστερα video standards (VESA, VGA, EGA, CGA, MDA και Hercules).



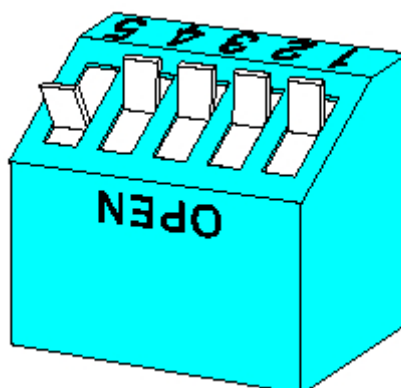
Εικ.28 Το MiniModule/VGA της εταιρίας Ampro Computers

Έχει μνήμη γραφικών 256 Kbytes. Υποστηρίζει οθόνη CRT Video, LCD και επίπεδη οθόνη πλάσματος. Τροφοδοτείται με 5V στα 275 mA. Ευκρίνειες έως 640X480 γραμμές επιτυγχάνονται για οθόνες video και πλάσματος. Καταναλώνει 1,3 Watt ενέργεια [31]. Γεγονός που δε θα συνυπολογίσουμε στην συνολική κατανάλωση, αφού αυτή η κάρτα θα απενεργοποιηθεί όταν το σύστημα απόληψης δεδομένων εγκατασταθεί στην άκατο RETROB.

6.2.5 Ο μετατροπέας A/D DM5416

Βασικό συστατικό στοιχείο ενός συστήματος απόληψης δεδομένων περιβαλλοντικών μετρήσεων είναι ο μετατροπέας του αναλογικού σήματος (που δίνουν στην έξοδο τους τα περισσότερα αισθητήρια) σε ψηφιακό [32]. Ο DM5416 της εταιρίας Real Time Devices είναι ένας τέτοιος μετατροπέας. Το A/D κύκλωμα της μονάδας αυτής υποστηρίζει 8 διαφορεικά κανάλια εισόδου (16 single ended), μετατρέποντας τις εισόδους αυτές σε 16-bit ψηφιακή μορφή που μπορούν να μεταφερθούν και να αποθηκευτούν στην μνήμη του CMF860. Η εμβέλεια κάθε αναλογικής εισόδου είναι -10 έως +10 Volts. Η A/D μετατροπή γίνεται σε χρόνο 10 μ Sec. Υποστηρίζεται επίσης η δυνατότητα εγγραφής της αναλογικής εξόδου της μονάδας μέσω εντολών λογισμικού.

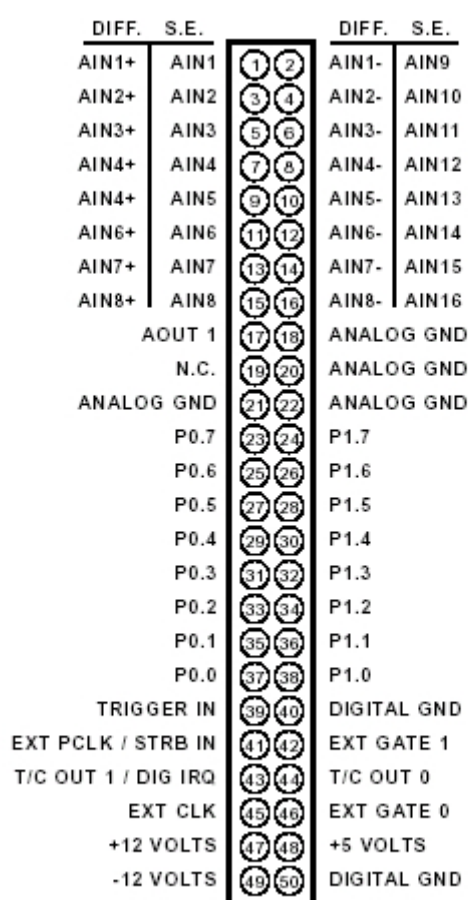
Ένα συχνό πρόβλημα δυσλειτουργίας της μονάδας είναι η ταυτόχρονη χρήση της ίδιας διεύθυνσης I/O μνήμης (base address) με άλλα περιφερειακά. Για να αποφευχθεί το πρόβλημα αυτό επιλέχθηκε με τον μικροδιακόπτη S1 (εικ.29) μια από τις 32 αρχικές διευθύνσεις I/O του υπολογιστή, την 768 δεκαδικό (300 δεκαεξαδικό).



Εικ.29 *Ο διακόπτης S1 του DM5416. Για την ομαλή λειτουργία επιλέχθηκε η διεύθυνση 768 δεκαδικό (10000 δυαδικό, όπως φαίνεται στο σχήμα).*

Ο DM5416 θα χρησιμοποιηθεί επίσης και για έναν άλλο σημαντικό σκοπό. Ο έλεγχος τροφοδοσίας των αισθητηρίων θα γίνεται μέσω αυτού και του Relay Board. Μέσω λογισμικού, το οποίο θα εκτελείται μόλις ενεργοποιείται το όλο σύστημα, θα διεγείρονται τα Relays και θα τροφοδοτούνται τα αντίστοιχα αισθητήρια. Αυτό το γεγονός συμβάλει στην εξοικονόμηση ενέργειας αφού και τα αισθητήρια θα χρησιμοποιούνται μόνον όταν είναι σε λειτουργία το σύστημα απόληψης δεδομένων της ακάτου.

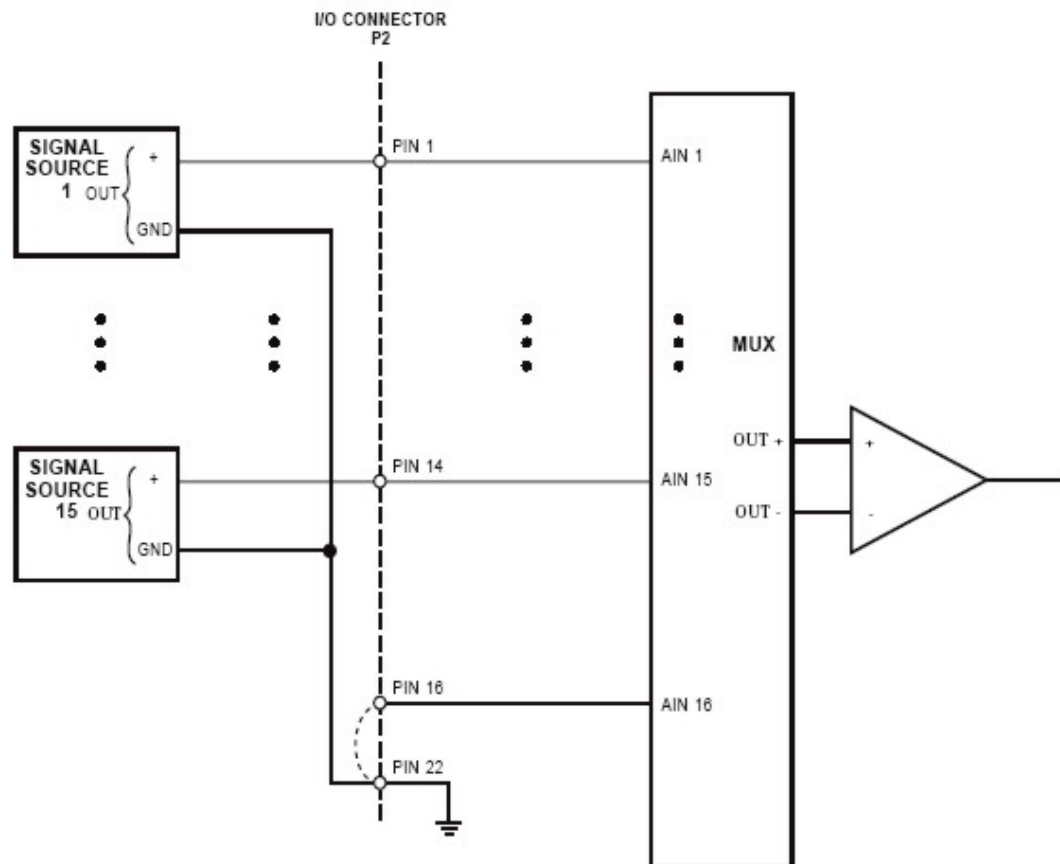
Ο τρόπος με τον οποίο θα συνδέονται τα αισθητήρια στη θύρα P2 (σχ.24) φαίνεται στο σχήμα 25. Εάν τα αισθητήρια μας δεν έχουν ξεχωριστή γείωση τότε συνδέουμε το θετικό σήμα στα κανάλια AIN1+ έως AIN8+ και το αρνητικό σήμα στα κανάλια AIN1- έως AIN8-(σχ.25). Εάν κάποιο αισθητήριο έχει και δική του γείωση τότε αυτή μπορεί να συνδεθεί στο pin22 (analog ground).



Σχ.24 Η θύρα P2 του A/D converter DM5416. Η σύνδεση των αισθητηρίων θα γίνει σύμφωνα με το σχήμα 24. Αναλυτικότερη περιγραφή της διασύνδεσης δίνεται στον πίνακα 1.

Ο κατασκευαστής συνιστά να εγκαταστήσουμε στο σημείο RN1 (όπως φαίνεται στο σχήμα 26) σειρά αντιστάσεων 10 kΩ για την αποφυγή λαθών στις μετρήσεις σε περίπτωση που έχουμε αισθητήρια χωρίς ξεχωριστή γείωση.

Εφόσον όμως προς το παρόν δεν υπάρχουν τα αισθητήρια στη διάθεση μας δεν έγινε κάτι τέτοιο.



Σχ.25

Ο τρόπος διασύνδεσης αισθητηρίων χωρίς ξεχωριστή γείωση (single ended connection). Ο θετικός ακροδέκτης κάθε αισθητηρίου συνδέεται με την αντίστοιχη είσοδο της θύρας P2 του DM5416, ενώ ο ακροδέκτης γείωσης κάθε αισθητηρίου συνδέεται στην αναλογική γείωση της θύρας P2 (pin 22).

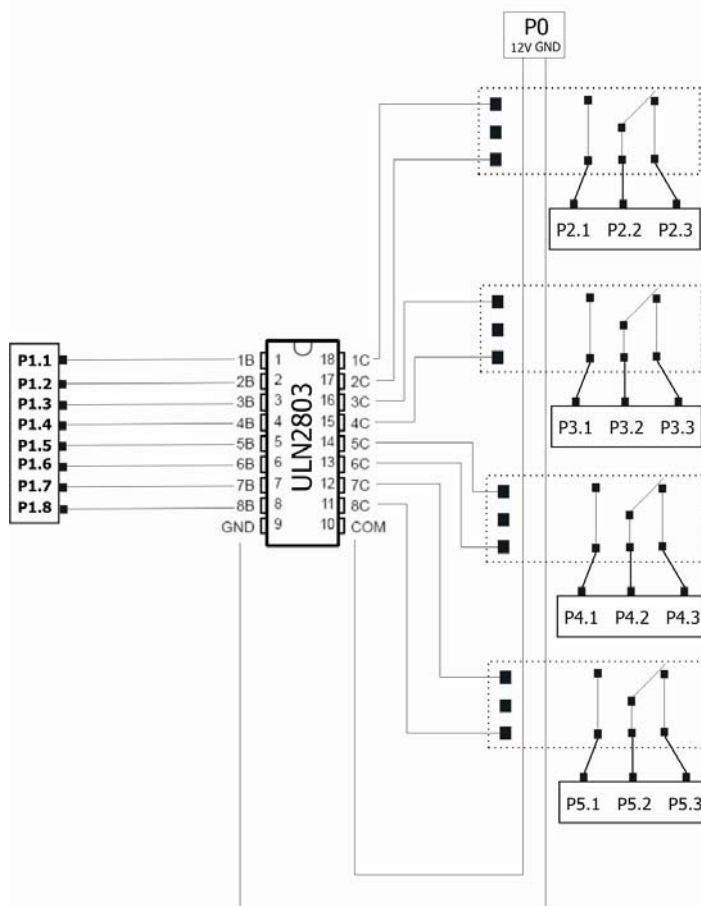
ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΚΡΟΔΕΚΤΗ DM5416 (P2)	ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ
1	Είσοδος OBS3 – 1 (Θολερότητα 1)
2	Είσοδος OBS3 – 2 (Θολερότητα 2)
3	Είσοδος OBS3 – 3 (Θολερότητα 3)
4	Είσοδος EDCM 802 – 1 (Συνιστώσα Χ) (Ηλεκτρομαγνητικός Ρευματογράφος 1)
5	Είσοδος EDCM 802 – 2 (Συνιστώσα Χ) (Ηλεκτρομαγνητικός Ρευματογράφος 2)
6	Είσοδος PDX1830 (Υδροστατική πίεση)
7	Είσοδος EDCM 802 – 1 (Συνιστώσα Υ) (Ηλεκτρομαγνητικός Ρευματογράφος 1)
8	Είσοδος EDCM 802 – 2 (Συνιστώσα Υ) (Ηλεκτρομαγνητικός Ρευματογράφος 2)
20	Γείωση για τα τρία θολερόμετρα
22	Γείωση για τους δύο ηλεκτρομαγνητικούς ρευματογράφους και το πιεσόμετρο
24	ON Διέγερση για OBS3 – 1, ON Διέγερση για OBS3 – 2
26	OFF Διέγερση για OBS3 – 1, OFF Διέγερση για OBS3 – 2
28	ON Διέγερση για OBS3 – 3, ON Διέγερση για PTX1830
30	OFF Διέγερση για OBS3 – 3, OFF Διέγερση για PTX1830
32	ON Διέγερση για EDCM 802 – 1, ON Διέγερση για EDCM 802 – 2
34	OFF Διέγερση για EDCM 802 – 1, OFF Διέγερση για EDCM 802 – 2
36	ON Διέγερση για ADV (Ακουστικός Ρευματογράφος)
38	OFF Διέγερση για ADV (Ακουστικός Ρευματογράφος)
9,10,11 12,13,14,15 16,17,18,19 21,23,25,27 29,31,33,35 37,39,40 41,42,43,44 45,46,47,48 49,50	Δε χρησιμοποιούνται

Πίνακας 2. Διασύνδεση αισθητηρίων με τη μονάδα DM5416

6.2.6 To Relay Board

Για τη βέλτιστη διαχείριση της ενέργειας στο σύστημα τα αισθητήρια θα τίθενται και αυτά σε λειτουργία σύμφωνα με το προγραμματισμένο χρονοδιάγραμμα. Το σκοπό αυτό εξυπηρετεί το Relay Board, κατασκευή της ελληνικής EANT. Η θύρα P1 αυτής της μονάδας θα δέχεται το byte από το

Port1 του DM5416, στη συνέχεια το σήμα αυτό θα ενισχύεται από ένα transistor array (τύπος ULN2803, παράρτημα Β) και θα διοχετεύεται στα τέσσερα bistable Relays. Η λειτουργία των Relay είναι αυτή ενός διακόπτη. Έτσι μόλις ένα Relay δέχεται ένα παλμό για πολύ μικρό χρονικό διάστημα (λίγα millisecond) ενεργοποιεί την τροφοδοσία του οργάνου που είναι συνδεδεμένο σε αυτό. Η διακοπή της τροφοδοσίας γίνεται με ανάλογο τρόπο. Στο σχήμα 27 φαίνεται το ηλεκτρονικό κύκλωμα του Relay Board.



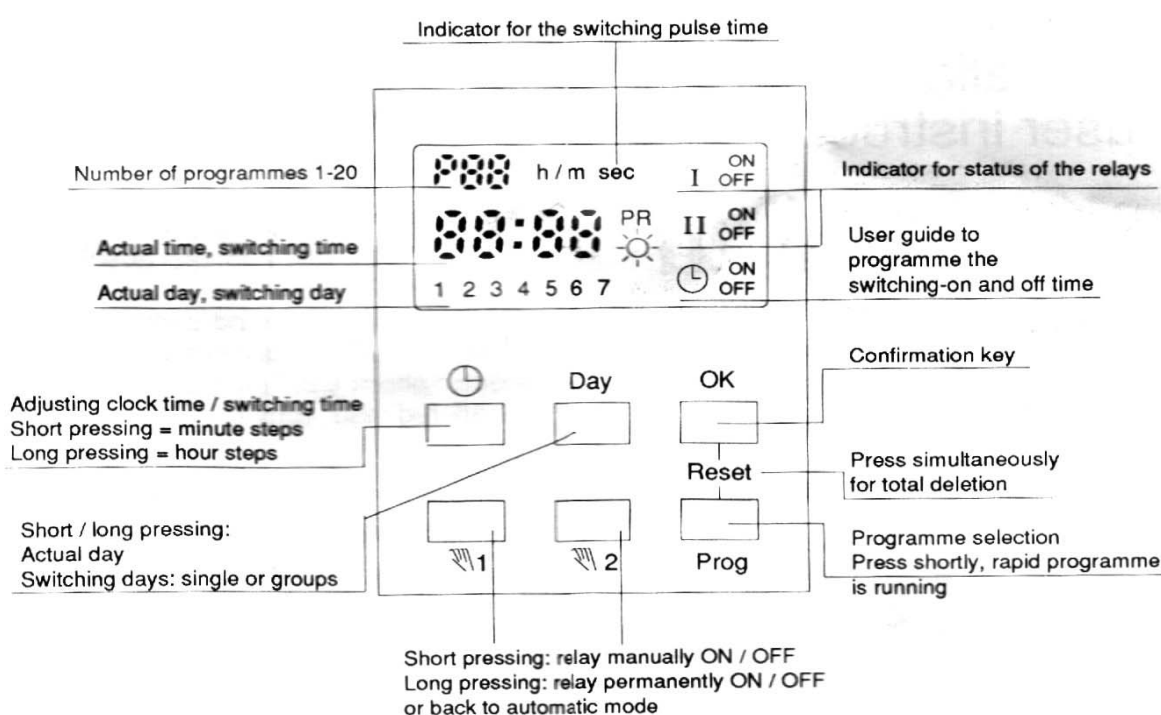
Σχ.27 Το κύκλωμα του Relay Board. Καθώς τα τέσσερα Relays τροφοδοτούνται με τάση 12 V(θύρα P0), το byte που καταφθάνει στη θύρα P1 ενισχύεται από το ULN2803 και αλλάζει τη κατάσταση τους. Κάθε Relay μπορεί να διαχειρίζεται τη τροφοδοσία δύο οργάνων, στις θύρες P2, P3, P4 και P5.

6.2.7 Οι δύο προγραμματιζόμενοι χρονοδιακόπτες

Οι προγραμματιζόμενοι χρονοδιακόπτες (σχ.28) που θα χρησιμοποιηθούν για την αφύπνιση και τον τερματισμό λειτουργίας του συστήματος απόληψης δεδομένων είναι ψηφιακής τεχνολογίας δύο διαύλων, κατασκευής της γερμανικής εταιρίας Mehne. Μπορούν να προγραμματιστούν για οποιαδήποτε ημέρα της εβδομάδος ή για ομάδες ημερών. Στην οθόνη LCD φαίνεται η πραγματική ώρα της ημέρας καθώς και η μέρα της εβδομάδος.

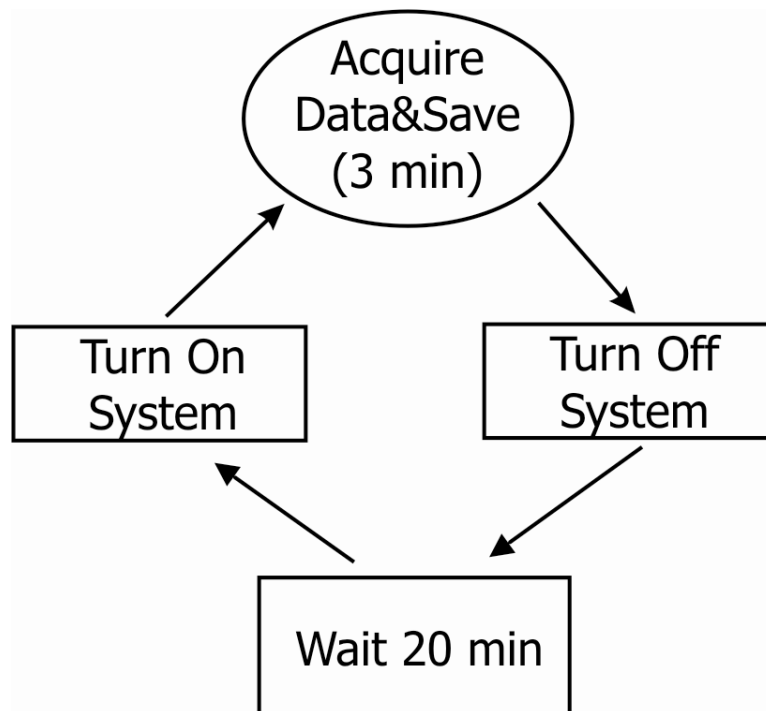
Υπάρχει ένδειξη εάν ο χρονοδιακόπτης είναι εντός (ON) ή εκτός (OFF) λειτουργίας καθώς επίσης και ποιος από τους δύο διαύλους (I ή II) είναι σε λειτουργία. Τροφοδοτείται από το Auxiliary Board με μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία τάσης 1.5 V.

Η συχνότητα αναφοράς του κρυστάλλου είναι 32768 Hz. Η έξοδος του χρονοδιακόπτη τροφοδοτεί το Relay της βοηθητικής μονάδας, το οποίο με τη σειρά του διοχετεύει τα 12 V στον DC/DC converter που θέτει σε λειτουργία το όλο σύστημα με 5 V. Οι χρονοδιακόπτες έχουν προγραμματιστεί έτσι ώστε να ενεργοποιούν το σύστημα κάθε 20 λεπτά, για χρόνο 3 λεπτών (τον απαραίτητο χρόνο, δηλαδή, για να γίνουν και να αποθηκευτούν οι απαραίτητες μετρήσεις). Στο σχήμα 29 φαίνεται το χρονοδιάγραμμα των δύο διακοπών.



Σχ.28

Ο Χρονοδιακόπτης που θα χρησιμοποιηθεί για την αφύπνιση και τον τερματισμό της λειτουργίας του συστήματος απόληψης.

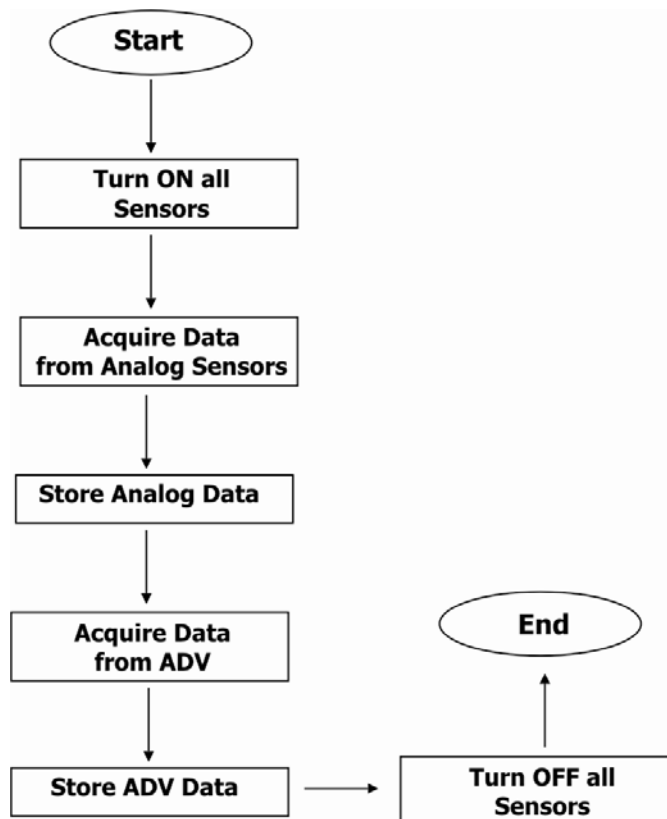


Σχ.29 Το χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του συστήματος απόληψης.

6.3 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΛΗΨΗΣ

6.3.1 Περιγραφή

Το λογισμικό ελέγχου του συστήματος απόληψης δεδομένων κατασκευάστηκε στη C. Περιλαμβάνει 4 κύρια προγράμματα και ένα βοηθητικό. Όλα τα προγράμματα θα καλούνται από το αρχείο *autoexec.bat* του MS-DOS και θα εκτελούνται με δεδομένη σειρά. Αρχικά το πρόγραμμα *turnon.exe* θα θέτει σε λειτουργία όλα τα αισθητήρια της ακάτου RETROB μέσω του Relay Board. Έπειτα το πρόγραμμα *analog.exe* θα διαβάζει τα δεδομένα των 6 αναλογικών αισθητηρίων που είναι συνδεδεμένα στον A/D Converter και θα τα αποθηκεύει στο αρχείο *retrob.txt*. Το πρόγραμμα *advdata.exe* που θα εκτελείται μετά θα διαβάζει από τη σειριακή θύρα τις μετρήσεις του ADV και θα τις αποθηκεύει επίσης στο αρχείο *retrob.txt*. Τελευταίο στη σειρά θα εκτελείται το πρόγραμμα *turnoff.exe* το οποίο θα θέτει εκτός λειτουργίας όλα τα αισθητήρια τις ακάτου. Επίσης αναπτύχθηκε και ένα βοηθητικό πρόγραμμα, το *adv.exe*, το οποίο προσομοιώνει την σειριακή έξοδο του ADV. Συμπληρωματικά αναπτύχθηκε και η συνάρτηση *mydelay()* που προσομοιώνει την συνάρτηση *delay()* της C, αφού ο CMF8680 δεν είναι συμβατός με την *delay()*.



Σχ.30 Γενικό διάγραμμα του λογισμικού ελέγχου της RETROB

6.3.2 Διέγερση ON των αισθητηρίων (turnon.exe)

Το πρόγραμμα αρχικά αρχικοποιεί τον A/D Converter, έπειτα καθορίζει το PORT1 του DM5416 σαν έξοδο, και τέλος το φορτώνει με τη λέξη «170» για 2 δευτερόλεπτα. Η λέξη 170 στο δεκαδικό σύστημα, είναι δυαδική 10101010. Στο PORT1 τα pin έχουν τις τιμές P1[24,26,28,30,32,34,36,38]={1,0,1,0,1,0,1,0}. Η τιμή 1 σημαίνει +3 Volt. Ο παλμός που δημιουργείται για 2 δευτερόλεπτα μεταφέρεται στο Relay Board, όπου ενισχύεται και θέτει τα 4 bistable Relays στη θέση ON για όλα τα αισθητήρια. Το flowchart του προγράμματος φαίνεται στο σχήμα 31. Ο κώδικας του προγράμματος φαίνεται παρακάτω:

```

#include <stdio.h>
#include <drv5416.h>
#include <drv5416.c>

#define DELAY          165 // Cycles per millisecond
#define MEAS_DELAY     10000 // milliseconds between measurements
#define CONV_DELAY     10 // milliseconds for AD conversion

void myDelay(int i){
    int j,k,blank;

```

```

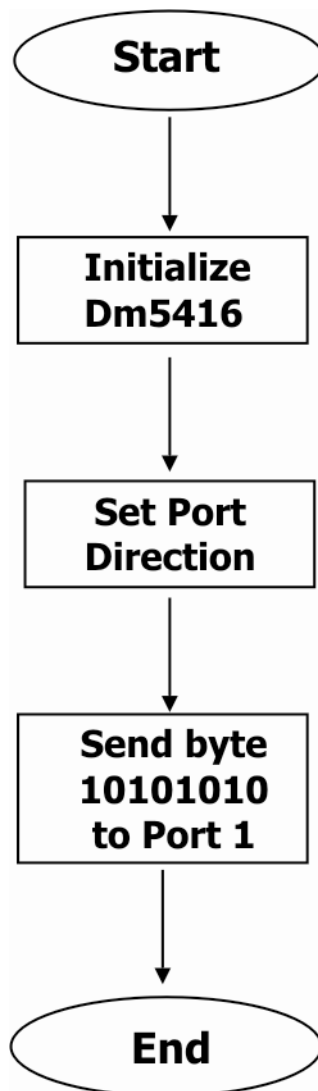
    for(j=0;j<i;j++){
        for(k=0;k<DELAY;k++){
            blank=k;
        }
    }
}

void main(void)
{
    unsigned char v;
    clrscr();
    printf("TURNING ON ALL SENSORS OF RETROB");

    SetChannelGain5416(0,0,0); /* Use no gain */

    {
        SetBaseAddress5416(0,768);
        InitBoard5416(0);
        myDelay(5);
        SetStartTrigger5416(0,0); /* Use internal/software trigger */
        DIOSetPort0Direction5416(0,0); /* Configure port 0 for input */
        DIOSetPort1Direction5416(0,1); /*Configure port 1 for output */
        gotoxy(1, 2);
        /* give a 2 sec pulse to all the bistable relays on the RELAY BOARD
        Address 170(dec), 10101010(bin) */
        v = inportb(773);
        v = v & 0 ;
        v = v|170;
        outportb(773,v);
        myDelay (2000);
        v= v & 0 ;
        outportb(773,v);
    }
} /*end*/

```

Σχ.31 *Flowchart του turnon.exe*

6.3.3 Ανάκτηση δεδομένων από αναλογικά αισθητήρια (analog.exe)

Αφού γίνει η αρχικοποίηση του DM5416 καθορίζονται οι τιμές του ADTable. Το ADTable είναι ένας πίνακας που χρησιμοποιεί ο DM5416 για να κάνει τις μετατροπές από την αναλογική είσοδο σε ψηφιακό σήμα. Εκεί ορίζεται για παράδειγμα πιο κανάλι να διαβαστεί, με ποιον τρόπο, τι κέρδος να υπάρχει σε κάθε κανάλι κ.α. Κάθε φορά που διαβάζεται ένα από τα 8 κανάλια (έχουμε συνολικά έξι αισθητήρια που δίνουν αναλογική έξοδο, αλλά οι EDCM κάνουν χρήση δύο καναλιών ο καθένας για κάθε οριζόντια συνιστώσα του ρεύματος) αποθηκεύεται η τιμή του σε ένα struct. Γίνονται συνολικά 10 μετρήσεις για κάθε ένα από τα 8 κανάλια, με καθυστέρηση 10 sec. Στο τέλος υπολογίζεται ο μέσος όρος των μετρήσεων για κάθε κανάλι και αποθηκεύεται, μαζί με την ώρα και την ημερομηνία, στο αρχείο *retrob.txt*. Το flowchart του προγράμματος φαίνεται στο σχήμα 32. Ο κώδικας του προγράμματος φαίνεται παρακάτω :

```

#include <stdio.h>
#include <dos.h>
#include <drv5416.h>
#include <drv5416.c>

#define NUM_OF_CHAN      8 // Number of channels to scan
#define NUMCOUNT      10 // Number of measurements to average

#define BOARD            0 // Select DM5416
#define BASE_ADDRESS    768 // Base Address of DM5416
#define ADSLOPE          (65536.0/20.0) // Number Bits divided by AD Range.

#define DELAY            165 // Cycles per millisecond
#define MEAS_DELAY      10000 // milliseconds between measurements
#define CONV_DELAY      10 // milliseconds for AD conversion

void myDelay(int i){ //delay function for use with CMF8680
    int j,k,blank;
    for(j=0;j<i;j++){
        for(k=0;k<DELAY;k++){
            blank=k;
        }
    }
}

int main(void)
{
    int    ADData; // Store the AD data.
    int    numCount,channelNum;
    float  sum;
    FILE *fp;

    ADTableRow ADTable[1]; //Define ADTable for internal use of DM5416
    float  storingData[NUMCOUNT][NUM_OF_CHAN];

    struct date d;
    struct time t;

    SetBaseAddress5416(BOARD, BASE_ADDRESS); //Define BaseAddress of DM5416
    printf("\nRETROB ANALOG DATA ACQUISITION\n");

    for(numCount=0;numCount<NUMCOUNT;numCount++){
        for(channelNum=0;channelNum<NUM_OF_CHAN;channelNum++){
            ADTable[0].Channel=channelNum;
            ADTable[0].Gain=0;
            ADTable[0].Skip=0;

            InitBoard5416(BOARD); // Board initializing.
            SetConversionSelect5416(BOARD, 0);
            LoadADTable5416(BOARD, 1, ADTable); // Load AD Table.
            EnableTables5416(BOARD, 1,0); // Enable Ad Table.

```

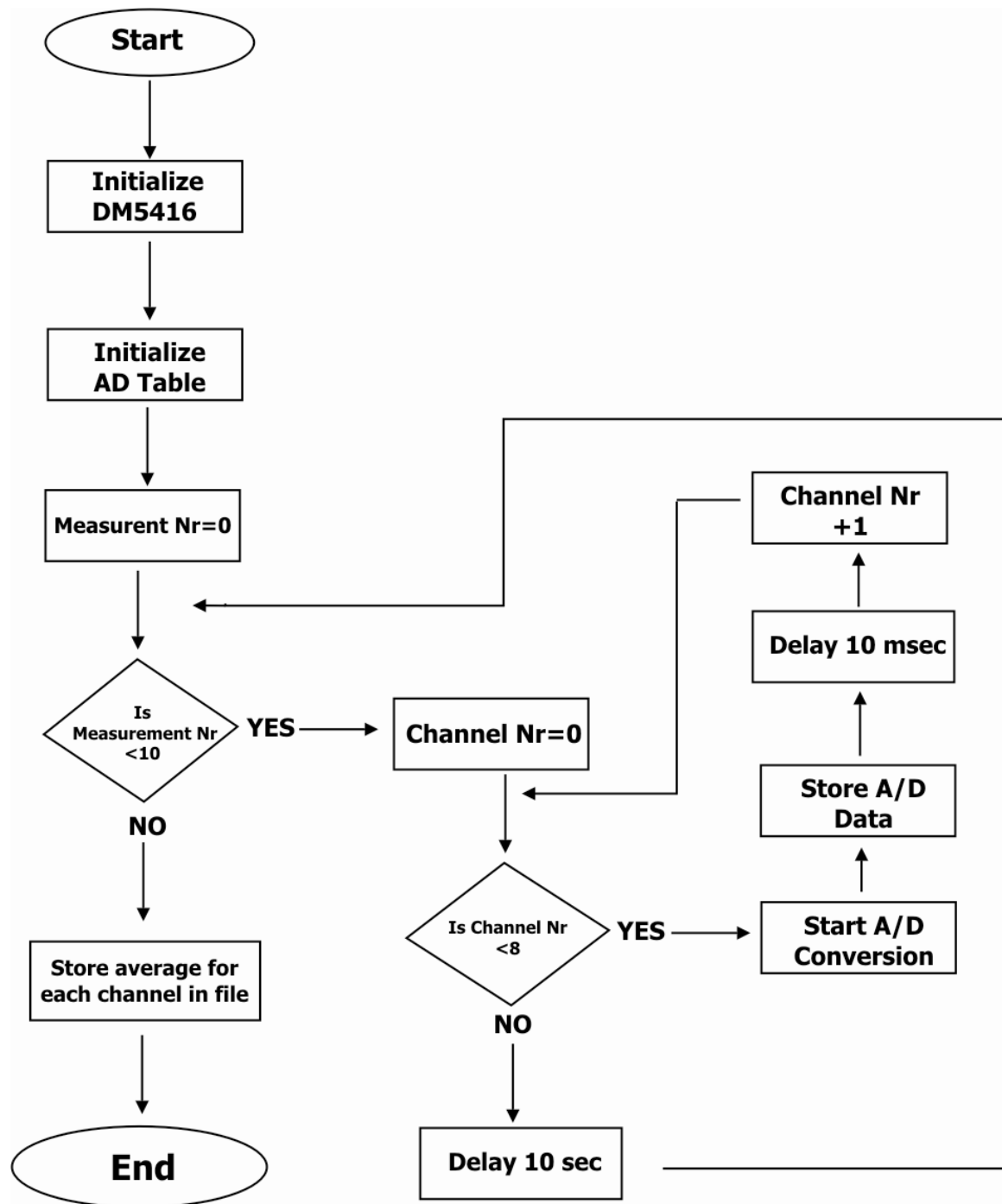
```

        ClearADFIFO5416(BOARD);           // Clear FIFO.
        StartConversion5416(BOARD);       // Start conversion.

        myDelay(CONV_DELAY);
        ADDData = ReadADDData5416(BOARD); // Read acquired data.
        storingData[numCount][channelNum] = ADDData /ADSLOPE;
        printf("%6.3f ",storingData[numCount][channelNum]); //Store ADDData in struct
    }
    printf("\n");
    myDelay(MEAS_DELAY);
}

getdate(&d);
gettime(&t);
if ((fp = fopen("retrob.txt","a"))==NULL) //Store acquired Data in file
{
    fprintf(stderr,"Error opening file.\n");
}
fprintf(fp,"\nAveraged values:\n");
fprintf(fp,"%04d-%02d-%02d %02d:%02d ",
        d.da_year,d.da_mon,d.da_day,t.ti_hour,t.ti_min);
for(channelNum=0;channelNum<NUM_OF_CHAN;channelNum++){
    sum=0;
    for(numCount=0;numCount<NUMCOUNT;numCount++){
        sum+=storingData[numCount][channelNum];
    }
    fprintf(fp,"%6.3f ",sum/NUMCOUNT);
}
fprintf(fp,"\n");
fclose(fp);
return 0;
} /*end*/

```



Σχ.32 *Flowchart του analog.exe*

6.3.4 Ανάκτηση δεδομένων από τον ADV (advdata.exe)

Για την κατασκευή του προγράμματος χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη *rs232.c* η οποία περιέχει πλήθος εντολών και συναρτήσεων που αφορούν την σειριακή επικοινωνία.

Αρχικά καθορίζεται η θύρα που θα χρησιμοποιηθεί για την ανάκτηση των δεδομένων του ακουστικού ρευματογράφου. Ορίζεται η θύρα COM1, δηλαδή η P11 πάνω στον CMF8680. Το πρόγραμμα μετά προσπαθεί να εγκαταστήσει επικοινωνία από την δεδομένη θύρα, ελέγχοντας αν αυτή είναι διαθέσιμη. Έπειτα γίνεται ανάκτηση των συμβολοσειρών που στέλνει ο ADV στη δεδομένη θύρα. Μόλις ανακτηθούν τέσσερις μετρήσεις το πρόγραμμα τις αποθηκεύει στο αρχείο *retrob.txt* και κλείνει την θύρα. Στην προκειμένη περίπτωση λόγω μη διαθεσιμότητας του ADV τα δεδομένα έρχονται από έναν δεύτερο PC, που προσομοιώνει τον ρευματογράφο (*adv.exe*). Το flowchart του προγράμματος φαίνεται στο σχήμα 33. Ο κώδικας που αναπτύχθηκε φαίνεται παρακάτω :

```
#include<stdio.h>
#include<conio.h>
#include<string.h>
#include"rs232.c" /* include rs232 variables and functions */

main()
{   int i;
    int count;
    char mes[40];
    char mes2[40];
    char outputmes[4][40];
    int a=0;
    int b=0;
    struct date d;
    struct time t;
    FILE *fp;
    char input_buffer[1024],output_buffer[1024]; /* allocate buffers */

    /* open port 1 with 2400 baud, no parity, 8 data bits, 1 stop bit,
       a 1024 byte input buffer and a 1024 byte output buffer */

    if(rs_initport(RS_PORT1,RS_B2400,RS_NOPAR,RS_DBIT8,RS_SBIT1,
1024U,input_buffer,1024U,output_buffer) > 0)
        printf("ACQUIRING DATA STRINGS FROM ADV\r\n");
    else{
        printf("Unable to open COM port\r\n");
        return 0;
    }

    /* turn on Data Terminal Ready */
    rs_modctrl(RS_WRTMCR,RS_MCRDTR,RS_LINON);

    strcpy(mes2,"");
    do{
        if(rs_inrcvd())
        {
            a+=rs_getstr(40,mes);
```

```

        printf("%s",mes);
        strcat(mes2,mes);
        if(a==40)
        {
            printf("\n");
            strcpy(outputmes[b],mes2);
            b++;
            a=0;
            strcpy(mes2,"");
        }
    }

}while(b!=4);

getdate(&d);
gettime(&t);

if ((fp = fopen("RETROB.txt","a"))==NULL)
{
    fprintf(stderr,"Error opening file.\n");
}
fprintf(fp,"\nADV values:\n");
fprintf(fp,"%04d-%02d-%02d %02d:%02d ",
        d.da_year,d.da_mon,d.da_day,t.ti_hour,t.ti_min);

for (count=0;count<4;count++)
    fprintf(fp,"\n%s",outputmes[count]);

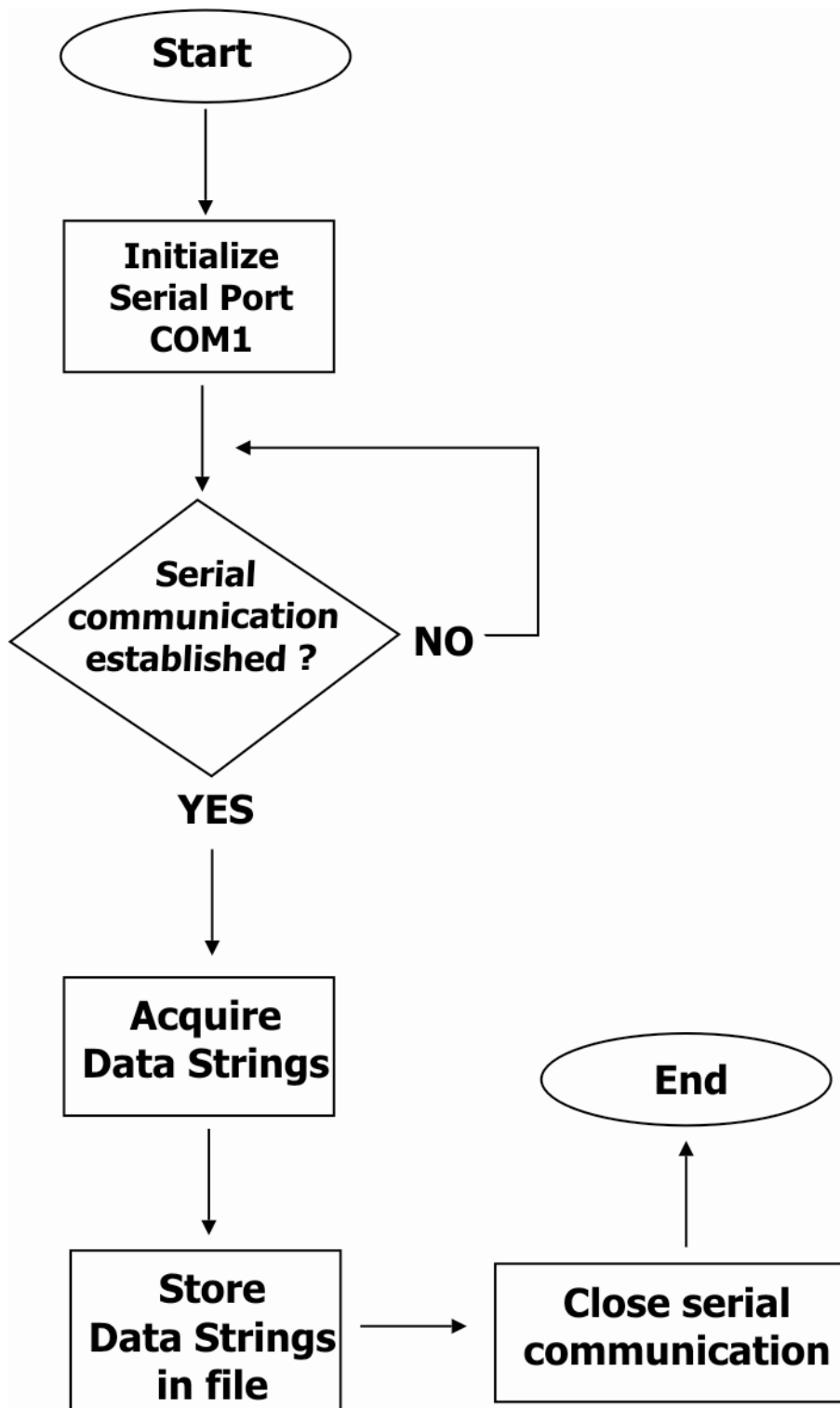
fprintf(fp,"\n");
fclose(fp);

/* turn off Data Terminal Ready */
rs_modctrl(RS_WRTMCR,RS_MCRDTR,RS_LINOFF);

/* close the port and exit */
rs_close();
return 0;

} /* end */

```



Σχ.33 *Flowchart του advdata.exe*

6.3.5 Η προσομοίωση του ADV (`adv.exe`)

Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί και αυτό τη βιβλιοθήκη `rs232.c`. Αρχικά ορίζεται μία συμβολοσειρά η οποία αντιπροσωπεύει την έξοδο του ADV. Στη

συνέχεια αυτή η συμβολοσειρά στέλνεται στην ήδη αρχικοποιημένη σειριακή θείρα, για τέσσερις φορές, με καθυστέρηση 15 sec. Το flowchart του προγράμματος φαίνεται στο σχήμα 35. Ο κώδικας φαίνεται παρακάτω :

```
#include<stdio.h>
#include<conio.h>
#include"rs232.c"    /* include rs232 variables and functions */

main()
{
    char mes[]="ADV 3D CURRENT AND COMPASS MEASUREMENTS";
    int i=0;
    char input_buffer[1024],output_buffer[1024]; /* allocate buffers */

    /* open port 1 with 2400 baud, no parity, 8 data bits, 1 stop bit,
       a 1024 byte input buffer and a 1024 byte output buffer */

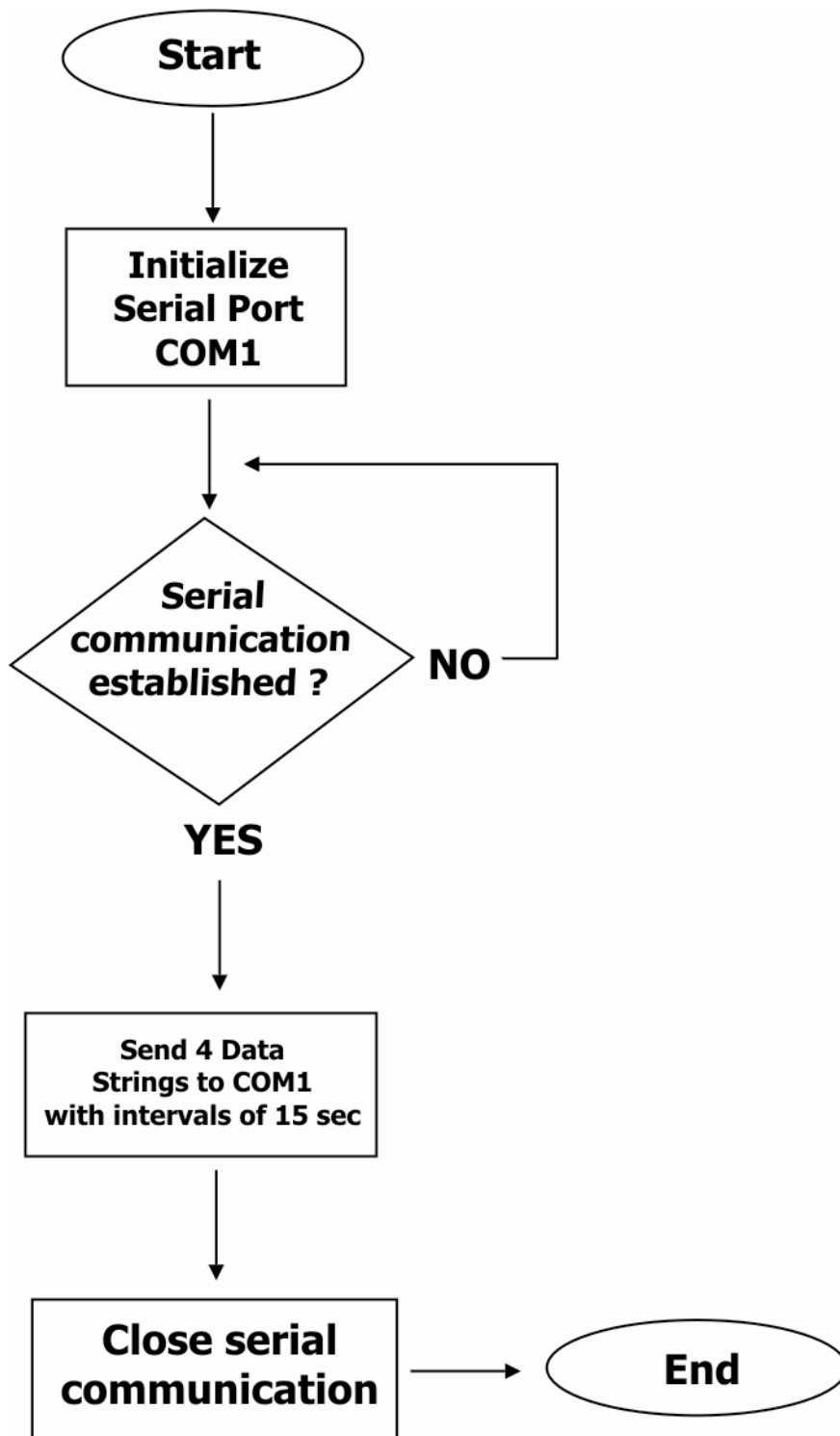
    if(rs_initport(RS_PORT2,RS_B2400,RS_NOPAR,RS_DBIT8,RS_SBIT1,
1024U,input_buffer,1024U,output_buffer) > 0)
        cprintf("***ACOUSTIC      DOPPLER      VELOCITY      METER
SIMULATION**\r\n");
    else{
        cprintf("Unable to open COM port\r\n");
        return 0;
    }

    /* turn on Data Terminal Ready */
    rs_modctrl(RS_WRTMCR,RS_MCRDTR,RS_LINON);

    printf("\n");
    for (i=0;i<=3;i++){
        rs_sndstr(sizeof(mes),mes);
        printf("%s\n",mes);
        delay(15000);
    }

    /* turn off Data Terminal Ready */
    rs_modctrl(RS_WRTMCR,RS_MCRDTR,RS_LINOFF);
    /* close the port and exit */
    rs_close();
    return 0;

} /* end */
```

Σχ.35 *Flowchart του adv.exe*

6.3.6 Διέγερση OFF των αισθητηρίων (turnoff.exe)

Το πρόγραμμα αρχικά αρχικοποιεί τον A/D Converter, έπειτα καθορίζει το PORT1 του DM5416 σαν έξοδο, και τέλος το φορτώνει με τη λέξη «85» για 2 δευτερόλεπτα. Η λέξη 85 στο δεκαδικό σύστημα, είναι δυαδική 01010101. Στο PORT1 τα pins έχουν τις τιμές P1[24,26,28,30,32,34,36,38]={0,1,0,1,0,1,0,1}. Ο παλμός που δημιουργείται για 2 δευτερόλεπτα μεταφέρεται στο Relay Board, όπου ενισχύεται και θέτει τα 4 bistable Relays στη θέση OFF για όλα τα αισθητήρια. Το flowchart του προγράμματος φαίνεται στο σχήμα 36. Παρακάτω φαίνεται ο κώδικας του προγράμματος:

```
#include <stdio.h>
#include <drv5416.h>
#include <drv5416.c>

#define DELAY          165 // Cycles per millisecond
#define MEAS_DELAY     10000 // milliseconds between measurements
#define CONV_DELAY     10 // milliseconds for AD conversion

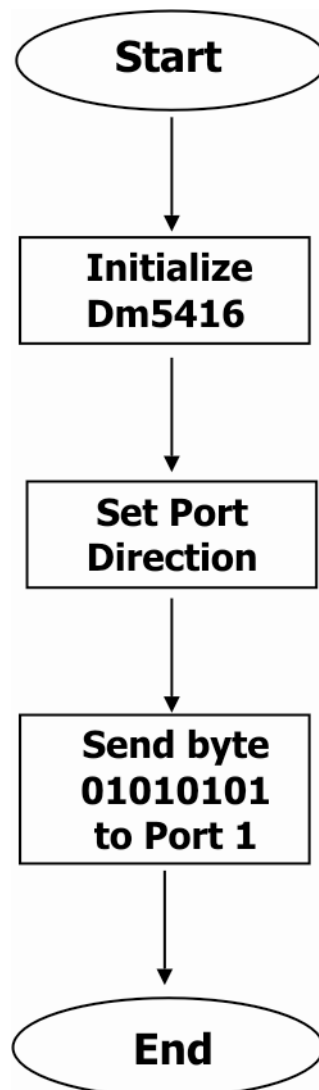
void myDelay(int i){
    int j,k,blank;
    for(j=0;j<i;j++){
        for(k=0;k<DELAY;k++){
            blank=k;
        }
    }
}

void main(void)
{
    unsigned char v;
    clrscr();
    printf("TURNING OFF ALL SENSORS OF RETROB");

    SetChannelGain5416(0,0,0); /* Use no gain */

    {
        SetBaseAddress5416(0,768);
        InitBoard5416(0);
        myDelay(5);
        SetStartTrigger5416(0,0); /* Use internal/software trigger */
        DIOSetPort0Direction5416(0,0); /* Configure port 0 for input */
        DIOSetPort1Direction5416(0,1); /*Configure port 1 for output */
        gotoxy(1, 2);
        /* give a 2 sec pulse to all the bistable relays on the RELAY BOARD
        Address 85(dec), 01010101(bin) */
        v = inportb(773);
        v = v & 0 ;
        v = v|85;
        outportb(773,v);
        myDelay (2000);
        v= v & 0 ;
    }
```

```
    }  
    } //end  
    outportb(773,v);
```



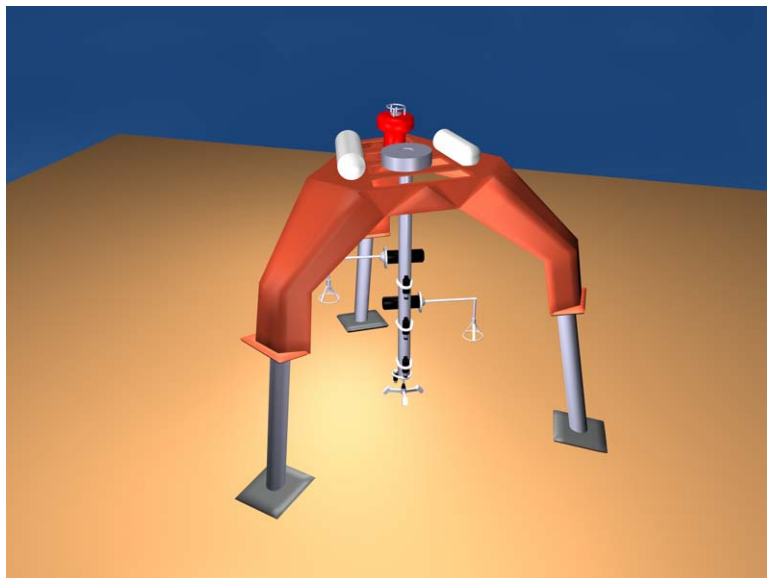
Σχ.36 *Flowchart του turnoff.exe*

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΚΑΤΟΥ RETROB, ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ, ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Η σχεδίαση και μοντελοποίηση του σκελετού της ακάτου RETROB έγινε σύμφωνα με τις εξής προδιαγραφές, προσανατολισμένες στη σύγχρονη κατασκευή και χρήση ωκεανογραφικών ακάτων:

- Ανθεκτικότητα στο υποθαλάσσιο περιβάλλον
- Σταθερότητα και αξιοπιστία
- Περιορισμένο βάρος
- Εύκολη μεταφορά
- Πολλαπλή χρήση για διαφορετικές μελέτες και πειράματα
- Μικρή επέμβαση στο περιβάλλον που γίνονται η μετρήσεις
- Εύκολη ανάπτυξη και ανάκτηση της από το σημείο του πειράματος



Εικ. 30 *Η άκατος RETROB*

Το κύριο κομμάτι του σκελετού της RETROB είναι το σώμα κατασκευασμένο από fiberglass που δίνει στην άκατο μια μορφή αραχνοειδούς βραχίονα. Αυτό το σώμα θα ανυψώνεται από τον πυθμένα με τη βοήθεια

τριών αλουμινένιων στηριγμάτων στο επιθυμητό ύψος, όπως φαίνεται και στην εικόνα 30. Τα πόδια αυτά με τη σειρά τους θα στηρίζονται σε τρία σιδερένια πέλματα που θα λειτουργούν σαν βάρη ευστάθειας και θα προσδίδουν στην άκατο την απαραίτητη αρνητική πλευστότητα για την ομαλή κάθοδο της στο βυθό. Ξεχωριστό κομμάτι θα αποτελεί επίσης ο αλουμινένιος βραχίονας που θα βρίσκεται στο κέντρο της ακάτου, πάνω στον οποίο θα σταθεροποιούνται τα απαραίτητα αισθητήρια που περιγράψαμε στο Κεφάλαιο 5. Το σύστημα τροφοδοσίας, καθώς και το σύστημα απόληψης δεδομένων θα βρίσκονται μέσα σε κατασκευασμένα από Ertacetal δοχεία πίεσης, που θα τοποθετηθούν στο πάνω μέρος της ακάτου.

Για την ανάκτηση της ακάτου από τον βυθό θα γίνει χρήση ενός ειδικού ακουστικού απελευθερωτή μιας σημαδούρας, που θα ενεργοποιείται με εντολή από την επιφάνεια και θα προσδίδει στο πλήρωμα του ωκεανογραφικού σκάφους την ακριβή τοποθεσία της ακάτου στο βυθό.

7.2 Η ΒΑΣΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΟ FIBERGLASS

Στην πιο απλή του μορφή το Fiberglass (FRP, Fiberglass Reinforced Plastic), είναι ένα σύνθετο σύστημα υλικών που αποτελείται μια μήτρα πλαστικής ρητίνης, ενισχυμένη με ίνες γυαλιού και άλλες κατάλληλες πρόσθετες ουσίες. Η λάσπη και το άχυρο είναι ένα παράδειγμα μορφής σύνθετου υλικού. Η λάσπη ενεργεί ως μήτρα ρητίνης ενώ το άχυρο είναι η ίνα ενίσχυσης. Αυτά τα σύνθετα υλικά λοιπόν συνδυάζονται και υποβάλλονται σε επεξεργασία με διάφορες μεθόδους, για να καλύψουν ορισμένες απαιτήσεις απόδοσης και εμφάνισης ως τελειωμένο συστατικό. Το FRP επιτρέπει μεγαλύτερη ευελιξία σχεδίασης που περιοριζόταν με τη χρήση των παραδοσιακών κατασκευαστικών υλικών. Το FRP θεωρείται σήμερα από τα πιο αξιόπιστα και δυνατά κατασκευαστικά υλικά. Μεταξύ άλλων για τους εξής λόγους:

- μεγάλη ανθεκτικότητα στη διάβρωση και την οξείδωση
- υψηλή αντοχή σε βάρος
- ισότροπη δύναμη
- προσαρμοστικότητα σε πολύπλοκη διαμόρφωση
- ρυθμιζόμενος συντελεστής ελαστικότητας
- χαμηλό κόστος κατασκευής
- ταχεία ανάπτυξη πρωτότυπου
- χαμηλή χημική αλληλεπίδραση
- χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα

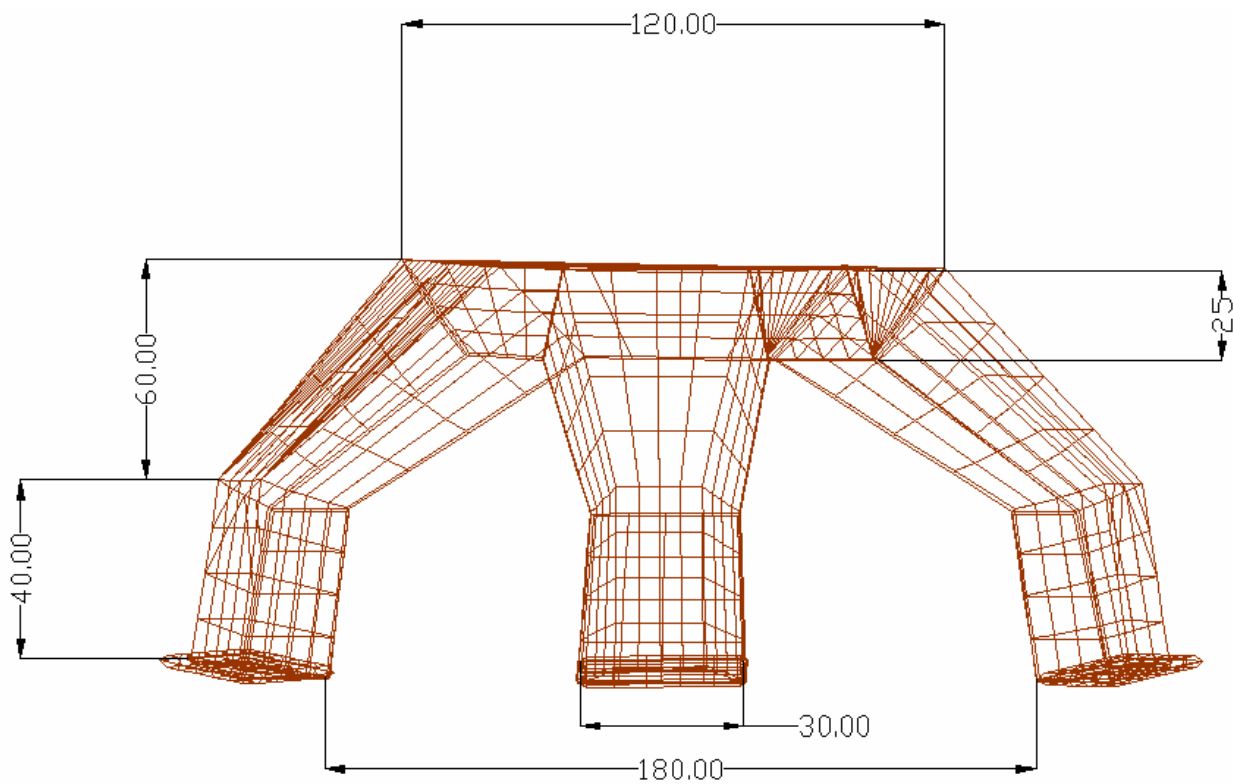
Το Fiberglass χρησιμοποιείται ευρέως στην ναυπηγική καθώς επίσης και για την κατασκευή ωκεανογραφικών υποβρύχιων οχημάτων.

Το βασικό κομμάτι της ακάτου RETROB θα είναι λοιπόν η αραχνοειδής κατασκευή από Fiberglass (βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ). Στις εικόνες 31 και 32 φαίνεται η διαστασιολογημένη πρόσοψη και κάτοψη της κατασκευής. Πρόκειται για ένα τρίποδο που στο πάνω μέρος του έχει αρκετό χώρο για τοποθέτηση του αναγκαίου εξοπλισμού. Το πάνω μέρος όπως φαίνεται, έχει

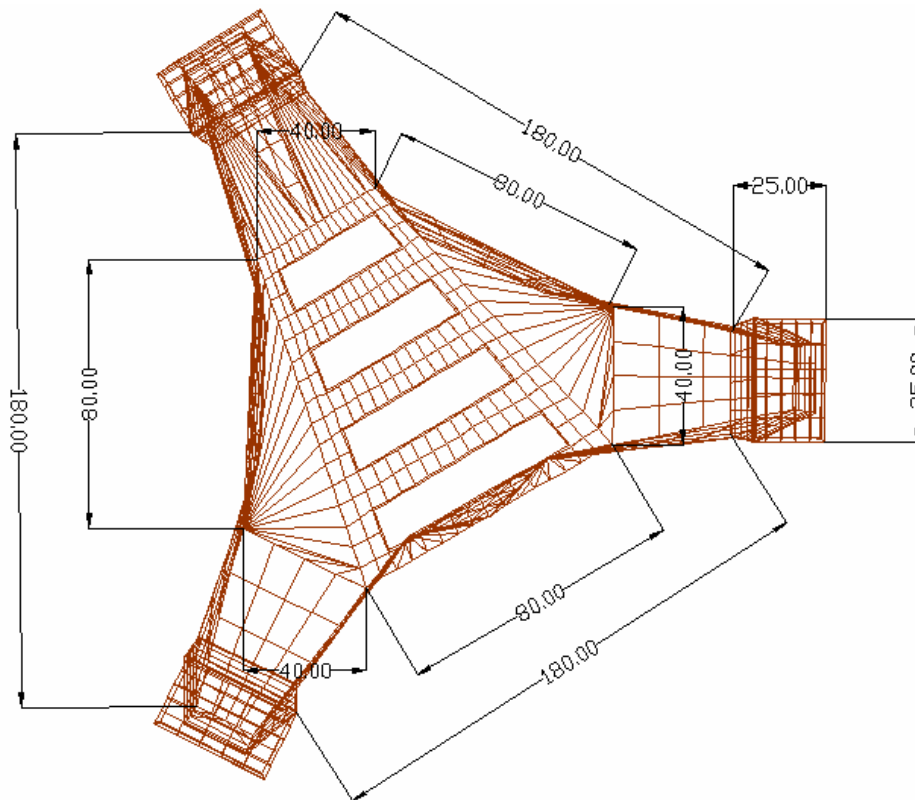
τέσσερις τρύπες σε μορφή παραλληλόγραμμου, για να ελαχιστοποιείται η τριβή με το νερό κατά την κάθοδο της ακάτου στον πυθμένα.

Κύρια φιλοσοφία της κατασκευής είναι η δημιουργία μιας ζώνης ελεύθερης ροής του νερού κάτω από αυτήν. Σκοπός αυτής της ζώνης ελεύθερης ροής είναι η ανεπηρέαστη από εξωτερικούς παράγοντες μελέτη του φαινομένου της επαναιώρησης. Δηλαδή επιθυμητό είναι η άκατος να μην επηρεάζει με την παρουσία της στο βυθό κανένα από τους φυσικούς συντελεστές που προκαλούν το φαινόμενο.

Στο εσωτερικό της κατασκευής υπάρχουν αποθηκευτικοί χώροι για τους κυματογράφους. Εκτεθειμένες στη ζώνη ελεύθερης ροής θα είναι μόνο οι κεφαλές τους. Με αυτόν τον τρόπο θα εξασφαλίζεται περισσότερη ακρίβεια στις μετρήσεις των χαρακτηριστικών των θαλάσσιων ρευμάτων που θα επικρατούν στο σημείο της μελέτης.



Εικ.31 *Η πρόσοψη της βασικής μονάδας της ακάτου. Πρόκειται για ένα ενιαίο σώμα από Fiberglass. Οι διαστάσεις είναι όλες σε cm.*



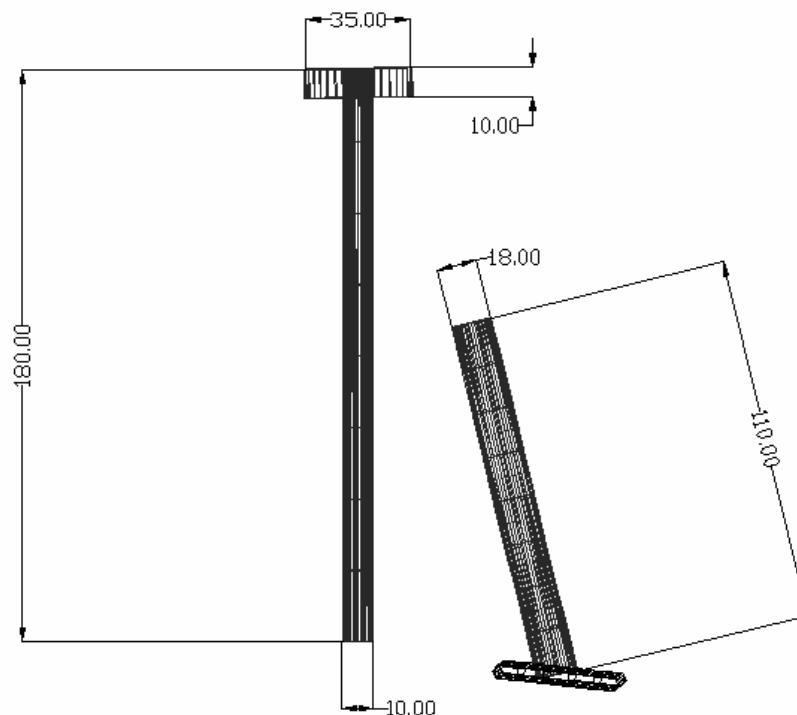
Εικ.32 *Η κάτοψη της μονάδας. Διακρίνονται οι τέσσερις παραλληλόγραμμες τρύπες που θα ελαχιστοποιούν την υδάτινη τριβή κατά την καθέλκυση της ακάτου στο νερό.*

7.3 ΤΑ ΠΟΔΙΑ ΑΝΥΨΩΣΗΣ, Ο ΒΡΑΧΙΩΝΑΣ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ

Για την ανύψωση της βασικής μονάδας θα χρησιμοποιηθούν τρία δοκάρια από κράμα αλουμινίου(βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ), τα οποία θα βιδώνονται μέχρι το σημείο που θα προσφέρει το επιθυμητό ύψος στην άκατο. Με αυτό τον τρόπο η όλη κατασκευή θα παίρνει τη μορφή ενός τρίποδου, και θα δημιουργείται παράλληλα η ζώνη ελεύθερης ροής. Στο κέντρο αυτής της ζώνης θα βρίσκεται ο, επίσης από κράμα αλουμινίου κατασκευασμένος, βραχίονας, πάνω στον οποίο θα σταθεροποιούνται όλα τα αισθητήρια.

Επειδή το αλουμίνιο είναι γενικά ευαίσθητο και συνήθως προσβάλλεται εύκολα από την διάβρωση μέσα στο θαλασσινό νερό, πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή στην επεξεργασία του και στις επιστρώσεις που θα χρησιμοποιηθούν για την προστασία του. Συνήθως χρησιμοποιείται εποξική ρητίνη (epoxy resin).

Τα πέλματα της ακάτου θα είναι από σίδηρο και θα ζυγίζει περίπου 5 Kg το ένα. Θα βιδώνονται και αυτά με τη σειρά τους στα πόδια ανύψωσης, και θα βρίσκονται υπό μικρή γωνία σε σχέση με τον οριζόντιο άξονα της όλης κατασκευής. Κάτι τέτοιο επιτρέπει καλύτερη προσγείωση στον πυθμένα, όπως επίσης και ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο να καταβυθιστεί η άκατος μέσα στο ίζημα και να παρουσιαστούν έπειτα προβλήματα στην ανασήκωση της.



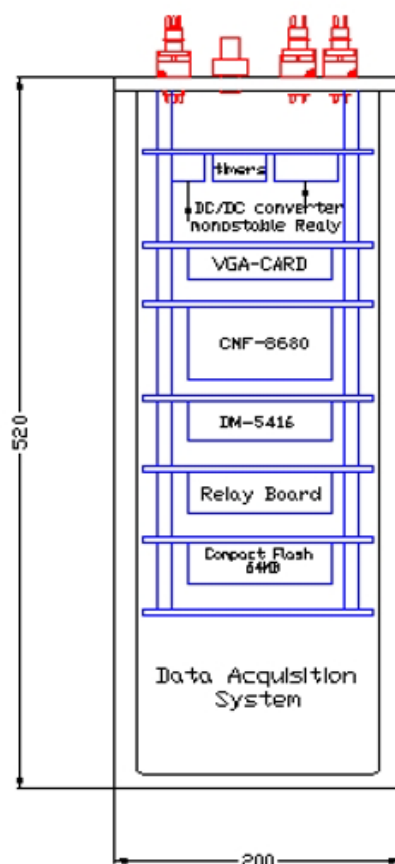
Εικ.33 Αριστερά φαίνεται ο βραχίονας των αισθητηρίων και δεξιά ένα από τα πόδια ανύψωσης της ακάτου μαζί με το πέλμα από σίδηρο.

7.4 ΔΟΧΕΙΟ ΠΙΕΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΛΗΨΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Το υλικό κατασκευής του δοχείου πίεσας για το σύστημα απόληψης δεδομένων θα κατασκευαστεί με το συνθετικό υλικό ERTACETAL-C (βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ). Πρόκειται για ένα υλικό με τα εξής κύρια χαρακτηριστικά:

- υψηλή μηχανική αντοχή, δυσκαμψία, σκληρότητα και ανθεκτικότητα
- πολύ καλή προσαρμοστικότητα
- αντλιοσθητικότητα
- υψηλή αντοχή πρόσκρουσης
- ελάχιστη απορρόφηση νερού
- πολύ καλές διηλεκτρικές ιδιότητες
- υψηλή αντίσταση στην υδρόλυση

Λόγω των παραπάνω χαρακτηριστικών και κυρίως για το γεγονός ότι απορροφάει ελάχιστες μικροποσότητες νερού, το ERTACETAL-C χρησιμοποιείται ευρέως στην ναυπηγική και την ωκεανογραφία. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε το σχεδιάγραμμα του κυλινδρικού δοχείου του συστήματος απόληψης δεδομένων.



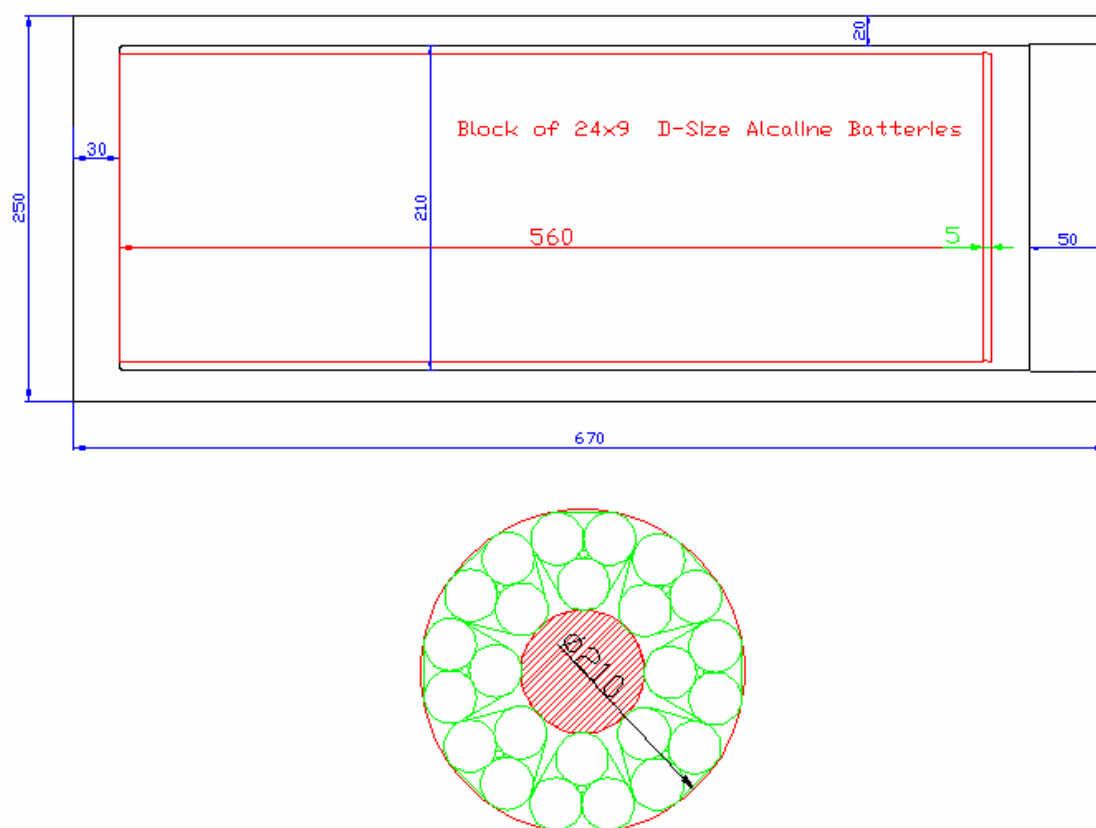
Εικ.34

Το κατασκευασμένο από ERTACETAL-C δοχείο πίεσης για το σύστημα απόληψης δεδομένων. Οι διαστάσεις είναι σε mm.

7.5 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΔΟΧΕΙΟ ΠΙΕΣΗΣ ΤΟΥ

7.5.1 Δοχείο πίεσης και συστοιχία μπαταριών

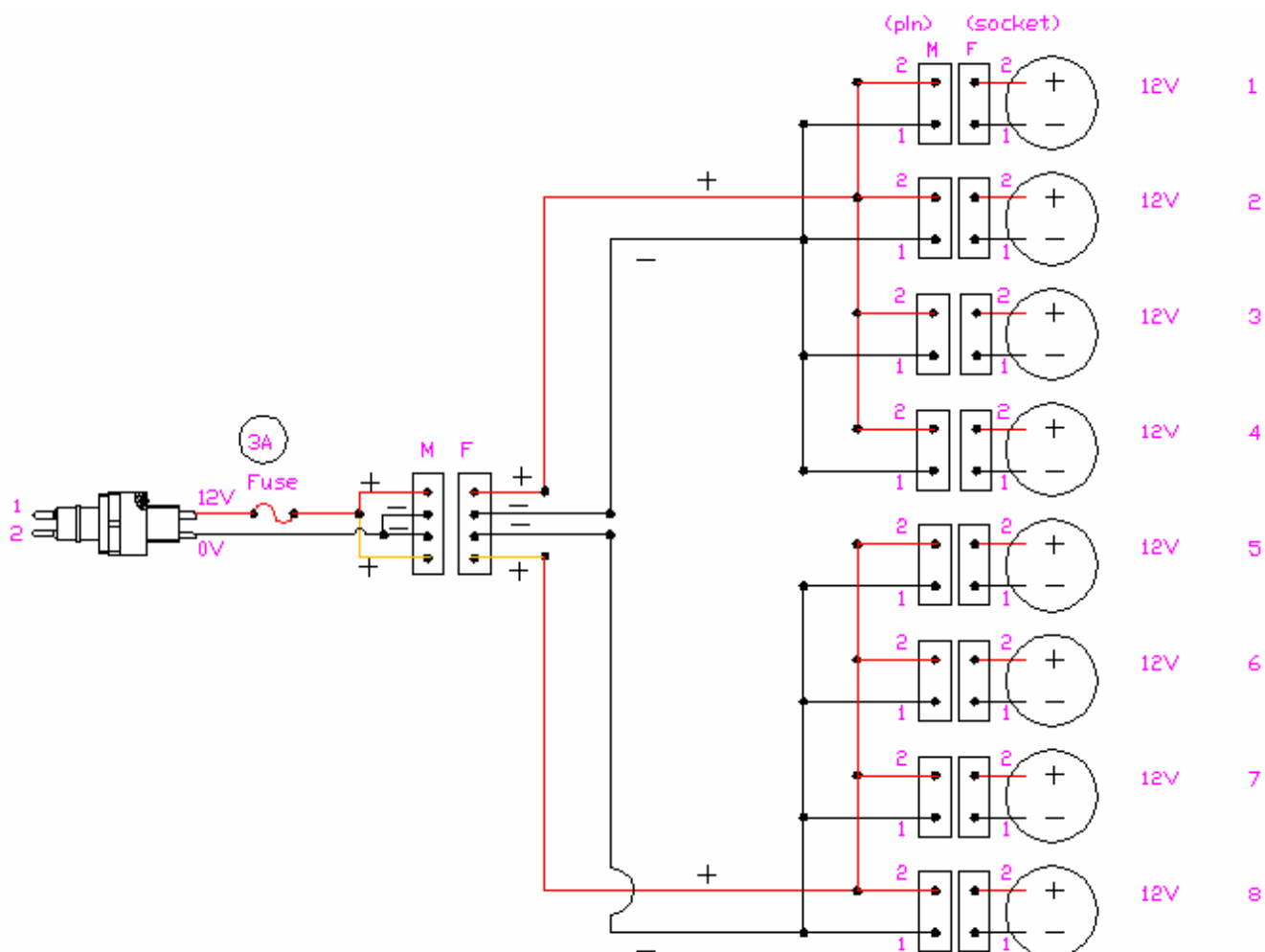
Προτιμήθηκαν οι αλκαλικές μπαταρίες από αυτές τις μολύβδου οξέος, λόγω του μικρότερου βάρους και της εμπειρίας που υπάρχει στο ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. Το σύστημα τροφοδοσίας της ακάτου RETROB θα αποτελείται από ένα δοχείο πίεσης που θα περιλαμβάνει μια συστοιχία 24X9 από αλκαλικές μπαταρίες. Θα είναι κατασκευασμένο επίσης από ERTACETAL-C και θα λειτουργεί κανονικά μέχρι και τα -250m. Το δοχείο θα έχει έναν εσωτερικό θύλακα όπου θα



τοποθετηθούν οι μπαταρίες με τον τρόπο που φαίνεται στο σχήμα 37.

Σχ.37 Το δοχείο πίεσης (πάνω) και η συστοιχία των μπαταριών (κάτω). Θα τοποθετηθούν 9 σειρές από 24 μπαταρίες μέσα στον θύλακα του δοχείου πίεσης. Οι διαστάσεις είναι σε mm.

Ο τρόπος με το οποίο θα διεξάγονται τα 12 V από όλες τις μπαταρίες μέσα από το δοχείο πίεσης παρουσιάζεται στο σχήμα 30. Ο μηχανισμός που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι ειδικά προσαρμοσμένος στο εν λόγω δοχείο. Επίσης θα υπάρχει και μία ασφάλεια των 3A. Αυτή θα προστατεύει την τροφοδοσία από υπερφόρτωση και θα διακόπτει την παροχή ρεύματος όποτε αυτή ξεπεράσει τα 3A.

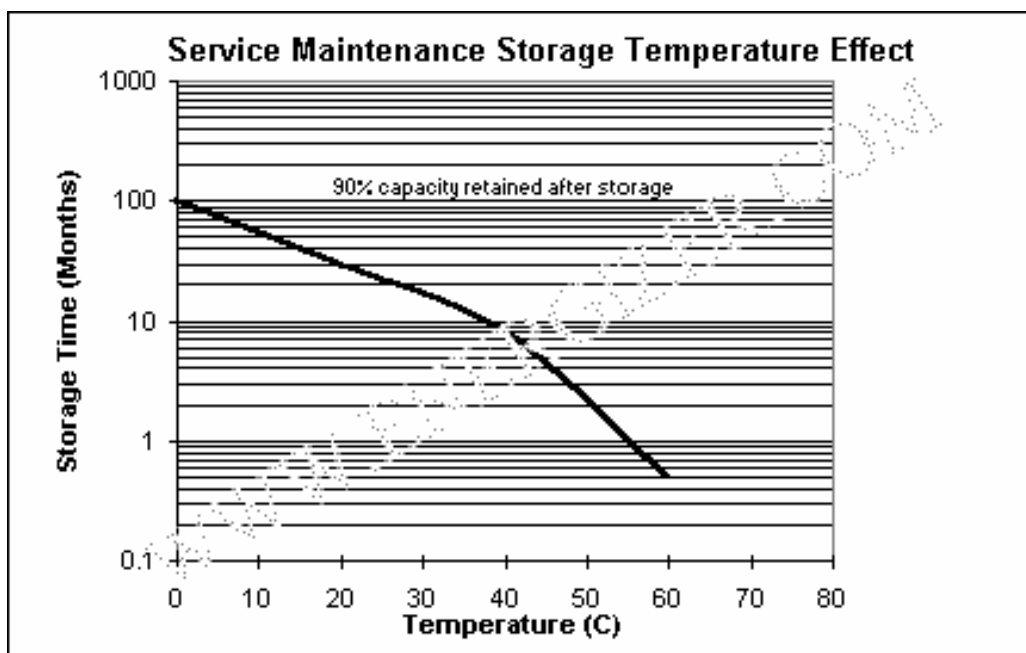


Σχ.38 Το κύκλωμα ανάκτησης των 12 V, από τη συστοιχία μπαταριών μέσα στο δοχείο. Αριστερά διακρίνεται η προστατευτική ασφάλεια (fuse). Τα νούμερα 1-8 στα δεξιά, αντιπροσωπεύουν 3(παράλληλα)Χ9(σε σειρά) αλκαλικές μπαταρίες (των 1,5 V).

Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι καθώς οι μπαταρίες στη συστοιχία ξεφορτίζονται, η τάση που δίνουν σταδιακά μειώνεται. Γι' αυτό το λόγο αρχικά η τάση είναι λίγο παραπάνω από τα 12V (13.5 V) έτσι ώστε όταν η συνολική χωρητικότητα μειώνεται σταδιακά, η τάση στην έξοδο της συστοιχίας να προσεγγίζει περισσότερο τα 12 V. Σημαντική είναι επίσης η περίπτωση της μείωσης της τάσης σε μία από τις 8 σειρές μπαταριών κάτω από τα 7.2 V (cutoff voltage 0.8 V για κάθε μπαταρία). Τότε υπάρχει ο κίνδυνος έκκρισης εκρηκτικών αερίων. Γι' αυτό το λόγο έχει προστεθεί στο δοχείο μία βαλβίδα εκτόνωσης, της εταιρίας Deer Ocean [42], για την πρόληψη μίας έκρηξης.

7.5.2 Χωρητικότητα και προϋπολογισμός κατανάλωσης ενέργειας

Συνολικά έχουμε, όπως αναφέραμε και στην παράγραφο 7.5, 216 αλκαλικές μπαταρίες των 1.5 Volt, με χωρητικότητα περίπου 1.8 Ah η κάθε μία. Η συνολική χωρητικότητα δηλαδή του συστήματος τροφοδοσίας της RETROB είναι περίπου 380 Ah. Αν λάβουμε υπόψη και την επίδραση της θερμοκρασίας στο βυθό τους καλοκαιρινούς μήνες (περίπου 5 °C), δεν υπάρχει καμιά σημαντική αλλαγή στην χωρητικότητα σύμφωνα με το σχεδιάγραμμα στο σχήμα 39. Φαίνεται ότι οι χαμηλές θερμοκρασίες ευνοούν τη διατήρηση της αρχικής χωρητικότητας με το πέρασ του χρόνου.



Σχ. 39 *Επίδραση της θερμοκρασίας στην χωρητικότητα αλκαλικών μπαταριών. Στους 5 °C δεν υπάρχει σημαντική αλλαγή με το πέρασ του χρόνου.*

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανάλωση ρεύματος κάθε μονάδας της ακάτου RETROB ξεχωριστά. Δεν συμπεριλαμβάνονται τα εξής : η κάρτα γραφικών (θα αφαιρεθεί όταν η RETROB, αναπτυχθεί στο βυθό), το Relay Board (αμελητέα κατανάλωση<0.003 Watt), η συσκευή ακουστικής απελευθέρωσης της σηματοδούρας (έχει ανεξάρτητη τροφοδοσία) και η Compact Flash Card (αμελητέα κατανάλωση).

ΜΟΝΑΔΑ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (Ah)
ADV	0.125
EDCM 802 (x2)	0.260
OBS3 (x3)	0.042
PTX	0.005
CMF8680	0.325

DM5416	0.460
Σύνολο	1.217

Πίνακας 3. *Κατανάλωση ρεύματος των μονάδων της RETROB*

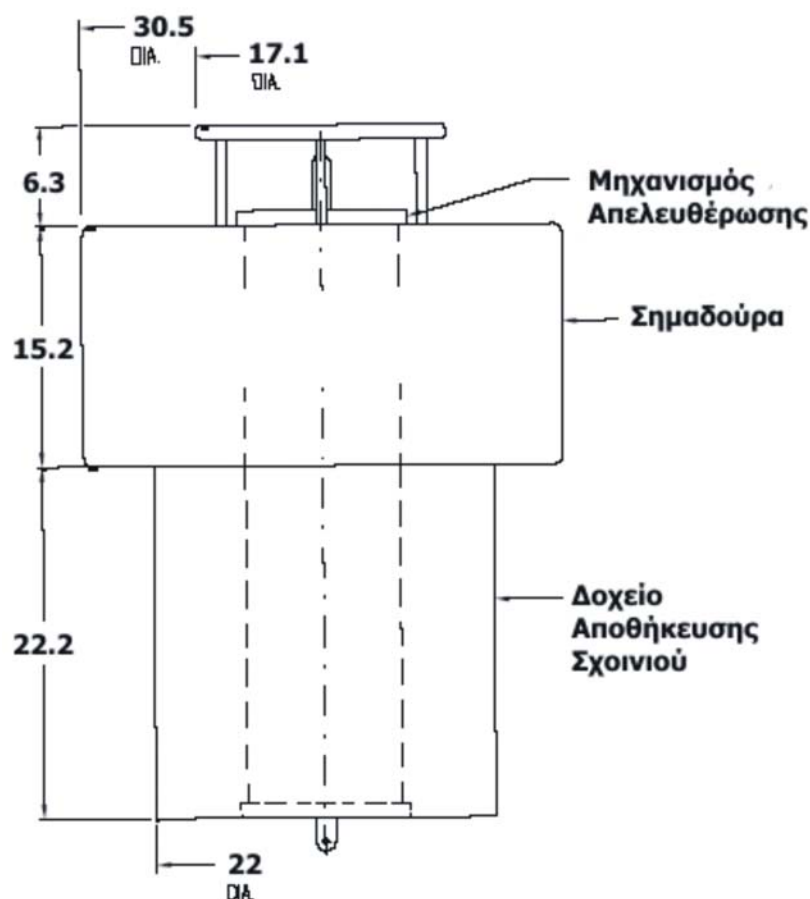
Ο παραπάνω πίνακας αναφέρεται στη συνεχή λειτουργία κάθε μονάδας για μία ώρα. Δηλαδή αν ο ακουστικός ρευματογράφος ADV λειτουργεί χωρίς διακοπή για μία ώρα τότε καταναλώνει 0.125 A. Επίσης ο ρυθμός δειγματοληψίας του κάθε αισθητηρίου είναι τα 8 Hz (αυτό είναι και το μέγιστο sampling rate του A/D converter).

Εφόσον όμως η RETROB είναι προγραμματισμένη έτσι ώστε να κάνει μετρήσεις 3 φορές την ώρα (κάθε 20 λεπτά), με διάρκεια κάθε απόληψης τα 3 λεπτά, μόνο 9 λεπτά την κάθε ώρα θα γίνεται κατανάλωση ρεύματος από τις μπαταρίες. Αυτό σημαίνει ότι έχουμε περίπου 0.183 Ah κατανάλωση όσο η RETROB βρίσκεται στον βυθό (αν στα 60 λεπτά έχουμε 1.217 Ah κατανάλωση, τότε στα 9 λεπτά θα έχουμε 0.183 Ah).

Έτσι προκύπτει ότι το σύστημα τροφοδοσίας μπορεί να τροφοδοτεί την RETROB για τις απαραίτητες λειτουργίες, με την διαμόρφωση που περιγράψαμε στα προηγούμενα κεφάλαια, για περίπου 3 μήνες ($380 \text{ Ah} / 0.183 \text{ A} = 2076 \text{ hours} = 86 \text{ ημέρες}$).

7.6 ΣΥΣΚΕΥΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ ΣΗΜΑΔΟΥΡΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

Για τον εντοπισμό της ακάτου από την επιφάνεια, θα γίνει χρήση ενός ακουστικού μηχανισμού απελευθέρωσης (Εικ.35). Πρόκειται για το μοντέλο PUB875 της αμερικανικής εταιρίας BENTHOS. Με εντολή από το ωκεανογραφικό σκάφος αυτός ο μηχανισμός θα απελευθερώνει μία σημαδούρα με θετική άνωση που τελικά θα ανέρχεται στην επιφάνεια της θάλασσας. Ο μηχανισμός θα είναι επίσης συνδεδεμένος με τον σκελετό της ακάτου, ώστε μόλις το πλήρωμα του πλοίου ανακτήσει την αναδυόμενη σημαδούρα, να μπορεί να αρχίσει η ανέλκυση της RETROB. Η συσκευή έχει ενσωματωμένο και ένα δοχείο όπου αποθηκεύεται και το σχοινί (από Kevlar) της σημαδούρας. Το μήκος του σχοινιού καθορίζεται ανάλογα με το βάθος στο οποίο πρόκειται να ποντιστεί η άκατος [41].

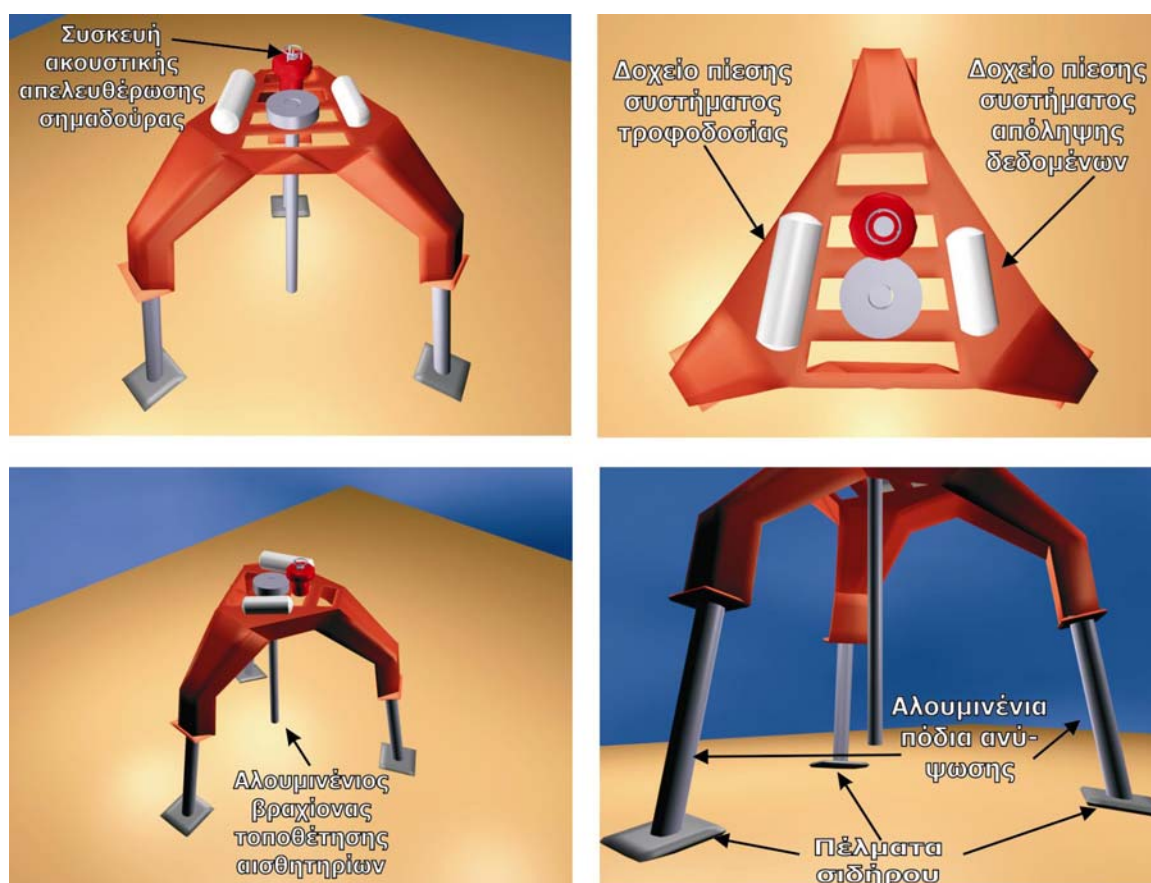


Εικ. 35 Η συσκευή PUB875. Με εντολή από την επιφάνεια θα απελευθερώνεται η σημαδούρα και θα εντοπίζεται από το πλήρωμα του σκάφους.

Η συσκευή έχει αυτόνομη τροφοδοσία έως 6 ή 12 μήνες. Τηλεχειρίζεται από ειδική συσκευή πάνω στο ωκεανογραφικό σκάφος, από ακτίνα έως και 10 Km. Ζυγίζει 12 Kg μαζί με 80 m σχοινί.

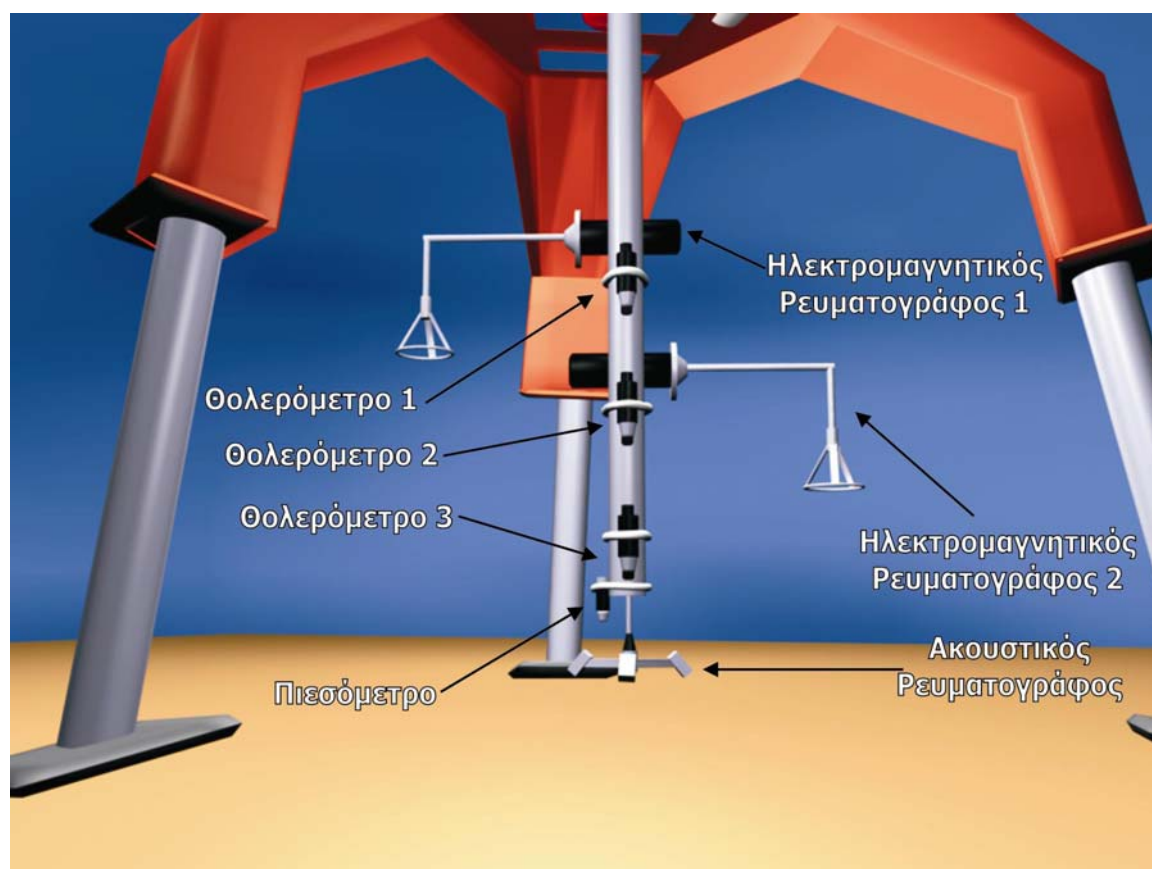
7.7 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗΝ RETROB

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η άκατος χωρίς τα αισθητήρια όργανα. Έχουν τοποθετηθεί τα πόδια ανύψωσης, τα πέλματα, ο βραχίονας των αισθητηρίων, τα δοχεία πείσεις για το σύστημα απόληψης δεδομένων και τις μπαταρίες, καθώς και η συσκευή ακουστικής απελευθέρωσης της επιφανειακής σηματοδούρας.



Εικ.36 Η άκατος RETROB. Διακρίνεται καθαρά η ζώνη ελεύθερης ροής που σχηματίζεται με την ανύψωση της βασικής κατασκευής.

Η τοποθέτηση των οργάνων στον βραχίονα φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Όλα τα αισθητήρια είναι έτσι προσανατολισμένα ώστε να παίρνουν μετρήσεις σε μία κατακόρυφη στήλη πάνω από τον πυθμένα.



Εικ.37 Ο βραχίονας της ακάτου RETROB με τοποθετημένα όλα τα αισθητήρια.

Οι απόσταση του κάθε αισθητήρα από τον πυθμένα φαίνεται στον πίνακα 3. Βέβαια αυτός είναι ένας παράγοντας ο οποίος μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με το είδος του μελέτης που πρόκειται να διεξαχθεί.

ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΟ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΥΘΜΕΝΑ
EDCM 802 – 1	70 cm
EDCM 802 – 2	55 cm
OBS3 – 1	60 cm
OBS3 – 2	40 cm
OBS3 – 3	25 cm
PTX 1830	20 cm
ADV	15 cm

Πίνακας 4. Απόσταση των αισθητηρίων από τον πυθμένα

7.8 ΔΙΑΔΙΑΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΤΗΣ RETROB

Παρακάτω φαίνεται εικονογραφημένη η διαδικασία ανάπτυξης και ανάκτησης της ακάτου RETROB. Η ανάπτυξη ξεκινάει από το ωκεανογραφικό σκάφος, όπου με τον ειδικό γερανό η άκατος αφήνεται στη θάλασσα πάνω από το επιλεγμένο σημείο. Η αρνητική πλευστότητα της ακάτου την μεταφέρει στον πυθμένα, όπου και αφήνεται εκεί για το καθορισμένο χρονικό διάστημα. Η διαδικασία της ανάκτησης ξεκινάει με ακουστική εντολή από το ωκεανογραφικό σκάφος. Η σηματοδύρα απελευθερώνεται από την άκατο και αρχίζει την ανάβαση της προς την επιφάνεια, όπου εντοπίζεται από το πλήρωμα του σκάφους και αρχίζει η ανέλκυση με την βοήθεια του γερανού και ενός βίντσι.



Εικ.38 Αρχή της ανάπτυξης με τη βοήθεια γερανού από το ωκεανογραφικό σκάφος



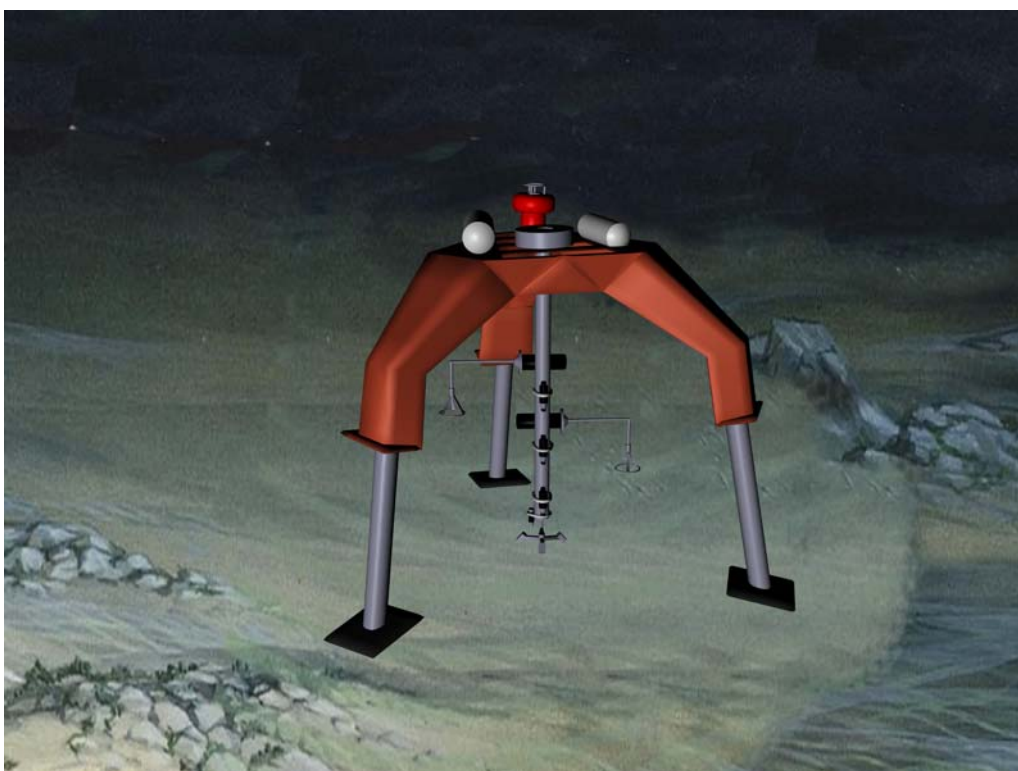
Εικ.39 *Απελευθέρωση της RETROB από τον γερανό*



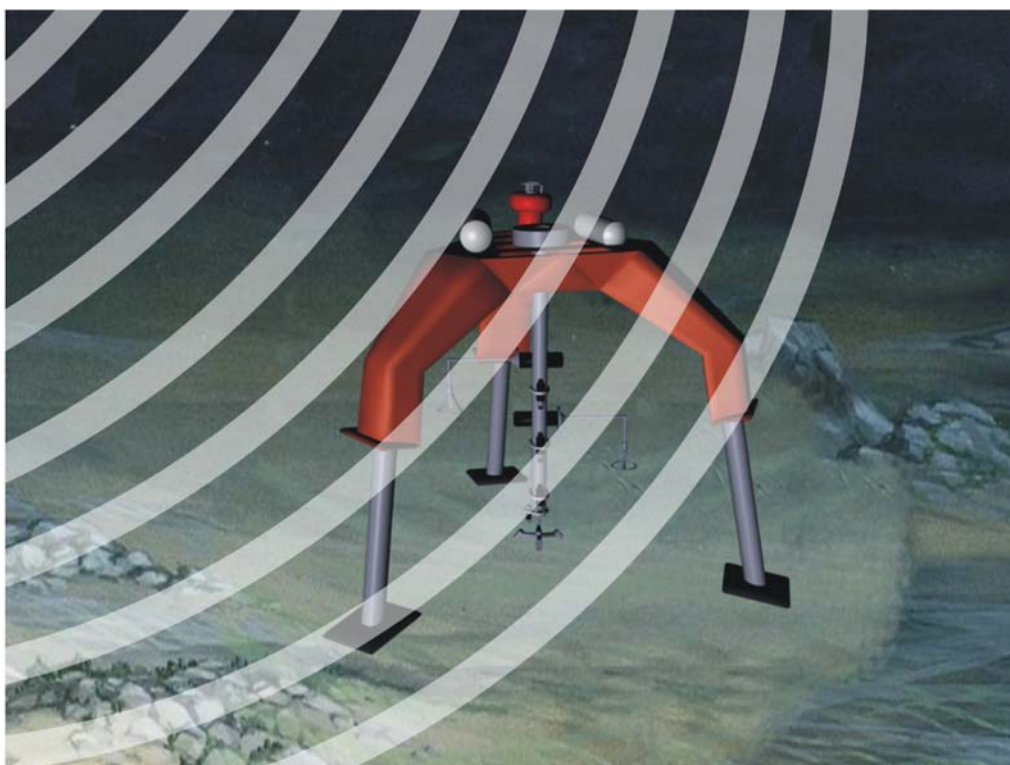
Εικ.40 *Κάθοδος της RETROB προς τον πυθμένα*



Εικ.41 Προσγείωση της RETROB στον πυθμένα



Εικ.42 Διαδικασία απόληψης μετρήσεων για καθορισμένο χρονικό διάστημα



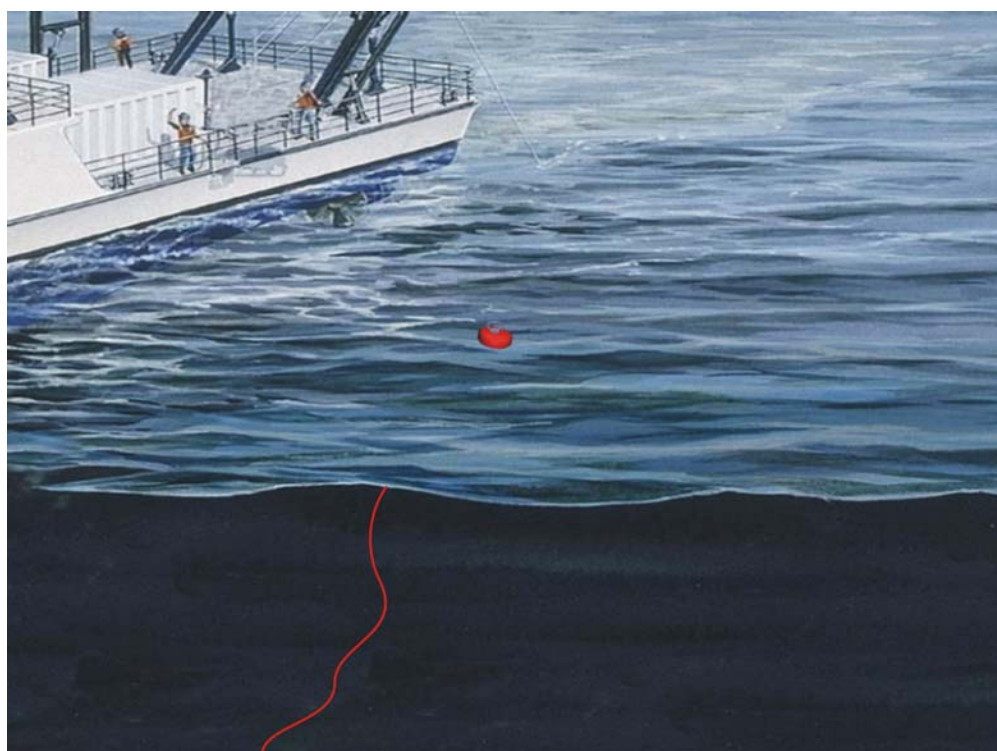
Εικ.43 *Ακουστική εντολή από το ωκεανογραφικό σκάφος*



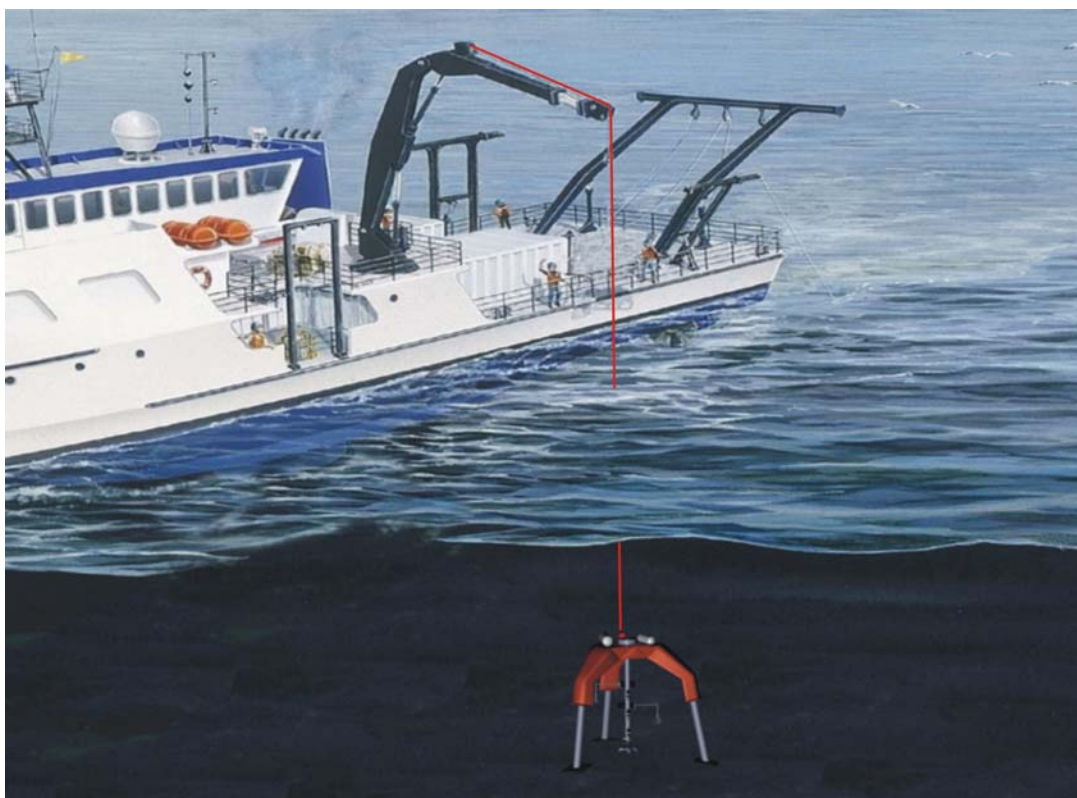
Εικ.44 *Απελευθέρωση της σηματοδούρας και άνοδος προς την επιφάνεια*



Εικ.45 *Η σημαδούρα κατά την άνοδο της, προσδεμένη με την RETROB*



Εικ.46 *Εντοπισμός της σημαδούρας από το πλήρωμα του σκάφους*



Εικ.47 *Ανέλκυση της RETROB με τον γερανό και το βίντσι*

7.9 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΑΚΑΤΟΥΣ

Η σχεδίαση της RETROB έχει να επιδείξει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλες ακάτους. Συνήθως άκατοι κατασκευάζονται στην ωκεανογραφία για τις ανάγκες ενός πειράματος και μόνο. Με την προσαρμογή των κατάλληλων αισθητηρίων δύναται η χρήση της RETROB και για άλλους πειραματικούς σκοπούς, όπως για παράδειγμα τη συλλογή δεδομένων θερμοκρασίας, αλατότητας ή αγωγιμότητας.

Η κατασκευή της κύριας μονάδας από Fiberglass, δεν την καθιστά τόσο ευάλωτη μέσα και έξω από το νερό, όπως συμβαίνει με άλλες ακάτους, κατασκευασμένες αποκλειστικά από αλουμίνιο. Το ποσοστό διάβρωσης του σκελετού είναι κατά πολύ μικρότερο από άλλες κατασκευές. Έτσι σε περίπτωση διάβρωσης είναι αναγκαία η αντικατάσταση του βραχίονα των αισθητηρίων και των ποδιών ανύψωσης. Αυτό το γεγονός μειώνει δραστικά το κόστος συντήρησης της RETROB. Το Fiberglass είναι επίσης πολύ πιο ανθεκτικό σε περιπτώσεις πρόσκρουσης ή άλλων συμβάντων που μπορεί να προκαλέσουν αλλοίωση ή και καταστροφή της ακάτου.

Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι η ευκολία στη μεταφορά. Αν αφαιρεθούν τα πόδια και ο βραχίονας το μέγεθος της κατασκευής μειώνεται κατά πολύ και έτσι είναι πολύ πιο εύκολη η μεταφορά της ακάτου στο πλοίο ή στον αποθηκευτικό χώρο.

Θετικό είναι επίσης το γεγονός πως αν κατασκευαστεί ένα πρωτότυπο της RETROB, τότε θα είναι πολύ εύκολο να ακολουθήσουν και άλλες κατασκευές εφόσον το καλούπι της κύριας μονάδας παραμένει και μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί.

Ένα μειονέκτημα της RETROB είναι ο κίνδυνος που μπορεί να προκύψει από τράτες ψαράδων. Η κατασκευή δεν προστατεύεται από μια ενδεχόμενη σάρωση με μεγάλα δίκτυα και υπάρχει η πιθανότητα καταστροφής. Γι' αυτό το λόγο το σημείο πόντισης πρέπει να επιλέγεται σχολαστικά και να βρίσκεται εκεί όπου συνήθως δεν υπάρχει αλιεία με μεγάλες τράτες (κοντά στις ακτές για παράδειγμα).

Κύριο θετικό στοιχείο της RETROB αποτελεί το σύστημα απόληψης δεδομένων που κατασκευάστηκε ήδη στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Σε αντίθεση με πολλά έτοιμα συστήματα του εμπορίου έχει να επιδείξει μεγαλύτερη προσαρμογή στις ανάγκες του εκάστοτε πειράματος εφόσον ο προγραμματισμός γίνεται εξ αρχής στηριζόμενος στις απαιτήσεις του (του πειράματος). Πλεονέκτημα αποτελεί επίσης η ελεύθερη επιλογή των αισθητηρίων, γεγονός που δε συμβαίνει με πολλούς data loggers του εμπορίου, που περιορίζουν την επιλογή σε αισθητήρια της ίδιας εταιρίας κατασκευής.

7.10 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα προηγούμενα κεφάλαια παρουσιάστηκε η σχεδίαση μιας ακάτου για τη μελέτη του φαινομένου της επαναιώρησης και της μεταφοράς ιζημάτων στον πυθμένα της θάλασσας. Ελήφθησαν υπόψη όλες οι παράμετροι για την κατάλληλη και επιτυχή σχεδίαση (υλικά κατασκευής, διάβρωση, απαραίτητα ωκεανογραφικά δεδομένα για την επιλογή των αισθητηρίων, ευέλικτο και αξιόπιστο σύστημα απόληψης δεδομένων κ.α.). Επίσης κατασκευάστηκε και προγραμματίστηκε το σύστημα απόληψης σύμφωνα με τις ανάγκες μιας μελέτης για το φαινόμενο της επαναιώρησης και της μεταφοράς ιζημάτων.

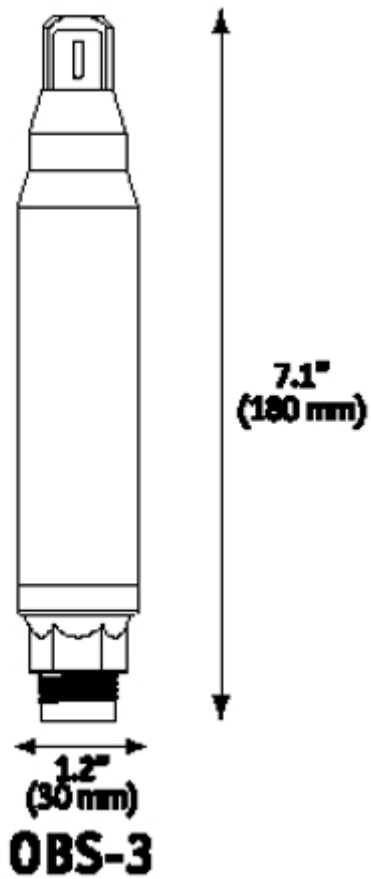
Η RETROB μπορεί να εξοπλιστεί και με ένα υδροακουστικό modem το οποίο να επικοινωνεί με έναν παρακείμενο κυματογράφο επιφάνειας (του δικτύου ΠΟΣΕΙΔΩΝ του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε) και αυτός με τη σειρά του να αποστέλλει τα δεδομένα της RETROB σε έναν επίγειο σταθμό μέσω UHF. Κάτι τέτοιο αυξάνει βέβαια το κόστος κατασκευής αλλά παρέχει δεδομένα για την επαναιώρηση και τη μεταφορά των ιζημάτων σε σχεδόν πραγματικό χρόνο.

Εάν τελικά αποφασισθεί από το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε να πραγματοποιηθεί και η κατασκευή της RETROB, τότε θα πρέπει να γίνει μία περισσότερο λεπτομερής σχεδίαση των επιμέρους μονάδων. Η παρούσα σχεδίαση στο AUTOCAD και το 3DSTUDIO δεν είναι επαρκής για τη βιομηχανική κατασκευή της RETROB.

**ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ
ΟΡΓΑΝΩΝ**

ΟΠΤΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ OBS-3^[33]

D-A-Instruments, ΗΠΑ



ΟΠΤΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ OBS-3^[33]

D-A-Instruments, ΗΠΑ

ΕΥΡΟΣ

Θολερότητα		0 έως 4000 NTU
Συγκέντρωση ¹	Λάσπη	0 έως 5000 mg/l
	Άμμος	0 έως 50 g/l

¹Εξαρτάται από το είδος του ιζήματος

ΑΚΡΙΒΕΙΑ

Θολερότητα	0-100	+/- 0.1 NTU
	100-500	+/- 1 NTU
	500-4000	+/- 5 NTU
Συγκέντρωση	Λάσπη	+/- 0.1 mg/l
	Άμμος	+/- 0.1 g/l

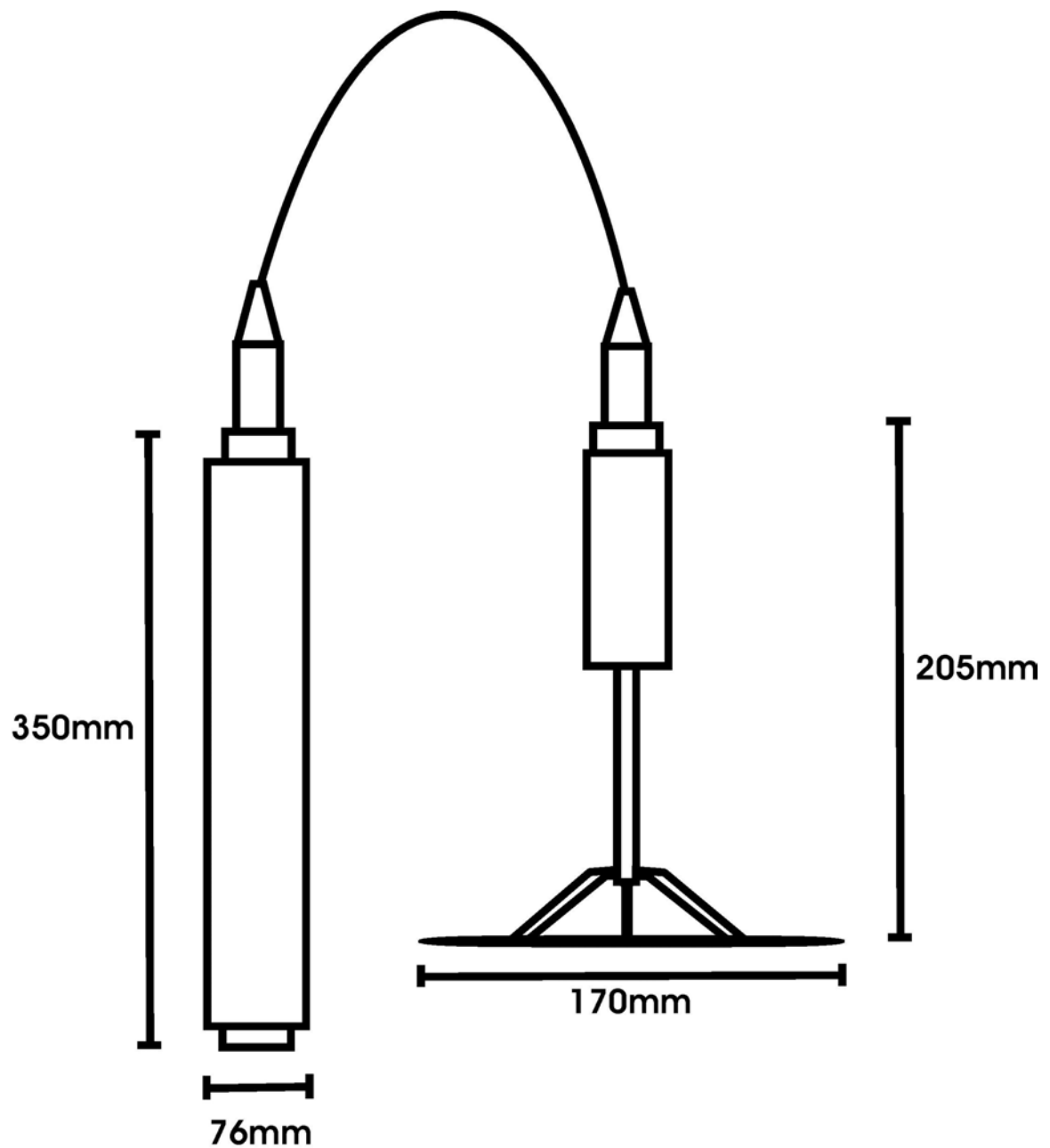
ΑΛΛΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ

Μέγιστος ρυθμός δεδομένων	10 Hz
Μήκος κύματος υπέρυθρης ακτινοβολίας	875 nm
Μέγιστο βάθος λειτουργίας	500 m
Απόκλιση	<5% / χρόνο
Τροφοδοσία	9-16 V DC / 14 mA
Έξοδος	αναλογική, mV
Υλικό περιβλήματος	Delrin

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟΣ ΡΕΥΜΑΤΟΓΡΑΦΟΣ

802^[34]

Valeport, Αγγλία



EDCM 802

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟΣ ΡΕΥΜΑΤΟΓΡΑΦΟΣ

802^[34]

Valeport, Αγγλία

ΕΥΡΟΣ

0 – 10000 mm/s

ΑΚΡΙΒΕΙΑ

+/- 5 mm/s

ΜΕΓΙΣΤΟ ΒΑΘΟΣ

1000 m

ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ

12 – 24 V DC , 130 mA

ΕΞΟΔΟΣ

RS232, ή αναλογική (0-5V) 2 καναλιών

ΡΥΘΜΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

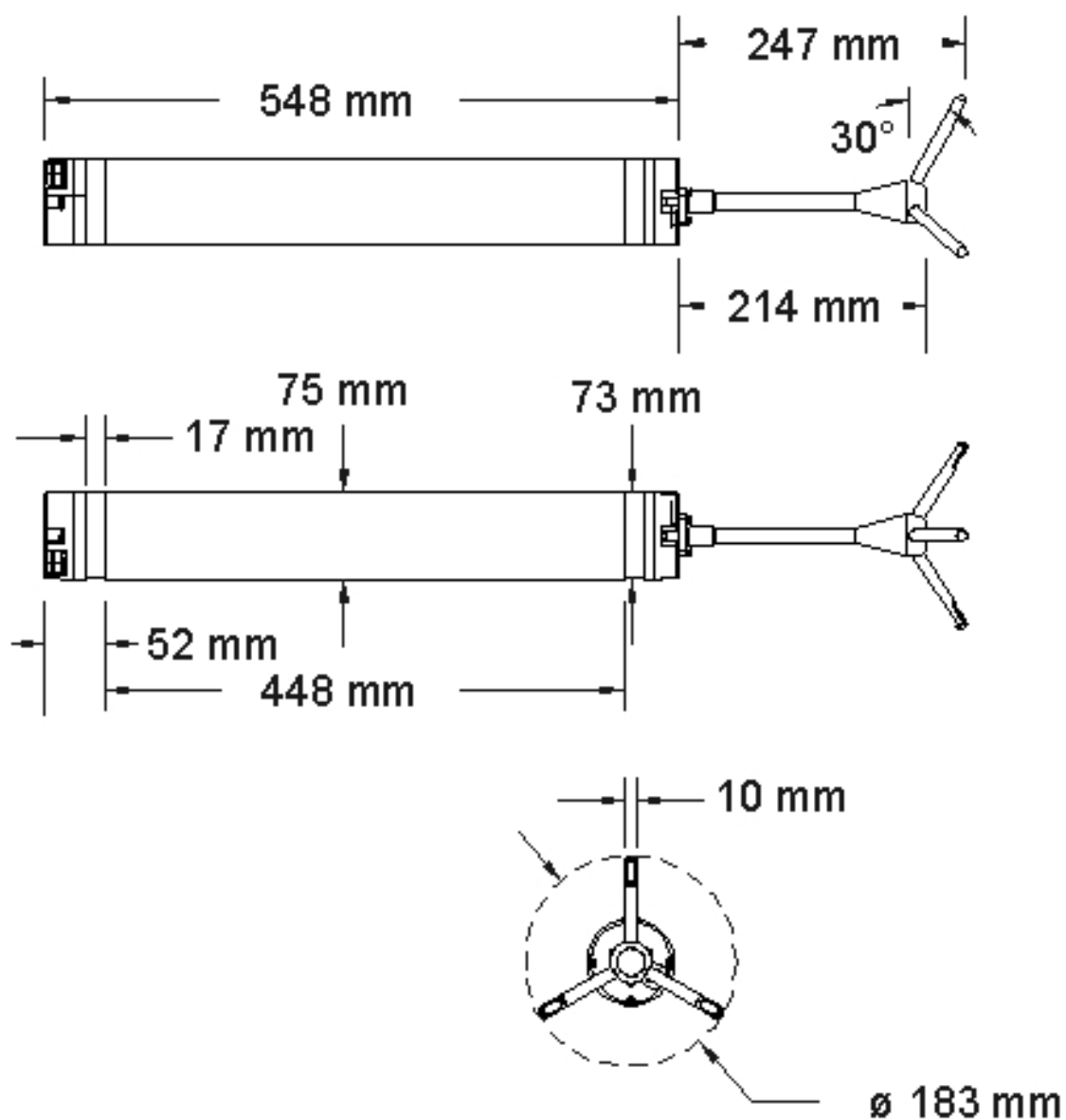
1 Hz

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ

X, Y

ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΡΕΥΜΑΤΟΓΡΑΦΟΣ ADV^[35]

Nortek, Νορβηγία



ADV

ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΡΕΥΜΑΤΟΓΡΑΦΟΣ ADV^[35]

Nortek, Νορβηγία

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

Τρισδιάστατες (X,Y,Z)

Εμβέλεια: 0.01, 0.1, 0.3, 1, 4 και 7 m/s

Συχνότητα δειγματοληψίας: 1 - 64 Hz

Ακρίβεια: +/- 0.1 mm/s

Συχνότητα πομπού ακουστικής συχνότητας: 6 MHz

ΚΕΦΑΛΕΣ

Στερεωμένες ή με καλώδιο ενός μέτρου

ΑΛΛΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Θερμοκρασία, Πυξίδα, Κλίση, Πίεση

ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

RS-232 ή RS-422, Baud Rate: 300-115200 bps

Αναλογική έξοδος 3 καναλιών

ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ

DC Input: 9-16 V

Κατανάλωση: 1.5W στα 64 Hz, 0.6-1W στα 4Hz

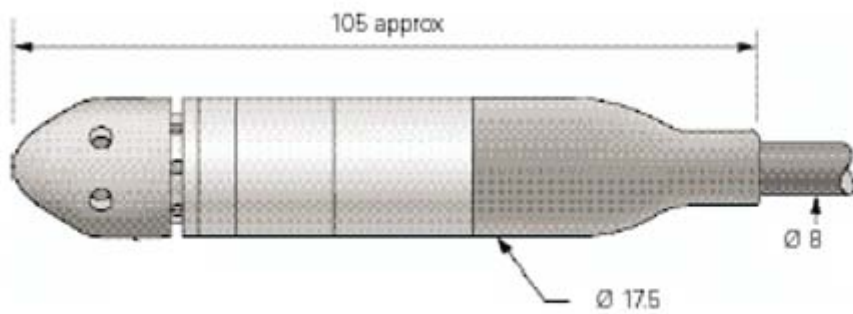
Ενσωματωμένες μπαταρίες : Λιθίου, 50 Wh

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ

Θερμοκρασία λειτουργίας : -5 έως 40 °C

Μέγιστο βάθος: 300m

ΠΙΕΣΟΜΕΤΡΟ PTX1830^[36]
Druck, НПА



PDX1830

ΠΙΕΣΟΜΕΤΡΟ PTX1830^[36]

Druck, ΗΠΑ

ΕΥΡΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

1-850 psi

ΑΚΡΙΒΕΙΑ

+/- 0.06%

ΜΕΓΙΣΤΟ ΒΑΘΟΣ

500 m

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

-20 έως 60 °C

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

+/- 0.3 %

ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ

9-30 V DC

ΕΞΟΔΟΣ

αναλογική, mV

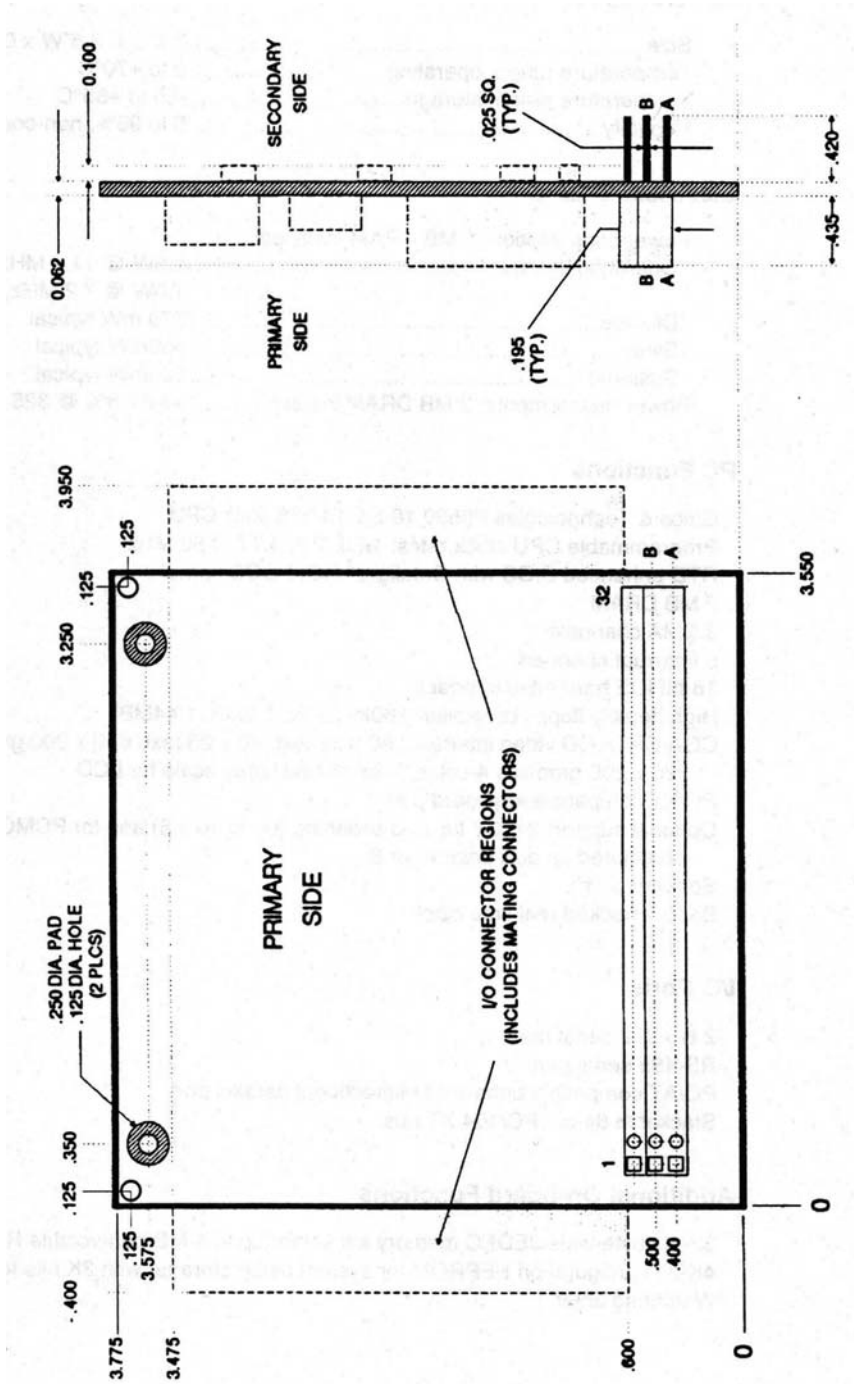
ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

ΤΙΤΑΝΙΟ

**ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ
ΜΟΝΑΔΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΑΠΟΛΗΨΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

CMF8680 cpuModule^[30]

Real Time Devices, НПА



CMF8680 cpuModule^[30]

Real Time Devices, ΗΠΑ

Γενικές προδιαγραφές

Μέγεθος	3.6" L X 3.8" W X 0.6" H (90 X 96 X 16 mm)
Θερμοκρασία λειτουργίας	0 έως +70 °C
Υγρασία	5 έως 95%

Ηλεκτρικά στους 25 °C

Κατανάλωση ενέργειας	1.6W στα 14.3 MHz 1.0W στα 7.2 MHz
Τροφοδοσία	+5V +/-5%, 325 mA

Λειτουργίες PC

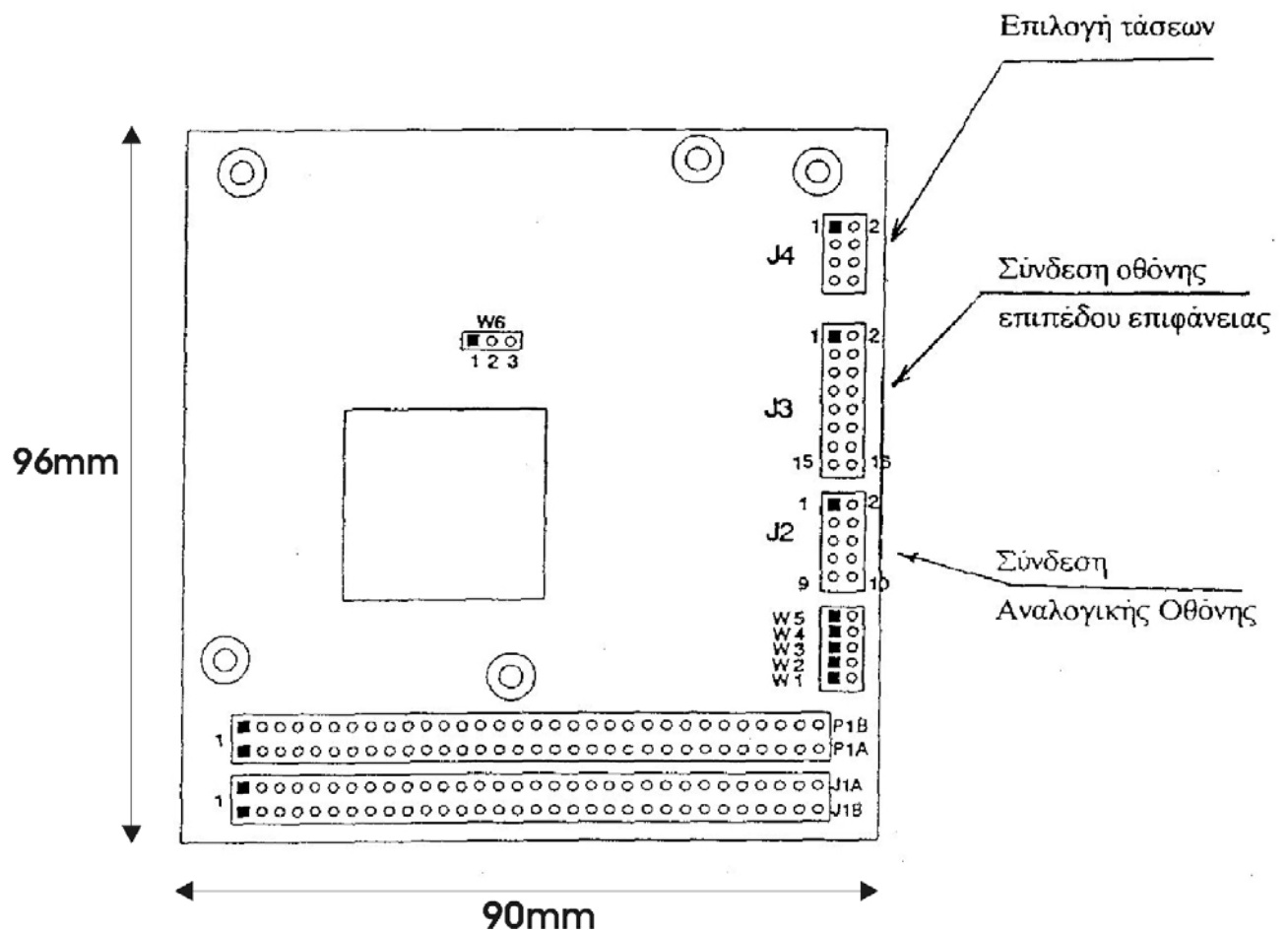
Chips & Technologies F8680 16-bit, 14.318 MHz CPU
Προγραμματιζόμενη συχνότητα επεξεργαστή: 14.3, 7.22, 4.77, 3.58 MHz
Real Time Devices Bios
2 MB DRAM
3 DMA channels
8 interrupt channels
16-bit IDE Hard drive interface
Floppy Controller (360K, 720K, 1.2 MB, 1.44 MB)
CGA CRT/LCD video interface
PC/XT συμβατή θύρα πληκτρολογίου

I/O Θύρες

2 RS232 σειριακές θύρες
RS485 σειριακή θύρα
PC/AT συμβατή παράλληλη θύρα
64-pin PC/104 XT bus

MiniModule/VGA^[31]

Ampro Computers, ΗΠΑ



MiniModule/VGA^[31]

Amprom Computers, ΗΠΑ

Γενικές προδιαγραφές

Μέγεθος	3.6" L X 3.8" W X 0.6" H (90 X 96 X 16 mm)
Θερμοκρασία λειτουργίας	0 έως +70 °C
Υγρασία	5 έως 95%

Ηλεκτρικά

Κατανάλωση ενέργειας	1.4W
Τροφοδοσία	+5V +/-5%, 275 mA

Λειτουργίες

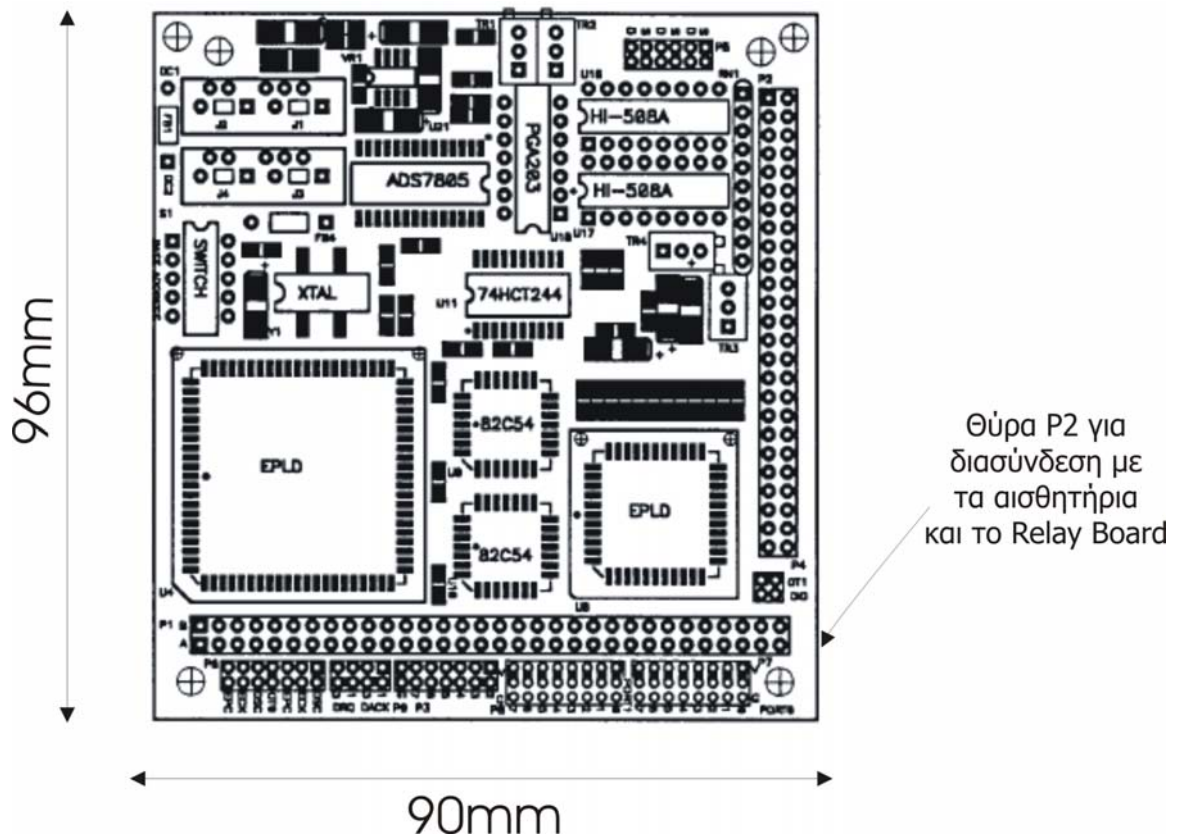
Συμβατότητα με 6 video standards (VESA, VGA, EGA, CGA, MDA και Hercules)
Υποστήριξη LCD, CRT και EL οθονών
Δυνατότητα ταυτόχρονης ένδειξης σε LCD και CRT monitor
Μνήμη γραφικών 256 Kbytes

Video Modes

Video Standard	Μέγιστη Ανάλυση	Μέγιστος αριθμός Χρωμάτων
CGA Graphics	320x200	4
	640x200	2
CGA Text	640x200	16
MDA	720x350	Mono
Hercules	720x348	Mono
EGA	640x350	16
VGA	320x200	256
	640x480	16
VESA	640x480	256
	800x600	16
	1024x768	16

DM5416 A/D Converter^[32]

Real Time Devices, ΗΠΑ



DM5416 A/D Converter^[33]

Real Time Devices, ΗΠΑ

Αναλογική είσοδος

8 διαφορικές ή 16 απλές αναλογικές εισοδοί
Επιλογή κέρδους (Gain) μέσω λογισμικού
Εμβέλεια εισόδου -10 V έως +10 V
Προστασία υπερφόρτωσης -35 V έως +35 V

A/D Μετατροπή

Ανάλυση 16 bit
Ταχύτητα μετατροπής 10 μ Sec

D/A Μετατροπή

Αναλογική Έξοδος 1 Κανάλι
Ανάλυση 16 bit
Εμβέλεια Εξόδου -10 V έως +10 V

Ψηφιακό I/O

Αριθμός Γραμμών Προγραμματιζόμενος 8 bit ή 1 Byte

Χρονιστές/Μετρητές

Τεχνολογία CMOS 82C54
6 μετρητές των 16 bit

Τροφοδοσία/Κατανάλωση

Τροφοδοσία +5 Volt από το PC/104 Bus
Κατανάλωση 2.3 Watt

Περιβαλλοντικές Προδιαγραφές

Θερμοκρασία λειτουργίας 0 έως +70 °C
Υγρασία 0 έως +90 %

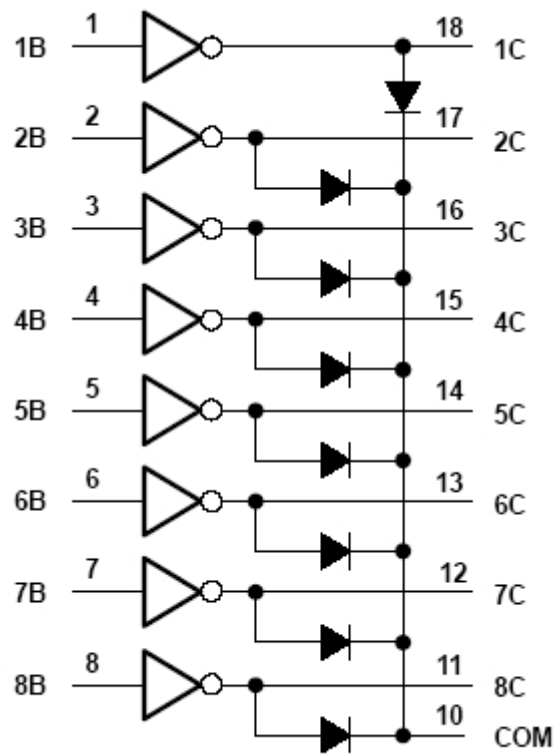
Διαστάσεις

90mm x 96mm x 15mm

ΛΟΓΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΕΝΙΣΧΥΤΗ ΣΗΜΑΤΟΣ

ΣΤΟ RELAY BOARD^[37]

DARLINGTON TRANSISTOR ARRAY, TEXAS INSTRUMENTS, ΗΠΑ



**ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ
ΜΟΝΑΔΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΑΠΟΛΗΨΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ
ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ**

	SIGNAL	SIGNAL
Pin	P2/MiniModule VGA (VGA Out)	VGA Monitor
1	RED	RED
2	GREEN	GREEN
3	BLUE	BLUE
4	HSYNC	HSYNC
5	VSYNC	VSYNC
6	RGND	RGND
7	GGND	GGND
8	BGND	BGND
9	SGND	SGND

P2/MiniModule VGA	CMF8680 cpu Module
PC/104 BUS	PC/104 BUS

	SIGNAL	SIGNAL
Pin	P10/ CMF8680 cpu Module (16-bit IDE Hard Drive Interface)	IDE/CF Adaptor
1	RESET	RESET
2	GND	GND
3	D7	D7
4	D8	D8
5	D6	D6
6	D9	D9
7	D5	D5
8	D10	D10
9	D4	D4
10	D11	D11
11	D3	D3
12	D12	D12
13	D2	D2
14	D13	D13
15	D1	D1
16	D14	D14
17	D0	D0
18	D15	D15
19	GND	GND
20	N/C (KEY)	N/C (KEY)
21	N/C	N/C
22	GND	GND
23	WR-	WR-

24	GND	GND
25	RD-	RD-
26	GND	GND
27	IOCHRDY	IOCHRDY
28	N/C	N/C
29	DRQ3	DRQ3
30	GND	GND
31	IRQ5	IRQ5
32	IOCS16-	IOCS16-
33	A1	A1
34	N/C	N/C
35	A0	A0
36	A2	A2
37	-CS0	-CS0
38	-CS1	-CS1
39	N/C	N/C
40	GND	GND

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	P4/CMF8680 cpu Module (Utility Connector)	Pin	XT KEYBOARD
2	GND	1	GND
3	RESET SW-	2	/RESET
8	KBDPWR	3	VCC
5	-KBDATA	4	DATA
6	-KBCLK	5	CLK

	SIGNAL	SIGNAL
Pin	P3/CMF8680 cpu Module (Power Connector)	Auxiliary Board
1	GND	GND
2	+5V	+5V
7	GND	GND
8	+5V	+5V

	SIGNAL	SIGNAL
Pin	P0/RELAY BOARD (Power Connector)	POWER SUPPLY
2	GND	GND
1	+12V	+12V

DM5416 A/D Converter	CMF8680 cpu Module
PC/104 BUS	PC/104 BUS

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	P2/DM5416 A/D Converter	Pin	P1/RELAY BOARD
24	ON Διέγερση για OBS3 – 1, ON Διέγερση για OBS3 – 2	1	ON Διέγερση για OBS3 – 1, ON Διέγερση για OBS3 – 2
26	OFF Διέγερση για OBS3 – 1, OFF Διέγερση για OBS3 – 2	2	OFF Διέγερση για OBS3 – 1, OFF Διέγερση για OBS3 – 2
28	ON Διέγερση για OBS3 – 3, ON Διέγερση για PTX1830	3	ON Διέγερση για OBS3 – 3, ON Διέγερση για PTX1830
30	OFF Διέγερση για OBS3 – 3, OFF Διέγερση για PTX1830	4	OFF Διέγερση για OBS3 – 3, OFF Διέγερση για PTX1830
32	ON Διέγερση για EDCM 802 – 1, ON Διέγερση για EDCM 802 – 2	5	ON Διέγερση για EDCM 802 – 1, ON Διέγερση για EDCM 802 – 2
34	OFF Διέγερση για EDCM 802 – 1, OFF Διέγερση για EDCM 802 – 2	6	OFF Διέγερση για EDCM 802 – 1, OFF Διέγερση για EDCM 802 – 2
36	ON Διέγερση για ADV (Ακουστικός Ρευματογράφος)	7	ON Διέγερση για ADV (Ακουστικός Ρευματογράφος)
38	OFF Διέγερση για ADV (Ακουστικός Ρευματογράφος)	8	OFF Διέγερση για ADV (Ακουστικός Ρευματογράφος)

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	OBS3-1	Pin	P0/Relay Board
1	GND	2	GND

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	OBS3-2	Pin	P0/Relay Board
1	GND	2	GND

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	OBS3-3	Pin	P0/Relay Board
1	GND	2	GND

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	PTX1830	Pin	P0/Relay Board
1	GND	2	GND

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	EDCM802-1	Pin	P0/Relay Board
1	GND	2	GND

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	EDCM802-2	Pin	P0/Relay Board
1	GND	2	GND

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	ADV	Pin	P0/Relay Board
1	GND	2	GND

	SIGNAL	SIGNAL
Pin	P2/RELAY BOARD (Power Connector)	POWER SUPPLY
2	+12V	+12V

	SIGNAL	SIGNAL
Pin	P3/RELAY BOARD (Power Connector)	POWER SUPPLY
2	+12V	+12V

	SIGNAL	SIGNAL
Pin	P4/RELAY BOARD (Power Connector)	POWER SUPPLY
2	+12V	+12V

	SIGNAL	SIGNAL
Pin	P5/RELAY BOARD (Power Connector)	POWER SUPPLY
2	+12V	+12V

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	OBS3-1	Pin	P2/Relay Board
2	VCC	3	+12V

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	OBS3-2	Pin	P2/Relay Board
2	VCC	3	+12V

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	OBS3-3	Pin	P3/Relay Board
2	VCC	3	+12V

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	PTX1830	Pin	P3/Relay Board
2	VCC	3	+12V

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	EDCM802-1	Pin	P4/Relay Board
2	VCC	3	+12V

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	EDCM802-2	Pin	P4/Relay Board
2	VCC	3	+12V

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	ADV	Pin	P5/Relay Board
2	VCC	3	+12V

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	OBS3-1	Pin	P2/DM5416
3	Analog Out	1	Analog Input 1
1	GND	20	GND

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	OBS3-2	Pin	P2/DM5416
3	Analog Out	2	Analog Input 2
1	GND	20	GND

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	OBS3-1	Pin	P2/DM5416
3	Analog Out	3	Analog Input 3
1	GND	20	GND

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	EDCM 802 - 1	Pin	P2/DM5416
3	Analog Out 1	4	Analog Input 4
1	GND	22	GND

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	EDCM 802 - 2	Pin	P2/DM5416
3	Analog Out 1	5	Analog Input 5
1	GND	22	GND

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	PTX1830	Pin	P2/DM5416
4	Analog Out	6	Analog Input 6
1	GND	22	GND

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	EDCM 802 - 1	Pin	P2/DM5416
4	Analog Out 2	7	Analog Input 7
1	GND	22	GND

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	EDCM 802 - 2	Pin	P2/DM5416
4	Analog Out 2	8	Analog Input 8
1	GND	20	GND

	SIGNAL		SIGNAL
Pin	ADV	Pin	P11/CMF8680 cpu
4	DATA TERMINAL READY	2+1	DSR+DCD
3	TRANSMIT DATA	3	RXD
8	CLEAR TO SEND	4	RTS
2	RECEIVE DATA	5	TXD
7	REQUEST TO SEND	6	CTS
6+1	DATA SET READY +CARRIER DETECT	7	DTR
		8	RI
5	SYSTEM GROUND	9	GND
		10	GND

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΤΗΣ ΑΚΑΤΟΥ RETROB

FIBERGLASS REINFORCED PLASTIC^[38]

Μηχανικές Ιδιότητες

Ελάχισμη τάση (Tensile Stress)	30.000 psi
Συμπιεστική τάση (Compressive Stress)	30.000 psi
Τάση καμπυλότητας (Flexural Stress)	30.000 psi
Αναλογία Poisson	0.33

Φυσικές Ιδιότητες

Απορρόφηση Νερού (24 h)	max 0.6%
Πυκνότητα	0.62-0.70 lb/in ³
Συντελεστής θερμικής διαστολής	4.4x10 ⁻⁶ in/in °F

Ηλεκτρικές Ιδιότητες

Διηλεκτρική τάση (Dielectric Strength)	200 V/mm
--	----------

Επίστρωση για θαλάσσια χρήση

Εποξική ρυτίνη (epoxy resin)

ALUMINIUM ALLOY 6061^[39]

ΣΥΝΘΕΣΗ

1.0% Mg, 0.6% Si, 0.25% Cu, 0.20% Cr, υπ. Al

ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Πυκνότητα: Στον αέρα $\rho=0.098 \text{ lb/in}^3$, στο θαλασσινό νερό $\rho_{sw}=0.061 \text{ lb/in}^3$

Συντελεστής θερμικής διαστολής $23.0 \times 10^{-6} \text{ in/in } ^\circ\text{C}$

Αναλογία Poisson 0.33

Συντελεστής Ελαστικότητας: Στην τάση $E=10 \times 10^6 \text{ psi}$,
στην τριβή $G=3.75 \times 10^6 \text{ psi}$

Ελάσιμη αντοχή (Tensile Strength) 45.000 psi

Αντοχή διατμητικής τάσης (Shear Strength) 30.000 psi

ERTACETAL-C_[40]

Πυκνότητα	1.41 g/cm ³
Απορρόφηση νερού (24 h)	0.24 %
Συντελεστής θερμικής διαστολής	110x10 ⁻⁶ m/(m*K)
Ελάσιμη τάση (Tensile Stress)	68 N/mm ²
Συμπιεστική τάση (Compressive Stress)	19 N/mm ²
Διηλεκτρική τάση (Dielectric Strength)	20 kV/mm

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Κωνσταντίνος Αλμπανάκης, *Μαθήματα Ωκεανογραφίας*, Εκδ. University Studio Press, Θεσσαλονίκη 1999.
- [2] Σωτήρης Ν. Λεοντάρης, *Εισαγωγή στην Ωκεανογραφία*, Εκδ. Συμμετρία, Αθήνα 1995.
- [3] Ι. Ζαφειρόπουλος, *Στοιχεία Ωκεανογραφίας – Φυσική και βιολογική Ωκεανογραφία*, Αθήνα 1973.
- [4] Peter Castro, Michael E. Huber, *Θαλάσσια Βιολογία*, Εκδ. University Studio Press, Θεσσαλονίκη 1999.
- [5] Nittrouer, C. A., and L. D. Wright, Transport of particles across continental shelves, *Rev. Geophys.*, 32, 85–113, 1994.
- [6] Stone, G.W. 2001. Wave Climate and bottom boundary layer dynamics with implications for offshore sand mining and barrier island replenishment in south-central Louisiana. OCS Study MMS 2000-053. U.S. Dept. of the Interior, Minerals Mgmt. Service, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, La. 90 pp.
- [7] Elin Almroth ,Master of Science Project Report, 20p Supervisors: Dr. Anders Tengberg and Prof. Per Hall, Resuspension of coastal sediments: *In-situ* simulation and influence on sediment-water solute exchange, Goeteborg, 2002
- [8] Morria, A. W, Howarth, M.J., 1998, Bed stress-induced Sediment Resuspension (SERE 88/89), Continental Shelf Research 18, 1203-1213
- [9] J.J. Williams,C.P. Rose, P.D. Thorne!, B.A. O'Connor, J.D. Humphery, P.J. Hardcastle, S.P. Moores, J.A. Cooke, D.J. Wilson, Field observations and predictions of bed shear stresses and vertical suspended sediment concentration profiles in wave-current conditions, Continental Shelf Research 19 (1999) 507–536
- [10] G. C. Chang and T. D. Dickey, Sediment resuspension over a continental shelf during Hurricanes Edouard and Hortense , Journal of Geophysical Research 106, C5, PAGES 9517–9531, 2001
- [11] L. Thomsen, S. Jamaica, G. Graf, M. Friedrichs, S. Wanner, B. Springer, An instrument for aggregate studies in the benthic boundary layer, Marine Geology 135 (1996) 153-157

- [12] J. Guillen, J.A. Jimenez, A. Palanques, V. Gracia, P. Puig, A. Sanchez-Arcilla, Sediment resuspension across a microtidal, low-energy inner shelf, *Continental Shelf Research* 22 (2002) 305–325
- [13] G. Voulgaris, M.P. Wilkin, M.B. Collins, The in situ passive acoustic measurement of shingle movement under waves and currents: instrument (TOSCA) development and preliminary results, *Continental Shelf Research* 15 (1995) 1195 – 1211
- [14] Anagnostou Ch., H. Kontogiannis, A. Karageorgis and V. Papadopoulos (1997) The structure of the nepheloid layers in Thermaikos Gulf and Sporadhes basin – during the cruise of May 1997- based on light transmission, First Annual Scientific Report, EU – MAST – III Metro-Med project, CT 960049, p.113-116
- [15] Balopoulos E.Th., 1985, O hydrographic conditions in coastal waters on the Northwestern Aegean Sea, *Thalassographica*, 8, 83-92
- [16] Gonzalez R. and G.C. Sills (1997) The Oxford piezometer for pore pressure measurement in the seabed/water interface, Final Report, Grant EU Human Capital and Mobility Coastal Environments (E Atlantic), Physical Processes, 6pp+Figures
- [17] A. TENGBERG, F. DE BOVEE, P. HALL, W. BERELSON, D. CHADWICK, G. CICERI, P. CRASSOUS, A. DEVOL, S. EMERSON, J. GAGE, R. GLUD, F. GRAZIOTTINI, J. GUNDERSEN, D. HAMMOND, W. HELDER, K. HINGA , O. HOLBY, R. JAHNKE, A. KHRIPOYNOFF, S. LIEBERMAN, V. NUPPENAU, O. PFANNKUCHE, C. REIMERS, G. ROWE, A. SAHAMI, F. SAYLES, M. SCHURTER, D. SMALLMAN, B. WEHRLI and P. DE WILDE, (1995), Benthic chamber and profiling landers in oceanography - A review of design, technical solutions and functioning, *Progress in Oceanography*, 35, pp. 253-294
- [18] Autonomous Lander Instrument Package for Oceanographic Research, ALIPOR-MAS3, Final Report, January 1999
- [19] F. L. Sayles and W.H. Dickinson, (1991) The ROLAID lander: a benthic lander for study of exchange across the sediment-water interface, *Deep Sea Research*, 38, No.5, pp. 505-529
- [20] S. Mylvaganam, T. Jakobsen, (2000), Turbidity Sensor for Underwater Applications, Sensor Design and System Performance with Calibration Results, Aanderaa Instruments, Norway
- [21] Jamie A.C. Bunt, Piers Larcombe, Colin F. Jago, (1999), Quantifying the response of optical backscatter devices and transmissometers to variations

in suspended particulate matter, Continental Shelf Research 19, 1199 - 1220

- [22] P. Collar, G. Griffiths, A Contribution to the Encyclopedia of Ocean Science Sensors: Current Meters – Single Point, Southampton Oceanography Centre, United Kingdom, 2000
- [23] Website of D&A Instruments, USA, www.d-a-instruments.com
- [24] Website of Nortek AS, Norway, www.nortek-as.com
- [25] A. Lohrmann, R. Cabrera and N. C. Kraus, Acoustic-Doppler Velocimeter (ADV) for laboratory use, in Proc. 1994 Fundamentals and Advancements in Hydraulic Measurements and Experimentation
- [26] Application Note: Reference 38, Pressure Fundamentals and Transmitter Selection, www.rosemount.com
- [27] Introduction to Diaphragm Pressure Gages, Website of Engineering Fundamentals, www.efunda.com
- [27] Application note: 871, Demystifying Piezoresistive Pressure Sensors, 2001, www.maxim-ic.com
- [28] P. Melvas, E. Kalvesten, G. Stemme, A temperature compensated dual beam pressure sensor, Sensors and Actuators A, 100, (2002) 46–53
- [29] PC/104 Specification, Version 2.4, August 2001, The PC/104 Embedded Consortium, www.pc104.org
- [30] CMF8680 cpuModule & CM102 utility Module User's Manual, Real Time Devices Inc., 1994, U.S.A
- [31] MiniModule/VGA Technical Manual, AMPRO Computers Inc., 1994, U.S.A
- [32] DM5416 User's Manual, Real Time Devices Inc., 2003, U.S.A
- [33] OBS-3 Technical Data Sheet, D&A Instrument Company, 2000, U.S.A
- [34] Direct Reading Electromagnetic Current Meters, Model 802, Data Sheet Reference, Valeport, 2000, U.K
- [35] Nortek Vector, High Resolution 3D Current Meter, Technical Data Sheet, 2003, Nortek AS, Norway
- [36] PDCR/PTX 1830 Series, High Performance Level Pressure Sensors, Technical Data Sheet, 2002, Druck Limited, UK

- [37] ULN2803 Darlington Transistor Array, Technical Data Sheet, Texas Instruments, 1996, U.S.A
- [38] Fiberglass Technical Data, k-mac-plastics.net/index.htm
- [39] Handbook of Oceanographic Engineering Materials, Stephen C. Dexter, Robert E. Krieger Publishing Company, Florida, USA, 1985
- [40] Ertacetal-C Technical Data Sheet, www.quadrantplastics.com
- [41] Model 875 Pop Up Buoy, Technical Data Sheet, 1997, Benthos, USA
- [42] Pressure Relief Valve Technical Data Sheet, 1999, Deep Ocean, USA