



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών
Τομέας Τοπογραφίας
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΝΤΙΣΗΣ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΑΓΩΓΩΝ
ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΚΕΛ ΘΡΙΑΣΙΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

ΜΑΡΙΑ – ΑΝΝΑ ΤΖΑΡΙΑ

Επιβλέπων: ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΓΚΙΚΑΣ, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

ΜΑΡΤΙΟΣ 2012

ΑΘΗΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επίκουρο καθηγητή κ. Βασίλειο Γκίκα για την υποστήριξη και την καθοδήγηση που έλαβα κατά την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Επίσης ευχαριστώ πολύ και τον κ. Πηνιώτη υποψήφιο διδάκτορα και μέλος του Εργαστηρίου Γενικής Γεωδαισίας για την πολύτιμη και καθοριστική συμβολή του στην διεκπεραίωση των μετρήσεων και όλης της πτυχιακής εργασίας καθώς και όλους τους διδάσκοντες καθηγητές της ΣΑΤΜ που συνέβαλαν στην ολοκλήρωση του κύκλου των πτυχιακών σπουδών μου.

Ακόμα ένα μεγάλο ευχαριστώ στην εταιρεία ΑΚΤΩΡ ΑΕ, ανάδοχο κατασκευής του έργου <<ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ & ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΘΡΙΑΣΙΟΥ ΠΕΔΙΟΥ>>, τον διευθυντή έργου πολιτικό μηχανικό κ. Ευάγγελο Φωτογράφο, τον τοπογράφο του έργου κ. Στέλιο Ψαρά, την πολιτικό μηχανικό υπεύθυνη ποιότητας ελέγχου κ. Εβελίνα Καλαϊτζή, τον πολιτικό μηχανικό υπεύθυνο λιμενικών έργων κ. Γεώργιο Δραγώνα και τέλος την τοπογράφο βοηθό έλεγχου ποιότητας κ. Γεωργία Συντρίκου, οι οποίοι παρείχαν την πολύτιμη βοήθεια τους, τον συνοδευτικό εξοπλισμό καθώς και τις υπηρεσίες τους για την διεκπεραίωση των μετρήσεων με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο αυτής της εργασίας αποτελεί η υδρογραφική αποτύπωση τμήματος της τελικής επιφάνειας κάλυψης των υποθαλάσσιων αγωγών διάθεσης λυμάτων του έργου <<ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ & ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΘΡΙΑΣΙΟΥ ΠΕΔΙΟΥ>> στον Σαρωνικό Κόλπο. Στόχος της εργασίας αποτελεί η παραγωγή κατασκευαστικών σχεδίων (με τη μορφή διατομών, μηκοτομών και βυθομετρικού μοντέλου) για την γεωμετρική τεκμηρίωση και επαλήθευση της διαδικασίας ενταφιασμού και θωράκισης των αγωγών βάσει της μελέτης σχεδιασμού. Επιπρόσθετα, στο πλαίσιο της εργασίας αυτής δίνονται οι βασικές αρχές και περιγράφονται τα βασικά στάδια των υδρογραφικών αποτυπώσεων.

Το έργο κατασκευάστηκε στην περιοχή της Ελευσίνας και καλύπτει τις ανάγκες απορροής λυμάτων για το Δυτικό τμήμα του λεκανοπεδίου της Αττικής. Οι υποθαλάσσιοι αγωγοί είναι δύο, έχουν συνολικό μήκος περίπου 1,6 km και καταλήγουν μέσα στην θάλασσα του Σαρωνικού Κόλπου. Στην παρούσα εργασία μελετάται η ζώνη κατά μήκος των αγωγών από Χ.Θ.: 0 +244 km έως Χ.Θ.: 0 + 544 km (με χιλιομετρική αφετηρία την ακτογραμμή).

Η αποτύπωση του πυθμένα έγινε με χρήση του ολοκληρωμένου συστήματος δορυφορικού εντοπισμού G.P.S. TRIMBLE R8 και του βυθόμετρο SonarMite v3 Echo Sounder.

Με βάση τις μετρήσεις προέκυψε η υδρογραφική αποτύπωση τμήματος (50×300) m, με βάση το οποίο παρήχθησαν διατομές, μηκοτομές και το ψηφιακό μοντέλο της επιφάνειας των βυθοκορημένων με αδρανή υλικά υποθαλάσσιων αγωγών.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψαν αποκλίσεις (ως προς την μελέτη σχεδιασμού) στον ενταφιασμό των αγωγών σε μεμονωμένα τμήματα αυτών, παρουσιάζοντας μία ελλiptή κάλυψη τους από τα αδρανή υλικά. Ωστόσο οι αποκλίσεις αυτές σε λίγες περιπτώσεις είναι μεγάλες (~ 1m) και κρίνεται απαραίτητη μία πιο λεπτομερή και επιτόπια μελέτη συγκεκριμένων τμημάτων των επιφανειών αυτών.

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the geodetic documentation of the construction works related to sea-bottom laying and burial of a set of sewage pipeline installations. The construction area is located at Elefsina coastline facing Saronikos gulf, Attiki (Greece). The pipelines are buried structures under the sea-bottom and form part of the sewage disposal system of Attiki region. The structures are 1.6 km long and their usage is to drain clean-up waste from the waste treatment plant to sea.

In this work hydrographic measurements were undertaken in order to produce “as-build” plans of the sea-bottom along a subset (CH: 0+244 – 0+544) traverse in the pipeline area. Sea-bottom surveying was undertaken using an integrated GNSS / echo-sounder system (GPS Trimble R8, Sonar Mite v3). Data acquisition involved a small boat traversing the area of interest in swaths 300 m long and 50 m wide. Data processing involved the production of a digital bathymetric model using two processing software (Contour, Surfer). Final results include the production of bathymetric plans every 10 m and cross-comparisons with the raw bathymetric data, the digital bathymetric model and sea-bottom plans from past surveys in the area. Analysis revealed deviations between the design and construction of the earth-fill of the pipelines, in places, of the order of 0.50 m.

Ευχαριστίες	2
❖ Περίληψη	3
❖ Abstract	4
❖ Περιεχόμενα	5
❖ Ευρετήριο σχημάτων	7
❖ Ευρετήριο σχεδίων	8
❖ Ευρετήριο πινάκων	8
❖ ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΑΣ	12
1.1 Υδρογραφία και Υδρογραφικές Αποτυπώσεις – Αντικείμενο και Βασικοί ορισμοί	12
1.1.1 Γενικά	12
1.1.2 Στάδια Υδρογραφικής Αποτύπωσης	12
1.1.3 Διαφορές μεταξύ Επίγειων και Υδρογραφικών Αποτυπώσεων	13
1.2 Η Σχέση της Υδρογραφίας με άλλες Επιστήμες	14
1.3 Βασικά Πεδία Εφαρμογών	17
1.3.1 Ναυσιπλοΐα	17
1.3.2 Κατασκευή τεχνικών έργων	18
1.3.3 Αναζήτηση και εξόρυξη ενεργειακών πόρων	20
1.3.4 Φυσική και Αρχαιολογική ωκεανογραφία	22
1.3.5 Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων	23
1.3.6 Δίκαιο της Θάλασσας και η Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΕΙΣ: ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ	28
2.1 Οριζοντιογραφικός Προσδιορισμός Θέσης	28
2.1.1 Μεθοδολογίες θαλάσσιου εντοπισμού	28
2.1.2 Συστήματα θαλάσσιου εντοπισμού	32
❖ Οπτικά συστήματα και συστήματα Laser	32
❖ Omega	35
❖ Loran-C	37
❖ Δορυφορικά συστήματα εντοπισμού	38
2.2 Βυθομέτρηση	43
2.2.1 Επιφάνεια Αναφοράς Μέτρησης Βαθών	43
2.2.2 Συστηματικές Μεθοδολογίες Βυθομέτρησης	46
❖ Βολίδα	46
❖ Γριπίσεις	48
2.2.3 Ακουστική Μέθοδος	49
❖ Βασικές αρχές – Μετάδοση του ήχου στο νερό	49
❖ Φυσικές παράμετροι καταγραφής	52
❖ Ηχοβολιστικά συστήματα	55
2.2.4 Άλλες Μέθοδοι Βυθομέτρησης	57
❖ Εναέριες μέθοδοι	57
❖ Χρήση δορυφορικών εικόνων	59
2.3 Διαδικασία Ολοκληρωμένων Υδρογραφικών Αποτυπώσεων	60
2.4 Ακρίβειες-Παράμετροι Υδρογραφικής Αποτύπωσης	65

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΡΓΟΥ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ “ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ & ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΘΡΙΑΣΙΟΥ ΠΕΔΙΟΥ”	69
3.1	Συνοπτική Περιγραφή του Έργου	69
3.1.1	Θέση του έργου	69
3.1.2	Μορφολογία και εδαφικές συνθήκες	70
3.1.3	Δίκτυο αποχέτευσης – Χαρακτηριστικά λυμάτων - Αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων	71
3.2	Περιγραφή της Μεθόδου Επεξεργασίας και Διάθεσης	72
3.3	Κατασκευή Υποθαλάσσιων Αγωγών	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ	76
4.1	Αντικείμενο Εργασιών Πεδίου και Κριτήρια Επιλογής Εξοπλισμού	76
4.2	Δέκτης Δορυφορικού Εντοπισμού	77
4.3	Ηχοβολιστικό Σύστημα Καταγραφής	80
4.4	Προσαρμογή Εξοπλισμού στο Σκάφος Καταγραφής	81
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ	83
5.1	Περιγραφή Τμήματος Αποτύπωσης	83
5.2	Διαδικασία Μετρήσεων	84
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	94
6.1	Παραγωγή Ψηφιακού Μοντέλου Βυθού	94
6.2	Εξαγωγή Τομών από Πρωτογενείς Μετρήσεις	101
6.3	Εξαγωγή Τομών από Ψηφιακό Μοντέλο Βυθού	106
6.4	Ανάλυση και Σύγκριση Αποτελεσμάτων	106
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	110
7.1	Αξιολόγηση Σχεδιασμού Υδρογραφικής Εργασίας	110
7.2	Αξιολόγηση Εξοπλισμού	110
7.2.1	Αξιολόγηση Δέκτη GPS	110
7.2.2	Αξιολόγηση Ηχοβολιστικού Συστήματος	111
7.3	Αξιολόγηση Μεθόδου Επεξεργασίας Μετρήσεων	111
7.4	Συμπεράσματα	112
❖	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ	114
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	119
	ΤΕΥΧΟΣ ΣΧΕΔΙΩΝ	

Ευρετήριο Σχημάτων

Σχήμα 1.1 Σχηματική αναπαράσταση διάδοσης σεισμικών κυμάτων κατά την διενέργεια θαλάσσιας γεωφυσικής έρευνας	21
Σχήμα 2.1 Προσδιορισμός θέσης με τη μέθοδο ευθυγραμμίας και απόστασης (πηγή: Η.Τζιαβός, 2008)	29
Σχήμα 2.2 Καθορισμός στίγματος με τον προσδιορισμό δύο διευθύνσεων από το σκάφος (πηγή: Η.Τζιαβός, 2008)	29
Σχήμα 2.3 Καθορισμός στίγματος με τον προσδιορισμό δύο γωνιών από το σκάφος (πηγή: Η.Τζιαβός, 2008)	29
Σχήμα 2.4 Καθορισμός στίγματος με τον προσδιορισμό διευθύνσεων από δύο ή περισσότερα θεοδόλιχα που βρίσκονται στη στεριά (πηγή: Η.Τζιαβός, 2008)	30
Σχήμα 2.5 Καθορισμός στίγματος με τον προσδιορισμό δύο αποστάσεων από το σκάφος (πηγή: Η.Τζιαβός, 2008)	30
Σχήμα 2.6 Καθορισμός στίγματος με τον προσδιορισμό δύο διαφορών αποστάσεων από το σκάφος (πηγή: Η. Τζιάβος, 2008)	31
Σχήμα 2.7 Καθορισμός στίγματος με κυκλικά συστήματα (πηγή: Παλληκάρης 1988)	31
Σχήμα 2.8 Καθορισμός στίγματος με υπερβολικά συστήματα (πηγή: Παλληκάρης 1988)	32
Σχήμα 2.9 Σχηματική απεικόνιση υπερβολικού συστήματος Omega (πηγή: C.D. de Jong, 2010)	36
Σχήμα 2.10 Δορυφορικές τροχιές GPS (πηγή: Η. Τζιάβος, 2008)	39
Σχήμα 2.11 Απόλυτος προσδιορισμός θέσης με GPS (πηγή: Η. Τζιάβος, 2008)	40
Σχήμα 2.12 Σχετικός προσδιορισμός θέσης με GPS (πηγή: Η. Τζιάβος, 2008)	40
Σχήμα 2.13 Σχεδιάγραμμα λειτουργίας του σχετικού προσδιορισμού θέσης σε πραγματικό χρόνο (πηγή: Κ.Κομπιάδου, 2007)	42
Σχήμα 2.14 Μετρούμενα μεγέθη βυθομετρίας (πηγή: Α.Ε INGHAM, 1975)	44
Σχήμα 2.15 Οι επιφάνειες αναφοράς στην υδρογραφία (πηγή: Η. Τζιάβος, 2008)	45
Σχήμα 2.16 Διάταξη παλιρροιογράφου που αντιπροσωπεύει όλους τους τύπους (πηγή: Α.Ε INGHAM, 1975)	46
Σχήμα 2.17 Γρίπηση με ρυμουλκούμενη αλυσίδα από δύο πλοία (πηγή: Η. Τζιάβος, 2008)	49
Σχήμα 2.18 Βασικές λειτουργίες ηχοβολιστή (πηγή: C.D. de Jong, 2010)	51
Σχήμα 2.19 Σχήμα και κάλυψη ηχητικού κύματος (πηγή: C.D. de Jong, 2010)	51
Σχήμα 2.20 Κύρια μέρη βυθόμετρου (πηγή: Κ.Κομπιάδου, 2007)	55
Σχήμα 2.21 Σχηματική αναπαράσταση της λειτουργίας ηχοβολιστικού συστήματος πολλαπλής ηχητικής δέσμης (πηγή: Β. Καψημάλη, 2009)	56
Σχήμα 2.22 Σχηματική αναπαράσταση Ολοκληρωμένης Υδρογραφικής Αποτύπωσης	62
Σχήμα 2.23 Αυτοματοποιημένη υδρογράφιση (πηγή: Η. Τζιάβος, 2008)	65
Σχήμα 2.24 Σφάλμα λόγο διαχωρισμού προβολών	66
Σχήμα 5.1 Μετρήσεις 1 ^{ης} Μέρας – Απόδοση στο σχέδιο πλεύσης	85
Σχήμα 5.2 Τμήμα σχεδίου πλεύσης καθορισμένης ζώνης σάρωσης και αποστάσεων τομών	86
Σχήμα 5.3 Μετρήσεις 2 ^{ης} Μέρας – Απόδοση στο σχέδιο πλεύσης	90
Σχήμα 5.4 Μετρήσεις 4 ^{ης} Μέρας – Απόδοση στο σχέδιο πλεύσης	93
Σχήμα 6.1 Απόδοση του συνόλου των μετρήσεων στο σχέδιο πλεύσης	95
Σχήμα 6.2 Τρίγωνα Ψηφιακού Μοντέλου Βυθού προγράμματος Contour	96
Σχήμα 6.3 Ισοβαθείς καμπύλες Ψηφιακού Μοντέλου Βυθού προγράμματος Contour	96
Σχήμα 6.4 Ψηφιακό μοντέλο Βυθού προγράμματος CONTOUR	97
Σχήμα 6.5 Ψηφιακό μοντέλο Βυθού προγράμματος SURFER	98
Σχήμα 6.6 Ψηφιακό μοντέλο Βυθού προγράμματος SURFER – Πρώτη Απεικόνιση	99
Σχήμα 6.7 Ψηφιακό μοντέλο Βυθού προγράμματος SURFER – Δεύτερη Απεικόνιση	100
Σχήμα 6.8 Ψηφιακό μοντέλο Βυθού προγράμματος SURFER – Τρίτη Απεικόνιση	100
Σχήμα 6.9 Σχέδιο πλεύσης και προσδιορισμός τομών	102
Σχήμα 6.10 Τμήμα σχεδίου ισοβαθών και πρωτογενών μετρήσεων	108

Ευρετήριο Σχεδίων

Σχέδιο 6.1 Σχέδιο Τομής 6 Πρωτογενών μετρήσεων και Ψηφιακού Μοντέλου Βυθού	104
Σχέδιο 6.2 Σχέδιο Τομής 30 Πρωτογενών μετρήσεων και Ψηφιακού Μοντέλου Βυθού	105

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1.1 Βυθομετρικός χάρτης της Σαντορίνης του 1848 (πηγή: http://www.santoriniinfo.gr/)	14
Εικόνα 1.2 Δορυφορική φωτογραφία LANDSAT της Κεντρικής Ελλάδας και βυθομετρία του Κορινθιακού Κόλπου (πηγή: http://iteanet.blogspot.com/)	16
Εικόνα 1.3 Υδρολογική – Γεωφυσική μελέτη (πηγή: http://www.geotriseis.adeies.gr/)	17
Εικόνα 1.4 Απόσπασμα χάρτη ναυσιπλοΐας Σαρωνικού Κόλπου (πηγή: http://educandus.forumotion.com/)	18
Εικόνα 1.5 Πλωτή εξέδρα για την διεκπεραίωση εργασιών θεμελίωσης ανεμογεννητριών (πηγή: http://www.nautilia.gr/)	19
Εικόνα 1.6 Αγωγοί διάθεσης λυμάτων (Αρχείο Βιολογικού Καθαρισμού Ελευσίνας)	20
Εικόνα 1.7(α),(β) Σεισμικό ερευνητικό σκάφος (αριστερά), Ερευνητικό σκάφος, σεισμικές πηγές και απολήξεις σεισμικών καλωδίων (δεξιά)	21
Εικόνα 1.8 Εξέδρα εντοπισμού και άντλησης φυσικού αερίου (πηγή: http://www.gothassos.com/gr)	22
Εικόνα 1.9 Βυθομετρικός χάρτης του δυτικού κόλπου του Αβουκίρ, στην Αίγυπτο, στον οποίο έχουν σημειωθεί τα ευρήματα και οι θέσεις των δύο αρχαίων πόλεων της Ανατολικής Κανώβου και της Ηράκλειας (πηγή: Goddio, 2007)	23
Εικόνα 1.10 Υποθαλάσσιο “ενεργό” ποτάμι στον Εύξεινο Πόντο (πηγή: http://grizosgatos.blogspot.com/)	24
Εικόνα 2.1.(α),(β) Μαγνητική πυξίδα (αριστερά), Γυροσκοπική πυξίδα Anschütz (δεξιά) (πηγή: http://why.gr/ , http://el.wikipedia.org)	33
Εικόνα 2.2.(α),(β) Θεοδόλιχος (αριστερά), Εξάντας (δεξιά) (πηγή : http://www.google.gr/ , http://el.wikipedia.org/)	33
Εικόνα 2.3.(α),(β),(γ) Τηλέμετρο (αριστερά), EDM (μέση), Οπτικός θεοδόλιχος (αριστερά) (πηγή: Διπλωματική εργασία Κασκουρά Βασιλικής, http://dSPACE.lib.ntua.gr/ , http://www.astronomy.gr/ , http://www.google.gr/)	34
Εικόνα 2.4 Σταθμοί μετάδοσης Omega (πηγή: C.D. de Jong, 2010)	36
Εικόνα 2.5 Κάλυψη του συστήματος πλοήγησης Loran-C και Chayaka στην Ευρώπη (πηγή: C.D. de Jong, 2010)	38
Εικόνα 2.6 Δορυφόρος GPS σε τροχιά (πηγή: Δ.Ε Μ. Δημοπούλου, 2008)	38
Εικόνα 2.7 Διαφορικό δορυφορικό σύστημα (DGPS) (πηγή: Κομπιάδου, 2007)	43
Εικόνα 2.8 Βόλιση από φρεγάτα, αρχές 19ου αιώνα. (πηγή: http://el.wikipedia.org/)	47
Εικόνα 2.9.(α),(β) Καλαδούρι (αριστερά), Σκαντάγιο με ειδικές σημάνσεις ανά μέτρο (δεξιά) (πηγή: http://fishingmania.pblogs.gr)	48
Εικόνα 2.10 Βυθομέτρηση με την μέθοδο των γριπίσεων (πηγή: http://celebrating200years.noaa.gov/)	49
Εικόνα 2.11 Ζώνη αλοκλινούς (πηγή: Κομπιάδου, Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, http://users.auth.gr/)	53
Εικόνα 2.12 Ζώνη πυκνοκλινούς (πηγή: Κομπιάδου, Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, http://users.auth.gr/)	53
Εικόνα 2.13 Εποχιακή μεταβολή της θερμοκρασίας της στήλης του νερού (πηγή: Κομπιάδου, Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, http://users.auth.gr/)	54
Εικόνα 2.14 Μορφολογική αποτύπωση βυθού με χρήση ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης	56
Εικόνα 2.15 Χάρτης υψηλής ανάλυσης του πυθμένα του Ινδικού Ωκεανού (πηγή: http://portal.survey.ntua.gr/)	58

Εικόνα 2.16 Βυθοσκόπηση παράκτιων περιοχών με χρήση Αερομεταφερόμενου Βυθομέτρου Laser (πηγή: http://portal.survey.ntua.gr/ , Β. Καψημάλη, Κ. Παυλόπουλος, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο)	59
Εικόνα 2.17 Γενική μορφολογική διάπλαση του ωκεάνιου πυθμένα με χρήση δορυφορικής υψομετρίας (πηγή: http://portal.survey.ntua.gr/ , Β. Καψημάλη, Κ. Παυλόπουλος, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο)	60
Εικόνα 3.1 Εγκαταστάσεις Βιολογικού Καθαρισμού (πηγή: Αρχείο Βιολογικού Καθαρισμού Θριασίου Πεδίου)	70
Εικόνα 3.2 Τοποθεσία Βιολογικού Καθαρισμού (πηγή: http://www.google.com/earth)	70
Εικόνα 3.3 Αγωγοί Διάθεσης (πηγή: Αρχείο Βιολογικού Καθαρισμού Θριασίου Πεδίου)	73
Εικόνα 3.4 Σχέδια μελέτης Έργου και Ισοβαθείς καμπύλες πυθμένα υποθαλάσσιας περιοχής ενδιαφέροντος (πηγή: Αρχείο Βιολογικού Καθαρισμού Θριασίου Πεδίου, http://www.google.com/earth)	74
Εικόνα 3.5 Επισήμανση τμήματος προς αποτύπωση στις ισοβαθείς καμπύλες πυθμένα της υποθαλάσσιας περιοχής ενδιαφέροντος (πηγή: Αρχείο Βιολογικού Καθαρισμού Θριασίου Πεδίου, http://www.google.com/earth)	74
Εικόνα 3.6.(α),(β) Πόντιση των αγωγών διάθεσης (πηγή: Αρχείο Βιολογικού Καθαρισμού Θριασίου Πεδίου)	75
Εικόνα 4.1 Δέκτης GPS Trimble R8 (αριστερά), χειριστήριο (δεξιά) (πηγή: http://www.madsenlandssurveying.com/)	78
Εικόνα 4.2 Ηχοβολιστικό σύστημα SonarMite v3 (πηγή: http://www.survey-solutions-scotland.co.uk/)	80
Εικόνα 4.3 Προσαρμογή δέκτη GPS στη λέμβο καταγραφής	82
Εικόνα 4.4 Προσαρμογή μεταλλικής κατασκευής στην λέμβο	82
Εικόνα 5.1 Οριοθέτηση τμήματος προς αποτύπωση	83
Εικόνα 5.2 Επισήμανση σχεδίου πλεύσης	84
Εικόνα 5.3.(α) 1 ^η Μέρα μετρήσεων- Τοποθέτηση βάσης GPS	87
Εικόνα 5.3.(β) 1 ^η Μέρα μετρήσεων – Βυθομετρικές μετρήσεις	88
Εικόνα 5.4.(α), (β) 2 ^η Μέρα μετρήσεων – Βυθομετρικές μετρήσεις	89
Εικόνα 5.5 2 ^η Μέρα μετρήσεων – Τοποθέτηση σηματοδύρων	90
Εικόνα 5.6 2 ^η Μέρα μετρήσεων – Καλιμπράρισμα Ηχοβολιστικού Συστήματος	91

ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κατασκευή μεγάλων τεχνικών έργων προϋποθέτει την συνεχή παρακολούθηση και έλεγχο τους κατά την διάρκεια των εργασιών κατασκευής αλλά και μετά το πέρας αυτών προκειμένου να εξασφαλιστεί η υλοποίηση της σύμφωνα με τον σχεδιασμό της. Όσο αναφορά τα υποθαλάσσια έργα οι απαιτήσεις και ο βαθμός δυσκολίας τους διαφοροποιείται σε σχέση με τα συνήθη έργα σε όλες τις φάσεις κατασκευής, τις διαδικασίες χάραξης, αποτύπωσης και ποιοτικού ελέγχου για τον προφανή λόγο ότι όλες οι εργασίες γίνονται πάνω και κάτω από την επιφάνεια του νερού αυξάνοντας έτσι την δυσκολία και μειώνοντας την τελική ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

Οι υδρογραφικές αποτυπώσεις από παλιά έχουν πολλές εφαρμογές σε πολλούς τομείς και σε διάφορες επιστήμες και γίνονται πάντα με τον συνδυασμό οργάνων οριζοντιογραφικού και υψομετρικού (βυθομετρικού) προσδιορισμού. Σήμερα ο πλέον αποδεκτός τρόπος βυθομετρικής αποτύπωσης στηρίζεται στον συνδυασμό κινηματικού δορυφορικού εντοπισμού με ηχοβολιστικά όργανα μέτρησης του βυθού. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια τμήματος της διπλωματικής εργασίας για την υδρογραφική αποτύπωση της θέσης υποθαλάσσιων αγωγών λυμάτων του Βιολογικού Καθαρισμού του Θριασίου Πεδίου. Η δομή της εργασίας είναι η εξής:

Στο Πρώτο Κεφάλαιο δίνονται οι βασικές έννοιες που αφορούν τις υδρογραφικές αποτυπώσεις. Επίσης περιγράφεται η σχέση της με άλλες επιστήμες, και τέλος, γίνεται αναφορά στις βασικές εφαρμογές της.

Το Δεύτερο Κεφάλαιο αναφέρεται στις διαδικασίες και μεθόδους υδρογραφικής αποτύπωσης και ειδικότερα στις διαδικασίες οριζοντιογραφικού και βυθομετρικού εντοπισμού. Αναλύονται οι τεχνικές που εφαρμόζονται διαχρονικά με την εξέλιξη της τεχνολογίας, οι παράμετροι που καθορίζουν την υλοποίηση της υδρογραφικής αποτύπωσης, οι ακρίβειες που επιτυγχάνονται και ζητήματα που αφορούν στην επεξεργασία οριζοντιογραφικού και βυθομετρικού προσδιορισμού σε ένα ενιαίο αποτέλεσμα.

Στο Τρίτο Κεφάλαιο περιγράφεται το Έργο <<ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ & ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΘΡΙΑΣΙΟΥ ΠΕΔΙΟΥ>>, οι βασικές μονάδες επεξεργασίας του , η ροή της επεξεργασίας των λυμάτων. Έμφαση δίνεται στην διαδικασία συναρμολόγησης, πόντισης και βυθοκόρησης των δύο υποθαλάσσιων αγωγών λυμάτων οι οποίοι άπτονται άμεσα του αντικειμένου της διπλωματικής εργασίας.

Στο Τέταρτο Κεφάλαιο γίνεται περιγραφή του γεωδαιτικού εξοπλισμού και των τεχνικών προδιαγραφών του, ο οποίος επιλέχθηκε για την υλοποίηση της υδρογραφικής αποτύπωσης, τα κριτήρια που οδήγησαν στην επιλογή του, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο αυτός προσαρμόστηκε στο σκάφος πλοήγησης. Τέλος, γίνεται επισκόπηση της περιοχής μελέτης και του υποθαλάσσιου τμήματος αποτύπωσης, βάσει των οποίων προέκυψε το σχέδιο πλεύσης.

Το Πέμπτο Κεφάλαιο περιλαμβάνει αναλυτική περιγραφή των εργασιών πεδίου και συλλογής δεδομένων της υδρογραφικής αποτύπωσης. Ειδικότερα, εξετάζονται οι ακρίβειες που μπορούν να επιτευχθούν με τον διαθέσιμο εξοπλισμό, οι παράμετροι οι οποίες συνέβαλαν στις διαδικασίες αποτύπωσης και γίνεται αναλυτική περιγραφή των μετρήσεων – αποτυπώσεων που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή μελέτης.

Στο Έκτο Κεφάλαιο αναλύονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που αποδίδονται με την μορφή μηκοτομών και διατομών, καθώς και, με το ψηφιακό μοντέλο βυθού της περιοχής μελέτης και περιγράφονται οι διαδικασίες εξαγωγής τους. Τέλος, γίνονται οι συγκρίσεις των δύο μεθόδων παραγωγής των τομών μεταξύ τους και ως προς τα σχέδια μελέτης του έργου.

Τέλος, στο Έβδομο Κεφάλαιο αξιολογούνται τα αποτελέσματα λειτουργικότητας των οργάνων, της τελικής ποιότητας που επιτεύχθηκε και του συνόλου της εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΑΣ

1.1 Υδρογραφία και Υδρογραφικές Αποτυπώσεις – Αντικείμενο και Βασικοί Ορισμοί

1.1.1. Γενικά

Η Υδρογραφία είναι η επιστήμη με αντικείμενό την συστηματική γεωδαιτική μελέτη, την αποτύπωση της επιφάνειας της γης και καταγραφής των χαρακτηριστικών της που καλύπτεται από νερό. Κύριος σκοπός της αποτελεί η παροχή ασφαλών βοηθημάτων επιστημονικά αλλά και πρακτικά διατυπωμένων για να εξυπηρετήσει κλάδους της ναυσιπλοΐας (ασφαλή πλοήγηση), την κατασκευή παρακτίων εγκαταστάσεων, εκμετάλλευσης ενάλιου και υποθαλάσσιου πλούτου, καθώς ακόμα και της προστασίας του εν λόγω περιβάλλοντος. Η κλίμακα των αποτυπώσεων αυτών κυμαίνεται από μία λίμνη, ένα ποταμό έως και τους ωκεανούς.

Υδρογραφικές αποτυπώσεις πραγματοποιούνται στις παράκτιες ζώνες και αφορούν στη συντήρηση και βυθοκόρηση λιμανιών και μαρίνων, μελετών παράκτιας διάβρωσης καθώς και αναπαράστασης και οριοθέτησης της ακτογραμμής. Μία δεύτερη κατηγορία υδρογραφικών αποτυπώσεων αφορά αυτές της ανοιχτής θάλασσας που εξυπηρετούν σκοπούς εντοπισμού και αξιοποίησης υποθαλάσσιων ορυκτών πόρων, απόδοσης ναυτικών χαρτών και διαγραμμάτων και την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

1.1.2. Στάδια Υδρογραφικής Αποτύπωσης

Μία υδρογραφική αποτύπωση περιλαμβάνει το σχεδιασμό, τη συλλογή και την επεξεργασία των μετρήσεων, οι οποίες είναι απαραίτητες για τον οριζοντιογραφικό προσδιορισμό της θέσης και τον υπολογισμό του βάθους. Αρχικά επιλέγεται ο κατάλληλος εξοπλισμός, δηλαδή τα όργανα τα οποία είναι απαραίτητα για τον προσδιορισμό της θέσης και του βάθους ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής, τις απαιτούμενες προδιαγραφές (ακρίβεια, τρόπος απόδοσης) και το μέγεθος της περιοχής μελέτης και η διάταξη με την οποία αυτός θα προσαρμοστεί στο υδρογραφικό σκάφος. Μελετάται και προσδιορίζεται ο τρόπος συγχρονισμού των δύο οργάνων για τη ταυτόχρονη λήψη μετρήσεων και την δυνατότητα απόδοσης των αποτελεσμάτων σε αξιοποιήσιμη μορφή. Ακολούθως γίνεται μελέτη της περιοχής όπου θα πραγματοποιηθεί υδρογραφική αποτύπωση από ήδη υπάρχοντα σχέδια, ναυτικά διαγράμματα ή χάρτες και υλοποιείται το σχέδιο πλεύσης και οι

παράμετροι που προσδιορίζουν την πυκνότητα των μετρήσεων και την ταχύτητα πλεύσης του σκάφους. Πραγματοποιείται έλεγχος των οργάνων για τον προσδιορισμό της ακρίβειας που αποδίδουν. Στα ηχοβολιστικά όργανα υπάρχει πιθανότητα μεταφοράς συστηματικού σφάλματος στις μετρήσεις λόγω μεταβολής της ταχύτητας του ήχου καθώς κινείται κατακόρυφα σε μεγαλύτερα βάθη. Εάν κρίνεται απαραίτητο η τιμή αυτή χρησιμοποιείται ως διόρθωση στις μετρήσεις. Σε ευνοϊκές καιρικές συνθήκες πραγματοποιείται η υδρογραφική αποτύπωση βάσει του σχεδίου πλεύσης και καταγράφονται σε αποθηκευτικά μέσα τα αποτελέσματα. Από τα δεδομένα αυτά γίνεται επεξεργασία όσων κρίνονται χρήσιμα για τη απόδοση της υδρογραφικών αποτυπώσεων και γίνονται εάν κρίνεται απαραίτητο οι απαραίτητες διορθώσεις λόγω επιρροών της παλίρροιας, των κυμάτων ή ταλαντώσεων των υδάτων κατά την διάρκεια των μετρήσεων. Σε τελικό στάδιο δίνονται τα αποτέλεσμα μετά από σχεδιασμό σε κατάλληλο προγραμματιστικό πεδίο σχεδιασμού υπό την μορφή μηκοτομών, διατομών, ψηφιακών μοντέλων, διαγραμμάτων ή χαρτών.

1.1.3. Διαφορές μεταξύ Επίγειων και Υδρογραφικών Αποτυπώσεων

Οι υδρογραφικές αποτυπώσεις συνιστούν μία ξεχωριστή κατηγορία τοπογραφικών αποτυπώσεων. Οι συνθήκες πεδίου είναι εντελώς διαφορετικές με αποτέλεσμα η διαδικασία λήψης και επεξεργασίας των μετρήσεων, οι χρησιμοποιούμενες μεθοδολογίες και ο απαιτούμενος εξοπλισμός να είναι πολύ διαφορετικά από αυτά που εφαρμόζονται στις συνήθεις τοπογραφικές εργασίες. Ειδικότερα, οι βασικές διαφορές μεταξύ κλασικών τοπογραφικών και υδρογραφικών αποτυπώσεων είναι:

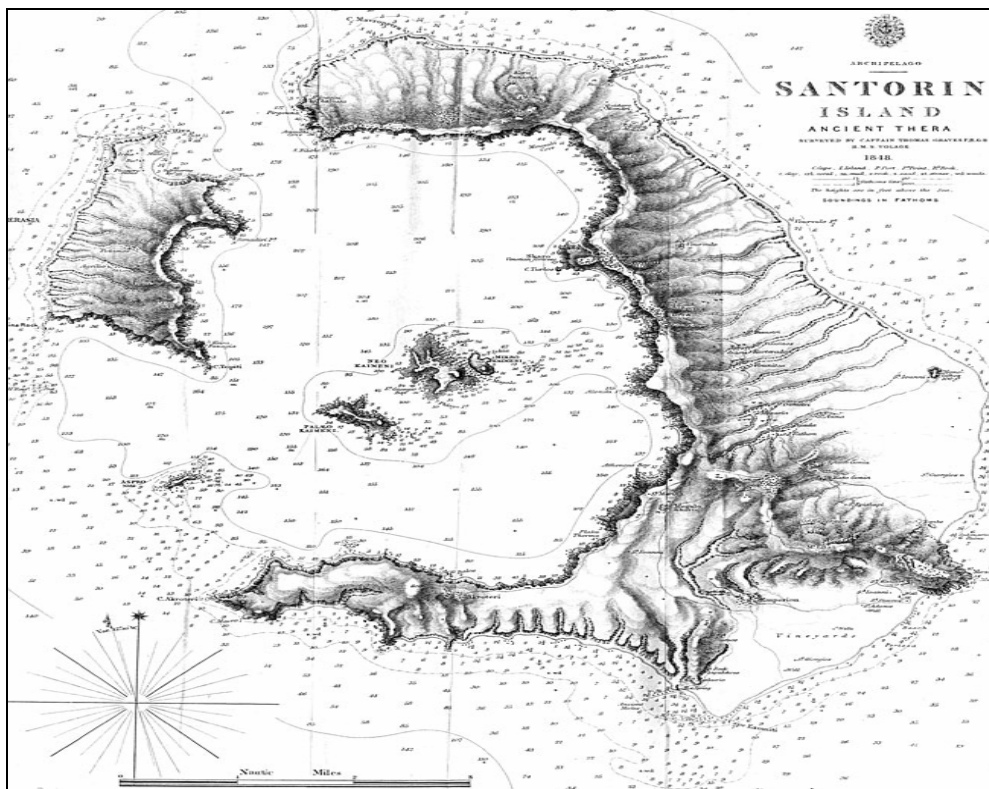
Κατά την διεκπεραίωση των υδρογραφικών αποτυπώσεων το αντικείμενο μελέτης βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια του νερού, έτσι δεν υπάρχει η δυνατότητα φυσικής ή/και οπτικής επαφής με αυτό σε αντίθεση με τις επίγειες αποτυπώσεις που η αποτυπωθείσα περιοχή βρίσκεται επί του πεδίου μετρήσεων.

Επιπλέον κατά την διάρκεια των υδρογραφικών αποτυπώσεων δεν είναι εφικτός ο έλεγχος των μετρήσεων από κάποιο άλλο σημείο με γνωστές συντεταγμένες εκτός από αυτό που έχει γίνει η εξάρτηση του συστήματος αναφοράς, καθώς επίσης, είναι δυσχερής και η εξασφάλιση «σταθερών» σημείων. Επιπλέον στις υδρογραφικές αποτυπώσεις δεν είναι δυνατή η λήψη πολλαπλών μετρήσεων για ένα σημείου λόγω διαρκής κίνησης του σκάφους σε αντίθεση με την επίγεια τοπογραφία που γίνεται συλλογή μετρήσεων σε κάθε επόμενη χρονική στιγμή.

Τέλος άλλες επιπλέον διαφορές των κλασικών τοπογραφικών και υδρογραφικών αποτυπώσεων αφορούν τον περιορισμό στον χρόνο για την εκτέλεση των μετρήσεων, την

δυσκολία των μετρήσεων σε περίπτωση που ο βυθός παρουσιάζει μεγάλη ανομοιομορφία, την απαίτηση ταυτόχρονης μέτρησης πολλών παραμέτρων/στοιχείων (βάθος, θέση σκάφους, σφάλματα λόγω τρισδιάστατης κίνησης του πλοίου, έρευνα βυθού) και τέλος το μεγάλο κόστος της τεχνικής εργασίας σε σχέση με τις αντίστοιχες χερσαίες.

1.2 Η Σχέση της Υδρογραφίας με άλλες Επιστήμες



Εικόνα 1.1 Βυθομετρικός χάρτης της Σαντορίνης του 1848 (πηγή: <http://www.santoriniinfo.gr/>)

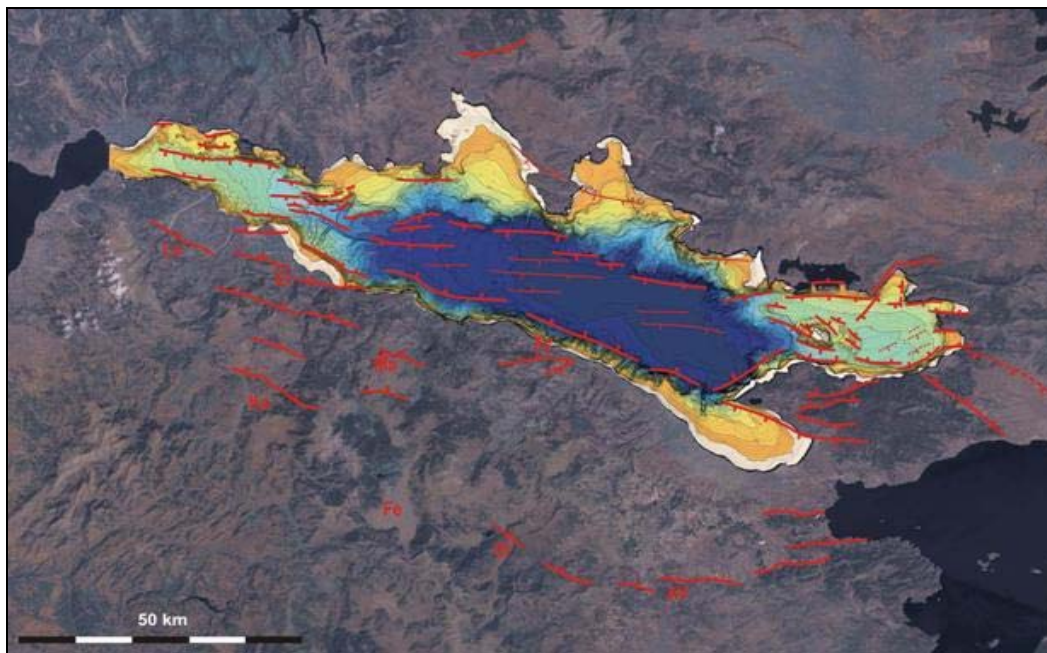
Η επιστήμη της υδρογραφίας αποτελεί κλάδο της επιστήμης της Γεωδαισίας-Τοπογραφίας. Συνίσταται στην απόδοση πληροφορίας οριζοντιογραφικής και βάθους. Το τελικό προϊόν μίας υδρογραφικής εργασίας απαιτεί την παραγωγή χάρτη. Για το λόγο αυτό έχει άμεση συσχέτιση με την χαρτογραφία. Ο τρόπος επικοινωνίας και η τελική αναπαράσταση της πληροφορίας είναι ως επί των πλείστων, ένας υδρογραφικός – ωκεανογραφικός χάρτης. Ένας υδρογράφος – τοπογράφος πρέπει να έχει τις απαιτούμενες γνώσεις να συγκεντρώνει, να εκτιμά και να τοποθετεί κατάλληλα επάνω σε ένα χάρτη διάφορα τοπογραφικά στοιχεία. Παραδοσιακά έπρεπε να συμπεριλαμβάνεται όλη η συλλεγόμενη πληροφορία, ώστε να εξυπηρετούνται όλοι οι χρήστες. Σήμερα αυτό εξαρτάται από μία ποικιλία χρηστών των ναυτικών δεδομένων. Πολλοί χρήστες ενδιαφέρονται για μία ζώνη σε συγκεκριμένη απόσταση από την ξηρά, άλλοι για την παρακολούθηση της μόλυνσης του υδάτινου περιβάλλοντος κ.ο.κ. Αυτό οδήγησε στην παραγωγή θεματικών υδρογραφικών χαρτών (χάρτες αλιευτικοί, βυθομετρικοί κ.λπ.) και είναι ευθύνη του υδρογράφου – τοπογράφου να γνωρίζει το είδος και τη ποσότητα των δεδομένων που πρέπει να συλλέξει και να

απεικονίσει. Εκείνο όμως που καθιστά σήμερα τη χαρτογραφία πολύ χρήσιμη για την υδρογραφία είναι η αυτοματοποίηση των εργασιών κατά κύριο λόγο στο σκάφος, αλλά και στο γραφείο.

Στο στάδιο υλοποίησης υδρογραφικών εργασιών από τα χρησιμοποιούμενα σήμερα συστήματα προσδιορισμού θέσης προκύπτουν είτε αυτόματα είτε ως συνδυασμός πολλαπλών συστημάτων, περισσότερες από μία παρατηρήσεις σε κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή (πλεονάζουσες παρατηρήσεις). Ακόμα σε κάθε μέτρηση είναι απαραίτητη και η καταγραφή της αντίστοιχης χρονικής πληροφορίας. Για τον λόγο αυτό η επιστήμη – θεωρία των συνορθώσεων είναι ρητά συνδεδεμένη με την επιστήμη στις υδρογραφίας. Στις πλεονάζουσες παρατηρήσεις είναι δυνατό να εφαρμοστούν τεχνικές συνόρθωσης σε πραγματικό χρόνο (εν πλω), που βελτιώνουν την ακρίβεια προσδιορισμού της θέσης ενός πλοίου στη θάλασσα. Σήμερα πολλές εταιρείες, που ασχολούνται με την παραγωγή δεκτών GPS, παράγουν και ολοκληρωμένα συστήματα πλοήγησης, συνοδευόμενα από ανάλογους ηλεκτρονικούς χάρτες. Τα συστήματα αυτά συνδυάζουν συνήθως τις μετρήσεις από τον δορυφορικό δέκτη και κάποιο άλλο ή άλλα όργανα του σκάφους (πυξίδα, ραντάρ, δρομόμετρο, ραδιοσύστημα, ηχοβολιστής). Στην εκ των υστέρων συνόρθωση των παρατηρήσεων χρησιμοποιούνται και στην υδρογραφία οι κλασικοί αλγόριθμοι συνόρθωσης της τοπογραφίας / γεωδαισίας.

Η υδρογραφία έχει κοινό πεδίο εφαρμογής και με την επιστήμη της Φωτογραμμετρίας και Τηλεπισκόπησης. Η υλοποίηση υδρογραφικών αποτυπώσεων ακτών και της ακτογραμμής γίνεται μέσω αεροφωτογραφιών. Άλλες εφαρμογές είναι ο εντοπισμός ναυαγίων, ο προσδιορισμός διευθύνσεων και αποστάσεων, ο εντοπισμός και ο καθορισμός θέσης καναλιών και η εκτίμηση του βάθους τους και ο προσδιορισμός της έκτασης ιζηματογενών αποθέσεων στις εκβολές ποταμών στη θάλασσα και η διαχρονική μετακίνησή τους.

Για καθεμία από τις παραπάνω εφαρμογές χρησιμοποιούνται διαφορετικές τεχνικές. Για παράδειγμα, η επιφανειακή ροή (διεύθυνση, ταχύτητα) μπορεί να προσδιορισθεί με φωτογράφιση επιπλεόντων στόχων κατά τακτά χρονικά διαστήματα ενώ ο προσδιορισμός του βάθους γίνεται με αναλυτικές φωτογραμμετρικές τεχνικές κατά κανόνα σε πειραματική μορφή. Φωτογραμμετρικές τεχνικές απεικόνισης εφαρμόζονται σε περιοχές με δύσκολη πρόσβαση, όπως είναι οι θαλάσσιοι ύφαλοι και απομονωμένες παράκτιες περιοχές. Αξιοσημείωτη είναι η συμβολή της τηλεπισκόπησης με την χρήση δορυφόρων (όπως οι SPOT και LANDSAT) σε διαφορετικές περιοχές του φάσματος ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, με την αξιοποίηση ειδικών φίλτρων στην χαρτογράφηση αβαθών θαλάσσιων εκτάσεων και λιμνών με καθαρά ως επί των πλείστων ύδατα.



Εικόνα 1.2 Δορυφορική φωτογραφία LANDSAT της Κεντρικής Ελλάδας και βυθομετρία του Κορινθιακού Κόλπου (πηγή: <http://iteanet.blogspot.com/>)

Στο στάδιο απόδοσης των αποτελεσμάτων μιας υδρογραφικής εργασίας επιτακτική κρίνεται η αξιοποίηση πολύ βασικών γνώσεων για την ερμηνεία των χρησιμοποιούμενων δεδομένων κατά την σύνταξη υδρογραφικών και ωκεανογραφικών χαρτών. Από το γεγονός αυτό απορρέει η άμεση συσχέτιση της επιστήμης της Υδρογραφίας με την επιστήμη της Γεωλογίας, ιδιαίτερα της παράκτιας. Είναι αναγκαίο σε πολλές περιπτώσεις να υπάρχει η γνώση για την σύσταση του πυθμένα των θαλασσών, τη δομή του (άμμος, λάσπη, πέτρα κ.λπ.), τι είδους ιζήματα συναντώνται στις εκβολές ποταμών, κ.λπ.

Τέλος οι υδρογραφικές αποτυπώσεις συνδυάζονται άμεσα και με άλλες εργασίες, γίνονται παράλληλα συλλογές δεδομένων πολλών παραμέτρων και δειγματοληψίες διαφορετικών στοιχείων. Πραγματοποιούνται συγκεκριμένα βαρυτημετρικές και γεωφυσικές μετρήσεις. Στη θάλασσα, επειδή το πλοίο μπορεί να κινηθεί επάνω σε προκαθορισμένη τροχιά (ευθεία γραμμή, παράλληλες γραμμές – παράλληλα πλεύσης, πλέγμα πλεύσης), οι βαρυτημετρικές μετρήσεις γίνονται επάνω σε συγκεκριμένα σημεία αυτών των τομών ή του πλέγματος. Ταυτόχρονα, στα ίδια σημεία είναι δυνατό να γίνουν κάποιες δειγματοληψίες για γεωφυσική επεξεργασία ή μετρήσεις κάποιων ειδικών παραμέτρων, που σχετίζονται με το θαλάσσιο νερό ή βυθό, με όργανα που τοποθετούνται στον πυθμένα. Οι βαρυτημετρικές μετρήσεις στη θάλασσα γίνονται με ειδικά βαρυτήμετρα, που είτε βυθίζονται κοντά στον πυθμένα είτε, σε μια άλλη μορφή, τοποθετούνται στο κατώτερο (εσωτερικό) μέρος του πλοίου.



Εικόνα 1.3 Υδρολογική – Γεωφυσική μελέτη (πηγή:<http://www.geotriseis.adeies.gr/>)

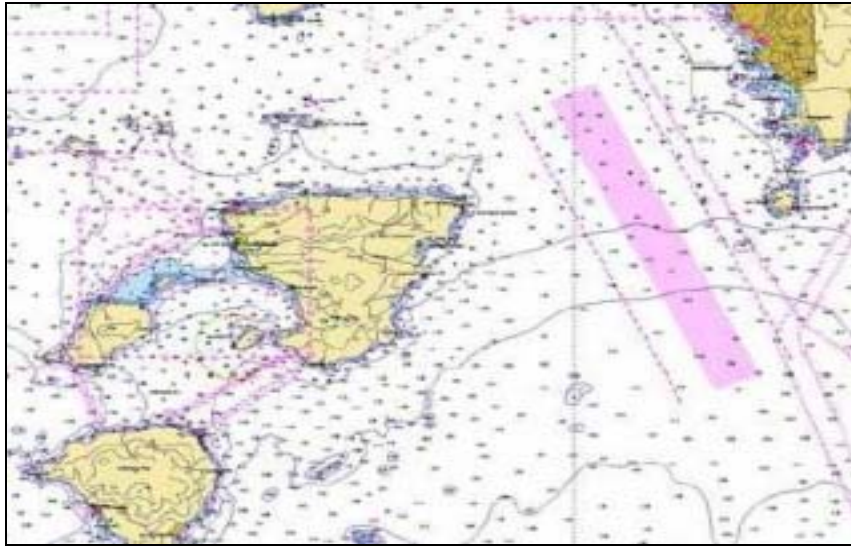
1.3 Βασικά Πεδία Εφαρμογών

1.3.1 Ναυσιπλοΐα

Στην ναυσιπλοΐα είναι σαφώς απαραίτητες οι υδρογραφικές αποτυπώσεις στα πλαίσια της γενικότερης χαρτογράφησης των θαλασσών για τις ασφαλείς μεταφορές των πλωτών μέσων. Στην Ελλάδα, είναι στις αρμοδιότητες της Υδρογραφικής Υπηρεσίας να εξασφαλίζει ότι η συλλογή Υδρογραφικών στοιχείων υλοποιείται με σύγχρονα μέσα και μεθόδους σύμφωνα με τις απαιτήσεις της ασφαλούς Ναυσιπλοΐας και να εκδίδει και διανέμει Ναυτικούς Χάρτες, Πλοηγούς, Φαροδείκτες, Πίνακες Παλιρροιών και άλλες Ναυτιλιακές Πληροφορίες που θεωρούνται απαραίτητες για την ασφαλή Ναυσιπλοΐα. Χωρίς την παροχή αυτών των στοιχείων, που επαληθεύονται από διεθνείς αντίστοιχους οργανισμούς, διακινδυνεύεται η ασφαλής πλοήγηση και κυκλοφορία των πλεούμενων στις θάλασσες.

Τα ναυτικά διαγράμματα τα οποία χρησιμεύουν ως βοηθήματα στην πλοήγηση, εκδίδονται από τον επίσημο εκπρόσωπο της υδρογραφικής υπηρεσίας σε πολλές χώρες. Αυτά τα διαγράμματα θεωρούνται και τα «επίσημα» σε αντίθεση με εκείνα που γίνονται από τους εμπορικούς εκδότες. Η δημιουργία τους είναι βασισμένη σε υδρογραφικές έρευνες. Το ναυτικό διάγραμμα αποτελεί μια γραφική αναπαράσταση της θαλάσσιας περιοχής και των παρακείμενων παράκτιων περιοχών. Ανάλογα με τη κλίμακα του διαγράμματος, μπορεί να παρουσιάζει τα βάθη του νερού και ύψη του εδάφους, φυσικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα του βυθού, λεπτομέρειες της ακτής, κινδύνους πλοήγησης, θέσεις των φυσικών και προκαλούμενων από τον άνθρωπο γνωρισμάτων της θάλασσας, πληροφορίες για τις παλίρροιες και τα ρεύματα, τοπικές λεπτομέρειες του γήινου μαγνητικού πεδίου, και προκαλούμενες από τον άνθρωπο δομές όπως λιμάνια, κτήρια και γέφυρες. Ανάλογα με την επιφάνεια της γης που απεικονίζουν και την συγκεκριμένη χρησιμότητα

τους , διακρίνονται τα εξής είδη χαρτών: Οι γενικοί χάρτες (general sailing charts) οι οποίοι είναι χάρτες μικρής κλίμακας , οι ακτοπλοϊκοί χάρτες (coastal charts) ή χάρτες ναυσιπλοΐας με μεγαλύτερη κλίμακα και οι λιμενοδείκτες ή πορτολάνες (harbor plans) που ονομάζονται και χάρτες λιμανιών και απεικονίζουν περιορισμένη επιφάνεια γης.



Εικόνα 1.4 Απόσπασμα χάρτη ναυσιπλοΐας Σαρωνικού Κόλπου (πηγή: <http://educandus.forumotion.com/>)

1.3.2 Κατασκευή τεχνικών έργων

Στον κατασκευαστικό τομέα υπάρχει ένα ευρύ φάσμα ειδών τεχνικών έργων που μπορεί να υλοποιηθούν. Μια γενική κατηγοριοποίηση αυτών είναι η ακόλουθη:

- ❖ Λιμενικά έργα, μαρίνες και αλιευτικά καταφύγια,
- ❖ Πόντιση αγωγών μεταφοράς πετρελαίου, φυσικού αερίου, λυμάτων και νερού,
- ❖ Πόντιση καλωδίων τηλεπικοινωνιακών και μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας,
- ❖ Κατασκευή υποθαλάσσιων καναλιών



Εικόνα 1.5 Πλωτή εξέδρα για την διεκπεραίωση εργασιών θεμελίωσης ανεμογεννητριών (πηγή: <http://www.nautilia.gr/>)

Κατά την πραγματοποίηση όλων των τεχνικών έργων η συμβολή της υδρογραφίας και, ειδικότερα, των υδρογραφικών αποτυπώσεων είναι καθοριστική. Στα πλαίσια των εργασιών αυτών γίνεται η επιλογή του απαραίτητου και κατάλληλου εξοπλισμού για την έκβαση των μετρήσεων. Αυτός αποτελείται από το υδρογραφικό σκάφος, τα κατάλληλα όργανα για τον οριζοντιογραφικό προσδιορισμό της θέσης και την βυθομέτρηση και το πιθανό ως απαιτούμενο συνοδευτικό υπολογιστικό σύστημα. Με την υδρογραφική μελέτη ορίζεται το σχέδιο πλεύσης, η ταχύτητα του σκάφους και η θέση ή η όδευση του έργου. Ακόμα προσδιορίζονται με υδρογραφικές αποτυπώσεις πριν την έναρξη κατασκευής των έργων οι απαραίτητες εργασίες εκσκαφής που πρέπει να πραγματοποιηθούν, καθώς και, τα απαραίτητα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για την ασφαλή κατασκευή τους βάσει εντοπισμού πιθανών εμποδίων του θαλάσσιου πυθμένα ή φυσικών παραμέτρων που μπορεί να επιδράσουν δυσμενώς στο έργο. Πολύ σημαντική είναι η πραγματοποίηση υδρογραφικών αποτυπώσεων και κατά την διάρκεια των εργασιών κατασκευής των έργων για τον συνεχή έλεγχο ποιότητας και ευστοχίας τους, που συνεπάγεται σωστή οριζοντιογραφική και βυθομετρική τοποθέτηση τους και των τμημάτων αυτών, με τις απαιτούμενες προδιαγραφές ακρίβειας. Τέλος, μετά το πέρας των εργασιών είναι καθοριστική η υδρογραφική αποτύπωση για τους ίδιους λόγους αλλά και για την συντήρηση των έργων και δημιουργία αρχείων με την υφιστάμενη κατάσταση κατασκευής τους προκειμένου τα αρχεία αυτά να είναι διατεθειμένα σε πιθανές επόμενες μελέτες ή επεκτάσεις αυτών.

Αξίζει να αναφερθεί, ωστόσο, ότι το κάθε έργο έχει την δική του ιδιαιτερότητα και έχει κάποιες ιδιαίτερες απαιτήσεις. Για τα λιμενικά έργα και τις μαρίνες γενικότερα απαιτείται

θαλάσσια γεωλογική έρευνα για το είδος των πετρωμάτων και ιζημάτων πάνω στα οποία θα υλοποιηθεί το έργο και τη γεωτεχνική συμπεριφορά των υλικών αυτών, μέσω ειδικής σάρωσης της περιοχής με τη μορφή πλέγματος γραμμών πλεύσης. Αντίστοιχα, για την πόντιση υποθαλάσσιων αγωγών αλλά και καλωδίων πολύ σημαντική είναι η δημιουργία λεπτομερών βυθομετρικών χαρτών της περιοχής ενδιαφέροντος για την απόδοση όλων των πιθανών μορφολογικών χαρακτηριστικών του πυθμένα και ιδιαίτερα για την πόντιση καλωδίων καθοριστικής σημασίας είναι η τήρηση προδιαγεγραμμένης πορείας του σκάφους, δηλαδή της γραμμής όδευσης. Ενώ όσο αναφορά τις υποθαλάσσιες σήραγγες σημαντική είναι η συνεχής παρακολούθηση τους για τον εντοπισμό πιθανών σημείων θραύσης τους.



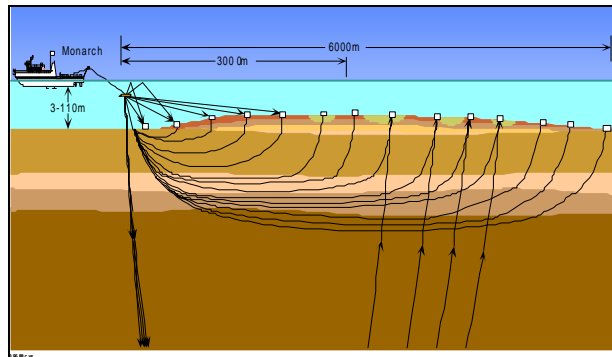
Εικόνα 1.6 Αγωγοί διάθεσης λυμάτων (Αρχείο Βιολογικού Καθαρισμού Ελευσίνας)

1.3.3 Αναζήτηση και εξόρυξη ενεργειακών πόρων

Οι υδρογραφικές αποτυπώσεις έχουν μεγάλο πεδίο εφαρμογής στην αναζήτηση και εξόρυξη ενεργειακών πόρων. Προκειμένου να πραγματοποιηθούν τέτοιες ενέργειες τίθενται σε εφαρμογή διάφορα είδη δραστηριοτήτων στις οποίες καθοριστική είναι η συμβολή της υδρογραφίας και αυτές είναι:

- ❖ Γεωφυσική – σεισμική έρευνα για την ανεύρεση φυσικών ορυκτών πόρων. Κατά την διαδικασία διεκπεραίωσης μίας τέτοιας εργασίας, ερευνητικά σκάφη με ειδικούς μηχανισμούς προκαλούν σεισμικές δονήσεις, τα κύματα των οποίων μέσω κάποιων γεωφώνων καταγράφονται σε ειδικές μονάδες (βλέπε Σχήμα 1.11). Από την ανάλυση των χρόνων διάδοσης των κυμάτων και η ανάκλασή τους από τα διάφορα στρώματα του θαλάσσιου βυθού εντοπίζονται οι περιοχές με υποθαλάσσιους ορυκτούς πόρους. Απαραίτητη σε τέτοιου είδους έρευνες είναι η χρήση και αξιοποίηση δεδομένων υδρογραφικών αποτυπώσεων για καλύτερη αξιολόγηση των στοιχείων των

πυθμένων. η Τέλος για τη (π.χ. εξέδρες βαρύτητας, μόνιμες σε πασσάλους, αυτούψούμενες εξέδρες κλπ) πρέπει να γίνει λεπτομερής θαλάσσια γεωφυσική έρευνα που να συνοδεύεται από αναλυτική γεωτεχνική έρευνα, αφού τα φορτία που θα ασκηθούν στον πυθμένα από την κατασκευή θα είναι μεγάλα.



Σχήμα 1.1 Σχηματική αναπαράσταση διάδοσης σεισμικών κυμάτων κατά την διενέργεια θαλάσσιας γεωφυσικής έρευνας

- ❖ Εγκατάσταση πλωτής εξέδρας για τον εντοπισμό και εξόρυξη αξιοποιήσιμων κοιτασμάτων πετρελαίου, υδρογονανθράκων και άλλων ορυκτών πόρων. Η σωστή σχεδίαση και κατασκευή εξέδρων πετρελαίου προϋποθέτει τις απαραίτητες υδρογεωλογικές μελέτες για τον προσδιορισμό των στοιχείων από τα οποία αποτελείται ο πυθμένας των θαλασσών και των υλικών των οποίων βρίσκονται πάνω από αυτόν και κάτω από την επιφάνεια του νερού. Επιπρόσθετα απαιτούνται γεωτεχνικές μελέτες για τον προσδιορισμό του τρόπου και θέσης κατασκευής των εξεδρών και κρίνονται καθοριστικά και τα υδρογραφικά δεδομένα της περιοχής για την τοποθεσία εγκατάστασης του έργου, καθώς και, για την παρακολούθηση στις εργασίες κατασκευής του και την συντήρηση του.



Εικόνα 1.7(α),(β) Σεισμικό ερευνητικό σκάφος (αριστερά), Ερευνητικό σκάφος, σεισμικές πηγές και απολήξεις σεισμικών καλωδίων (δεξιά)

- ❖ Εντοπισμός υποθαλάσσιων ορυκτών πόρων. Οι θάλασσες, ιδιαίτερα οι πιο βαθιές περιοχές τους, αποτελούν βασική πηγή ορυκτών καυσίμων και πιθανή πηγή άλλων ενεργειακών αποθεμάτων. Οι υποθαλάσσιες αποτυπώσεις βοηθούν στην χαρτογράφηση του υπεδάφους της θαλάσσιας περιοχής και τα αποτελέσματα αυτών δείχνουν τα αποθέματα των εν λόγω μετάλλων στην έκταση αυτή, πράγμα το οποίο αποτελεί βασική προϋπόθεση για την έναρξη της συστηματικής εξόρυξης αυτών. Ακόμα η χαρτογράφηση των ένυδρων αερίων αποτελεί, για παράδειγμα, έναν τομέα όπου απαιτείται περισσότερη έρευνα για την αξιολόγηση της σημασίας τους από την άποψη τόσο του κινδύνου (υποθαλάσσιες κατολισθήσεις και καθιζήσεις) όσο και ως νέας πηγής ενέργειας.

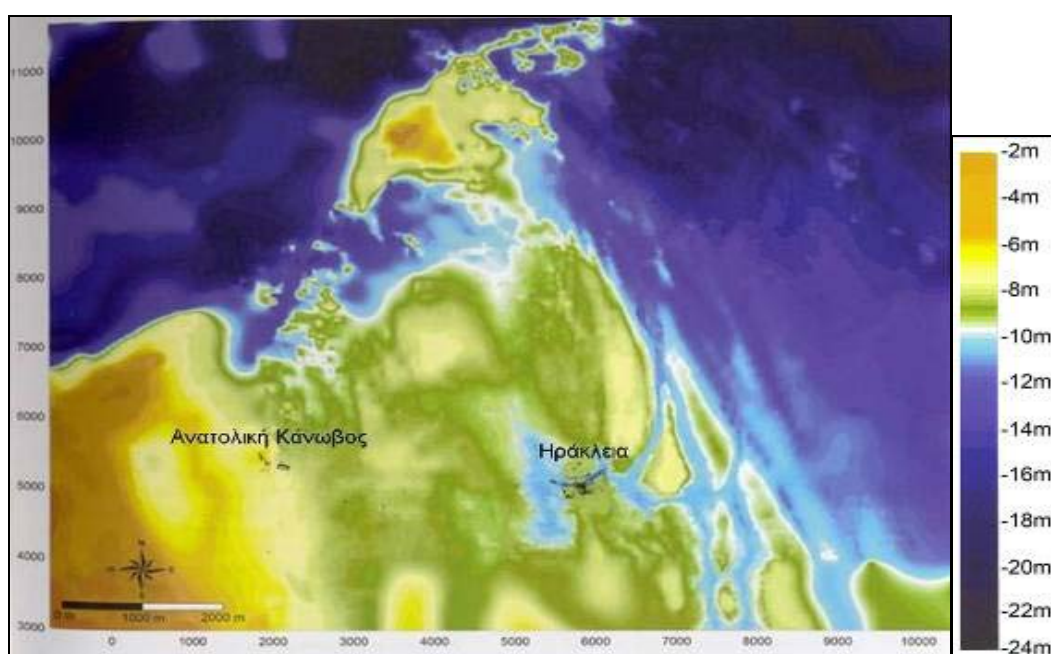


Εικόνα 1.8 Εξέδρα εντοπισμού και άντλησης φυσικού αερίου (πηγή: <http://www.gothassos.com/gr>)

1.3.4 Φυσική και Αρχαιολογική Ωκεανογραφία

Η δημιουργία παραθαλάσσιων οικισμών και η κατασκευή λιμενικών εγκαταστάσεων από τα προϊστορικά χρόνια αποτελεί απόδειξη για το ότι ο βυθός των θαλασσών πρέπει να θεωρείται από τους πλουσιότερους στον κόσμο σε ενάλιες πόλεις και σε ναυάγια. Με την αξιοποίηση της υποθαλάσσιας τεχνολογίας πλοήγησης και αποτύπωσης (πολυδεσμικά βυθόμετρα, ηχοβολιστές πλευρικής σάρωσης, τομογράφοι υποδομής πυθμένα, πρωτονιακά μαγνητόμετρα), της τεχνολογίας των υποβρύχιων οχημάτων (επανδρωμένα, κατευθυνόμενα βαθυσκάφη και αυτόνομα υποβρύχια οχήματα) και γενικότερα των ωκεανογραφικών μεθόδων έρευνας είναι εφικτός ο εντοπισμός και η μελέτη ναυαγίων σε μεγαλύτερα βάθη και καταβυθισμένων εγκαταστάσεων όπως οικισμοί και λιμάνια, και η ανάπλαση των παράκτιων περιβαλλόντων παλαιών εγκαταστάσεων. Επιπρόσθετα επιτυγχάνεται η μελέτη της μεταβολής του κλίματος και η σύνδεσή του με την εξέλιξη του

πολιτισμού, η προστασία, η ανάδειξη και η ορθολογική διαχείριση του υποθαλάσσιου πολιτισμικού πλούτου και οι βιογεωχημικές έρευνες σε θέσεις ναυαγίων. Οι υδρογραφικές αποτυπώσεις αποτελούν πλέον δραστηριότητες της υπηρεσίας της υποθαλάσσιας αρχαιολογίας, δημιουργώντας έτσι έναν νέο επιστημονικό κλάδο: την Αρχαιολογική Ωκεανογραφία (Archaeological Oceanography). Τυπικά παραδείγματα θαλάσσιων ερευνών που εντάσσονται στο πεδίο της Αρχαιολογικής Ωκεανογραφίας στην Ελλάδα είναι οι έρευνες που πραγματοποιήθηκαν από την ερευνητική ομάδα του Εργαστηρίου Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας (Ε.ΘΑ.ΓΕ.Φ.Ω.) του Τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών. Η Αρχαιολογική Ωκεανογραφία απαιτεί τη συμβολή διάφορων επιστημονικών ειδικοτήτων, ενώ ως νέος επιστημονικός κλάδος πρέπει να ανιχνεύει και να επεκτείνει συνεχώς τα όριά του προκειμένου να αναδειχθεί και να προστατευτεί ο υποθαλάσσιος πλούτος.



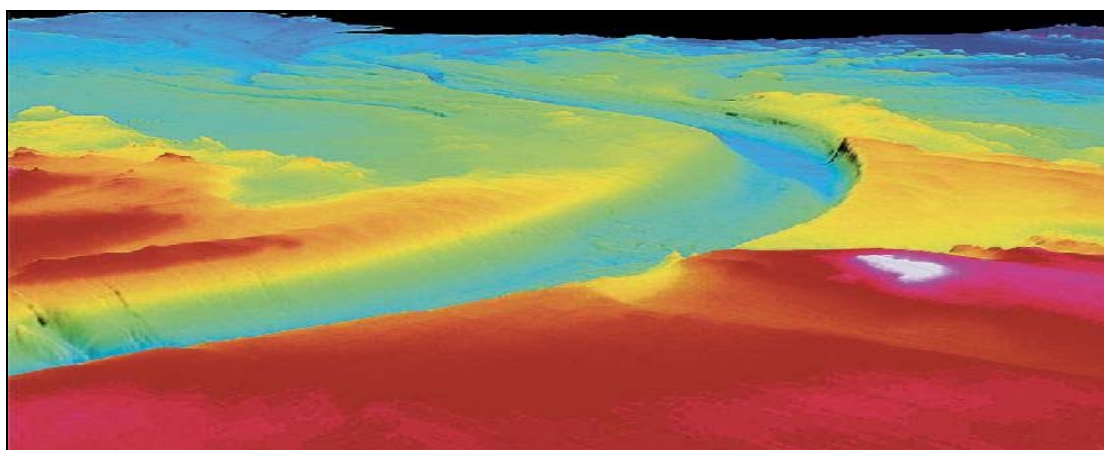
Εικόνα 1.9 Βυθομετρικός χάρτης του δυτικού κόλπου του Αβουκίρ, στην Αίγυπτο, στον οποίο έχουν σημειωθεί τα ευρήματα και οι θέσεις των δύο αρχαίων πόλεων της Ανατολικής Κανώβου και της Ηράκλειας (πηγή: Goddio, 2007)

1.3.5 Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Το θαλάσσιο περιβάλλον εξελίσσεται μαζί με τον άνθρωπο και υφίσταται τις συνέπειες της σύγχρονης ανάπτυξης. Η ρύπανση της θάλασσας με πετρελαιοειδή και χημικά αποτελεί βασική πηγή ρύπανσης. Τα περιστατικά αυτά συνήθως συνοδεύουν ατυχήματα σε τερματικούς σταθμούς φόρτωσης πετρελαίου – χημικών προϊόντων ή ναυτικά ατυχήματα κατά την διάρκεια της μεταφοράς τους και οφείλονται σε ελλιπή μέτρα προστασίας και σε σκόπιμες αλλά παράνομες δραστηριότητες. Η παρακολούθηση του θαλάσσιου

περιβάλλοντος συμβάλει αποτελεσματικά στον έγκαιρο εντοπισμό τέτοιων περιστατικών. Οι περιβαλλοντικές εφαρμογές που σχετίζονται με την υδρογραφία αφορούν τον εντοπισμό διάβρωσης παράκτιων περιοχών, συμπεριλαμβανομένης της διάβρωσης λόγω παράκτιων κατολισθητικών φαινομένων, περιοχών ταφής τοξικών πυρηνικών αλλά και οικιακών αποβλήτων, την μελέτη επιβάρυνσης του βυθού από αλιευτική δραστηριότητα, για τον καθαρισμό του βυθού, την μελέτη εξάπλωσης της ρύπανσης και τον εντοπισμό ναυαγίων γενικότερα.

Μία άλλη περιοχή ενδιαφέροντος που συνδέεται με την υδρογραφία και αποτελεί μέρος του φυσικού περιβάλλοντος αφορά το υπεδάφειο περιβάλλον. Συγκεκριμένα η περιβαλλοντική αρχαιολογία, μέσω της ανάλυσης βιο-αρχαιολογικών καταλοίπων διερευνά προβλήματα που σχετίζονται με την αρχαία οικονομία, κοινωνία και την διαχείριση του αρχαίου περιβάλλοντος. Είναι δυνατή με αυτό τον τρόπο η διερεύνηση απρόσιτων περιοχών και η ένταξη των αρχαιολογικών χώρων στο άμεσο και ευρύτερο περιβάλλον τους και επιτυγχάνεται ο εντοπισμός, μελέτη και η προστασία των πολιτισμικών πόρων.



Εικόνα 1.10 Υποθαλάσσιο “ενεργό” ποτάμι στον Εύξεινο Πόντο (πηγή: <http://grizosgatos.blogspot.com/>)

1.3.6 Δίκαιο της Θάλασσας και η Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών

Σε μια κατάσταση συνεχούς περιορισμού των φυσικών πόρων, η εξερεύνηση και εκμετάλλευση αυτών στις θάλασσες είναι ζωτικής σημασίας και έχει οδηγήσει σε προβλήματα κυριαρχίας ιδιοκτησιακού χαρακτήρα σε θαλάσσιες περιοχές ανάμεσα στα διάφορα κράτη. Η θεσμοθέτηση κανόνων είναι σαφώς απαραίτητη για την χρήση και εκμετάλλευση των θαλασσών. Εκτός από τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών και το Διεθνές Δίκαιο της Θάλασσας, που αποτελεί σημαντικό κλάδο του δημοσίου διεθνούς δικαίου και

του εθνικού δικαίου, με ένα συγκεκριμένο νομικό πλαίσιο επιλύει διαφορές γειτονικών ιδιαίτερα χωρών ως προς τη "χρήση και κυριαρχία" στη θάλασσα και προσδιορίζει την οριοθέτηση των θαλάσσιων περιοχών, τις αρχές που διέπουν τον θαλάσσιο βυθό, την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος και περιλαμβάνει και άλλες συμπληρωματικές νομοθετικές αρχές.

Η ανάπτυξη του δικαίου της θάλασσας δεν μπορεί να διαχωριστεί από την ανάπτυξη του διεθνούς δικαίου γενικότερα. Το σύγχρονο δίκαιο της θάλασσας χρονολογείται από τις αρχές του σύγχρονου διεθνούς δικαίου στα μέσα του 17ου αιώνα αν και υπάρχουν πολλά παραδείγματα συλλογών «θαλάσσιων» νόμων από τον Μεσαίωνα. Το Δίκαιο της Θάλασσας υφίσταται από τότε που, σε αντίθεση με την αρχή της θαλάσσιας κυριαρχίας, η αρχή της ελευθερίας των θαλασσών άρχισε να αναπτύσσεται. Η ελευθερία της ανοικτής θάλασσας θεωρήθηκε ότι αντιστοιχεί στα γενικά συμφέροντα όλων των κρατών, ιδιαίτερα όσον αφορά το ελεύθερο εμπόριο μεταξύ των εθνών. Στο δημιουργικό έργο του, ο Grotius, σχετικά με το θέμα, η Ελευθερία των Θαλασσών (Mare liberum), η οποία δημοσιεύθηκε το 1609, εξηγήσε ότι η θάλασσα θα πρέπει να είναι ελεύθερη και ανοικτή για χρήση από όλες τις χώρες και το επιχείρημά του αυτό βασίστηκε στις εξής δύο αρχές:

Πρώτον, καμία θάλασσα ή ωκεανός δεν μπορεί να είναι ιδιοκτησία ενός έθνους, διότι είναι αδύνατο για οποιοδήποτε έθνος να το έχει υπό την κατοχή του και για δική του αποκλειστική χρήση. Δεύτερον, δεν δίνεται το δικαίωμα σε κανέναν να κατέχει πράγματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από όλους και είναι αξιοποιήσιμα.

Το Δίκαιο της Θάλασσας ή Διεθνές Δίκαιο της Θάλασσας, αφορά το Δίκαιο: (α) σε περίοδο πολέμου και (β) σε περίοδο ειρήνης. Τα θέματα τα οποία εξετάζει αφορούν τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις της διεθνούς Κοινότητας α) για την προστασία, χρήση και εκμετάλλευση του πλούτου της θάλασσας, β) την επιστημονική έρευνα και γ) τη διαδικασία επίλυσης των διαφορών μεταξύ των Κρατών. Περιλαμβάνει το νομικό πλαίσιο που καθορίζει:

- ❖ την γραμμή βάσης μεταξύ των τμημάτων ξηράς
- ❖ τα εσωτερικά ύδατα
- ❖ τα χωρικά ύδατα (αβλαβούς διέλευσης)
- ❖ τη συνορεύουσα ζώνη
- ❖ την Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη
- ❖ την υφαλοκρηπίδα
- ❖ την ανοικτή θάλασσα
- ❖ τους ωκεανούς
- ❖ τα Στενά Διεθνούς Ναυσιπλοΐας
- ❖ τα κράτη που αποτελούν «συστάδες νησιών»

❖ την οριοθέτηση των θαλάσσιων περιοχών

Η Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας και συγκεκριμένα με τα 6, 7, και 8 Παραρτήματα αυτής, δημιούργησε κατ'εντολή του άρθρου 287 που υπεγράφη στο Montego Bay στην Τζαμάικα, στις 10 Δεκεμβρίου 1982, το Διεθνές Δικαστήριο για το Δίκαιο της Θάλασσας, το οποίο αποτελεί διεθνές διακυβερνητικό όργανο. Η Σύμβαση αυτή η οποία τελικά τέθηκε σε ισχύ στις 16 Νοεμβρίου 1994, αποτελεί τη βάση ενός διεθνούς νομικού πλαισίου για το «Δίκαιο της Θάλασσας όλων των ωκεανών, τις χρήσεις και τους πόρους της». Στη Σύμβαση αυτή περιλαμβάνεται επίσης η Διεθνής Αρχή Θαλάσσιου Βυθού, που έχει αναλάβει την ευθύνη για τη ρύθμιση του θαλάσσιου βυθού όσο αναφορά τις εξορύξεις και την διαχείριση των πόρων πέρα από τα όρια της εθνικής δικαιοδοσίας, δηλαδή έξω από τα όρια των χωρικών υδάτων, τη συνορεύουσα ζώνη και την υφαλοκρηπίδα, τα όρια των παράκτιων ή νησιώτικων ή αρχιπελαγικών κρατών.

Η Σύμβαση ορίζει ένα ολοκληρωμένο νομικό πλαίσιο για τη ρύθμιση όλου του ωκεάνιου χώρου, τις χρήσεις και τους πόρους του. Περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, διατάξεις σχετικά με τη κλειστή θάλασσα, τη συνορεύουσα ζώνη, την υφαλοκρηπίδα, την αποκλειστική οικονομική ζώνη και την ανοικτή θάλασσα. Προβλέπει επίσης την προστασία και διατήρηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος, τη θαλάσσια επιστημονική έρευνα και την ανάπτυξη και μεταφορά της θαλάσσιας τεχνολογίας. Ένα από τα πιο σημαντικά μέρη της Σύμβασης αφορά την εξερεύνηση και εκμετάλλευση των πόρων του θαλάσσιου βυθού και του ωκεάνιου βυθού και το υπέδαφος αυτών, πέρα από τα όρια της εθνικής δικαιοδοσίας όπως αναφέρθηκε και πρωτύτερα. Η Σύμβαση δηλώνει την περιοχή και τους πόρους της για να είναι «η κοινή κληρονομιά της ανθρωπότητας».

Το δέκατο πέμπτο μέρος της σύμβασης προβλέπει ένα ολοκληρωμένο σύστημα για την επίλυση των διαφορών που μπορεί να προκύψουν σε σχέση με την ερμηνεία και εφαρμογή της Σύμβασης. Απαιτεί από τα κράτη μέρη να επιλύσουν τις διαφορές τους σχετικά με την ερμηνεία ή την εφαρμογή της σύμβασης με ειρηνικά μέσα που αναφέρονται στο Χάρτη των Ηνωμένων Εθνών. Ωστόσο, εάν τα διαφωνούντα μέρη αδυνατούν να καταλήξουν σε διακανονισμό με ειρηνικά μέσα της επιλογής τους, υποχρεούνται να καταφεύγουν στις υποχρεωτικές διαδικασίες επίλυσης διαφορών, οι οποίες συνεπάγονται δεσμευτικές αποφάσεις, με την επιφύλαξη των περιορισμών και των εξαιρέσεων που περιλαμβάνει η σύμβαση.

Ο μηχανισμός που καθιερώνει η Σύμβαση προβλέπει τέσσερις εναλλακτικούς τρόπους για την επίλυση των διαφορών: το Διεθνές Δικαστήριο για το Δίκαιο της Θάλασσας, το Διεθνές

Δικαστήριο της Χάγης, ένα διαιτητικό δικαστήριο συγκροτούμενο σύμφωνα με το έβδομο παράρτημα της σύμβασης, καθώς και ένα ειδικό διαιτητικό δικαστήριο που συγκροτείται σύμφωνα με το όγδοο παράρτημα της Σύμβασης.

Ένα κράτος μέλος είναι ελεύθερο να επιλέξει ένα ή περισσότερα από αυτά τα μέσα με γραπτή δήλωση που πρέπει να γίνει βάσει του άρθρου 287 της σύμβασης και να κατατεθεί στο Γενικό Γραμματέα των Ηνωμένων Εθνών (δηλώσεις που έγιναν από τα κράτη μέλη βάσει του άρθρου 287). Αν τα μέρη σε μια διαφορά δεν έχουν αποδεχθεί την ίδια διαδικασία διευθέτησης, η διαφορά μπορεί να υποβληθεί μόνο σε διαιτησία σύμφωνα με το έβδομο παράρτημα, εκτός αντίθετης συμφωνίας των μερών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΕΙΣ: ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ

2.1 Οριζοντιογραφικός Προσδιορισμός Θέσης

Στην Υδρογραφία, ο οριζοντιογραφικός προσδιορισμός θέσης αφορά στον γεωδαιτικό εντοπισμό του υδρογραφικού σκάφους κατά την διαδικασία της υδρογραφικής αποτύπωσης. Ο οριζοντιογραφικός εντοπισμός του σκάφους σε συνδυασμό με την ταυτόχρονη λήψη μετρήσεων για το βάθος παρέχουν τα απολύτως απαραίτητα στοιχεία για την αποτύπωση του πυθμένα ή οποιουδήποτε άλλου αντικειμένου κάτω από την επιφάνεια του νερού. Προκειμένου να γίνει ο θαλάσσιος εντοπισμός τα βασικά γεωδαιτικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται είναι ανάλογα εκείνων που χρησιμοποιούνται και στις επίγειες αποτυπώσεις. Ειδικότερα τα μεγέθη ,ο συνδυασμός των οποίων από μετρήσεις ή πρωτογενείς μετρήσεις τους, προσδιορίζουν τον θαλάσσιο εντοπισμό, είναι:

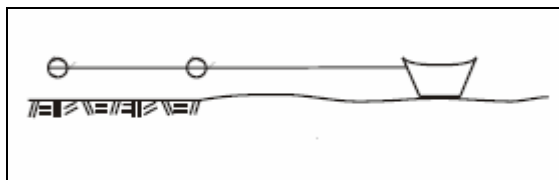
- ❖ αποστάσεις,
- ❖ γωνίες μεταξύ σταθερών, γνωστών σημείων στην ακτή,
- ❖ αζιμούθια,
- ❖ διαφορές αποστάσεων.

Στα επόμενα υποκεφάλαια δίνονται επιγραμματικά οι βασικές μεθοδολογίες και τεχνικές θαλάσσιου εντοπισμού, καθώς και μια σύντομη περιγραφή των διαθέσιμων αισθητήρων και συστημάτων εντοπισμού για μετρήσεις που γίνονται στην θάλασσα.

2.1.1. Μεθοδολογίες θαλάσσιου εντοπισμού

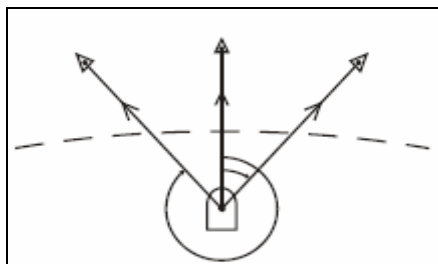
Στόχος αυτής της ενότητας αποτελεί η συνοπτική περιγραφή των βασικών γεωμετρικών αρχών θαλάσσιου εντοπισμού θέσης. Επισημαίνεται, ωστόσο, ότι οι περισσότερες από τις τεχνικές αυτές δεν βρίσκουν εφαρμογή σήμερα λόγω της εξάπλωσης του συστήματος GPS.

Ευθυγραμμία και απόσταση.- Ορίζεται δηλαδή μία ευθυγραμμία στη στεριά με δύο ακόντια και μετριέται η απόσταση του σκάφους από την ακτή στην διεύθυνση που ορίζει η ευθυγραμμία, συνήθως με ένα σχοινί ή σύρμα, που έχει κόμβους σε γνωστών διαστάσεων αποστάσεις (βλέπε Σχήμα 2.1). Η μέθοδος χρησιμοποιείται μόνο κοντά στην ακτή και αποδίδει μέτρια ακρίβεια.



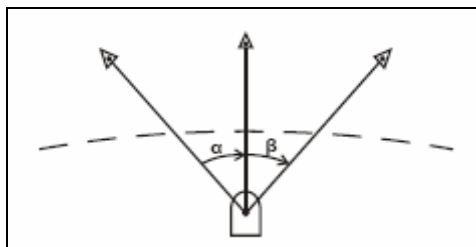
Σχήμα 2.1 Προσδιορισμός θέσης με τη μέθοδο ευθυγραμμίας και απόστασης (πηγή: Η.Τζιαβός, 2008)

Προσδιορισμός δύο διευθύνσεων από το σκάφος.- Χρησιμοποιείται σε αυτή την περίπτωση εξάντας για την μέτρηση των δύο διευθύνσεων, δηλαδή γίνεται επίλυση εμπροσθοτομίας (βλέπε Σχήμα 2.2). Η ακρίβεια είναι μικρή, της τάξεως του 1/5000.



Σχήμα 2.2 Καθορισμός στίγματος με τον προσδιορισμό δύο διευθύνσεων από το σκάφος (πηγή: Η.Τζιαβός, 2008)

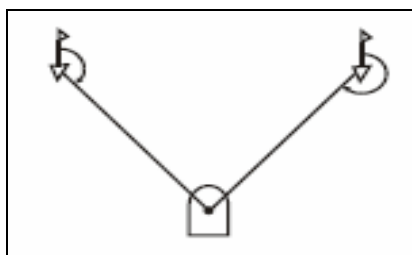
Προσδιορισμός δύο γωνιών από το σκάφος.- Πραγματοποιείται με την χρήση συνήθως δύο εξάντων πάνω στο σκάφος που μετρούν δύο γωνίες οι οποίες σχηματίζονται ανάμεσα σε τρία σημεία της ξηράς- επίλυση οπισθοτομίας (βλέπε Σχήμα 2.3)- και η ακρίβεια είναι της τάξεως του 1/3000.



Σχήμα 2.3 Καθορισμός στίγματος με τον προσδιορισμό δύο γωνιών από το σκάφος (πηγή: Η.Τζιαβός, 2008)

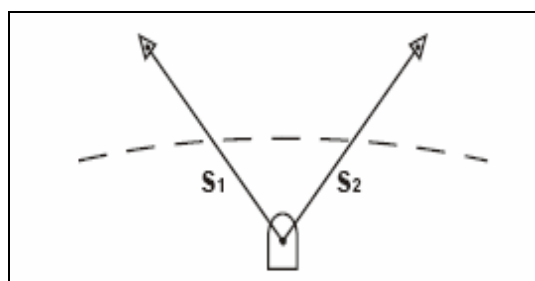
Προσδιορισμός διευθύνσεων από δύο ή περισσότερα θεοδόλιχα που βρίσκονται στην στεριά.- Τα θεοδόλιχα τοποθετούνται σε γνωστούς σταθμούς στη στεριά και ο μηδενισμός γίνεται μεταξύ των γνωστών-σταθερών σημείων. Ακολουθώς γίνεται σκόπευση ορισμένων εμφανών σημείων της ξηράς, και του ιστού του πλοίου ή του σημείο που βρίσκεται στην κάθετο που ορίζει ο προβολέας της ηχοβολιστικής συσκευής και επισημαίνεται με χρωματιστή σημαία (βλέπε Σχήμα 2.4). Ο συντονισμός των παρατηρήσεων γίνεται από το υδρογραφικό σκάφος με ασύρματη συσκευή. Συνήθως χρησιμοποιούνται τρία ή τέσσερα θεοδόλιχα, έτσι ώστε καθώς μετακινείται το υδρογραφικό πλοίο σε γειτονική περιοχή να είναι δυνατή η χωρίς διακοπή συνέχιση της υδρογραφικής εργασίας με αντίστοιχη

μετακίνηση του παρατηρητή σε άλλο σταθμό. Για καλύτερη ακρίβεια πρέπει η γωνία τομής των παρατηρήσεων να είναι μεγαλύτερη από 30° και μικρότερη από 150° .



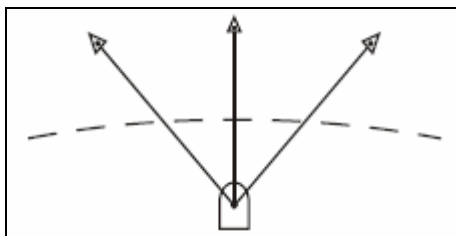
Σχήμα 2.4 Καθορισμός στίγματος με τον προσδιορισμό διευθύνσεων από δύο ή περισσότερα θεοδόλιστα που βρίσκονται στη στεριά (πηγή: Η.Τζιαβός, 2008)

Προσδιορισμός δύο αποστάσεων από το σκάφος.- Σ' αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται αποστασιόμετρο τοποθετημένο πάνω στο σκάφος που εκπέμπει παλμούς. Οι παλμοί αυτοί επανεκπέμπονται από δύο βοηθητικούς σταθμούς στην ξηρά, όπου βρίσκονται ισάριθμοι επαναλήπτες ή αναμεταδότες. Ένας δέκτης δέχεται στο σκάφος το σήμα επιστροφής και από το χρόνο «μετάδοσης – επιστροφής» υπολογίζονται οι δύο αποστάσεις. Ένας υπολογιστής στο σκάφος, με είσοδο τα γνωστά στοιχεία των βοηθητικών σταθμών μπορεί να μετατρέψει τις αποστάσεις σε συντεταγμένες του σκάφους τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή και ένα καταγραφικό μηχάνημα να καταγράφει τη θέση (στίγμα) του σκάφους πάνω σε ένα χάρτη (βλέπε Σχήμα 2.5).



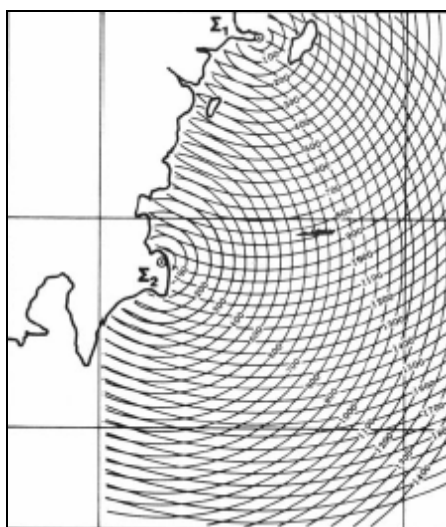
Σχήμα 2.5 Καθορισμός στίγματος με τον προσδιορισμό δύο αποστάσεων από το σκάφος (πηγή: Η.Τζιαβός, 2008)

Προσδιορισμός δύο διαφορετικών αποστάσεων από το σκάφος.- Με αυτή την μέθοδο από τρεις γνωστούς σταθμούς της ξηράς, που συνήθως ο ένας (μεσαίος) ονομάζεται κύριος και οι δύο άλλοι δευτερεύοντες, εκπέμπονται ταυτόχρονα κάποια σήματα υπό μορφή παλμών ή διαμορφωμένης συχνότητας. Ένας δέκτης στο σκάφος δέχεται τα σήματα και με κατάλληλη σύγκριση ανά ζεύγη τα μετατρέπει σε διαφορές αποστάσεων (βλέπε Σχήμα 2.6). Η ακρίβεια που δίνουν αυτά τα συστήματα είναι μερικά μέτρα και είναι δυνατόν να συνδεθούν με έναν υπολογιστή στο σκάφος και με ένα αυτόματο καταγραφικό μηχάνημα.

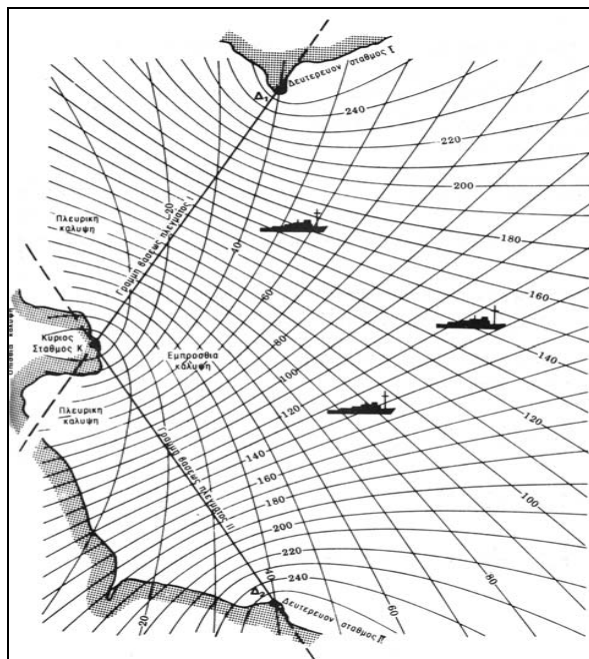


Σχήμα 2.6 Καθορισμός σίγματος με τον προσδιορισμό δύο διαφορών αποστάσεων από το σκάφος (πηγή: Η. Τζιάβος, 2008)

Μία άλλη μεθοδολογία με την οποία μπορεί να γίνει οριζόντιος εντοπισμός στη θάλασσα (καθορισμός σίγματος) υποστηρίζεται από τα ηλεκτρονικά συστήματα, τα οποία είναι δυνατό να διακριθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με τη μορφή που έχουν οι χρησιμοποιούμενες για τον καθορισμό του σίγματος γραμμές θέσης: (α) Κυκλικά συστήματα, στα οποία το σίγμα προκύπτει στην τομή δύο γεωμετρικών τόπων που είναι κύκλοι (βλέπε Σχήμα 2.7). Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται ως range-range systems. (β) Υπερβολικά συστήματα, στα οποία το σίγμα προκύπτει από την τομή δύο γεωμετρικών τόπων που είναι υπερβολές (βλέπε Σχήμα 2.8). Υπάρχει και μία τρίτη κατηγορία συστημάτων, όπου το σίγμα προκύπτει ως η τομή δύο γεωμετρικών τόπων, εκ των οποίων ο ένας είναι κύκλος και ο άλλος ευθεία γραμμή. Τα συστήματα αυτά λέγονται κυκλικά-αζιμουθιακά (range-azimuth), αλλά δεν είναι πολύ διαδεδομένα.



Σχήμα 2.7 Καθορισμός σίγματος με κυκλικά συστήματα (πηγή: Παλληκάρης 1988)



Σχήμα 2.8 Καθορισμός στίγματος με υπερβολικά συστήματα (πηγή: Παλληκάρης, 1988)

Τα κυκλικά συστήματα είναι δυνατό ακόμη να καταταγούν ανάλογα με τη μέθοδο που χρησιμοποιείται για την ηλεκτρονική μέτρηση των αποστάσεων. Έτσι διακρίνονται σε κυκλικά συστήματα, που για μέτρηση των αποστάσεων χρησιμοποιείται η μέτρηση του χρόνου διάδοσης παλμικού κύματος και σε κυκλικά συστήματα, όπου χρησιμοποιείται η μέθοδος της διαφοράς φάσης.

2.1.2 Συστήματα θαλάσσιου εντοπισμού

2.1.2α Οπτικά συστήματα και συστήματα Laser

Για τον οριζοντιογραφικό προσδιορισμό σημείων σε μια υδρογραφική αποτύπωση χρησιμοποιούνταν, κυρίως μέχρι και τον 20^ο αιώνα, οπτικά και ηλεκτρομαγνητικά όργανα μέτρησης όπως γινόταν και σε κάθε άλλη τοπογραφική εργασία.

Τα οπτικά όργανα μέτρησης για τον υδρογραφικό εντοπισμό καλύπτουν μικρότερο πεδίο εφαρμογών πλέον σε αντίθεση με τα ηλεκτρονικά όργανα που αξιοποιούνται σε όλες σχεδόν τις εφαρμογές.

Τα γεωμετρικά μεγέθη που μετρώνται σε μία υδρογραφική αποτύπωση όπως και προαναφέρθηκε, είναι αποστάσεις, διαφορές αποστάσεων, διευθύνσεις και γωνίες (διαφορές διευθύνσεων). Για την μέτρηση των γωνιών χρησιμοποιείται το θεοδόλιχο και ο εξάντας. Το θεοδόλιχο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο σκάφος, η ταυτόχρονη όμως χρήση του από δύο σημεία της στεριάς μπορεί γρήγορα να δώσει τη θέση ενός πλοίου στη θάλασσα. Ο εξάντας είναι φορητό όργανο, χρησιμοποιείται πάνω στο σκάφος για την

μέτρηση γωνιών στο επίπεδο τους έως και 140° , οι οποίες συνήθως θεωρούνται οριζόντιες επειδή κατά τις υδρογραφικές αποτυπώσεις σκοπεύουμε σημεία κοντά στον ορίζοντα. Υπάρχουν τρία είδη εξάντα, που διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους: (α) Εξάντας με βερνιέρο, (β) μικρομετρικός τύπος εξάντα και (γ) ηλεκτρονικός ψηφιακός τύπος εξάντα.

Οι διευθύνσεις στην υδρογραφία μετρώνται συνήθως με μαγνητικές πυξίδες ή γυροσκόπια. Οι μαγνητικές πυξίδες χρησιμοποιούνται για πολύ μικρές αποστάσεις και είναι εύχρηστα όργανα. Οι γυροσκοπικές πυξίδες ή γυροσκόπια είναι ακριβέστερα και μετρούν απευθείας αστρονομικά αζιμούθια. Καθίσταται ωστόσο ιδιαίτερα δύσκολη η χρήση τους πάνω σε ένα σκάφος γιατί χρειάζεται κάποια σταθερότητα για αρκετό χρονικό διάστημα για να αποδώσουν μετρήσεις με καλή ακρίβεια.



Εικόνα 2.1.(α),(β) Μαγνητική πυξίδα (αριστερά), Γυροσκοπική πυξίδα Anschütz (δεξιά) (πηγή: <http://why.gr/>, <http://el.wikipedia.org>)



Εικόνα 2.2.(α),(β) Θεοδόλιχος (αριστερά), Εξάντας (δεξιά) (πηγή : <http://www.google.gr/>, <http://el.wikipedia.org/>)

Οι αποστάσεις μετρώνται με απλά μηχανικά μέσα για μήκη έως και 300-400 m. Συνήθως χρησιμοποιείται ένα σχοινί, που έχει κόμβους κάθε 10 ή 20 m ή σύρματα με πλωτήρες. Χρησιμοποιούνται επίσης οπτικά τηλέμετρα, που η ακρίβεια τους είναι περιορισμένη καθώς και συστήματα μικροκυμάτων με πολύ μεγάλες συχνότητες, που φθάνουν μέχρι τα 10GHz, και διάφορα ακουστικά συστήματα με ακρίβεια 1/1000.

Οι διαφορές αποστάσεων μετρώνται ως διαφορές χρόνου άφιξης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, που εκπέμπονται από δύο πομπούς. Όταν οι πομποί αντί παλμών εκπέμπουν κάποιο διαμορφωμένο ημιτονοειδές κύμα, τότε μετράται η διαφορά φάσης των δύο σημάτων. Με την μέτρηση ενός από τα προηγούμενα μεγέθη ορίζεται ένας γεωμετρικός τόπος για τον εντοπισμό της θέσης ή την εύρεση του στίγματος του σκάφους. Οι γωνίες και οι αποστάσεις ορίζουν τόξα κύκλων ή κύκλους, οι διευθύνσεις ευθείες και οι διαφορές αποστάσεων υπερβολές. Η τομή δύο τέτοιων γεωμετρικών τόπων, όμοιων ή ανόμοιων, ορίζει τη θέση του σκάφους.

Μέχρι και την κατασκευή των ηλεκτρομαγνητικών οργάνων μέτρησης (1960) χρησιμοποιούνταν τα οπτικομηχανικά θεοδόλιχα τα οποία προσδιόριζαν τις συντεταγμένες των θαλάσσιων σημείων των οποίων γίνονταν μετρήσεις για το βάθος τους.

Τα συστήματα μέτρησης μήκους με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που ακολούθησαν αποτελούν εύχρηστα και με πολύ υψηλή ακρίβεια όργανα EDM, όπως είναι διεθνώς γνωστά, από τα αρχικά των λέξεων Electromagnetic Distance Measurement.



Εικόνα 2.3.(α),(β),(γ) Τηλέμετρο (αριστερά), EDM (μέση), Οπτικός θεοδόλιχος (αριστερά) (πηγή: Διπλωματική εργασία Κασκουρά Βασιλικής, <http://dspace.lib.ntua.gr/>, <http://www.astronomy.gr/>, <http://www.google.gr/>)

Τέλος οι ολοκληρωμένοι ψηφιακοί γεωδαιτικοί σταθμοί (total stations) είναι σήμερα τα κατ' εξοχήν χρησιμοποιούμενα τοπογραφικά όργανα, με υψηλές απαιτήσεις αυτοματοποιημένης χρήσης και ακρίβειας, καθώς συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα των

ψηφιακών θεοδόλιχων με εκείνα των EDM και εκμεταλλεύονται την αλματώδη πρόοδο της ηλεκτρονικής και της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

2.1.2β Omega

Το Omega ήταν το πρώτο παγκοσμίως μεγάλο εύρους σύστημα πλοήγησης που αρχικά προοριζόταν για στρατιωτική χρήση, μετά τον Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο, και αναπτύχθηκε για πολιτική χρήση στα μέσα της δεκαετίας του 60'. Το σύστημα OMEGA χρησιμοποιούσε αρχικά μεταφορέα VLF συχνοτήτων με μη διαμορφωμένα παλμικά κύματα. Τέτοιου είδους αδιαμόρφωτα κύματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν μήκη κύματος είναι πολύ μεγάλα. Το OMEGA είναι βασισμένο σε μετρήσεις διαφοράς φάσεων που δημιουργούνται σε πολύ χαμηλές συχνότητες (VLF) κυμάτων που κυμαίνονται από 10 έως 14 kHz. Υπάρχουν οχτώ σταθμοί κατανεμημένοι ανά τον κόσμο, οι οποίοι μεταδίδουν σήματα σε τέσσερις πρωτογενείς συχνότητες των 10.2, 11.05, 11.31 και 13.6 kHz. Σε δεύτερο στάδιο οι συχνότητες αυτές χρησιμοποιούνται για να επιλύσουν την ασάφεια φάσης με μία μέθοδο ευρείας λωρίδας και για να γίνει βαθμονόμηση του ρολογιού του πομπού.

Η συχνότητα των 10.2 kHz ανταποκρίνεται σε ένα μήκος κύματος 30 m. Η μετάδοση των κυμάτων γίνεται μέσω της γης και του χαμηλότερου επιπέδου του στρώματος της ιονόσφαιρας που λειτουργούν ως κυματαγωγοί. Η θέση των χρηστών προσδιορίζεται από την τομή υπερβολικών ή κυκλικών γεωμετρικών τόπων που προκύπτουν από κύματα με σταθερή διαφορά φάσης (βλέπε Σχήμα 2.9). Τα παλμικά αυτά κύματα είναι αδιαμόρφωτα, λαμβάνονται ταυτόχρονα και για να προσδιοριστεί η τομή γίνεται σύγκριση των φάσεων μετάδοσης. Το OMEGA αρχικά χρησιμοποιούσε υπερβολικά συστήματα εντοπισμού θέσης. Τα κυκλικά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν εάν ένα ρολόι ακριβείας είναι διαθέσιμο στον δέκτη. Τέτοιου είδους δέκτες χρησιμοποιούνται σε εναέρια και θαλάσσιες εφαρμογές. Η ονομαστική ακρίβεια του συστήματος OMEGA είναι 3 έως 6 km.

Τα μήκη κύματος των OMEGA VLF σημάτων είναι ίδιας τάξης μεγέθους με την απόσταση μεταξύ του D φάσματος της ιονόσφαιρας και της επιφάνειας της γης (50-90 km). Τα κύματα αυτά επιπλέον ανακλώνται στην επιφάνεια της γης και στα χαμηλότερα επίπεδα της ιονόσφαιρας D και E, ανάλογα με τις ημερήσιες διακυμάνσεις της ατμόσφαιρας.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την μετάδοση των κυμάτων και κατ' επέκταση τον προσδιορισμό της θέσης είναι οι εξής:

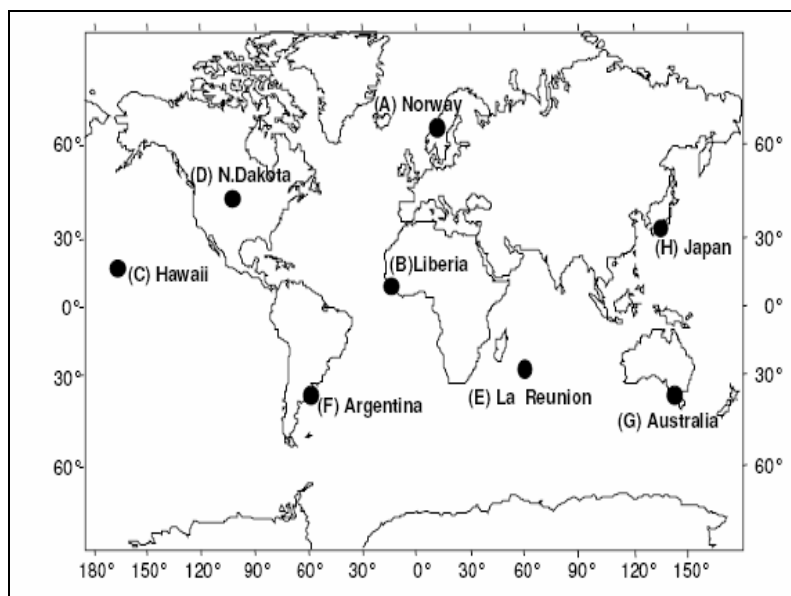
- ❖ ο βαθμός διέγερσης των αγωγών μετάδοσης των κυμάτων, δηλαδή κατά πόσο είναι ισχυροί ή όχι
- ❖ η συνολική εξασθένιση της ταχύτητας διάδοσης των κυμάτων

- ❖ οι ημερήσιες διακυμάνσεις των φάσεων των κυμάτων μετάδοσης σήματος

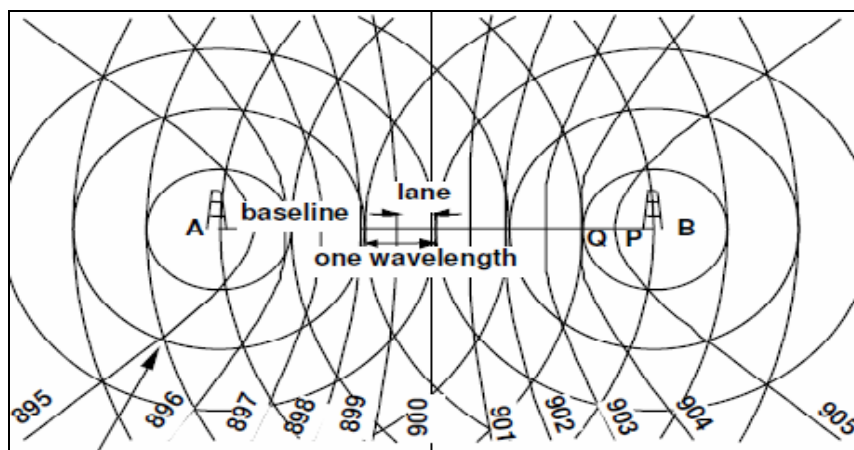
Εξαιτίας αυτών των παραγόντων και της μη καλής γεωμετρίας του συστήματος OMEGA υπάρχουν σφάλματα στον προσδιορισμό θέσης μέσα σε εύρος πολλών χιλιομέτρων. Για τον λόγο αυτό επισημαίνονται γραμμές θέσης με διακεκομμένες γραμμές στα διαγράμματα του OMEGA μέσα σε ακτίνα 800 km, από έναν μεταδότη που υποδεικνύει με αυτό τον τρόπο την αποφυγή τέτοιων σφαλμάτων.

Σφάλματα του συστήματος οφείλονται και στα:

- ❖ σφάλματα των οργάνων μέτρησης
- ❖ ασάφειες στην διάδοση των ραδιοκυμάτων
- ❖ μοντέλα διόρθωσης των ημερήσιων διακυμάνσεων
- ❖ σφάλματα του χειριστή



Εικόνα 2.4 Σταθμοί μετάδοσης Omega (πηγή: C.D. de Jong, 2010)



Σχήμα 2.9 Σχηματική απεικόνιση υπερβολικού συστήματος Omega (πηγή: C.D. de Jong, 2010)

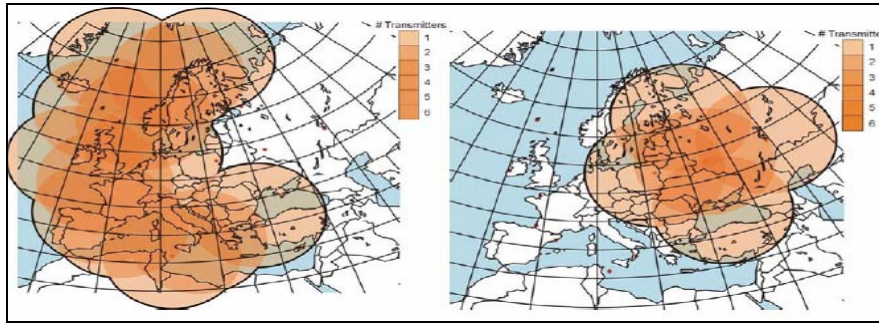
2.1.2γ Loran-C

Το Loran-C είναι ένα χαμηλής συχνότητας σύστημα εντοπισμού θέσης που χρησιμοποιεί την διαφορά των χρόνων άφιξης των σημάτων που εκπέμπονται από τρεις ή παραπάνω σταθμούς μετάδοσης. Έχει αναπτυχθεί από το προηγούμενο στρατιωτικό σύστημα πλοήγησης Loran-A (που αναπτύχθηκε στα Ηνωμένα Έθνη κατά την διάρκεια του Β' Παγκόσμιου Πολέμου) και το Cytac (αυτόματο μεγάλου εύρους φάσματος σύστημα μετάδοσης που αναπτύχθηκε γύρω στο 1950) και έχει τεθεί σε λειτουργία από το 1957. Στον Καναδά και στα Ηνωμένα Έθνη το Loran-C χρησιμοποιείται από την καναδέζικη και αμερικάνικη ακτοφυλακή αντίστοιχα. Στην Ευρώπη η χρήση του συστήματος γίνεται από τους οργανισμούς NELS και SELS (το βορειοδυτικό και νότιο ευρωπαϊκό σύστημα Loran-C) και στο οποίο συμμετέχουν πολλές χώρες. Τέλος το ρώσικο Chaika σύστημα εντοπισμού θέσης που έχει μεγάλη ομοιότητα με το Loran-C μπορεί να συνδυαστεί με το NELS και SELS και να επεκτείνει την κάλυψή του.

Το Loran-C λειτουργεί σε μία συχνότητα των 100 kHz σε ένα εύρος ζώνης από 90 έως 110 kHz, με δυνατότητα διαμόρφωσης του εύρους σήματος. Το σύστημα βασίζεται στο χρόνο όπως και σε μετρήσεις διαφορών φάσεων. Όλες οι μεταδόσεις χρησιμοποιούν μία μονή φέρουσα συχνότητα των 100 kHz και μεταδίδουν παλμούς με κοινές μετρήσεις χρόνου.

Το Loran-C είναι κυρίως ένα εδαφικό σύστημα μετάδοσης κυμάτων. Από την στιγμή που εκπέμπει παλμούς, τα κύματα που διαδίδονται στον ουρανό μπορούν να διαχωριστούν από τα εδαφικά αξιοποιώντας μόνο τα πρώτα 3×10^{-5} s από το κάθε εισερχόμενο παλμό. Παρ' όλο που και τα δύο είδη παλμών μπορούν να αξιοποιηθούν για πλοήγηση, συνήθως χρησιμοποιούνται τα εδαφικά. Ωστόσο σε μία απόσταση 3.000 km από τους μεταδότες, το σήμα των εδαφικών κυμάτων θα εκλείψει βαθμιαία και μόνο η λήψη εναέριων κυμάτων είναι πιθανή που αν και είναι λιγότερο ακριβής καλύπτει μεγαλύτερο εύρος άρα και παρέχει μεγαλύτερη κάλυψη.

Τα συστήματα εντοπισμού θέσης που αξιοποιεί το Loran-C είναι τα υπερβολικά και τα κυκλικά στην περίπτωση που γίνεται χρήση συγχρονισμένου ρολογιού στον δέκτη. Το εύρος του συστήματος είναι συνήθως της τάξεως των 2.000 έως 3.000 km στην θάλασσα λόγω καλής αγωγιμότητας του θαλασσινού νερού και αρκετά μικρότερο στην ξηρά. Η ακρίβεια του συστήματος επηρεάζεται από την γεωμετρία του συστήματος σε κάθε περιοχή, τον αποδέκτη, την αγωγιμότητα των διαύλων μετάδοσης και την τοπογραφία της περιοχής. Η απόλυτη ακρίβεια του συστήματος είναι της τάξεως των 460 m, συγκεκριμένα αυτή είναι η ελάχιστη δυνατή ακρίβεια που καθορίζεται για την κάλυψη από το Loran-C σύστημα στην θαλάσσια πλοήγηση. Η τυπική ακρίβεια είναι κατά κανόνα καλύτερη από 50m.



Εικόνα 2.5 Κάλυψη του συστήματος πλοήγησης Loran-C και Chayaka στην Ευρώπη (πηγή: C.D. de Jong, 2010)

2.1.2δ Δορυφορικά συστήματα εντοπισμού

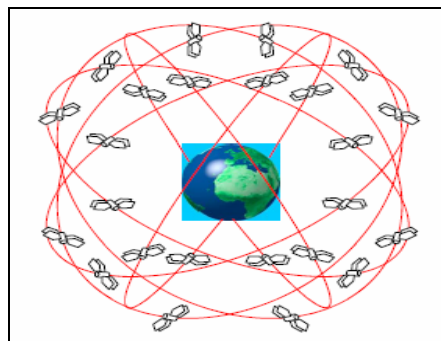
Ο προσδιορισμός της θέσης ενός σημείου βελτιώθηκε κατά πολύ με την ανάπτυξη των δορυφορικών συστημάτων εντοπισμού. Στα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται ηλεκτρομαγνητικά σήματα που εκπέμπονται από δορυφόρους, οι οποίοι περιστρέφονται σε τροχιές γνωστών χαρακτηριστικών γύρω από τη γη. Το δορυφορικό σήμα λαμβάνεται από τους δέκτες και με κατάλληλους υπολογισμούς προκύπτουν οι συντεταγμένες των σημείων που υλοποιούν, στο γεωκεντρικό σύστημα αναφοράς WGS'84, για κάθε χρονική στιγμή. Με την εφαρμογή μετασχηματισμών υπάρχει η δυνατότητα αναγωγής των συντεταγμένων στο επιθυμητό προβολικό σύστημα. Στην περίπτωση των υδρογραφικών αποτυπώσεων οι δέκτες βρίσκονται πάνω στα πλοία.

Στο παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσης GPS ο προσδιορισμός της οριζόντιας θέσης προκύπτει από τις μετρήσεις αποστάσεων μεταξύ δέκτη (ή δεκτών) και τεσσάρων ή περισσότερων δορυφόρων.



Εικόνα 2.6 Δορυφόρος GPS σε τροχιά (πηγή: Δ.Ε. Μ. Δημοπούλου, 2008)

Το δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσης GPS άρχισε να αναπτύσσεται το 1970. Αποτελείται από 24 δορυφόρους σε πλήρη λειτουργία, οι οποίοι περιστρέφονται σε 6 διαφορετικά επίπεδα κυκλικών τροχιών και τρεις εφεδρικοί. Οι δορυφόροι του συστήματος έχουν περίοδο περίπου 12 ώρες και σχηματίζουν με το επίπεδο του ισημερινού γωνία περίπου 55°. Σε κάθε τροχιά περιστρέφονται 4 δορυφόροι, που απέχουν 120° μεταξύ τους. Οι τροχιές των δορυφόρων είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε δύο δορυφόροι που περιστρέφονται σε γειτονικά επίπεδα να έχουν μεταξύ τους γωνιακή απόσταση 40°. Με τη διάταξη αυτή υπάρχει σε κάθε χρονική στιγμή σε οποιοδήποτε σημείο της γης ένας αριθμός από τουλάχιστον 4 διαθέσιμους δορυφόρους για τον εντοπισμό της οριζόντιας θέσης ενός στόχου. Κάθε δορυφόρος GPS εκπέμπει σήμα σε δύο συχνότητες (1227MHz, 1575MHz) και δίνει πληροφορίες σχετικά με τις παραμέτρους που ορίζουν την τροχιά του, ακριβή διορθωμένο χρόνο UTC* (χρόνος GPS), στοιχεία για διορθώσεις των σημάτων στην ιονόσφαιρα και διάφορα άλλα στοιχεία σχετικά με την κατάσταση του δορυφόρου. Το δορυφορικό σύστημα GPS περιλαμβάνει και τους επίγειους σταθμούς παρακολούθησης των δορυφόρων του, οι οποίοι έχουν ένα κεντρικό σταθμό ο καθένας και λαμβάνουν συνεχώς τα στοιχεία, τα επεξεργάζονται και στη συνέχεια εκπέμπουν προς τους δορυφόρους διορθωμένα στοιχεία που αφορούν την τροχιά τους και το χρόνο εκπομπής.

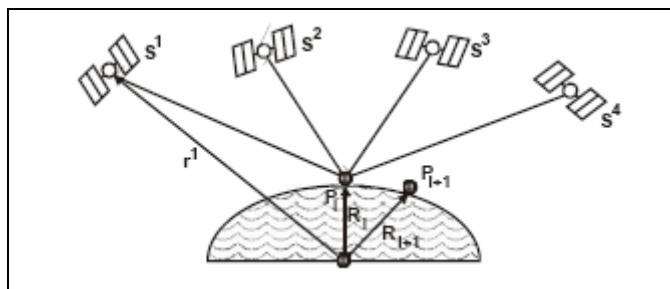


Σχήμα 2.10 Δορυφορικές τροχιές GPS (πηγή: Η. Τζιάβος, 2008)

Οι δέκτες GPS κατασκευάζονται από διάφορες εταιρείες και ανάλογα με το δέκτη μπορεί να καθοριστεί και ο χρονικός προσδιορισμός του στίγματος από δέκατα του δευτερολέπτου μέχρι λεπτά. Οι περισσότεροι από τους διαθέσιμους σήμερα δέκτες έχουν τη δυνατότητα αξιοποίησης των σημάτων και στις δύο συχνότητες εκπομπής αποδίδοντας ακρίβεια 0.01 - 0.02 m στον προσδιορισμό θέσης. Ορισμένοι δέκτες λειτουργούν και σε μία συχνότητα, αλλά η ακρίβεια που παρέχουν είναι κατώτερη, της τάξεως του ενός μέτρου.

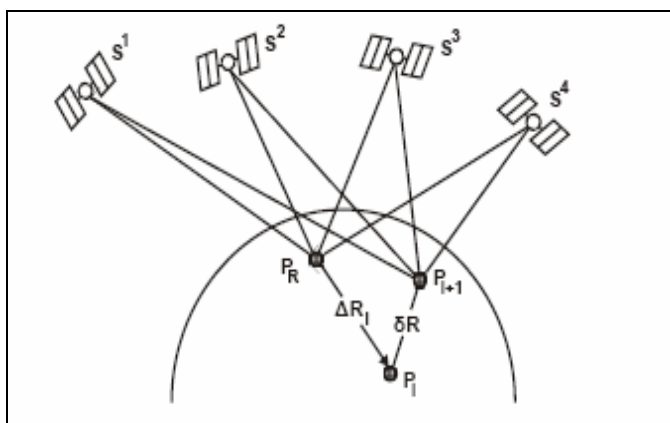
Στις υδρογραφικές εφαρμογές αξιοποιούνται τεχνικές κινηματικού και πιο σπάνια στατικού εντοπισμού και συγκεκριμένα διαχωρίζονται οι εξής:

α) Ο απόλυτος κινηματικός προσδιορισμός θέσης (absolute-positioning) με GPS. Στο μοντέλο αυτό προσδιορίζεται η θέση ενός κινούμενου σκάφους στη θάλασσα κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή και αρκεί η χρήση ενός μόνο δέκτη GPS. Το σημείο παρατήρησης (δέκτης), που κινείται από μία θέση i στην θέση $i+1$ μετρά ψευδοαποστάσεις (pseudo-ranges) από 4 τουλάχιστον ορατούς δορυφόρους χρησιμοποιώντας τον εκπεμπόμενο κώδικα. Η αναμενόμενη ακρίβεια για πολιτικό δέκτη (μέτρηση κώδικα Coarse/Acquisition, C/A) είναι περίπου 22 m.



Σχήμα 2.11 Απόλυτος προσδιορισμός θέσης με GPS (πηγή: Η. Τζιάβος, 2008)

β) Ο σχετικός κινηματικός προσδιορισμός θέσης (relative-positioning) με GPS. Στο μοντέλο αυτό προσδιορίζονται οι συντεταγμένες (θέση) ενός ή περισσότερων κινητών δεκτών GPS ως προς ένα σταθερό δέκτη σε σημείο γνωστών συντεταγμένων. Οι λήψεις δορυφορικών σημάτων, γίνονται ταυτόχρονα και από τους ίδιους δορυφόρους, επομένως πολλά είδη σφαλμάτων είναι κοινά ως προς τις παρατηρήσεις που έφθασαν στο κινητό σημείο και στο σταθερό σημείο (σφάλματα στο χρονόμετρο του δέκτη, σφάλματα τροχιών κλπ.). Ο σταθερός δέκτης υπολογίζει τις διορθώσεις στον προσδιορισμό θέσης και τις στέλνει στον κινητό με αποτέλεσμα τα σφάλματα να μειώνονται κατά ένα πολύ μεγάλο βαθμό και κατά συνέπεια η σχετική θέση προσδιορισμού μπορεί να γίνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια απ' ότι η απόλυτη, της τάξεως των μερικών εκατοστών.



Σχήμα 2.12 Σχετικός προσδιορισμός θέσης με GPS (πηγή: Η. Τζιάβος, 2008)

Το μαθηματικό μοντέλο σ' αυτή την περίπτωση είναι όμοιο με το μοντέλο στη στατική εκδοχή.

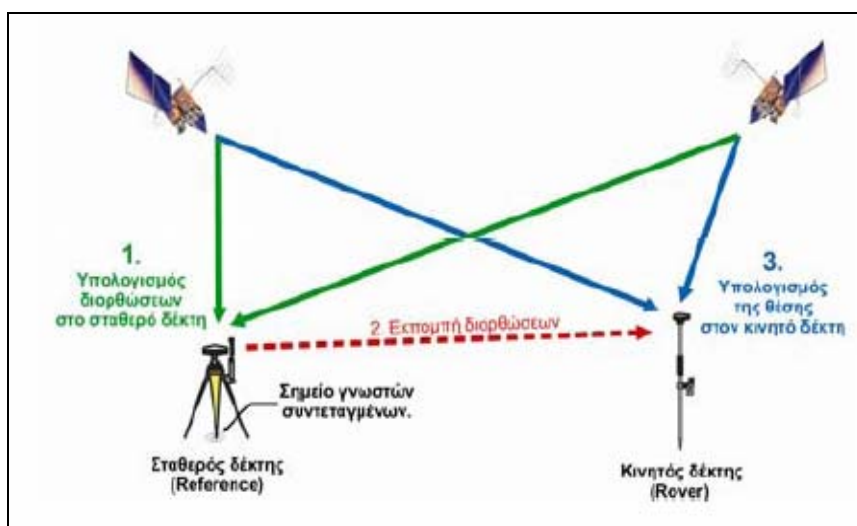
Η μέθοδος στατικού εντοπισμού αξιοποιείται σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει διαθέσιμο στην περιοχή αποτύπωσης σημείο γνωστών συντεταγμένων είτε δεν υπάρχει δυνατότητα ραδιοζεύξης του κινητού δέκτη με επίγειο ή μόνιμο σταθμό αναφοράς.

Όσο αναφορά τις τεχνικές σχετικού προσδιορισμού θέσης που βασίζονται στην μετάδοση διορθώσεων σε πραγματικό χρόνο είναι η τεχνική διαφορικού GPS (DGPS - Differential GPS) και η τεχνική κινηματικού προσδιορισμού σε πραγματικό χρόνο (RTK – Real Time Kinematic). Οι τεχνικές DGPS και RTK στην περίπτωση των δικτύων μόνιμων σταθμών χρησιμοποιούν διορθώσεις που υπολογίζονται από τους σταθμούς αναφοράς και διατίθενται σε τυποποιημένες μορφές. Τέτοια δίκτυα περιλαμβάνουν μόνιμους σταθμούς, εγκατεστημένους σε σημεία γνωστών συντεταγμένων, συνεχούς καταγραφής, με δεδομένα που θα μπορούν να είναι διαθέσιμα μέσω του διαδικτύου στους τελικούς χρήστες. Τελικώς οι εκπεμπόμενες διορθώσεις παρέχονται από τους σταθερούς δέκτες προς τους κινητούς δέκτες μέσω του διαδικτύου με χρήση προδιαγεγραμμένου πρωτοκόλλου.

Η μέθοδος σχετικού προσδιορισμού θέσης σε πραγματικό χρόνο DGPS (Differential GPS) αφορά διαφορικό προσδιορισμό με χρήση κώδικα (μετρήσεις ψευδοαποστάσεων) ενώ η δεύτερη τον διαφορικό προσδιορισμό με χρήση παρατηρήσεων φάσης. Στη μέθοδο DGPS ο σταθερός δέκτης υπολογίζει τις διορθώσεις (διαφορά γεωμετρικής απόστασης από παρατηρούμενη) σε μια σειρά παρατηρήσεων ψευδοαποστάσεων, μαζί με τα γνωστά μοντελοποιημένα σφάλματα, όπως τα ατμοσφαιρικά, στη συνέχεια οι διορθώσεις μεταβιβάζονται μαζί με όλα τα απαραίτητα στοιχεία στον κινητό δέκτη ο οποίος με τη σειρά του υπολογίζει την τελική του θέση (σχήμα 2.13). Γίνεται στην ουσία συσχέτιση (correlation) του μέρους του κώδικα, κατά τη χρονική στιγμή της εκπομπής του από τον δορυφόρο, με το μέρος του κώδικα, το οποίο αναπαράγεται τη στιγμή της λήψης από το δέκτη. Η ακρίβεια που παρέχουν οι συγκεκριμένοι δέκτες είναι της τάξης των 15-50 m ανάλογα με τις δυνατότητες κάθε τύπου και την κατασκευάστρια εταιρία. Η παραπάνω ακρίβεια είναι αρκετή για την πλοήγηση και τη ναυσιπλοΐα, αλλά και για εφαρμογές όπως ενημέρωση χαρτών σε μικρές κλίμακες π.χ. 1:10.000, για χρήση σε προγράμματα GIS (Geographic Information System) και τον καθορισμό καλλιεργήσιμων εκτάσεων. Η μεθοδολογία που ακολουθείται για την περίπτωση του διαφορικού προσδιορισμού με χρήση παρατηρήσεων φάσης RTK (Real Time Kinematic) αφορά μετρήσεις φάσης των φερόντων κυμάτων. Μετράται συγκεκριμένα η κλασματική φάση και η μεταβολή της από τη στιγμή του

εγκλωβισμού του σήματος και μετά. Αυτή η μεθοδολογία αξιοποιείται σε τοπογραφικές και γεωδαιτικές εφαρμογές ακριβείας.

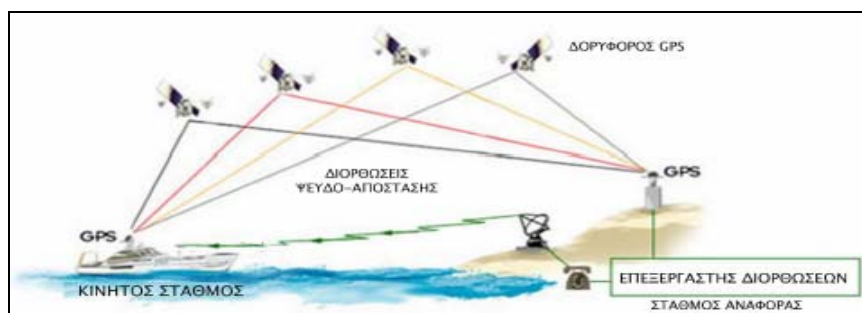
Στον σχετικό προσδιορισμό θέσης πραγματικού χρόνου (DGPS και RTK) θεωρείται ομοιογενής περιοχή και ίδιες συνθήκες μέτρησης των δύο δεκτών (σταθερός δέκτης σε σημείο γνωστών συντεταγμένων/επίγειος σταθμός αναφοράς με κινητό δέκτη) και ότι οι διορθώσεις και τα σφάλματα που υπολογίζονται στον σταθερό δέκτη ισχύουν και στο κινητό δέκτη, δεδομένου επίσης ότι οι μετρήσεις είναι ταυτόχρονες. Αυτές οι παραδοχές περιορίζονται για αποστάσεις μεταξύ των δύο δεκτών έως 50 Km. Η μεταφορά των διορθώσεων μπορεί να γίνει άμεσα με απευθείας σύνδεση μέσω ραδιο-επικοινωνίας στην περίπτωση χρήσης ζεύγους δεκτών GPS (βάση-κινητός δέκτης) ή έμμεσα μέσω δικτύου κινητής τηλεφωνίας στην περίπτωση λήψης διορθώσεων του κινητού δέκτη GPS από μόνιμο σταθμό αναφοράς.



Σχήμα 2.13 Σχεδιάγραμμα λειτουργίας του σχετικού προσδιορισμού θέσης σε πραγματικό χρόνο. (πηγή: Κ.Κομπιάδου, 2007)

Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι η χρήση ενός μόνο σταθερού δέκτη σε εφαρμογή πραγματικού χρόνου και στις δύο κατηγορίες για βάσεις που ξεπερνούν τις μερικές δεκάδες km, καθίσταται επισφαλής για τον προσδιορισμό θέσης. Ο λόγος είναι η παραδοχή ότι τα ατμοσφαιρικά σφάλματα και τα σφάλματα τροχιάς των δορυφόρων συμπεριφέρονται όμοια και στους δύο δέκτες. Σε αυτή την περίπτωση η τεχνική των μεμονωμένων σταθμών δεν επαρκεί και απαιτείται η χρήση δικτύων μόνιμων σταθμών με τη χρήση άλλων τεχνικών όπως π.χ. η τεχνική εικονικού σταθμού αναφοράς VRS (Virtual Reference Station). Η συγκεκριμένη τεχνική στηρίζεται στη δημιουργία ενός εικονικού σταθμού αναφοράς ο οποίος λειτουργεί ως “πραγματικός” δέκτης GPS σε κοντινή απόσταση από τον κινητό δέκτη. Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται σε δίκτυα GPS και προσομοιώνει τον χώρο μέτρησης

στην ευρύτερη περιοχή που κινείται ο δέκτης και απαιτεί για το σκοπό αυτό αμφίδρομη επικοινωνία του κέντρου ελέγχου του δικτύου και του κινητού δέκτη.



Εικόνα 2.7 Διαφορικό δορυφορικό σύστημα (DGPS) (πηγή: Κ.Κομπιάδου, 2007)

2.2 Βυθομέτρηση

Ο προσδιορισμός του βάθους στις υδρογραφικές αποτυπώσεις συνιστά την απόδοση της τιμής του «υψομέτρου» σημείου που βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια του νερού ως προς ένα επίπεδο αναφοράς το οποίο καθορίζεται από το σύστημα αναφοράς που έχει επιλεγεί. Οι βυθομετρήσεις συνδυάζονται με τα δεδομένα οριζοντιογραφικού προσδιορισμού θέσεων και ολοκληρώνουν τα απαραίτητα και απαιτούμενα στοιχεία για την απόδοση υποθαλάσσιων επιφανειών. Καθοριστικής σημασίας παράγοντας για την έκβαση βυθομετρήσεων αποτελεί η επιλογή και ο προσδιορισμός της κατάλληλης επιφάνειας αναφοράς. Μετρήσεις του βάθους πραγματοποιούνται συνήθως με ηχοβολιστικά όργανα, με την μέτρηση του χρόνου διάδοσης του ήχου στο νερό και γνωστές τις ιδιότητες του ήχου μέσα στο νερό. Στη συνέχεια, περιγράφονται επιγραμματικά εκτός από την ακουστική μέθοδο που είναι η πιο διαδεδομένη και άλλες τεχνικές μέτρησης του βάθους, ο προσδιορισμός της επιφάνειας αναφοράς, καθώς επίσης, και πως συνδυάζονται ο οριζοντιογραφικός προσδιορισμός και τα δεδομένα μετρήσεων των βαθών για την απόδοση ολοκληρωμένων υδρογραφικών αποτυπώσεων.

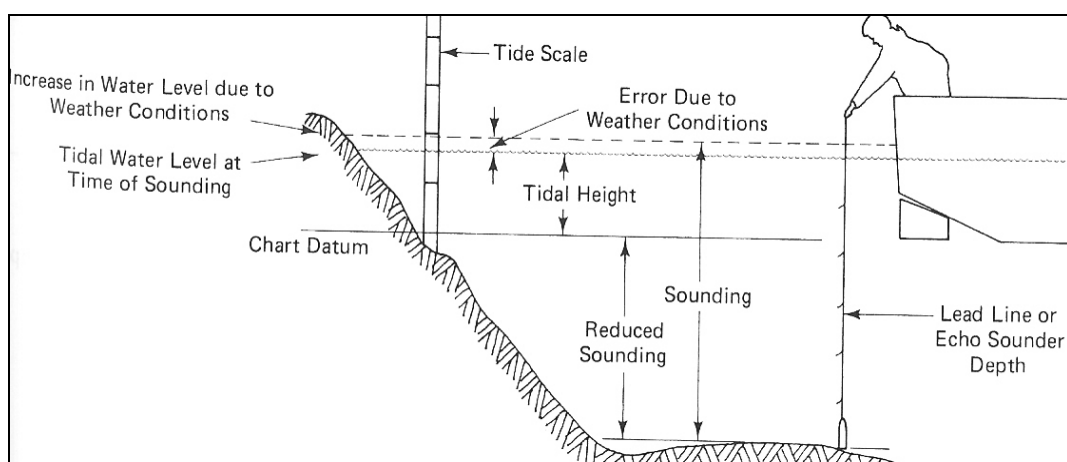
2.2.1 Επιφάνεια Αναφοράς Μέτρησης Βαθών

Το γεωειδές υλοποιείται πρακτικά από τη μέση στάθμη της επιφάνειας της θάλασσας. Στην πραγματικότητα όμως η στάθμη της θάλασσας είναι αλληλένδετη με την κυκλοφορία υδάτινων μαζών, και μεταβάλλεται λόγω αυτής. Έτσι, οι αποκλίσεις της μέσης στάθμης της θάλασσας από το γεωειδές οφείλονται στα θαλάσσια ρεύματα και γενικά είναι διάφορη του μηδενός, και της τάξης του ± 1 m.

Είναι ακόμη προφανές ότι η θάλασσα βρίσκεται σε μια αέναη κίνηση, και ότι το γεωειδές είναι μια ιδεατή επιφάνεια. Οι διάφορες θαλάσσιες κινήσεις μετακινούν νερό από τη μια στην άλλη περιοχή, και σαν αποτέλεσμα μεταβάλλεται και η στάθμη της θάλασσας. Οι κινήσεις αυτές οφείλονται στη βαρυτική έλξη των ουρανίων σωμάτων και στις αλληλεπιδράσεις με την ατμόσφαιρα.

Επομένως επειδή όπως αναφέρθηκε η επιφάνεια των ωκεανών μεταβάλλεται συνεχώς συναρτήσει του χρόνου από την επίδραση διαφόρων παραγόντων, χρησιμοποιείται η Μέση Στάθμη της Θάλασσας (Μ.Σ.Θ.), ως επίπεδο αναφοράς. Παρατηρήσεις της στιγμιαίας στάθμης της θάλασσας έδειξαν ότι μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με την περιοχή μέχρι και 15 m ημερησίως. Μηνιαία ο μέσος όρος δεν μεταβάλλεται περισσότερο από αρκετά δέκατα του μέτρου, ενώ ετήσια οι μέσοι όροι είναι σταθεροί, περίπου μερικά εκατοστά για μία περίοδο αρκετών δεκαετιών. Ως Μ.Σ.Θ. τελικώς ορίζεται η ιδεατή επιφάνεια που προκύπτει από τις στάθμες της θάλασσας απομονώνοντας τις επιδράσεις της παλίρροιας, των κυματισμών και των θαλασσίων ρευμάτων, και προσδιορίζεται από την ανάλυση παλιρροιογραφικών στοιχείων τοπικών σταθμών μέτρησης με ακρίβεια ± 0.01 m.

Θεωρητικά, ένα αρχείο πολλών παρατηρήσεων των υψών της θάλασσας σε έναν τόπο αποτελεί θεμελιώδη βάση για τον προσδιορισμό της Μ.Σ.Θ. εφόσον αυτές είναι συνεχείς και διαρκείας πολλών ετών. Έτσι εξαλείφονται οι διαφορές στα ύψη των παλιρροιών που προκαλούν οι επιδράσεις της Σελήνης και του Ήλιου. Η Μ.Σ.Θ. σε παγκόσμια κλίμακα προσδιορίζεται σήμερα με τη βοήθεια των τεχνητών δορυφόρων με ακρίβεια λίγων εκατοστών. Επιπλέον, η ύπαρξη των μετεωρολογικών δορυφόρων βοηθάει σημαντικά στην παρατήρηση των κινήσεων των ωκεανών και των διαταραχών που συμβαίνουν σ' αυτούς.

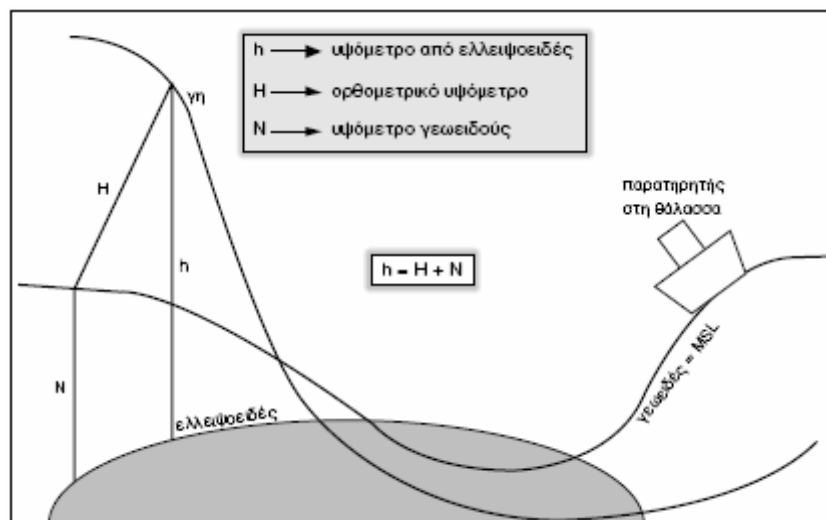


Σχήμα 2.14 Μετρούμενα μεγέθη βυθομετρίας (πηγή: A.E INGHAM, 1975)

Οι επιφάνειες αναφοράς που υπάρχουν στην υδρογραφία και τα μεγέθη τα οποία μετρώνται δίνονται από το Σχήμα 2.14 και 2.15 και οι σχέσεις οι οποίες συνδέουν αυτά τα μεγέθη είναι οι εξής:

Η επιφάνεια αναφοράς (chart datum)= Μέτρηση ηχοβολιστή ή βαθμονομημένου σχοινοίου (sounding) – Ύψος παλίρροιας (tidal height)

Η τιμή της στάθμης της παλίρροιας που δίνει ο παλιρροιογράφος (tidal scale) = Ύψος παλίρροιας (tidal height) + Ανύψωση της στάθμης της θάλασσας λόγω καιρικών συνθηκών (error due to weather condition)



Σχήμα 2.15 Οι επιφάνειες αναφοράς στην υδρογραφία (πηγή: Η. Τζιάβος, 2008)

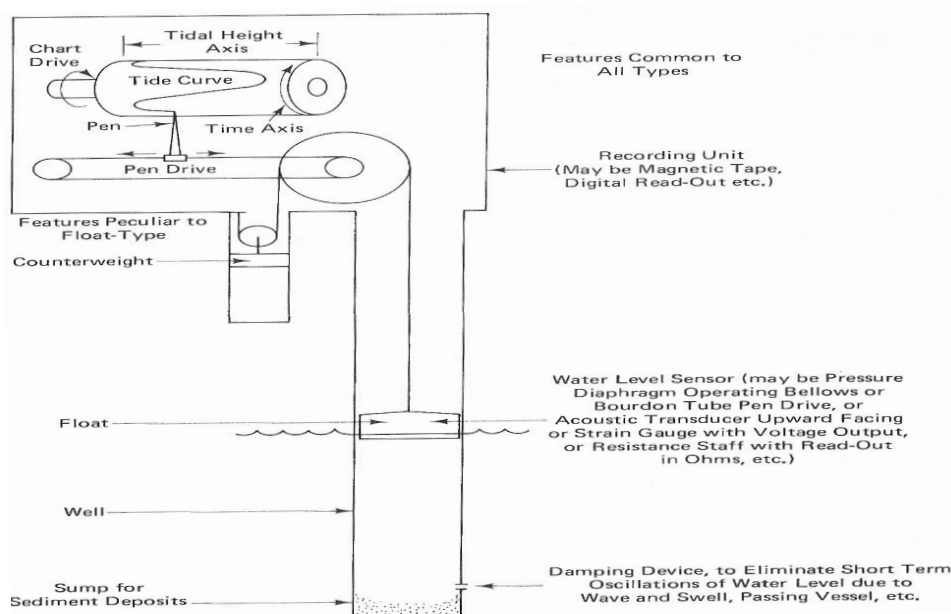
Η μέτρηση των παλιρροιών πραγματοποιείται με την καταγραφή μεταβολών της στάθμης του νερού με το χρόνο. Υπάρχουν οι συνήθεις σταθμηγράφοι ή παλιρροιογράφοι που αποτελούν συσκευές οι οποίες αποτελούνται από ένα σωλήνα διαμέτρου 10 έως 20 cm ο οποίος είναι βυθισμένος κατά το ήμισυ στο νερό και βρίσκεται σε υδραυλική επικοινωνία με μία μικρή δίοδο με τη θάλασσα. Μέσα στο σωλήνα βρίσκεται ένας πλωτήρας με συρματόσχοινο και αντίβαρο, το οποίο μεταφέρει την κίνηση μηχανικά στο καταγραφικό. Εκεί η στάθμη καταγράφεται, σαν ένα ίχνος, από γραφίδα πάνω σε μία λωρίδα χαρτιού, το οποίο ξετυλίγεται από ένα κύλινδρο και τυλίγεται σε ένα άλλο με σταθερή ταχύτητα. Η κίνηση αυτή υλοποιεί την τον άξονα του χρόνου.

Υπάρχουν και ψηφιακοί παλιρροιογράφοι που βασίζονται σε δύο αρχές:

- ❖ Στην μέτρηση της στάθμης σε σωλήνα με υπέρηχους και στη καταγραφή των μετρήσεων σε μνήμες. Με αυτό τον τρόπο αντικαθίσταται το μηχανικό μέρος της κλασικής μεθόδου.

- ❖ Στον υπολογισμό της στάθμης με μετρήσεις της πίεσης μέσα στο νερό με ηλεκτρονικό πιεσόμετρο. Η μέθοδος αυτή αξιοποιείται σε δύο τύπους: Ο ένας τύπος μετρά την πίεση στιγμιαία, οπότε πρέπει να τοποθετηθεί μέσα σε σωλήνα, όπως η κλασική διάταξη για να εξαλειφθεί η επίδραση των κυματισμών. Ο άλλος τύπος έχει ενσωματωμένο ηλεκτρονικό μικροεπεξεργαστή που λαμβάνει πολλές μετρήσεις σε διάστημα μερικών λεπτών, βρίσκει το μέσο όρο και τον αποθηκεύει στη μνήμη ως μία αντιπροσωπευτική μέτρηση. Στην ουσία η ψηφιακή επεξεργασία αντικαθιστά την μηχανική απόσβεση των κυματισμών στο σωλήνα. Οι τελευταίοι τύποι αυτοί παλιρροιογράφοι έχουν πολύ μικρό κόστος εγκατάστασης γιατί αποφεύγονται οι μηχανικές κατασκευές πάκτωσης των σωλήνων.

Οποιοσδήποτε παλιρροιογράφος και αν χρησιμοποιηθεί πρέπει να γίνει προσεκτικά η πάκτωση του και να 'εξαρτηθεί' με το τοπογραφικό δίκτυο της περιοχής. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται σταθερότητα σε βάθος χρόνου, καθώς επίσης συσχέτιση των μετρήσεων με το απόλυτο υψόμετρο των τοπογραφικών χαρτών της περιοχής.



Σχήμα 2.16 Διάταξη παλιρροιογράφου που αντιπροσωπεύει όλους τους τύπους (πηγή: A.E INGHAM, 1975)

2.2.2 Συστηματικές Μεθοδολογίες Βυθομέτρησης

2.2.2α Βολίδα

Η αρχαιότερη μέθοδος προσδιορισμού του βάθους ενός θαλάσσιου πυθμένα είναι η ραβδοσκόπηση με τη βοήθεια ενός βαθμονομημένου στυλαιού πλοήγησης ή εναλλακτικά με ένα βαθμονομημένο σκοινί όπου στην μία του άκρη είναι προσαρμοσμένο ένα λίθινο ή

μεταλλικό βάρος (βολίδα). Η μέθοδος αυτή ήταν μια διαδεδομένη πρακτική που την χρησιμοποιούσαν για πολλούς αιώνες όλοι σχεδόν οι ναυτικοί όταν τα σκάφη τους πλησίαζαν σε λιμάνια ή σε παράκτιες περιοχές.

Η μέτρηση του βάθους με βολίδα γίνεται με: Κοινή βολίδα λέμβων, για μικρά βάρη, (συνήθως εντός λιμένων ή όρμων), κοινή βολίδα πλοίων, και με μηχανική βολίδα, (σήμερα δεν είναι σε ευρεία χρήση).

Μικρά πλοία ή λέμβοι όταν "βολίζουν" (βυθομετρούν) σε αβαθή νερά χρησιμοποιούν την λεγόμενη "κοινή βολίδα λέμβων". Η "βολίδα" αυτή αποτελείται από ένα βάρος (3 kg περίπου) σχήματος κώνου και από ένα σχοινί λεπτό και ισχυρό, καλούμενο "βολιδόσχοινο" (μήκους μέχρι 26 m). Το σχοινί αυτό φέρει ανά μια μονάδα μήκους λωρίδες δερμάτινες και λεπτούς σπάγκους ή κόμπους ανά υποδιαιρέσεις της μονάδας μήκους.



Εικόνα 2.8 Βόλιση από φρεγάτα, αρχές 19ου αιώνα. (πηγή: <http://el.wikipedia.org/>)

Η βόλιση (βυθομέτρηση) με αυτό το όργανο γίνεται με την πόντισή του από την πλώρη της λέμβου. Σε περίπτωση θαλάσσιου ρεύματος ή άνεμου θα πρέπει να προηγηθεί αγκυροβολία. Ασφαλέστερη βόλιση είναι εκείνη που καταγράφεται με ημερομηνία και ώρα λαμβάνοντας υπ' όψη το ύψος τυχόν παλίρροιας.

Επειδή πιθανότητα να είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός του βάθους για περισσότερα συγκεκριμένα σημεία, με προκαθορισμένες συντεταγμένες, ρίχνονται καλαδούρια (σημαδούρες) εκεί όπου έχουν σημαδευτεί – εντοπιστεί οι θέσεις τους και σε αυτά τα σημεία η λέμβος ακινητοποιείται εντελώς και αφήνεται το βαρίδι του καλαδουριού να πιάσει πάτο. Μετά λεβάρεται - τραβιέται αμέσως το βαρίδι και μετριέται το βάθος.



Εικόνα 2.9.(α),(β) Καλαδούρι (αριστερά), Σκαντάγιο με ειδικές σημάνσεις ανά μέτρο (δεξιά)
(πηγή: <http://fishingmania.pblogs.gr>)

Η κοινή βολίδα πλοίων ή "βολίδα χειρός" χρησιμοποιείται κυρίως για μέτρηση βάθους μέχρι 37 m και κυρίως σε λιμάνια, όρμους και γενικά αβαθή ύδατα. Η ταχύτητα του πλοίου τότε δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 4 m/s. Η "κοινή βολίδα" ή "σκαντάγιο" αποτελείται από ένα επίμηκες βάρος 4.5 - 6.5 kg και ένα σχοινί πάχους 0.025 m, μήκους 46 m. Η βάση αυτής της βολίδας περιέχει και στέαρ που χρησιμεύει για την επικόλληση σε αυτό, δείγματος του βυθού της θάλασσας από το οποίο και αναγνωρίζεται η ποιότητα του βυθού (βυθοσκόπηση). Οι ενδείξεις βαθών σημειώνονται στο "βολιδόσχοινο" έτσι ώστε να είναι αντιληπτά δια της αφής σε περίπτωση περιορισμένης ορατότητας.

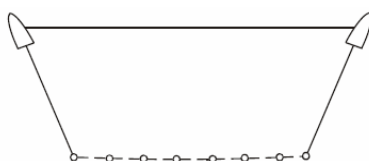
Η Μηχανική βολίδα είναι μια φορητή συσκευή που περιλαμβάνει ένα τύμπανο με ένα ψιλό συρματόσχοινο και πάνω από το οποίο υπάρχει μια οριζόντια κυκλική βαθμολογημένη πλάκα με έκκεντρο δείκτη. Πλάγια στη μία πλευρά υπάρχει επίσης ένα χειρόφρενο. Η συσκευή αυτή μπορεί να είναι και ηλεκτρική. Η μέτρηση του βάθους με την μηχανική βολίδα μπορεί να γίνει με δύο τρόπους, είτε με βολίδα όμοια με την προηγούμενη την "κοινή βολίδα πλοίων", είτε με ένα γυάλινο "πιεστικός σωλήνας" που η λειτουργία του βασίζεται στην αρχή της αύξηση του βάθους αναλογικά με την αύξηση της πίεσης, που τοποθετείται σε μεταλλική θήκη πάνω ακριβώς από την βολίδα. Κάθε συσκευή μηχανικής βολίδας είναι εφοδιασμένη με περισσότερες της μιας βολίδες.

2.2.2β Γριπίσεις



Εικόνα 2.10 Βυθομέτρηση με την μέθοδο των γριπίσεων (πηγή:
<http://celebrating200years.noaa.gov/>)

Γρίψεις αφορούν στην διαδικασία εντοπισμού μιας ανωμαλίας του βυθού, που γίνονται με την οριζόντια μετακίνηση σε καθορισμένο βάθος κάτω από την επιφάνεια του νερού ενός συρματόσχοινου, μιας δοκού ή ενός σωλήνα, που ονομάζεται γρίπος. Όταν μία ανωμαλία βυθού εντοπισθεί με κάποιο άλλο μέσο (ηχοβολιστικό καθέτου δέσμης, πλευρικό ηχοβολιστικό κ.λπ.), για τον επακριβή καθορισμό του ελάχιστου βάθους επάνω απ' αυτήν πρέπει να γίνει μία γρίπιση. Ο συνηθέστερος τρόπος γρίπισης είναι με ρυμουλκούμενο σχοινί ή συρματόσχοινο από δύο σκάφη (Σχήμα 2.17). Το εύρος του γρίπου κυμαίνεται από 100 μέχρι 400 m. Το ρυμουλκούμενο συρματόσχοινο διατηρείται στο επιθυμητό βάθος με ανακρέμαση από σημαντήρες που επιπλέουν στη θάλασσα. Στα σημεία πρόσδεσης του γρίπου με τα κατακόρυφα σχοινιά ή τις αλυσίδες ανακρέμασης από τους σημαντήρες, τοποθετούνται κατάλληλα βάρη για τη διατήρηση του γρίπου στο καθορισμένο βάθος και την οριζόντια κίνησή του. Η ταχύτητα του πλοίου κατά τη γρίπιση δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 13 m/s. Όταν η οριζόντια κίνηση ανακοπεί από κάποια ανωμαλία βυθού, ο αρχικός εντοπισμός της θέσης της πραγματοποιείται με τη βύθιση του πλησιέστερου προς αυτήν επιφανειακού σημαντήρα. Η ακριβής θέση της ανωμαλίας βυθού χρειάζεται οπωσδήποτε συμπληρωματική έρευνα. Άλλες μέθοδοι γρίπισης είναι με ρυμουλκούμενη αλυσίδα από ένα μικρό σκάφος, με οριζόντιο δοκό ή σωλήνα κ.λπ.



Σχήμα 2.17 Γρίπιση με ρυμουλκούμενη αλυσίδα από δύο πλοία (πηγή: Η. Τζιάβος, 2008)

2.2.3 Ακουστική μέθοδος

2.2.3α Βασικές αρχές – Μετάδοση του ήχου στο νερό

Η ακουστική διασκόπηση είναι η πλέον σύγχρονη τεχνική προσδιορισμού του βάθους ενός θαλάσσιου πυθμένα. Χρησιμοποιεί τις ιδιότητες του ήχου, όταν αυτός διαδίδεται μέσα σε ρευστό. Η ηχητική ή ακουστική ενέργεια χρησιμοποιείται ευρέως στην ωκεανογραφία διότι ο ήχος υφίσταται περιορισμένες απώλειες λόγω απορροφήσεων στην υδάτινη στήλη, σε αντίθεση με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Η ηχητική ενέργεια διαχέεται προς όλες τις διευθύνσεις και η επιφάνεια που καταλαμβάνει αυξάνει εκθετικά με την απόσταση. Μεγέθη που χαρακτηρίζουν τα ηχητικά κύματα είναι η διάρκεια (ή το μήκος) του ηχητικού κύματος (ή μήκος παλμού), η συχνότητα, η περίοδος και η ταχύτητα του ήχου. Η ένταση του ηχητικού κύματος (ακουστική ενέργεια/μονάδα επιφανείας) μειώνεται (α) με την απόσταση

από την ηχητική πηγή και (β) με την ανάπτυξη δυνάμεων τριβής στο μέσο μετάδοσης και την ανάλογη απορρόφηση ενέργειας και μετατροπής της σε θερμότητα. Η απορρόφηση ακουστικής ενέργειας εξαρτάται από μία ποικιλία φυσικών (θερμοκρασία, αλατότητα, πίεση) και χημικών παραγόντων.

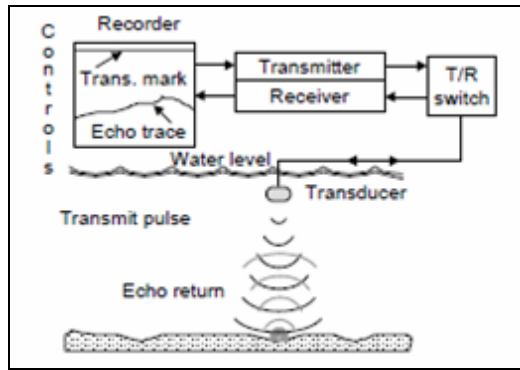
Στις σύγχρονες υδρογραφικές αποτυπώσεις το βάθος προσδιορίζεται από παρατηρήσεις-μετρήσεις του χρόνου μετάδοσης ηχητικών κυμάτων. Μία συσκευή που ονομάζεται βυθόμετρο (συνήθως είναι προσαρμοσμένο πάνω σε ένα σκάφος) εκπέμπει έναν ηχητικό παλμό, από ένα μετατροπέα (πομπός), ο οποίος μεταδίδεται στην υδάτινη στήλη και κατευθύνεται προς το βυθό και στη συνέχεια, αφού ανακλαστεί από τον στόχο (πυθμένας) πίσω στον μεταδότη, τον συλλέγεται με το δέκτη του. Το βάθος υπολογίζεται από τον μετρούμενο χρόνο ΔT :

$$\text{Βάθος} = c \cdot \frac{\Delta T}{2} \quad \text{Σχέση (2.1)}$$

Όπου c = ταχύτητα του ήχου στο νερό.

Μία τυπική ηχοβολιστική συσκευή συνήθως μετράει τον διπλό χρόνο μετάδοσης των κυμάτων στην υδάτινη στήλη και αποτελείται από τις ακόλουθες βασικές μονάδες (βλέπε Σχήμα 2.18):

- ❖ τη γεννήτρια παλμών-μεταδότη (transmitter)
- ❖ έναν ημιπλωτό πομπό/δέκτη (μεταλλάκτη) (transducer) ο οποίος μεταφέρει ενέργεια στον μεταδότη
- ❖ τον δέκτη/ενισχυτή (receiver/amplifier) ο οποίος ενισχύει το ηχητικό κύμα και το μεταφέρει στο καταγραφικό σύστημα
- ❖ τον μετατροπέα (transducer) ο οποίος μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε ηχητική, στέλνει το ακουστικό στο νερό, λαμβάνει την επιστροφή του ηχητικού σήματος και το μετατρέπει σε ηλεκτρικό πάλι.
- ❖ τη μονάδα καταγραφής (recorder) η οποία ελέγχει τα εκπεμπόμενα σήματα, μετράει το χρόνο μετάδοσης των ακουστικών κυμάτων, αποθηκεύει τα δεδομένα και μετατρέπει τα χρονικά διαστήματα σε εύρη συχνοτήτων.

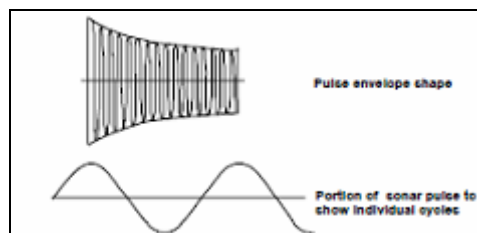


Σχήμα 2.18 Βασικές λειτουργίες ηχοβολιστή (πηγή: C.D. de Jong, 2010)

Η γεννήτρια παλμών είναι εξοπλισμένη με ένα ρολόι χαλαζία το οποίο ταλαντώνεται σε εύρος συχνοτήτων 1-10 MHz και του οποίου η συχνότητα υποδιαιρείται προκειμένου να ληφθεί η συχνότητα στην οποία λειτουργεί ο μετατροπέας. Το ρολόι χαλαζία χρησιμοποιείται επίσης για να μετρηθούν τα χρονικά διαστήματα που μεσολαβούν από τη μετάδοση έως την λήψη των ακουστικών σημάτων. Οι σύγχρονοι ηχοβολιστές συνήθως προσφέρουν την επιλογή ανάμεσα σε δύο ή τρεις συχνότητες μετάδοσης οι οποίες ονομαστικά είναι οι:

- ❖ χαμηλής συχνότητας-αποδίδουν σε βαθιά νερά γιατί η απόσβεση είναι χαμηλή, αλλά απαιτείται μεγάλος μετατροπέας
- ❖ υψηλής συχνότητας-ο μετατροπέας μπορεί να είναι συμβατός αλλά το εύρος είναι περιορισμένο λόγω της υψηλής απόσβεσης

Ο μεταλλάκτης πομπό/δέκτης χρησιμοποιείται για να ενεργοποιήσει έναν παλμό με συγκεκριμένο μήκος κύματος. Συνήθως το μήκος κύματος κυμαίνεται από 0.1 έως 50 ms. Σε ρηχά νερά, ένα μόνο μικρό μήκος κύματος 0.2 ms μεταδίδεται και λαμβάνεται πριν την μετάδοση του επόμενου παλμού. Σε βαθιά νερά παράγονται πολλά μήκη κυμάτων από 1 έως 40 ms και βρίσκονται μέσα στο νερό καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων. Το εύρος των μηκών κυμάτων εξυπηρετεί τη κάλυψη απωλειών λόγω της απόσβεσης. Το σχήμα του κύματος και η κάλυψη του φαίνονται στο σχήμα 2.25



Σχήμα 2.19 Σχήμα και κάλυψη ηχητικού κύματος (πηγή: C.D. de Jong, 2010)

Ο δέκτης/ενισχυτής που ενισχύει την επιστροφή του ηχητικού σήματος και το στέλνει στη μονάδα καταγραφής.

Ο μετατροπέας τοποθετείται στο κάτω μέρος του πλωτού και είναι σε επαφή με το νερό. Οι λειτουργίες του είναι:

- ❖ Να μετατρέπει ηλεκτρική ενέργεια σε ηχητική.
- ❖ Να μεταδίδει το ακουστικό σήμα στο νερό.
- ❖ Να λαμβάνει την 'ηχώ' του ακουστικού σήματος
- ❖ Να μετατρέπει το ηχητικό σήμα σε ηλεκτρικό.

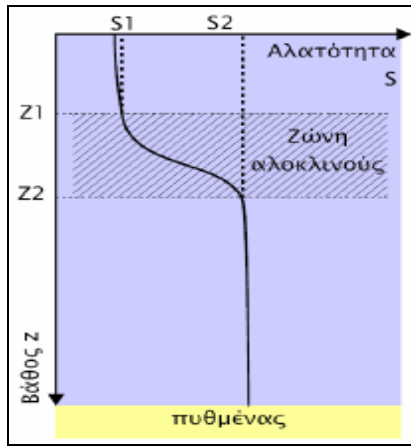
2.2.3β Φυσικές παράμετροι καταγραφής

Αλατότητα και αγωγιμότητα

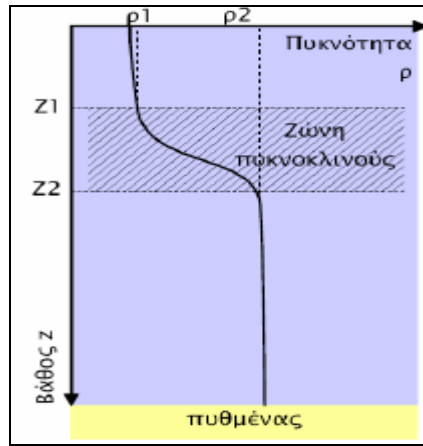
Οι βασικές ιδιότητες του θαλάσσιου νερού που επιδρούν στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι από τις παραμέτρους εκείνες που κατά κανόνα μετρώνται στις διάφορες υδρογραφικές-ωκεανογραφικές μελέτες. Το νερό της θάλασσας αποτελείται κατά 965‰ από καθαρό νερό και 35‰ από διαλυμένα άλατα. Ο όρος αλατότητα (salinity) ή αλμυρότητα δηλώνει το βάρος όλων των αλάτων σε γραμμάρια (gr), που περιέχονται σε 1 kgr θαλάσσιου νερού. Η αλατότητα του θαλάσσιου νερού μεταβάλλεται σε περιορισμένα όρια από τόπο σε τόπο, ιδιαίτερα μάλιστα σε παράκτιες περιοχές και κοντά στις εκβολές ποταμών. Η αλατότητα γενικά παρουσιάζει μία αύξηση με το βάθος, ενώ ταυτόχρονα εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος. Οι παράγοντες οι οποίοι την επηρεάζουν είναι η εξάτμιση, οι βροχές και τα ύδατα των ποταμών που πέφτουν στη θάλασσα και η μέση τιμή παγκοσμίως είναι ίση περίπου με 35‰.

Η αγωγιμότητα βέβαια είναι συνάρτηση τόσο της αλατότητας όσο και της θερμοκρασίας. Επομένως για τον τελικό καθορισμό της αλατότητας απαιτούνται τόσο μετρήσεις θερμοκρασίας όσο και αγωγιμότητας. Για οποιαδήποτε τιμή της αλατότητας η αγωγιμότητα αυξάνεται με κάθε αύξηση της θερμοκρασίας. Ο υπολογισμός της αλατότητας μέσω της αγωγιμότητας του θαλάσσιου νερού παρουσιάζει μία ακρίβεια της τάξης του 0.002‰.

Όσο αναφορά τα χρησιμοποιούμενα όργανα, η μέτρηση της αλατότητας γίνεται σήμερα με κάποιους ειδικούς αισθητήρες, που βυθίζονται στο θαλάσσιο νερό σε συγκεκριμένα βάθη. Οι αισθητήρες αυτοί μετρούν συνήθως και άλλες παραμέτρους του θαλάσσιου νερού (πολυαισθητήρες). Εκτός από τη συγκέντρωση αλάτων, στο θαλάσσιο νερό υπάρχουν και αέρια, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το οξυγόνο, το άζωτο, το αργό και το υδρόθειο.



Εικόνα 2.11 Ζώνη αλοκλινοῦς
(πηγή: Κ.Κομπιάδου, 2007)



Εικόνα 2.12 Ζώνη πυκνοκλινοῦς

Θερμοκρασία

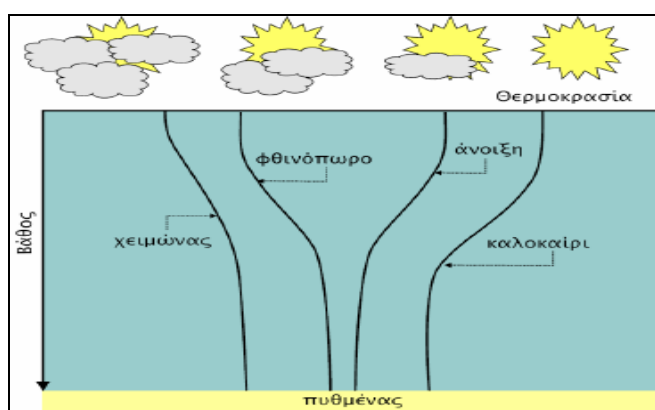
Οι θερμοκρασιακές μεταβολές της ατμόσφαιρας επιδρούν και στις θερμοκρασίες των επιφανειακών θαλάσσιων υδάτων. Η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας στην αντίστοιχη θερμοκρασία του θαλάσσιου ύδατος έχει επίδραση μέχρι ένα ορισμένο βάθος. Σε μεγάλα βάθη η επίδραση αυτή είναι αμελητέα. Η ζώνη, όπου παρατηρείται η σημαντική ελάττωση της θερμοκρασίας με το βάθος, ονομάζεται *θερμοκλινές (thermocline)*. Το εύρος της ζώνης του θερμοκλινοῦς είναι δύσκολο να προσδιορισθεί, ιδιαίτερα σε περιοχές όπου η μεταβολή της θερμοκρασίας δεν είναι ιδιαίτερα έντονη. Η μεταβολή της θερμοκρασίας με το βάθος εξαρτάται και από το γεωγραφικό πλάτος μιας περιοχής.

Γενικά, παρατηρείται μία ελάττωση της θερμοκρασίας των επιφανειακών υδάτων από τον ισημερινό προς τους πόλους (από 27°C σε -2°C περίπου). Η οριζόντια κατανομή της θερμοκρασίας στα επιφανειακά ύδατα είναι δύσκολο να περιγραφεί, γιατί είναι ένα πολύπλοκο φαινόμενο, που υφίσταται σημαντικές ετήσιες μεταβολές. Σήμερα η θερμοκρασία των θαλάσσιων μαζών μπορεί να μετρηθεί με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους, ανάλογα με το είδος της εφαρμογής, την επιζητούμενη ακρίβεια, την έκταση που θα πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις και εάν αυτές θα γίνουν κατά την κίνηση του σκάφους ή όταν αυτό παραμένει ακίνητο.

Στις υδρογραφικές-ωκεανογραφικές εργασίες ενδιαφέρει κατά κανόνα η κατανομή της θερμοκρασίας οριζόντια και κάθετα στο θαλάσσιο νερό. Έτσι, χρησιμοποιούνται συνήθως κάποια ειδικά θερμόμετρα, τα *αντιστρεφόμενα θερμόμετρα*, που δίνουν μετρήσεις κατά την έννοια των τριών διαστάσεων και παρουσιάζουν μία ευαισθησία (ακρίβεια) στις μετρήσεις της τάξης του 0.02°C. Στις σύγχρονες υδρογραφικές ωκεανογραφικές εφαρμογές οι μετρήσεις της θερμοκρασίας σε κίνηση πραγματοποιούνται κατά κανόνα με ειδικούς

πολυαισθητήρες, που, εκτός της θερμοκρασίας, μετρούν και άλλες ιδιότητες του θαλάσσιου νερού.

Είναι δυνατή η απόδοση όλων αυτών των στοιχείων σε πραγματικό χρόνο (κατά τη διάρκεια της μέτρησης) στην οθόνη ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή επί του σκάφους (ηλεκτρονικός χάρτης), ή και η αποθήκευση αυτών σε ψηφιακή μορφή για την μετέπειτα αξιοποίησή τους. Σήμερα, παρέχεται από την επιστήμη της δορυφορικής αλτιμετρίας η δυνατότητα καταγραφής επιφανειακών θερμοκρασιών για όλες τις θαλάσσιες επιφάνειες με μετρήσεις από τους ειδικούς δορυφόρους, που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για τον προσδιορισμό της μέσης στάθμης της επιφάνειας της θάλασσας και για εφαρμογές της τηλεπισκόπησης στις ωκεάνιες εκτάσεις οι οποίοι δίνουν επιφανειακές θερμοκρασίες του θαλάσσιου νερού. Η σημασία των δορυφορικών αυτών εφαρμογών είναι τεράστια καθώς είναι διαθέσιμα συγκριτικά στοιχεία για την επιφανειακή θερμοκρασία της θάλασσας ανάμεσα σε περιοχές που απέχουν μεταξύ τους πολύ μεγάλες αποστάσεις.



Εικόνα 2.13 Εποχιακή μεταβολή της θερμοκρασίας της στήλης του νερού (πηγή: Κ.Κομπιάδου, 2007)

Πυκνότητα

Η πυκνότητα του θαλάσσιου νερού εξαρτάται από την αλατότητα S , τη θερμοκρασία T και την πίεση P , που μεταβάλλεται σε πολύ στενά όρια. Μία μέση τιμή για την πυκνότητα είναι 1.027 gr/cm^3 (1027 kgr/m^3). Η μέτρηση της πυκνότητας γίνεται με τη χρήση αραιομέτρου με χαμηλή σχετικά ακρίβεια ή με οπτικές μεθόδους με βάση τη μεταβολή της τιμής της διάθλασης. Ένας άλλος τρόπος προσδιορισμού της πυκνότητας επιτυγχάνεται με τη βοήθεια της θερμοκρασίας και της αλατότητας των θαλάσσιων υδάτων και τη χρήση ειδικών πινάκων (πίνακες Knudsen-Ekman) που ήταν σε χρήση μέχρι το 1980.

Μετά το 1980 ο υπολογισμός της πυκνότητας αποδίδεται από την διεθνή καταστατική εξίσωση του θαλάσσιου νερού (International Equation of State, 1980 - IES80), που δίνει την

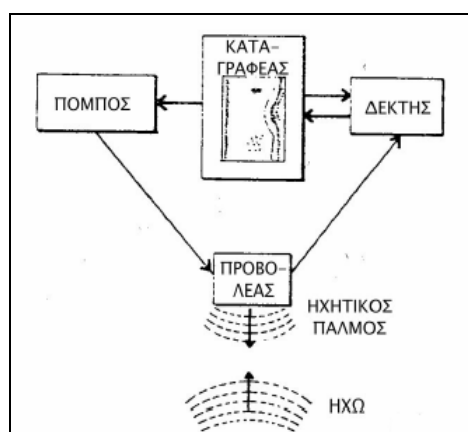
πυκνότητα μέσω μιας σειράς πολυωνυμικών όρων ως συνάρτηση της αλατότητας, της θερμοκρασίας και της πίεσης (Pond and Pickard 1983) με καλύτερη ακρίβεια από τις άλλες μεθόδους.

Η αρτιότερη περιγραφή μιας θαλάσσιας μάζας γίνεται μέσω ενός διαγράμματος T – S που είναι αποτέλεσμα συλλογής στοιχείων θερμοκρασίας και αλατότητας καθ' όλο το ύψος της στήλης του θαλάσσιου νερού σε κάποιο υδρογραφικό - ωκεανογραφικό σταθμό (μετρήσεις σε διαφορετικά βάθη). Οι θαλάσσιες μάζες σε ένα διάγραμμα T – S ορίζουν ζώνες με συγκεκριμένα όρια θερμοκρασίας και αλατότητας.

2.2.3γ Ηχοβολιστικά συστήματα

Τα είδη βυθομέτρων που υπάρχουν και χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στις υδρογραφικές αποτυπώσεις είναι τα εξής:

Τα Βυθόμετρα Απλής Δέσμης που εκπέμπουν μία κάθετη δέσμη ηχητικών παλμών στη συχνότητα των 200KHz ή των 50KHz. Με τις υψηλές συχνότητες (200KHz) επιτυγχάνεται μεγάλη ακρίβεια σε ρηχά σχετικά νερά , ενώ με τις χαμηλές συχνότητες (50KHz) η ηχητική δέσμη διεισδύει σε μεγαλύτερα βάθη νερού. Η συνεχής εκπομπή ηχητικών παλμών κατά μήκος της πορείας ενός ερευνητικού σκάφους επιφάνειας δίνει μία δισδιάστατη βυθομετρική διατομή.



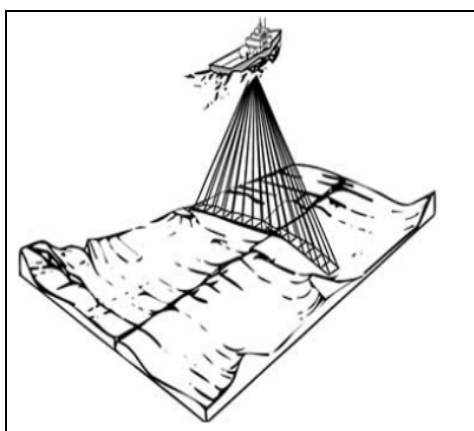
Σχήμα 2.20 Κύρια μέρη βυθόμετρου (πηγή: Κομπιάδου, 2007)

Τα Βυθόμετρα Πολλαπλής Δέσμης (Multibeam Echosounder) των οποίων η λειτουργία βασίζεται στην εκπομπή μιας πολλαπλής ηχητικής δέσμης με ευρεία γωνία πρόσπτωσης. Η δέσμη αυτή αφού ανακλαστεί στο βυθό συλλέγεται από ένα σύστημα δεκτών που είναι εγκατεστημένο στα ύφαλα του ερευνητικού σκάφους. Μετά από την κατάλληλη επεξεργασία, μέσω ενός ειδικού λογισμικού, παράγεται η τρισδιάστατη βυθομετρική απεικόνιση μιας ευρείας ζώνης βυθού. Ο πολυδεσμικός ηχοβολιστής αποτελεί το ιδανικό σύγχρονο εργαλείο για τη λεπτομερή χαρτογράφηση και εξερεύνηση του πυθμένα της

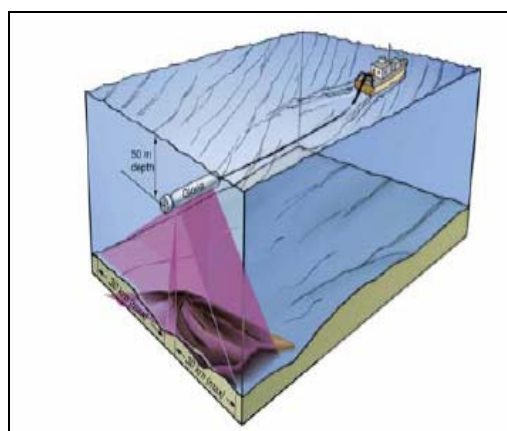
θάλασσας με σκοπό: τη σύνταξη υδρογραφικών (βυθομετρικών) χαρτών, τη μελέτη και έρευνα των φυσικών και γεωλογικών διεργασιών στον παράκτιο και βαθύτερο θαλάσσιο χώρο και τη μελέτη, κατασκευή, και συντήρηση θαλάσσιων τεχνικών έργων.

Ο Ηχοβολιστής Πλευρικής Σάρωσης (Side Scan Sonar) ο οποίος επίσης αξιοποιεί την εκπομπή δέσμης ηχητικών παλμών. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί έναν διπλό πομποδέκτη προσαρμοσμένο σε μία συσκευή που μοιάζει με τορπίλη. Η τορπίλη σέρνεται πίσω από το ερευνητικό σκάφος επιφάνειας με τη βοήθεια ενός ειδικού συρματοσχοιού. Παράγονται δύο ηχητικές δέσμες, η μία δεξιά και η άλλη αριστερά της νοητής πορείας του σκάφους, με αποτέλεσμα την καταγραφή των ανωμαλιών του πυθμένα. Οι γεωμορφές ή τα αντικείμενα του βυθού που εξέχουν έχουν εντονότερη φωτεινότητα, ενώ αυτά που βρίσκονται χαμηλότερα ή είναι πίσω από τις «τοπογραφικές εξάρσεις» εμφανίζονται με πιο σκούρες αποχρώσεις. Οι Ηχοβολιστές Πλευρικής Σάρωσης δεν παρέχουν ακριβή βυθομετρικά δεδομένα. Ωστόσο, είναι πολύτιμο όργανο στον εντοπισμό ναυαγίων, βλαβών σε υποβρύχια καλώδια και διάφορων γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών του πυθμένα όπως, υποθαλάσσιες κατολισθήσεις, αμμοθίνες, βραχώδεις εξάρσεις κ.ά.

Ο τομογράφος υποδομής πυθμένα (subbottom profiler). Στην περίπτωση αυτή η εκπομπή των ηχητικών κυμάτων είναι χαμηλότερης συχνότητας σε σχέση με το βυθόμετρο και έτσι επιτυγχάνεται διείσδυση κάτω από τον πυθμένα και ανάκλαση τους από επιφάνειες ασυνέχειας. Υπάρχουν τρία είδη τομογράφων: (α) Υψηλών συχνοτήτων (3.5- 7kHz) – διείσδυση έως ~40m – διακριτική ικανότητα: <0.50m, (β) Μεσαίων συχνοτήτων (0.2- 1.5kHz) – διείσδυση έως ~300m -διακριτική ικανότητα: 2m, (γ) Χαμηλών συχνοτήτων (10- 200Hz) – διείσδυση έως ~1500m – διακριτική ικανότητα: 10-20m.



Σχήμα 2.21 Σχηματική αναπαράσταση της λειτουργίας ηχοβολιστικού συστήματος πολλαπλής ηχητικής δέσμης (πηγή: Β. Καψημάλη, 2009)



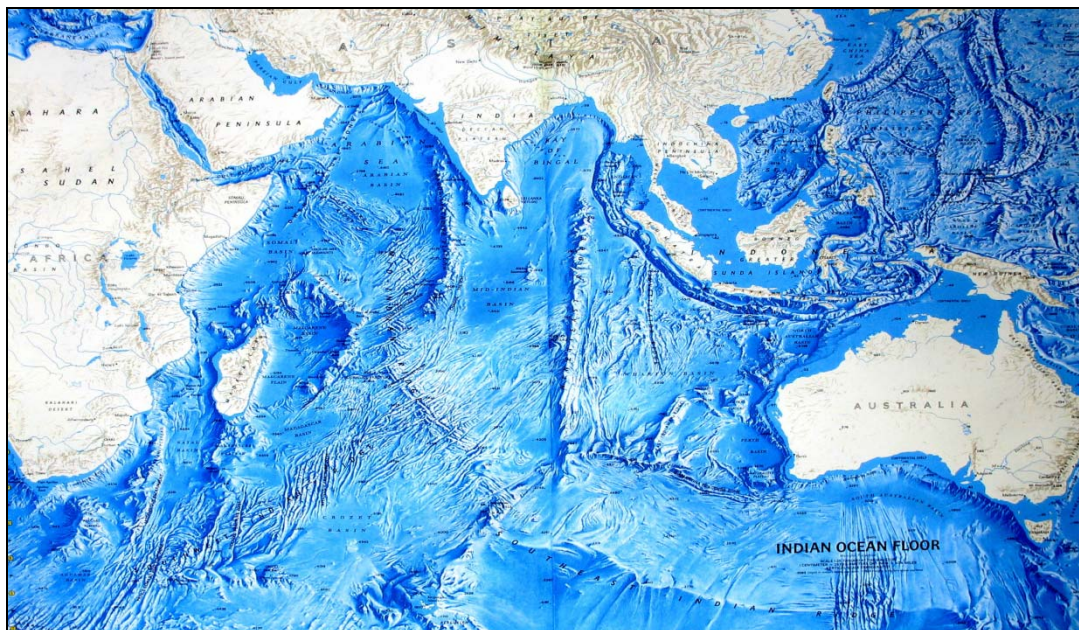
Εικόνα 2.14 Μορφολογική αποτύπωση βυθού με χρήση ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης

Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι οι ηχοβολιστικές συσκευές ή SONAR (SOund NAVigation and Ranging) διακρίνονται επιπλέον σε τρεις κατηγορίες: (α) Ηχοβολιστικές συσκευές μεγάλου βάθους (10000m) με συχνότητα υπερήχων 1-15 kHz και μικρές σχετικά ακρίβειες. (β) Ηχοβολιστικές συσκευές (ηχοβολιστικά) μέσου βάθους (5000m), συχνότητες υπερήχων 20-50 kHz και μέσης τάξης ακρίβειες. (γ) Ηχοβολιστικές συσκευές (ηχοβολιστικά) μικρού βάθους (300m) με συχνότητες υπερήχων 30-300kHz και υψηλές ακρίβειες. Τα ηχοβολιστικά και των τριών κατηγοριών χαρακτηρίζονται ως ηχοβολιστικά καθέτου δέσμης. Κατά τον προσδιορισμό του βάθους με ένα ηχοβολιστικό σύστημα καθέτου δέσμης γίνεται η μέτρηση του χρόνου διάδοσης των ηχητικών κυμάτων.

2.2.4 Άλλες Μέθοδοι Βυθομέτρησης

2.2.4α Εναέριες μέθοδοι

Η Φωτοβυθομετρία αποτελεί μέθοδο τηλεπισκόπησης και εφαρμόζεται από αεροπλάνα ή δορυφόρους για τον έλεγχο των χαρακτηριστικών ακτινοβολίας (του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος) των διαφόρων αντικειμένων. Με αυτό τον τρόπο προσδιορίζονται βάθη με φωτογραμμετρικές τεχνικές. Ο προσδιορισμός του βάθους γίνεται με τη λήψη αεροφωτογραφιών και επεξεργασία με φωτογραμμετρικές μεθόδους. Σε ευνοϊκές συνθήκες, καθαρής ατμόσφαιρας και διαυγούς θάλασσας είναι δυνατή η μέτρηση βαθών έως και 30 m. Η μέθοδος αυτή έχει αξιοποιηθεί από τις υδρογραφικές υπηρεσίες των ΗΠΑ και του Καναδά για τη βυθομετρική αποτύπωση αβαθών περιοχών. Η χρήση των δορυφορικών εικόνων παρουσιάζει διάφορες εφαρμογές στην υδρογραφία, ιδιαίτερα η χρήση εικόνων που προέρχονται από τους δορυφόρους LANDSAT, SPOT, αλλά και αλτιμετρικούς δορυφόρους μετά την κατάλληλη επεξεργασία των δορυφορικών στοιχείων.



Εικόνα 2.15 Χάρτης υψηλής ανάλυσης του πυθμένα του Ινδικού Ωκεανού (πηγή: <http://portal.survey.ntua.gr/>)

Οι εφαρμογές αυτές αφορούν τη βυθομετρική αποτύπωση αβαθών θαλάσσιων περιοχών (βλέπε Εικόνα 2.15), τη μελέτη ιζημάτων στις εκβολές ποταμών και μόλυνσης των θαλασσών, τη γεωμορφολογία ακτών όσο αναφορά τη γεωλογική μελέτη των ακτών (π.χ. διάβρωση), τη μετακίνηση εκτάσεων από άμμο, τη γεωλογική σύσταση των θαλάσσιων πυθμένων και την ιστορία της υφαλοκρηπίδας, την κλίση του βυθού και των ωκεάνιων λεκανών, τη διερεύνηση και αξιοποίηση των υποθαλάσσιων πηγών ενέργειας, την κίνηση των τεκτονικών πλακών και την αποτύπωση της ακτογραμμής απρόσιτων περιοχών (νησιών κ.λπ.). Έχει γίνει ήδη η χρήση εικόνων του LANDSAT για τον εντοπισμό μολυσμένων θαλάσσιων περιοχών και σε εφαρμογές της βιολογικής ωκεανογραφίας. Σημαντική είναι η μελέτη και ερμηνεία δορυφορικών εικόνων και σε μη χαρτογραφημένες αβαθείς περιοχές ή σε περιοχές παλαιών χαρτών που παρουσιάζουν κενά. Μία τέτοια εφαρμογή που έχει πραγματοποιηθεί αφορά την μελέτη του πλαγκτόν και της επιβάρυνσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος από πετρελαιοκηλίδες και άλλα στερεά απόβλητα.

Τέλος αξίζει να αναφερθεί και η μέτρηση βαθών με τη χρήση ακτινών Laser. Η μέθοδος στηρίζεται στο χρόνο που χρειάζεται ένας παλμός Laser, που εκπέμπεται από κάποιο αεροσκάφος, να φθάσει μέχρι τον πυθμένα του θαλάσσιου νερού και να επιστρέψει πίσω. Ταυτόχρονα μπορεί να “τοπογραφηθεί” με αυτή την μέθοδο ο πυθμένας της θάλασσας και της στεριάς καθώς και αντικείμενα ή κατασκευές που εξέχουν από το νερό. Συχνά χρησιμοποιείται συμπληρωματικά και βιντεοκάμερα για την αποκωδικοποίηση, στη φάση της επεξεργασίας, της ακτογραμμής και των κατασκευών στην παράκτια ζώνη.

Το πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι η ταχύτητα του φωτός είναι σταθερότερη σε σχέση με την ταχύτητα του ήχου στο νερό όμως σημαντικά προβλήματα στη συλλογή στοιχείων αποτελούν η θολερότητα, οι κακές καιρικές συνθήκες, η παλίρροια καθώς και το φως του ήλιου που δημιουργεί ένα “θόρυβο φόντου”. Οι νυχτερινές ώρες ενδείκνυνται για μετρήσεις στη θάλασσα, η πλοήγηση όμως των αεροπλάνων (ιδιαίτερα κοντά στην ακτή) είναι επικίνδυνη και έτσι αποφεύγεται.



Εικόνα 2.16 Βυθοσκόπηση παράκτιων περιοχών με χρήση Αερομεταφερόμενου Βυθομέτρου Laser (πηγή: Β. Καψημάλη, 2009)

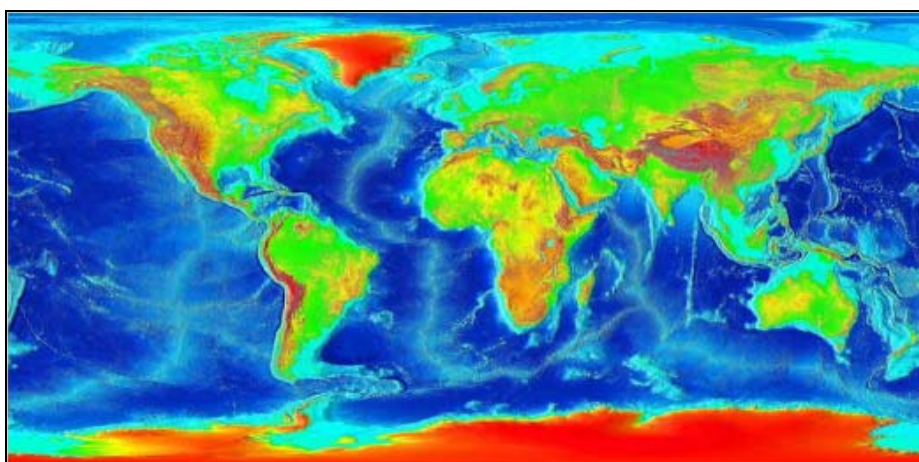
2.2.4β Χρήση δορυφορικών εικόνων

Απόδοση βυθομετρικών χαρτών και διαγραμμάτων μπορεί να γίνει και από την επεξεργασία δορυφορικών εικόνων. Τα σημαντικότερα προβλήματα στην επεξεργασία των δεδομένων αυτών αποτελούν ο προσδιορισμός του γεωειδούς, η αφαίρεση δεδομένων που δεν μας ενδιαφέρουν (παλίρροιες, ρεύματα, άνεμοι, ατμοσφαιρική πίεση), καθώς και η διόρθωση πιθανών λαθών στην τροχιά του δορυφόρου. Αν και η ακρίβεια και η διακριτική ικανότητα της δορυφορικής βυθομετρίας είναι μικρή σε σχέση με τις κλασικές βυθομετρικές έρευνες, σημαντικά πλεονεκτήματα αποτελούν η σχεδόν παγκόσμια και σχετικά ομοιόμορφη βυθομετρική κάλυψη, η σχετικά φτηνή και γρήγορη λήψη “αλτιμετρικών” δεδομένων σε σχέση με τις κλασικές βυθομετρικές μεθόδους, η γενικά ικανοποιητική, σε ένα προκαταρκτικό (αναγνωριστικό) στάδιο, πληροφορία και η χρησιμότητα σε τοπικές γεωμορφολογικές ή και τεκτονικές έρευνες σε φτωχά μελετημένες ή σε δυσπρόσιτες περιοχές.

Μια από τις σπουδαιότερες συνεισφορές της Δορυφορικής Υψομετρίας (Satellite Altimetry) είναι η ανακάλυψη των μεγάλων μορφολογικών χαρακτηριστικών του ωκεάνιου πυθμένα. Έχει διαπιστωθεί ότι η στάθμη του ωκεανού πάνω από μία μεγάλη μορφολογική ανωμαλία

συμπεριφέρεται ανάλογα. Πιο συγκεκριμένα, όταν στο βυθό υπάρχει ένα υποθαλάσσιο βουνό, τότε ακριβώς πάνω από αυτό, η επιφάνεια του νερού ανυψώνεται αμυδρά σε σχέση με την τριγύρω περιοχή, ενώ όταν υπάρχει βαθιά λεκάνη χαμηλώνει σε σχέση με την μέση στάθμη.

Με βάση αυτή τη παρατήρηση και κατόπιν πολλών διορθώσεων έχουν παραχθεί μορφολογικοί χάρτες που δείχνουν σε γενικές γραμμές τις θέσεις των μέσο – ωκεάνιων ραχών, των μεγάλων ρηγμάτων μετασχηματισμού, τις βαθιές τάφρους στα μέτωπα σύγκλισης των λιθοσφαιρικών πλακών κ.ά. Επισημαίνεται, ότι η μέθοδος της Δορυφορικής Υψομετρίας δεν μπορεί να δώσει βυθομετρικά δεδομένα, αλλά παρέχει μια γενική εκτίμηση των μεγάλων υποθαλάσσιων γεωμορφών.

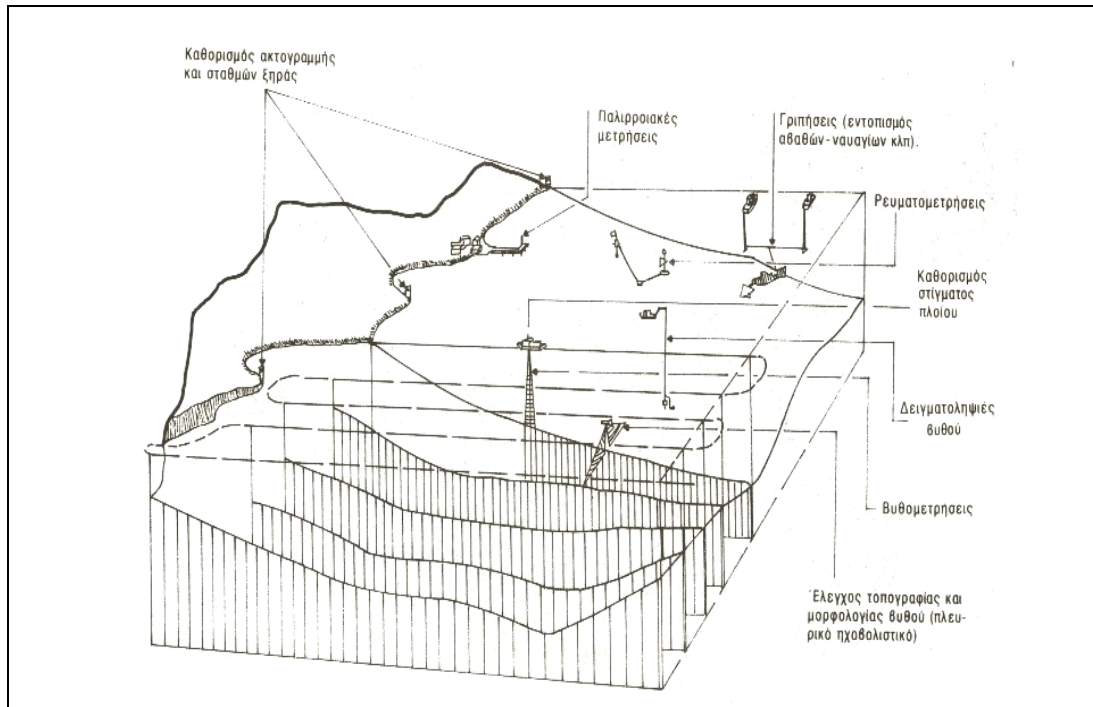


Εικόνα 2.17 Γενική μορφολογική διάπλαση του ωκεάνιου πυθμένα με χρήση δορυφορικής υψομετρίας (πηγή: Β. Καψημάλη, 2009)

2.3 Διαδικασία Ολοκληρωμένων Υδρογραφικών Αποτυπώσεων

Σε μία ολοκληρωμένη υδρογραφική αποτύπωση επιτυγχάνεται ταυτόχρονη και αυτόματη καταγραφή οριζοντιογραφικών και βυθομετρικών πληροφοριών και τελικό προϊόν της είναι η δημιουργία τομών, διατομών, μηκοτομών, βυθομετρικών χαρτών, ναυτικών διαγραμμάτων και ψηφιακά μοντέλου βυθού. Συνίσταται στην ουσία στο συνδυασμό ενός ηλεκτρομαγνητικού συστήματος προσδιορισμού θέσης και μιας ηχοβολιστικής συσκευής για τον προσδιορισμό του βάθους και την ψηφιακή καταγραφή των στοιχείων αυτών. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται μεγάλη ακρίβεια στον οριζόντιο και κατακόρυφο εντοπισμό και η τελική απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο πολλαπλών γεωμετρικών και χωρικών πληροφοριών.

Οι φάσεις υλοποίησης μιας ολοκληρωμένης υδρογραφικής αποτύπωσης ξεκινούν με την προετοιμασία από το γραφείο. Είναι άκρως απαραίτητη η μελέτη της προς αποτύπωση περιοχής προκειμένου να πραγματοποιηθεί επιτυχώς μία υδρογραφική εργασία. Στα πλαίσια της προετοιμασίας προσδιορίζεται η ακρίβεια απόδοσης των τελικών αποτελεσμάτων και των μετρήσεων, η συχνότητα καταγραφής δεδομένων όπως και η πυκνότητα των μετρήσεων, γίνεται η σχεδίαση της πορείας του σκάφους και των προς υλοποίηση τομών και μηκοτομών πάνω σε ένα ενιαίο 'χάρτη' ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί ως υπόβαθρο στην διαδικασία της υδρογράφησης. Στην σχεδίαση των γραμμών της υδρογραφικής εργασίας η πρώτη παράμετρος που λαμβάνεται υπόψη είναι οι απαιτήσεις της εκάστοτε υδρογραφικής εφαρμογής, η οποία ποικίλει από χαρτογράφηση, πόντιση υποθαλάσσιων αγωγών ή καλωδίων μέχρι την έκβαση βυθοκορήσεων και την έρευνα ναυαγίων. Επιπλέον γίνεται συλλογή και μελέτη υφιστάμενων για την περιοχή στοιχείων όπως ναυτικοί και στρατιωτικοί χάρτες, βυθομετρικά διαγράμματα, αεροφωτογραφίες, πλοηγοί, τριγωνομετρικά σημεία και παλίρροιες. Αξιοποιούνται επίσης σχέδια που πιθανόν να υπάρχουν από μελέτες ή έργα που έχουν πραγματοποιηθεί για την αναγνώριση της κατασκευής ή της περιοχή που μελετάται. Σε επόμενο στάδιο γίνεται προετοιμασία όλων εκείνων των διαγραμμάτων και εντύπων που θα χρησιμοποιηθούν κατά την διάρκεια της υδρογράφησης όπως διαγράμματα βολιστικών γραμμών, βαθυμετρικά διαγράμματα και λίστες με συντεταγμένες των χρησιμοποιούμενων τριγωνομετρικών σημείων. Η επιχειρησιακή οργάνωση της εργασίας αποτελεί το τελευταίο βήμα της προετοιμασίας. Σε αυτό το στάδιο γίνεται λήψη αποφάσεων επί θεμάτων όπως που θα εγκατασταθούν οι σταθμοί καθορισμού στίγματος ξηράς, που θα εγκατασταθούν παλιρροιογράφοι, ποιος τοπογραφικός εξοπλισμός θα χρησιμοποιηθεί (γεωδαιτικά ή ακουστικά όργανα) και πως αυτός θα εγκατασταθεί στο πλωτό, ποιό είναι το απαραίτητο προσωπικό και η διοικητική μέριμνα αυτού.



Σχήμα 2.22 Σχηματική αναπαράσταση Ολοκληρωμένης Υδρογραφικής Αποτύπωσης

Η σχεδίαση των ηχοβολιστικών γραμμών αποτελεί ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της προετοιμασίας μίας υδρογραφικής εργασίας και η χρήση αυτών ως πλοηγού πλεύσης κατά την διάρκεια των υδρογραφικών μετρήσεων καθορίζει το τελικό αποτέλεσμα. Οι παράμετροι οι οποίες λαμβάνονται υπόψη για την σχεδίαση των ηχοβολιστικών γραμμών είναι οι αποστάσεις μεταξύ τους να είναι ανάλογες της κλίμακας υδρογράφησης και της μορφής του ανάγλυφου του πυθμένα, οι ίδιες να είναι κάθετες στην ακτογραμμή και να επιτυγχάνεται πλήρης κάλυψη της προς υδρογράφηση περιοχής. Απαραίτητος είναι τέλος ο σχεδιασμός και γραμμών ελέγχου, κάθετων στις κύριες γραμμές υδρογράφησης σε αποστάσεις όχι περισσότερο από 15 φορές της απόστασης των κύριων γραμμών υδρογράφησης.

Μετά την κατάλληλη προετοιμασία από το γραφείο ακολουθεί το στάδιο της εκτέλεσης των υδρογραφικών μετρήσεων και της συλλογής στοιχείων πεδίου. Απαραίτητη προϋπόθεση για την έκβαση των μετρήσεων είναι να υπάρχουν ευνοϊκές συνθήκες καιρού προκειμένου να επιτευχθεί η προκαθορισμένη ακρίβεια. Σε περίπτωση που γίνεται χρήση ζεύγους δεκτών GPS στην περιοχή όπου θα πραγματοποιηθεί η υδρογράφηση γίνεται αρχικά η τοποθέτηση στα επιλεγόμενα τριγωνομετρικά σημεία του δέκτη GPS ο οποίος θα λειτουργεί ως βάση για τον προσδιορισμό και την αποστολή διορθώσεων στον κινητό δέκτη. Ο τελευταίος τοποθετείται στο υδρογραφικό σκάφος, με τέτοιο τρόπο ώστε να υλοποιεί κάθετη διεύθυνση στην φορά κίνησης του σκάφους και στην οριζόντια επιφάνεια του και σε ύψος τέτοιο που να έχει πλήρη ορατότητα του ορίζοντα χωρίς να παρεμβάλλεται κανένα

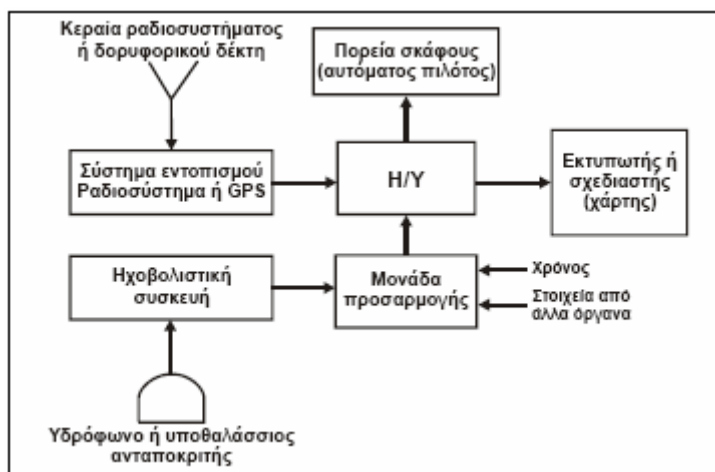
εμπόδιο. Ο ηχοβολιστής τοποθετείται στην κάθετη διεύθυνση που υλοποιεί ο δέκτης GPS, σε τέτοιο ύψος ώστε να βρίσκεται καθ'όλη τη διάρκεια των μετρήσεων κάτω από την επιφάνεια του νερού. Η απόσταση του δέκτη από τον ηχοβολιστή μετράται από τα προκαθορισμένα σημεία που ορίζει το κάθε όργανο και αποτελεί παράμετρο η οποία εισάγεται στα μεγέθη που απαιτούνται από τα λογισμικά πεδίου που χρησιμοποιούνται για την απόδοση των μετρήσεων, έτσι ώστε να γίνει αναγωγή των μετρούμενων βαθών και υψομέτρων στην κατάλληλη επιφάνεια αναφοράς. Άλλα μεγέθη τα οποία εν γένει εισάγονται είναι παράμετροι ελλειψοειδούς αναφοράς, η χρήση συγκεκριμένου προβολικού συστήματος ή και γεωειδούς, η συχνότητα καταγραφής δεδομένων και αν αυτή θα καθοριστεί από την απόσταση μετακίνησης του πλωτού ή από τον προσδιορισμό συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος. Στο λογισμικό πεδίου που χρησιμοποιείται εισάγονται οι συντεταγμένες του τριγωνομετρικού σημείου πάνω στο οποίο έχει τοποθετηθεί ο δέκτης GPS (βάση) και το ύψος οργάνου. Στη βάση γίνεται συνήθως τροφοδοσία με μία εξωτερική πηγή ενέργειας εάν αυτό είναι εφικτό έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα μετρήσεων χωρίς την δέσμευση χρονικών περιθωρίων. Η απόσταση της βάσης και του κινητού δέκτη θα πρέπει να κινείται μέσα σε ακτίνα περίπου 10 km προκειμένου να υπάρχει σταθερή επικοινωνία μεταξύ τους άρα και συνεχής ακρίβεια προσδιορισμού θέσης του κινητού δέκτη στα επιθυμητά όρια. Η εκκίνηση της πλοήγησης του υδρογραφικού σκάφους μετά την τοποθέτηση του τοπογραφικού εξοπλισμού πάνω σε αυτό προϋποθέτει ακόμα την σύνδεση του κινητού δέκτη με την βάση και τον ηχοβολιστή. Η πλοήγηση του σκάφους θα πρέπει να ανατίθεται σε έμπειρο χειριστή και να ακολουθεί με την κατάλληλη ταχύτητα με όσο το δυνατό μικρότερη απόκλιση τις ηχοβολιστικές γραμμές οι οποίες αναπαρίστανται στο χάρτη που έχει σχεδιασθεί για τον προγραμματισμό των μετρήσεων μαζί με τα όρια της περιοχής προς υδρογράφηση και όλα τα απαραίτητα χωρικά δεδομένα που πρέπει να υπάρχουν σε αυτόν για την συγκέντρωση όλων των απαραίτητων μετρήσεων και την αποφυγή πιθανόν δυσκολιών. Η χρήση των κλασικών ναυτικών βοηθημάτων και οργάνων (χάρτες, ειδικές ναυτικές εκδόσεις, πυξίδες, ραντάρ κ.λπ.) συμπληρώνουν τον απαραίτητο εξοπλισμό για μία ασφαλή πλοήγηση. Με την έναρξη των μετρήσεων ενώ το σκάφος ακολουθεί τις προκαθορισμένες διαδρομές η ψηφιακή καταγραφή των στοιχείων αυτών επιτρέπει την χαρτογραφική απεικόνιση όλων των γεωμετρικών και χωρικών πληροφοριών, πέρα από την απόδοση του στίγματος της πορείας του σκάφους με συντεταγμένες και του βάθους που μετράται, κατά τη διάρκεια της υδρογραφικής έρευνας. Παράλληλα με τις μετρήσεις που πραγματοποιούνται από το υδρογραφικό σκάφος είναι δυνατή η καταγραφή μετρήσεων και από άλλες μονάδες-όργανα για την συλλογή περισσότερων πληροφοριών όπως από παλιρροιογράφους για την μέτρηση τη στάθμης της υδρογραφικής επιφάνειας. Η διαδικασία των μετρήσεων και

υλοποίησης του σχεδίου πλεύσης ολοκληρώνεται με την αποτύπωση όλων των σημείων που ορίζουν οι ηχοβολιστικές γραμμές και της επιφάνειας που ορίζει η προς υδρογράφιση περιοχή με βήμα το οποίο έχει προκαθοριστεί και με την συλλογή όλων των συμπληρωματικών πληροφοριών που απαιτούνται από άλλα όργανα. Σε τελικό στάδιο είναι απαραίτητος ο έλεγχος-καλιμπράρισμα με τη διαδικασία βαθμονόμησης (Bar check) του ηχοβολιστή με διάταξη η οποία διαμορφώνεται σε προκαθορισμένες διαστάσεις, αντίστοιχες των βαθών της προς υδρογράφιση περιοχής. Με την διάταξη αυτή πραγματοποιούνται μετρήσεις με τον ηχοβολιστή τοποθετημένο στο κάτω μέρος της διάταξης σε νερά ίδιας 'ποιότητας' με αυτά της περιοχής μελέτης και γίνεται έλεγχος εάν οι μετρήσεις του ηχοβολιστή απέχουν από τις προκαθορισμένες διαστάσεις της διάταξης και αν υπάρχει κάποια σταθερή απόκλιση από αυτές ορίζεται ως μία σταθερά η οποία εισέρχεται ως παράμετρος στην απόδοση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων.

Μετά το πέρας των μετρήσεων πραγματοποιείται η επεξεργασία των συλλεγόμενων στοιχείων και ο τελικός έλεγχος για την αξιοπιστία, την πληρότητα και την ακρίβεια τους. Η αξιοποίηση αναλογικών μεθόδων περιλαμβάνει την εφαρμογή τύπων για την απόδοση των αποστάσεων, την αναγωγή-διόρθωση των υψομέτρων λόγω αυξομείωσης της στάθμης της θάλασσας, την δημιουργία των υλοποιημένων γραμμών πλεύσης και τον έλεγχο απόκλισης από τις προκαθορισμένες, την παράθεση παλιότερων σχεδίων-μελετών με αυτά που προέκυψαν για τυχόν αποκλίσεις, τον έλεγχο της ακρίβειας απόδοσης συντεταγμένων και βαθών των οργάνων, την εισαγωγή λοιπών παραμέτρων ανάλογων των συνθηκών στην υπάρχουσα περιοχή μελέτης, την ομαδοποίηση των μετρήσεων για την περαιτέρω επεξεργασία αυτών για απόδοση σχεδίων και για αξιοποίηση με ψηφιακές μεθόδους. Με την χρήση ψηφιακών μεθόδων είναι δυνατή η απόδοση και δημιουργία ψηφιακών μοντέλων και ανάγλυφων. Από τις απεικονίσεις αυτές αποδίδονται ισοϋψείς και τρισδιάστατες αναπαραστάσεις για τον ποιοτικό έλεγχο των αποτελεσμάτων, την εικονική προβολή της επιφάνειας που προέκυψε από την υδρογράφιση, την απόδοση τομών-μηκοτομών σε προκαθορισμένες θέσεις, την διαβάθμιση των επιφανειών με σκιαγραφήσεις και χρωματισμούς και την όψη της υδρογραφημένης επιφάνειας από διάφορες οπτικές γωνίες.

Το τελικό στάδιο της υδρογραφικής εργασίας αποτελεί η παρουσίασή της, η οποία επιτυγχάνεται με την απόδοση βυθομετρικών διαγραμμάτων και των άλλων συλλεγμένων στο πεδίο στοιχείων σε διάφορες δομές. Ανάλογα με τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής την οποία εξυπηρετεί η υδρογραφική έρευνα παρατίθενται ως αποτελέσματα της τομές, διατομές ή και μηκοτομές που προκύπτουν άμεσα από τις μετρήσεις ή και από

ψηφιακές μεθόδους, ψηφιακά μοντέλα εδάφους και ανάγλυφα, βυθομετρικά διαγράμματα και χάρτες στην προκαθορισμένη ακρίβεια.



Σχήμα 2.23 Αυτοματοποιημένη υδρογράφιση (πηγή: Η. Τζιάβος, 2008)

2.4 Ακρίβειες-Παράμετροι Υδρογραφικής Αποτύπωσης

Όσον αναφορά τα σφάλματα στη μέτρηση του βάθους με ηχοβολιστικές συσκευές διακρίνονται ως εξής:

α) Σφάλμα βυθίσματος προβολέα. Το μετρούμενο βάθος είναι η κατακόρυφη απόσταση ανάμεσα στο βυθό και την επιφάνεια του προβολέα της ηχοβολιστικής συσκευής. Το βάθος αυτό πρέπει να διορθωθεί για το βύθισμα του προβολέα. Στο μετρούμενο βάθος δηλαδή πρέπει να προστεθεί η απόσταση από την επιφάνεια του προβολέα μέχρι την επιφάνεια της μέσης στάθμης της θάλασσας ή της κατώτατης ρηχίας, ανάλογα με το ποια επιφάνεια χρησιμοποιείται σαν επιφάνεια αναφοράς των βαθών.

β) Σφάλμα καταγραφής. Οφείλεται κατά κύριο λόγο στη μη ταύτιση της οριζόντιας γραμμής αναφοράς του ηχογράμματος με τη γραμμή μηδενικού βάθους της καταγραφικής ταινίας.

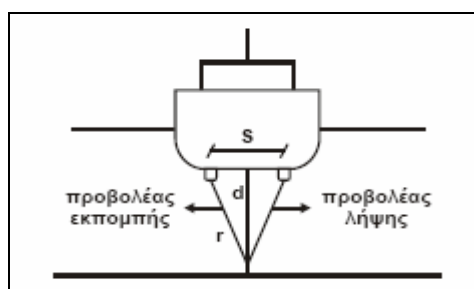
γ) Σφάλμα λόγω επίδρασης κυματισμού. Το σφάλμα αυτό οφείλεται στις κατακόρυφες κινήσεις του υδρογραφικού σκάφους λόγω των κυματισμών της θάλασσας. Σε ορισμένα σύγχρονα υδρογραφικά συστήματα γίνεται αυτόματα η διόρθωση του σφάλματος αυτού για κύματα μικρής περιόδου.

δ) Σφάλμα λόγω διαχωρισμού προβολών: Το σφάλμα αυτό εμφανίζεται μόνο στις περιπτώσεις που ο προβολέας εκπομπής δεν συμπίπτει με τον προβολέα λήψης, στα πλαίσια της πτυχιακής χρησιμοποιείται ηχοβολιστής που δεν κατατάσσεται σε αυτή τη κατηγορία. Όπως φαίνεται και από το σχήμα (5.1) το πραγματικό βάθος D δίνεται

από τη σχέση:

$$D = \sqrt{r^2 - \frac{1}{4} \cdot s^2}$$

Σχέση (5.1)



Σχήμα 2.24 Σφάλμα λόγω διαχωρισμού προβολών

ε) Σφάλμα καθίζησης και δυναμικής διαγωγής. Όταν το υδρογραφικό σκάφος κινείται, δημιουργείται μία καθίζηση, που δεν οφείλεται σε αλλαγή του βυθίσματος, αλλά πρόκειται για καθίζηση της θαλάσσιας επιφάνειας του νερού. Επίσης κατά την κίνηση του σκάφους μεταβάλλεται η διαφορά βυθίσματος πλήρης – πρύμνης (σφάλμα δυναμικής διαγωγής). Τα σφάλματα αυτά διορθώνονται κατά ένα ποσοστό με σκοπεύσεις χωροβάτη από τη στεριά προς μία σταδία, όταν το πλοίο είναι ακίνητο και όταν κινείται. Η διόρθωση επίσης γίνεται, με μικρότερη όμως ακρίβεια, με τη βύθιση ενός σημαντήρα από το πλοίο όταν είναι ακίνητο και όταν κινείται. Οι τιμές του σφάλματος αυτού φθάνουν μερικές φορές τα 0.30-0.35 m.

στ) Σφάλμα μετάδοσης ταχύτητας του ήχου. Η μέση τιμή της ταχύτητας μετάδοσης των ηχητικών κυμάτων είναι μία παραδοχή, αφού στα διάφορα στρώματα κάθε θαλάσσιας στήλης η ταχύτητα μεταβάλλεται. Έτσι με τη χρησιμοποίηση της ταχύτητας V εισάγεται ένα σφάλμα στο μετρούμενο βάθος. Για τον υπολογισμό της απαραίτητης διόρθωσης η θαλάσσια στήλη διαχωρίζεται σε διάφορα στρώματα (ισοπαχή ή όχι) και υπολογίζεται η ταχύτητα V του ήχου στο κάθε στρώμα. Για το κάθε στρώμα υπολογίζεται ένας συντελεστής διόρθωσης δD , με

$$\delta D = \frac{V - \bar{V}}{\bar{V}}$$

Σχέση (5.2)

όπου \bar{v} η ταχύτητα που χρησιμοποιεί η ηχοβολιστική συσκευή και V η ταχύτητα στο κάθε στρώμα. Οι συντελεστές δD πολλαπλασιάζονται με τα πάχη των αντίστοιχων στρωμάτων και δίνουν τις διορθώσεις κάθε στρώματος. Η άθροιση των διορθώσεων αυτών δίνει τη συνολική διόρθωση για ολόκληρη τη θαλάσσια στήλη. Ένας άλλος τρόπος διόρθωσης του βάθους λόγω σφαλμάτων της ταχύτητας μετάδοσης του ήχου, είναι μία παραλλαγή της μεθόδου του τεχνητού βυθού. Κατά τη βύθιση της μεταλλικής επιφάνειας σε γνωστά βάθη γίνεται μέτρηση του βάθους και με την ηχοβολιστική συσκευή. Το ίδιο γίνεται στα ίδια σημεία και όταν η επιφάνεια ανέρχεται. Οι ενδείξεις στα κοινά σημεία κατά την κάθοδο και άνοδο δεν συμπίπτουν. Οι διαφορές των ενδείξεων αυτών δίνουν τις διορθώσεις για τα αντίστοιχα βάθη.

Τα σφάλματα στις μετρήσεις με σύστημα GPS κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες, οι οποίες είναι οι εξής:

Σφάλματα λόγω εκπεμπόμενων σημάτων δορυφόρων.- Τέτοια σφάλματα είναι αυτά που οφείλονται στις εκπεμπόμενες εφημερίδες, δηλαδή στα τροχιακά στοιχεία των δορυφόρων, και στην αστάθεια του χρονομέτρου του δορυφόρου.

Σφάλματα δέκτη.- Αυτή η κατηγορία εμπεριέχει τα σφάλματα του χρονομέτρου του δέκτη και αυτά που προκύπτουν από το φαινόμενο των πολλαπλών διαδρομών του σήματος λόγω αντανάκλασης του στις διάφορες επιφάνειες του περιβάλλοντος του δέκτη. Τέλος υπάρχουν και σφάλματα που προκαλούνται από τις διάφορες διακυμάνσεις του κέντρου φάσης της κεραίας του δέκτη.

Σφάλματα διάδοσης σημάτων.- Τα σφάλματα που προκύπτουν λόγω καθυστέρησης του σήματος καθώς περνά από τα διάφορα στρώματα της ατμόσφαιρας, ανήκουν σε αυτή την κατηγορία. Η διάκριση των σφαλμάτων αυτών γίνεται σε ιονοσφαιρική και τροποσφαιρική καθυστέρηση. Στην ιονόσφαιρα τα φορτισμένα σωματίδια προκαλούν επιβράδυνση της ταχύτητας διάδοσης του δορυφορικού σήματος, ιδιαίτερα σε περιόδους έντονης ηλιακής ακτινοβολίας, και στην τροπόσφαιρα οι υδρατμοί και τα καιρικά φαινόμενα, επίσης επηρεάζουν την ταχύτητα του σήματος. Τέλος το φαινόμενο πολλαπλών διαδρομών του σήματος (multipath error) στις διάφορες επιφάνειες του περιβάλλοντος πριν φτάσει στην κεραία του δέκτη συμπεριλαμβάνεται στην ίδια κατηγορία.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί η γεωμετρία των δορυφόρων ως παράγοντας σφαλμάτων στις μετρήσεις με σύστημα GPS, η οποία δεν κατατάσσεται σε καμία από τις παραπάνω πηγές σφαλμάτων.

Ο σημαντικότερος παράγοντας που καθορίζει την πραγματοποίηση ή μη των μετρήσεων με τον συνδυασμό του δέκτη GPS και του ηχοβολιστή είναι η ύπαρξη ευνοϊκών καιρικών συνθηκών στην περιοχή μελέτης. Ο παράγοντας αυτός μπορεί να υπάρξει ανασταλτικός για την διεκπεραίωση της υδρογραφικής εργασίας και πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη. Ο καθορισμός των ημερομηνιών πραγματοποίησης των μετρήσεων θα πρέπει να γίνεται κατόπιν προγραμματισμού και καθημερινής παρακολούθησης των προγνώσεων για τις τοπικές καιρικές συνθήκες όπου θα πραγματοποιηθεί η υδρογραφική αποτύπωση. Ευνοϊκές καιρικές συνθήκες αποτελούν οι μικρές εντάσεις ανέμων στην περιοχή μελέτης και η απουσία κυματισμών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΡΓΟΥ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ “ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ & ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΘΡΙΑΣΙΟΥ ΠΕΔΙΟΥ”

3.1 Συνοπτική Περιγραφή του Έργου

3.1.1 Θέση του έργου

Η περιοχή στην οποία βρίσκεται ο Βιολογικός Καθαρισμός ονομάζεται «ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΥΔΑΠ / ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΠΑΡΚΟ (ΒΙ.ΠΑ.) ΚΕΛ ΘΡΙΑΣΙΟΥ – ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗΣ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ 9 / 192 00 – ΕΛΕΥΣΙΝΑ». Το γήπεδο όπου είναι κατασκευασμένο το ΚΕΛΘ βρίσκεται στην περιοχή του Δήμου Ασπροπύργου. Ορίζεται προς Βορρά από την Εθνική Οδό Αθήνας-Κορίνθου, προς Δύση από την έκταση της Χαλυβουργικής, προς Νότο από τη γραμμή της παραλίας (Φ 592 δ/25-10-80) και προς Ανατολή από έναν ασφαλτοστρωμένο δρόμο στην απέναντι πλευρά του οποίου, στο βόρειο τμήμα, βρίσκεται η βιομηχανία ΠΕΤΡΟΛΙΝΑ (βλέπε Εικόνα 3.2). Το γήπεδο αυτό έχει χαρακτηριστεί ως χώρος βιολογικού καθαρισμού με την απόφαση 60803/2709 του Υ.Π.Ε.Κ.Α (Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής), (ΦΕΚ 322/Δ/15.5.1995) διά της οποίας επιφέρεται σχετική τροποποίηση στο Γ.Π.Σ. (Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο) του Ασπροπύργου.

Σε μια έκταση 7.000 m² περίπου, στη βορειοδυτική γωνία της έκτασης προς απαλλοτρίωση, της ΕΥΔΑΠ, προβλέπεται από μελέτες του Υ.Π.Ε.Κ.Α (Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας) η κατασκευή ενός ανισόπεδου κόμβου (κόμβος Χαλυβουργικής) από τον οποίο ξεκινάει οδός που θα συνδέει την Εθνική Οδό Αθηνών-Κορίνθου με την παλιά εθνική οδό προς τη Θήβα. Ο χώρος που θα καταλάβει ο κόμβος θα παραμείνει ελεύθερος και συνεπώς ο διαθέσιμος στον οποίο κατασκευάστηκε το ΚΕΛΘ χώρος έχει έκταση 57.000 m² περίπου.



Εικόνα 3.1 Εγκαταστάσεις Βιολογικού Καθαρισμού (πηγή: Αρχείο Βιολογικού Καθαρισμού Θρασίου Πεδίου)



Εικόνα 3.2 Τοποθεσία Βιολογικού Καθαρισμού (πηγή: www.googleearth.com)

3.1.2 Μορφολογία και εδαφικές συνθήκες

Η επιφάνεια του εδάφους του γηπέδου είναι γενικά επίπεδη με ελαφρή κλίση προς την παραλία και προς το δυτικό όριο (Χαλυβουργική). Τα ανώτατα υψόμετρα περί το +2,50m, συναντώνται στη βορειοανατολική γωνία του γηπέδου.

Για τη διερεύνηση των συνθηκών θεμελίωσης έγιναν στο γήπεδο του ΚΕΛΘ 10 γεωτρήσεις με βάθη από 15 μέχρι 35 m. Από τις έρευνες αυτές εντοπίστηκε πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους ένα στρώμα γκριζόμαυρης μαλακής αργίλου με αρκετές οργανικές προσμίξεις και κατά τόπους σημαντικές προσμίξεις άμμου και ιλύος, επικαλυπτόμενο από λεπτό επιφανειακό στρώμα από υλικά προσχώσεων και καστανής αργίλου. Στο μεγαλύτερο τμήμα του γηπέδου το στρώμα αυτό εκτείνεται σε βάθος μέχρι υψόμετρο -2,50m έως -3,00m περίπου, ενός το πάχος του μειώνεται προς τη βόρεια πλευρά και ιδίως προς τη βορειοανατολική γωνία του γηπέδου. Τα υποκείμενα του στρώματος αυτού είναι καστανές άργιλοι, με περιεκτικότητα σε άμμο και σε αμμοχάλικο.

Η στάθμη του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα βρίσκεται λίγο ψηλότερα από τη στάθμη της θάλασσας. Για την μελέτη των έργων η στάθμη υπόγειου ορίζοντα θεωρήθηκε από τον Ανάδοχο σε υψόμετρο +1.00 m από την στάθμη της θάλασσας.

3.1.3 Δίκτυο αποχέτευσης – Χαρακτηριστικά λυμάτων - Αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων

Το δίκτυο αποχέτευσης στην λεκάνη απορροής του Κ.Ε.Λ. Θριασίου, είναι χωριστικό δηλαδή με ανεξάρτητα δίκτυα για τα όμβρια και τα ακάθαρτα. Τα απόβλητα που θα εισρέουν μέσω του δικτύου αποχέτευσης στο Κ.Ε.Λ., θα είναι λύματα από τις αστικές περιοχές και υγρά απόβλητα από βιομηχανίες και άλλες εγκαταστάσεις (στρατόπεδο, νοσοκομείο, μηχανοστάσιο ΟΣΕ, κ.α.) των περιοχών της Ελευσίνας, του Ασπρόπυργου, της Μάντρας και της Μαγούλας. Τα μη αστικά απόβλητα, θα υφίστανται προεπεξεργασία, εάν αυτό είναι απαραίτητο, ώστε να τηρούνται τα όρια για διάθεση στους υπονόμους, σύμφωνα με την υπ' αριθ. ΥΓ 179182/656/1979 απόφαση των αναπληρωτών Νομαρχών Αττικής (ΦΕΚ 582/Β/2.7.1979), ή όποια νεότερη τεθεί σε εφαρμογή.

Αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων θα είναι ο κόλπος της Ελευσίνας. Μελλοντικά είναι πιθανή η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων, με πιθανότερη χρήση τη διάθεση σε γειτονικές βιομηχανίες. Σύμφωνα με την υδρογραφική αναγνώριση που έγινε στα πλαίσια της Προμελέτης, ο πυθμένας της θάλασσας στην περιοχή του αγωγού εκβολής έχει ομαλή κλίση (περίπου 1%) και μέχρι το βάθος των 2,5m περίπου έχει μαλακά και υδαρή χαρακτηριστικά.

3.2 Περιγραφή της Μεθόδου Επεξεργασίας και Διάθεσης

Η επεξεργασία των λυμάτων θα πραγματοποιείται κατά στάδια. Κατά σειρά προτεραιότητας αυτά είναι: ανύψωση και προεπεξεργασία (εσχάρωση, εξάμμωση) για την απομάκρυνση των στερεών και της άμμου, πρωτοβάθμια καθίζηση, βιολογική επεξεργασία με την μέθοδο της ενεργού ιλύος (νιτροποίηση, απονιτροποίηση καθώς και βιολογική και χημική απομάκρυνση φωσφόρου), δυνατότητα ενίσχυσης της απομάκρυνσης φωσφόρου με την προσθήκη χημικών και δύλιση σε ταχυδυσλιστήρια άμμου και στη συνέχεια απολύμανση με χρήση ακτινοβολίας UV πριν από την διάθεσή των λυμάτων στη θάλασσα μέσω υποθαλάσσιου αγωγού. Τα λύματα και τα βιομηχανικά απόβλητα από το δίκτυο αποχέτευσης του Θριασίου Πεδίου συλλέγονται από τρεις κεντρικούς αποχετευτικούς αγωγούς που συμβάλλουν στο βορειανατολικό άκρο του γηπέδου του ΚΕΛΘ και με αγωγό διαμέτρου DN1000, κατευθύνονται προς το αντλιοστάσιο της εισόδου προκειμένου να ανυψωθούν προς τις εγκαταστάσεις προεπεξεργασίας.

Η επεξεργασία της πρωτοβάθμιας ιλύος θα πραγματοποιείται κατά στάδια, που κατά σειρά είναι το σύστημα ζύμωσης – βαρυτικής πάχυνσης της ιλύος και κατάληξη στη δεξαμενή ανάμιξης. Στην ίδια δεξαμενή καταλήγει και η περίσσεια βιολογικής ιλύος αφού πρώτα υποστεί πάχυνση με τη μέθοδο της επίπλευσης (DAF). Στη συνέχεια το μίγμα πρωτοβάθμιας και βιολογικής ιλύος οδηγείται στη μονάδα αναερόβια χώνευσης όπου και σταθεροποιείται περαιτέρω προκειμένου να καταλήξει στη μονάδα μηχανικής αφυδάτωσης από όπου και απομακρύνεται.

Το βιοαέριο που παράγεται κατά την διαδικασία της χώνευσης αξιοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω μονάδας συμπαραγωγής, η δε παραγόμενη θερμότητα αξιοποιείται για την κάλυψη των θερμικών αναγκών της μονάδας χώνευσης και του κτιρίου Διοίκησης.

Η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων θα γίνεται στον κόλπο της Ελευσίνας, με αγωγό συνολικού μήκους 1620m περίπου. Η εκβολή θα γίνεται μέσω διαχυτήρα και στομίων διάχυσης, σε βάθος 14m περίπου κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Παράλληλα το έργο θα είναι εξοπλισμένο με αντλιοστάσιο παράκαμψης το οποίο θα τίθεται σε λειτουργία σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Τα λύματα που παρακάμπτονται θα υφίστανται χοντρή εσχάρωση πριν εκβάλουν στην θάλασσα μέσω υποθαλάσσιου αγωγού μήκους 1.000 m.



Εικόνα 3.3 Αγωγοί Διάθεσης (πηγή: Αρχείο Βιολογικού Καθαρισμού Θριασίου Πεδίου)

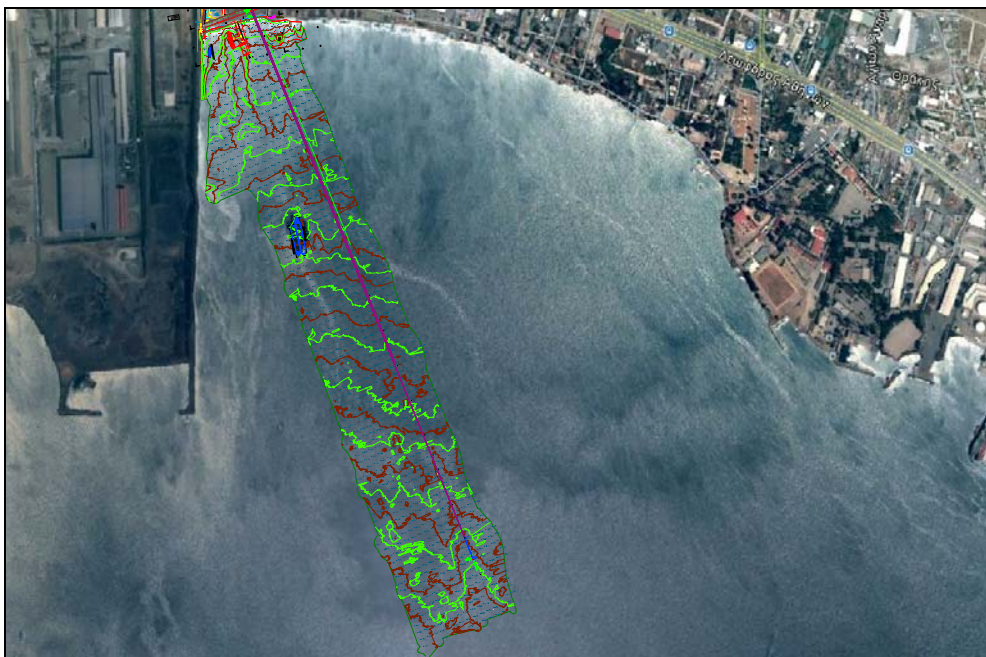
3.3 Κατασκευή Υποθαλάσσιων Αγωγών

Στο πλαίσιο υλοποίησης του έργου περιλαμβάνεται η κατασκευή του αγωγού διάθεσης των επεξεργασμένων λυμάτων και ο αγωγός παράκαμψης λυμάτων. Οι αγωγοί στο υποθαλάσσιο τμήμα τους (από την ακτογραμμή) είναι κατασκευασμένοι από υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο διαμέτρου 1 m (εξωτερική διάμετρος).

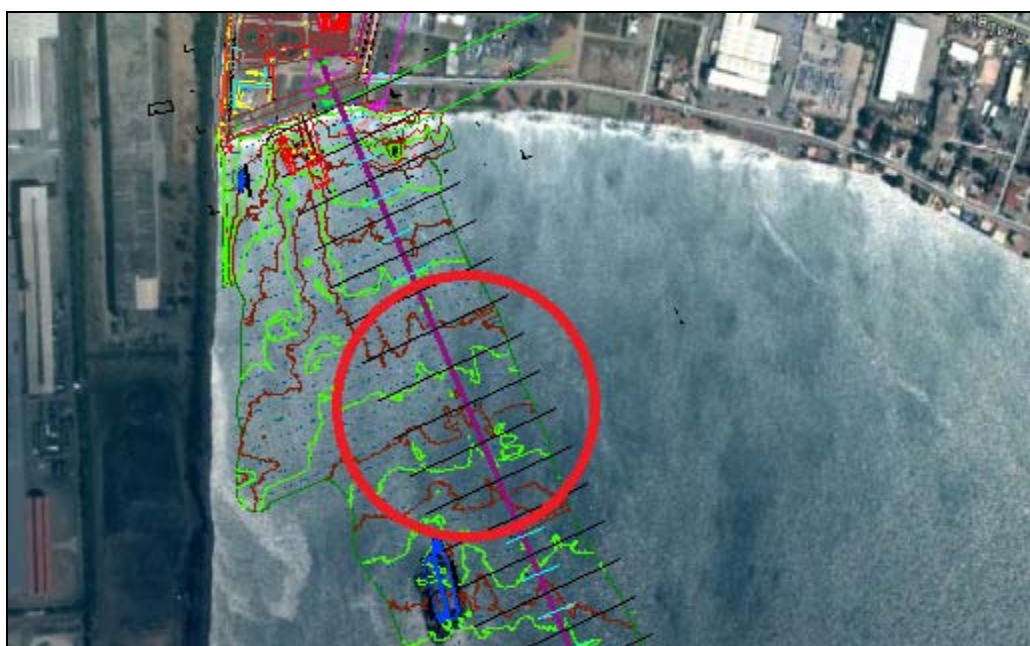
Ο παρακαμπτήριος αγωγός με διάμετρο 1 m έχει σημείο εκκίνησης το φρεάτιο φόρτισης το οποίο είναι κατασκευασμένο για τις ανάγκες του αγωγού διάθεσης των επεξεργασμένων λυμάτων. Το συνολικό μήκος του αγωγού είναι ~ 1063 m και το βάθος στη θέση εκβολής του αγωγού είναι ~ 10 m.

Ο συγκεκριμένος αγωγός θα τίθεται σε λειτουργία σε περίπτωση βλάβης στη λειτουργία της εγκατάστασης βιολογικού καθαρισμού ή σε περίπτωση υπέρβασης της μέγιστης παροχής σχεδιασμού της εγκατάστασης ή ως εφεδρικός. Στις περιπτώσεις αυτές στο φρεάτιο φόρτισης θα παρατηρείται ανύψωση της στάθμης των λυμάτων μέχρι την απαιτούμενη στάθμη η οποία θα οδηγεί σε ροή που θα υπερνικά επαρκώς τις απώλειες κατά μήκος του αγωγού.

Ο υποθαλάσσιος αγωγός διάθεσης λυμάτων έχει συνολικό μήκος (μη περιλαμβανομένου του τμήματος του διαχυτήρα) 1500 m περίπου, εκτεινόμενος από την ακτογραμμή μέχρι την ισοβαθή των 14.0 m περίπου. Ο διαχυτήρας, υδραυλικά “ενεργού” μήκους 63.0 m, εκβάλλει στο τμήμα βάρους πυθμένα από ~ 14.0 έως ~ 14.5 m. Ο αγωγός μεταφοράς είναι κατασκευασμένος από επιμέρους τμήματα μήκους περίπου 270 m (20 τεμ. X 13.5 m), τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με φλάντζες. Αντίστοιχη σύνδεση έχει ο αγωγός με το διαχυτήρα, έτσι ώστε να υπάρχει δυνατότητα επισκευής του ή επέκτασής του εάν παραστεί ανάγκη στο μέλλον.



Εικόνα 3.4 Σχέδια Μελέτης Έργου-Ισοβαθείς καμπύλες πυθμένα υποθαλάσσιας περιοχής ενδιαφέροντος (πηγή: Αρχείο Βιολογικού Καθαρισμού Θριασίου Πεδίου, <http://www.google.com/earth>)



Εικόνα 3.5 Επισημάνση τμήματος προς αποτύπωση στις ισοβαθείς καμπύλες πυθμένα της υποθαλάσσιας περιοχής ενδιαφέροντος (πηγή: Αρχείο Βιολογικού Καθαρισμού Θριασίου Πεδίου, <http://www.google.com/earth>)

Στο πέρας του διαχυτήρα υπάρχει πλωτήρας επισημάνσης που αγκυρώνεται σε προκατασκευασμένο ογκόλιθο από σκυρόδεμα. Ο αγωγός μεταφοράς και ο διαχυτήρας φέρουν έρμα από προκατασκευασμένους δακτυλίους οπλισμένου σκυροδέματος. Οι δακτύλιοι τοποθετούνται σε αξονική απόσταση μεταξύ τους 4.0 m. Ο αγωγός οδεύει κάθετα περίπου στις ισοβαθείς του θαλάσσιου πυθμένα και χωρίζεται σε τρία (3) επί μέρους

τμήματα ανάλογα με το βαθμό των υδροδυναμικών φορτίσεων και των απαιτήσεων για προστασία έναντι σύρσης αγκυρών πλοίων. Η διαμόρφωση της διατομής αυτής έγινε συνοπτικά με την εξής διαδικασία: Έγινε εκσκαφή του θαλάσσιου πυθμένα σε βάθος 3.30 m περίπου από την υφιστάμενη στάθμη, διάστρωση μη υφαντού γεωφάσματος σε όλο το πλάτος της εκσκαφής για τον διαχωρισμό των υλικών του πυθμένα και των θραυστών υλικών διαμόρφωσης της διατομής, διάστρωση στην σκάφη της αύλακας θεμελίωσης με αμμοχάλικο μέσου πάχους, ακολούθησε η τοποθέτηση του υποθαλάσσιου αγωγού και εγκιβωτισμός του με αμμοχάλικο συνολικού πάχους 2.50 m περίπου και έπειτα φίλτρο λιθορριπής πάχους 0.50 m μέχρι τη στάθμη του φυσικού πυθμένα. Τέλος η προστασία του αγωγού ολοκληρώθηκε με την τοποθέτηση της θωράκισης με θραυστό υλικό λιθορριπής πάχους 0.90 m. Η θωράκιση εκτείνεται σε συνολικό πλάτος 30 m, 15 m εκατέρωθεν του άξονα του σκάμματος.



Εικόνα 3.6.(α) Πόντιση των αγωγών διάθεσης (πηγή: Αρχείο Βιολογικού Καθαρισμού Θριασίου Πεδίου)



Εικόνα 3.6.(β) Πόντιση των αγωγών διάθεσης (πηγή: Αρχείο Βιολογικού Καθαρισμού Θριασίου Πεδίου)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

4.1 Αντικείμενο Εργασιών Πεδίου και Κριτήρια Επιλογής Εξοπλισμού

Για να γίνει εκτίμηση με τον καλύτερο τρόπο της μεθοδολογίας που πρέπει να υιοθετηθεί σε μία υδρογραφική αποτύπωση είναι σκόπιμη η επίσκεψη στον τοπικό λιμενικό σταθμό ή λιμεναρχείο για να γίνει ενημέρωση για τα υφιστάμενα βάθη του λιμανιού, από διαθέσιμους βυθομετρικούς χάρτες της Υδρογραφικής Υπηρεσία. Στα λιμενικά έργα το πιο βασικό κριτήριο είναι το εύρος των βαθών στο οποίο πρόκειται να γίνουν μετρήσεις σε συνδυασμό και με άλλα χαρακτηριστικά, όπως η μορφολογία και το ανάγλυφο του υποθαλάσσιου πυθμένα, η υφιστάμενη κατάσταση των υπόγειων ρευμάτων και η ύπαρξη ναυαγίων. Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν βυθομετρικοί χάρτες γίνεται αναζήτηση προηγούμενων μελετών και ερευνών για αναγνώριση στην περιοχή ενδιαφέροντος όπως και έγινε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας.

Λαμβάνοντας υπόψη τις προδιαγραφές του έργου όσο αναφορά την επιδιωκόμενη ακρίβεια, τα βάθη στα οποία θα πραγματοποιηθεί η μελέτη, την έκταση της περιοχής βυθομέτρησης, τις τοπικές καιρικές συνθήκες στο διαθέσιμο χρονικό διάστημα στο οποίο θα πραγματοποιηθούν μετρήσεις, τις ιδιότητες του νερού στην περιοχή μελέτης καθώς και όλα τα περιβάλλοντα φυσικά και τεχνικά χαρακτηριστικά σε συνδυασμό με τα διαθέσιμα τεχνικά μέσα, τον τοπογραφικό και γεωδαιτικό εξοπλισμό και το διαθέσιμο προσωπικό πρέπει να λαμβάνονται οι αποφάσεις για τον συνδυασμό των οργάνων που θα χρησιμοποιηθούν.

Σε περιπτώσεις που τα βάθη κυμαίνονται από 0 έως 10 m με ομαλό πυθμένα μπορεί να γίνει χρήση της βολίδας ("σκαντάγιο") και αν δεν υπάρχουν έντονα ρεύματα στην περιοχή υπάρχει η δυνατότητα ακόμα να γίνει επέκταση της μεθόδου μέχρι και 12 ή και 15 m. Σε αυτή τη περίπτωση το βάρος της αλυσίδας που θα έχει το σκαντάγιο επιφέρει τον κίνδυνο μη σωστής εκτίμησης για το αν η ένδειξη του βάθους αφορά σημείο του πυθμένα ή όχι, γεγονός που μπορεί να σε οδηγήσει σε σφάλματα 0.01-0.02 m ή και μεγαλύτερα. Επομένως σκόπιμο είναι η χρήση της μεθόδου αυτής να περιορίζεται για βάθη μικρότερα από 5-6 m σε ομαλούς πυθμένες και κρίθηκε απαραίτητο η χρήση ηχοβολιστικού συστήματος για την διεκπεραίωση της υδρογραφικής αποτύπωσης. Ενώ όσο αναφορά τον οριζοντιογραφικό προσδιορισμό της θέσης η χρήση κάποιου ηλεκτρομαγνητικού οργάνου ή οποιουδήποτε άλλου ηλεκτρικού μέσου-οργάνου θα επιφέρει δυσκολίες στην διαδικασία της υδρογράφησης και μεγάλη πιθανότητα μετρήσεων με χονδροειδή σφάλματα. Για τον λόγο

αυτό επιλέγεται η χρήση συστήματος δεκτών GPS όπου ο ένας θα λειτουργεί ως βάση και ο άλλος θα είναι ο κινητός πάνω στο πλωτό.

Η μεθοδολογία η οποία αξιοποιήθηκε και κρίνεται ως η πιο παραγωγική ήταν ο συνδυασμός ηχοβολιστικού οργάνου με δέκτες GPS για RTK (σε πραγματικό χρόνο) μετρήσεις, με την παράλληλη χρήση λογισμικού το οποίο συνδυάζει τις μετρήσεις δίνοντας ως τελικό αποτέλεσμα τα τρισδιάστατα σημεία του πυθμένα. Η μέθοδος αυτή επιφέρει άμεσα, με μεγάλη ακρίβεια και με την δυνατότητα ελέγχου την ώρα των μετρήσεων των αποτελεσμάτων. Η αυτοματοματοποίηση της διαδικασίας επίσης προσφέρει μεγάλη ευκολία στον χειριστή και η πλοήγηση μέσω υπόβαθρου το οποίο περιέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για την υδρογράφιση δίνει την δυνατότητα επίβλεψης όλης της διαδικασίας της υδρογράφισης έτσι ώστε να μην είναι αναγκαία η επανάληψη των μετρήσεων και να υπάρχει κάλυψη όλων των απαραίτητων μετρήσεων και συλλογή των πληροφοριών.

Επίσης σημαντικό στοιχείο για την υδρογραφία είναι ο προσδιορισμός της στάθμης αναφοράς που θα χρησιμοποιηθεί και η αναγωγή της στην κατώτατη ρηχία που είναι η αφετηρία μέτρησης των βυθομέτρων (ειδικά για λιμάνια). Στην παρούσα υδρογραφική εργασία λόγω μικρών εύρων παλίρροιας (κυμαίνονται από -0.02 m μέχρι + 0.01 m) δεν κρίθηκε απαραίτητος ο προσδιορισμός στάθμης αναφοράς.

4.2 Δέκτης Δορυφορικού Εντοπισμού

Οι απαιτήσεις της ακρίβειας βυθομέτρησης στο πλαίσιο του παρόντος έργου είναι της τάξεως των ± 0.10 m. Ακρίβεια τέτοιου μεγέθους μπορεί να επιτευχθεί με το διαφορικό GPS, όπως έχει προαναφερθεί. Συγκεκριμένα στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας έγινε χρήση δύο δεκτών συγχρόνως. Ο ένας δέκτης (δέκτης αναφοράς) τοποθετήθηκε σε ένα σημείο με γνωστές συντεταγμένες ενώ ο δεύτερος δέκτης (κινητός δέκτης) στο σκάφος. Οι δύο δέκτες επικοινωνούσαν μέσω συστήματος ραδιοζεύξης.

Οι δέκτες GPS που χρησιμοποιήθηκαν είναι μικρού μεγέθους και επιδέχονται διαχείρισης μέσω ενός χειριστηρίου στο οποίο είναι εγκαταστημένο και το λογισμικό μέσω του οποίου απεικονίζονται όλες οι απαραίτητες πληροφορίες των μετρήσεων, καταγραφής, πλοήγησης, ακρίβειας απόδοσης συντεταγμένων κατάστασης λειτουργίας των δεκτών, ο αριθμός των δορυφόρων λήψης σήματος, το στίγμα πορείας και διαδρομής κ.λπ. Επίσης έχουν την δυνατότητα στιγμιαίας απομνημόνευσης της θέσης του σκάφους και καταγραφής μεγάλου όγκου δεδομένων και εύκολης μεταφοράς δεδομένων ή αποθήκευσης αυτών σε εξωτερική

κάρτα μνήμης. Οι θέσεις αυτές έχουν πολλαπλή χρησιμότητα και μια από αυτές είναι η χάραξη μιας πορείας προς ένα στόχο με διέλευση μέσω διαδοχικών προκαθορισμένων θέσεων.

Το σύστημα των δεκτών GPS το οποίο χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της πτυχιακής αποτελείται από δύο δέκτες R8 της TRIMBLE. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των δεκτών αυτών είναι τα εξής:



Εικόνα 4.1 Δέκτης GPS Trimble R8 (αριστερά), χειριστήριο (δεξιά) (πηγή: <http://www.madsenlandsurveying.com/>)

❖ Τεχνικές Προδιαγραφές

Μετρήσεις:

- Προηγμένη τεχνολογία GNSS με υποστήριξη 220 διαύλων
- Υψηλής ακρίβειας πολλαπλών συχνοτήτων επεξεργαστής για GNSS μετρήσεις ψευδοαποστάσεων
- Πρωτογενή δεδομένα μετρήσεων ψευδοαποστάσεων για μικρού θορύβου μετρήσεις, μικρά σφάλματα πολλαπλών διαδρομών
- Πολύ μικρού θορύβου GNSS μετρήσεις διαφορών φάσεων με < 0.001 m ακρίβεια σε ένα εύρος ζώνης 1 Hz
- Τεχνολογία εντοπισμού σήματος σε χαμηλό ορίζοντα
- Δορυφορικά σήματα τα οποία εντοπίζονται ταυτόχρονα:
GPS: L1C / A, L2C, L2E (μέθοδος της Trimble για την παρακολούθηση L2P σήματος), L5, GLONASS: L1C / A, L1P, L2C / A (GLONASS M μόνο), L2P
SBAS: L1C / A, το L5, Galileo GIOVE-A και GIOVE-B
- Προσδιορισμός θέσης διαφορικού εντοπισμού μετρήσεων κώδικα:
Οριζόντιογραφικά: 0.25m + 1 ppm RMS
Υψομετρικά: 0.50m + 1 ppm RMS
WAAS τυπική ακρίβεια διαφορικού εντοπισμού <5 m 3DRMS

-Στατικός και 'γρήγορος' στατικός GNSS εντοπισμός θέσης:

Οριζόντιογραφικά: 3mm + 0.1 ppm RMS

Υψομετρικά: 3.5mm + 0.4 ppm RMS

-Κινηματικός εντοπισμός θέσης:

Οριζόντιογραφικά: 10mm + 1 ppm RMS

Υψομετρικά: 20mm + 1 ppm RMS

Εκκίνηση χρόνου: κατά κανόνα <10 sec

Αξιοπιστία εκκίνησης: κατά κανόνα > 99.9%

❖ Φυσικά χαρακτηριστικά

-Διαστάσεις (πλάτος x ύψος): 19cm x 11.2cm (7.5 in x 4.4 in),

συμπεριλαμβανομένου του εξοπλισμού διασύνδεσης

-Βάρος: 1.34 kg με εσωτερική μπαταρία, ενσωματωμένο σύστημα
ραδιοεπικοινωνίας, UHF κεραία

3.70 kg ως ολοκληρωμένο RTK Rover σύστημα,

συμπεριλαμβανομένων των μπαταριών, του χειριστηρίου, της βάσης στήριξης για
το στυλαίο και το χειριστήριο

-Θερμοκρασία: Λειτουργίας: -40°C έως +65°C (-40°F έως 149°F)

Αποθήκευσης: -40°C έως +75°C (-40°F έως 167°F)

-Αντοχή σε νερό/σκόνη: σύμφωνα με το πρότυπο IP67 αντοχή σε σκόνη,

προστατεύεται από προσωρινή βύθιση σε βάθος 1 m (3.28 ft)

-Αντοχή σε πτώση και κραδασμούς: Δοκιμασμένο και αποδεδειγμένο ότι αντέχει
από πτώση 2 m

❖ Προδιαγραφές Τροφοδοσίας

-Παροχή ενέργειας από 11 σε 28 V, εξωτερική παροχή ενέργειας με προστασία
υπερφόρτωσης

-Επαναφορτιζόμενη, εξωτερική μπαταρία λιθίου 7.4 V, 2.4 Ah σε εσωτερική
υποδοχή μπαταριών. Η κατανάλωση ενέργειας είναι 3.2 W, σε λειτουργία RTK
μετρήσεων με ενσωματωμένο σύστημα ραδιοζεύξης. Διάρκεια χρόνου
λειτουργίας με εσωτερική μπαταρία ~4-6 h

❖ Επικοινωνία και αποθήκευση δεδομένων

-2 σειριακές υποδοχές

-Ενέργεια κατανάλωσης μετάδοσης: 0.5 W

-Εύρος κάλυψης: 3-5 km κατά κανόνα / 10 km κατά περίπτωση

-Επιλογή εσωτερικού GSM/GPRS

-Θύρα επικοινωνίας Bluetooth

- Εξωτερική υποστήριξη κινητού τηλεφώνου για GSM/GPRS/CDPD λειτουργίες για RTK και VRS εφαρμογές
- Αποθήκευση δεδομένων σε 57 MB εσωτερική μνήμη
- 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz, και 20 Hz επιλογή συχνότητας λήψης δορυφορικού σήματος
- CMR+, CMRx, RTCM 2.1, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1 τύποι εισαγωγής και εξαγωγής δεδομένων

4.3 Ηχοβολιστικό Σύστημα Καταγραφής

Το ηχοβολιστικό σύστημα το οποίο χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής ήταν το SonarMite v3 Echo Sounder που υποστηρίζει την τεχνολογία Bluetooth ενσωματωμένη με συσκευές υπολογιστών τσέπης προγράμματος Windows και την εύκολη ενσωμάτωση άλλων σύγχρονων λογισμικών και την τεχνολογία GPS, εξοπλισμένο με 'έξυπνο' αισθητήρα QA εξόδου και με εσωτερική επαναφορτιζόμενη μπαταρία για ημερήσια χρήση στο πεδίο.



Εικόνα 4.2 Ηχοβολιστικό σύστημα **SonarMite** v3 (πηγή: <http://www.survey-solutions-scotland.co.uk/>)

Τεχνικές Προδιαγραφές

Συχνότητα αισθητήρα : 235KHz

Άνοιγμα δέσμης ακτινών : 8 έως 10 grad

Εύρος βάθους : 0.30 m για να 75.00 m

Ακρίβεια : + /-0.025m (RMS)

Ταχύτητα ήχου : 1400 - 1600 m / sec

Εύρος Εξόδου Δεδομένων : 2Hz

Συχνότητα εκπομπής υπερήχων: 3 έως 6 Hz (Εξαρτώμενο του βάθους)

Εσωτερική δύναμη : 10.0Vx 1.5Ahr Εσωτερική μπαταρία νικελίου (NiMH)

Κατανάλωση Ενέργειας : από 70mA έως 120mA (Εξαρτώμενο της θερμοκρασίας)

Ωφέλιμη διάρκεια ζωής της μπαταρίας : από 8Hrs έως 12Hrs μεταξύ των φορτίσεων

Διάρκεια μπαταρίας σε λειτουργία αναμονής : 10000 h

Θερμοκρασία λειτουργίας : 0 έως 45° C

Διαστάσεις : 100W x 220H x 45δ (mm)

Βάρος : 0.75kg

4.4 Προσαρμογή Εξοπλισμού στο Σκάφος Καταγραφής

Προκειμένου να γίνουν οι μετρήσεις είναι απαραίτητη η προσαρμογή της ηχοβολιστικής συσκευής πάνω στο σκάφος. Για την υδρογραφική αποτύπωση στα πλαίσια της πτυχιακής χρησιμοποιήθηκε μία μηχανοκίνητη λέμβο 4 m η οποία διατέθηκε από το εργοτάξιο του έργου. Το ηχοβολιστικό όργανο πρέπει να τοποθετηθεί με τέτοιο τρόπο στο πλωτό έτσι ώστε να στέλνει σήματα σε διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο που ορίζει η επιφάνεια του πλωτού και κατ'επέκταση η θάλασσα και στην ίδια ευθεία με αυτή που υλοποιεί ο δέκτης του GPS. Για να κατασκευαστεί αυτή η διάταξη αυτή προσαρμόστηκε στο μέσο της βάρκας σιδερένιο στέλεχος σχήματος "Π" 2 m περίπου, το οποίο στηρίχθηκε στα άκρα της με δύο κοχλίες. Στην κατάληξη της η ράβδος, σε απόσταση 40 cm από την μία άκρη της λέμβου, είχε συγκολλημένη σε κάθετη διεύθυνση μία ράβδο μήκους 0.60 m με 2 κοχλίες πάνω και κάτω από την μέση της για να μπορεί να στερεωθεί σε αυτή το στυλαίο και με λαστιχένια εσωτερική επένδυση για την προστασία του. Στο πάνω μέρος του στυλαιού τοποθετήθηκε ο δέκτης του GPS και στο κάτω μέρος του στηρίχθηκε με μία μεταλλική βάση ο ηχοβολιστής (βλέπε Εικόνα 4.3 και 4.4). Το GPS συνδέθηκε με την ηχοβολιστική συσκευή και έπαιρνε τα δεδομένα από αυτό μέσω Bluetooth, έτσι ώστε να καταγράφει παράλληλα με τις οριζοντιογραφικές θέσεις και τα βάθη των σημείων προς αποτύπωση. Η συχνότητα καταγραφής ορίστηκε να είναι τα 0.50 m την πρώτη μέρα των μετρήσεων και 0.60 m την δεύτερη και 1 m την τρίτη μέρα των μετρήσεων, ενώ υπήρχε η δυνατότητα προσδιορισμού της συχνότητας καταγραφής ανά ορισμένο χρονικό διάστημα ή και από τον συνδυασμό και των δύο.



Εικόνα 4.3 Προσαρμογή δέκτη GPS στη λέμβο καταγραφής

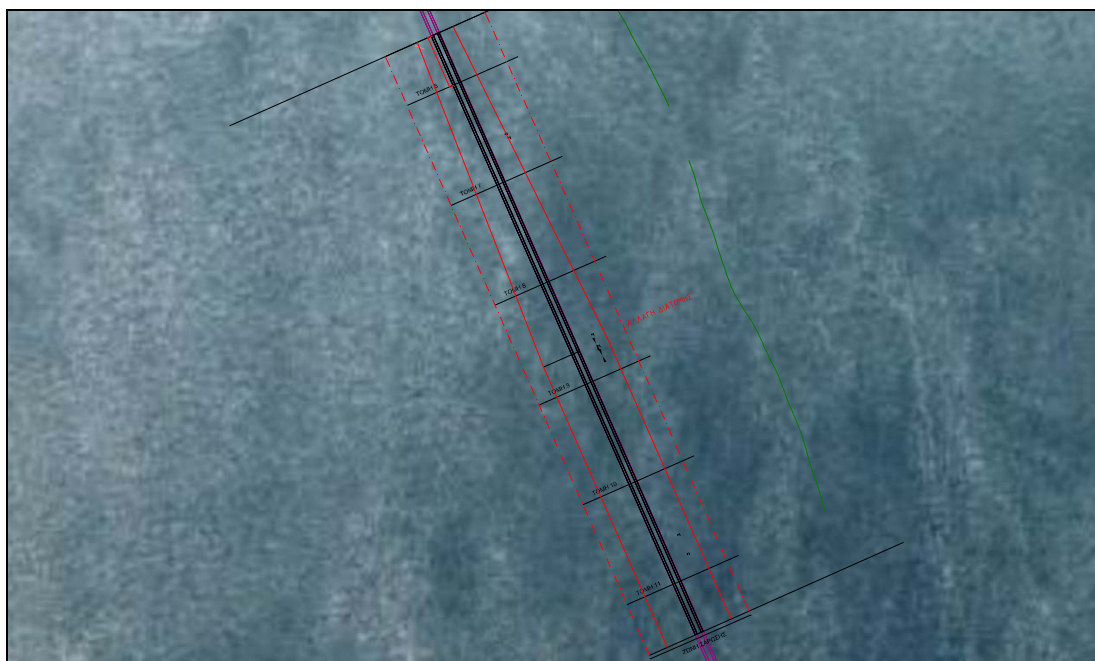


Εικόνα 4.4 Προσαρμογή μεταλλικής κατασκευής στην λέμβο

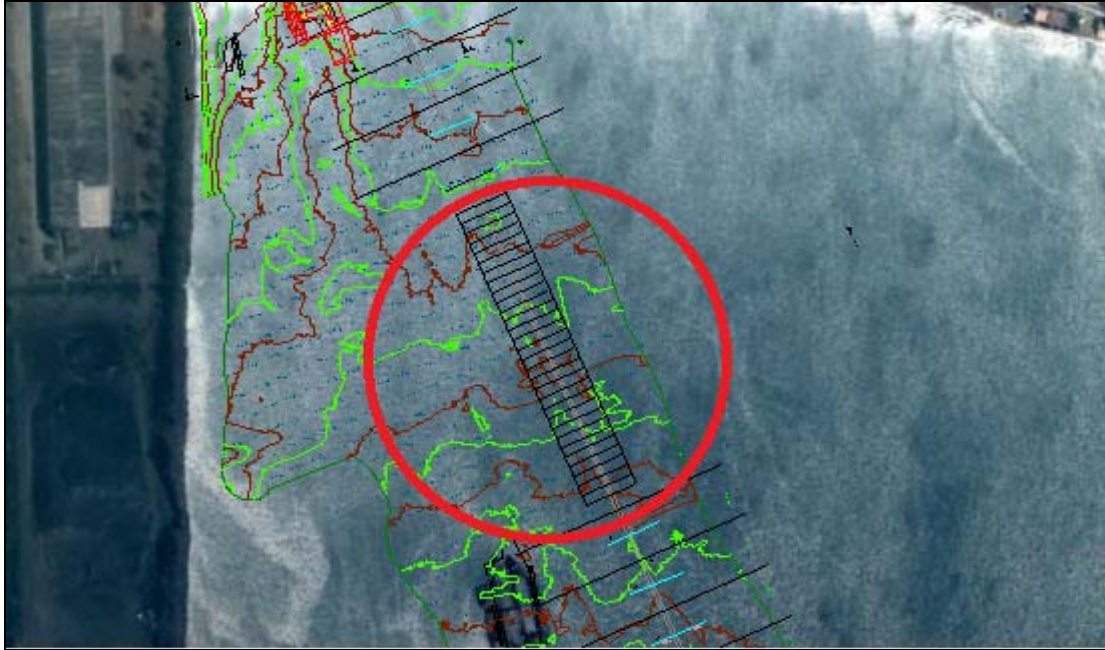
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

5.1 Περιγραφή Τμήματος Αποτύπωσης

Η περιοχή προς αποτύπωση που επιλέχθηκε αποτελεί αντιπροσωπευτικό δείγμα του υποθαλάσσιου πυθμένα το οποίο σκάφτηκε για την τοποθέτηση των υποθαλάσσιων αγωγών και αργότερα καλύφθηκε με κατάλληλα αδρανή υλικά. Το τμήμα που επιλέχθηκε να αποτυπωθεί επίσης περιλαμβάνει και το κομμάτι αυτό του πυθμένα της θάλασσας που το βάθος του μειώνεται με μία κλίση της τάξεως 1% σε απόσταση 97 m. Στο υπόλοιπο υποθαλάσσιο τμήμα το βάθος μεταβάλλεται με την ίδια ομαλή μικρή κλίση (1%) κατά μήκος των αξόνων των υποθαλάσσιων αγωγών. Συγκεκριμένα το σχέδιο πλεύσης ξεκινάει από την Χ.Θ.: 0 + 244 km –με αφετηρία την γραμμή που ορίζει η ακτογραμμή του θαλάσσιου τμήματος όπου εκβάλλονται οι υποθαλάσσιοι αγωγοί– και φτάνει στην Χ.Θ.: 0 + 544 km (βλέπε Εικόνα 3.5, 5.1 και 5.2). Στο κομμάτι αυτό υπάρχει μετάβαση του βάρους από τα -3.70 m στα -4,70 m περίπου (βάθη θαλάσσιου πυθμένα). Στο κομμάτι αυτό των υποθαλάσσιων αγωγών υπάρχει και μία χαρακτηριστική αλλαγή στην διατομή των υποθαλάσσιων αγωγών στην Χ.Θ.: 0 + 404 km όπου το βάθος του φίλτρου και της θωράκισης με λιθορριπή επομένως και τα βάθη της τελικής προς βυθομέτρηση επιφάνειας μειώνεται κατά 0.44 m σε κάθετη διεύθυνση. Αυτή η σχεδόν κάθετη μεταβολή της κλίσης εντοπίζεται και αποδίδεται και στα τελικά αποτελέσματα της υδρογραφικής εργασίας.



Εικόνα 5.1 Οριοθέτηση τμήματος προς αποτύπωση



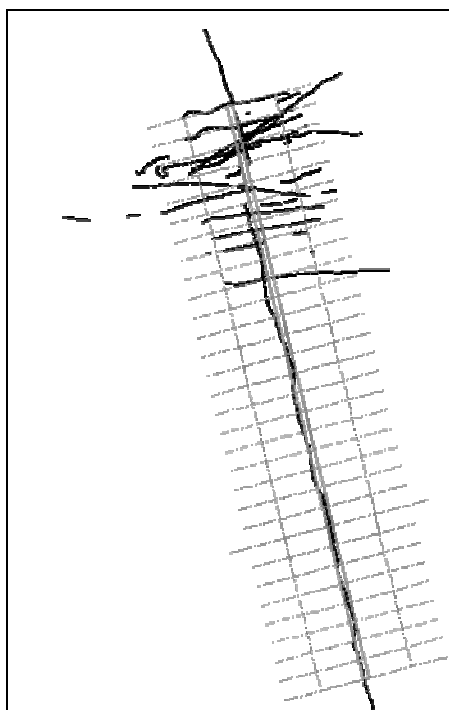
Εικόνα 5.2 Επισήμανση σχεδίου πλεύσης

5.2 Διαδικασία Μετρήσεων

1^η Μέρα μετρήσεων (22/06/2011)

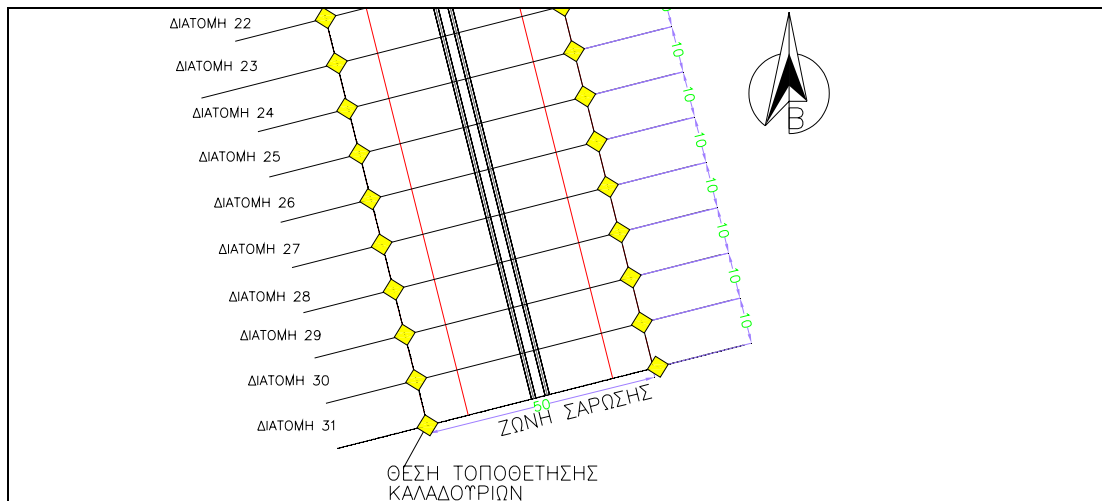
Για τον συγχρονισμό των δεκτών GPS και του Ηχοβολιστικού συστήματος ακολουθήθηκαν τα εξής στάδια:

Αρχικά εγκαταστάθηκε σε γνωστό τριγωνομετρικό σημείο (βάθρο της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού) ο ένας δέκτης GPS ο οποίος λειτούργησε ως βάση προσαρμοσμένος σε τρικόχλιο πάνω σε προσαρμογέα. Τοποθετήθηκε επίσης η εξωτερική κεραία στον δέκτη για την λήψη των σημάτων των ορατών δορυφόρων σε γωνία μεγαλύτερη των 13° από το επίπεδο που υλοποιεί η οριζόντια διεύθυνση του δέκτη και συνδέθηκε με μία φορητή εξωτερική μπαταρία τροφοδοσίας. Από τα σήματα αυτά γίνεται υπολογισμός των συντεταγμένων του τριγωνομετρικού σημείου στο οποίο είναι τοποθετημένος ο δέκτης και προκύπτουν οι διορθώσεις στον προσδιορισμό της θέση του δέκτη τις οποίες και στέλνει σε κινητό δέκτη. Ακολούθως έγινε η κέντρωση και η οριζοντίωση του δέκτη και δόθηκαν σε αυτό μέσω του χειριστηρίου οι συντεταγμένες του τριγωνομετρικού καθώς και το ύψος του οργάνου (0.904 m) αφού μετρήθηκε με μετροταινία. Η επικοινωνία των δεκτών με το χειριστήριο γίνεται μέσω Bluetooth, σε πρώτο στάδιο το χειριστήριο συνδέεται με τον δέκτη που λειτουργεί ως βάση, γίνεται εκκίνηση λήψης σημάτων και απόδοσης συντεταγμένων της βάσης και σε δεύτερο στάδιο το χειριστήριο συνδέεται με το κινητό δέκτη και γίνεται εκκίνηση λειτουργίας του και λήψης διορθώσεων από την βάση. Η απόσταση χειριστηρίου και δέκτη δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 3-4 m.



Σχήμα 5.1 Μετρήσεις 1^{ης} Μέρας – Απόδοση στο σχέδιο πλευσης

Ακολούθως αφού ρυμουκλήθηκε η λέμβος στην ακτή της παραλίας, τοποθετήθηκε στην σιδερένια διάταξη του πλωτού ο ηχοβολιστής (στο τέλος του στυλαιού). Στο πάνω μέρος και στην ίδια κάθετο με τον ηχοβολιστή (στο πάνω μέρος του στυλαιού) τοποθετήθηκε ο δέκτης GPS και μετρήθηκε η απόσταση από το κάτω μέρος του ηχοβολιστή έως τον δέκτη GPS και δόθηκε ως δεδομένο (1.332 m) και αυτό στο λογισμικό που είναι εγκαταστημένο στα προγράμματα του χειριστηρίου. Το χειριστήριο του GPS παρέχει την δυνατότητα προβολής ως υπόβαθρο κατά την διάρκεια των μετρήσεων του σχεδίου πλευσης (βλέπε Σχήμα 5.2), το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την πλοήγηση του πλωτού. Η προσχεδιασμένη διαδρομή έγινε βάση των τομών που κρίθηκε απαραίτητο να αποδοθούν για να φανεί επαρκώς η βυθομετρία των υποθαλάσσιων αγωγών για το θαλάσσιο τμήμα που επιλέχθηκε να αποτυπωθεί. Οι τομές απέχουν μεταξύ τους 10 m και εκτείνονται σε μήκος 50 m με κεντρικό άξονα τους το μέσο των αξόνων των δύο υποθαλάσσιων αγωγών. Από την στιγμή που ξεκίνησε η αυτόματη καταγραφή των σημείων -οριζοντιογραφικά και βυθομετρικά- οι τομές φαίνονταν πάνω στο υπόβαθρο, όπως και τα σημεία τα οποία είχαν μετρηθεί, σε πραγματικό χρόνο και η πορεία του σκάφους ακολουθούσε τις γραμμές που όριζαν οι τομές.



Σχήμα 5.2 Τμήμα σχεδίου πλεύσης καθορισμένης ζώνης σάρωσης και αποστάσεων τομών

Διαπιστώθηκε κατά την διάρκεια των μετρήσεων διακοπή του σήματος μεταξύ του δέκτη-βάσης και του κινητού δέκτη GPS λόγω πρόσβασης σε ζώνη μη εντοπισμού σήματος. Η αιτία πιθανολογείται να είναι η ύπαρξη αεροπορικής στρατιωτικής βάσης κοντά στην περιοχή μελέτης. Για την επίλυση αυτού του προβλήματος που θα προκαλούσε την ύπαρξη ελλειπών στοιχείων και 'κενών' σημείων στις μετρήσεις επιλέχθηκε να τοποθετηθεί στο χειριστήριο και να χρησιμοποιηθεί κάρτα κινητής τηλεφωνίας. Η επικοινωνία μεταξύ βάσης και κινητού δέκτη η οποία γινόταν μέσω UHF σημάτων διακόπηκε και αντικαταστάθηκε με σύνδεση του κινητού δέκτη μέσω σημάτων κινητής τηλεφωνίας με σταθμό αναφοράς που βρίσκεται σε τριγωνομετρικό του Γέρακα η οποία υποστήριξε την συνεχόμενη λήψη διορθώσεων, από τον δέκτη GPS που υλοποιούσε τον σταθμό αναφοράς, και κατ'επέκταση την συνεχόμενη καταγραφή των μετρήσεων.

Ένα δεύτερο πρόβλημα το οποίο διαπιστώθηκε κατά την διάρκεια των μετρήσεων ήταν ότι λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων που είχαν φορτωθεί στο λογισμικό του χειριστηρίου αλλά και του τεράστιου όγκου δεδομένων που αποθηκευόταν σε αυτό από την λήψη των μετρήσεων και την προβολή αυτών σε πραγματικό χρόνο στην οθόνη του χειριστηρίου σε κάθε εντολή που δινόταν στο λογισμικό, "zoom in" και "zoom out" για να φανεί η πορεία του σκάφους και οι γραμμές υδρογράφησης που υλοποιήθηκαν πάνω στο φορτωμένο υπόβαθρο, το πρόγραμμα αδυνατούσε να ανταποκριθεί με γρήγορο ρυθμό και σε μικρό χρόνο. Έτσι καθώς το σκάφος καταγραφής ακολουθούσε συγκεκριμένη πορεία ήταν αδύνατη η συνεχής παρακολούθηση της μέσω του χειριστηρίου και επομένως η τήρηση με ικανοποιητική ακρίβεια ευθυγραμμίας άρα και η υλοποίηση της προδιαγραφόμενης τομής στο θαλάσσιο τμήμα προς μελέτη.

Τρόπος επίλυσης αυτού του προβλήματος είναι η εγκατάσταση “ελαφρών” προγραμμάτων στο χειριστήριο για να μην χάνει την υπολογιστική του ισχύ. Ακόμα για τις επόμενες μετρήσεις κρίθηκε απαραίτητη η τοποθέτηση σηματοδούρων – καλαθουριών - στην αρχή και στο τέλος κάθε τομής προκειμένου να τηρείται η ευθυγραμμία κατά την πλεύση και ο περιορισμός απόκλισης από αυτές. Η απόδοση των μετρήσεων πάνω στο υπόβαθρο στο οποίο είχαν σχεδιαστεί οι ηχοβολιστικές γραμμές όπως ορίστηκαν από το σχέδιο πλεύσης έδειξε ότι η λήψη των σημείων πάνω στις τομές δεν ήταν ικανοποιητική και οι μετρήσεις απέκλιναν σε μη επιτρεπτό όριο από τις προμελετημένες τομές (βλέπε Σχήμα 5.1). Οι μετρήσεις που έγιναν κατά μήκος των αξόνων των δύο αγωγών από την άλλη ήταν ικανοποιητικές και κρίθηκε ότι μπορούν να αποδώσουν με αποδεκτή ακρίβεια την μηκοτομή των αγωγών.

Σε τελικό στάδιο μετά το πέρας των μετρήσεων στην θάλασσα έγινε έλεγχος της ακρίβειας προσδιορισμού των x και y συντεταγμένων των σημείων που λήφθηκαν λόγω της χρήσης κάρτας κινητής τηλεφωνίας και λήψη διορθώσεων από την βάση του Γέρακα, λόγω της μη δυνατότητας επικοινωνίας με τον δέκτη που ήταν τοποθετημένος στο τριγωνομετρικό σημείο που βρισκόταν κοντά στην περιοχή μελέτης. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε με την μέτρηση του γνωστού τριγωνομετρικού σημείου στο οποίο και είχε τοποθετηθεί ο δέκτης GPS-βάση. Τελικά η μέτρηση έδωσε απόκλιση ± 0.009 m κατά x και ± 0.07 m κατά y . Η ακρίβεια αυτή έγινε αποδεκτή όπως και οι μετρήσεις.



Εικόνα 5.3.(α) 1^η Μέρα μετρήσεων- Τοποθέτηση βάσης GPS



Εικόνα 5.3.(β) 1^η Μέρα μετρήσεων – Βυθομετρικές μετρήσεις

2^η Μέρα μετρήσεων (29/06/2011)

Την δεύτερη μέρα των μετρήσεων ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία για την τοποθέτηση και τον συγχρονισμό των οργάνων με αυτή της πρώτης μέρας (1.232 m ύψος βάσης-δέκτη, 1.16 m απόσταση κινητού δέκτη-ηχοβολιστή). Δεν αντιμετωπίστηκε πρόβλημα σήματος και έτσι δεν χρησιμοποιήθηκε κάρτα κινητής τηλεφωνίας για την λήψη διορθώσεων από σταθμό αναφοράς. Για τον χειρισμό της πορείας του σκάφους και την πλοήγησή του αποφασίστηκε η τοποθέτηση σημαδούρων στην αρχή και στο τέλος κάθε τομής σε συνδυασμό με την παρακολούθηση του χάρτη και του υπόβαθρου από το χειριστήριο. Για τις σημαδούρες χρησιμοποιήθηκαν 30 καλαθούρια, μεταλλικές βίδες για αντίβαρα και σχοινί μήκους 5 km. Το σκάφος καταγραφής προσέγγιζε τα επιθυμητά σημεία διατηρώντας σχεδόν μηδενική ταχύτητα και ακολουθώντας πορεία κατευθυνόμενη από το σχέδιο πλεύσης. Για το κάθε καλαθούρι επιλεγόταν η τοποθέτηση του, αφού προσδενόταν σε αυτό με κατάλληλου μήκους σχοινί τα επίσης κατάλληλα σε βάρος αντίβαρα, σε σημείο στην ίδια διεύθυνση με αυτή που ορίζει ο δέκτης και το ηχοβολιστικό σύστημα υπό την ένδειξη του υπόβαθρου.

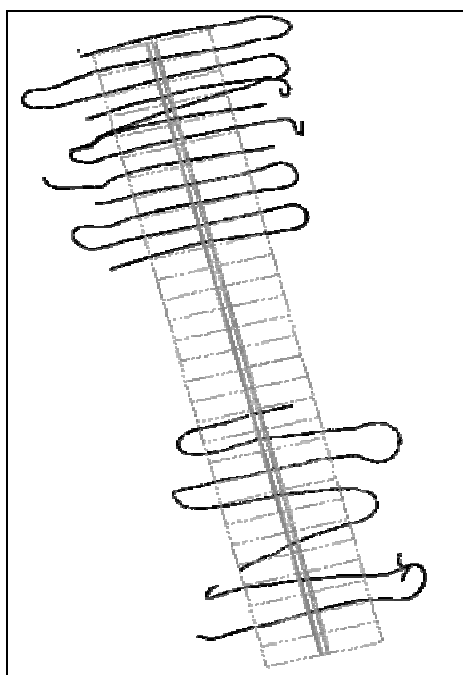


Εικόνα 5.4.(α), (β) 2^η Μέρα μετρήσεων – Βυθομετρικές μετρήσεις

Σε πρώτο στάδιο τοποθετήθηκαν οι πρώτες 22 σηματοδούρες σε αρχή και τέλος των οριζόμενων τομών του σχεδίου πλεύσης (βλέπε Σχήμα 5.2) και ακολουθώντας τις ευθυγραμμίες που όριζε κάθε ζεύγος αυτών, υλοποιήθηκαν οι πρώτες 11 τομές με ικανοποιητική ακρίβεια και αποκλίνοντας σε μικρό βαθμό από τις προδιαγραφόμενες. Ακολούθως τοποθετήθηκαν οι υπόλοιπες σηματοδούρες στις θέσεις που όριζαν οι τελευταίες τομές προς αποτύπωση. Εκείνη την στιγμή των μετρήσεων παρατηρήθηκε επιδείνωση του καιρού και αύξηση της έντασης των ανέμων και των κυματισμών στο θαλάσσιο τμήμα όπου πραγματοποιούνταν οι μετρήσεις. Με αυτές τις συνθήκες πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και σε άλλες τομές του σχεδίου πλεύσης προς το τέλος του τμήματος προς αποτύπωση. Ωστόσο οι μετρήσεις αυτές δεν λήφθηκαν υπόψη στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας διότι δεν πληρούσαν τα κριτήρια ακρίβειας ως προς τον οριζοντιγραφικό προσδιορισμό πρώτον, λόγω μεγάλης απόκλισης των τομών που προέκυψαν από τις προδιαγραφόμενες, και δεύτερον ως προς την βυθομετρία τους λόγω της απόκλισης της κατακόρυφου που υλοποιεί η σιδερένια διάταξη της λέμβου στην οποία και στηριζόταν ο ηχοβολιστής από την θεωρητική κατακόρυφο που υλοποιεί το σημείο προς αποτύπωση του υποθαλάσσιου έδαφους. Αυτό συνέβαινε εξαιτίας της έντονης μετακίνησης της βάρκας από τους κυματισμούς της θάλασσας. Σε εκείνο το σημείο τέλειωσε και η διαδικασία των μετρήσεων εφόσον διαπιστώθηκε ότι οι μετρήσεις δεν απέδιδαν με ακρίβεια και αξιοπιστία το προς αποτύπωση θαλάσσιο τμήμα (βλέπε Σχήμα 5.3).



Εικόνα 5.5 2^η Μέρα μετρήσεων – Τοποθέτηση σημαδούρων



Σχήμα 5.3 Μετρήσεις 2^{ης} Μέρας – Απόδοση στο σχέδιο πλεύσης

Σε τελικό στάδιο έγινε το καλιμπράρισμα-βαθμονόμηση του ηχοβολιστή (έλεγχος οργάνου) προκειμένου να εντοπισθεί τυχόν συστηματικό σφάλμα του οργάνου που υπεισέρχεται στις μετρήσεις και οφείλεται στην μεταβολή της ταχύτητας του ήχου καθ' ύψος της θαλάσσιας στήλης. Για να διαπιστωθεί λοιπόν η εισαγωγή τέτοιου σφάλματος στις μετρήσεις επιλέχθηκε να γίνει έλεγχος του οργάνου σε περιοχή που πρώτον θα επιτρέπει την τοποθέτηση και τον χειρισμό της διάταξης για το καλιμπράρισμα μέσα στην θάλασσα και που δεύτερον το θαλασσινό νερό της περιοχής αυτής θα έχει τις ίδιες ιδιότητες με το θαλασσινό νερό στο οποίο έγιναν οι μετρήσεις. Αυτό γιατί η αλατότητα, η θερμοκρασία, η πυκνότητα και η αγωγιμότητα του νερού όπως και έχει προαναφερθεί επηρεάζει και μεταβάλλει την ταχύτητα διάδοσης του ήχου στο νερό. Για τον λόγο αυτό τελικά επιλέχθηκε το λιμάνι του Ασπροπύργου για να γίνει το καλιμπράρισμα.

Η διάταξη με την οποία έγινε ο έλεγχος αποτελείται από τρεις κοχλίες αλουμινένιους, ραβδοειδή στελέχη (2 m η καθεμία), μία βιδωτή βάση διαστάσεων 0.50 m × 0.50 m και ένα

βιδωτό εξάρτημα με το οποίο στηρίχθηκε ο ηχοβολιστής στις ράβδους. Η εξάμετρη ράβδος που προέκυψε από την συναρμολόγηση των επί μέρους στελεχών μετρήθηκε και σηματοδεύτηκε σε αποστάσεις 1.5, 3 και 4.5 m από το κάτω μέρος του ηχοβολιστή, προκειμένου σε αυτά τα σημεία να τοποθετηθεί η βάση. Ακολούθως αφού τοποθετήθηκε η βάση στο καθένα από τα σημάδια αυτά μετρήθηκαν εκ νέου οι τρεις αποστάσεις μεταξύ βάσης και ηχοβολιστή και διαπιστώθηκε ότι οι αποστάσεις είναι οι επιθυμητές. Με αυτό τον τρόπο επιτεύχθηκε να είναι γνωστή με ακρίβεια 0.005 m η απόσταση της βάσης από τον ηχοβολιστή. Ύστερα η διάταξη τοποθετήθηκε μέσα στο νερό από τον μόλο του λιμανιού και για τις τρεις περιπτώσεις τηρήθηκαν αρχεία για τις μετρήσεις του ηχοβολιστή. Και στις τρεις περιπτώσεις ο μέσος όρος των μετρήσεων του βάθους δεν είχε απόκλιση μεγαλύτερης των 0.03 m από την δεδομένη – γνωστή απόσταση. Επομένως το σφάλμα μέτρησης του ηχοβολιστή δεν λαμβάνεται υπόψη καθώς ένα τέτοιας τάξεως μεγέθους σφάλμα μπορεί να οδηγήσει σε “εσφαλμένη” διόρθωση των μετρήσεων λόγω του ότι δεν είναι ασφαλές το συμπέρασμα ότι ίδιου μεγέθους σφάλμα υπεισέρχεται σε όλες τις μετρήσεις και δεύτερον δεν κρίνεται απαραίτητη λόγω του ότι η προδιαγραφόμενη ακρίβεια απόδοσης των βαθών δεν είναι μικρότερη των 0.03 m. Συμπερασματικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα χωρίς καμία διόρθωση, δηλαδή όπως αποθηκεύτηκαν και καταχωρήθηκαν στο χειριστήριο.



Εικόνα 5.6 2^η Μέρα μετρήσεων – Καλιμπράρισμα Ηχοβολιστικού Συστήματος

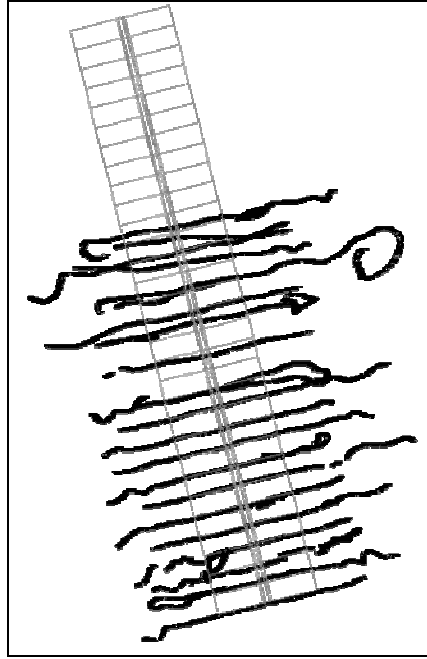
3^η Μέρα μετρήσεων (6/09/2011)

Την τρίτη μέρα των μετρήσεων ενώ πραγματοποιήθηκε επίσκεψη στο χώρο των εγκαταστάσεων του Βιολογικού Καθαρισμού και ακολούθως τοποθετήθηκε ο ένας δέκτης στο τριγωνομετρικό σημείο και ο υπόλοιπος εξοπλισμός στη λέμβο η οποία και ρυμουκλήθηκε στο θαλάσσιο τμήμα της περιοχής μελέτης διαπιστώθηκε μη δυνατότητα

λήψης και καταγραφής μετρήσεων του ηχοβολιστικού συστήματος. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα ήταν απαραίτητη η επισκευή του από την εταιρεία από την οποία έγινε η προμήθεια του. Το ηχοβολιστικό σύστημα ήταν διαθέσιμο μετά από πέντε μέρες.

4^η Μέρα μετρήσεων (20/10/2011)

Την τέταρτη μέρα των μετρήσεων ολοκληρώθηκαν οι εργασίες της υδρογραφικής αποτύπωσης. Μετά την τοποθέτηση των δεκτών GPS και του ηχοβολιστή στις κατάλληλες θέσεις με τον ίδιο τρόπο όπως και τις προηγούμενες μέρες των μετρήσεων (1.013 m ύψος βάσης-δέκτη, 1.305 m απόσταση κινητού δέκτη-ηχοβολιστή), έγινε η ρυμούλκηση του πλωτού στην θάλασσα και ξεκίνησαν οι μετρήσεις. Αρχικά πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ακολουθώντας τις γραμμές προσδιορισμού των ορίων της περιοχής μελέτης προκειμένου να πυκνωθούν τα βυθομετρικά δεδομένα σε διεύθυνση παράλληλη με αυτή των τομών προς υλοποίηση στα θαλάσσια εκείνα τμήματα που ορίζονταν ανάμεσα από τις τομές. Το επιλεγόμενο βήμα μετρήσεων ήταν ανά 1 m διότι με μικρότερο βήμα όπως διαπιστώθηκε υπάρχει απώλεια λήψης δεδομένων βάθους λόγω χαμηλής ταχύτητας πλοήγησης. Ακολούθως για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε σε ένα νέο περιβάλλον εργασίας πύκνωση των μετρήσεων μεμονωμένα και σε διεύθυνση παράλληλη με αυτή κατά μήκος των υποθαλάσσιων αγωγών, υλοποιώντας κατά αυτό τον τρόπο διατομές των αγωγών σε τυχαίες θέσεις. Η δημιουργία καινούριων εργασιών (project) για την αποθήκευση και καταγραφή των μετρήσεων αποσκοπούσε στην δημιουργία μη 'επιβαρυσμένων' αρχείων με μεγάλο όγκο δεδομένων προκειμένου να διασφαλίζεται η πλοήγηση του πλωτού στην επιθυμητή πορεία μέσω της διαρκούς απεικόνισης του υποβάθρου-σχεδίου πλεύσης στο χειριστήριο των δεκτών GPS. Η πύκνωση όλου του θαλάσσιου τμήματος προς υδρογράφιση πραγματοποιήθηκε σε πέντε project ενώ κάθε τομή από τις υπόλοιπες 20 (12^η – 31^η, παραλείφθηκε η 19^η τομή) που δεν είχαν υλοποιηθεί αποτελούσε και μία καινούρια ξεχωριστή εργασία στο λογισμικό του χειριστηρίου το οποίο υποστήριζε τις μετρήσεις, λόγω του ότι κρίθηκε κρίσιμη η διατήρηση του υποβάθρου στο χειριστήριο σε διαρκή και σταθερή βάση έτσι ώστε να τηρείται η ευθυγραμμία του πλωτού καθ'όλη τη διάρκεια πορείας του πάνω στην τομή. Με τον τρόπο αυτό επιτεύχθηκε μικρή απόκλιση της αποτυπωθείσας τομής από την 'πραγματική' του σχεδίου. Για το λόγο αυτό όλες οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν έγιναν αποδεκτές και βάσει επιτυγχανόμενης ακρίβειας (βλέπε Σχήμα 5.4).



Σχήμα 5.4 Μετρήσεις 4^{ης} Μέρας – Απόδοση στο σχέδιο πλεύσης

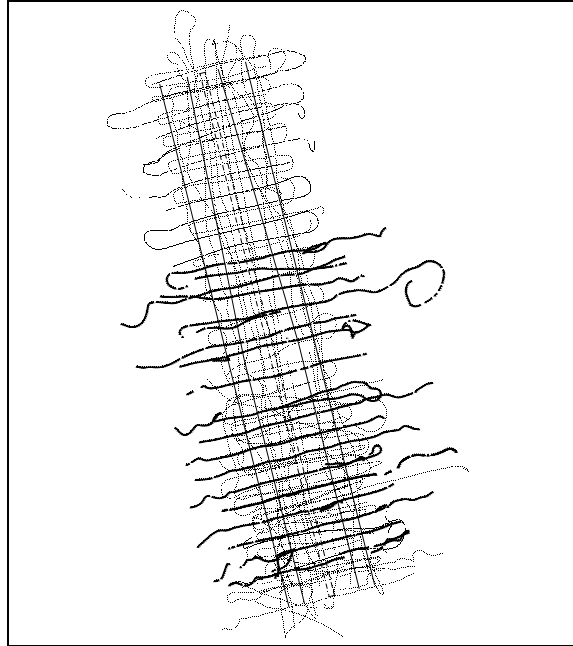
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

6.1 Παραγωγή Ψηφιακού Μοντέλου Βυθού

Τα δεδομένα των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να αποδοθεί το ψηφιακό μοντέλο της υδρογραφημένης περιοχής. Η πληροφορία οριζοντιογραφικής θέσης και βάθους με το επιλεγόμενο βήμα και την πυκνότητα καταγραφής, που υλοποιήθηκαν οι μετρήσεις, ήταν ικανά να απεικονίσουν το ανάγλυφο της υποθαλάσσιας επιφάνειας των αγωγών και του πυθμένα που ορίζεται εντός των ορίων της περιοχής προς υδρογράφισης με ικανοποιητική ακρίβεια. Για τις περιοχές όπου δεν υπήρχε πληροφορία οριζοντιογραφικών συντεταγμένων και βάθους το πρόγραμμα δημιουργίας ψηφιακού μοντέλου βυθού προσδίδει δεδομένα θέσης και βάθους σε διάσπαρτα σημεία βάσει της πληροφορίας των γειτονικών σημείων. Για τον προσδιορισμό του βάθους συγκεκριμένα με τη μέθοδο χωρικής παρεμβολής οι τιμές του βάθους σε διάφορα σημεία, που είναι με τυχαία διάταξη στο χώρο, χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του βαθμού της χωρικής συνέχειας του βάθους και γίνεται εκτίμηση του σε κάθε άλλο σημείο, όπου δεν έχει μετρηθεί. Η χωρική αυτή πληροφορία αποθηκεύεται ψηφιακά και αξιοποιώντας μαθηματικά μοντέλα αποδίδεται στα ίδια σημεία πληροφορία θέσης με απλούς μαθηματικούς υπολογισμούς. Χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας δύο προγράμματα δημιουργίας ψηφιακού μοντέλου. Το ένα είναι το CONTOUR το οποίο ενσωματώνεται και υποστηρίζεται από το πρόγραμμα σχεδιασμού AUTOCAD και το δεύτερο είναι το SURFER.

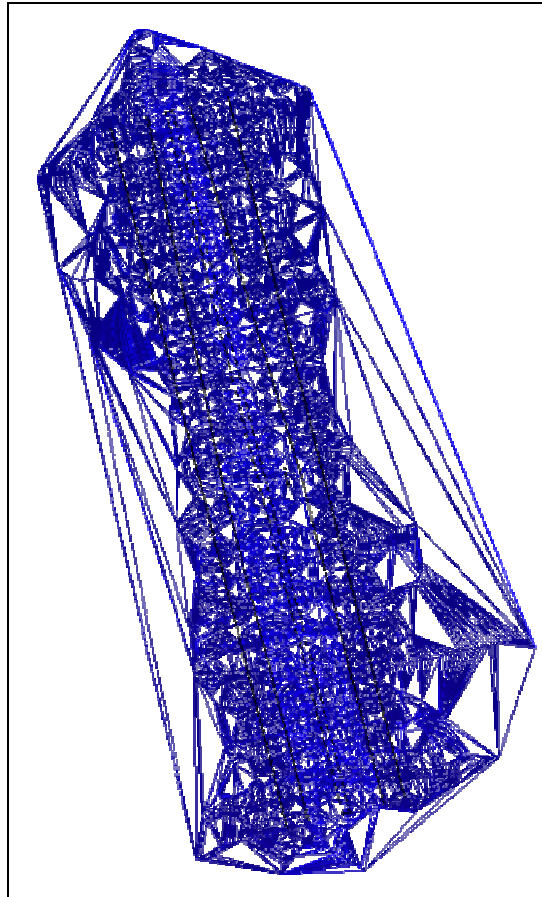
Το πρόγραμμα CONTOUR βασίζεται στη μέθοδο γραμμικής χωρικής παρεμβολής. Η γραμμική παρεμβολή με τη χρήση εξισώσεων πυκνώνει τα τρίγωνα που προκύπτουν από την ένωση των γνωστών σημείων και αποδίδει τιμές σε σημεία που παρεμβάλλονται με κριτήριο την ελαχιστοποίηση του μέσου τετραγωνικού σφάλματος προσέγγισης της συχνότητας εμφάνισης του γνωστού σημείου.

Το πρόγραμμα SURFER έχει την δυνατότητα παραγωγής ψηφιακού μοντέλου βυθού/εδάφους βάσει διαφόρων μεθόδων παρεμβολής. Η μέθοδος η οποία αξιοποιήθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας είναι η Inverse Distance Weighting, η οποία είναι μέθοδος παρεμβολής πολλών μεταβλητών. Η απόδοση τιμών σε άγνωστα σημεία γίνεται χρησιμοποιώντας τιμές του συνόλου διάσπαρτων γνωστών σημείων. Η τιμή στο άγνωστο σημείο προκύπτει από το σύνολο των τιμών των σημείων που βρίσκονται περιμετρικά από αυτό με κριτήριο το βάρος τους, το οποίο είναι αντιστρόφως ανάλογο της απόστασής τους από το άγνωστο σημείο.

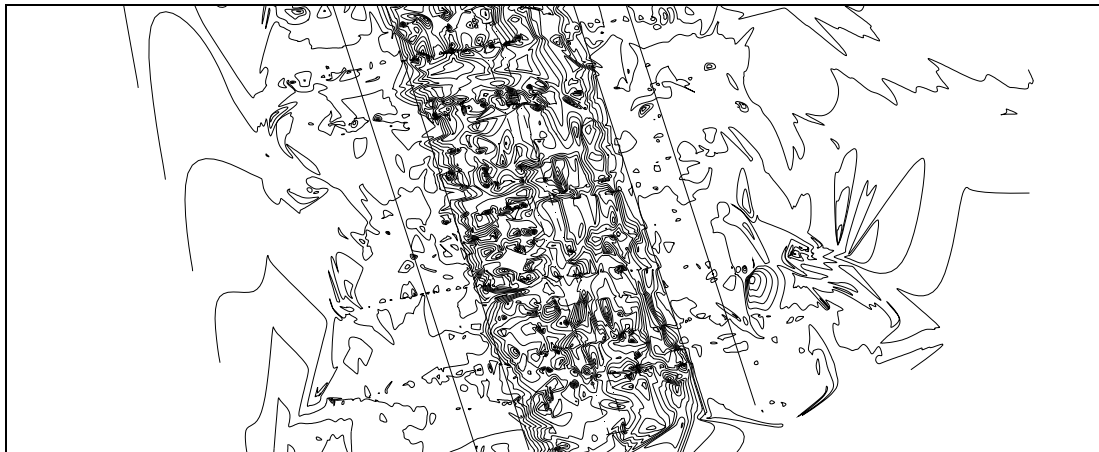


Σχήμα 6.1 Απόδοση του συνόλου των μετρήσεων στο σχέδιο πλεύσης

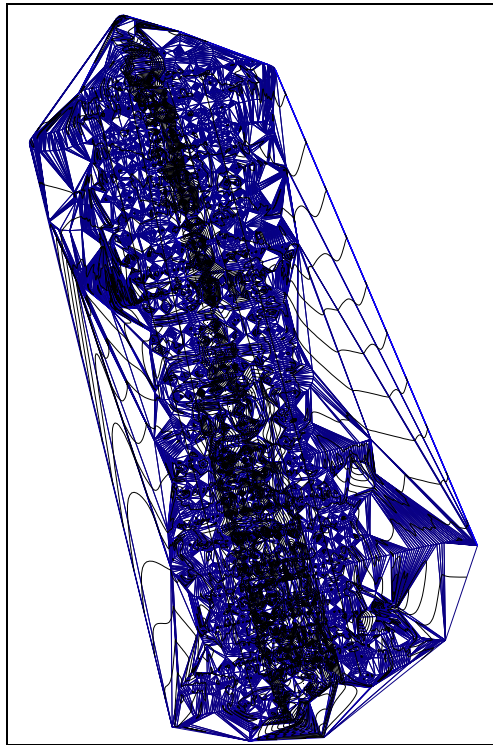
Και για τα δύο προγράμματα απαραίτητη προϋπόθεση είναι η συγκέντρωση όλης της πληροφορίας μετρήσεων (βλέπε Σχήμα 6.1), αυτής η οποία έχει γίνει αποδεκτή βάσει επιτυγχανόμενης ακρίβειας, σε αρχείο μορφής txt με κάποιες διαφοροποιήσεις ως προς τον τρόπο σύνταξής τους. Το πρώτο πρόγραμμα αρχικά δημιουργεί τρίγωνα με την ένωση σημείων με γνωστό βάθος (βλέπε Σχήμα 6.2). Ακολούθως ομαλοποιεί τις αποδιδόμενες γραμμές που δημιουργούνται από τα σημεία με ίδιο βάθος του ψηφιακού μοντέλου (ισοβαθείς) με τέτοιο τρόπο που ορίζεται από διαθέσιμες εντολές του προγράμματος και τα ευθύγραμμα τμήματα που αποτελούν τις ισοβαθείς μετατρέπονται σε καμπύλες (βλέπε Σχήμα 6.3, Σχήμα 6.4). Σε επόμενο στάδιο υπάρχει η δυνατότητα εξαγωγής δεδομένων υπό την μορφή διαφορετικών τύπων απεικόνισης (τομές-διατομές-μηκοτομές-καμπυλών-πολυγώνων κ.λπ.).



Σχήμα 6.2 Τρίγωνα Ψηφιακού Μοντέλου Βυθού προγράμματος Contour



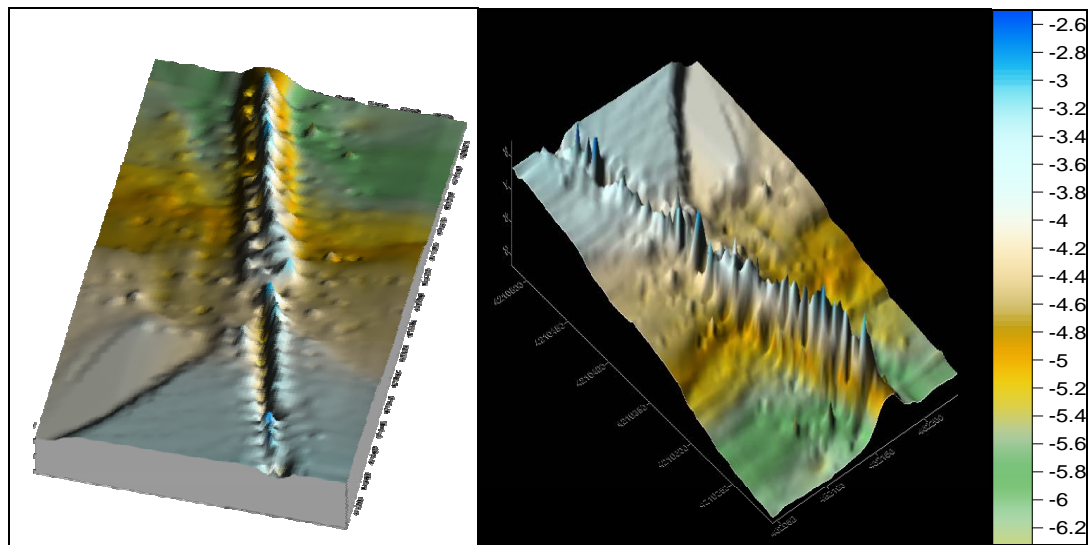
Σχήμα 6.3 Ισοβαθείς καμπύλες Ψηφιακού Μοντέλου Βυθού προγράμματος Contour



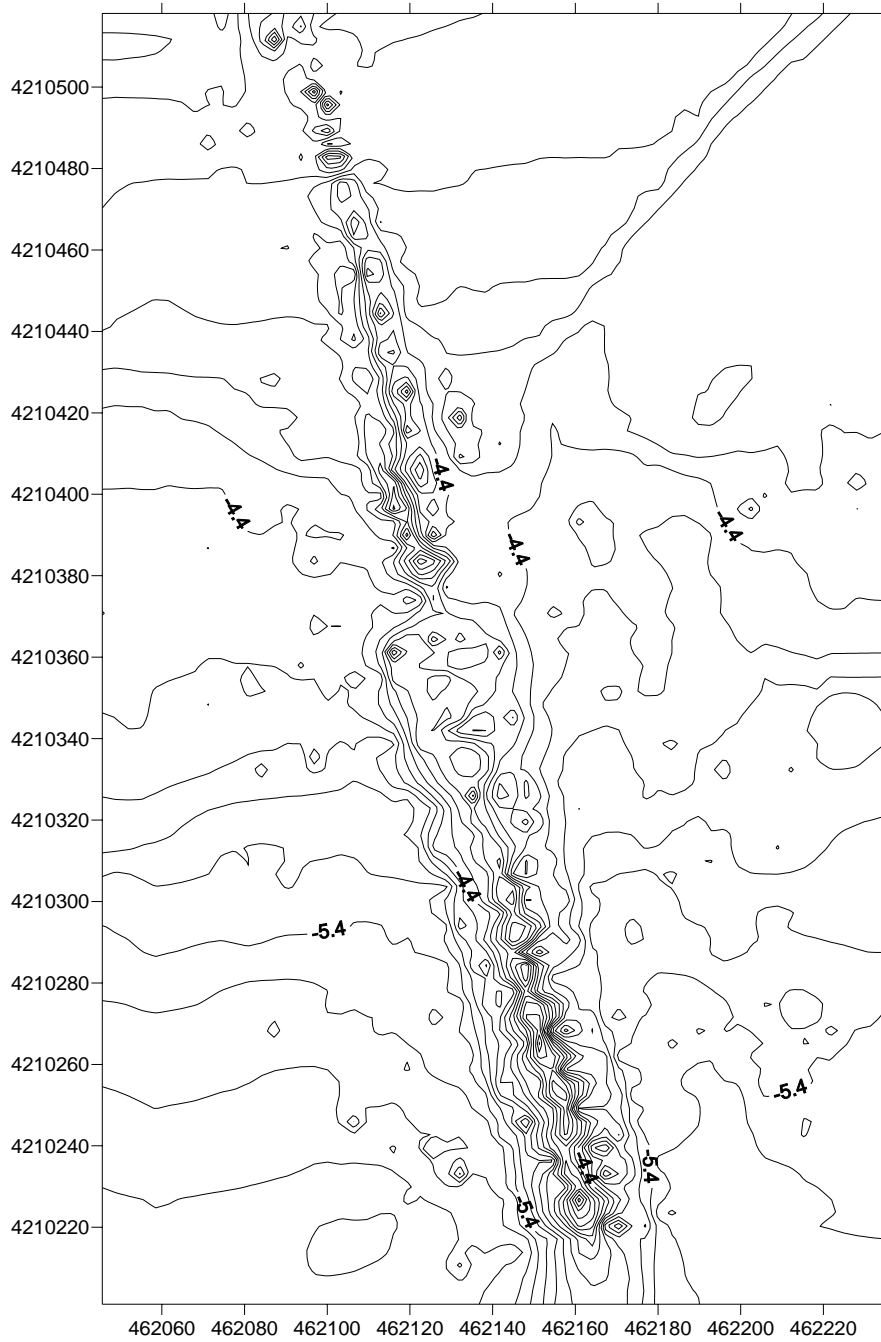
Σχήμα 6.4 Ψηφιακό μοντέλο Βυθού προγράμματος CONTOUR

Το δεύτερο πρόγραμμα παρέχει τη δυνατότητα εξαγωγής των μετρούμενων μεγεθών σε διαφορετικές μορφές απεικόνισης χάρτη δισδιάστατα ή τρισδιάστατα. Μία πρώτη απεικόνιση είναι η απόδοση της υδρογραφικής πληροφορίας με ισοβαθείς σε όλη την έκταση της υδρογραφημένης επιφάνειας (βλέπε Σχήμα 6.6). Για την απεικόνιση αυτή εισήχθησαν οι επιθυμητές παράμετροι δημιουργίας του χάρτη σύμφωνα με τις ανάγκες και τις προδιαγραφές της παρούσας υδρογραφικής εργασίας και με κριτήριο την απόδοση των αποτελεσμάτων με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Οι παράμετροι αυτοί αφορούν ρυθμίσεις γεμίσματος του υπόβαθρου και της υδρογραφημένης επιφάνειας με βαθμονομημένη κλίμακα χρωμάτων και πρότυπα σχεδίων, τον τύπο των γραμμών απεικόνισης των ισοβαθών και της εξομάλυνσης τους, τις γωνίες στροφής του χάρτη κατά τις διευθύνσεις των αξόνων x, y και z , την υπό γωνία ή ορθομετρική προβολή του χάρτη, τα όρια της υδρογραφημένης επιφάνειας και την κλίμακα απόδοσης κατά τους άξονες x και y , το βήμα απόδοσης πληροφορίας και την ύπαρξη ή όχι βαθμονομημένης κλίμακας συντεταγμένων κατά μήκος των αξόνων. Η δεύτερη απεικόνιση αποδίδει τα αποτελέσματα των υδρογραφικών μετρήσεων σε χάρτη σκιαγράφησης (βλέπε Σχήμα 6.7). Για την απόδοση του χάρτη αυτού εισήχθησαν οι ίδιες παράμετροι με αυτές της πρώτης και επιπροσθέτως παράμετροι που προσδιορίζουν την θέση του ήλιου στη διάρκεια της ημέρας η οποία καθορίζει την δημιουργία των σκιών, την μέθοδο εξομάλυνσης και διαβάθμισης των εξαχθέντων αποτελεσμάτων, την μέθοδο σκιαγράφησης, την κλίμακα του άξονα των βαθμών/υψών (άξονας z), την βαθμονομημένη κλίμακα χρωμάτων απόδοσης των

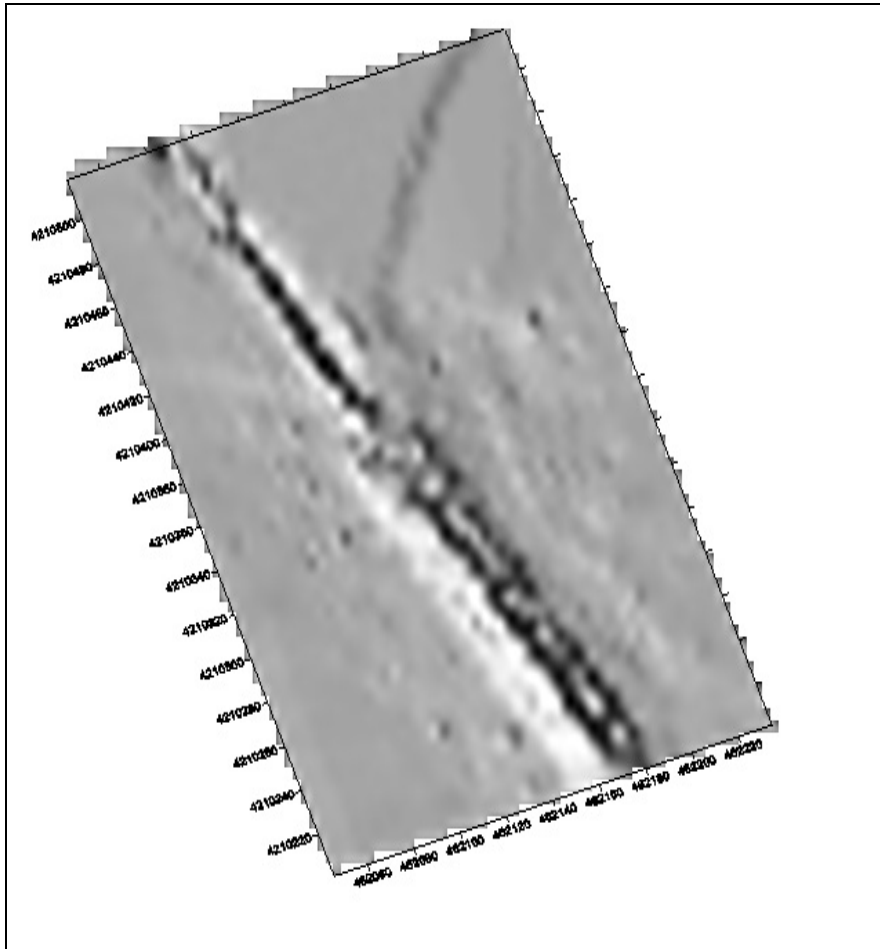
πληροφοριών βάθος/ύψους και το χρώμα απόδοσης των σημείων χωρίς πληροφορία. Τέλος η τρίτη απεικόνιση αποτελεί την απόδοση των βυθομετρικών δεδομένων σε μία επιφάνεια με κλίση τέτοια που ορίζουν οι πληροφορίες βάθους (βλέπε Σχήμα 6.5, 6.8). Πρόκειται για μία τρισδιάστατη απεικόνιση στο χώρο των μετρημένων στοιχείων της υδρογράφησης με πρόσθετη πληροφορία για το μέγεθος του βάθους/ύψους βάσει επιλεγόμενων χρωμάτων από μία βαθμονομημένη κλίμακα χρωμάτων σύμφωνα με τις ανάγκες και το είδος της υδρογραφικής εργασίας. Οι παράμετροι οι οποίες ορίζονται είναι οι ίδιες με αυτές της απεικόνισης του σκιαγραφημένου χάρτη.



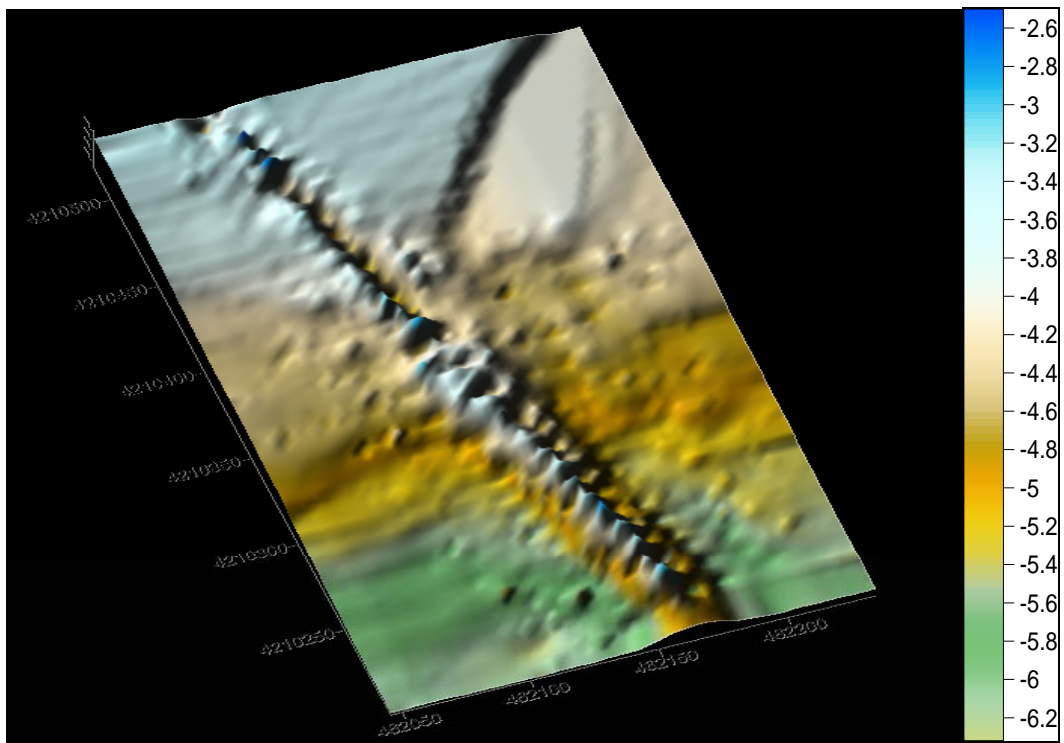
Σχήμα 6.5 Ψηφιακό μοντέλο Βυθού προγράμματος SURFER



Σχήμα 6.6 Ψηφιακό μοντέλο Βυθού προγράμματος SURFER – Πρώτη Απεικόνιση



Σχήμα 6.7 Ψηφιακό μοντέλο Βυθού προγράμματος SURFER – Δεύτερη Απεικόνιση

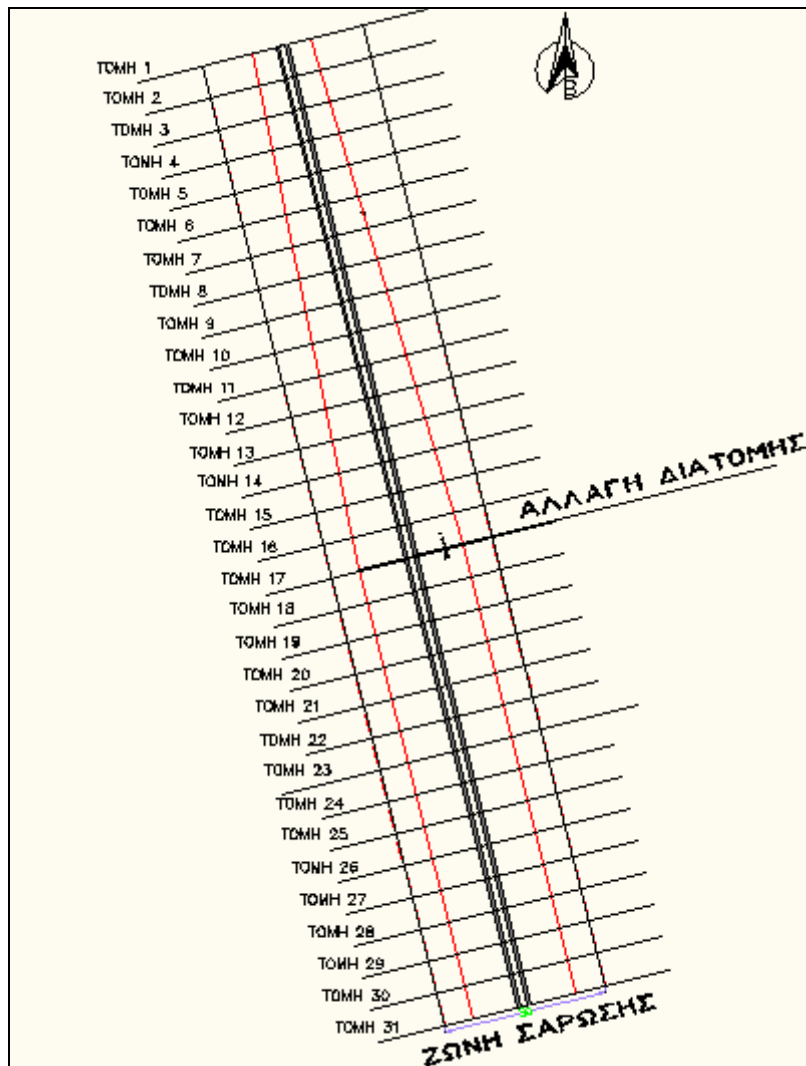


Σχήμα 6.8 Ψηφιακό μοντέλο Βυθού προγράμματος SURFER – Τρίτη Απεικόνιση

6.2 Εξαγωγή Τομών από Πρωτογενείς Μετρήσεις

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν εξήχθησαν υπό την μορφή αρχείων τύπου txt από το χειριστήριο. Στην αρχική τους μορφή τα αρχεία περιείχαν την αρίθμηση των σημείων που αποτυπώθηκαν, τις x και y συντεταγμένες τους στο σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ και το βάθος τους. Προκειμένου να σχεδιαστούν οι διατομές και οι τομές της περιοχής που αποτυπώθηκε δηλαδή της τελικής επιφάνειας θωράκισης των δύο υποθαλάσσιων αγωγών επιλέχθηκαν τα σημεία εκείνα τα οποία υλοποιούν τις τομές αυτές βάσει του σχεδίου πλεύσης (βλέπε Σχήμα 6.9) το οποίο και αποτελούσε το υπόβαθρο κατά την διάρκεια της πλεύσης με το πλωτό και καθόριζε την διαδρομή που ακολουθήθηκε. Πάνω σε αυτό το σχέδιο πλεύσης αποτυπώθηκε και η διαδρομή που τελικώς πραγματοποιήθηκε και από αυτή διαπιστώθηκε με πόση ακρίβεια υλοποιήθηκαν οι τομές του σχεδίου. Οι τομές που πραγματοποιήθηκαν και σχεδιάστηκαν είναι 30 και μία μηκοτομή (βλέπε Τεύχος Σχεδίων) και για κάθε μία από αυτές οι αριθμοί που τις υλοποιούν είναι οι εξής:

1 ^η τομή: G10 – G96	11 ^η τομή : G1994 – G2077	22 ^η τομή: G989 – G1037
2 ^η τομή: G215 – G305	12 ^η τομή: G2300 – G2346	23 ^η τομή: G873 – G921
3 ^η τομή: G431 – G515	13 ^η τομή: G2144 – G2191	24 ^η τομή: G719 – G768
4 ^η τομή: G765 – G849	14 ^η τομή: G2014 – G2061	25 ^η τομή: G598 – G655
5 ^η τομή: G937 – G1020	15 ^η τομή: G1864 – G1911	26 ^η τομή: G450 – G518
6 ^η τομή: G1098 – G1192	16 ^η τομή: G1672 – G1720	27 ^η τομή: G339 – G385
7 ^η τομή: G1282 – G1363	17 ^η τομή: G1538 – G1588	28 ^η τομή: G215 – G264
8 ^η τομή: G1457 – G1548	18 ^η τομή: G1405 – G1455	29 ^η τομή: G77 – G158
9 ^η τομή: G1626 – G1712	20 ^η τομή: G1246 – G1352	30 ^η τομή: F155 – F203
10 ^η τομή: G1828 – G1920	21 ^η τομή: G1120 – G1168	31 ^η τομή: F38 – F86
Μηκοτομή: 1632 - 2056		

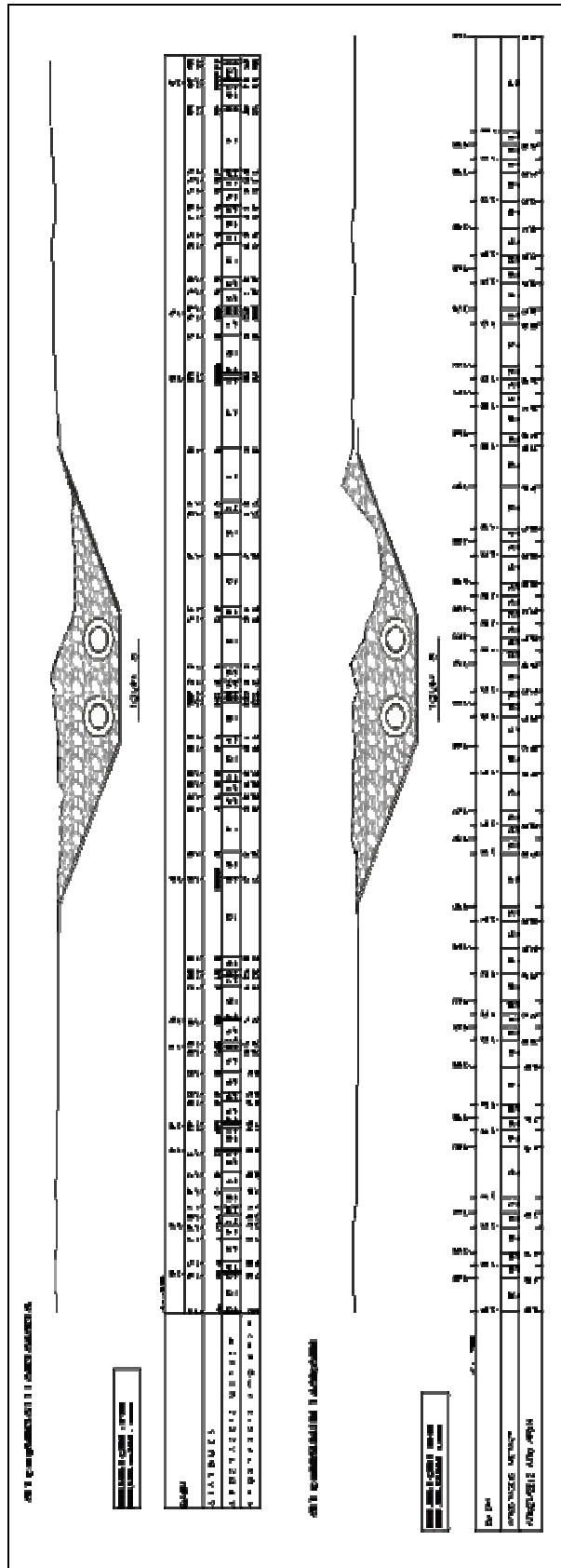


Σχήμα 6.9 Σχέδιο πλεύσης και προσδιορισμός τομών

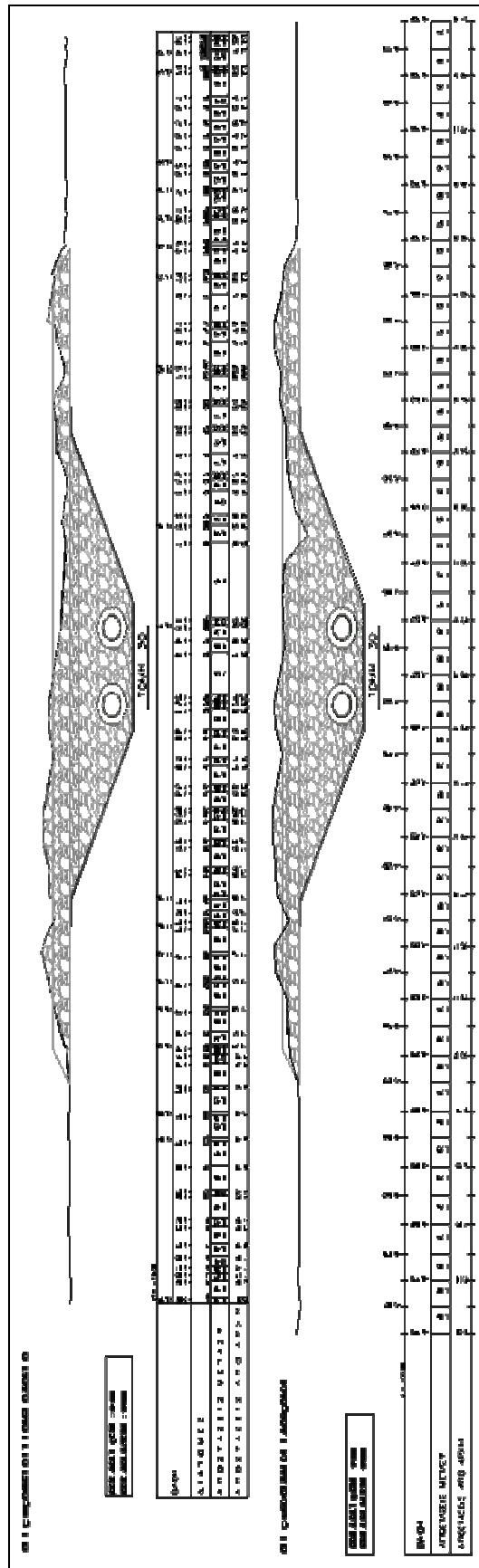
Αφού τα αρχεία “txt” των μετρήσεων μετατράπηκαν σε αρχεία “excel” προκειμένου να γίνουν οι απαραίτητες επεξεργασίες επιλέχθηκαν τα παραπάνω σημεία για να υπολογιστούν για κάθε μία από τις τομές και τις διατομές οι αποστάσεις μεταξύ των σημείων με την χρήση του 1^{ου} θεμελιώδους θεωρήματος και ύστερα θέτοντας το πρώτο σημείο κάθε τομής ως αρχή “0”, αυτό τέθηκε και ως αφετηρία για τις αποστάσεις των σημείων καθώς προχωράμε πάνω στην τομή. Επιλέχθηκε ακόμη για όλες τις τομές η διεύθυνση απόδοσης των τομών Δύση προς Ανατολή και της μηκοτομής Νότος προς Βορρά.

Το επόμενο βήμα ήταν ο σχεδιασμός των τομών και της μηκοτομής σε πεδίο AUTOCAD. Ο x άξονας υλοποιήθηκε από τις αποστάσεις των σημείων από την οριζόμενη αφετηρία και ο y άξονας από τα βάθη. Κάθε τέτοιο διάγραμμα κάθε τομής υλοποιεί, κατόπιν ένωσης των σημείων μεταξύ τους με μία ενιαία γραμμή, την επιφάνεια των υποθαλάσσιων αγωγών στις προκαθορισμένες θέσεις που είχαν σχεδιαστεί. Βάση των σχεδίων μελέτης ακόμα σχεδιάστηκαν πάνω στις τομές οι διατάξεις των υποθαλάσσιων αγωγών. Για να γίνει σωστή αναγωγή των διατάξεων πάνω στα διαγράμματα βρέθηκε αρχικά το βάθος του φυσικού

πυθμένα για κάθε μία από τις διατομές από το μέσο όρο των βαθών δεξιά και αριστερά των υποθαλάσσιων αγωγών. Αφού ορίστηκε αυτό το βάθος βρέθηκε και οριζοντιογραφικά από το σχέδιο πλεύσης στην υλοποιημένη διαδρομή του πλωτού πάνω σε αυτό το μέσο της προσχεδιασμένης τομής των υποθαλάσσιων αγωγών και ορίστηκε πάνω στις υλοποιημένες τομές, για κάθε μία από αυτές. Με σημείο αναφοράς αυτό το σημείο σχεδιάστηκαν οι αντίστοιχες διατάξεις των υποθαλάσσιων αγωγών του ανάλογου βάθους του φυσικού πυθμένα. Σε τελικό στάδιο για κάθε μία από τις τομές και την μηκοτομή σχεδιάστηκε πίνακας που απεικονίζει την κλίμακα των μηκών και των βαθών, τις αποστάσεις από αρχή και μεταξύ των σημείων που αποτυπώθηκαν, όπως αυτές προέκυψαν από τους υπολογισμούς στα φύλλα excel και τα βάθη που αντιστοιχούν σε κάθε σημείο (βλέπε Σχέδιο 1, Σχέδιο 2, Τεύχος Σχεδίων).



Σχέδιο 6.1 Σχέδιο Τομής 6 Πρωτογενών μετρήσεων και Ψηφιακού Μοντέλου Βυθού



Σχέδιο 6.2 Σχέδιο Τομής 30 Πρωτογενών μετρήσεων και Ψηφιακού Μοντέλου Βυθού

6.3 Εξαγωγή Τομών από Ψηφιακό Μοντέλο Βυθού

Το ψηφιακό μοντέλο βυθού που δημιουργήθηκε με την αξιοποίηση του προγράμματος CONTOUR έχει την δυνατότητα εξαγωγής τομών, διατομών και μηκοτομών. Από το σχέδιο πλεύσης ορίστηκαν οι συντεταγμένες αρχή και τέλους για κάθε μία από τις τομές και την μηκοτομή. Με εντολή του προγράμματος CONTOUR προσδιορίστηκαν η αρχή και το τέλος των τομών (31 τομές) και της μηκοτομής προκειμένου να εξαχθούν σε πεδίο σχεδιασμού AUTOCAD. Για κάθε μία από αυτές υλοποιήθηκε η γραμμή η οποία απέδιδε την υποθαλάσσια επιφάνεια των αγωγών και σχεδιάστηκε ο πίνακας που απεικονίζει την κλίμακα των μηκών και των βαθών, τα βάθη που αντιστοιχούν στο κάθε σημείο, τις αποστάσεις από αρχή και μεταξύ των σημείων. Η πληροφορία για την εξαγωγή της αποτυπωθείσας υποθαλάσσιας επιφάνειας υπολογίστηκε από την τομή ισοβαθών ή τριγώνων, σημείων με πληροφορία βάθους, με την γραμμή που αποτελεί την τομή που έχει ορισθεί προς απόδοση στο ψηφιακό μοντέλο. Στις τομές που προέκυψαν σχεδιάστηκε και η διάταξη των αγωγών όπως αυτές αποδίδονται στα σχέδια μελέτης. Για να γίνει αυτό ταυτίστηκε το μέσο των διατάξεων στο βάθος που ορίζει η στάθμη του υποθαλάσσιου πυθμένα με το μέσο των τομών του ψηφιακού μοντέλου, το οποίο ορίστηκε βάση του σχεδίου πλεύσης που απεικονίζεται στο ψηφιακό μοντέλο, σε βάθος που ορίζουν κατά μέσο όρο τα βάθη των σημείων του υποθαλάσσιου πυθμένα δεξιά και αριστερά της διάταξης των υποθαλάσσιων αγωγών (βλέπε Σχέδιο 1, Σχέδιο 2, Τεύχος Σχεδίων).

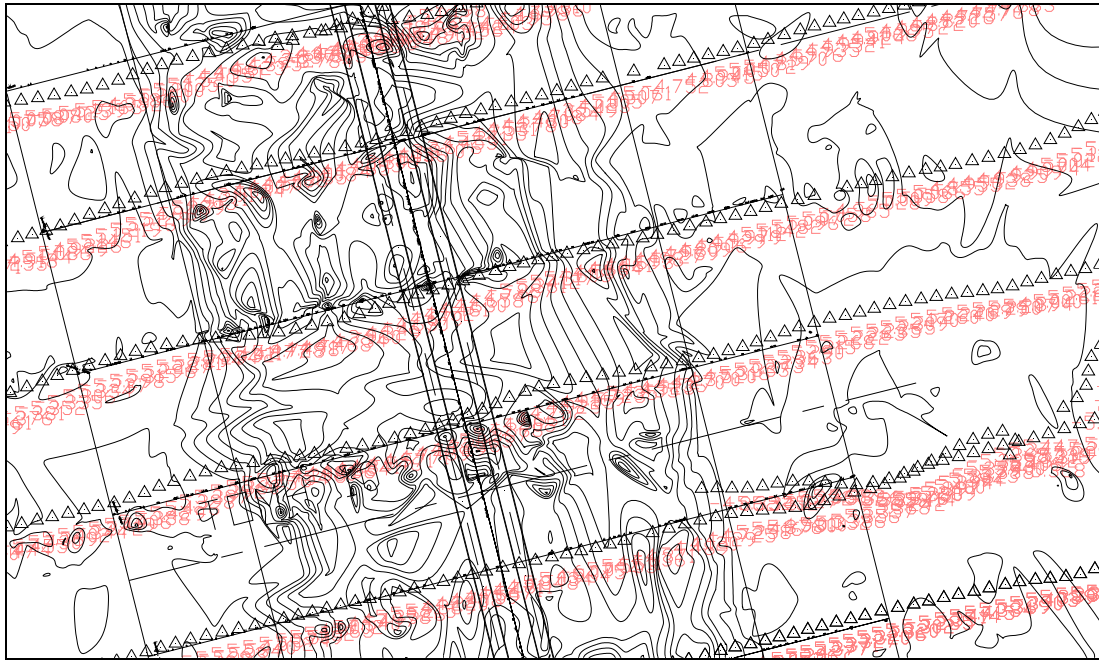
6.4 Ανάλυση και Σύγκριση Αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων όπως αυτά απεικονίζονται στις τομές δείχνουν μία ελλιπή κάλυψη των υποθαλάσσιων αγωγών σε επιμέρους τμήματα αυτών, ενώ η υπερκάλυψη αυτών είναι περιορισμένη σε ελάχιστα τμήματα και θεωρείται σχεδόν αμελητέα. Η απόκλιση στην επικάλυψη κυμαίνεται στο ~ 1 m στις πρώτες 15 τομές (Χ.Θ.: 0 + 244 – 0 + 394 km), γίνεται μικρότερη του 1 m μέχρι και την 24^η τομή (Χ.Θ.: 0 + 394 – 0 + 484 km), ενώ στις τελευταίες η διαφορά περιορίζεται στα ~ 0.50 m. Επομένως βάσει σχεδιασμού του έργου μετά από μελέτη των τομών και των μηκοτομών κρίνεται ότι η θωράκιση των υποθαλάσσιων αγωγών με αδρανή υλικά διεκπεραιώθηκε σε γενικές γραμμές σε καλά επίπεδα και οι προκύπτουσες αποκλίσεις είναι τέτοιες που δεν απαιτούνται συμπληρωματικές εργασίες επιδιόρθωσης. Ακόμα από τις μηκοτομές οι οποίες προκύπτουν διαπιστώνεται ότι η μέση κλίση της επικάλυψης 'ακολουθεί' και είναι συμβατή με την μέση κλίση του πυθμένα και της προκαθορισμένης, από τα σχέδια μελέτης, κλίσης της τελικής επιφάνειας επικάλυψης. Οι διαφορές της κλίσης της υποθαλάσσιας επιφάνειας από την προδιαγραφόμενη οι οποίες παρουσιάζονται οφείλονται σε μεγάλο βαθμό και στις μεγάλες

διαστάσεις του υλικού θωράκισης των υποθαλάσσιων αγωγών (~0.40x0.40 m). Τυχόν μετακίνηση ή τοποθέτηση έστω και ενός ογκόλιθου πάνω σε ένα άλλο μπορεί να επιφέρει αποκλίσεις της τάξεως του 0.50 m.

Προκειμένου να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε παράθεση των τομών και της μηκοτομής που προέκυψαν από τις πρωτογενείς μετρήσεις και αυτών που προέκυψαν από το ψηφιακό μοντέλο βυθού του προγράμματος CONTOUR. Με σημείο αναφοράς τον άξονα συμμετρίας των υποθαλάσσιων αγωγών έγινε η στοίχιση τους έτσι ώστε να είναι ουσιαστική και ρεαλιστική η σύγκριση τους (βλέπε Σχέδιο 1, Σχέδιο 2, Τεύχος Σχεδίων). Η στοίχιση των μηκοτομών έγινε με τον καθορισμό κοινής αφετηρίας και στις δύο. Η απεικόνιση αυτή των τομών παρουσιάζει ομοιογένεια ως προς τα αποτελέσματα και οι τομές και μηκοτομές συγκρίνονται ικανοποιητικά σε μία γενικευμένη οπτική θεώρηση αυτών. Συμπερασματικά, γίνεται επαλήθευση των μετρήσεων και γίνονται αποδεκτά τα αποτελέσματα τα οποία αποδίδονται από τις τομές και απεικονίζουν την τελική επιφάνεια θωράκισης των υποθαλάσσιων αγωγών με αδρανή υλικά.

Η πύκνωση των μετρήσεων σε όλη την έκταση, την οριζόμενη από το σχέδιο πλεύσης, της περιοχής προς αποτύπωση οδήγησε στην δημιουργία ισοβαθών καμπυλών που αποδίδουν με ικανοποιητική ακρίβεια τα βάθη της αποτυπωθείσας υποθαλάσσιας επιφάνειας. Ο έλεγχος για την συμβατότητα των ισοβαθών του ψηφιακού μοντέλου βυθού με τις πρωτογενείς μετρήσεις πραγματοποιήθηκε και από σχέδιο σε περιβάλλον AUTOCAD, στο οποίο απεικονίζονται οι πρωτογενείς μετρήσεις και μόνο οι ισοβαθείς καμπύλες του ψηφιακού μοντέλου (βλ. Σχήμα 6.10). Στις περισσότερες περιπτώσεις παρουσιάζεται ταύτιση των βαθών των σημείων που υλοποιούν τις τομές από τις πρωτογενείς μετρήσεις με αυτά των ισοβαθών καμπυλών. Οι αποκλίσεις κυμαίνονται στα ± 0.10 m. Παρουσιάζονται και αποκλίσεις μεγαλύτερης τάξης μεγέθους (± 0.50 m), ωστόσο αυτές μπορούν αν θεωρηθούν μεμονωμένες περιπτώσεις και να γίνουν αποδεκτές λόγω σφάλματος υπολογισμού της τιμής του βάθους από την μέθοδο παρεμβολής του προγράμματος που χρησιμοποιείται.



Σχήμα 6.10 Τμήμα σχεδίου ισοβαθών και πρωτογενών μετρήσεων

Από την σύγκριση κάθε ζεύγους τομών και των μηκοτομών παρατηρούνται επίσης μικρές αποκλίσεις μεταξύ τους κατά μέσο όρο ± 0.20 m και σε μεμονωμένα σημεία, με ελάχιστες εξαιρέσεις, η απόκλιση είναι ~ 1 m. Τέτοιες μεγάλες αποκλίσεις οφείλονται στο γεγονός ότι οι τομές πρωτογενών μετρήσεων αποδίδουν σημεία της υποθαλάσσιας επιφάνειας αδρανών υλικών και του πυθμένα τα οποία είναι πραγματικά και απέχουν μεταξύ τους προκαθορισμένες, σταθερές αποστάσεις. Αντιθέτως, οι τομές από το ψηφιακό μοντέλο αποδίδονται από υπολογισμένη πληροφορία βάθους (σημεία τομής των τριγώνων που δημιουργούνται από τα σημεία με γνωστό βάθος και τις τομές όπως ορίζονται από το σχέδιο πλευσης). Αυτά τα σημεία είναι τυχαία και σε κάποια τμήματα των τομών/μηκοτομής που προκύπτουν είναι πιο πυκνά, επομένως προκύπτει και πιο αξιόπιστη πληροφορία βάθους, και σε άλλα τμήματα πιο αραιά και η αναγωγή βάθους γίνεται πιο επισφαλής. Αξίζει να αναφερθεί ότι τέτοιες διαφορές οφείλονται και στο γεγονός ότι οι πρωτογενείς μετρήσεις δεν υλοποιήθηκαν επακριβώς πάνω στις γραμμές πλευσης τις οποίες και απεικονίζουν οι τομές ψηφιακού μοντέλου βυθού και σε ορισμένες τομές οι αποχές αυτές είναι μεγαλύτερες. Επιπλέον, το τελικό υλικό επικάλυψης είναι ογκόλιθοι ακανόνιστου σχήματος και μεγάλων διαστάσεων επομένως η διάστρωση ενός τέτοιου υλικού καθίσταται ιδιαίτερα δύσκολη όπως αναφέρθηκε και παραπάνω.

Συμπερασματικά, για μία σημειακή και μεμονωμένη μελέτη της τελικής επιφάνειας επίστρωσης των υποθαλάσσιων αγωγών για έλεγχο της συμβατότητάς της με τα σχέδια μελέτης του έργου, οι τομές των πρωτογενών μετρήσεων αποδίδουν με την βέλτιστη ακρίβεια αυτή την επιφάνεια στις προκαθορισμένες θέσεις. Για μία πιο γενική, ποιοτική

θεώρηση αυτής αξιόπιστα είναι και οι εξαγόμενες τομές του ψηφιακού μοντέλου βυθού στις ίδιες προκαθορισμένες θέσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

7.1 Αξιολόγηση Σχεδιασμού Υδρογραφικής Εργασίας

Ο σχεδιασμός της υδρογραφικής εργασίας που προηγήθηκε των μετρήσεων αξιολογείται ως προς το κριτήριο κάλυψης της περιοχής ενδιαφέροντος, την επάρκεια των συλλεγόμενων στοιχείων, την επιτυγχάνομενη ακρίβεια και σε σχέση με τις προδιαγραφές του έργου και την ικανότητα αντιμετώπισης προβλημάτων που προέκυψαν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

Τα συλλεγόμενα στοιχεία της υδρογραφικής εργασίας είναι ποσοτικά ικανά να αποδώσουν όλη την έκταση της τελικής επιφάνειας θωράκισης των υποθαλάσσιων αγωγών και να εξάγουν αποτελέσματα που περιγράφουν με λεπτομέρεια την βυθομετρία αυτής. Καθοριστικός παράγοντας για την επίτευξη του στόχου αυτού κρίνεται ο σωστός σχεδιασμός των ηχοβολιστικών γραμμών με το προκαθορισμένο μήκος και πλάτος αυτών.

Επιπρόσθετα, η προεπιλεγμένη πυκνότητα καταγραφής των μετρήσεων (ανά 0.50 m, 0.70 m και 1 m) επέφερε την συλλογή της απαραίτητης πληροφορίας και τη αποφυγή λήψης μετρήσεων 'κενών' σημείων (χωρίς πληροφορία βάθους), με αποτέλεσμα την δημιουργία ποιοτικού ψηφιακού μοντέλου βυθού, ικανοποιητικής ακρίβειας, και λεπτομερών τομών πρωτογενών μετρήσεων .

Συμπερασματικά, η επιτυγχάνομενη ακρίβεια καλύπτει επαρκώς τις ανάγκες της υδρογραφικής εργασίας που πραγματοποιήθηκε και τις προδιαγραφές του έργου. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί η επιτυχής αντιμετώπιση των όποιων τεχνικών προβλημάτων προέκυψαν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, τα οποία θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε διακοπή των μετρήσεων.

7.2 Αξιολόγηση Εξοπλισμού

7.2.1. Αξιολόγηση Δέκτη GPS

Οι δέκτες GPS που επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν για την διεκπεραίωση των μετρήσεων έχουν ονομαστική οριζοντιογραφική ακρίβεια ± 0.02 m υπό περιορισμούς, η οποία υπερκαλύπτει τις ανάγκες της υδρογραφικής αποτύπωσης. Εκτιμάται ότι οι τελικές ακρίβειες που επιτεύχθηκαν είναι πολύ κοντά στις ονομαστικές δεδομένου ότι ο κινητός δέκτης GPS αποτελούσε μία ενιαία κατασκευή με το ηχοβολιστικό όργανο, οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε πολύ ευνοϊκές καιρικές συνθήκες (< 1.6 m/sec) και η ταχύτητα του υδρογραφικού σκάφους ήταν η κατάλληλη ώστε να μην αποκλίνει η κατακόρυφος που

υλοποιεί το στυλαίο από την πραγματική. Επιπλέον, η δυνατότητα αντικατάστασης της ραδιοεπικοινωνίας του κινητού δέκτη με τον δέκτη που ήταν τοποθετημένος στο τριγωνομετρικό σημείο, με σύνδεση του με σταθμό αναφοράς για την λήψη διορθώσεων μέσω κινητής τηλεφωνίας, υπήρξε καθοριστική για τη συνεχή ροή εξέλιξης των μετρήσεων κατά τη διάρκεια πλεύσης του υδρογραφικού σκάφους. Ακόμα η δυνατότητα δημιουργίας πολλών αρχείων (‘εργασιών’) μέσα στο λογισμικό πεδίου του χειριστηρίου που χρησιμοποιήθηκε εξασφάλισε τη συνεχή εποπτεία και έλεγχο των μετρήσεων και την καθοδήγηση του σκάφους στις προκαθορισμένες ηχοβολιστικές γραμμές, σε όλη την έκταση της περιοχής ενδιαφέροντος και εντός των ορίων αυτής. Στο τελευταίο συνέβαλε και η δυνατότητα προεπιλογής του βήματος καταγραφής προκειμένου να προσδιοριστεί το καταλληλότερο.

7.2.2. Αξιολόγηση Ηχοβολιστικού Συστήματος

Το ηχοβολιστικό σύστημα το οποίο αξιοποιήθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας καταγράφει μετρήσεις με ονομαστική ακρίβεια ± 0.025 m. Η ακρίβεια αυτή καλύπτει τις προδιαγραφές της επιδιωκόμενης ακρίβειας υδρογραφικής αποτύπωσης και αυτής των προδιαγραφών του έργου. Επιπλέον η δυνατότητα σύνδεσης του ηχοβολιστικού συστήματος και απόδοσης των μετρήσεων σε υπολογιστή διευκόλυνε την διαδικασία βαθμονόμησης (καλιμπράρισμα) του οργάνου για τον καθορισμό πιθανού συστηματικού σφάλματος που υπεισέρχεται στις μετρήσεις για το εύρος των βαθών στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις. Η απεικόνιση και δυνατότητα επεξεργασίας των μετρήσεων της βαθμονόμησης (αρχεία τύπου .txt) αξιοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό του σφάλματος μέτρησης (± 0.03 m) σε εύρος βαθών 6 m. Το σφάλμα αυτό δεν θεωρήθηκε συστηματικό γιατί βρίσκεται μέσα στα αποδεκτά όρια των προδιαγραφών του έργου.

7.3 Αξιολόγηση Μεθόδου Επεξεργασίας Μετρήσεων

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων των τομών που προέκυψαν από τις δύο διαφορετικές μεθόδους επεξεργασίας των μετρήσεων διαπιστώθηκε ομοιογένεια σε αυτά και απόδοση της πληροφορίας του βάθους με ικανοποιητική ακρίβεια. Όπως έχει αναφερθεί και στο προηγούμενο Κεφάλαιο 6 οι τομές των πρωτογενών μετρήσεων ενδείκνυνται για λεπτομερή και μεμονωμένο έλεγχο της εργασίας επικάλυψης των υποθαλάσσιων αγωγών με το τελικό υλικό θωράκισης. Οι τομές που προέκυψαν από το ψηφιακό μοντέλο βυθού αποδίδουν μια πιο απλοποιημένη και γενικευμένη απεικόνιση της υφιστάμενης κατάστασης της υποθαλάσσιας επιφάνειας, ικανή για τον προσδιορισμό αποκλίσεων της τάξεως 1 m στην επικάλυψη των υποθαλάσσιων αγωγών.

7.4 Συμπεράσματα

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Στα πλαίσια μίας υδρογραφικής εργασίας είναι πολύ σημαντικός και απαραίτητος ο σωστός προγραμματισμός από το γραφείο για τον τρόπο υλοποίησης αυτής και η δημιουργία του σχεδίου πλεύσης μετά από αναγνώριση και μελέτη της περιοχής ενδιαφέροντος από υφιστάμενους βυθομετρικούς χάρτες .
- Η επιτυχής διεκπεραίωση μίας υδρογραφικής αποτύπωσης κρίνεται επίσης από την καλή οργάνωση και στελέχωση του προσωπικού, την επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού και τον συντονισμό της όλης διαδικασίας για την αντιμετώπιση των οποιοδήποτε πιθανών προβλημάτων εμφανιστούν (προσαρμογή οργάνων στο υδρογραφικό σκάφος, προγραμματισμός ημέρας μετρήσεων βάσει καιρικών συνθηκών).
- Ο έλεγχος για την καταλληλότητα, την ορθότητα, την αξιοπιστία και την επάρκεια των μετρήσεων είναι πολύ σημαντικό να πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Ακόμα σημαντική είναι η προσεκτική πλοήγηση του υδρογραφικού σκάφους πάνω στις ηχοβολιστικές γραμμές.
- Για την επεξεργασία των μετρήσεων εύστοχη είναι η αξιοποίηση εναλλακτικών μεθόδων για την σύγκριση αυτών, την σωστή αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και τον έλεγχο της επιτυγχανόμενης ακρίβειας.
- Ο επιλεγόμενος συνδυασμός εξοπλισμού οργάνων λειτούργησε αποτελεσματικά αποδίδοντας την βέλτιστη δυνατή ακρίβεια και αξιόπιστα αποτελέσματα, καλύπτοντας με αυτό τον τρόπο τις προδιαγραφές της παρούσας διπλωματικής εργασίας και του έργου.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΘΩΡΑΚΙΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

- Η επικάλυψη των υποθαλάσσιων αγωγών με το τελικό προϊόν θωράκισης πραγματοποιήθηκε επαρκώς για το μεγαλύτερο τμήμα που αποτυπώθηκε στα πλαίσια της υδρογραφικής εργασίας. Η προσθήκη αδρανών υλικών στα σημεία όπου εντοπίστηκε ελλιπής κάλυψη δεν ενδείκνυται λόγω μεγάλης δυσκολίας μετακίνησης των βυτιοφόρων άρα και διαχείρισης αυτών για να γίνει η απελευθέρωση των αδρανών υλικών στα συγκεκριμένα τμήματα αυτά.

- Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια και το πλήθος τους είναι ικανό για την απόδοση όλη της έκτασης της περιοχής ενδιαφέροντος. Επιπλέον, η απόδοση των επιθυμητών τομών και της μηκοτομής πρωτογενών μετρήσεων που προέκυψαν από τη αποτύπωση πραγματικών σημείων, τα οποία υλοποιούν τις γραμμές πλεύσης, αποτελεί μία λεπτομερή απεικόνιση του υποθαλάσσιου πυθμένα με μεγάλη ακρίβεια.
- Στα πλαίσια της συνήθους πρακτικής με τις κατάλληλες μετρήσεις προέκυψε το ψηφιακό μοντέλο βυθού του προγράμματος CONTOUR. Οι τομές και η μηκοτομή οι οποίες προέκυψαν από αυτό είναι συμβατές με τις αυτές των πρωτογενών μετρήσεων επομένως είναι ικανές να απεικονίσουν την τελική επιφάνεια επικάλυψης των υποθαλάσσιων αγωγών με ικανοποιητική ακρίβεια.
- Έλεγχος για χονδροειδείς αποκλίσεις επικάλυψης από τα προδιαγραφόμενα των σχεδίων μελέτης είναι εφικτό να πραγματοποιηθεί από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους το προγράμματος SURFER με τον καθορισμό των κατάλληλων παραμέτρων και την επιλογή της καλύτερης απεικόνισης ανάλογα με το τμήμα εκείνο των υποθαλάσσιων αγωγών που μελετάται κάθε φορά.
- Ο συνδυασμός των οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ο βέλτιστος βάσει της ακρίβειας που επιτεύχθηκε και την ευελιξία που παρείχαν για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που προέκυψαν.
- Το ψηφιακό μοντέλο βυθού έχει την ευελιξία να παράγει οποιαδήποτε τρισδιάστατη αναπαράσταση πυθμένα για μία καλύτερη και πληρέστερη αντίληψη της υφιστάμενης κατάστασης. Ακόμα, δίνεται η δυνατότητα να αποδοθεί τομή ή μηκοτομή σε οποιαδήποτε επιθυμητή γραμμή. Οι υλοποιήσεις των τομών από πρωτογενείς μετρήσεις στις γραμμές πλεύσης πραγματοποιήθηκαν λόγω περαιτέρω διερεύνησης της υφιστάμενης κατάστασης.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Π1. Υδρογραφική Υπηρεσία Πολεμικού Ναυτικού



Η Υδρογραφική Υπηρεσία, αποτελεί ανεξάρτητη Ναυτική Υπηρεσία του Πολεμικού και έχει ως αποστολή τη συλλογή, επεξεργασία και αξιοποίηση των πληροφοριών και στοιχείων για τον ελληνικό και ευρύτερο θαλάσσιο χώρο, στους τομείς Υδρογραφίας, Ωκεανογραφίας, Χαρτογραφίας και Ναυτιλίας.

Το 1905 δημιουργήθηκε το πρώτο Υδρογραφικό Γραφείο στο Γενικό Επιτελείο Ναυτικού και το 1906 έγιναν οι πρώτες υδρογραφήσεις και το 1908 εκδόθηκε ο πρώτος ναυτικός χάρτης. Το 1919 ιδρύθηκε ο Διεθνής Υδρογραφικός Οργανισμός (IHO) και η Ελλάδα συμμετείχε ως ιδρυτικό μέλος. Τέλος, το 1921 η Υδρογραφική Υπηρεσία (ΥΥ) γίνεται ανεξάρτητη υπηρεσία του Πολεμικού Ναυτικού, υπαγόμενη απ' ευθείας στο Γενικό Επιτελείο Ναυτικού.

Αποστολή της Υδρογραφικής Υπηρεσίας είναι:

- ❖ Η υποστήριξη των επιχειρησιακών απαιτήσεων του Πολεμικού Ναυτικού και της Εθνικής Άμυνας και η συμβολή στην ασφάλεια των ναυτιλλομένων στις ελληνικές θάλασσες.
- ❖ Η προαγωγή των επιστημών Υδρογραφίας, Ωκεανογραφίας, Χαρτογραφίας και Ναυτιλίας και η υποστήριξη δημοσίων υπηρεσιών και ιδιωτικών φορέων.

Ακόμα, στις αρμοδιότητες της Υδρογραφικής Υπηρεσίας υπάγονται και τα εξής :

- ❖ Παροχή στις Ένοπλες Δυνάμεις των στοιχείων και πληροφοριών υπευθυνότητάς της που απαιτούνται για τη διεξαγωγή των επιχειρήσεων.
- ❖ Εκτέλεση Υδρογραφικών, Ωκεανογραφικών, Χαρτογραφικών και Ναυτιλιακών εργασιών και μελετών και εφαρμογή ερευνητικών προγραμμάτων για τη συλλογή στοιχείων και πληροφοριών που απαιτούνται για την κάλυψη αναγκών στρατιωτικών, δημοσίων και ιδιωτικών φορέων.
- ❖ Μελέτη, προετοιμασία, έκδοση και διάθεση γενικών και ειδικών ναυτικών χαρτών και λοιπών ναυτιλιακών βοηθημάτων για τις ανάγκες των ναυτιλλομένων και για τις επιχειρησιακές απαιτήσεις των Ένοπλων Δυνάμεων.

Επιπλέον αποκλειστικές αρμοδιότητες της αποτελεί η έκδοση των ελληνικών:

- ❖ Κοινών Ναυτικών Χαρτών σε έντυπη και ηλεκτρονική μορφή
- ❖ Ειδικών Ναυτικών Χαρτών και Ναυτιλιακών Οδηγιών
- ❖ Φαροδεικτών σε συνεργασία με την Υπηρεσία Φάρων και Ευρετηρίων Ναυτικών Χαρτών και Ναυτικών Εκδόσεων
- ❖ Αγγελιών προς τους ναυτιλλόμενους για ενημέρωση ανωτέρω εκδόσεων

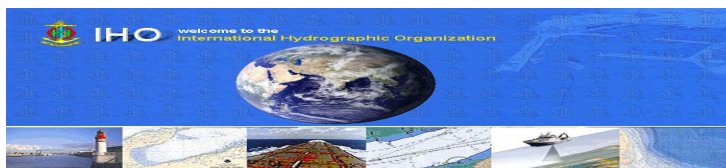
Υπευθύνη της είναι ακόμα η άμεση ενημέρωση των ναυτιλλομένων με την έκδοση προαγγελιών, η έκδοση μηνυμάτων με το διεθνές σύστημα NAVTEX, για την ενημέρωση της διεθνούς ναυσιπλοΐας, ο καθορισμός θαλασσίων οδών, διαύλων, στενών και φυσικών αγκυροβολίων και του τρόπου Ναυτιλιακής Σημάνσεως θαλασσίων κινδύνων, διαύλων και στενών με σκοπό την ασφάλεια των ναυτιλλομένων.

Η ναυτιλιακή μελέτη εγκαθίδρυσης στον ελληνικό θαλάσσιο χώρο από την Υπηρεσία Φάρων και άλλους αρμόδιους φορείς, καθώς και, ο καθορισμός θέσεων στο θαλάσσιο και χερσαίο χώρο με συμβατικά και με προηγμένης τεχνολογίας ηλεκτρονικά και δορυφορικά συστήματα είναι αρμοδιότητες της Υδρογραφικής Υπηρεσίας. Σε αυτές προστίθενται τέλος, η μελέτη των δυνατοτήτων και των χαρακτηριστικών γενικότερα των ναυτιλιακών συστημάτων και ειδικότερα των συστημάτων προσδιορισμού στίγματος.

Τα παραγόμενα προϊόντα της Υδρογραφικής Υπηρεσίας του Πολεμικού Ναυτικού είναι ναυτικοί χάρτες που ποικίλουν σε κλίμακα ανάλογη της πληροφορίας την οποία εμπεριέχουν, ναυτιλιακές εκδόσεις και πιο συγκεκριμένα Ναυτιλιακές Οδηγίες των Ελληνικών Ακτών δηλαδή ναυτιλιακές οδηγίες υπό μορφή "ΠΛΟΗΓΩΝ" που αποτελούν απαραίτητο συμπλήρωμα του ναυτικού. Ακόμα τον φαροδείκτη Ελληνικών Ακτών που περιλαμβάνει όλους τους πυρσούς των Ελληνικών ακτών, το Ευρετήριο Ναυτικών Χαρτών και Ναυτιλιακών Εκδόσεων που έχει σκοπό την ενημέρωση των ναυτιλλόμενων και όσων ασχολούνται γενικότερα με την ναυσιπλοΐα, για τους ναυτικούς χάρτες ελληνικής έκδοσης και τις ναυτιλιακές εκδόσεις, Αγγελίες και Ετήσιες (Μόνιμες) Αγγελίες για τους Ναυτιλλόμενους, Σύστημα Ναυτιλιακής Σήμανσης που αποτελεί την περιγραφή του ενιαίου συστήματος ναυτιλιακής σήμανσης, και τέλος, Ωκεανογραφικές Μελέτες που περιλαμβάνουν εκτίμηση των αρμονικών συνιστωσών των χρονοσειρών του ύψους της στάθμης της θάλασσας και επεξεργασμένα στατιστικά στοιχεία ύψους της στάθμης της θάλασσας.

Οι ναυτικοί χάρτες, τα διαγράμματα, τα ναυτιλιακά βοηθήματα, οι ωκεανογραφικές μελέτες και οι λοιπές εκδόσεις που εκδίδονται από την Υδρογραφική Υπηρεσία σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή, αποτελούν πνευματική της ιδιοκτησία. Απαγορεύεται η αναπαραγωγή του συνόλου ή μέρους αυτών, με οποιαδήποτε μορφή, χωρίς την προηγούμενη έγκριση της ΥΥ και την καταβολή του αντιτίμου που καθορίζεται, κατά περίπτωση, από τις ισχύουσες διατάξεις. (πηγή: <http://www.hnhs.gr>)

Π2. Διεθνής Υδρογραφικός Οργανισμός (International Hydrographic Organization)



Ο Διεθνής Υδρογραφικός Οργανισμός είναι ένας διακυβερνητικός συμβουλευτικός και τεχνικός οργανισμός που ιδρύθηκε το 1921 για να υποστηρίξει την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας και την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Το Διεθνές Υδρογραφικό Γραφείο άλλαξε την κατάσταση του σε Διεθνή Οργανισμό. Το 1970, μια διακυβερνητική σύμβαση τέθηκε σε ισχύ, βάσει της οποίας άλλαξε το όνομά του Οργανισμού και το νομικό καθεστώς του και έτσι δημιουργήθηκε η Διεθνής Υδρογραφική Οργάνωση (ΔΥΟ), με έδρα της το Διεθνές Υδρογραφικό Γραφείο (ΔΥΓ) μόνιμα εγκατεστημένο στο Μονακό. Ο Οργανισμός έχει σήμερα συμμετοχή ογδόντα μελών – Υδρογραφικών Οργανισμών, και διάφορους άλλους που είναι στη διαδικασία να γίνουν μέλη της.

Η Παγκόσμια Ημέρα Υδρογραφίας καθορίστηκε να είναι και γιορτάστηκε για πρώτη φορά στις 21 Ιουνίου 2006. (πηγή: <http://www.sansimera.gr>)

Ο στόχος του Οργανισμού είναι να επιτευχθεί:

- ❖ Ο συντονισμός των δραστηριοτήτων των εθνικών υδρογραφικών υπηρεσιών
- ❖ Η μεγαλύτερη δυνατή ομοιομορφία στους ναυτικούς χάρτες και σε όλα τα σχετικά αρχεία
- ❖ Η υιοθέτηση αξιόπιστων και αποτελεσματικών μεθόδων για τη διενέργεια και την αξιοποίηση των υδρογραφικών ερευνών
- ❖ Η ανάπτυξη των επιστημών στον τομέα της υδρογραφία και των τεχνικών που χρησιμοποιούνται στην ωκεανογραφία

Ο επίσημος εκπρόσωπος κάθε Κυβερνητικού Μέλους εντός του ΔΥΟ (Διεθνής Υδρογραφικός Οργανισμός) είναι κανονικά η εθνική Υδρογραφική Υπηρεσία, ή η Διευθύνουσα Αρχή της, ο οποίος, μαζί με το τεχνικό προσωπικό του ανταποκρίνονται στις ανά πέντε έτη συναντήσεις στο Μονακό για να συμμετάσχουν στο Διεθνή Υδρογραφικό Συνέδριο. Το Συνέδριο εξετάζει την πρόοδο που έχει επιτευχθεί από τον οργανισμό μέσω των επιτροπών της, και χαμηλότερης τάξης σε ιεραρχία επιτροπές και ομάδες εργασίας, και υιοθετεί τα προγράμματα που πρέπει να επιτευχθούν μέσα στην επόμενη πενταετή περίοδο. Η Διευθύνουσα Επιτροπή που αποτελείται από τρεις επικεφαλείς Υδρογραφικές

Υπηρεσίες εκλέγεται προκειμένου να διαχειριστεί τις εργασίες του Οργανισμού κατά τη διάρκεια αυτού του χρονικού διαστήματος.

Η Διευθύνουσα Επιτροπή, μαζί με ένα μικρό διεθνές προσωπικό τεχνικών εμπειρογνομόνων στην υδρογραφία και την ναυτική χαρτογραφία, αποτελεί το Διεθνές Υδρογραφικό Γραφείο στο Μονακό. Το Διεθνές Υδρογραφικό Γραφείο είναι η γραμματεία του ΔΥΟ, και υπεύθυνη για τον συντονισμό και την προώθηση των προγραμμάτων του ΔΥΟ και την παροχή συμβουλών και βοήθειας προς τα Κράτη Μέλη και τους άλλους. (πηγή: <http://www.iho.int/>)

Π3. Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών



Σκοπός του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. είναι η διεξαγωγή επιστημονικής και τεχνολογικής έρευνας, η πειραματική ανάπτυξη και επίδειξη, η διάδοση και εφαρμογή των αποτελεσμάτων της έρευνας, ιδιαίτερα στους τομείς της μελέτης και προστασίας της υδρόσφαιρας, των οργανισμών της, των ορίων της με την ατμόσφαιρα, την ακτή και το βυθό, των φυσικών, χημικών, βιολογικών και γεωλογικών συνθηκών που επικρατούν και διέπουν τα παραπάνω συστήματα, με (α) παραγωγή προϊόντων και παροχή υπηρεσιών, (β) υποστήριξη στη λήψη αποφάσεων που αφορούν την κοινωνία, την οικονομία, τον πολιτισμό, (γ) οικονομική τους εκμετάλλευση είτε από το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. ή και τους εργαζόμενους σ' αυτό ή και από τρίτους.

Το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. επιτυγχάνει τους στόχους του αναλαμβάνοντας τα εξής :

- ❖ Σχεδιάζει και εκτελεί ερευνητικά και τεχνολογικά προγράμματα, έργα και εκπονεί μελέτες με ανάλογο αντικείμενο.
- ❖ Προωθεί την ανάπτυξη σχέσεων και συνεργασιών με διεθνείς οργανισμούς, ΑΕΙ και συναφή Ερευνητικά Ιδρύματα της ημεδαπής και αλλοδαπής καθώς και νομικά και φυσικά πρόσωπα.
- ❖ Ειδικεύει επιστήμονες στους πιο πάνω τομείς.
- ❖ Συμβάλλει στην εκπαίδευση, κατάρτιση και ευαισθητοποίηση του κοινού.
- ❖ Παρέχει επιστημονικές και τεχνολογικές πληροφορίες διαθέτοντας την κατάλληλη ηλεκτρονική διασύνδεση.
- ❖ Παράγει προϊόντα και παρέχει υπηρεσίες σχετικά με τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα.
- ❖ Εκπροσωπεί τη χώρα σε διεθνείς οργανισμούς με συναφείς δραστηριότητες.

Ο πρώτος Θαλάσσιος Υδροβιολογικός Σταθμός, ιδρύθηκε το 1914. Είχε έδρα το Παλαιό Φάληρο και ξεκίνησε το 1915 μελέτες αλιείας και θαλάσσιας βιολογίας. Μετά τον β΄

παγκόσμιο πόλεμο και συγκεκριμένα το 1945, ιδρύθηκε το Ελληνικό Υδροβιολογικό Ινστιτούτο της Ακαδημίας Αθηνών, με έδρα τον Πειραιά, στο οποίο ενσωματώθηκε το 1948 ο Υδροβιολογικός Σταθμός της Ρόδου, που είχε ιδρυθεί από τους Ιταλούς (1934-1936) κατά τη διάρκεια της κατοχής των Δωδεκανήσων (Reale Istituto di Ricerche Biologiche). Συγχρόνως ένα μικρό ναρκαλιευτικό σκάφος με το όνομα «ΓΛΑΥΚΗ», μετασκευάστηκε σε ερευνητικό και πραγματοποίησε το 1946 τους τρεις πρώτους ελληνικούς ωκεανογραφικούς και αλιευτικούς πλόες. Το 1965 το Υδροβιολογικό Ινστιτούτο της Ακαδημίας Αθηνών, μαζί με το Εργαστήριο Αλιευτικών Ερευνών ενώθηκαν στο νεοσυσταθέν Ινστιτούτο Ωκεανογραφικών και Αλιευτικών Ερευνών (Ι.ΩΚ.Α.Ε.), που άρχισε να λειτουργεί από το 1970. Το 1985 με το νόμο 1514 περί «Ανάπτυξης της Επιστημονικής & Τεχνολογικής Έρευνας», ιδρύθηκε το Εθνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (Ε.Κ.Θ.Ε.), που αποτελείται από τρία επιστημονικά Ινστιτούτα α) Ωκεανογραφίας, β) Θαλασσίων Βιολογικών Πόρων και γ) Εσωτερικών Υδάτων και αποτέλεσε τη μετεξέλιξη του ΙΩΚΑΕ.

Το ΕΚΘΕ αποτέλεσε τον κύριο ερευνητικό φορέα θαλάσσιων επιστημών στην Ελλάδα. Το 1987 ιδρύθηκε το Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης (Ι.ΘΑ.ΒΙ.Κ.) με έδρα το Ηράκλειο. Το Ι.ΘΑ.ΒΙ.Κ. αναπτύχθηκε με γρήγορους ρυθμούς και με το ερευνητικό σκάφος «ΦΙΛΙΑ», που ναυπηγήθηκε το 1986, έπαιξε από την ίδρυσή του σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των τομέων της θαλάσσιας βιολογίας, της αλιείας και των υδατοκαλλιεργειών στη χώρα.

Με το Νόμο 2919/25.6.2001 «Σύνδεση Έρευνας και Τεχνολογίας με την παραγωγή» αποφασίστηκε η ίδρυση ΝΠΔΔ με την επωνυμία Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.), με την ενοποίηση του Εθνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΚΘΕ) και του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης (Ι.ΘΑ.ΒΙ.Κ). Το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. διέπεται από τις διατάξεις του Νόμου 1514/85 και του Προεδρικού Διατάγματος 164 (ΦΕΚ 131/3.6.03), έχει έδρα την Ανάβυσσο Αττικής και αποτελείται από πέντε Ερευνητικά Ινστιτούτα:

(α) Ωκεανογραφίας, (β) Θαλασσίων Βιολογικών Πόρων, (γ) Υδατοκαλλιεργειών, (δ) Θαλάσσιας Βιολογίας και Γενετικής και (ε) Εσωτερικών Υδάτων.

Η πλήρης Διοικητική και Διαχειριστική Ενοποίηση ΕΚΘΕ και ΙΘΑΒΙΚ, έγινε την 1/1/2004. Από τον Νοέμβριο του 2009 το ΕΛΚΕΘΕ ανήκει στο Υπουργείο Παιδείας Δια Βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων. (πηγή: <http://www.hcmr.gr/>)

Ελληνική Βιβλιογραφία

- 1)** Αλιευτική Βιολογία και Διαχείριση, *Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου*
- 2)** Κ. Αλμπανάκης, 2007, Παλίρροιες, *Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*
- 3)** Μ. Βαφειάδης, 2009, ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΕΣ ΓΕΩΣΤΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ, *Τεχνική Υδρολογία – Διαχείριση Πληροφορίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*
- 4)** Ι. Γκανούλης, Τηλεπισκόπηση και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών για την Υδρολογική Προσομοίωση Λεκάνης Απορροής: Η Περίπτωση του Νέστου, *Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*
- 5)** Α. Γιαννακίδης, 2004, “Σχεδίαση και μοντελοποίηση μίας βενθικής ακάτου για τη μελέτη του φαινομένου της επαναιώρησης και μεταφοράς ιζημάτων στον πυθμένα της θάλασσας”, *Διπλωματική εργασία, Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Πολυτεχνείο Κρήτης*
- 6)** Μ. Δημοπούλου, 2008, ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ONLINE ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΜΕΤΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ GPS, *Διπλωματική εργασία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*
- 7)** Ε. Δουκάκης, 2005, Ανάπτυξη Παράκτιας Ζώνης, *Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*
- 8)** Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων ερευνών
- 9)** Δ. Ευαγγελίδης, 2007, Ηλεκτρονικοί Ναυτικοί Χάρτες, *Στρατιωτική και Ακαδημαϊκή Εκπαίδευση στις Στρατιωτικές Σχολές*
- 10)** Ευρωπαϊκή Επιτροπή - Έρευνα και Καινοτομία, Άρθρο για τις Επιστήμες της Θάλασσας – Εξερεύνηση
- 11)** Β. Ζερβάκης, 2007, Εισαγωγή στη Δυναμική Ωκεανογραφία, *Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*
- 12)** Ινστιτούτο Μεσογειακών σπουδών - Ίδρυμα Τεχνολογίας & Έρευνας, 1998, Νέες Τάσεις της Γεωφυσικής Τηλεανίχνευσης & Περιβαλλοντικής Αρχαιολογίας στην Αρχαιολογική Έρευνα, *φύλλο δημοσίευσης Εργαστηρίου Γεωφυσικής - Δορυφορικής τηλεπισκόπησης και Αρχαιοπεριβάλλοντος*
- 13)** Η. Καρπουζάς, 2008, Εφαρμογές Παγκόσμιου Δορυφορικού Συστήματος Εντοπισμού Θέσης (GPS), *Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης*
- 14)** Β. Κασκουρά, 2010, ‘Μέτρηση αποστάσεων: Ιστορική αναδρομή, σύγχρονες δυνατότητες, προοπτικές και τάσεις’, *Διπλωματική εργασία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*
- 15)** Σ. Κατσουγιαννόπουλου, Άρθρο ΧΩΡΟΓΡΑΦΙΕΣ, *Τμήμα Γεωπληροφορικής & Τοπογραφίας, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Σερρών*
- 16)** Β. Καψιμάλης, 2009, Εργαστήριο Ωκεανογραφίας, *Τμήμα Γρωγραφίας, Χαροκόπειου Πανεπιστημίου*

- 17) Κομπιάδου, 2007, Φυσική Ωκεανογραφία, *Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης*
- 18) Γ. Κοτσιόπουλος, 2005, Διαδρομή και Προοπτικές της Υδρογραφικής Υπηρεσίας Πολεμικού Ναυτικού, *Πολεμικό ναυτικό*
- 19) Κουμαντάκης, 2009, Οδηγίες του Προγράμματος SURFER, *Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*
- 20) Λεσβιακός Όμιλος Ιστιοπλοΐας Ανοιχτής Θαλάσσης, 2010, *Ναυσιπλοΐα*
- 21) Θ. Μάνασης, 2006, Το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης και πλοήγησης GALILEO της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Διαστήματος και σύγκριση του με το gps, Πτυχιακή εργασία, *Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο*
- 22) Μελέτη Βιολογικού Καθαρισμού “ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ & ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΘΡΙΑΣΙΟΥ ΠΕΔΙΟΥ”, 2009
- 23) Κ. Μέμος, 2009, Υποθαλάσσιοι αγωγοί εκβολής, *Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*
- 24) Γ. Παπαθεοδώρου, 2006, Διάλεξη Αρχαιολογική Ωκεανογραφία, *Ενημερωτικό δελτίο του Κοινοφελούς Ιδρύματος Αλέξανδρου Σ. Ωνάση*
- 25) Α. Πότσιου, 2008, Το θαλάσσιο Κτηματολόγιο, Κτηματολόγιο και ΣΠΓ, *Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*
- 26) Π. Σαββαΐδης, 2008, Τοπογραφία και θεματική Χαρτογραφία
- 27) Η. Τζιάβος, 2008, Υδρογραφία και Θαλάσσια Γεωδαισία, *Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*
- 28) Υδρογραφική Υπηρεσία Πολεμικού Ναυτικού
- 29) Σ. Φουρνάρος, 2008, Αλγόριθμοι Προσδιορισμού Ομοιότητας καμπυλών- Εφαρμογή στην ταύτιση με την βέλτιστη τροχιά αγωνιστικού αυτοκινήτου στην πίστα, Διπλωματική Εργασία, *Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*
- 30) Α. Χατσηαντωνίου, 2006, Υποδομές και χρήση Χωρικών Δεδομένων, *Ημερίδα INSPIRE της Υδρογραφικής Υπηρεσίας Πολεμικού Ναυτικού*
- 31) Α. Χατζοπούλου, 2007, Διεθνές Ναυτικό Δίκαιο, *Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*

Ξένη Βιβλιογραφία

- 32) International Hydrographic Organization
- 33) International Tribunal for the Law of the Sea
- 34) National Oceanic and Atmospheric Administration
- 35) Robert H. Stewart, 2008, Introduction to Physical

Ιστοσελίδες

- 36) www.britannica.com
- 37) <http://ec.europa.eu>
- 38) <http://el.wikipedia.org>
- 39) <http://en.wikipedia.org>
- 40) <http://eu.mio.com>
- 41) <http://gis.mapsofworld.com>
- 42) www.gusgas.gr
- 43) <http://ieeexplore.ieee.org>
- 44) www.jblearning.com
- 45) www.madsenlandsurveying.com
- 46) <http://oceanworld.tamu.edu>
- 47) www.oxfordbibliographiesonline.com
- 48) www.pcigeomatics.com
- 49) www.sansimera.gr
- 50) www.survey-solutions-scotland.co.uk
- 51) www.worldlingo.com

