



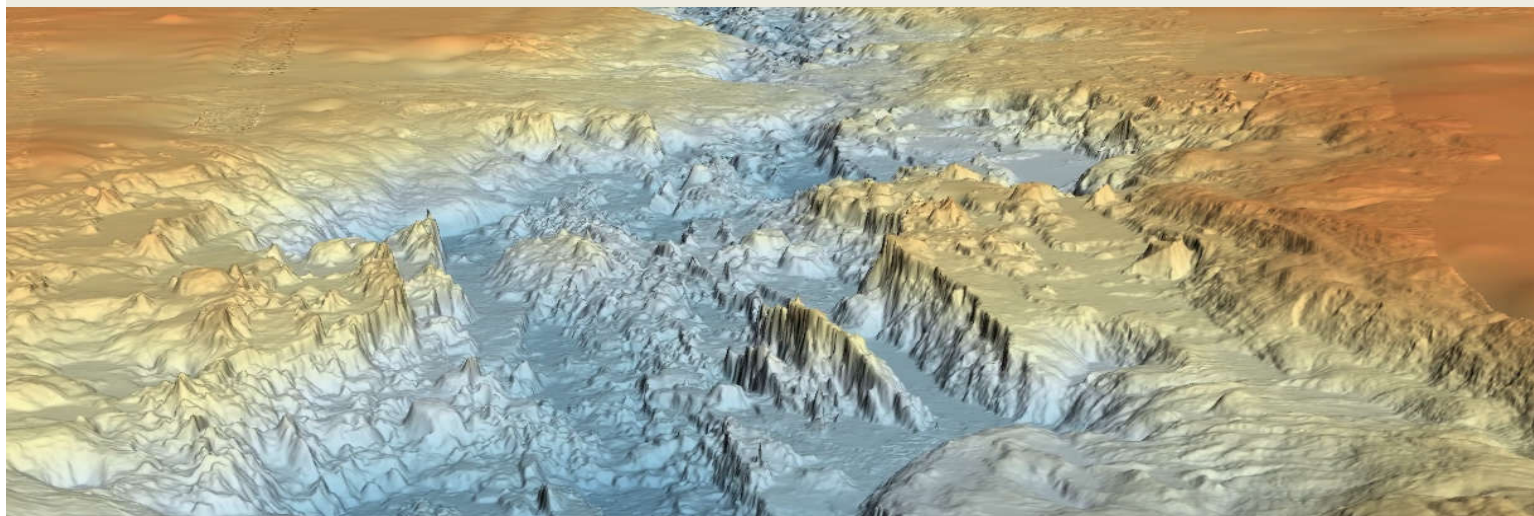
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Διπλωματική Εργασία

«Υδρογραφική αποτύπωση στην περιοχή της Ερυθράς Θάλασσας»



Στοιχεία Συγγραφέα:

Όνομα/μο -> Πανταζής Ευθύμιος

Αριθμός Μητρώου -> geo19391006

Ιδιότητα -> Τοπογράφος Μηχανικός

Ημερομηνία Σύνταξης -> 23/10/2024

Επιβλέπων Καθηγητής -> Οικονόμου Εμμανουήλ

Αιγάλεω, Οκτώβριος 2024

Διπλωματική Εργασία

«Υδρογραφική αποτύπωση στην περιοχή της Ερυθράς Θάλασσας»

Πανταζής Ευθύμιος

geo19391006

Επιβλέπων Καθηγητής

Κος Οικονόμου Εμμανουήλ

Επιτροπή Αξιολόγησης Εργασίας

ΜΙΧΑΗΛ ΓΙΑΝΝΙΟΥ	ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ	ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΠΑΓΟΥΝΗΣ
DIGITAL SIGN	DIGITAL SIGN	DIGITAL SIGN

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Πανταζής Ευθύμιος του Κωνσταντίνου και της Δήμητρας, με αριθμό μητρώου geo19391006, φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας της παρούσας προπτυχιακής διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται λεπτομερώς στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Βεβαιώνω επιπροσθέτως ότι, η παρούσα εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Οποιαδήποτε παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών

Πανταζής Ευθύμιος

Υπογραφή



Copyright © Πανταζής Ευθύμιος, Οκτώβριος 2024

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται ορθώς η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν αποκλειστικά τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις οποιουδήποτε άλλου μέλους του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Μετά την ολοκλήρωση της παρούσας προπτυχιακής διπλωματικής εργασίας θα επιθυμούσα να εκφράσω τις εγκάρδιες ευχαριστίες μου σε όλους εκείνους οι οποίοι στάθηκαν δίπλα μου, με γνώμονα την προθυμία και την υπομονή τους, ώστε να κατορθώσω να ολοκληρώσω την εκπόνησή της, τηρώντας λεπτομερώς τις επιστημονικές προδιαγραφές. Η αρωγή τους ήταν και είναι ανεκτίμητη τόσο κατά το πρακτικό κομμάτι της έρευνας όσο και κατά την αναζήτηση/αξιολόγηση και σύνθεση των θεωρητικών πληροφοριών.

Εκφράζω αρχικά τη μεγάλη εκτίμηση και το σεβασμό μου για τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας, Κύριο Οικονόμου Εμμανουήλ, αναπληρωτή καθηγητή του Τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής του ΠΑ.Δ.Α, ο οποίος υποστήριξε στενά τη προσπάθειά μου και μέσω της διαθεσιμότητάς του, βοήθησε στην αντιμετώπιση όλων των τεχνικών δυσκολιών που συνάντησα.

Ειδικότερα ευχαριστώ τον κύριο Σγούρο Γεώργιο, Επίκουρο Καθηγητή του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών και την εταιρεία PSL (Power Sub Link SA – Εταιρεία που εξειδικεύεται στην παροχή ασφαλών, υψηλής ποιότητας, καινοτόμων υπηρεσιών και τεχνολογιών για υποθαλάσσιες εγκαταστάσεις και θαλάσσια έργα), οι οποίοι μου εμπιστευτήκανε τα δεδομένα της μελέτης του και με δεχτήκανε αναντίρρητα σε ένα εξαιρετικά ιδιαίτερο, ευαίσθητο και σύνθετο, με βάση το περιεχόμενο των έργων που μελετούν, εργασιακό περιβάλλον, όπου απαιτείται υψηλή τεχνογνωσία αλλά και απόλυτη σοβαρότητα από τη μεριά μου. Με βοηθήσανε σημαντικά από την πρώτη στιγμή και μου προσέφεραν ένα σύνολο αγαθών και τεχνογνωσιών που αναμφίβολα χρειάστηκα και θα χρειαστώ.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω από καρδιάς και όλα τα υπόλοιπα μέλη του εργατικού δυναμικού της εταιρείας PSL (Power Sub Link) τα οποία μου πρόσφεραν την ασταμάτητη συμπαράστασή τους και με έκαναν να νιώσω άνετα μέσω της υπομονής και της ηρεμίας τους κατά την επεξήγηση των αποριών μου. Μεταξύ αυτών είναι και δύο συμφοιτητές μου ο Σταύρου Δημήτριος και η Ζησίογλου Ευδοξία οι οποίοι μου έδωσαν ακόμη μεγαλύτερη οικειότητα και με συμβούλεψαν κατάλληλα για όλα όσα έπρεπε να προσέξω.

Εκφράζω εν συνεχεία την απεριόριστη ευγνωμοσύνη μου προς τους παιδικούς μου φίλους αλλά και τους συμφοιτητές μου, μέσω των οποίων άντλησα κουράγιο και δύναμη για να κυνηγήσω το αντικείμενο ενδιαφέροντός μου και να ξεπεράσω όλες τις δυσκολίες που αντιμετώπισα κατά τη διάρκεια της 5ετούς φοίτησής μου.

Απερίγραπτα σημαντική για μένα ήταν η συμπαράσταση και η πίστη από την οικογένειά μου, αφού με υποστήριζαν σε κάθε μου βήμα και για κάθε μου επιλογή. Μέσω της συνεισφοράς τους, κατόρθωσα να ολοκληρώσω έγκαιρα τη περίοδο φοίτησής μου και να ακολουθήσω ανεμπόδιστα το όνειρό μου.

Τέλος, ευχαριστώ όλα τα μέλη του ΠΑ.Δ.Α για όλα όσα μου προσέφεραν σε αυτή τη δύσκολη διαδρομή.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι παγκόσμιες υδρογραφικές μελέτες βασίζονται σε μια πληθώρα επιστημονικών κλάδων και απαιτούν τη γνώση αρκετών στοιχείων από τους τομείς της τοπογραφίας, της χημείας, της βιολογίας, της γεωλογίας, της ωκεανογραφίας και της μηχανικής των ρευστών. Αυτό γιατί, ο υδρογράφος οφείλει, εκτός από τη μορφολογία του θαλάσσιου πυθμένα, να γνωρίζει και συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του νερού όπως (αλατότητα, πίεση, θερμοκρασία, κατευθύνσεις και εντάσεις θαλάσσιων ρευμάτων, παλιρροιακές μεταβολές κλπ.), της κλιματολογίας της περιοχής (κατευθύνσεις και εντάσεις ανέμων, ατμοσφαιρική θερμοκρασία κλπ.), ακόμα και νομοθετικά πλαίσια που οριοθετούν το πεδίο και το τρόπο δράσης του. Αυτονόητη είναι επίσης, η πολύ καλή γνώση των αντικειμένων της τοπογραφίας, της γεωδαισίας, της χαρτογραφίας και του δορυφορικού εντοπισμού.

Τα παραπάνω στοιχεία συνθέτουν την επιστήμη της υδρογραφίας και τη καθιστούν πολύ-παραμετρική. Σκοποί των θαλάσσιων ή γενικότερα των υδάτινων αποτυπώσεων, αποτελούν η διαμόρφωση των ακτών και των χαρακτηριστικών τους, ο εντοπισμός των βαθών του πυθμένα, η αναγνώριση της σύνθεσης του θαλάσσιου βυθού, η εύρεση κατάλληλων περιοχών για εξορύξεις ορυκτού πλούτου και τοποθέτηση υποθαλάσσιων οπτικών ινών καθώς και η έρευνα για όλα τα στοιχεία που θέτουν σε κίνδυνο την ασφάλεια της παγκόσμιας ναυσιπλοΐας και των λοιπών θαλάσσιων δραστηριοτήτων.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η υδρογραφική μελέτη μιας περιοχής της Ερυθράς Θάλασσας με στόχο να αποτυπωθεί ο θαλάσσιος πυθμένας και να τοποθετηθούν καλώδια οπτικών ινών. Η αποτύπωση μέσω πολλαπλού ηχοβολιστικού μηχανήματος (Multi Beam Echo Sounder) από το ερευνητικό σκάφος R/V MED SURVEYOR, αποδίδει ένα νέφος βαθυμετρικών δεδομένων το οποίο χρειάζεται να εκκαθαριστεί από το θόρυβο και να διορθωθεί στο σύνολό του. Η διαχείριση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω του επαγγελματικού λογισμικού QIMERA Software.

Στα πλαίσια της εργασίας περιγράφεται λεπτομερώς η διαδικασία επεξεργασίας, διαχείρισης και ερμηνείας των βαθυμετρικών δεδομένων τόσο στη περίπτωση του πεδίου όσο και μέσω των λογισμικών QIMERA και AUTOCHART.

ABSTRACT

Global hydrographic studies are based on a multitude of disciplines and require knowledge of several elements from the fields of topography, chemistry, biology, geology, oceanography and fluid mechanics. This is because, in addition to the morphology of the seabed, the hydrographer must also know specific characteristics of the water such as (salinity, pressure, temperature, directions and intensities of sea currents, tidal changes, etc.), the climatology of the area (directions and intensities winds, atmospheric temperature, etc.), even legislative frameworks that delimit its scope and mode of action. A very good knowledge of topography, geodesy, cartography and satellite tracking is also self-evident.

The above elements make up the science of hydrography and make it multi-parametric. Purposes of the marine or in general water footprints are the configuration of the coasts and their characteristics, the identification of the depths of the bottom, the recognition of the composition of the seabed, the finding of suitable areas for the extraction of mineral wealth and the placement of underwater optical fibers as well as the investigation of all elements that endanger the safety of world navigation and other maritime activities.

The purpose of this thesis is the hydrographic study of an area of the Red Sea in order to map the seabed and lay fiber optic cables. The multi-sounder survey by the research vessel R/V MED SURVEYOR yields a cloud of bathymetric data that needs to be cleaned of noise and corrected as a whole. Data management was performed through QIMERA professional software.

In the framework of the work, the process of processing, management and interpretation of the bathymetric data is described in detail both in the case of the field and through the QIMERA and AUTOCHART soft-wares.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	-5-
Abstract.....	-6-
Κατάλογος Εικόνων.....	-9-
Κατάλογος Πινάκων.....	-12-
Συνοπτομογραφίες.....	-13-
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	-14-
1.1 Γενική Ανασκόπηση.....	-14-
1.2 Στόχος και Σκοπός Εργασίας.....	-15-
1.3 Σημασία Εργασίας.....	-15-
1.4 Διάρθρωση Εργασίας.....	-16-
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΑΡΧΕΣ & ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΕΩΝ.....	-17-
2.1 Αρχές Υδρογραφικών Αποτυπώσεων.....	-17-
2.2 Εξοπλισμός Υδρογραφικών Αποτυπώσεων.....	-18-
2.3 Μέθοδοι Βαθυμετρίας.....	-18-
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	-21-
3.1 Αναγνώριση Περιοχής Μελέτης.....	-21-
3.2 Χαρακτηριστικά Περιοχής Μελέτης.....	-24-
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ.....	-28-
4.1 Σκάφος και Πορεία Αποτύπωσης.....	-28-
4.2 Βασικός Εξοπλισμός Αποτύπωσης.....	-30-
4.3 Προετοιμασία Αποτύπωσης – Patch Test.....	-31-
4.4 Επεξεργασία Δεδομένων Patch Test στο λογισμικό Qimera.....	-33-
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ.....	-41-
5.1 Εισαγωγή βαθυμετρικών δεδομένων στο λογισμικό Qimera.....	-41-
5.2 Εκκαθάριση και ερμηνεία θορύβου λόγω απόστασης και γωνίας.....	-42-
5.3 Εκκαθάριση και ερμηνεία τυχαίου – μικτού θορύβου.....	-44-
5.4 Εκκαθάριση και ερμηνεία θορύβου λόγω τραχύτητας του πυθμένα.....	-49-
5.5 Αναγνώριση rockmarks και ερμηνεία θορύβου.....	-52-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΧΑΡΤΟΣΥΝΘΕΣΗ ΣΤΟ AUTOCHART	-61-
6.1 Υπολογισμός ισοβαθών καμπυλών.....	-61-
6.2 Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό AUTOCHART.....	-62-
6.3 Εισαγωγή χιλιομετρικών σημείων.....	-63-
6.4 Δημιουργία Panels και Matchlines.....	-64-
6.5 Δημιουργία διαγραμμάτων και καννάβου.....	-65-
6.6 Δημιουργία προφίλ και τελική απόδοση.....	-67-
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	-73-
7.1 Γενικότερα Συμπεράσματα.....	-73-
7.2 Ειδικότερα Συμπεράσματα.....	-74-
7.3 Συμπεράσματα περί των λογισμικών.....	-75-
7.4 Προτάσεις.....	-76-
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	-77-
8.1 Βιβλιογραφία.....	-77-

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Παρουσιάζεται ο κατάλογος των εικόνων και των πηγών προέλευσής τους που χρησιμοποιήθηκαν για τη παρούσα διπλωματική εργασία.

Κεφάλαιο 2

Εικόνα 2.3.1 – Διείσδυση δέσμης SBP στο υπέδαφος.....-20-

Πηγή: NOAA OCEAN EXPLORATION

Κεφάλαιο 3

Εικόνα 3.1.1 – Η Δημιουργία της Ερυθράς Θάλασσας.....-21-

Πηγή : Swartz and Arden (1960)

Εικόνα 3.1.2 – Η Ερυθρά Θάλασσα-22-

Πηγή : <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Εικόνα 3.1.3 – Η Διώρυγα του Σουέζ.....-22-

Πηγή : <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Εικόνα 3.1.4 – Ο Κόλπος του Άντεν.....-23-

Πηγή : <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Εικόνα 3.1.5 – Η μεσοωκεάνια ράχη της Ερυθράς Θάλασσας ως τεκτονικό όριο..-23-

Πηγή : Bird (2003)

Εικόνα 3.2.1 – Βαθυμετρικός χάρτης της Ερυθράς Θάλασσας.....-25-

Πηγή : Morcos (1970)

Εικόνα 3.2.2 – Κατευθύνσεις Ανέμων & Θαλάσσιων Ρευμάτων.....-25-

Πηγή : AM Kotarba-Morley

Εικόνα 3.2.3 – Κοραλλιογενείς Ύφαλοι.....-26-

Πηγή : <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Εικόνα 3.2.4 – Τυπική Διατομή Θαλάσσιου Πυθμένα & Υδάτινης Στήλης.....-27-

Πηγή : Schoell (1975)

Κεφάλαιο 4

Εικόνα 4.1.1 – Ερευνητικό σκάφος R/V MED SURVEYOR.....-28-

Εικόνα 4.1.2 – Πλάνο εγκατάστασης εξοπλισμού αποτύπωσης.....-28-

Εικόνα 4.1.3 – Πορεία ερευνητικού σκάφους.....	-29-
Εικόνα 4.1.4 – Πορεία αποτύπωσης.....	-29-
Εικόνα 4.2.1 – Βασικός εξοπλισμός αποτύπωσης.....	-30-
Εικόνα 4.3.1 – Οι τρεις κινήσεις του σκάφους.....	-31-
Πηγή : https://mechanicalelements.com/wp-content/uploads/Pitch-Roll-Yaw.png	
Εικόνα 4.3.2 –Υπόδειγμα βολιστικών πορειών για τα Pitch, Yaw Tests.....	-32-
Εικόνα 4.4.1 – Επιλογή πορείας με αντίθετες κατευθύνσεις.....	-34-
Πηγή : C.W. Brennan (2009)	
Εικόνα 4.4.2 – Roll Patch test στο Qimera.....	-35-
Εικόνα 4.4.3 – Wobble Analysis Mode.....	-36-
Εικόνα 4.4.4 – Επιλογή πορείας που διασχίζει επιφάνεια με κλίση.....	-38-
Πηγή : C.W. Brennan (2009)	
Εικόνα 4.4.5 – Pitch Patch test στο Qimera.....	-38-
Εικόνα 4.4.6 – Μετατόπιση βήματος.....	-39-
Πηγή : IHO (2005)	
Εικόνα 4.4.7 – Μετατόπιση κεφαλής.....	-39-
Πηγή : IHO (2005)	
Εικόνα 4.4.8 – Yaw Patch test στο Qimera.....	-40-
Κεφάλαιο 5	
Εικόνα 5.1.1 – Εισαγωγή Raw data στο λογισμικό Qimera.....	-41-
Εικόνα 5.2.1 – Θόρυβος στα άκρα της διατομής.....	-43-
Εικόνα 5.2.2 – Γεωμετρία και ανακλαστική συμπεριφορά MBES.....	-43-
Πηγή : Lurton (2002)	
Εικόνα 5.3.1 – Λανθασμένες αντηχήσεις.....	-44-
Πηγή : IHO (2005)	
Εικόνα 5.3.2 – Διείσδυση φωτός στη στήλη ύδατος.....	-45-
Πηγή : Tom Morris, Fullerton College	
Εικόνα 5.3.3 – Στάδια αφαίρεσης θορύβου.....	-46-
Εικόνα 5.3.4 – Αφαίρεση μικτού θορύβου από μια τυπική διατομή.....	-47-
Εικόνα 5.3.5 – Πλάγιες όψεις τμημάτων του πυθμένα.....	-48-

Εικόνα 5.4.1 – Ανάγλυφο Βυθού.....	-49-
Εικόνα 5.4.2 – Σημεία μεσοωκεάνιας ράχης (1).....	-50-
Εικόνα 5.4.3 – Σημεία μεσοωκεάνιας ράχης (2).....	-51-
Πηγή : <u>(Lurton 2010)</u>	
Εικόνα 5.4.4 – Εντοπισμός πολλαπλών επιφανειών.....	-52-
Εικόνα 5.5.1 – Εντοπισμός υποθαλάσσιων κρατήρων (rockmarks).....	-52-
Εικόνα 5.5.2 – Μορφές υποθαλάσσιων κρατήρων (rockmarks).....	-53-
Πηγή : <u>Hovland (2002), Ho (2018), Gafeira (2018), de Mahiques (2017) Tasianas (2018), Pilcher and Argent (2007).</u>	
Εικόνα 5.5.3 – Στάδια δημιουργίας υποθαλάσσιων κρατήρων (rockmarks).....	-54-
Πηγή : <u>Hakan Sarıtaş, Gunay Cıfci, Louis Geli, Alexis Rochat, (2018)</u>	
Εικόνα 5.5.4 – Πολλαπλά κυκλικά rockmarks.....	-55-
Εικόνα 5.5.5 – Αναδύμενες φυσαλίδες.....	-56-
Πηγή : <u>Melis Cevatoglu Bayrakli, Jonathan M Bull, Mark Vardy Thomas Gernon (2015)</u>	
Εικόνα 5.5.6 – Σταθμοί μέτρησης CH ₄	-58-
Πηγή : <u>Mallory A.Sea, Neus Garcias-Bonet, Vincent Saderne, and Carlos M. Duarte, (2018)</u>	
Εικόνα 5.5.7 – Θόρυβος που οφείλεται σε ανερχόμενη φυσαλίδα αερίου.....	-59-
Εικόνα 5.5.8 – Μαγκρόβια βλάστηση στην ανατολική ακτογραμμή.....	-60-
Πηγή : <u>(https://earthexplorer.usgs.gov/)</u>	

Κεφάλαιο 6

Εικόνα 6.1.1 –Υπολογισμός ισοβαθών καμπυλών.....	-61-
Εικόνα 6.2.1 – Εισαγωγή Survey Route στο AUTOCHART.....	-62-
Εικόνα 6.3.1 – Εισαγωγή χιλιομετρικών σημείων.....	-63-
Εικόνα 6.4.1 – Δημιουργία panels και Matchlines.....	-64-
Εικόνα 6.5.1 – Δημιουργία διαγραμμάτων.....	-65-
Εικόνα 6.5.2 – Δημιουργία καννάβου.....	-66-
Εικόνα 6.6 – Μηκοτομή Αποτύπωσης.....	-67-
Εικόνα 6.6.1 – Επιλεγμένο τμήμα ΨΜΕ.....	-67-

Εικόνα 6.6.2 – Chart 007 Alignment.....	-68-
Εικόνα 6.6.3 – Chart 008 Alignment.....	-69-
Εικόνα 6.6.4 – Chart 007 North-Up.....	-70-
Εικόνα 6.6.5 – Chart 008 North-Up	-71-
Εικόνα 6.6.6 – Τελικό ΨΜΕ.....	-72-

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Παρουσιάζεται ο κατάλογος των πινάκων και των πηγών προέλευσής τους που χρησιμοποιήθηκαν για τη παρούσα διπλωματική εργασία.

Κεφάλαιο 3

Πίνακας 3.2 - Η Ποσοστιαία Κατανομή του Βάθους της Ερυθράς Θάλασσας.....-24-

Πηγή : Morcos (1970)

Κεφάλαιο 4

Πίνακας 4.3 - Προδιαγραφές patch test.....-31-

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Αναγράφονται οι πλήρεις εκφράσεις των συντομογραφιών που χρησιμοποιήθηκαν σε αρκετά σημεία της παρούσας τεχνικής έκθεσης.

-
- | | |
|--|--|
| 1. AOZ -> Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη | 21. KPs -> Kilometer Points |
| 2. IMU -> Inertial Measurement Unit | 22. RPL -> Route Points List |
| 3. INS -> Inertial Navigation System | 23. SSS -> Side Scan Sonars |
| 4. DGPS -> Differential Global Positioning System | |
| 5. GPS -> Global Positioning System | 24. SBP -> Sub Bottom Profilers |
| 6. H/Y -> Ηλεκτρονικός Υπολογιστής | 25. C -> Άνθρακας |
| 7. IHO -> International Hydrographic Organization | |
| 8. WGS'84 -> World Geodetic System 1984 | |
| 9. UTM -> Universal Transverse Mercator | |
| 10. SVP -> Sound Velocity Profile | |
| 11. ΨME -> Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους | |
| 12. DTM -> Digital Terrain Model | |
| 13. GHG's -> Greenhouse Gases | |
| 14. MBES -> Multibeam Echosounder | |
| 15. SBES -> (SingleBeam Echosounder) | |
| 16. CSV -> Comma Separated Values | |
| 17. CH₄ -> Μεθάνιο | |
| 18. CO₂ -> Διοξείδιο του άνθρακα | |
| 19. CL -> Χλώριο | |
| 20. BR -> Βρώμιο | |
-

1.1 Γενική Ανασκόπηση

Σε συνοδεία με τη τεχνολογική εξέλιξη, οι αναγκαιότητες και οι σκοποί των υδρογραφικών αποτυπώσεων έχουν σημαντικά αυξηθεί ανά τον κόσμο. Λόγω της μεγάλης ζήτησης για τη διάθεση πόρων από τη μια έως την άλλη άκρη του πλανήτη, οι έρευνες των θαλασσών έχουν εντατικοποιηθεί τόσο σε ιδιωτικό όσο και σε δημόσιο επίπεδο. Η κατασκευή υπερσύγχρονων λιμανιών, η υποθαλάσσια μεταφορά δικτύων επικοινωνίας και η περιβαλλοντική απήχηση των διακυμάνσεων των χαρακτηριστικών του υδάτινου όγκου, αποτελούν στοιχεία τα οποία χρήζουν έντονης μελέτης.

Η υπευθυνότητα με την οποία αντιμετωπίζεται μια υδρογραφική αποτύπωση από το στάδιο της προμελέτης έως και εκείνο της τελικής απόδοσης του ζητούμενου προϊόντος, είναι η αρετή που θα συνδέσει την τεχνολογική ακμή με τις ολοένα και περισσότερο αυξανόμενες απαιτήσεις για δεδομένα και πληροφορίες.

Εντός της παρούσας τεχνικής έκθεσης περιγράφονται τα στάδια που αφορούν τη κατάλληλη προετοιμασία της αποτύπωσης αλλά και τη σωστή διαχείριση των δεδομένων στην εκ των υστέρων επεξεργασία τους. Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στην αναγνώριση της περιοχής μελέτης και των χαρακτηριστικών της, στη περιγραφή της προετοιμασίας του υδρογραφικού σκάφους και του βασικού του εξοπλισμού, στη παρουσίαση του ελέγχου συμβατότητας (patch test) στο πεδίο και εκ των υστέρων στο λογισμικό, αλλά και στην ερμηνεία των διαφορετικών τύπων θορύβου που αντιμετωπίστηκαν κατά τη διαδικασία της εκκαθάρισης των δεδομένων.

Μέσω της ερμηνείας, εξάγονται αρκετά και σημαντικά συμπεράσματα για τα δεδομένα της αποτύπωσης, τη γεωλογική και εδαφολογική κατάσταση του πυθμένα της Ερυθράς Θάλασσας, της σοβαρότητα της γενικότερης διαχείρισης των πληροφοριών κ.α. Τα συμπεράσματα καταγράφονται και εξετάζεται η αξιοπιστία τους με βάση και τη βιβλιογραφία που συνοδεύει τα αναγραφόμενα.

1.2 Στόχος και Σκοπός Εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η υδρογραφική μελέτη μιας περιοχής της Ερυθράς Θάλασσας με στόχο να αποτυπωθεί ο θαλάσσιος πυθμένας και να τοποθετηθούν καλώδια οπτικών ινών. Η αποτύπωση μέσω πολλαπλού ηχοβολιστικού μηχανήματος (Multi Beam Echo Sounder) από το ερευνητικό σκάφος R/V MED SURVEYOR, αποδίδει ένα νέφος βαθυμετρικών δεδομένων το οποίο χρειάζεται να εκκαθαριστεί από το θόρυβο και να διορθωθεί στο σύνολό του. Η διαχείριση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω του επαγγελματικού λογισμικού QIMERA Software. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, ερμηνεύτηκαν διαφορετικά είδη σφαλμάτων και επιχειρήθηκε ο περιορισμός τους μέσω κατάλληλων μεθοδολογιών. Για τη τελική απόδοση του πυθμένα και των επί μέρους βαθών του, αξιοποιήθηκε το λογισμικό AUTOCHART.

Κυριότερο στόχο της εργασίας αποτέλεσε η προσωπική επιθυμία εξοικείωσης με τον κλάδο της υδρογραφίας και η κατανόηση των πτυχών της επιστήμης τόσο σε εργασίες εν πεδίο όσο και στη μετέπειτα επεξεργασία αυτών. Η κατανόηση της σημαντικότητας και της δυναμικής της επιστήμης στη σύγχρονη εποχή αλλά και η γνωριμία με τη πληθώρα των εφαρμογών που έχει, προσέδωσαν επιπλέον κίνητρο για μελέτη και πρακτική εξάσκηση.

Αναφέρεται επίσης πως η επιλογή της θεματολογίας έγινε με γνώμονα τα προσωπικά ενδιαφέροντα του μελετητή. Η ενασχόληση με την υδρογραφία, αποτέλεσε μέσο συνδυασμού γνώσεων και μεθοδολογιών ενώ η δοκιμασία των προσωπικών δυνατοτήτων ήταν και αυτή αυτοσκοπός της εργασίας.

1.3 Σημασία Εργασίας

Η σημασία της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι μεγάλη και αγγίζει πολλούς επιστημονικούς τομείς. Στα πιο πρόσφατα χρόνια, μέσω της ανόδου της τεχνολογίας, οι επιστήμονες έχουν κατορθώσει να βρουν λύσεις σε δύσκολα προβλήματα τα οποία μέχρι πρότινος στεκόντουσαν εμπόδια στην εργασία τους. Παραδείγματα αυτών αποτελούν ο δορυφορικός εντοπισμός με μεγάλη ακρίβεια, η μελέτη των αντικειμένων εκτός της γήινης ατμόσφαιρας, η αυτοματοποίηση πολλών απαιτητικών τοπογραφικών και μη διεργασιών κ.α..

Ωστόσο, ένα από τα ζητήματα που ακόμα δεν έχει λυθεί σημαντικά είναι η καθολική μελέτη των παγκόσμιων ωκεανών και των χαρακτηριστικών αυτών. Λόγω του ιδιαίτερου μέσου (νερό), η έρευνα σε μεγάλα βάθη είναι εξαιρετικά απαιτητική διαδικασία και για το λόγο αυτό οι γνώσεις για το υποθαλάσσιο περιβάλλον είναι

σχετικά ελλιπείς. Η υδρογραφία λοιπόν αποτελεί επιστήμη που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον αλλά επιφυλάσσει και μεγάλες προκλήσεις για τον υδρογράφο μηχανικό.

Δεδομένου ότι το παγκόσμιο κλίμα επηρεάζεται άμεσα από τη κατάσταση του υδάτινου περιβάλλοντος, η σημαντικότητα για εφεύρεση τεχνολογιών και μέσω των αποτύπωσης που θα δίνουν την ευκαιρία πλήρους αναγνώρισης των χαρακτηριστικών του πυθμένα, ακόμα και σε πολύ μεγάλα βάθη, είναι πολύ μεγάλη. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να προστατεύονται τα υδάτινα οικοσυστήματα και να διευκολύνεται η διαδικασία διάθεσης πόρων για όλες τις χώρες του κόσμου.

Θεωρείται λοιπόν πως μέσω της θεματολογίας της εργασίας, της αντιμετώπισης των πρακτικών και θεωρητικών δυσκολιών, της κατάθεσης προτάσεων και του τρόπου διαχείρισης-ανάλυσης των δεδομένων, αποδεικνύεται η σημασία της επιστήμης και η ανάγκη για την ακόμα μεγαλύτερη εξέλιξή της.

1.4 Διάρθρωση Εργασίας

Η διάταξη της διπλωματικής εργασίας ακολουθεί μια λογική σειρά επεξήγησης του θεωρητικού υποβάθρου και των μεθοδολογιών που χρησιμοποιούνται στο πρακτικό κομμάτι αυτής.

Ειδικότερα, στο δεύτερο κεφάλαιο παρατίθεται το απαραίτητο θεωρητικό υπόβαθρο σχετικά με ορισμένες αρχές και μεθοδολογίες των υδρογραφικών αποτυπώσεων. Σημειώνεται πως σε κάθε κεφάλαιο αναγράφονται θεωρητικοί κανόνες που πρέπει να ακολουθούνται για τη σωστή χρήση των επί μέρους μεθόδων.

Στο τρίτο και στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης (ωκεανογραφικά, ατμοσφαιρικά, γεωλογικά κα.) και της αποτύπωσης (σκάφος αποτύπωσης, εξοπλισμός, πορεία αποτύπωσης, προετοιμασία αποτύπωσης κα.). Η αναγνώριση όλων των σχετικών στοιχείων είναι μια διαδικασία πλήρως απαραίτητη.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο τρόπος διαχείρισης των βαθυμετρικών δεδομένων μέσα από το λογισμικό QIMERA καθώς και σχολιάζεται ο τρόπος ερμηνείας, διαχείρισης και επεξεργασίας όλων των τύπων θορύβου που εντοπίζονται κατά τη διαδικασία της εκκαθάρισης.

Στο έκτο κεφάλαιο αναγράφεται ο τρόπος διαχείρισης των διορθωμένων πλέον δεδομένων στο λογισμικό AUTOCHART και περιγράφονται τα σταδιακά που ακολουθούνται με σκοπό τη τελική χαρτογραφική απόδοση της βαθυμετρίας, της πορείας αποτύπωσης, του μοντέλου εδάφους κα..

Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της έρευνας και διαχωρίζονται σε γενικότερα συμπεράσματα, ειδικότερα συμπεράσματα και συμπεράσματα σχετικά με τα λογισμικά επεξεργασίας.

Στο όγδοο και τελευταίο κεφάλαιο αναγράφεται αναλυτικά η βιβλιογραφία που συνοδεύει την εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΕΩΝ

2.1 Αρχές Υδρογραφικών Αποτυπώσεων

Όπως έχει ήδη φανεί από τα προαναφερόμενα, ο τομέας της υδρογραφίας, όπως άλλωστε και κάθε άλλης επιστήμης, συνοδεύεται από θεωρητικό υπόβαθρο. Το υπόβαθρο αυτό είναι αρκετά σύνθετο καθώς συμπεριλαμβάνει θεωρητικούς κανόνες από πολλούς επιστημονικούς κλάδους (Ωκεανογραφία, Τοπογραφία, Δορυφορικό Εντοπισμό κα.). Υπάρχουν ωστόσο ορισμένες αρχές-αξιώματα τα οποία βασίζονται αποκλειστικά στη συγκεκριμένη επιστήμη και είναι ανεξάρτητες.

Αρχικά με τον όρο υδρογραφική αποτύπωση καλείται κάθε διεργασία, ενέργεια ή μεθοδολογία που γίνεται με σκοπό τη λεπτομερή αναγνώριση των χαρακτηριστικών του πυθμένα υδάτινων όγκων (θάλασσες, λίμνες, ποτάμια κα.), της μορφολογίας του αλλά και τη μελέτη των εγγύτερων παράκτιων περιοχών και του θαλάσσιου περιβάλλοντος (Παλληκάρης, 1988). Αποτέλεσμα των εργασιών αποτελούν τα υδρογραφικά-βαθυμετρικά δεδομένα, διαγράμματα και χάρτες τα οποία διακινούνται σε παγκόσμια κλίμακα.

Όλα τα σχετικά παραδοτέα, χρειάζεται να ακολουθούν ένα προδιαγεγραμμένο μοτίβο ως προς τον τύπο, τη μορφή και την ακρίβειά τους, το οποίο θεσπίζεται από τον Διεθνή Υδρογραφικό Οργανισμό (ΙΗΟ). Η πλήρης υιοθέτηση της ναυτιλιακής νομοθεσίας σε κάθε αποτύπωση είναι απαραίτητο στοιχείο ώστε να διασφαλίζεται η ασφάλεια στη ναυσιπλοΐα και να αποτρέπονται οι κίνδυνοι. Εξάλλου είναι δεδομένο πως κάθε ενέργεια που γίνεται πρέπει να προστατεύει το δημόσιο αγαθό αλλά και τα φυσικά περιβάλλοντα.

Ο υδρογραφικός εξοπλισμός μιας υδρογραφικής αποτύπωσης όπως είναι τα σκάφη, τα ηχοβολιστικά μηχανήματα, οι δέκτες GNSS κλπ, είναι ιδιαίτερα ακριβός οπότε η διαχείριση του απαιτεί, εκτός των άλλων, υπευθυνότητα, σοβαρότητα αλλά και εμπειρία από τη πλευρά του μηχανικού. Το δεδομένο αυτό σε συνδυασμό και με το απαιτητικό μέσο διάδοσης, στο οποίο δε συγχωρείται λάθος και η δεύτερη ευκαιρία δεν υφίσταται, εφιστά τη προσοχή στους υπεύθυνους των έργων.

Εκτός αυτών, υπάρχουν πρότυπα για όλα τα είδη των αποτυπώσεων τα οποία βασίζονται στη κλίμακα, στις αποστάσεις μεταξύ βολιστικών γραμμών και διαδοχικών στιγμάτων, στις μετρήσεις και αναγωγές των βαθών, στις παλιρροιακές μετρήσεις και ρευματομετρήσεις, στην απαιτούμενη ακρίβεια υπολογισμού στιγμάτων κλπ. (Παλληκάρης, 1988).

2.2 Εξοπλισμός Υδρογραφικών Αποτυπώσεων

Οι υδρογραφικές μελέτες συνοδεύονται από πρωτεύοντα υδρογραφικό εξοπλισμό όπως τα υδρογραφικά-ερευνητικά σκάφη, ρομποτικά μηχανήματα ακόμα και υποβρύχια τα οποία ερευνούν τα χαρακτηριστικά του πυθμένα. Δευτερεύοντα εξοπλιστικά μηχανήματα είναι οι διάφοροι αισθητήρες (INS, IMU, GNSS, MBES) και κάθε άλλο είδος ψηφιακού ή αναλογικού οργάνου που βοηθά στην αποτύπωση, στη πλοήγηση του σκάφους (πχ Συστήματα H/Y) και στην αναγνώριση των στοιχείων του νερού (πχ θερμοσαλινόμετρο) και της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας.

Πολλές φορές και για βάθη μικρότερα των 40 μέτρων, η βαθυμετρία μπορεί να πραγματοποιηθεί εξ αποστάσεως μέσω δορυφορικών εικόνων ή αεροφωτογραφιών. Αυτό διότι οι ακτίνες του ηλιακού φωτός δε μπορούν να φτάσουν εύκολα σε μεγαλύτερα βάθη. Επομένως, σε περιπτώσεις ερευνητικές όπου δεν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια στη τελική απόδοση, δύναται να χρησιμοποιηθούν εικόνες οι οποίες μπορούν επίσης να θεωρηθούν εξοπλισμός.

2.3 Μέθοδοι Βαθυμετρίας

Οποιοδήποτε είδους και αν είναι η αποτύπωση, η μέτρηση του τοπικού βάθους είναι μια συνθήκη που δε μπορεί να παραλειφθεί. Ανάλογα λοιπόν με τη μορφολογία του πυθμένα αλλά και με τη κλίμακα βάθους του, η βαθυμετρία μπορεί να πραγματοποιηθεί με τους εξής τρόπους:

1. Η παλαιότερη μέθοδος υπολογισμού ή καλύτερα εκτίμησης του βάθους είναι η βαθυμετρία με χρήση **βολίδας (σκαντάγιο)**. Λόγω της μη διάθεσης τεχνολογικού εξοπλισμού, οι ερευνητές χρησιμοποιούσαν μια διαιρεμένη-αριθμημένη αλυσίδα μήκους περίπου 22 μέτρων η οποία διέθετε ένα ειδικό βαρίδι στη κατώτερη ακμή της ώστε να βυθίζεται ευκολότερα στην υδάτινη στήλη. Κρατώντας τη πάνω άκρη της, ο υδρογράφος μπορούσε να εκτιμήσει το τοπικό βάθος με αρκετή ανακρίβεια. Όπως είναι λογικό, λόγω του μήκους της αλυσίδας αλλά και της ελαττωματικότητας της μεθόδου, η βυθομέτρηση με σκαντάγιο γινόταν αποκλειστικά σε ρηχές περιοχές, ιδανικά για βάθη μικρότερα των 20 μέτρων. Αυτές οι περιοχές μπορεί να ήταν μικρά λιμάνια, και ρηχά παράκτια τμήματα (Παλληκάρης, 1988).
2. Μαζί με το σκαντάγιο, χρησιμοποιούσαν και ο **βολιστικός κόντος**. Βασιζόμενος σε παρόμοια φιλοσοφία, ο βολιστικός κόντος αποτελούσε μια μεταλλική ή ξύλινη ράβδο μήκους περίπου 4 μέτρων ενώ επίσης διέθετε βαρίδι στο βυθιζόμενο τμήμα του. Λόγω του πολύ μικρότερου μήκους του σε σχέση με τη βολίδα, το όργανο αυτό αξιοποιούταν σε ακόμη πιο ρηχές περιοχές οι οποίες δε ξεπερνούσαν τα 4 μέτρα (Παλληκάρης, 1988).

3. Στη πιο σύγχρονη εποχή, σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν πιο καινοτόμα συστήματα βυθομέτρησης. Ένα από αυτά είναι το **ηχοβολιστικό μηχάνημα μονής δέσμης (SBES)** το οποίο υπολογίζει το βάθος εκπέμποντας και λαμβάνοντας ηχητικά κύματα. Εκτιμώντας το χρονικό διάστημα από τη στιγμή που εξέπεμψε το σήμα μέχρι τη στιγμή που αυτό επέστρεψε πίσω, μπορεί να το μετατρέψει σε απόσταση και συνεπαγόμενα να υπολογίζει το βάθος του πυθμένα κάτω από τη καρίνα του υδρογραφικού σκάφους. Αν και η συγκεκριμένη μέθοδος είναι πολύ πιο αποτελεσματική και ακριβής από τις αρχαιότερες, το SBES εκπέμπει σήμα περιορισμένης ακτίνας, γι αυτό και αποτυπώνει μια πολύ μικρή περιοχή του πυθμένα. Είναι αντιληπτό πως σε μια περιοχή μελέτης μεγάλης έκτασης, η χρήση του αποδεικνύεται χρονοβόρα (πολλαπλές βολιστικές πορείες) αλλά και κοστοβόρα (χρήση εξοπλισμού για μεγάλο χρονικό διάστημα, καύσιμα σκάφους κλπ.).

4. Πλέον οι περισσότερες αποτυπώσεις που έχουν ως αντικείμενο τη διερεύνηση της μορφολογίας του βυθού, πραγματοποιούνται μέσω **ηχοβολιστικών μηχανημάτων πολλαπλής δέσμης (MBES)** των οποίων η αρχή λειτουργίας είναι ακριβώς η ίδια με του SBES. Η κύρια και σημαντικότερη διαφορά είναι πως η ακτίνα εκπομπής ηχητικών κυμάτων από έναν πομποδέκτη MBES είναι πολύ μεγαλύτερη και ευρεία. Έτσι με πολύ λιγότερα περάσματα του σκάφους πάνω από τη περιοχή ενδιαφέροντος, ο προβολέας αποτυπώνει μια πολύ μεγάλη έκταση η οποία πολλές φορές μπορεί να φτάνει μέχρι και 7,5 φορές τη κλίμακα του αντίστοιχου βάθους. Είναι λογικό πως αυτή η μέθοδος είναι η πιο ενδεδειγμένη καθώς εξοικονομεί και χρόνο αλλά και χρήμα.

5. Όπως προαναφέρθηκε στην παράγραφο 2.2, σε αποτυπώσεις που δεν απαιτούν πολύ μεγάλη ακρίβεια και αφορούν περιοχές με βάθη μικρότερα των 40 μέτρων, η βαθυμετρία μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω **δουρυφορικών εικόνων (αλτιμετρία)**. Η μέθοδος βασίζεται κυρίως στον υπολογισμό των βαθών από συνιστώσες του πεδίου βαρύτητας της Γης, όπως είναι οι ανωμαλίες και οι βαθμίδες της βαρύτητας και οι αποκλίσεις της κατακορύφου, μέσω κατάλληλων αλγορίθμων αντιστροφής, οι οποίοι με την σειρά τους χρησιμοποιούν φασματικές τεχνικές και ειδικότερα των μετασχηματισμών Fourier (FFT).

6. Παρόμοια μέθοδο με αυτή της αλτιμετρίας αποτελεί και η **φωτοβαθυμετρία (Lidar)**. Σε αυτή τη περίπτωση για τον υπολογισμό των βαθών, χρησιμοποιείται η φωτογραμμετρία η οποία ωστόσο δίνει αποδεκτά αποτελέσματα για περιοχές με βάθη μικρότερα των 30 μέτρων. Η φωτοβαθυμετρία πραγματοποιείται αποκλειστικά εναέρια με αεροφωτογραφία από εναέρια μέσα (αεροπλάνο, ελικόπτερο κα.).

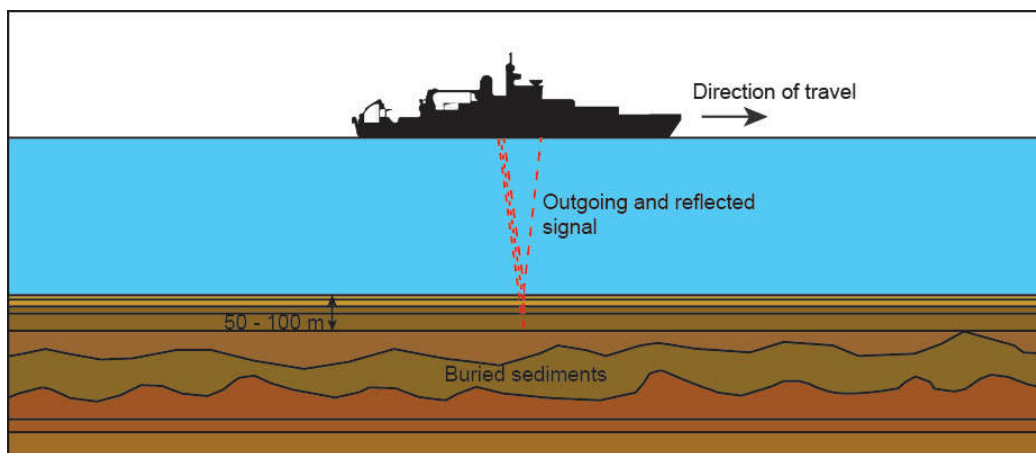
7. Ενδειγμένη μέθοδος για αποτυπώσεις του βυθού αλλά κυρίως για έρευνες εντοπισμού αντικειμένων, ναυαγίων κλπ., αποτελεί η βυθομετρία με **ηχοβολιστικά μηχανήματα πλευρικής σάρωσης (SSS)**. Τα συστήματα πλευρικής σάρωσης δεν τοποθετούνται πάνω στο σκάφος αλλά ρυμουλκούνται από αυτό μέσω ενός ειδικά σχεδιασμένου σχοινιού. Τα (SSS) δείχνουν με λεπτομέρεια τη δομή του πυθμένα.

8. Για αποτυπώσεις των στρωμάτων του υπεδάφους κάτω από τον πυθμένα, χρησιμοποιούνται τα συστήματα **Sub Bottom Profilers (SBP)** τα οποία ανιχνεύουν τη γεωλογική δομή και μπορούν να εντοπίσουν τυχόν παρουσία ορυκτού πλούτου.

Πλέον, όλες σχεδόν οι μέθοδοι βαθυμετρίας, έχουν εξελιχθεί σημαντικά δίνοντας αποτελέσματα και δεδομένα πολύ μεγάλης ακρίβειας ακόμα και στις πιο τυφλές υποθαλάσσιες περιοχές.

Χρησιμοποιούνται σχεδόν όλες ανάλογα με τις αναγκαιότητες και τις προδιαγραφές του κάθε έργου.

Στην εικόνα 2.3.1 αποτυπώνεται πως ένα σύστημα Sub Bottom Profiler μπορεί να ανιχνεύσει τα στοιχεία του υπεδάφους σε βάθη από 50 μέχρι 100 μέτρων. Η συνθήκη αυτή μεταβάλλεται καθώς εξαρτάται και από τη ποιότητα του αντίστοιχου μηχανισμού αλλά και από τη δομή των κατώτερων στρωμάτων.



Εικόνα 2.3.1 – Διεξόδηση δέσμης SBP στο υπεδάφος

Πηγή: NOAA OCEAN EXPLORATION

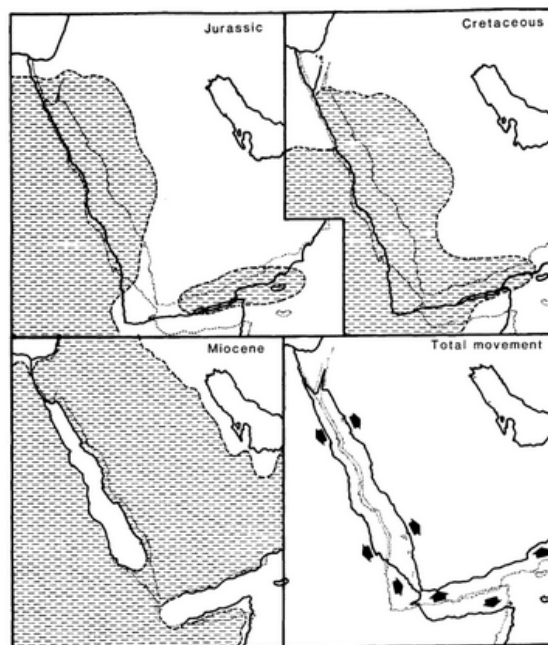
3.1 Αναγνώριση Περιοχής Μελέτης

Πριν από κάθε είδους αποτύπωση, προηγείται η δια ζώσης εξέταση των στοιχείων και των χαρακτηριστικών της περιοχής. Η αυτοψία, μπορεί να δώσει μια πολύ πιο σαφή και κατατοπιστική εικόνα για προβλήματα ή ιδιαίτερες καταστάσεις που τυχόν να απασχολήσουν τον μελετητή μηχανικό.

Πιο συγκεκριμένα, οι υδρογραφικές αποτυπώσεις απαιτούν τη πλήρη αναγνώριση της περιοχής ενδιαφέροντος. Εξάλλου στη προκειμένη περίπτωση, η έρευνα που σχετίζεται με τη συλλογή βαθέων δεδομένων, είναι σχεδόν αδύνατη με τη χρήση εξ' αποστάσεως μεθοδολογιών.

Ειδικότερα, η Ερυθρά Θάλασσα (Red Sea) είναι ένας επιμήκης θαλάσσιος βραχίονας και αποτελεί βόρειο τμήμα του Ινδικού Ωκεανού. Η απόδοση της κεφαλίδας (Red Sea), οφείλεται στην έντονη παρουσία μικρών ζωοπλαγκτόν που αποδίδουν κόκκινο χρώμα στα επιφανειακά νερά της.

Χωροθετείται μεταξύ δύο Ηπείρων, της Αφρικής όπου βρέχει στα Ανατολικά την Αίγυπτο, το Σουδάν, την Ερυθραία, τη Σομαλία και την Αιθιοπία, και της Ασίας όπου βρέχει Σαουδική Αραβία και την Υεμένη στο δυτικό τμήμα τους. Στο βόρειο τμήμα της ενώνεται με τη Μεσόγειο Θάλασσα μέσω της Διώρυγας του Σουέζ, ενώ στο νότιο καταλήγει στον Ινδικό Ωκεανό μέσω του στενού του Μπαμπ ελ Μαντέμ και του κόλπου του Άντεν. Αναφέρεται πως η θάλασσα δημιουργήθηκε από την αποκόλληση των δύο Ηπείρων (Swartz and Arden, 1960).



Εικόνα 3.1.1 – Η Δημιουργία της Ερυθράς Θάλασσας / Πηγή: Swartz and Arden (1960)

Η ακτογραμμή της Ερυθράς Θάλασσας απαριθμεί περίπου 1.932 km μήκους, 355 km μέγιστου πλάτους (280 km μέσου πλάτους) ενώ περικλείει μια έκταση σχεδόν 450.000 km² (Alasdair & Head, 1970).

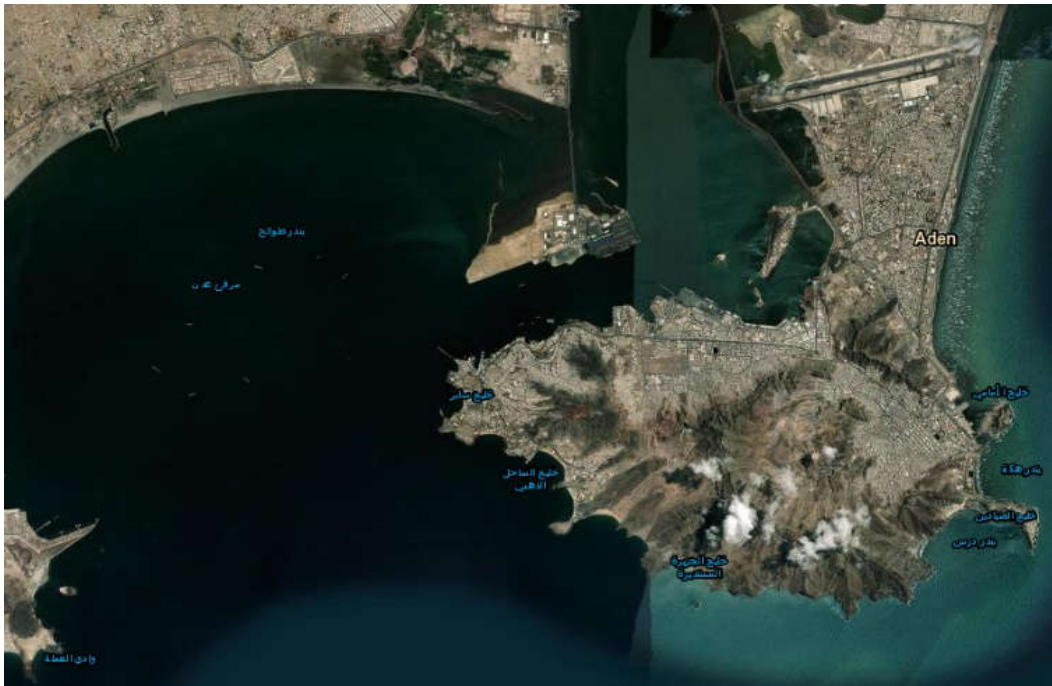


Εικόνα 3.1.2 – Η Ερυθρά Θάλασσα

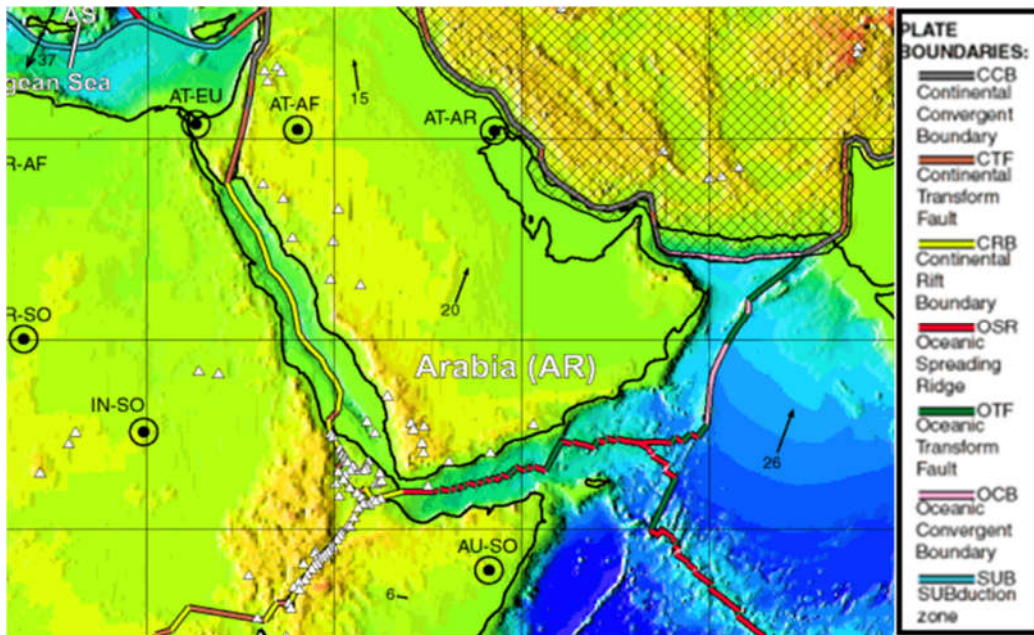
Πηγή: <https://earthexplorer.usgs.gov/>



Εικόνα 3.1.3 – Η Διώρυγα του Σουέζ / Πηγή: <https://earthexplorer.usgs.gov/>



Εικόνα 3.1.4 – Ο Κόλπος του Άντεν / Πηγή: <https://earthexplorer.usgs.gov/>



Εικόνα 3.1.5 – Η μεσοωκεάνια ράχη της Ερυθράς Θάλασσας ως τεκτονικό όριο

Πηγή : Bird (2003)

3.2 Χαρακτηριστικά Περιοχής Μελέτης

Τα επιπρόσθετα χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν τους μηχανικούς της αποτύπωσης, σχετίζονται με τις κλιματολογικές συνθήκες, τα στοιχεία του ύδατος και τη γεωλογία του θαλάσσιου πυθμένα.

Στην εγγύτερη περιοχή, οι ατμοσφαιρικές θερμοκρασίες είναι αρκετά υψηλές, ειδικά κατά τους θερινούς μήνες. Η μέση τιμή τους κυμαίνεται στους 40 βαθμούς Κελσίου, ενώ και όλο τον υπόλοιπο χρόνο δεν παρατηρείται σημαντική πτώση. Η Ερυθρά Θάλασσα προσβάλλεται στο νότιο τμήμα της από τους ετήσιους μουσώνες και στο βόρειο από Μεσογειακούς ανέμους, ενώ εντοπίζονται και αρκετά μεγάλες περίοδοι ξηρασίας. Το φαινόμενο αυτό, επιφέρει σημαντικό ποσοστό εξάτμισης του θαλασσινού νερού.

Αναφορικά με το θαλασσινό νερό, η Ερυθρά Θάλασσα, αποτελεί την αλμυρότερη κλειστή θάλασσα καθώς η εξάτμιση, οι περιορισμένες βροχοπτώσεις και οι λίγες εκβολές ποταμών με γλυκό νερό, έχουν αυξήσει το ποσοστό της αλατότητας σε 40‰, σχεδόν 4-5% περισσότερο από τον μέσο όρο των παγκόσμιων ωκεανών.

Η θερμοκρασία του θαλασσινού νερού της, κυμαίνεται από ελάχιστη τιμή (24,4 °C), σε μια μέση τιμή (27,6 °C) και σε μια μέγιστη τιμή (31,8 °C). Όπως γίνεται αντιληπτό, τα νερά είναι αρκετά θερμά.

Οι ακτές της Ερυθράς είναι επίπεδες και αμμώδεις, ενώ ακολουθεί η ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα με απότομες κλίσεις. Η ακτογραμμή της σε πάρα πολλά σημεία χαρακτηρίζεται από την παρουσία κορραλιογενών υφάλων ή και ακτολίθων (beachrocks).

Το μέγιστο βάθος της Ερυθράς Θάλασσας φτάνει τα 2850 m αλλά σχεδόν το 1/4 της έκτασής της είναι πιο ρηχό από 50m (Alasdair & Head, 1970).

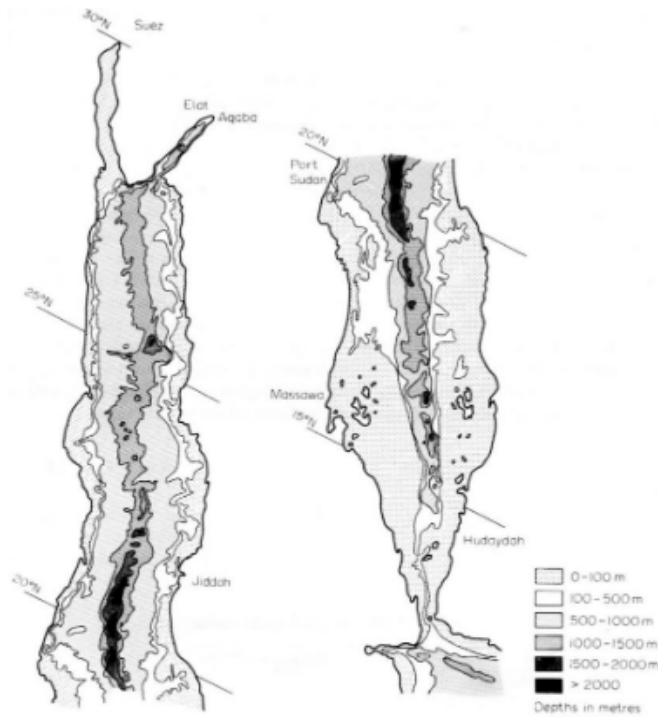
Σημειώνεται επίσης πως η περιοχή μελέτης υπάγεται στην ΑΟΖ της Σαουδικής Αραβίας.

Η ποσοστιαία κατανομή της έκτασης ανάλογα με το εύρος του βάθους, αποτυπώνεται στον πίνακα 3.2.

Depth range	Area as proportion of total
0– 50m	23.86%
50– 100m	17.27%
100– 500m	15.71%
500–1000m	29.06%
1000–1500m	11.64%
1500–2000m	2.04%
2000m	0.42%

Πίνακας 3.2 – Η Ποσοστιαία Κατανομή του Βάθους της Ερυθράς Θάλασσας

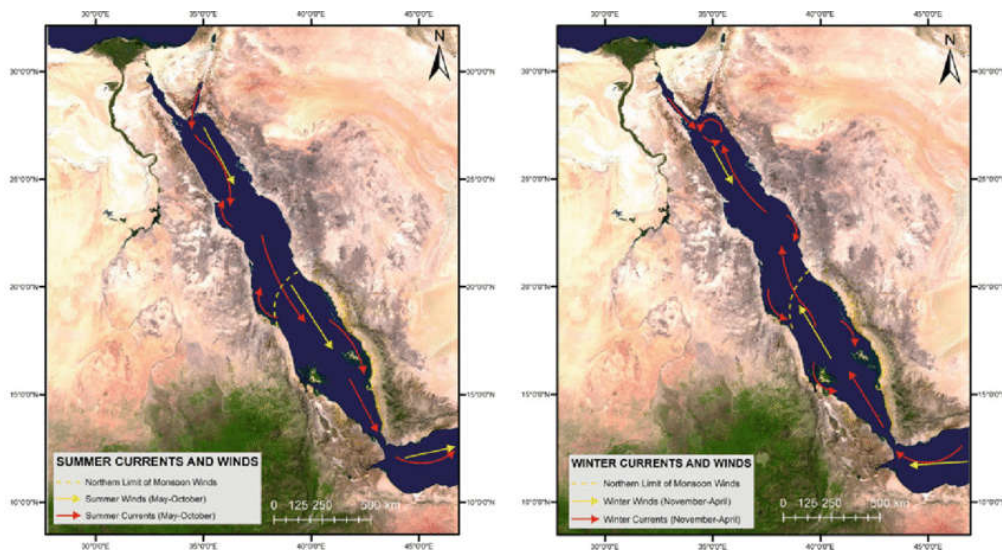
Πηγή: Morcos (1970)



Εικόνα 3.2.1 – Βαθυμετρικός χάρτης της Ερυθράς Θάλασσας

Πηγή : [Morcos \(1970\)](#)

Στην εικόνα 3.2.2 αποτυπώνονται οι κατευθύνσεις των Μεσογειακών ανέμων καθώς και των θαλάσσιων ρευμάτων που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση του τοπικού κλίματος.

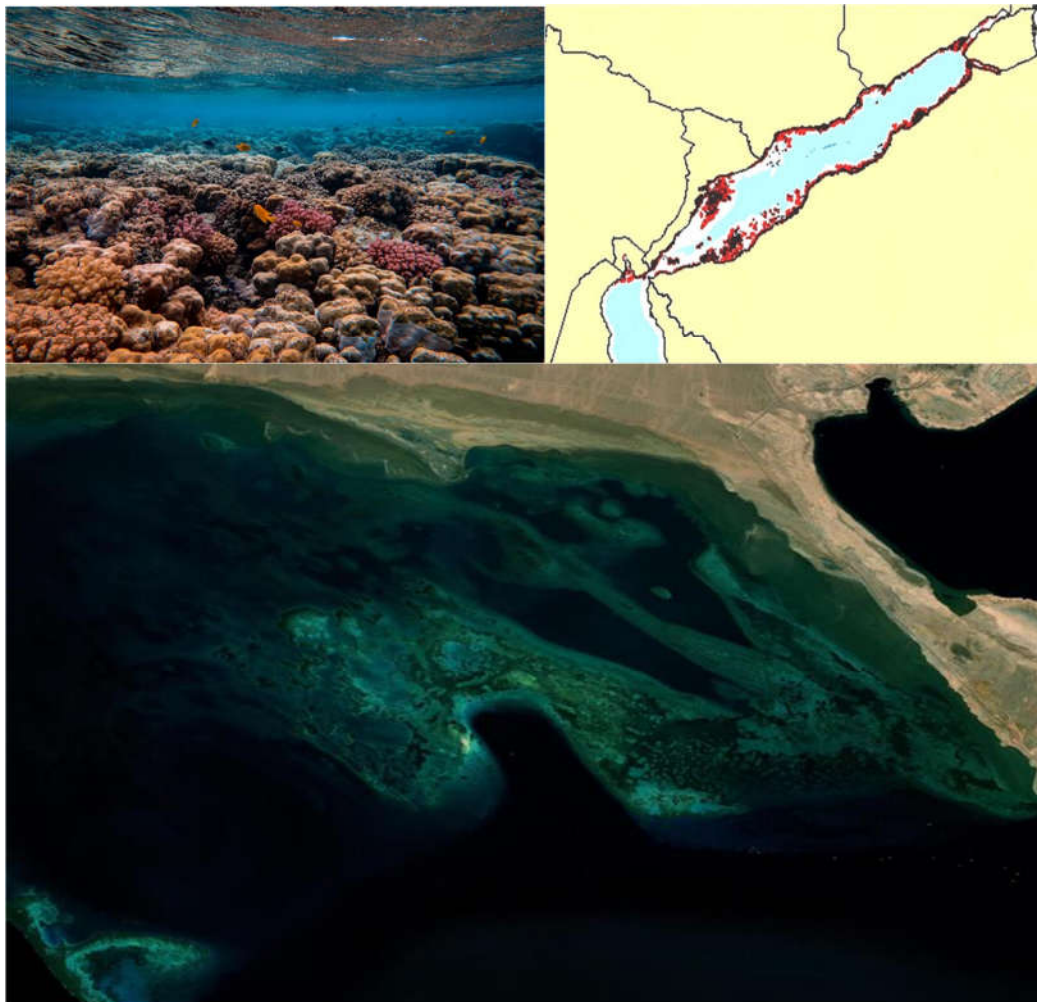


Εικόνα 3.2.2 – Κατευθύνσεις Ανέμων & Θαλάσσιων Ρευμάτων

Πηγή : [AM Kotarba-Morley](#)

Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι της Ερυθράς θάλασσας, συνθέτουν ένα πλούσιο υποθαλάσσιο περιβάλλον και προσδίδουν επιπρόσθετο ενδιαφέρον στη περιοχή μελέτης λόγω της έντονης παρουσίας θρεπτικών συστατικών και της υποθαλάσσιας χλωροπανίδας. Κοραλλιογενείς ύφαλοι καλούνται οι στερεές, πορώδεις και ανθεκτικές στη δράση των κυμάτων αποφύσεις οι οποίες έχουν προέλθει από τη μακροχρόνια συσσωμάτωση και στερεοποίηση σκελετικών υπολειμμάτων Κοραλλιών αλλά και Μαλακίων (Θεοδώρου, 2017).

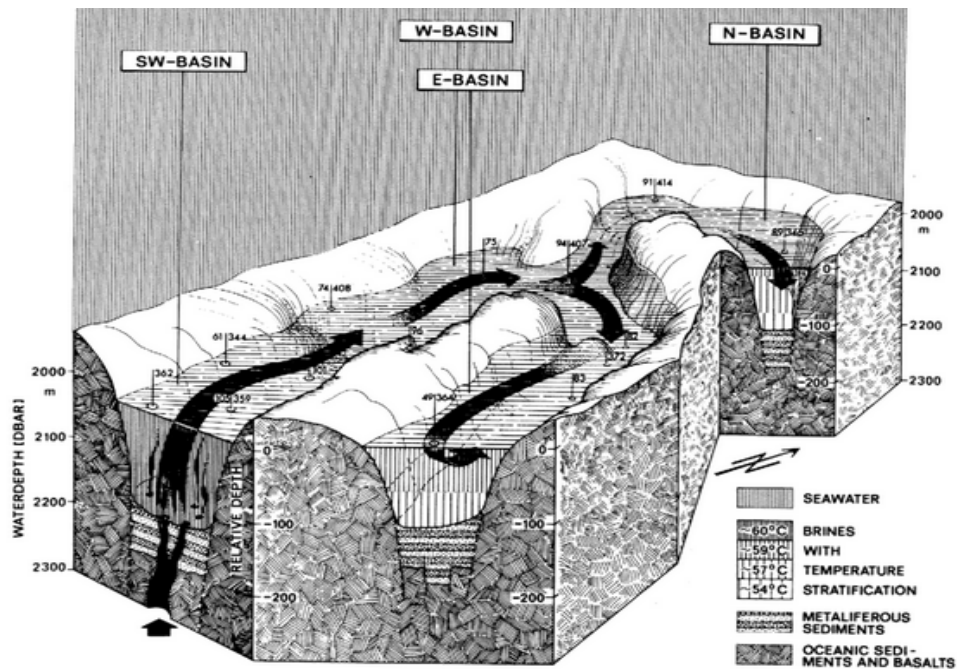
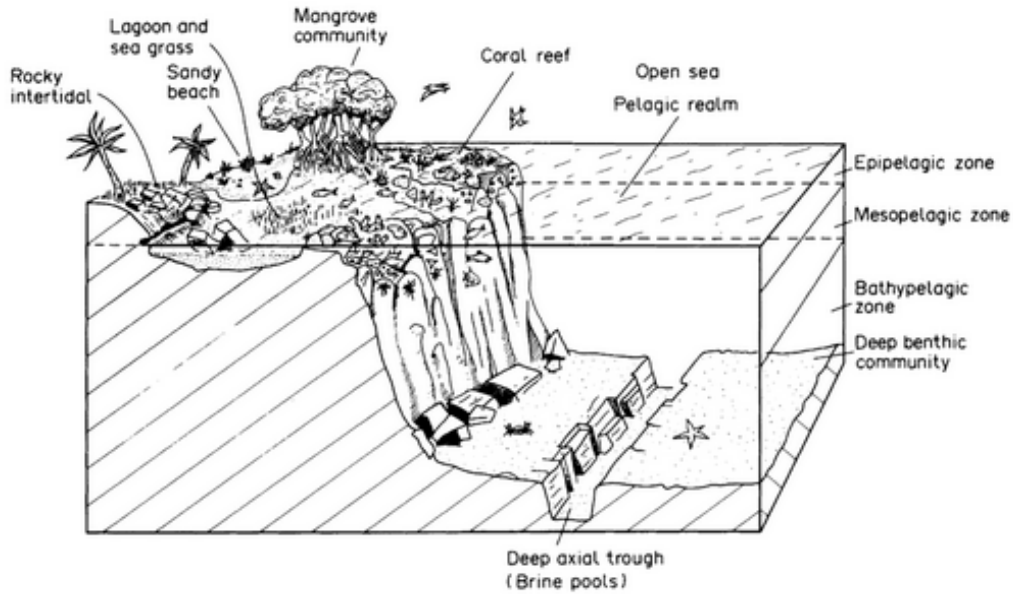
Οι καλλιέργειες των κοραλλιών, παρατηρούνται σχεδόν στο σύνολο των ακτών της θάλασσας αλλά η συγκέντρωσή τους παρουσιάζει εντονότερη αύξηση στο νοτιότερο τμήμα της. Το φαινόμενο αυτό αποτέλεσε αντικείμενο μελέτης κατά την έναρξη προετοιμασίας της αποτύπωσης, αν και δεν επηρέασε με κάποιο τρόπο, λόγω του ότι η έκταση ενδιαφέροντος ήταν σε βαθιά νερά όπου η παρουσία των υφάλων ήταν σχεδόν μηδαμινή.



Εικόνα 3.2.3 – Κοραλλιογενείς Ύφαλοι

Πηγή : <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Γεωλογικά, ο πυθμένας της Ερυθράς θάλασσας αποτελείται από μεταλλοφόρα αποθέματα στα ανώτερα στρώματά του, ενώ σε μεγαλύτερα βάθη εντοπίζονται ωκεάνια αποθέματα μαζί με τη παρουσία Βασαλτικών πετρωμάτων τα οποία δημιουργούνται από την ψύξη της λάβας που εκρίνεται από τα βαθύτερα στρώματα της γης.



Εικόνα 3.2.4 – Τυπική Διατομή Θαλάσσιου Πυθμένα & Υδάτινης Στήλης

Πηγή : Schoell (1975)

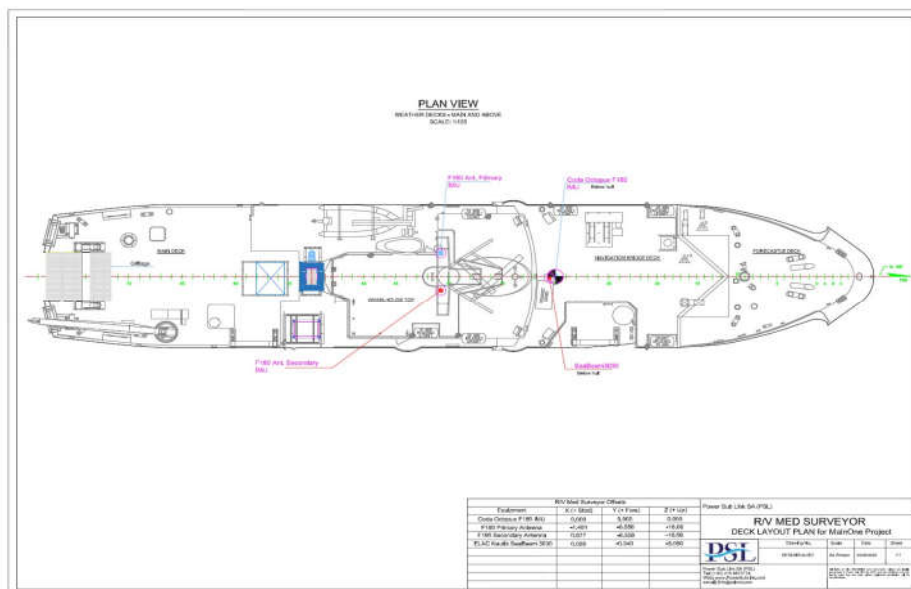
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

4.1 Σκάφος και Πορεία Αποτύπωσης

Για τη πραγματοποίηση της βαθυμετρίας χρησιμοποιήθηκε το ερευνητικό σκάφος (R/V Med Surveyor). Η εγκατάσταση του εξοπλισμού αποτύπωσης, προγραμματίστηκε με βάση το σχέδιο κάτοψης του σκάφους, όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 4.1.2.



Εικόνα 4.1.1 – Ερευνητικό σκάφος R/V MED SURVEYOR



Εικόνα 4.1.2 – Πλάνο εγκατάστασης εξοπλισμού αποτύπωσης

Η πορεία της αποτύπωσης εντυπώνεται με μπλε διακεκομμένη γραμμή στη παρακάτω εικόνα. Όπως φαίνεται, το ερευνητικό σκάφος αποτύπωσε μια αρκετά μεγάλη έκταση ανατολικά και παράλληλα στην μεσοωκεάνια ράχη καθώς και διασταυρώθηκε με αυτή με σκοπό τη κατανόηση του υποθαλάσσιου αναγλύφου.



Εικόνα 4.1.3 – Πορεία ερευνητικού σκάφους



Εικόνα 4.1.4 – Πορεία αποτύπωσης

4.2 Βασικός Εξοπλισμός Αποτύπωσης

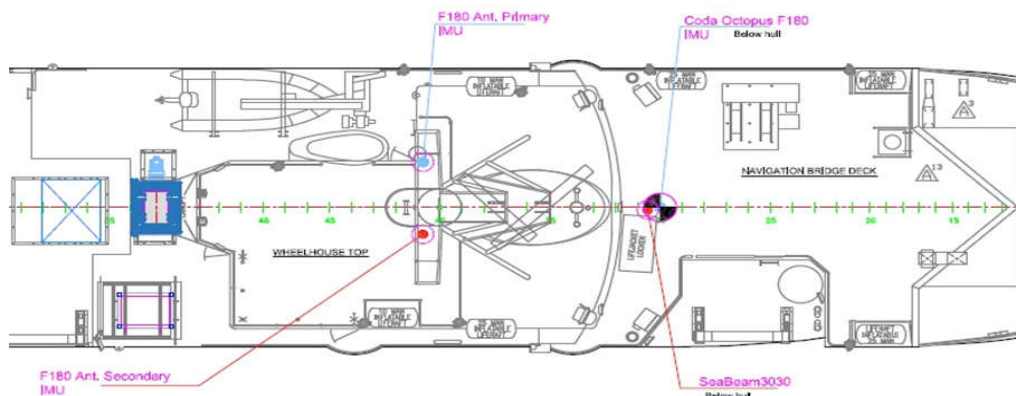
Όπως εντυπώνεται και στο πλάνο εγκατάστασης εξοπλισμού, το σκάφος εφοδιάστηκε με έναν αδρανειακό αισθητήρα κίνησης (Coda Octopus F180 IMU) στον οποίο ενσωματώνονται επιταχυνσιόμετρα και γυροσκόπια με σκοπό να προσδιορίζεται αυτόνομα η θέση, η ταχύτητα και ο προσανατολισμός του σώματος. Ο αισθητήρας τοποθετήθηκε κάτω από τη τρόπιδα στο μέσο τμήμα του σκάφους (Midship).

Το αδρανειακό σύστημα πλοήγησης, συνδυάστηκε με δορυφορικό σύστημα εντοπισμού στίγματος και ειδικότερα με τη μέθοδο του διαφορικού εντοπισμού DGPS. Για τη λειτουργία της μεθόδου, χρησιμοποιήθηκαν δύο δέκτες DGPS ώστε να εκτιμάται το στίγμα μέσω παρατηρήσεων ψευδοαποστάσεων και αποστολή διορθώσεων από μόνιμους σταθμούς. Η τεχνική του σχετικού κινηματικού προσδιορισμού σε πραγματικό χρόνο είναι η πιο ενδεδειγμένη για εφαρμογές πλοήγησης καθώς μπορεί να αποδώσει ακρίβεια από 0,5 έως 3 μέτρα. Η συνθήκη αυτή έχει περιθώρια ακόμη μεγαλύτερης βελτίωσης σε εκ των υστέρων επεξεργασία post processing (Φωτίου κ.α., 2012).

Ο βασικότερος εξοπλισμός της αποτύπωσης ήταν το ηχοβολιστικό μηχάνημα πολλαπλής δέσμης (ELAC Nautik SeaBeam 3030) το οποίο επίσης τοποθετήθηκε κάτω από τη τρόπιδα και στο μέσο τμήμα του σκάφους ώστε να επηρεάζεται όσο το δυνατόν λιγότερο από τους κυματισμούς και τις επιτόπιες κινήσεις των προπελών.

Ο υπολογισμός του στίγματος μέσω του GPS, η εκτίμηση των στοιχείων της κίνησης του πλωτού μέσω του INS και η εκπομπή ηχητικών παλμών από το ηχοβολιστικό μηχάνημα σε κάθε σημείο, είναι μετρήσεις που απαιτείται να ταυτιστούν με μεγάλη ακρίβεια ώστε να αποδοθεί το σωστό βάθος στη σωστή θέση.

Εξοπλισμός όπως τα λογισμικά (και οι άδειες χρήσεις τους), οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, οι μετασχηματιστές και οι εφεδρικές μπαταρίες (UPS), τα καλώδια γείωσης, το θερμοσαλινόμετρο κ.α., ελέγχθηκε και βαθμονομήθηκε (όπου αυτό απαιτείται σύμφωνα με τις οδηγίες του IHO – πιστοποιητικά ελέγχου / βαθμονόμησης) πριν την έναρξη της υδρογραφικής αποστολής.



Εικόνα 4.2.1 – Βασικός εξοπλισμός αποτύπωσης

4.3 Προετοιμασία Αποτύπωσης – Patch Test

Το σημαντικότερο στάδιο που έπεται της εγκατάστασης του εξοπλισμού επάνω στο υδρογραφικό σκάφος, για κάθε υδρογραφική αποτύπωση, αποτελεί η διαδικασία ελέγχου σταθερότητας και βαθμονόμησης όλων των αισθητήρων του.

Η διαδικασία αυτή κατά την οποία προσδιορίζονται οι γωνίες απόκλισης των μετρήσεων και στις τρεις κινήσεις του σκάφους (yaw, pitch, roll) και επιχειρείται ο κατάλληλος συγχρονισμός (calibration) των παρατηρήσεων όλων των αισθητήρων της πλατφόρμας (μορφοτροπέας, αδρανειακός αισθητήρας κίνησης και δέκτης GPS), ονομάζεται patch test και είναι αναγκαία ώστε οι βυθομετρήσεις να οδηγήσουν σε ακριβή και αποδεκτά αποτελέσματα (IHO, 2005).

Δίχως τη διαμέτρηση, είναι πολύ πιθανό η μέτρηση ενός σημείου του βυθού (πχ ύφαλος) να απέχει χρονικά από τη παρατήρηση του στίγματος του σκάφους τη στιγμή εκείνη, επομένως το συγκεκριμένο σημείο μπορεί να εντυπωθεί σε λανθάνουσα θέση και όχι στη πραγματική του. Το παράδειγμα αυτό μαρτυρά την αναγκαιότητα του patch test.



Εικόνα 4.3.1 – Οι τρεις κινήσεις του σκάφους

Πηγή : <https://mechanicalelements.com/wp-content/uploads/Pitch-Roll-Yaw.png>

Για τη διεξαγωγή του patch test ορίζονται συγκεκριμένα πρότυπα ελέγχου για όλα τα είδη των κινήσεων του σκάφους σε όλους τους άξονες του τρισδιάστατου χώρου (XYZ). Οι προδιαγραφές επιλογής βολιστικών γραμμών για κάθε κίνηση, παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα.

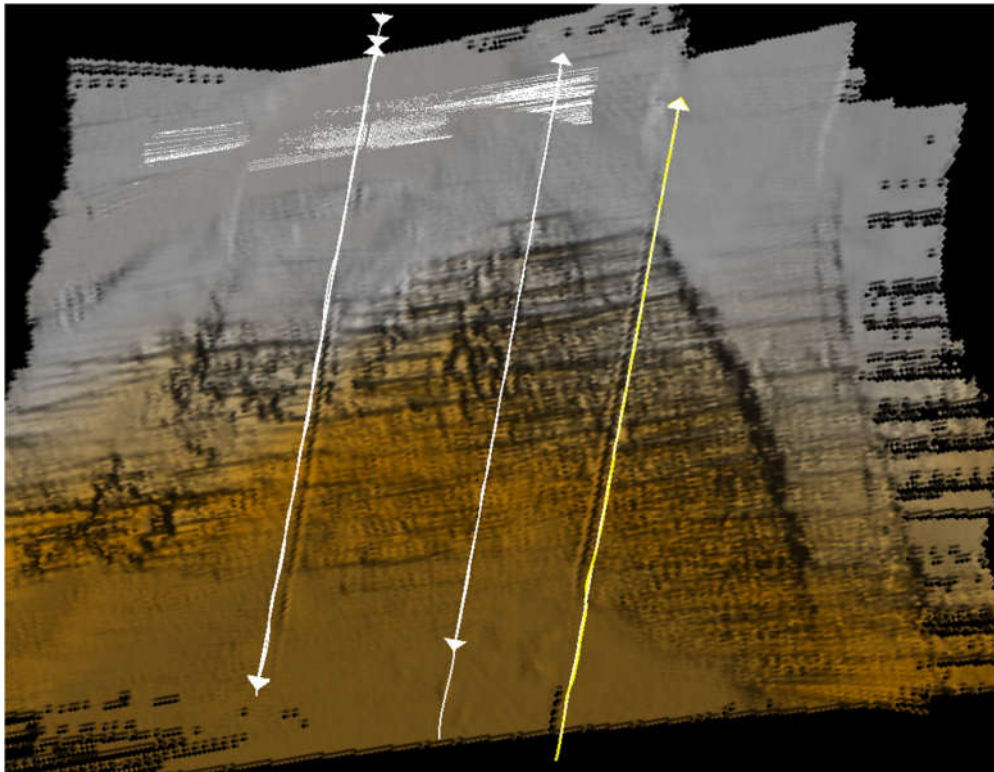
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ		
Roll	Pitch	Yaw
Πάνω από επίπεδη επιφάνεια Ίδια γραμμή σε αντίθετες κατευθύνσεις Κανονική ταχύτητα αποτύπωσης	Κάθετη σε πλαγιά Ίδια γραμμή σε αντίθετες κατευθύνσεις Κανονική ταχύτητα αποτύπωσης	Κάθετη σε πλαγιά Δύο παράλληλες γραμμές σε ίδια κατεύθυνση Κανονική ταχύτητα αποτύπωσης

Πίνακας 4.3 – Προδιαγραφές patch test

Σε αρκετές περιπτώσεις, το patch test πραγματοποιείται εκτός της περιοχής αποτύπωσης όταν αυτή δε πληροί τις προδιαγραφές που απαιτούνται (πχ ύπαρξη επίπεδης επιφάνειας σε όλη της την έκταση). Η συνθήκη αυτή δεν αποτελεί πρόβλημα καθώς τα δεδομένα που συλλέγονται για το patch test δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν στη τελική βαθμμετρία.

Στη συγκεκριμένη μελέτη εντοπίστηκαν βολιστικές γραμμές εντός της περιοχής αποτύπωσης οι οποίες ήταν κατάλληλες για τη διαδικασία βαθμονόμησης (calibration) και για το λόγο αυτό κρίθηκε χρήσιμο να αξιοποιηθούν. Σημειώνεται πως για την εκτύπωση των σημείων μέτρησης του ηχοβολιστικού σε πραγματικό χρόνο, χρησιμοποιήθηκε H/Y και εξειδικευμένο λογισμικό εντός του σκάφους αποτύπωσης. Η δημιουργία της τρισδιάστατης επιφάνειας του πυθμένα μέσα από το λογισμικό, δίνει τη δυνατότητα της πλήρους κατανόησης της μορφολογίας του και έτσι βοηθά στη λήψη αποφάσεων από τους υπεύθυνους μελετητές.

Για παράδειγμα, στην εικόνα 4.3.2, διαφαίνονται γραμμές αποτύπωσης που είναι ιδανικές για το Pitch και το Yaw test καθώς διασχίζουν επιφάνεια με κλίση (πλαγιά). Τα ίδια δεδομένα δε δίνουν ορθά αποτελέσματα στο Roll test όπου απαιτείται βαθμονόμηση σε επίπεδη επιφάνεια εδάφους. Όπως φανερώνεται, μια τέτοια διαπίστωση δε θα ήταν εφικτό να γίνει δίχως τη τρισδιάστατη εικόνα του βυθού.



Εικόνα 4.3.2 –Υπόδειγμα βολιστικών πορειών για τα Pitch, Yaw Tests

Εφόσον εντοπιστούν οι καταλληλότερες γραμμές, απαιτείται η εκκαθάριση του θορύβου των βαθυμετρικών δεδομένων μορφής point cloud για κάθε μια. Οι πρωτογενείς και ακατέργαστες πληροφορίες μπορεί να εμπεριέχουν μια πληθώρα σφαλμάτων διαφορετικών πηγών προέλευσης τα οποία επιφέρουν θόρυβο στις μετρήσεις και δημιουργούν εικονικά σημεία στο βυθό.

Οι κρίσιμες καταστάσεις που πρέπει να διορθωθούν, συνοψίζονται ως εξής (Οικονόμου, 2020):

1. Εσφαλμένα ή μη αποτυπωμένα σημεία λόγω της υποθαλάσσιας βλάστησης ή λόγω της διέλευσης του σήματος (ήχου) μέσα από θαλάσσια ρεύματα.
2. Αποτύπωση λανθασμένων σημείων λόγω του θερμοκλινούς (ανάκλαση του ήχου).
3. Λήψη σημείων που δεν αντιστοιχούν στο πραγματικό βάθος της περιοχής αποτύπωσης, εξαιτίας παρεμβολής του σήματος από την θαλάσσια πανίδα (ψάρια, θαλάσσια κύτη κλπ.).
4. Αποτύπωση σημείων που αντιστοιχούν σε φυσαλίδες οι οποίες υποδηλώνουν την ύπαρξη κοιτασμάτων ορυκτών καυσίμων στον πυθμένα της θάλασσας.
5. Δημιουργία εικονικού βυθού από πιθανή ανάκλαση του ηχητικού κύματος σε πλαγιές υποθαλάσσιων λοφίσκων.
6. Δημιουργία πλασματικής επιφάνειας σε ενδεχόμενο εγκλεισμού του ηχητικού κύματος εντός υποθαλάσσιου κρατήρα κλπ.

Στην επόμενη παράγραφο θα παρουσιαστεί η διαδικασία βαθμονόμησης μέσα από το περιβάλλον του λογισμικού Qimera, όπου η επεξεργασία των σχετικών δεδομένων συμβαίνει σε μεταγενέστερο χρόνο.

4.4 Επεξεργασία Δεδομένων Patch Test στο λογισμικό Qimera

Στη περίπτωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας η επεξεργασία (processing) των υδρογραφικών δεδομένων και ειδικότερα εκείνων του Patch test, πραγματοποιείται μέσω του λογισμικού Qimera το οποίο παρέχεται στο μελετητή μετά από σχετική άδεια της επιβλέπουσας εταιρείας.

Αφού συλλέχθηκαν (acquisition) και διατέθηκαν τα απαραίτητα βαθυμετρικά δεδομένα, ενσωματώθηκαν στο περιβάλλον του Qimera με σύστημα αναφοράς το παγκόσμιο γεωδαιτικό (WGS'84) και τύπο προβολής τη τοπική Μερκατορική (UTM 37N) της Ερυθράς Θάλασσας. Το μέγεθος κελιού (pixel size) που αποφασίστηκε για το ΨΜΕ που δημιουργήθηκε είναι (30*30μm) καθώς όσο μεγαλύτερο βάθος παρουσιάζει η περιοχή μελέτης τόσο μικρότερη διακριτική ικανότητα απαιτεί (Παλληκάρης, 1988).

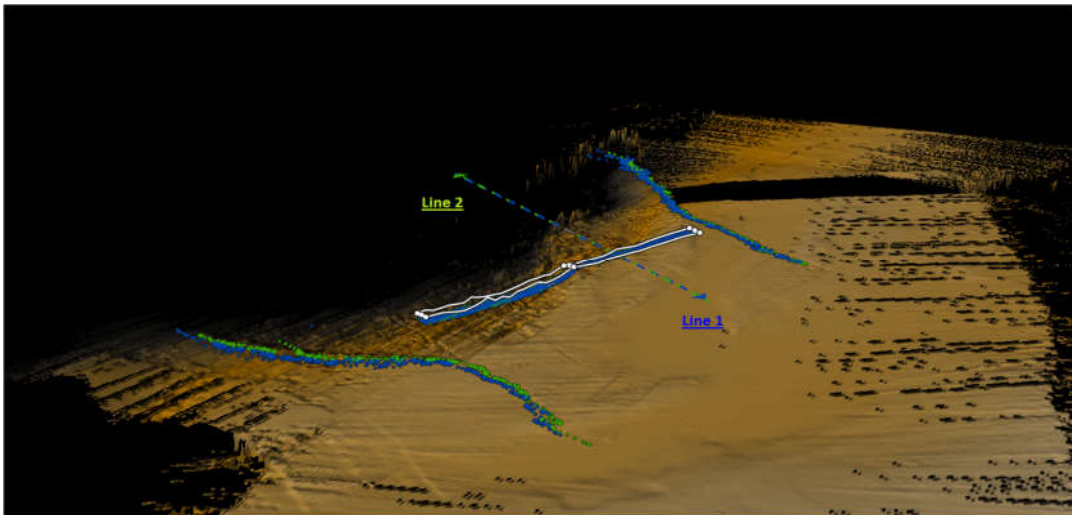
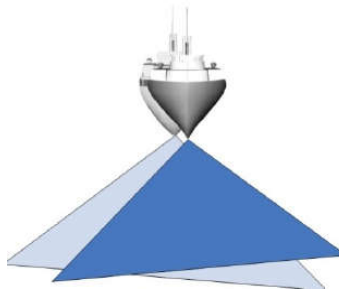
Επιπροσθέτως συλλέχθηκε (ανά τακτά χρονικά διαστήματα) και το προφίλ ταχύτητας ήχου (Sound Velocity Profile – SVP) της περιοχής ώστε να γνωστοποιηθεί η διακύμανση της ταχύτητάς του σε τοπικό επίπεδο, καθώς είναι απαραίτητο να είναι γνωστή κατά τη διάρκεια της συλλογής των βαθυμετρικών δεδομένων και να εισαχθεί στο λογισμικό συλλογής των βαθυμετρικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Τα σχετικά με τη διαδικασία του Patch test δεδομένα, διαχωρίστηκαν και καθαρίστηκαν σε κάθε διατομή των βολιστικών γραμμών. Κατόπιν εξέτασης των προδιαγραφών τους, αποφασίστηκε ο ιδανικότερος συνδυασμός για κάθε τύπο κίνησης του σκάφους (roll, pitch, yaw) με βάση τη παράγραφο 4.3 και τον πίνακα 4.3.

Η διαδικασία αφαίρεσης του θορύβου από τα δεδομένα θα αναλυθεί με μεγαλύτερη λεπτομέρεια στο αντίστοιχο κεφάλαιο.

Roll Patch Test

Ο έλεγχος διαμέτρησης ξεκινά με το Roll Test όπου επιλέγεται μια γραμμή πορείας επάνω από επίπεδη επιφάνεια. Το Roll Test απαιτεί την ίδια γραμμή σε αντίθετες κατευθύνσεις καθώς το σκάφος κινείται πλευρικά κατά τον οριζόντιο άξονα των X.



Εικόνα 4.4.1 – Επιλογή πορείας με αντίθετες κατευθύνσεις

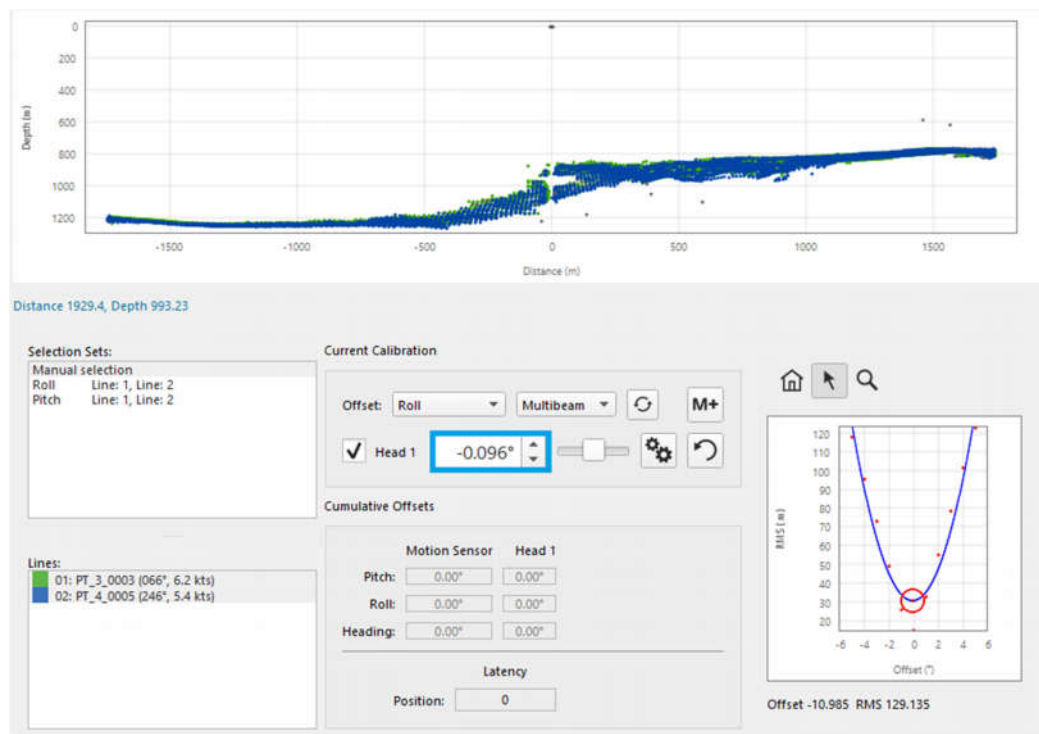
Πηγή 1 : C.W. Brennan (2009)

Ειδικότερα, στο λογισμικό Qimera, εφόσον γίνει η επιλογή της γραμμής με αντίθετες κατευθύνσεις μέσω του μενού (Tools – Patch Test Tools) και δηλωθούν ο τύπος του ηχοβολιστικού (Multibeam) και της κίνησης (Roll), ο έλεγχος πραγματοποιείται σχεδόν αυτοματοποιημένα.

Τα επιτρεπτά όρια σφάλματος της βαθμονόμησης (βάσει του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού – ΔΥΟ) είναι από 0° έως $+1,5^{\circ}$, επομένως η τελική τιμή της συνόρθωσης δε πρέπει να ξεπεράσει αυτά τα καθορισμένα όρια..

Όπως αποτυπώνεται στη συνέχεια, το αποτέλεσμα του Roll test είναι εντός της αποδεκτής κλίμακας και αποδίδει μια τιμή ίση με -0.096° . Το γεγονός αυτό μαρτυρά πως η γωνία απόκλισης είναι πολύ μικρή άρα ο συγχρονισμός στις μετρήσεις είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικός με βάση και το βάθος του πυθμένα που ανέρχεται περίπου στα 800 μέτρα..

Το τελικό αποτέλεσμα ενσωματώνεται σε ένα αρχείο που ονομάζεται Patch Test Report και εισάγεται στις παραμέτρους του ερευνητικού σκάφους (vessel) μέσω του λογισμικού.



Εικόνα 4.4.2 – Roll Patch test στο Qimera

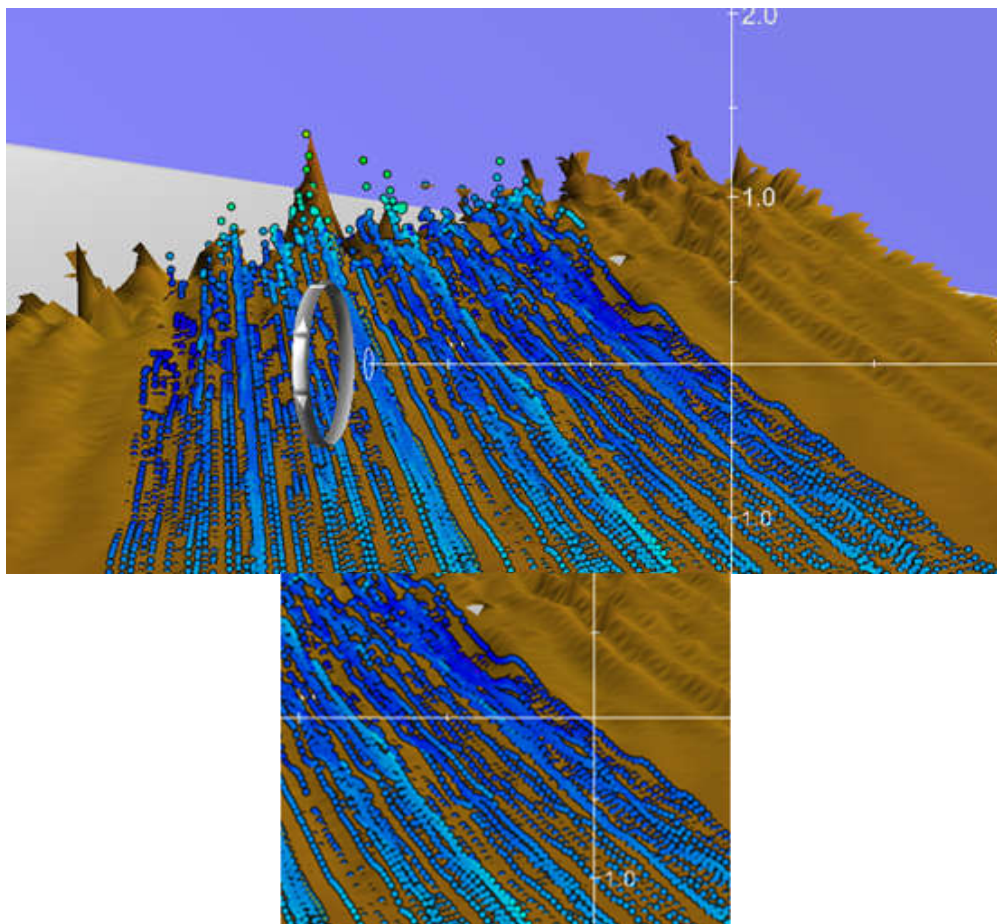
Με απώτερο σκοπό τη βελτίωση της παραπάνω τιμής, επιχειρήθηκε η επεξεργασία των σχετικών δεδομένων μέσω ενός ειδικά σχεδιασμένου εργαλείου του προγράμματος που ονομάζεται Wobble Analysis Mode.

Στις υδρογραφικές μελέτες και ειδικότερα σε περιοχές όπου η θάλασσα δεν είναι απόλυτα ήρεμη λόγω κυματισμού (τραχύτητα), οι μικροκυματισμοί μπορεί να επιδράσουν αρνητικά στη διαδικασία βαθμονόμησης. Όπως παρατίθεται στην εικόνα 4.4.3, η τρισδιάστατη επιφάνεια παρουσιάζει το πυθμένα με μια κυματοειδή μορφή, κάτι που είναι πολύ πιθανό να οφείλεται στις μικροκινήσεις του σκάφους ακριβώς λόγω του κυματισμού που αναφέρθηκε προηγούμενα.

Κατόπιν ανάλυσης παρατηρήθηκε πως η περαιτέρω διόρθωση των συγκεκριμένων μικροσφαλμάτων ήταν αδύνατη και γι αυτό το λόγο η τιμή του roll test δε μεταβλήθηκε.

Για τις ανάγκες εγκατάστασης οπτικών ινών και με βάση την ανάλυση του χρησιμοποιούμενου ψηφιακού μοντέλου εδάφους, παρατηρήθηκε πως αυτή η κυματοειδής μορφή του βυθού δεν επηρεάζει σε κάποιο βαθμό την εξέλιξη της μελέτης.

Φυσικά, το φαινόμενο αυτό που παρατηρείται δεν ερμηνεύεται καθολικά ως σφάλμα καθώς αρκετές φορές ο βυθός έχει στη πραγματικότητα μια κυματοειδή μορφή όπως θα αποδειχθεί σε επόμενο κεφάλαιο. Η διαφορά των δύο αυτών καταστάσεων θα πρέπει να αναγνωρίζεται ώστε να μην αλλοιωθεί η πραγματική κατάσταση / ορθή αποτύπωση του βυθού.

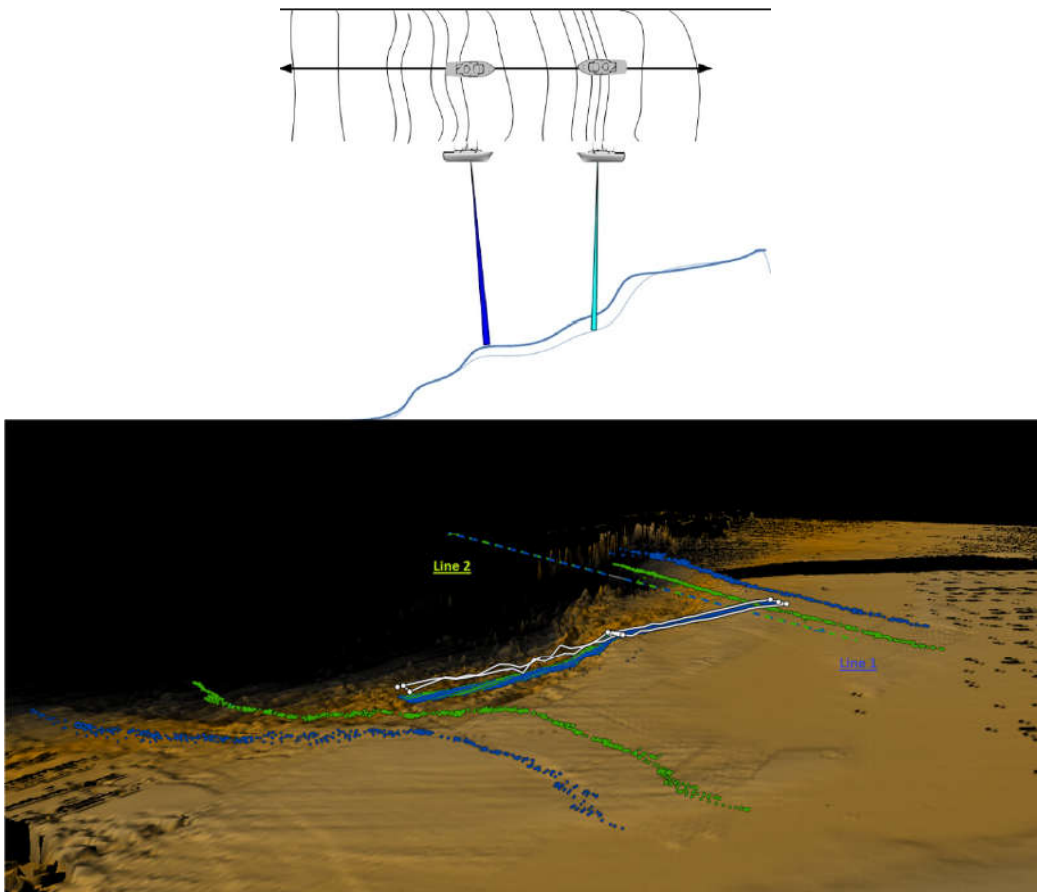


Εικόνα 4.4.3 – Wobble Analysis Mode

Pitch Patch Test

Για τον έλεγχο βαθμονόμησης της επιτόπιας κίνησης του σκάφους, δηλαδή κατά τον άξονα των Z, απαιτείται η επιλογή μιας γραμμής που να διασχίζει μια πλαγιά σε δύο διαφορετικές κατευθύνσεις.

Λόγω του είδους της κίνησης η ανάλυση δε μπορεί να πραγματοποιηθεί πάνω από επίπεδη επιφάνεια, όπως συνέβη με τη κίνηση κατά τον άξονα των X. Ομοίως, η επιλογή γραμμής για το pitch test, βασίστηκε στις προδιαγραφές της παραγράφου 4.3 και του πίνακα 4.3.

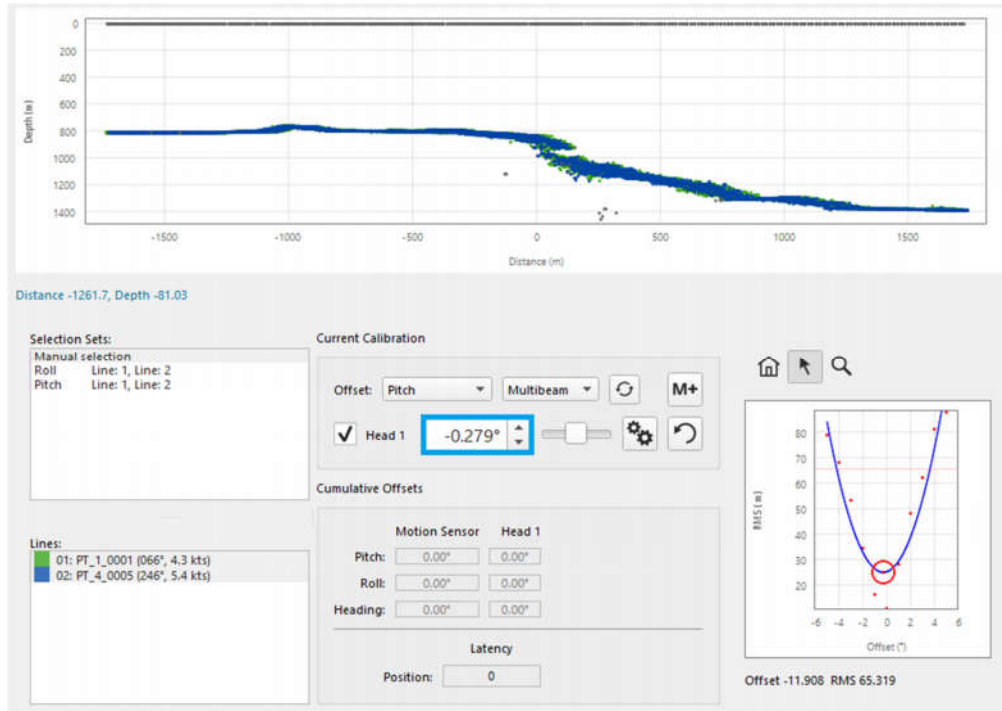


Εικόνα 4.4.4– Επιλογή πορείας που διασχίζει επιφάνεια με κλίση

Πηγή 1 : C.W. Brennan (2009)

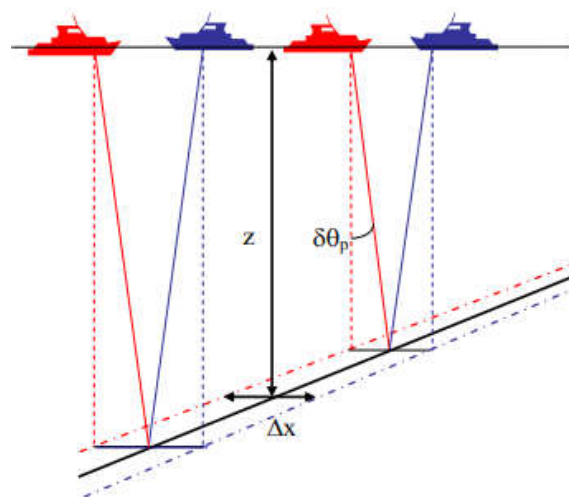
Ακολουθώντας ακριβώς όμοια διαδικασία με εκείνη του roll patch test, προέκυψε μια επίσης καλή τιμή, ίση με -0.279° .

Με τον έλεγχο του Wobble Analysis παρατηρήθηκε και σε αυτή τη περίπτωση ότι τα μικροσφάλματα δεν ήταν εφικτό να εξαλειφθούν άρα δεν άλλαξε και η τελική τιμή του pitch test.



Εικόνα 4.4.5 – Pitch Patch test στο Qimera

Παρατηρώντας τη διατομή της πορείας στη παραπάνω εικόνα, επαληθεύεται η ορθή επιλογή των γραμμών μοντέλου καθώς παρουσιάζεται η απότομη διαφορά στο βάθος αρχής και πέρατος. Η απόκλιση των περίπου 600 μέτρων μαρτυρά πως η συγκεκριμένες πορείες διασχίζουν επιφάνεια με έντονη και απότομη κλίση. Η συνθήκη αυτή σε συνδυασμό με τη τιμή του αποτελέσματος δείχνει πως η απόκλιση στη γωνία των αισθητήρων INS και του Multibeam είναι εντός των αποδεκτών ορίων.



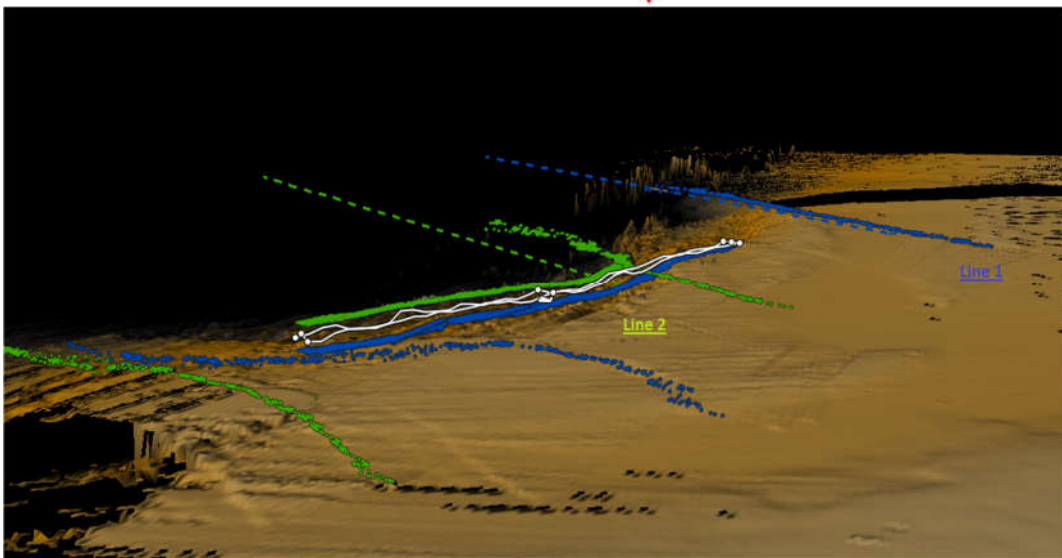
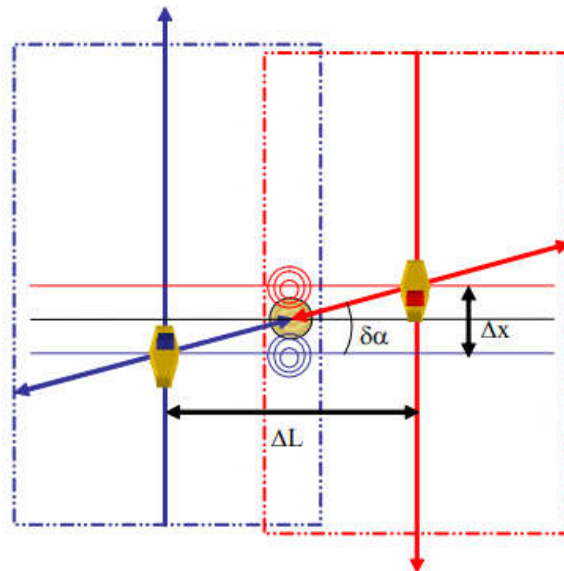
Εικόνα 4.4.6 – Μετατόπιση βήματος

Πηγή: IHO (2005)

Yaw Patch Test

Με τον όρο yaw ή heading καλείται μια σύνθετη κίνηση του σκάφους η οποία παρομοιάζεται πολύ με την έννοια του drifting δηλαδή τη τάση πλάγιας μετατόπισης (συρσίματος) στο οριζόντιο επίπεδο. Αυτό το είδος κίνησης συμβαίνει σε μη σταθερές επιφάνειες όπως είναι ο αέρας και το νερό, γι αυτό και τα πλωτά μέσα επηρεάζονται σημαντικά.

Σε γενικότερο πλαίσιο, η κίνηση yaw είναι μια σύνθετη μετατόπιση συνήθως σε δύο άξονες (XY), οπότε και η ακριβής πρόβλεψη των επί μέρους αποκλίσεων της είναι δυσμενής.

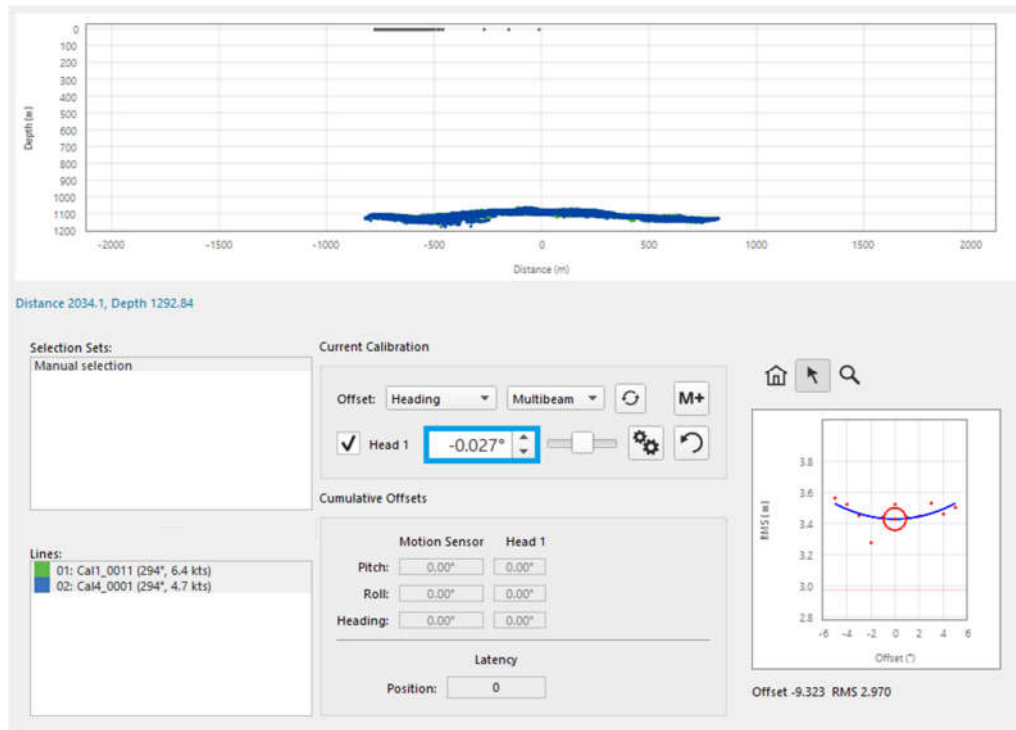


Εικόνα 4.4.7 – Μετατόπιση κεφαλής

Πηγή: IHO (2005)

Κατά τη διαδικασία της βαθμονόμησης κεφαλής, επιλέγονται δύο παράλληλες πορείες ίδιας κατεύθυνσης οι οποίες διασχίζουν επιφάνεια με κλίση. Στη παραπάνω εικόνα διαφαίνεται η γεωμετρία τους.

Επαναλαμβάνοντας την ίδια διαδικασία μέσω του λογισμικού, το αποτέλεσμα της βαθμονόμησης συνοδεύει μια τιμή ίση με -0.027° . Με δεδομένα τα όρια απόκλισης γωνίας κατά το patch test, το αποτέλεσμα αυτό είναι αποδεκτό και ιδιαίτερα ακριβές για τους σκοπούς της συγκεκριμένης εφαρμογής.



Εικόνα 4.4.8 – Yaw Patch test στο Qimera

Καταληκτικό στάδιο πριν την ολοκλήρωση του ελέγχου βαθμονόμησης αποτελεί η επανάληψη του roll test. Η διαδικασία αυτή είναι καθοριστικής σημασίας ώστε να επιβεβαιωθεί η ορθότητα και η ακρίβειά της ανάλυσης.

Πιο συγκεκριμένα, η τελική τιμή του roll test που εξήχθη ήταν η ίδια με την αρχική (-0.096°), γεγονός που προσδίδει αξιοπιστία στον έλεγχο.

Το Patch Test Report που ενσωματώνει όλα τα αποτελέσματα, εισάγεται μαζικά στις παραμέτρους του Vessel και πλέον ο εξοπλισμός του σκάφους είναι πλήρως βαθμονομημένος για βυθομετρική αποτύπωση (χαρτογράφηση).

Όσον αφορά το λογισμικό Qimera, η διεξαγωγή του patch test ήταν και η τελευταία διαδικασία προετοιμασίας του project που δημιουργήθηκε. Στο συγκεκριμένο περιβάλλον δηλώθηκαν όλες οι παράμετροι που αναφέρθηκαν σε προηγούμενες παραγράφους (σύστημα αναφοράς, τύπος προβολής, SVP, Vessel Parameters κλπ) και μπορούσε πλέον να ξεκινήσει η διαδικασία επεξεργασίας των βυθομετρικών δεδομένων.

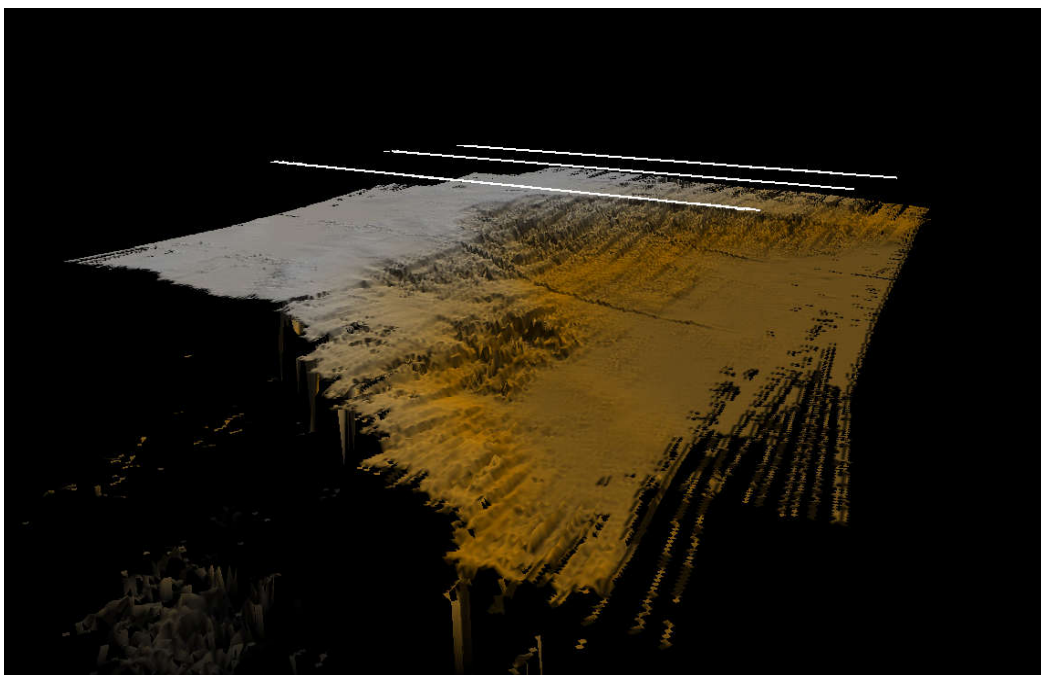
5.1 Εισαγωγή Βαθυμετρικών Δεδομένων στο λογισμικό Qimera

Τα βαθυμετρικά δεδομένα χαρακτηρίζονται ως δεδομένα μορφής point cloud. Με άλλα λόγια κάθε σημείο που μετράται περιγράφεται με τρεις διαστάσεις (XYZ) και έτσι δημιουργείται ένα νέφος σημείων το οποίο αντικατοπτρίζει την τελική τρισδιάστατη επιφάνεια του πυθμένα.

Στο λογισμικό Qimera κάθε βολιστική πορεία περιλαμβάνει μια πληθώρα διατομών οι οποίες με τη σειρά τους απαρτίζονται από πολλά σημεία τα οποία περιγράφουν το βυθό κάτω από τη καρίνα του υδρογραφικού πλοίου. Όλα τα ακατέργαστα-αρχικά δεδομένα, φορτώνονται στο λογισμικό ως Raw Data και δημιουργούν ένα ΨΜΕ κατά μήκος της πορείας αποτύπωσης. Όπως είναι εύκολα αντιληπτό, τα ακατέργαστα δεδομένα εμπεριέχουν σφάλματα με τη μορφή θορύβου τα οποία πρέπει να περιοριστούν όσο το δυνατόν περισσότερο.

Με σκοπό την αποφυγή της υπερφόρτωσης του λογισμικού, η επεξεργασία που θα αναλυθεί σε επόμενη παράγραφο, ακολουθείται σταδιακά, φορτώνοντας κάθε φορά μέχρι δύο βολιστικές πορείες ταυτόχρονα.

Για τη σωστή εισαγωγή των δεδομένων απαιτείται η δήλωση του γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς τους αλλά και του τύπου της επιθυμητής προβολής.



Εικόνα 5.1.1 – Εισαγωγή Raw data στο λογισμικό Qimera

Στο υπόδειγμα της εικόνας 5.1.1 παρατηρείται η μορφή που έχουν τα αρχικά δεδομένα όταν εισαχθούν στο λογισμικό. Οι λευκές γραμμές στη κορυφή είναι οι πορείες αποτύπωσης (βολιστικές πορείες) ενώ κάτω και γύρω από την 3D επιφάνεια εντοπίζονται διάσπαρτα σημεία απότομου βάθους ή ανύψωσης τα οποία αποτελούν θόρυβο και επιτάσσεται να αφαιρεθούν.

Στη συνέχεια θα αποδειχθεί πως σε κάποιες περιπτώσεις ο θόρυβος χρειάζεται στην εξαγωγή σημαντικών συμπερασμάτων σχετικά με τις συνθήκες που επικρατούν κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας αλλά και του πυθμένα. Για το λόγο αυτό πρέπει τα σημεία να φιλτράρονται και να εξετάζονται κατά περίπτωση πριν θεωρηθούν ασήμαντα και διαγραφούν από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους.

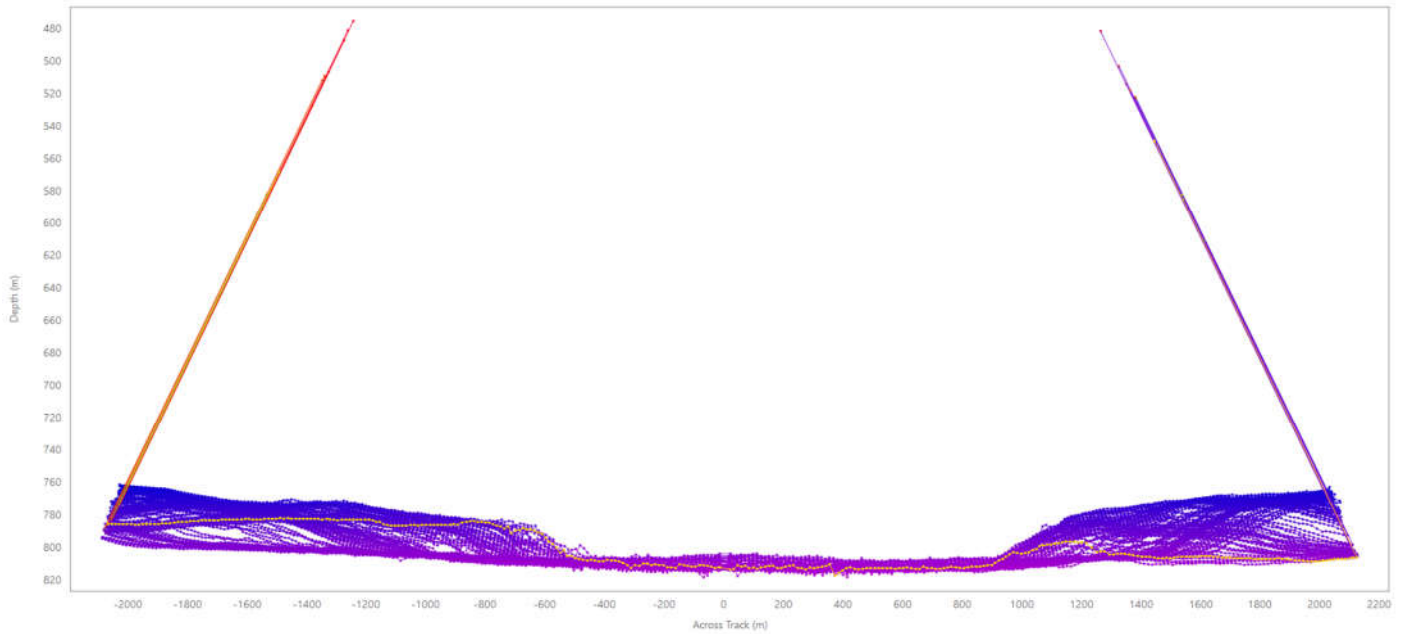
5.2 Εκκαθάριση και ερμηνεία θορύβου λόγω απόστασης και γωνίας

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, η ύπαρξη θορύβου στα δεδομένα μπορεί να ερμηνευτεί με πολλούς τρόπους. Πέραν αυτού, κάθε είδους σφάλμα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και να διορθώνεται κατάλληλα κατά περίπτωση από τον μελετητή.

Κατά την επεξεργασία των δεδομένων παρατηρήθηκε πως η μεγαλύτερη συγκέντρωση σφαλμάτων (θόρυβος) βρισκόταν στα άκρα της κάθε διατομής της αποτύπωσης. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται κυρίως στο τρόπο ανάκλασης του ήχου καθώς όσο μεγαλύτερη απόσταση διανύει το ηχητικό κύμα μέσα στο νερό, τόσο πιο πολύ επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά του μέσου. Όπως φαίνεται στην εικόνα 5.2.2, η λωρίδα βυθού που αποτυπώνει ο πολυδεσμικός ηχοβολιστής, μπορεί να φτάσει σε μήκος ακόμα και 7,5 φορές της κλίμακας του βάθους. Καθίσταται λοιπόν σαφές πως το ανακλώμενο σήμα που λαμβάνει ο μορφοτροπέας από τα άκρα αυτής της πολύ μακριάς λωρίδας μπορεί να εμπεριέχει αρκετό θόρυβο που παραπέμπει σε αλλοιωμένα δεδομένα λόγω οπισθοσκέδασης (Lurton, 2002).

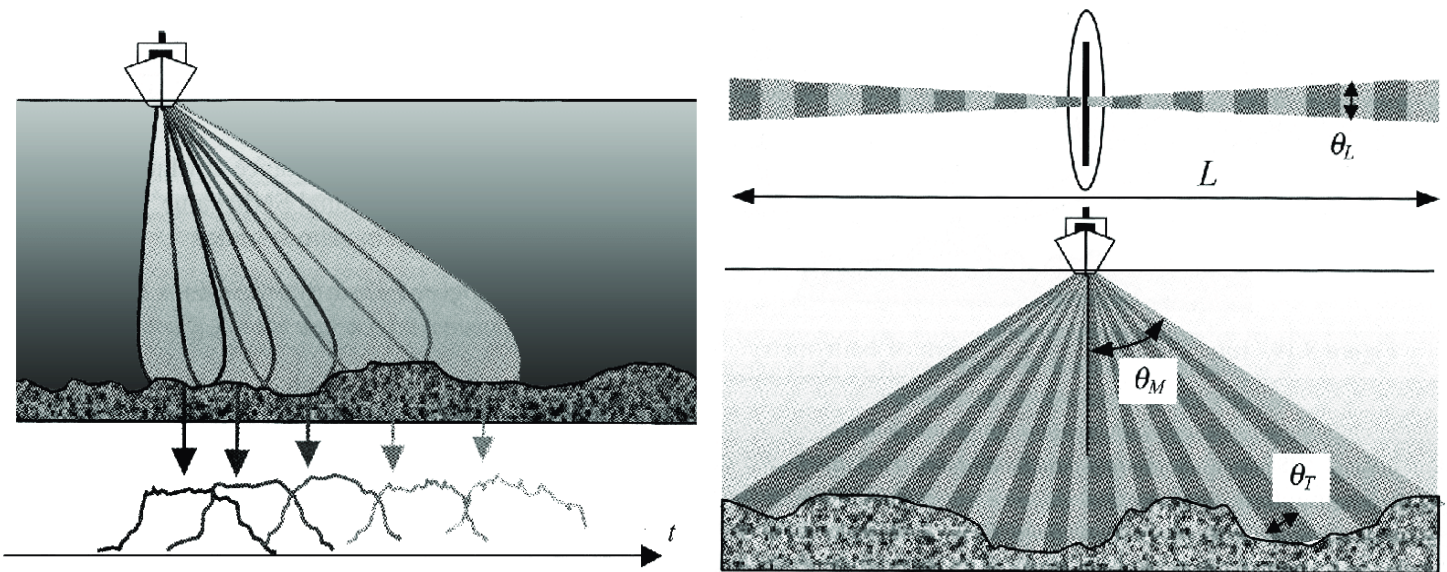
Για την αντιμετώπιση του ζητήματος αυτού, εφαρμόστηκε μια μάσκα αποκοπής 3^ο στα πιο ακριανά δεδομένα τα οποία εμπεριείχαν και τα μεγαλύτερα σφάλματα. Έτσι η έρευνα επικεντρώθηκε στις πιο καθαρές πληροφορίες, τουλάχιστον όσων αφορά τον τρόπο ανάκλασης λόγω απόστασης και γωνίας. Αυτά τα δεδομένα βρίσκονται πλησιέστερα στο μορφοτροπέα οπότε οι ιδιότητες του μέσου διάδοσης, επηρεάζουν σε μικρότερο βαθμό τις μετρήσεις.

Ένα εμφανές παράδειγμα των όσων εξηγήθηκαν, αποτυπώνεται στη συνέχεια. Στο κέντρο της διατομής τα δεδομένα είναι πιο πυκνά και με λιγότερα σφάλματα. Στα πλάγια αυτό αλλάζει σταδιακά με αποτέλεσμα να παρατηρείται θόρυβος στα άκρα ο οποίος αφαιρείται. Σημειώνεται πως η διαδικασία αυτή ακολουθήθηκε για κάθε λωρίδα αποτύπωσης και για όλες τις διατομές.



Εικόνα 5.2.1 – Θόρυβος στα άκρα της διατομής

Για την αντιμετώπιση του ζητήματος αυτού, εφαρμόστηκε μια μάσκα αποκοπής 3° στα πιο ακριανά δεδομένα τα οποία εμπεριείχαν και τα μεγαλύτερα σφάλματα. Έτσι η έρευνα επικεντρώθηκε στις πιο καθαρές πληροφορίες, τουλάχιστον όσον αφορά τον τρόπο ανάκλασης λόγω απόστασης και γωνίας. Αυτά τα δεδομένα βρίσκονται πλησιέστερα στο μορφοτροπέα οπότε οι ιδιότητες του μέσου διάδοσης, επηρεάζουν σε μικρότερο βαθμό τις μετρήσεις.



Εικόνα 5.2.2 – Γεωμετρία και ανακλαστική συμπεριφορά MBES

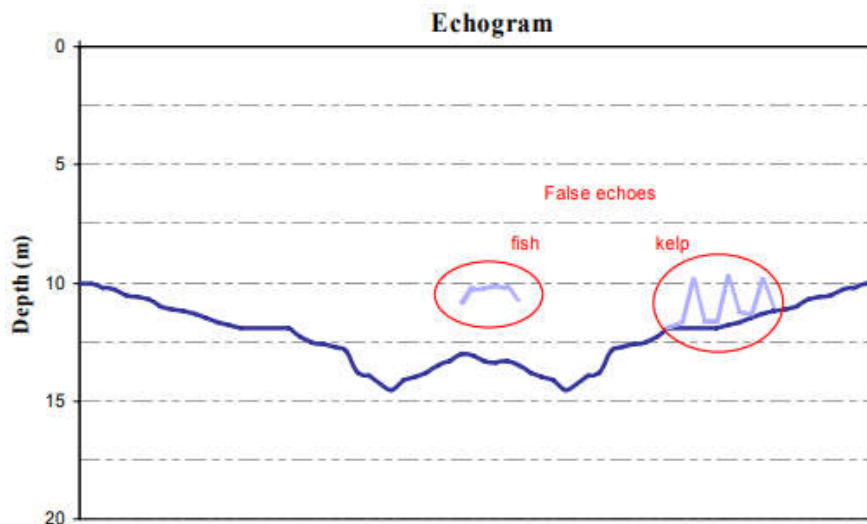
Πηγή: Lurton (2002)

5.3 Εκκαθάριση και ερμηνεία τυχαίου – μικτού θορύβου

Σε δεύτερο στάδιο, αφού περιορίστηκαν τα σφάλματα λόγω απόστασης και γωνίας ανάκλασης του σήματος, χρειάστηκε να διορθωθούν και τα τυχαία σφάλματα που προκαλούν θόρυβο στα δεδομένα.

Με τον όρο τυχαία σφάλματα στις υδρογραφικές αποτυπώσεις, εννοούνται τα φυσικά ή τεχνητά εμπόδια πάσης φύσεως που μπορεί να συναντήσει το ηχητικό κύμα μέσα στο μέσο διάδοσής του. Για παράδειγμα ένα κοπάδι ψαριών ή η παρουσία θαλάσσιας βλάστησης, δίνουν αντηχήσεις της παρακάτω μορφής. Η αναγνώριση αυτών των τύπων θορύβου, πέραν του ότι δεν είναι πάντοτε εφικτή, απαιτεί και μεγάλη εμπειρία από τη πλευρά του επιστήμονα-μελετητή του έργου. Ειδικότερα μάλιστα σε περιπτώσεις στις οποίες εντοπίζονται και διαφοροποιήσεις της αλατότητας και της θερμοκρασίας στην υδάτινη στήλη του νερού, η προσπάθεια ερμηνείας και εκκαθάρισης των δεδομένων δυσχεραίνει σημαντικά (IHO, 2005).

Τα τυχαία σφάλματα μπορούν να εμφανιστούν σε κάθε σημείο της επιφάνειας που αποτυπώνεται. Για το λόγο αυτό χρειάζεται να ελέγχεται στο σύνολό της.



Εικόνα 5.3.1 – Λανθασμένες αντηχήσεις

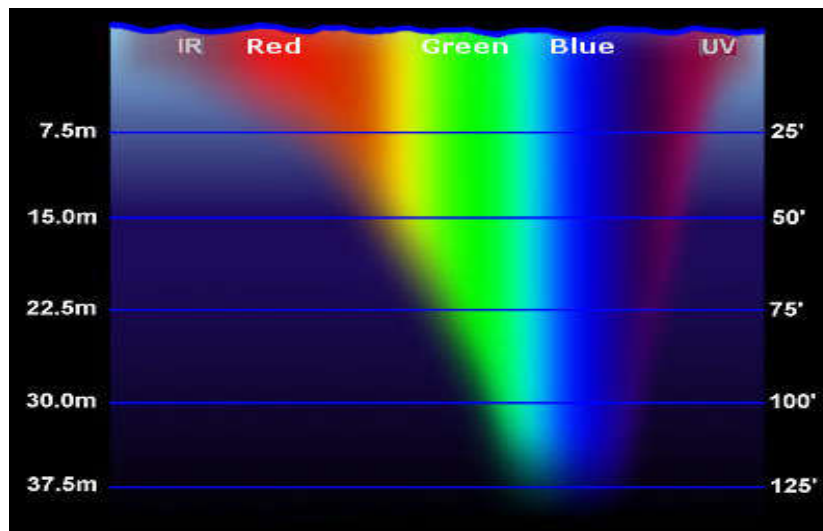
Πηγή: IHO (2005)

Στο λογισμικό Qimera, αφού εισαχθεί κάθε γραμμή αποτύπωσης ως Raw Data, ξεκινά η εκκθάρισή της μέσω της εντολής Launch Swath Editor. Τα δεδομένα εντυπώνονται σε διατομές κατά μήκος ολόκληρης της λωρίδας αποτύπωσης. Στον κατακόρυφο άξονα αναγράφεται το βάθος κάθε σημείου ενώ στον οριζόντιο φαίνεται το μήκος της κάθε διατομής.

Είναι διαθέσιμες επιλογές οι οποίες ρυθμίζουν την οπτική απεικόνιση των δεδομένων. Ειδικότερα μέσω του Launch Swath Editor, δίνεται η δυνατότητα αλλαγής της χρωματικής κλίμακας και διαβάθμισής της τόσο στη διατομή όσο και στη τρισδιάστατη επιφάνεια. Ελεύθερη είναι επίσης η ρύθμιση του μεγέθους των σημείων καθώς και η επιλογή της μορφής του πολυγώνου εκκθάρισης των σημείων.

Για τις επιλογές του plot, προτιμήθηκε η δημιουργία γραμμών μεταξύ των σημείων (ισοβαθείς - contours) και η αφαίρεση του καννάβου (grid) ενώ απορρίφθηκε η εμφάνιση των διεγραμμένων δεδομένων για την αποφυγή σύγχυσης.

Η χρωματική κλίμακα που επιλέχθηκε αποτυπώνει με μπλέ-μώβ χρώμα τα βαθύτερα σημεία του πυθμένα, με πράσινο τα μεσαία και με κόκκινο τα πιο αβαθή. Οι ενδιάμεσες αποχρώσεις αφορούν προφανώς τα σημεία μεταξύ των παραπάνω κατηγοριών. Η επιλογή αυτή βασίστηκε στις ιδιότητες διείσδυσης του φωτός στο νερό. Όπως παρατηρείται, το κυανό χρώμα εισχωρεί σε πολύ μεγαλύτερα βάθη από ότι το ερυθρό. Αν και η συγκεκριμένη διαπίστωση αφορά κυρίως τη δορυφορική βαθυμετρία, θεωρήθηκε πιο ορθό να ακολουθηθεί η ίδια χρωματική κλίμακα καθώς συμφωνεί περισσότερο με τη φυσική οπτική αντίληψη του παρατηρητή.

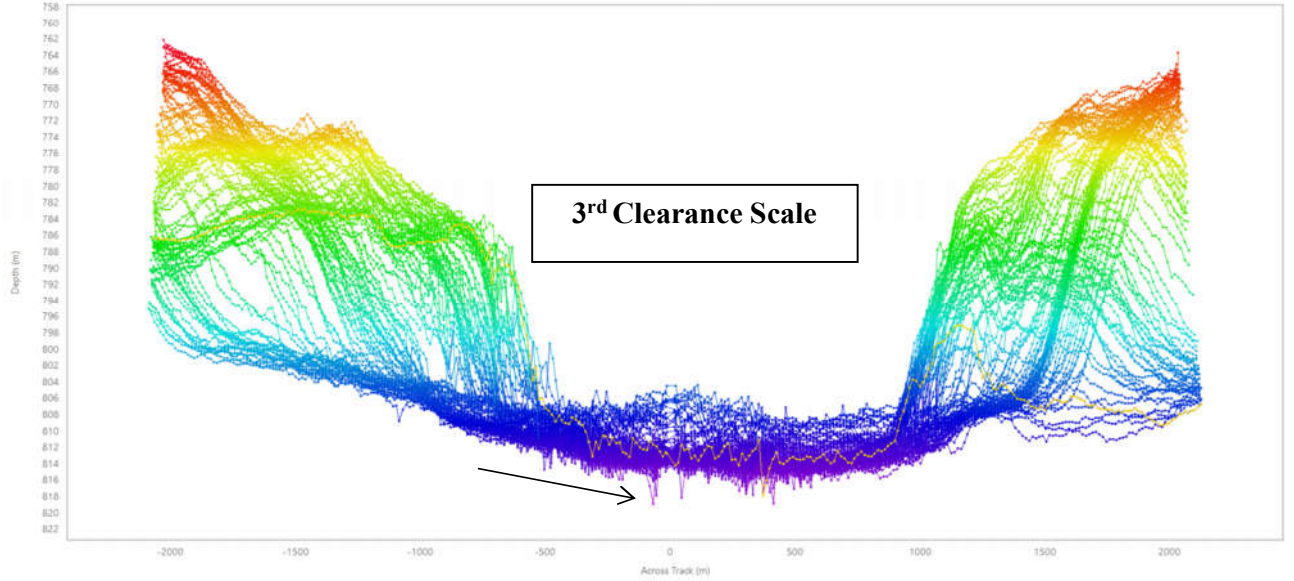
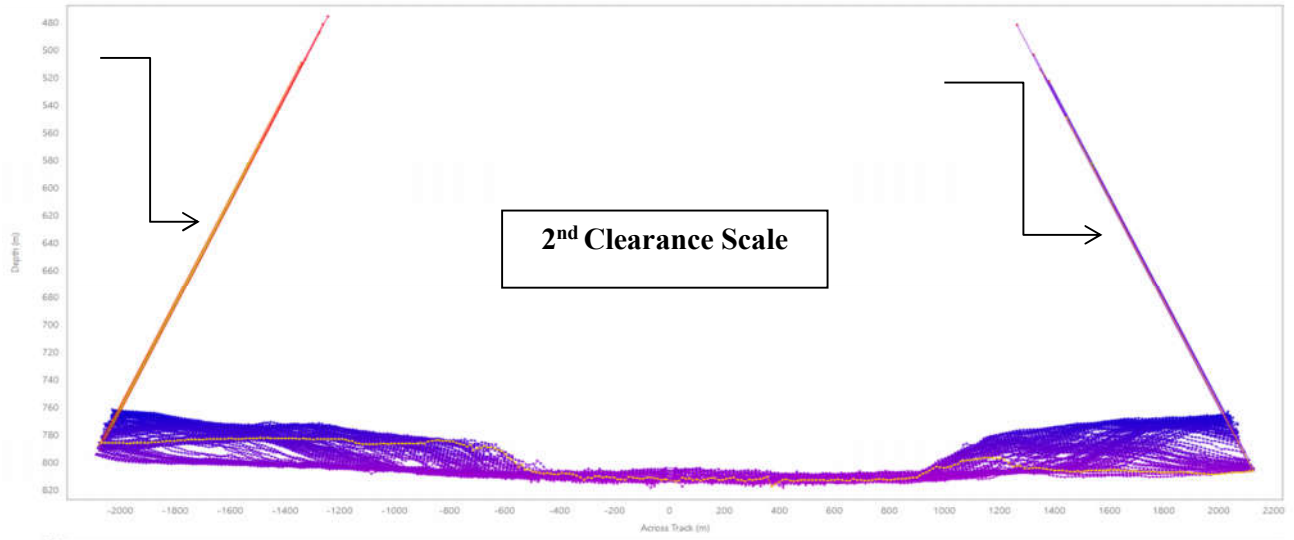
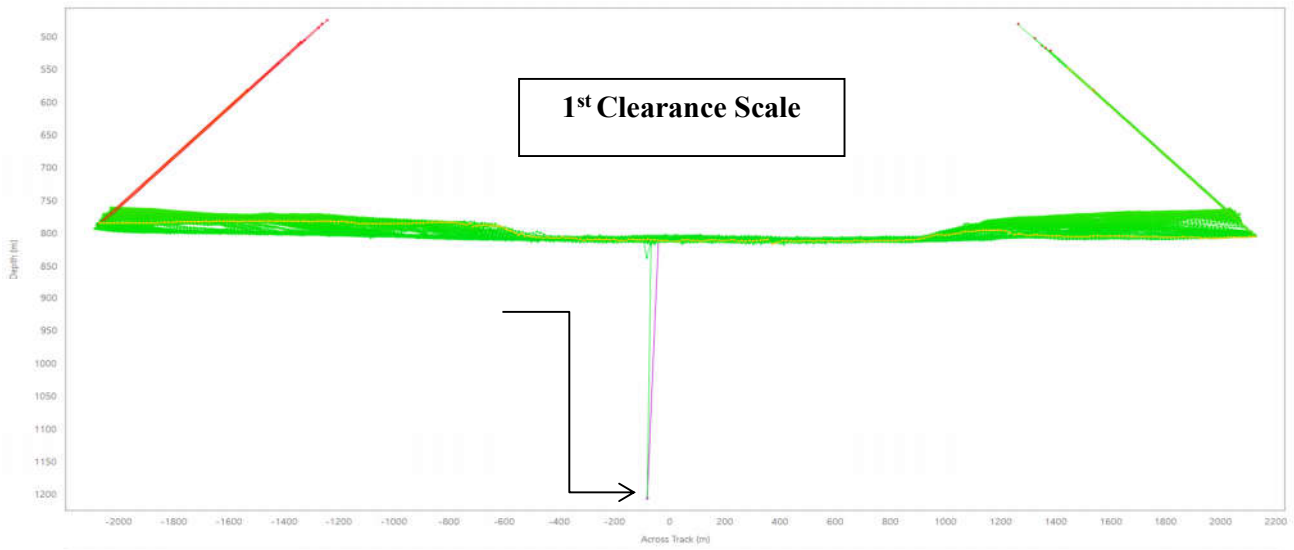


Εικόνα 5.3.2 – Διείσδυση φωτός στη στήλη ύδατος

Πηγή: Tom Morris, Fullerton College

Με αυτά τα δεδομένα, πραγματοποιήθηκε σταδιακά η διαδικασία αφαίρεσης του μικτού θορύβου από τη κάθε διατομή. Στη συνέχεια διαφαίνονται τα επί μέρους στάδια μιας τυπικής αφαίρεσης των πλασματικών δεδομένων, έως ότου να προκύψει μια ικανοποιητική εικόνα της μορφολογίας του βυθού, με τη παρουσία όσο το δυνατόν λιγότερων σφαλμάτων.

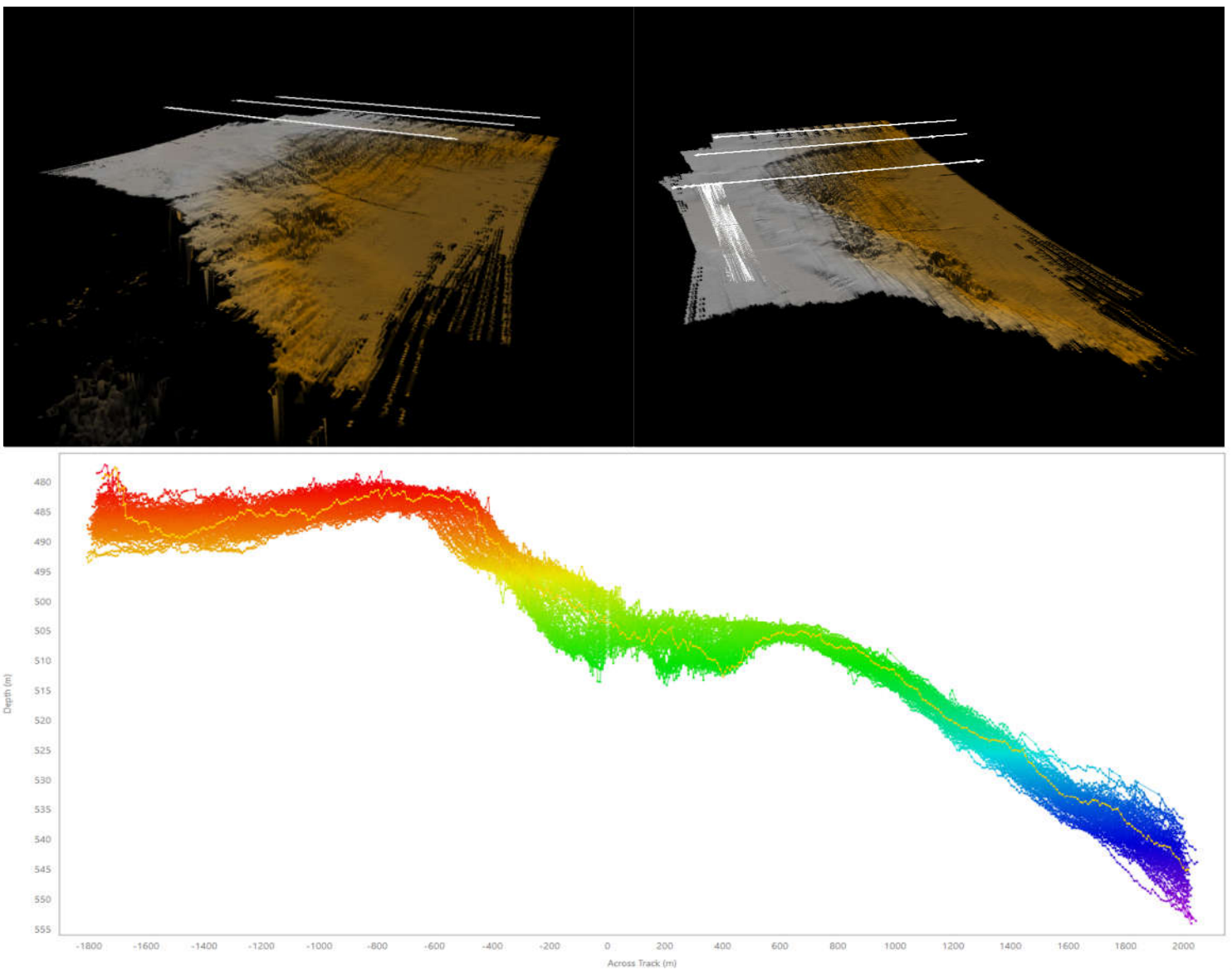
Αναντίρρητα, η διόρθωση του θορύβου στον απόλυτο βαθμό δεν αποτελεί εφικτό στόχο, ειδικότερα σε αποτυπώσεις βαθέων υδάτων όπως είναι η συγκεκριμένη.



Εικόνα 5.3.3 – Στάδια αφαίρεσης θορύβου

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, μετά την εκκαθάριση του θορύβου, η διασπορά των σημείων αυξάνεται και η κλίμακα βάθους μεγαλώνει. Στην εικόνα 5.3.3, η τρίτη κλίμακα εκκαθάρισης δίνει ένα καλό αποτέλεσμα και η περαιτέρω διόρθωση δεν είναι επιτακτική. Εξάλλου κατά την επεξεργασία των γραμμών επικάλυψης (Wing Lines) με τη σάρωση της ίδιας περιοχής από την αντίθετη κατεύθυνση, τα δεδομένα συμπίπτουν και τα μικροσφάλματα ελαχιστοποιούνται.

Η παραπάνω διαδικασία αντικατοπτρίζεται και στη τρισδιάστατη επιφάνεια όπου φαίνεται το τελικό αποτέλεσμα δίχως τα αρχικά διάσπαρτα σφάλματα, ενώ παρουσιάζεται και η εικόνα του Launch Swath Editor στο τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας. Η ακολουθία των επί μέρους διορθώσεων συμφωνεί απόλυτα με το μοτίβο που περιγράφηκε προηγούμενα.



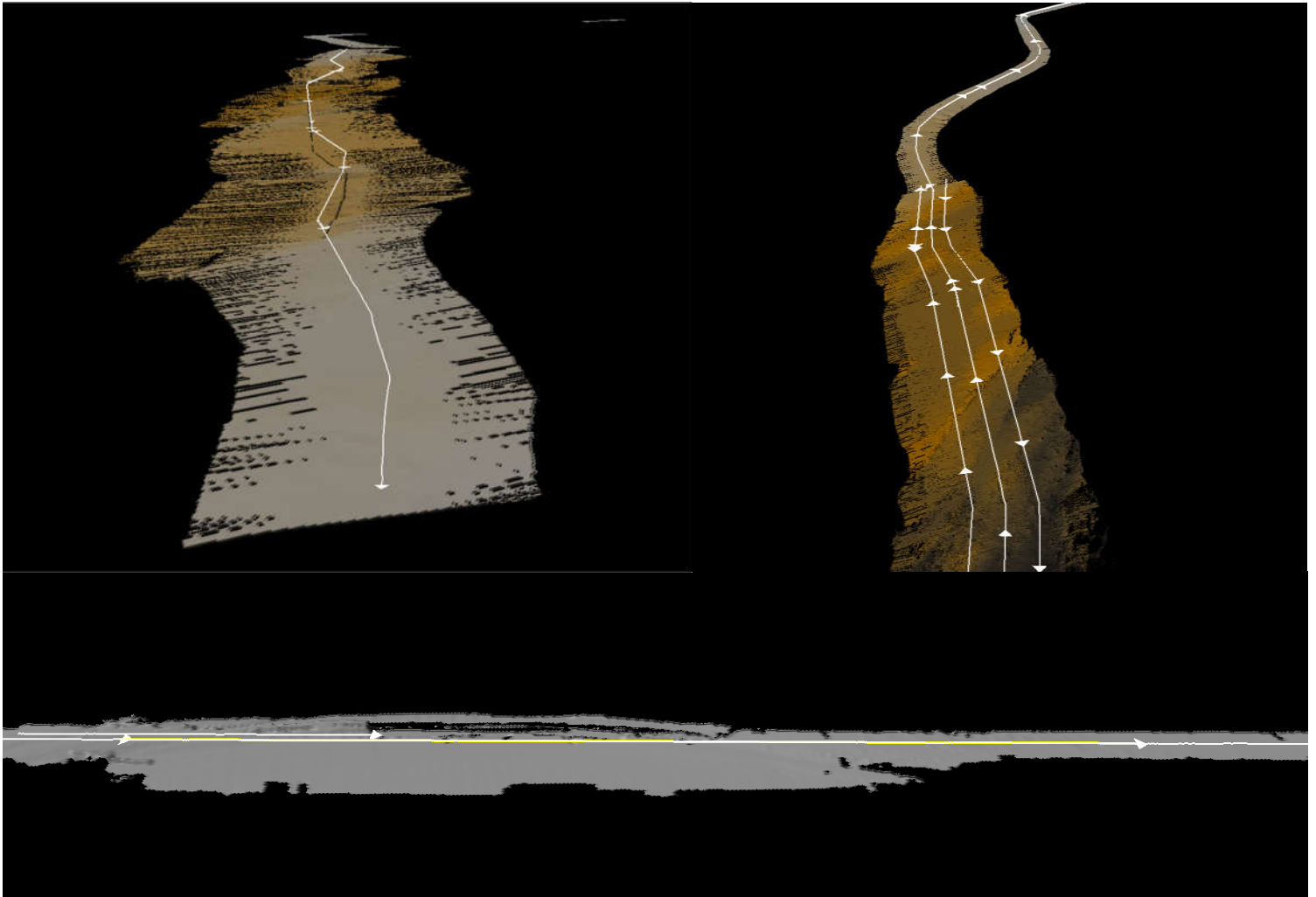
Εικόνα 5.3.4 – Αφαίρεση μικτού θορύβου από μια τυπική διατομή

Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται σε πλάγια όψη μια υποπεριοχή της περιοχής μελέτης που αποτυπώθηκε. Ξεχωρίζει η πορεία που διέγραψε το ερευνητικό σκάφος (λευκή γραμμή με βέλη υπόδειξης της κατεύθυνσής του) καθώς και ο πυθμένας με τη διαβάθμιση των αποχρώσεων.

Για την εμφάνιση του DTM επιλέχθηκε το καφέ χρώμα σε πολλές αποχρώσεις ώστε να καθίσταται εμφανής η διαβάθμιση του βάθους.

Στη περίπτωση αυτή ο πυθμένας αποτυπώνεται με ακρίβεια αφού αρχικά έχει απομακρυνθεί ο μικτός θόρυβος. Επαναλαμβάνεται πως η διαδικασία αφαίρεσης του θορύβου είναι αυτούσια για όλα τα δεδομένα της αποτύπωσης.

Η διακύμανση του βάθους κατά μήκος ολόκληρης της διαδρομής είναι μεγάλη και κυμαίνεται από 50 έως και 2.200 μέτρα στο βαθύτερο σημείο. Στη μεγαλύτερη έκτασή της, ο βυθός είναι αρκετά ομαλός και σε λίγα σημεία σχεδόν επίπεδος ενώ σε κάποιες περιοχές αποτυπώνεται έντονο ανάγλυφο, κυρίως σε εκείνες πλησίον της μέσο-ωκεάνιας ράχης.

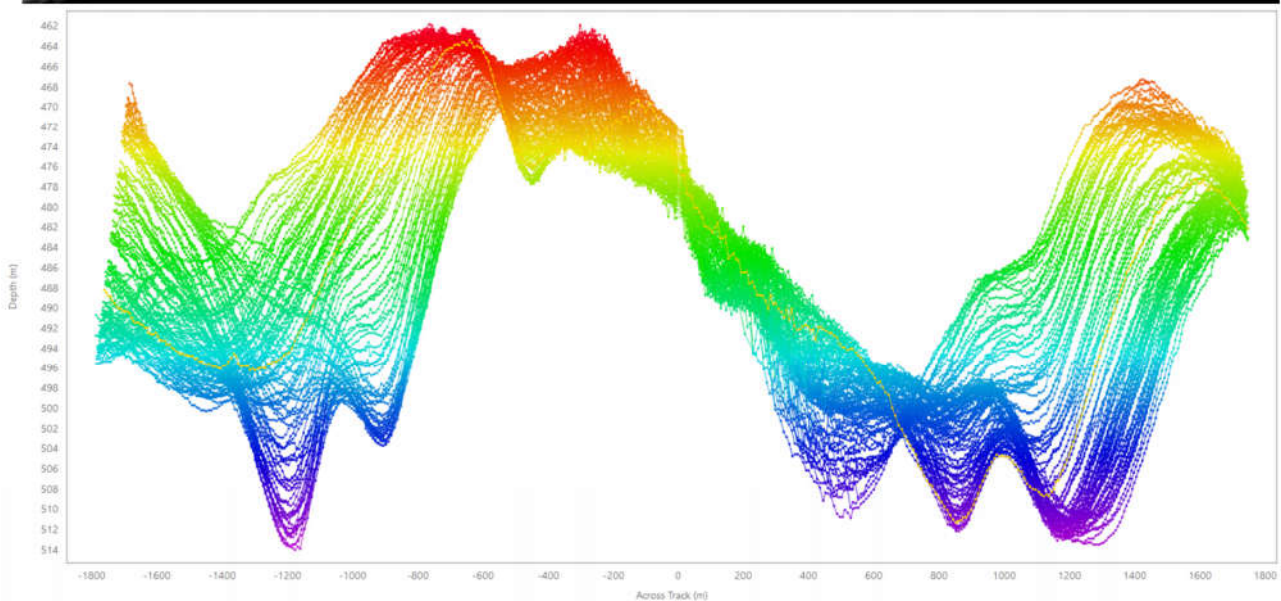
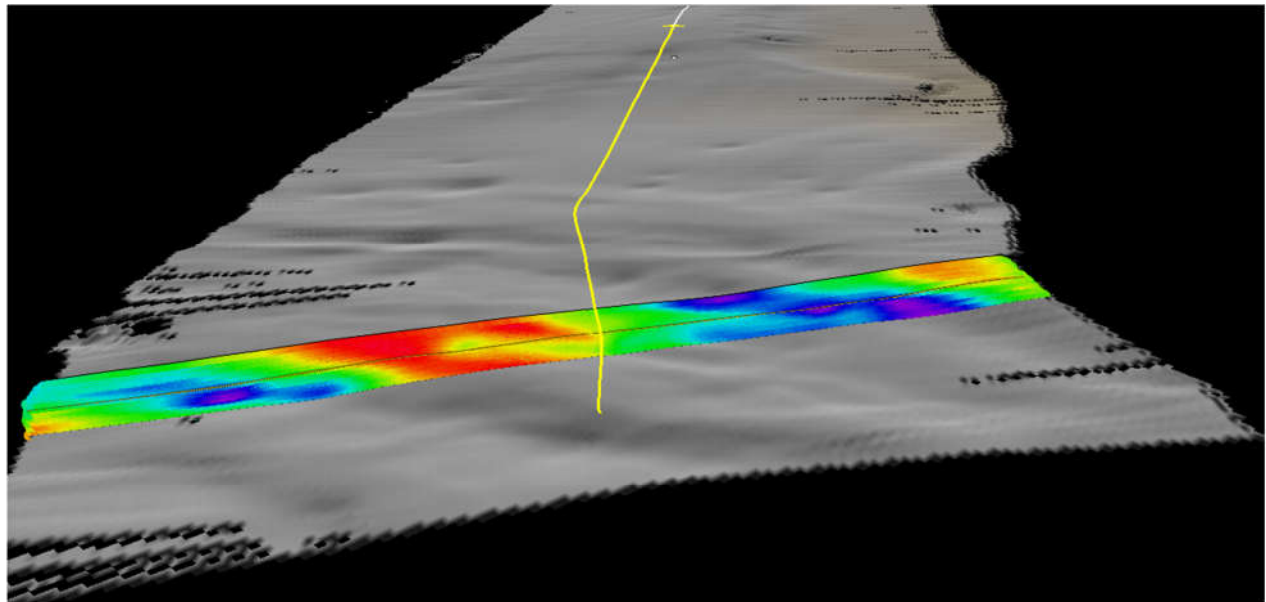


Εικόνα 5.3.5 – Πλάγιες όψεις τμημάτων του πυθμένα

5.4 Εκκαθάριση και ερμηνεία θορύβου λόγω τραχύτητας του πυθμένα

Ένα χαρακτηριστικό σημείο στο οποίο ο βυθός παρουσιάζει έντονο ανάγλυφο, εντοπίζεται σε μια περιοχή λίγο πριν τη πρώτη διέλευση του σκάφους πάνω από τη μέσο-ωκεάνια ράχη.

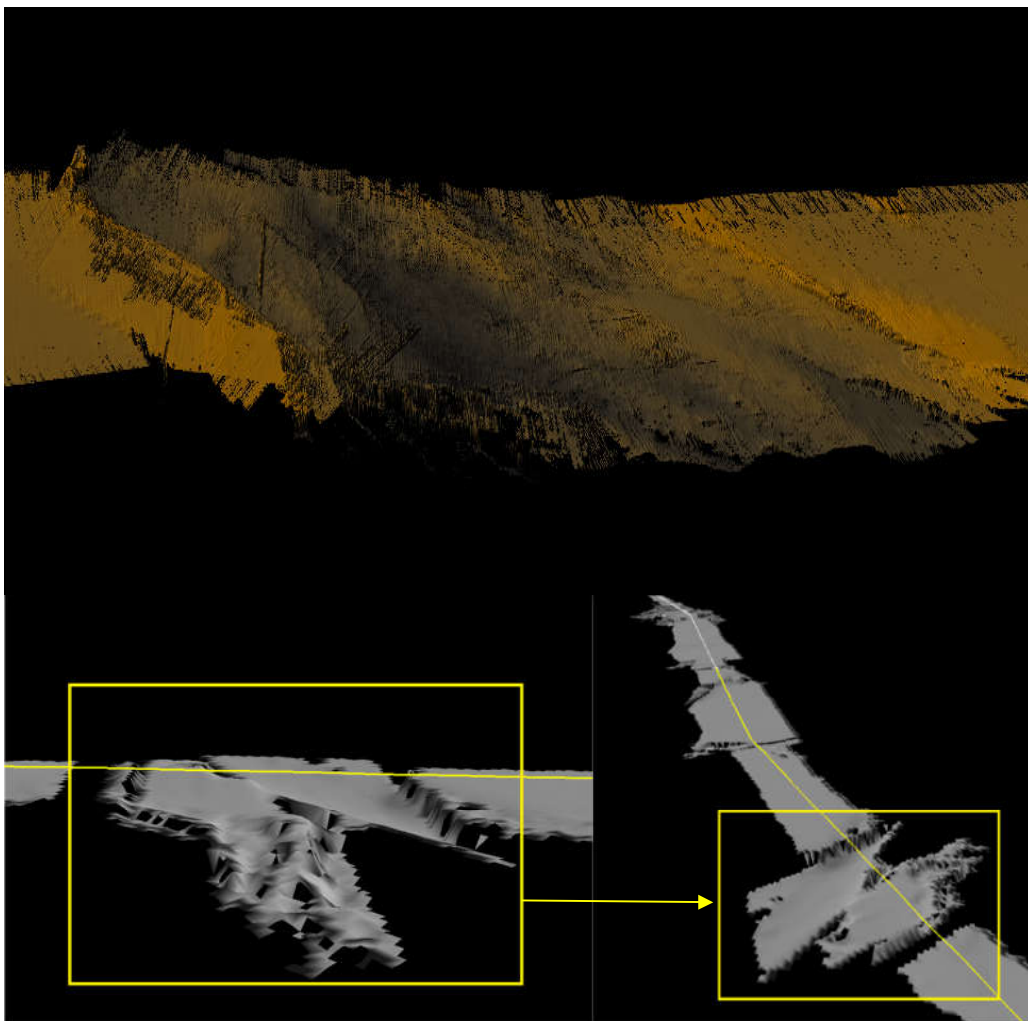
Όπως φαίνεται από τη πληθώρα των χρωματικών διαβαθμίσεων, ο πυθμένας έχει έντονη κυματοειδή μορφή ενώ τα μεγαλύτερα βάθη εντοπίζονται μέσα σε κάποιους δακτυλίους (κρατήρες) για τους οποίους θα γίνει μεμονωμένη αναφορά στη συνέχεια.



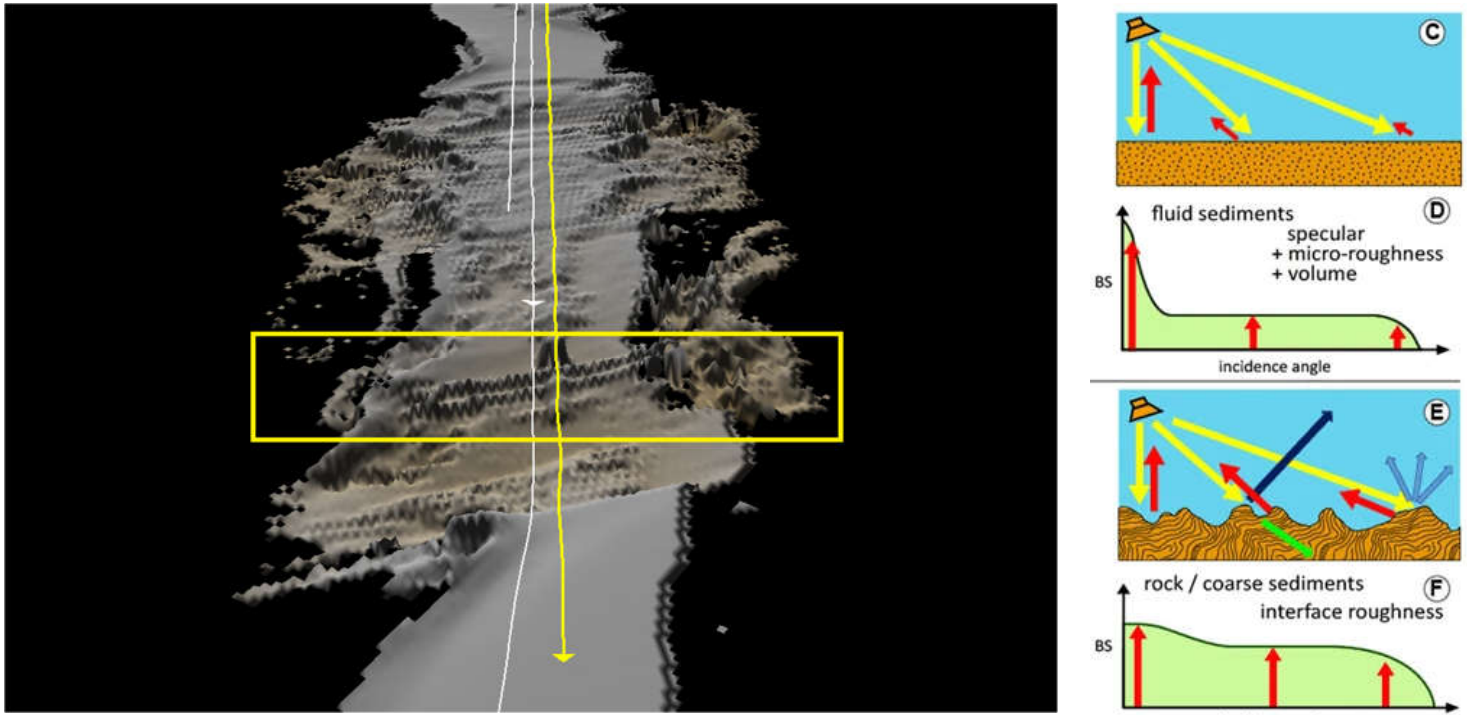
Εικόνα 5.4.1 – Ανάγλυφο Βυθού

Όπως είναι φυσικό, στα σημεία όπου το σκάφος αποτύπωσε τμήματα της μέσο-ωκεάνιας ράχης, εντοπίστηκε το εντονότερο ανάγλυφο του πυθμένα. Μέσο-ωκεάνια ράχη καλείται μια περιοχή ανόδου του μάγματος η οποία είναι θερμότερη από τα βαθύτερα στρώματα και χαρακτηρίζεται από υψηλότερο γεωμορφολογικό ανάγλυφο (Θεοδώρου, 2017).

Σύμφωνα και με τον (Lurton, 2010), η μεγάλη διακύμανση του βάρους σε σχετικά μικρή έκταση και ο εντοπισμός πολλαπλών επιφανειών, ακριβώς λόγω του ασταθούς εδάφους, δυσκόλεψε ιδιαίτερα τη διαδικασία αφαίρεσης του θορύβου λόγω της έντονης και διάχυτης ανάκλασης του ήχου. Η χαρακτηριστική μορφή ορισμένων σημείων της ράχης παρουσιάζεται παρακάτω σε πλάγια όψη, ενώ παράλληλα φαίνονται και άλλες διελεύσεις του σκάφους από ανώμαλο πυθμένα.



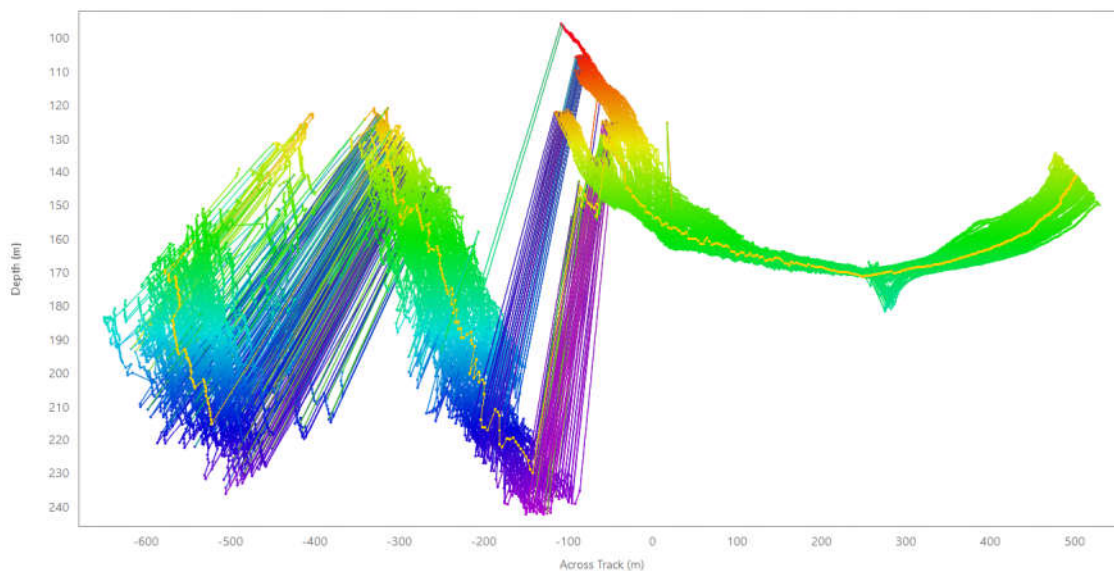
Εικόνα 5.4.2 – Σημεία μεσοωκεάνιας ράχης (1)



Εικόνα 5.4.3 – Σημεία μεσοοκεάνιας ράχης (2) / Πηγή : (Lurton 2010)

Σε ένα διαφορετικό σημείο της ράχης, η εικόνα που παρουσιάζει ο Launch Swath Editor είναι η παρακάτω. Αποδεικνύεται έμπρακτα πως σε παρόμοιες περιπτώσεις η εκκαθάριση των εσφαλμένων δεδομένων αποτελεί επίπονη διαδικασία λόγω της υπέρ-διάθλασης του ηχητικού κύματος.

Οι πολλαπλές επιφάνειες που αποτυπώνονται, συνδέονται με μη πραγματικές γραμμές οι οποίες έπρεπε να αφαιρεθούν.



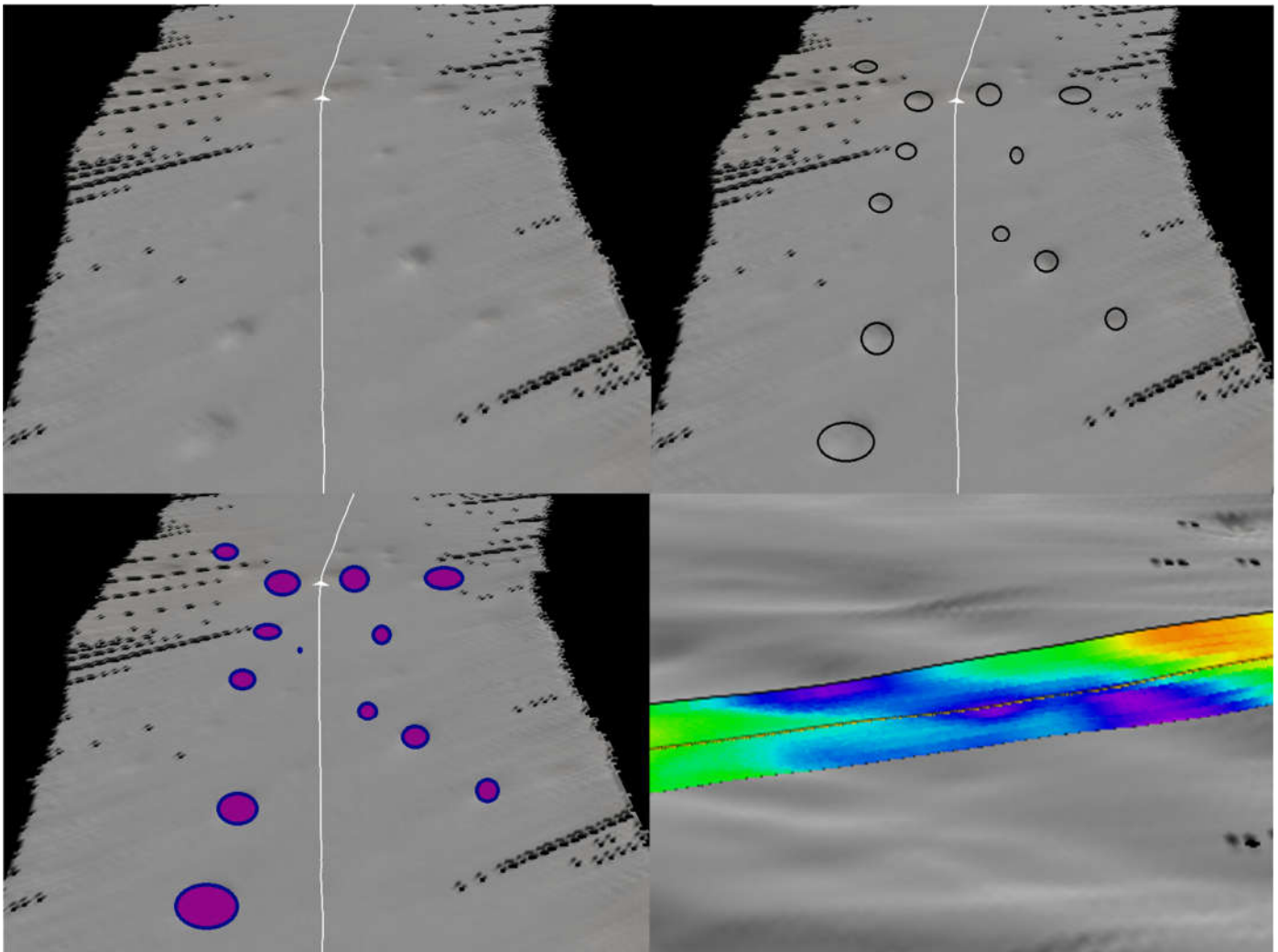
Εικόνα 5.4.4 – Εντοπισμός πολλαπλών επιφανειών

5.5 Αναγνώριση rockmarks και ερμηνεία θορύβου

Σε προηγούμενο παράδειγμα και συγκεκριμένα στην εικόνα 5.4.1, διαφαίνονται συγκεκριμένα χαρακτηριστικά σημεία στα οποία εμφανίζονται δακτύλιοι και εντυπώνονται με μπλε περίγραμμα και μωβ απόχρωση. Εντός των δακτυλίων το βάθος αυξάνεται απότομα και μπορεί να φτάσει μέχρι και 20 μέτρα κάτω από το μέσο βάθος της εγγύτερης περιοχής (επιφάνεια βυθού). Οι έντονες αυτές βυθίσεις ονομάζονται υποθαλάσσιοι κρατήρες (rockmarks).

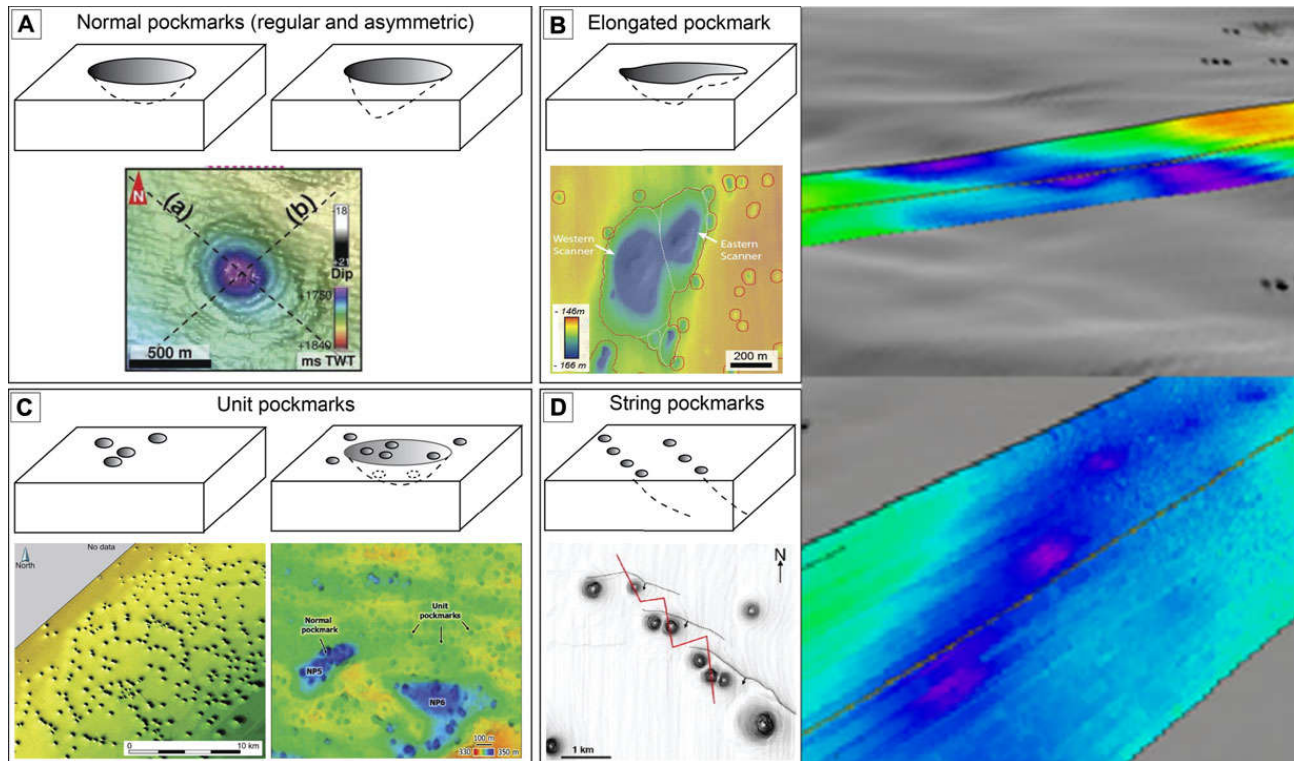
Τα rockmarks είναι σχεδόν κυκλικές-ωοειδείς κοιλότητες, που σχηματίζονται σε σημεία διαφυγής αέριας ύλης μέσω των λεπτόκοκκων ιζημάτων του πυθμένα της θάλασσας. Η αναλογία μήκους προς πλάτος τους ποικίλλει γενικά από 1 (κυκλικά) έως 1,25 (πιο πεπλατυσμένα). Τα βάθη τους κυμαίνονται από 1 έως 80 m, αλλά είναι συνήθως λιγότερο από 10m (Cathles, 2010).

Στην επόμενη εικόνα αποδεικνύεται η ύπαρξη rockmarks σε σημεία του πυθμένα της Ερυθράς Θάλασσας.



Εικόνα 5.5.1 – Εντοπισμός υποθαλάσσιων κρατήρων (rockmarks)

Οι κρατήρες διαφυγής αερίων αναγνωρίστηκαν από τη γεωμετρία και τη χρωματική αναπαράστασή τους. Αν και τα rockmarks μπορεί να εμφανίζονται ποικιλοτρόπως ανά τον κόσμο, στη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης φαίνεται να έχουν κυκλική – ωοειδή μορφή (normal rockmarks). Σε εξαίρεση αυτού, εντοπίστηκαν και επιμήκεις μορφές στους δακτυλίους (elongated rockmarks) όπως παρουσιάζει η επόμενη εικόνα.



Εικόνα 5.5.2 – Μορφές υποθαλάσσιων κρατήρων (rockmarks)

Πηγή: Hovland (2002), Ho (2018), Gafeira (2018), De Mahiques (2017), Tasiannas (2018), Pilcher and Argent (2007)

Οι κοιλότητες αυτές δημιουργούνται με φυσικό τρόπο λόγω της εστιασμένης αποβολής υγρών ή αερίων από τα υπόγεια ιζηματογενή στρώματα μέσω του πυθμένα της θάλασσας (Integrated Geophysical and Geochemical Methods in Environmental Research, 2023).

Ο τελικός σχηματισμός τους μπορεί να διαρκέσει πολλά χρόνια ενώ η διαδικασία αυτή είναι ιδιαίτερα σύνθετη και έχει μελετηθεί σε μεγάλο βαθμό με τη βοήθεια των πιο καινοτόμων μέσων ανάλυσης.

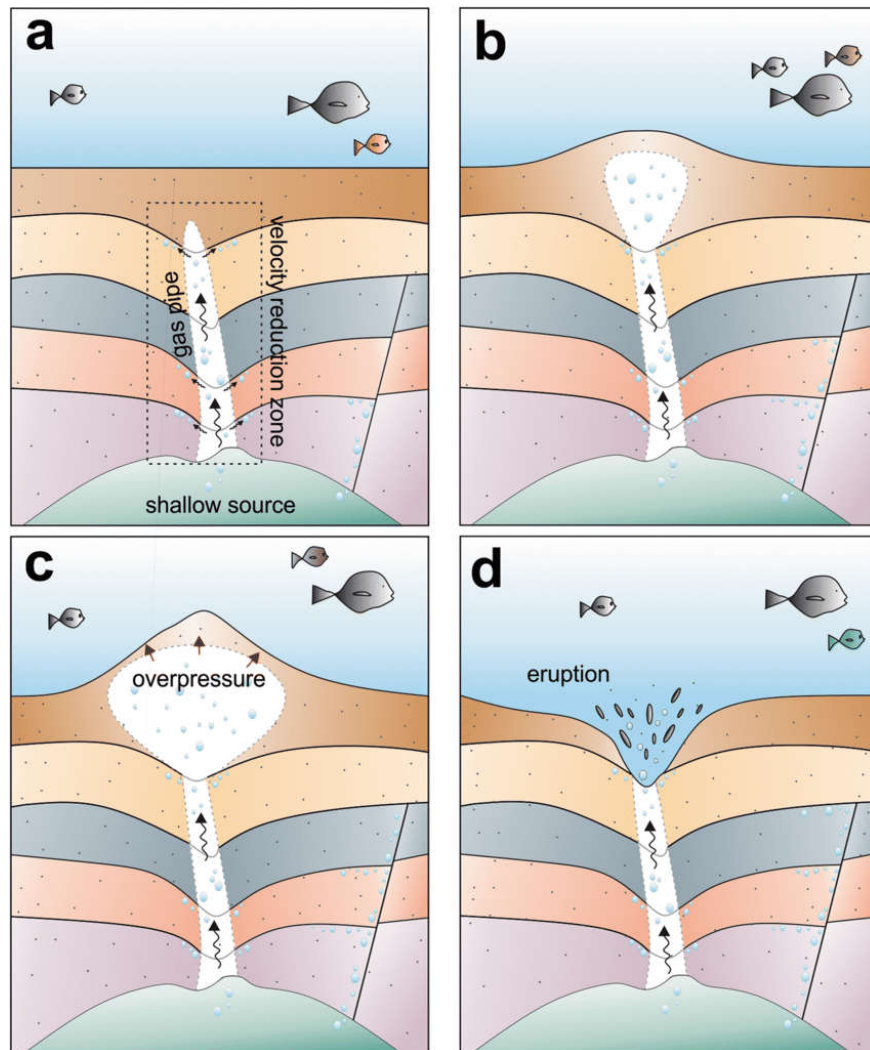
Στη συνέχεια θα αναλυθεί η διαδικασία σχηματισμού των κρατήρων η οποία διαχωρίζεται σε τέσσερες φάσεις με βάση και τη σχετική εικόνα που τα αναπαριστά.

A -> Σε αρχικό στάδιο, αέρια ή υγρή ύλη η οποία είναι συγκεντρωμένη στα βαθύτερα στρώματα του υπεδάφους, αναδύεται σταδιακά στα ανώτερα στρώματα δημιουργώντας μια στήλη αερίου (gas ripe).

B -> Μέσω του σωλήνα αερίου, η ύλη συσσωρεύεται στο ανώτερο σημείο του υπεδάφους, ακριβώς κάτω από την επιφάνεια του πυθμένα.

C -> Με τη πάροδο του χρόνου η έντονη συγκέντρωση της ύλης κάτω από την επιφάνεια, δημιουργεί υπερπίεση στο έδαφος και έτσι δημιουργείται προσωρινό ανάχωμα στο σημείο.

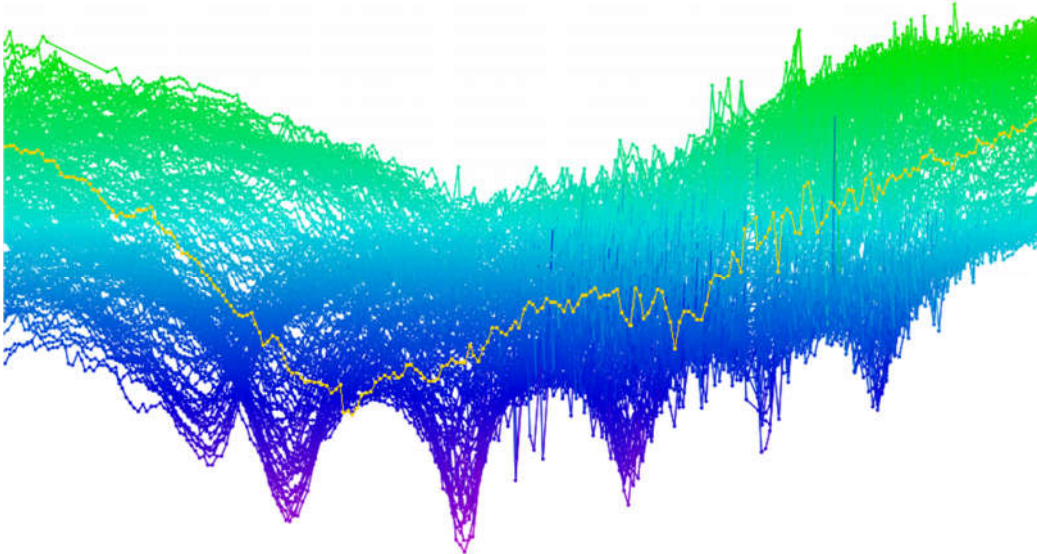
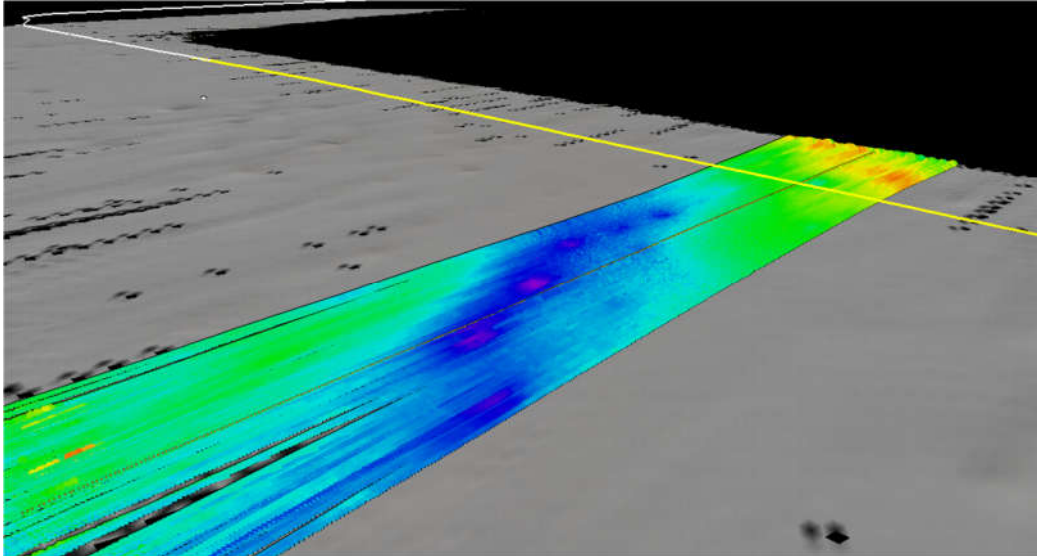
D -> Στο τελικό στάδιο η υπερπίεση που έχει δημιουργηθεί, οδηγεί σε έκρηξη της ύλης η οποία ελευθερώνεται στην υδάτινη στήλη. Το ανάχωμα θραύεται και δημιουργείται ο κρατήρας (Saritas et al.,2018).



Εικόνα 5.5.3 – Στάδια δημιουργίας υποθαλάσσιων κρατήρων (rockmarks)

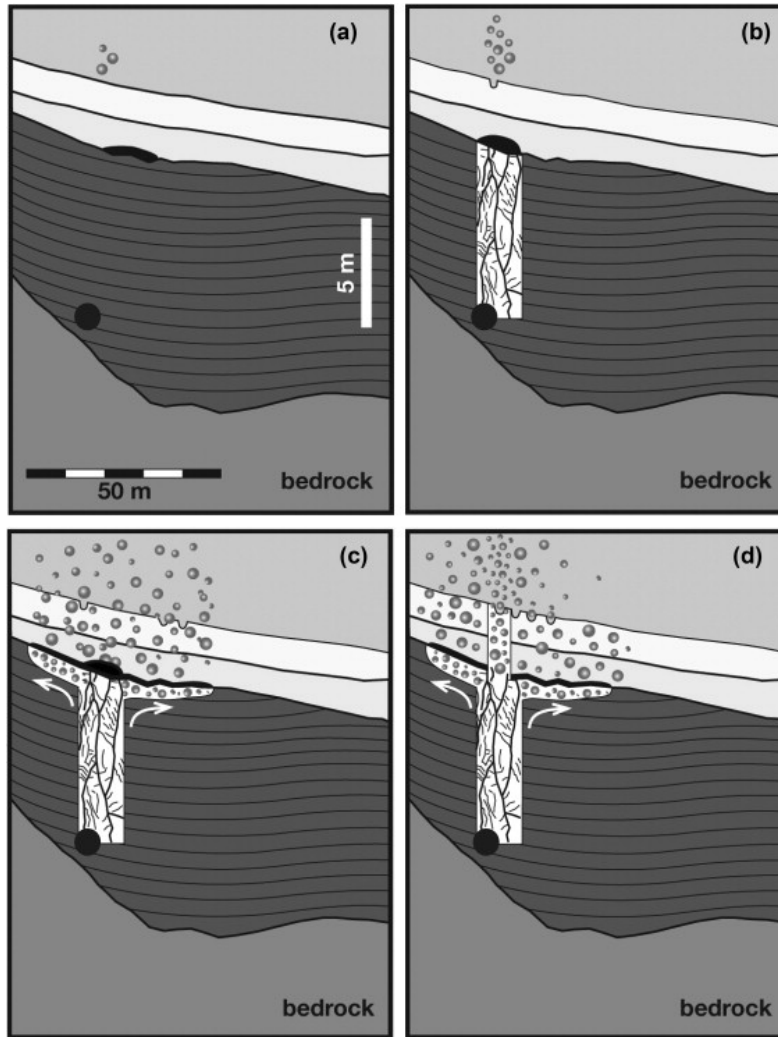
Πηγή: Hakan Saritas, Gunay Cifci, Louis Geli, Alexis Rochat, (2018)

Μια ακόμη χαρακτηριστική περιοχή σχηματισμένων rockmarks είναι αυτή που ακολουθεί. Τόσο στη 3D επιφάνεια του βυθού όσο και στο προφίλ της συγκεκριμένης διατομής, φαίνεται η παρουσία κυκλικών κρατήρων οι οποίοι μαρτυρούν τη διαφυγή αερίων.



Εικόνα 5.5.4 – Πολλαπλά κυκλικά rockmarks

Το αέριο που απελευθερώνεται στην υδάτινη στήλη μπορεί να έχει πολλές πηγές προέλευσης ανάλογα με τα στοιχεία του υπεδάφους της κάθε περιοχής. Λόγω του υγρού μέσου διάδοσης, εννοείται πως ένα στοιχείο σε αέρια μορφή, θα εντοπίζεται με τη μορφή φυσαλίδων στο νερό. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώθηκε σε συγκεκριμένες περιπτώσεις αφαίρεσης μεμονωμένου θορύβου από τα βαθυμετρικά δεδομένα. Αργότερα θα αποδειχθεί ο εντοπισμός συγκεκριμένης μορφής θορύβου που οφείλεται σε φυσαλίδες αερίου (rising bubbles).



Εικόνα 5.5.5 – Αναδύομενες φυσαλίδες

Πηγή: Melis Cevatoglu Bayrakli, Jonathan M Bull, Mark Vardy, Thomas Gernon (2015)

Στην εικόνα 5.5.5 αποτυπώνεται η μορφή διάχυσης των φυσαλίδων από τη στιγμή που βγαίνουν από το σωλήνα αερίου. Τα μεγέθη τους μπορεί να ποικίλουν από 5mm έως 20mm ανάλογα με τη προέλευσή τους (Dewar et al., 2014).

Σε περίπτωση απελευθέρωσης υγρής ύλης δε θα ήταν δυνατός ο εντοπισμός φυσαλίδων αλλά θα φαινόταν μια τοπική συγκέντρωση ρευστού με διαφορετικές χημικές ιδιότητες από αυτές του νερού. Για το λόγο αυτό κρίθηκε εξαιρετικά σημαντικό να μελετηθεί το είδος της αέριας ύλης που απελευθερώνεται σε σημεία της Ερυθράς θάλασσας ώστε να διερευνηθεί η δομή του βυθού.

Σύμφωνα με το δημοσιευμένο άρθρο των (Mallory et al., 2018), στην ευρύτερη περιοχή της Ερυθράς Θάλασσας και ειδικότερα στη μεγαλύτερη έκταση της ανατολικής της ακτής, εντοπίζονται καλλιέργειες μαγκρόβιων δασών. Τα μαγκρόβια δάση απαρτίζονται από ξυλώδη δέντρα και φυτά τα οποία παρουσιάζουν μεγάλη ανοχή στο θαλασσινό νερό. Επιπροσθέτως χαρακτηρίζονται από τη δέσμευση άνθρακα αλλά και από την υποστήριξη εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και το μεθάνιο (CH₄).

Με σκοπό να διερευνηθεί περαιτέρω η συγκέντρωση των συγκεκριμένων αερίων, ποσοτικοποιήθηκαν οι ρυθμοί παραγωγής τους μέσω των οικοσυστημάτων θαλάσσιας βλάστησης στην Ερυθρά Θάλασσα. Για την εκπλήρωση του σκοπού αυτού, ιδρύθηκαν ειδικοί σταθμοί παρατήρησης της θαλάσσιας βλάστησης και μετρήθηκαν οι αλλαγές στη συγκέντρωση του μεθανίου σε κάθε σημείο. Ανιχνεύτηκε παραγωγή CH₄ σε όλους τους σταθμούς με μέσο ρυθμό 85,09 ± 27,80 μmol CH₄ m⁻² d⁻¹.

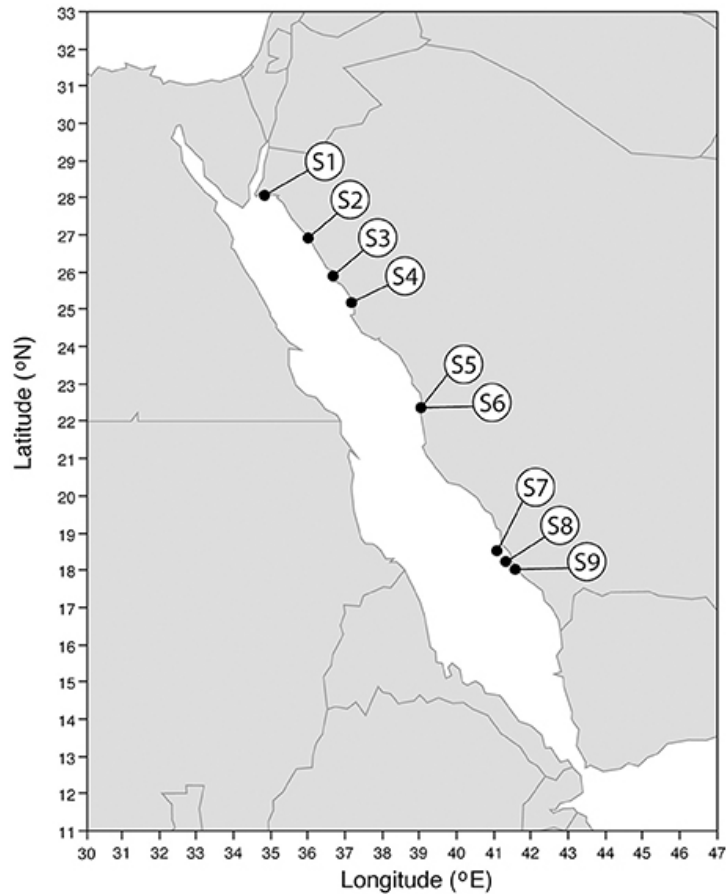
Πιο συγκεκριμένα συλλέχθηκαν δείγματα από 9 σταθμούς (S1–S9) κατά μήκος της σαουδαραβικής ακτής της Ερυθράς Θάλασσας με το ερευνητικό πλοίο R/V Thuwal τον Μάρτιο του 2017 ως μέρος ενός επιστημονικού πλόα που κάλυψε περισσότερα από 1.300 km της ακτής της Σαουδικής Ερυθράς Θάλασσας. Η Ερυθρά Θάλασσα είναι η βορειότερη τροπική θάλασσα, φτάνοντας στον παράλληλο 28°B, με έκταση περίπου 450.000 km² και μέσο βάθος 490m (Bruckner et al., 2012).

Περίπου το 25% της έκτασής της καταλαμβάνεται από ομαλά ανεπτυγμένη ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα (βάθους λιγότερο από 50 m) που φιλοξενεί πλούσια υποθαλάσσια ζωή όπως οι καλλιέργειες φανερογάμων (αγγειόσπερμα) και οι κοραλλιογενείς ύφαλοι (Rasul et al., 2015).

Οι υδροθερμικές πηγές του CH₄ στους ωκεανούς και στις ανοιχτές θάλασσες παρουσιάζουν αυξημένη βιοποικιλότητα και μια πληθώρα βιολογικών διεργασιών με ύπαρξη μικροβιακών πληθυσμών, καρκινοειδών και άλλων οργανισμών, όσο και χημικές διεργασίες λόγω της αυξημένης πίεσης και θερμοκρασίας. Στα παράκτια ύδατα, το βιογενές CH₄ παράγεται κυρίως σε ιζήματα με αναερόβια μεθανογένεση που αποσυνθέτει την οργανική ύλη. Η αναερόβια μεθανογένεση απαιτεί ανοξικές συνθήκες και δυναμικά οξειδοαναγωγής χαμηλότερα από -100 mV (Conrad, 2007), που συνήθως απαντώνται σε θαλάσσια ιζήματα (Gray, 1981).

Αν και η συμβολή των πηγών διαφυγής και των υπόγειων υδάτων στις εκπομπές CH₄ στα παράκτια ύδατα παραμένει ως σήμερα αρκετά ασαφής, ο εντοπισμός μεθανίου στο θαλασσινό νερό, πιθανώς να υποδεικνύει ύπαρξη υποθαλάσσιων ταμιευτήρων.

Στην εικόνα που ακολουθεί έχουν χαρτογραφηθεί οι σταθμοί των μετρήσεων CH₄ στην Ανατολική ακτή της θάλασσας όπου εντοπίζεται και η μεγαλύτερη παρουσία των μαγκρόβιων δασών.



Εικόνα 5.5.6 – Σταθμοί μέτρησης CH₄

Πηγή: Mallory A.Sea, Neus Garcias-Bonet, Vincent Saderne, and Carlos M. Duarte, (2018)

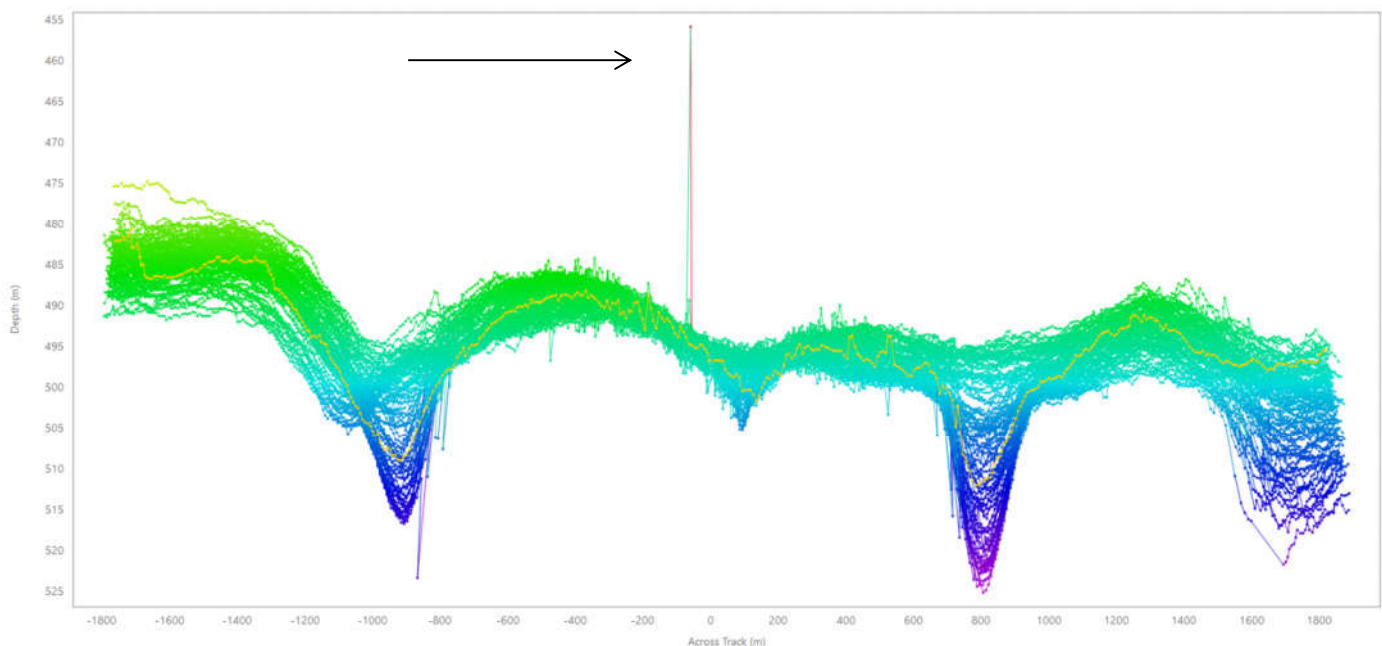
Επιπλέον, σύμφωνα με τη μελέτη των (Feldens et al., 2016) για την εκκροή υποαλατικών υλικών στην Ερυθρά θάλασσα, ανακαλύφθηκαν δακτύλιοι που έχουν διαμέτρους 140–150 m και κατανέμονται είτε τυχαία στον πυθμένα της θάλασσας είτε ευθυγραμμισμένα μέσα σε κοιλάδες βάθους περίπου 25 μέτρων και μήκους πολλών χιλιομέτρων. Μέσω σεισμικών δεδομένων φαίνεται ότι οι καμινάδες ή/και περιοχές ακουστικής θολότητας επικρατούν κάτω από το πεδίο του rockmark μέχρι και την κορυφή του. Για τους περισσότερους πυρήνες, οι γεωχημικές αναλύσεις δείχνουν ότι το πορώδες νερό έχει υψηλότερη συγκέντρωση C1 από το τοπικό θαλασσινό νερό και αυξημένες αναλογίες C1/Br, οι οποίες υποδεικνύουν προέλευση από κρατήρες.

Οι προσροφημένοι υδρογονάνθρακες είναι θερμικής προέλευσης, με αναλογίες C1/(C2+C3) μεταξύ 4 και 23 και σταθερά δεδομένα ισοτόπων άνθρακα για το μεθάνιο (CH₄) που κυμαίνονται από δ13C από -34 έως -36,4‰ σε σχέση με τον Pee Dee Belemnite της Βιέννης.

Με βάση την υπολογισμένη ωριμότητα του ιζήματος, τις τοπικές θερμικές κλίσεις και τους ρυθμούς καθίζησης, το όριο του βαθύτερου βάθους προσεγγίζεται στα 2.000 έως

2.200 m. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι οι προσροφημένοι υδρογονάνθρακες που ελήφθησαν δειγματοληπτικά από τον πυθμένα της θάλασσας έπρεπε να περάσουν μέσα από μια αλληλουχία «διαδρόμων» δυνητικά αρκετών εκατοντάδων μέτρων έως μερικών χιλιομέτρων σε πάχος. Η πιο πιθανή εξήγηση για την αυξημένη διαπερατότητα της αλληλουχίας τέτοιων διαδρόμων είναι η εύθραυστη παραμόρφωση που προκαλείται από εκτεταμένες τοπικές τεκτονικές κινήσεις και υποστηρίζεται από υψηλή υπερπίεση ρευστού εντός του σωλήνα διαφυγής.

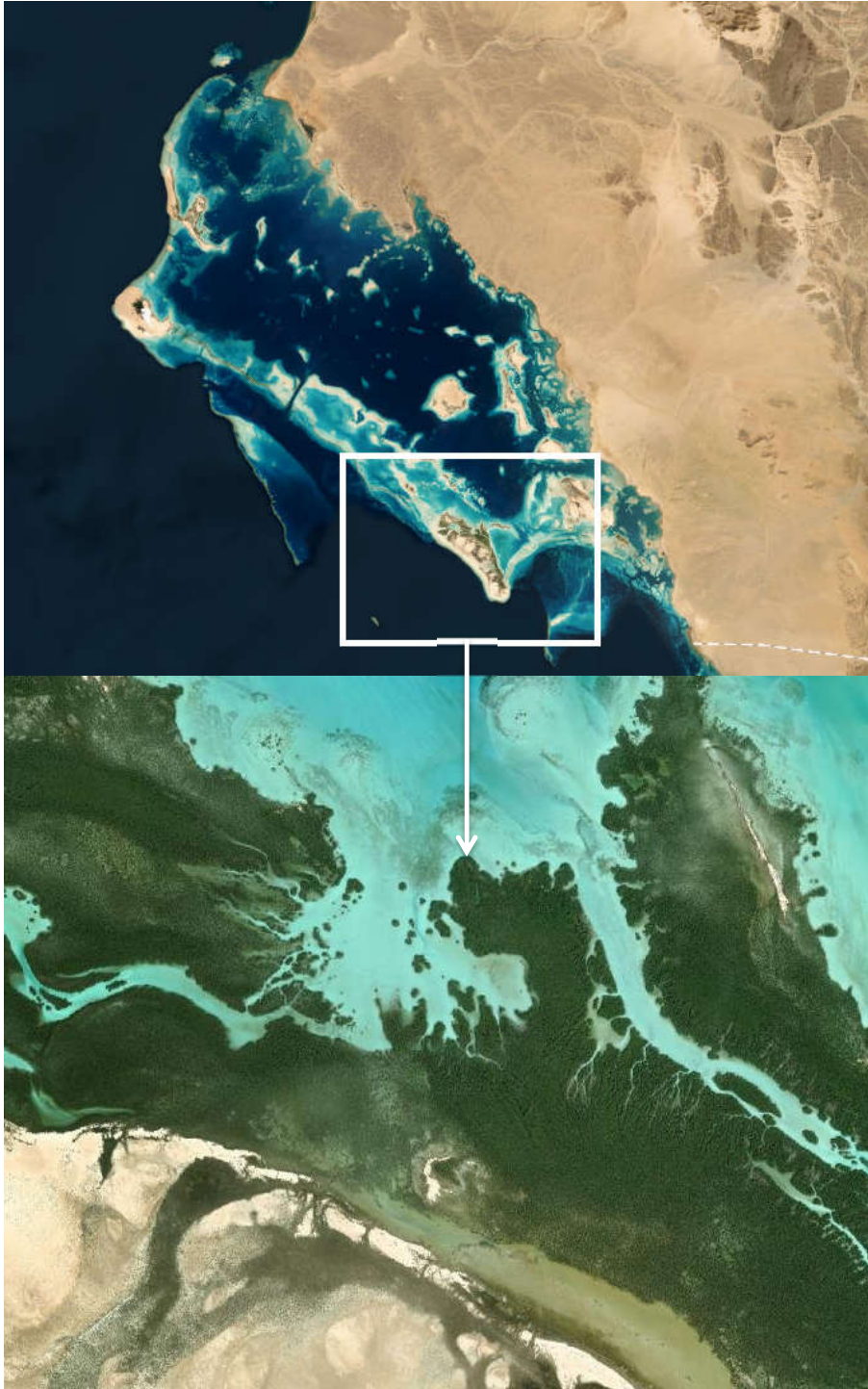
Κατά τη διάρκεια της παρούσας μελέτης, εντοπίστηκαν επιπλέον στοιχεία τα οποία συμφωνούν με τις επιστημονικές μελέτες που παρατέθηκαν προηγουμένως. Κατά τη διαδικασία εκκαθάρισης του θορύβου από τα δεδομένα της αποτύπωσης, παρατηρήθηκε τύπος θορύβου που πιθανότατα προέρχεται από φυσαλίδα αερίου μέσα στο νερό. Όπως φαίνεται στη συνέχεια, μεταξύ δύο κρατήρων εντοπίζεται ένα σημείο μεμονωμένου σφάλματος το οποίο αποτυπώνεται 40m ανώτερα από την επιφάνεια του βυθού. Το συγκεκριμένο σημείο λοιπόν είναι μια χρήσιμη πληροφορία για να ερμηνευτεί το φαινόμενο που μελετάται, αν και θα πρέπει να αφαιρεθεί ώστε να αποτραπεί η εσφαλμένη εκτίμηση του τοπικού βάθους.



Εικόνα 5.5.7 – Θόρυβος που οφείλεται σε ανερχόμενη φυσαλίδα αερίου

Συμπερασματικά, κοντά στην ακτογραμμή Ερυθράς Θάλασσας παρατηρείται συγκέντρωση μεθανίου (CH_4) και χλωρίου (CL). Η προέλευση αυτών μπορεί να είναι επιφανειακή μέσω της θαλάσσιας βλάστησης αλλά και υπόγεια μέσω των κρατήρων διαφυγής από τις υποθαλάσσιες κοιλότητες. Αν και το ποσοστό συγκέντρωσής του μεθανίου δεν είναι σημαντικό σε σχέση με αυτό των μεγαλύτερων ωκεανών, δε παύει να αποτελεί μια αξιοσημείωτη πηγή στη παγκόσμια εκπομπή των GHG's (Greenhouse Gases).

Μέσω της παρακάτω εικόνας που λήφθηκε από την ιστοσελίδα του Earth Explorer, αποτυπώνεται το μέγεθος της μακρόβιας βλάστησης σε ένα σημείο της ανατολικής ακτής της θάλασσας.



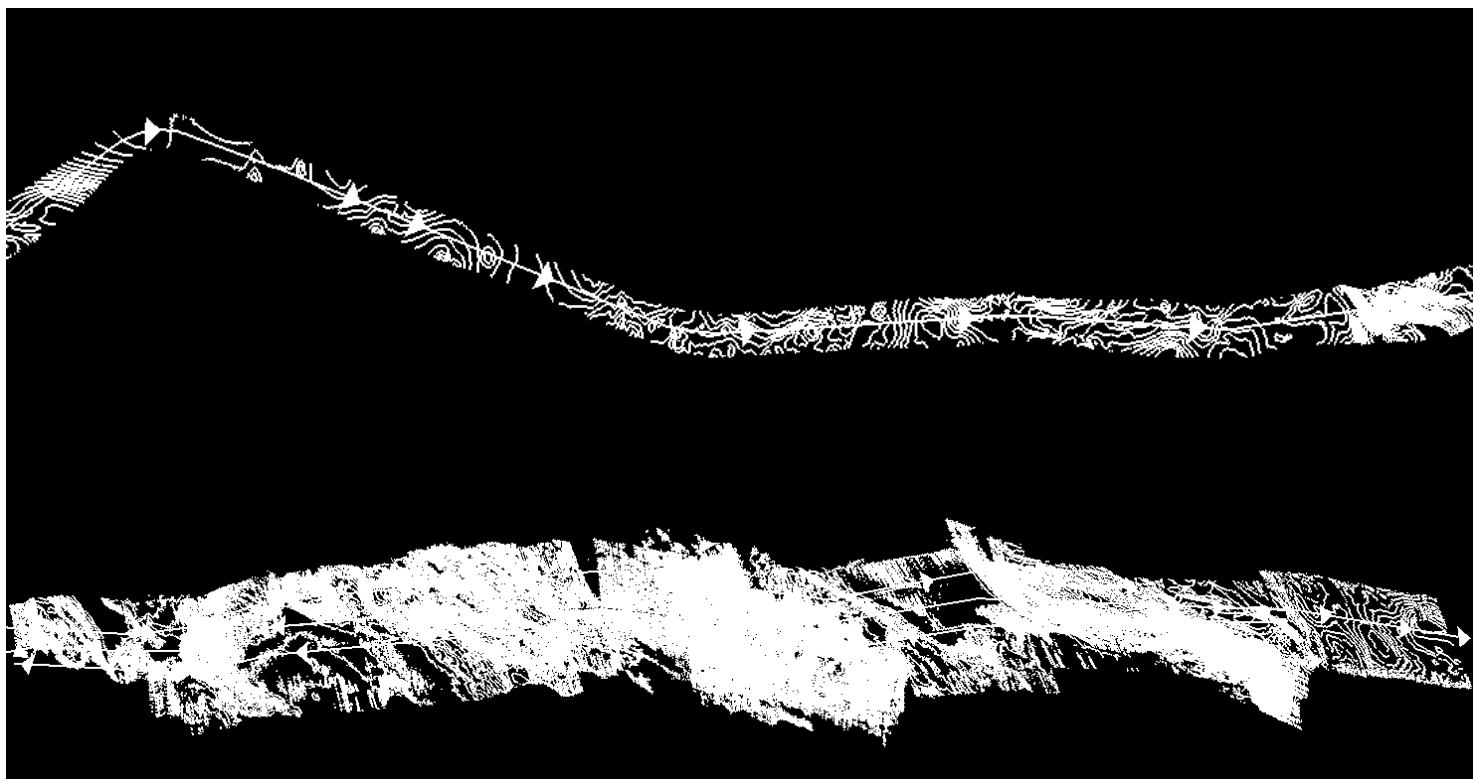
Εικόνα 5.5.8 – Μακρόβια βλάστηση στην ανατολική ακτογραμμή

Πηγή: (<https://earthexplorer.usgs.gov/>)

6.1 Υπολογισμός ισοβαθών καμπυλών

Με απώτερο σκοπό τη τελική απόδοση της βαθυμετρίας σε κατάλληλα διαγράμματα, απαιτείται η δημιουργία των ισοβαθών καμπυλών (contours) που περιγράφουν βυθομετρικά τον πυθμένα. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, αποφασίστηκε ο διαχωρισμός της αποτυπωμένης έκτασης σε επί μέρους τμήματα τα οποία διαφέρουν ως προς την κλίμακα βάθους των σημείων. Για παράδειγμα, ο υπολογισμός των καμπυλών για τα τμήματα διακύμανσης βάθους 50 έως 500 μέτρων έγινε ξεχωριστά από εκείνα στα οποία το βάθος κυμαίνεται από 500 έως 2000 μέτρα. Η επιλογή αυτή βασίστηκε στην επιθυμία αποφυγής ανακριβιών, καθώς σε σημεία πολύ απότομης υψομετρικής διαφοράς, ο αλγόριθμος παρουσίαζε κενές περιοχές οι οποίες δεν συνοδεύονταν από περιγραφή βάθους.

Κοινό σημείο και των δύο τμημάτων αποτέλεσε η ισοδιάσταση μεταξύ των πρωτευόντων και των δευτερευόντων καμπυλών, αφού για τις ανάγκες της εργασίας, προτιμήθηκε να είναι στα 10 μέτρα. Σημειώνεται πως η διαδικασία του contouring πραγματοποιήθηκε στο λογισμικό Qimage.



Εικόνα 6.1.1 – Δημιουργία ισοβαθών καμπυλών

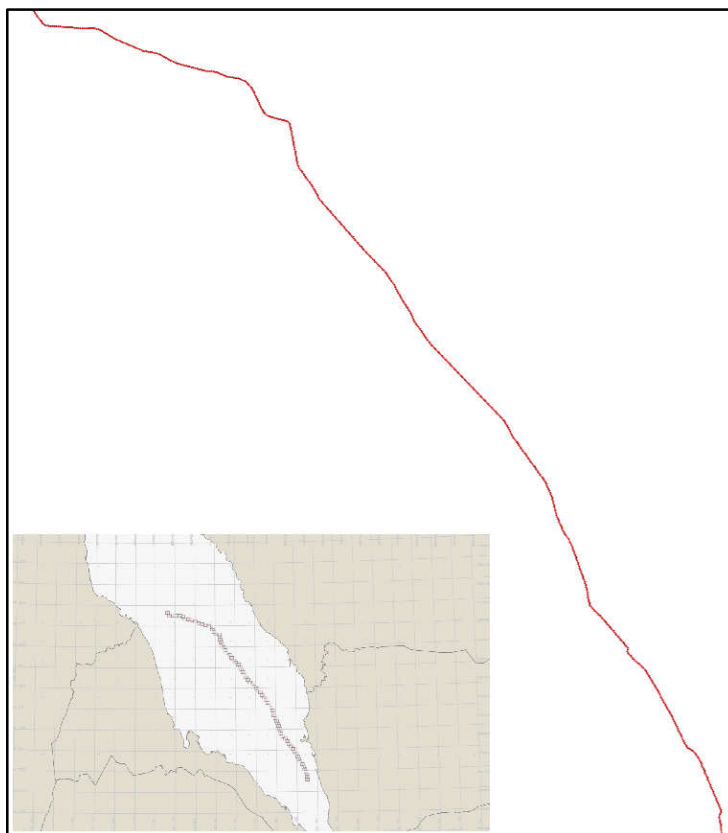
6.2 Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό AUTOCHART

Το λογισμικό AUTOCHART αποτελεί μια προέκταση του αντίστοιχου AUTOCAD ώστε να αξιοποιείται για την επεξεργασία και τη διαχείριση υδρογραφικών δεδομένων. Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν όλες οι επί μέρους διαδικασίες που ακολουθήθηκαν για την τελική χαρτογραφική απόδοση του πυθμένα. Σημειώνεται πως δε θα γίνει υπερβολική αναφορά στις σχετικές με το λογισμικό λεπτομέρειες αλλά θα σχολιαστούν μόνο τα βασικότερα σημεία όπως αρχικές εντολές κλπ.

Με σκοπό την εισαγωγή των δεδομένων στο AUTOCHART, προαπαιτείται η διάθεση της βαθυμετρίας αλλά και των συμπληρωματικών στοιχείων της όπως η τροχιά της αποτύπωσης, οι συντεταγμένες των σημείων αλλαγής πορείας του σκάφους, οι πληροφορίες του προβολικού και γεωδαιτικού συστήματος κ.α..

Πριν από οποιαδήποτε διεργασία ο συντάκτης απαιτείται να γνωρίζει τη κλίμακα δημιουργίας των διαγραμμάτων, του τύπου προβολής (UTM 37N) των δεδομένων αλλά και το μέγεθος του χαρτιού στο οποίο θα εντυπωθούν. Για την εισαγωγή της RPL, χρησιμοποιείται η εντολή (Import – Import Route) και δηλώνεται το αρχείο CSV μαζί με κάποιες επιπλέον ρυθμίσεις για την εμφάνιση και τον τύπο της τροχιάς.

Το αποτέλεσμα της διαδικασίας με εντυπωμένη κλίμακα (1:10.000), απεικονίζεται στην εικόνα 6.2.1.



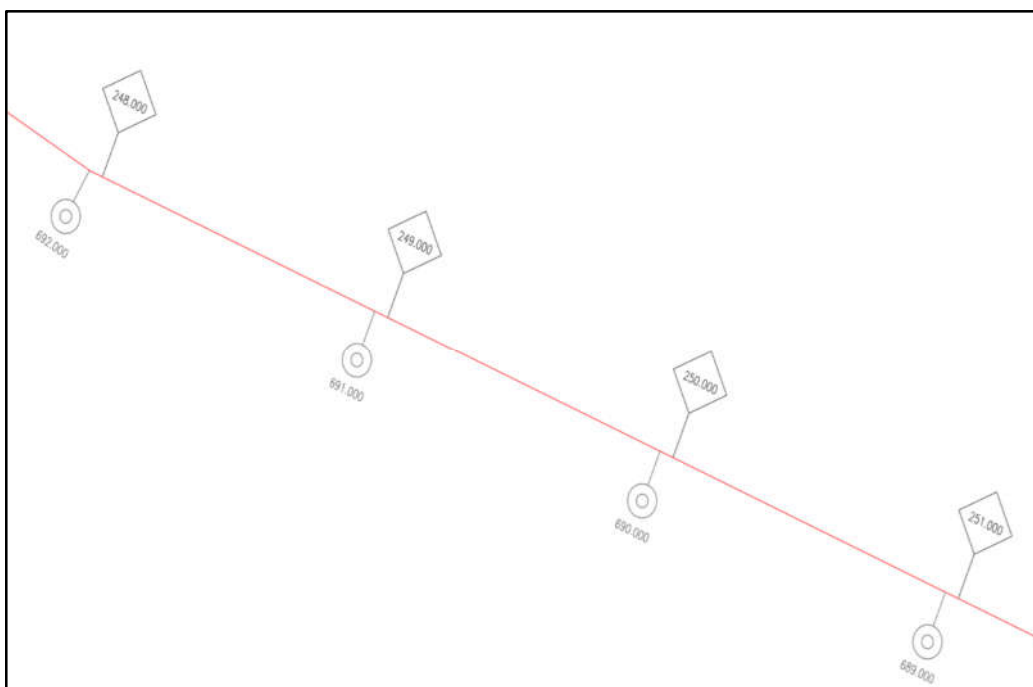
Εικόνα 6.2.1 – Εισαγωγή Survey Route στο AUTOCHART

6.3 Εισαγωγή χιλιομετρικών σημείων

Αφού εισαχθεί η τροχιά της αποτύπωσης, χρειάζεται να δημιουργηθούν χιλιομετρικά σημεία (KPs) κατά μήκος της γραμμής. Η δημιουργία ακολουθεί την εντολή (Create KPs – Single Route) η οποία οδηγεί σε περιβάλλον ρυθμίσεων που σχετίζονται με τη κλίμακα των συμβόλων, τη χωρική κατανομή των KPs, τον τρόπο εμφάνισής τους, τα σημεία αρχής και πέρατος κ.α..

Ο υπολογισμός των KPs έχει αποφασιστεί να γίνει με βάση τις γεωγραφικές συντεταγμένες των σημείων (WGS'84). Για το λόγο αυτό, οι αποστάσεις μεταξύ τους θα απέχουν ελάχιστα από τις ζητούμενες καθώς θα έχει ληφθεί υπ όψιν ο παράγοντας κλίμακας του προβολικού συστήματος.

Όμοια διαδικασία ακολουθείται και για τον υπολογισμό των χιλιομετρικών σημείων στην αντίστροφη τροχιά (Reverse Route), κάτι που προτιμάται για λόγους πληρότητας και σαφήνειας. Η κατεύθυνση της τροχιάς αλλάζει μέσω της εντολής (Utilities – Route – Reverse Route), υπολογίζονται τα KPs και λαμβάνουν ξεχωριστό συμβολισμό.

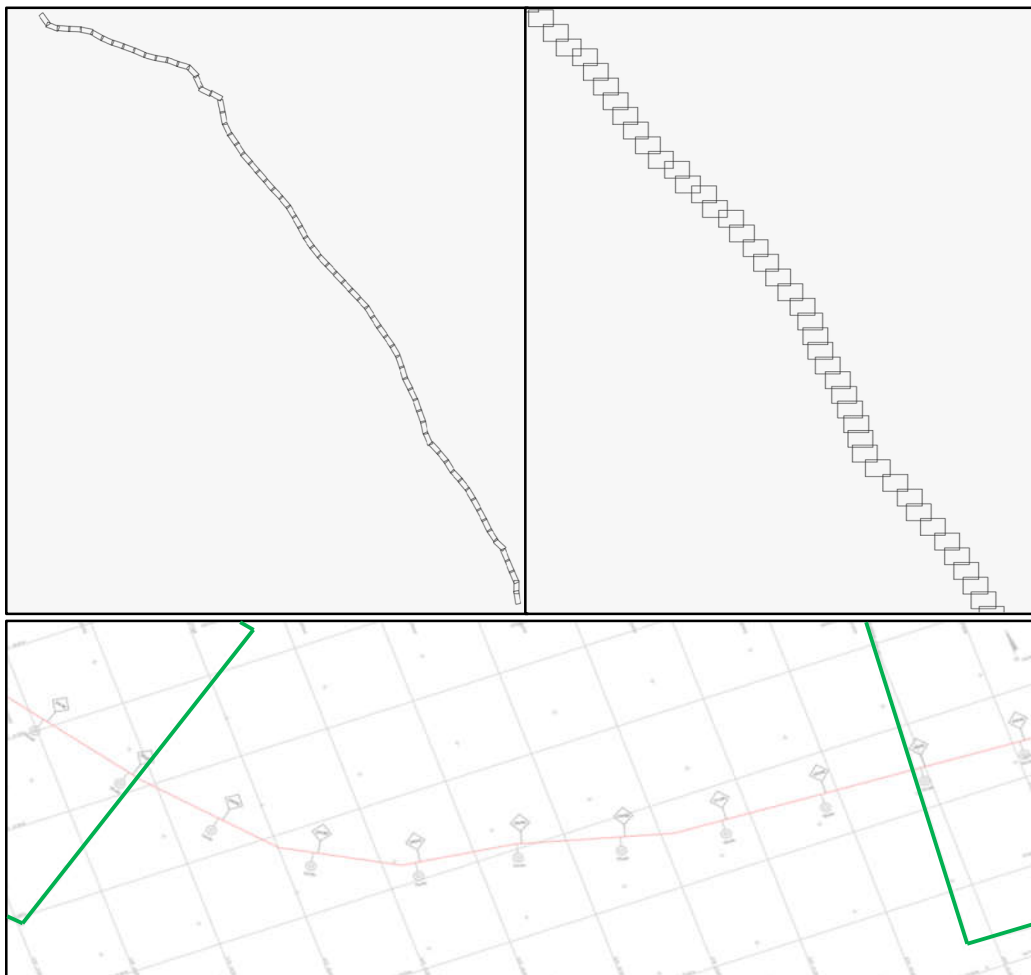


Εικόνα 6.3.1 – Εισαγωγή χιλιομετρικών σημείων

6.4 Δημιουργία Panels και Matchlines

Για τη δημιουργία των τελικών διαγραμμάτων (charts), προαπαιτείται ο διαχωρισμός της γραμμής της τροχιάς σε μικρότερα τμήματα, ανάλογα με τις θέσεις των χιλιομετρικών σημείων που υπολογίστηκαν προηγούμενα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη δημιουργία των panels μέσω της εντολής (Create Panels – Single Route Classic). Εννοείται πως πραγματοποιούνται οι απαραίτητες ενδιάμεσες ρυθμίσεις ώστε τα πάνελ να εμφανίζονται με τον επιθυμητό τρόπο. Η θέση του κάθε πάνελ σε σχέση με το προηγούμενο και το επόμενο του καθορίζεται μέσω των γραμμών συνέχειας (Matchlines).

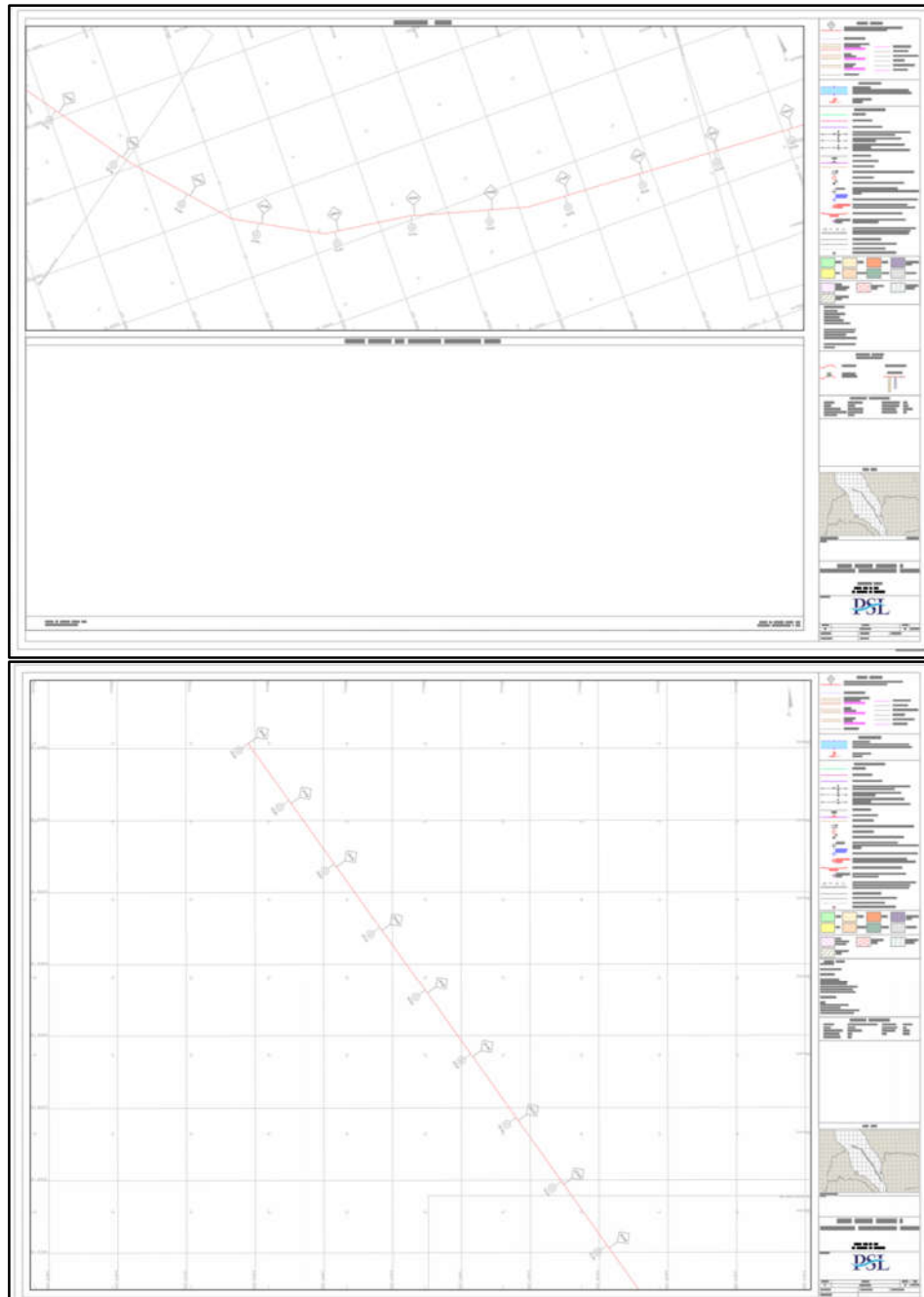
Για λόγους πληρότητας, η τοποθέτηση των πάνελ πραγματοποιήθηκε σε δύο μορφές. Η πρώτη, όπως φαίνεται στην αριστερή εικόνα, ακολουθεί αυστηρά τη πορεία και το προσανατολισμό της αποτύπωσης (μορφή Alignment) ενώ η δεύτερη, στη δεξιά εικόνα, ακολουθεί το γεωγραφικό βορρά (μορφή North-Up). Η συνθήκη αυτή αφορά αυστηρά τις προδιαγραφές των παραδοτέων όπου ζητούνται και οι δύο προσανατολισμοί.



Εικόνα 6.4.1 – Δημιουργία panels και Matchlines

6.5 Δημιουργία διαγραμμάτων και καννάβου

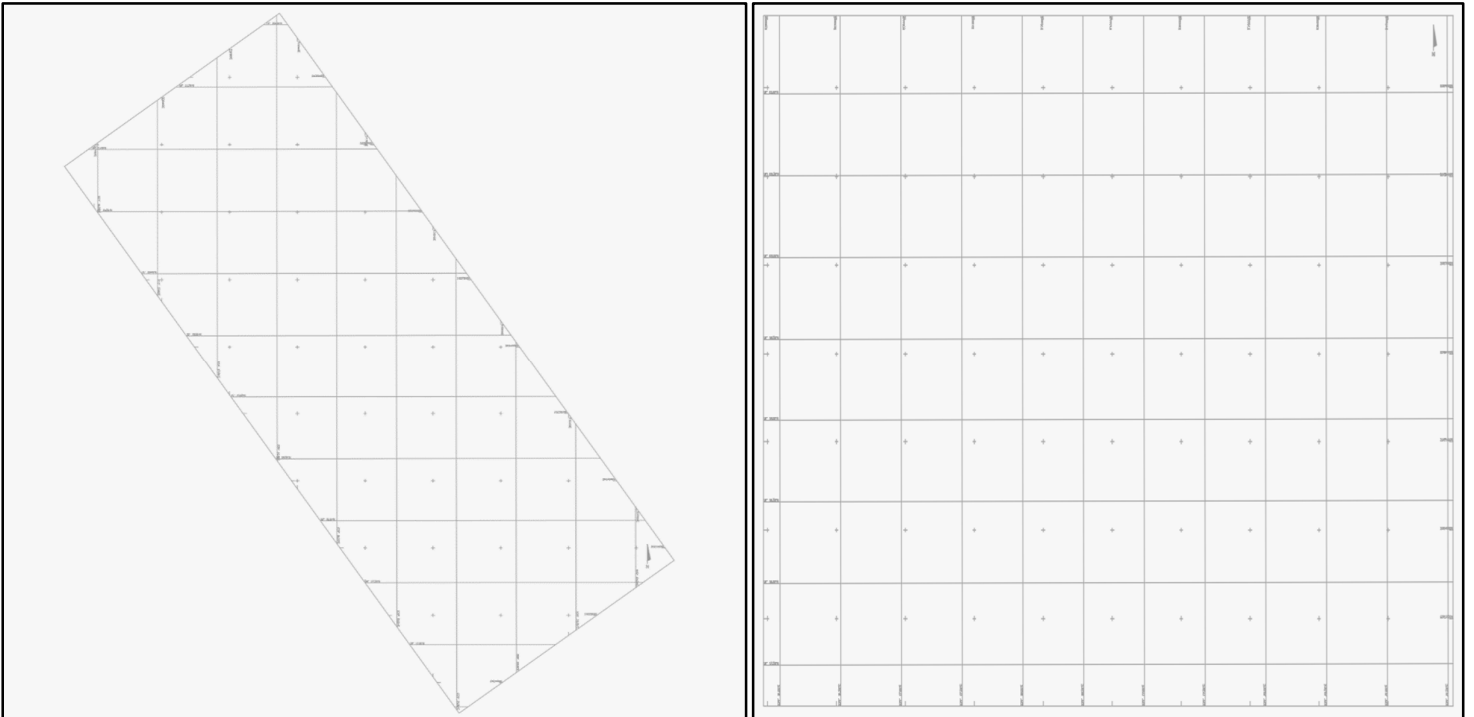
Για τη δημιουργία των διαγραμμάτων (Alignment και North-Up) γίνεται χρήση της εντολής (Create Charts) όπου επιλέγεται το αρχείο χαρτογραφικού υποβάθρου, τα επιθυμητά panels, η κλίμακα και οι διαστάσεις του χάρτη κ.α.. Στην ουσία οργανώνεται το περίγραμμα των διαγραμμάτων των οποίων το πλήθος θα είναι ισάριθμο των panels που έχουν ήδη δημιουργηθεί.



Εικόνα 6.5.1 – Δημιουργία διαγραμμάτων

Αντίστοιχα ο καννάβος δημιουργείται με την εντολή (Create Grid – Chart Series) για κάθε επιθυμητό διάγραμμα. Επιπλέον γίνονται επιλογές μορφοποίησης του καννάβου όπως η κλίμακα, το διάστημά του κ.α.. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται μια φορά ενώ ενημερώνονται ταυτόχρονα όλα τα υπόλοιπα διαγράμματα με τα ίδια χαρακτηριστικά.

Όμοια με τη δημιουργία των πάνελς, η εισαγωγή του καννάβου πραγματοποιείται ξεχωριστά για τις μορφές Alignment (αριστερή εικόνα) και North-Up (δεξιά εικόνα).

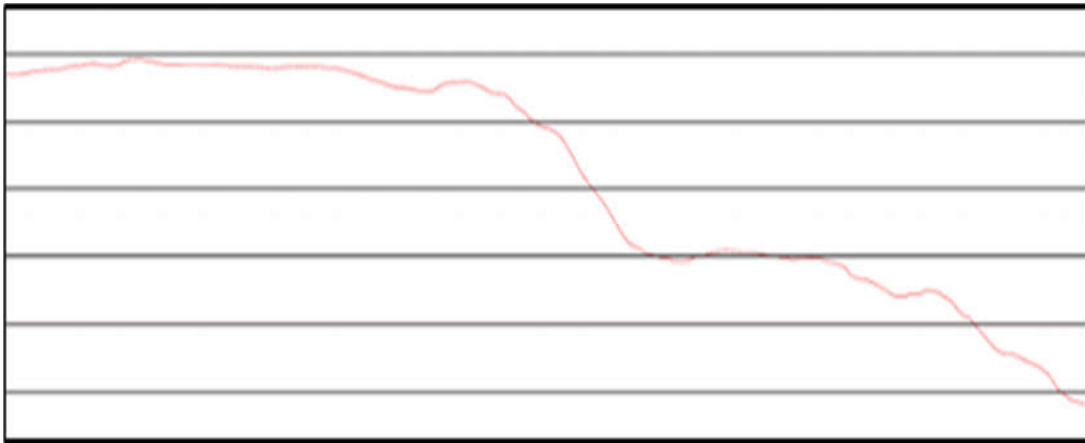


Εικόνα 6.5.2 – Δημιουργία καννάβου

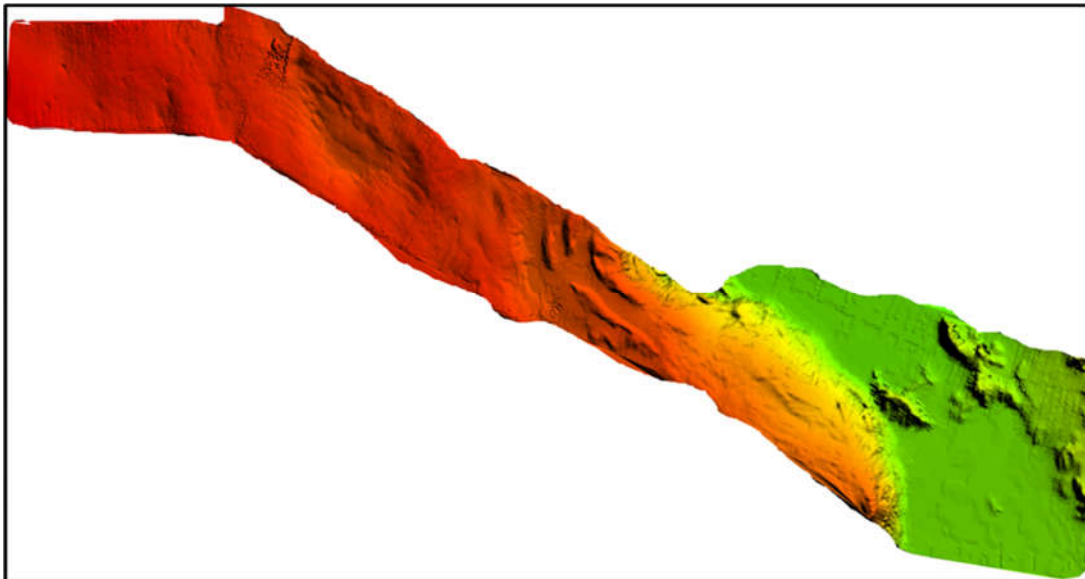
6.6 Δημιουργία προφίλ και τελική απόδοση

Στο τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας, πραγματοποιείται εισαγωγή των ήδη διαθέσιμων δεδομένων καθώς και των διαγραμμάτων στο αρχείο υποβάθρου. Αυτή η ενέργεια ολοκληρώνεται μέσω της εντολής (XRef Data) αφού προσεχθεί και η σειρά των layers όπως γίνεται άλλωστε σε κάθε χάρτη.

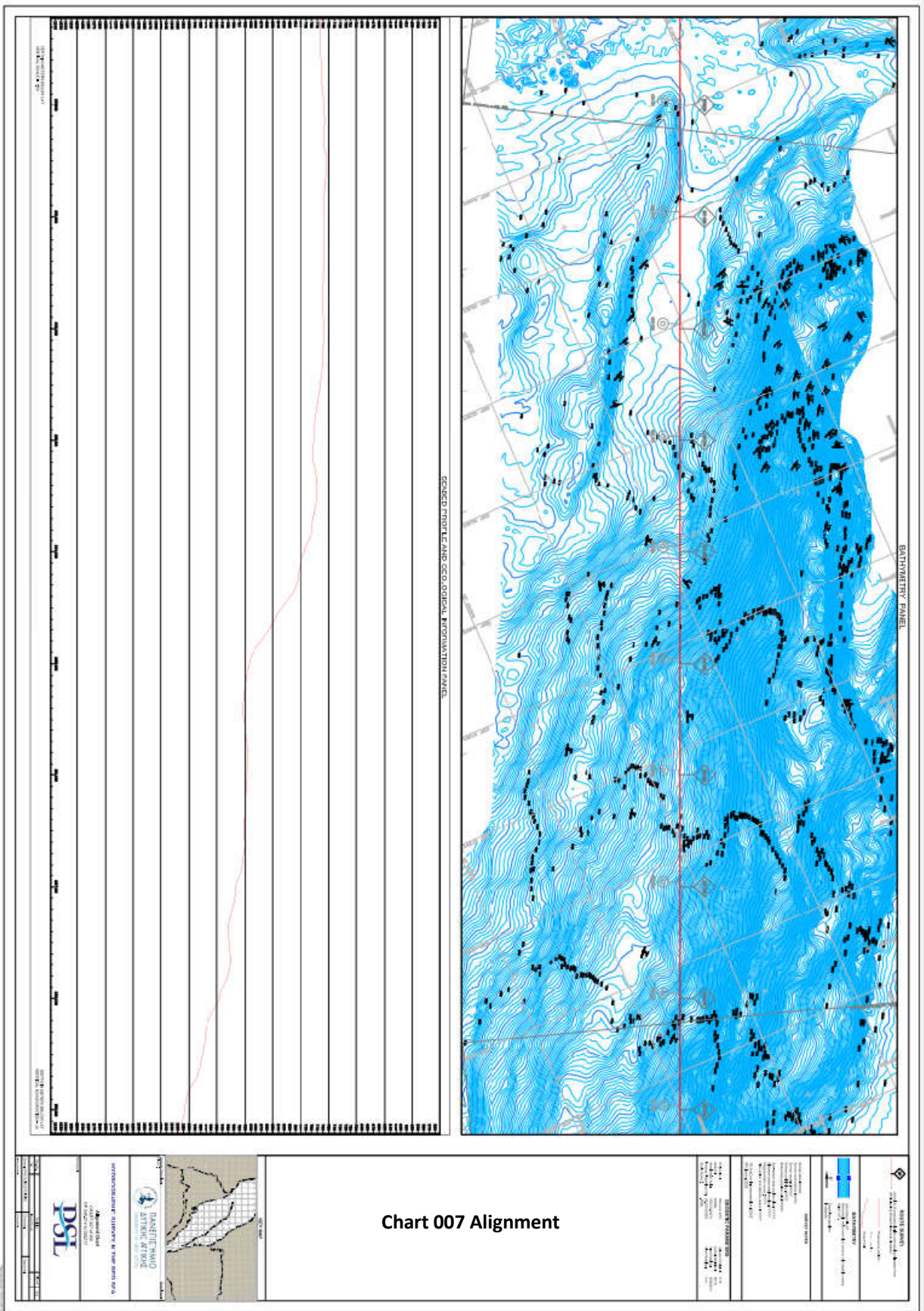
Ακολουθεί η δημιουργία του προφίλ που εντυπώνει τη μηκοτομή της αποτύπωσης (Profile – Create Profile – Current Drawing) αφού εισαχθούν το αρχείο esv, η RPL σε μορφότυπο dwg, η κλίμακα κλπ. Το προφίλ ενσωματώνεται στο αρχείο υποβάθρου μαζί με τα διαγράμματα που έχουν δημιουργηθεί.



Εικόνα 6.6 – Μηκοτομή Αποτύπωσης



Εικόνα 6.6.1 – Επιλεγμένο τμήμα ΨΜΕ



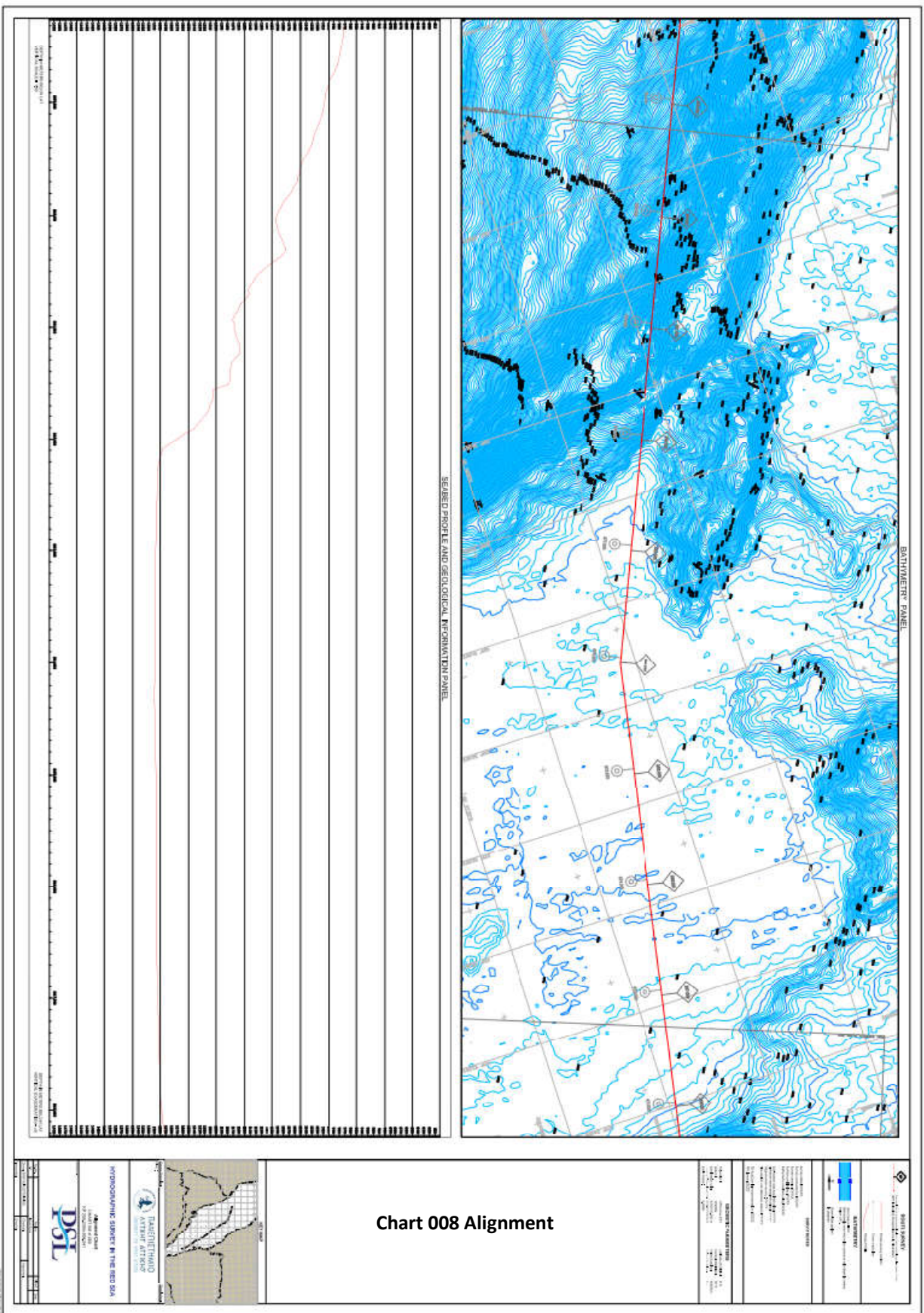
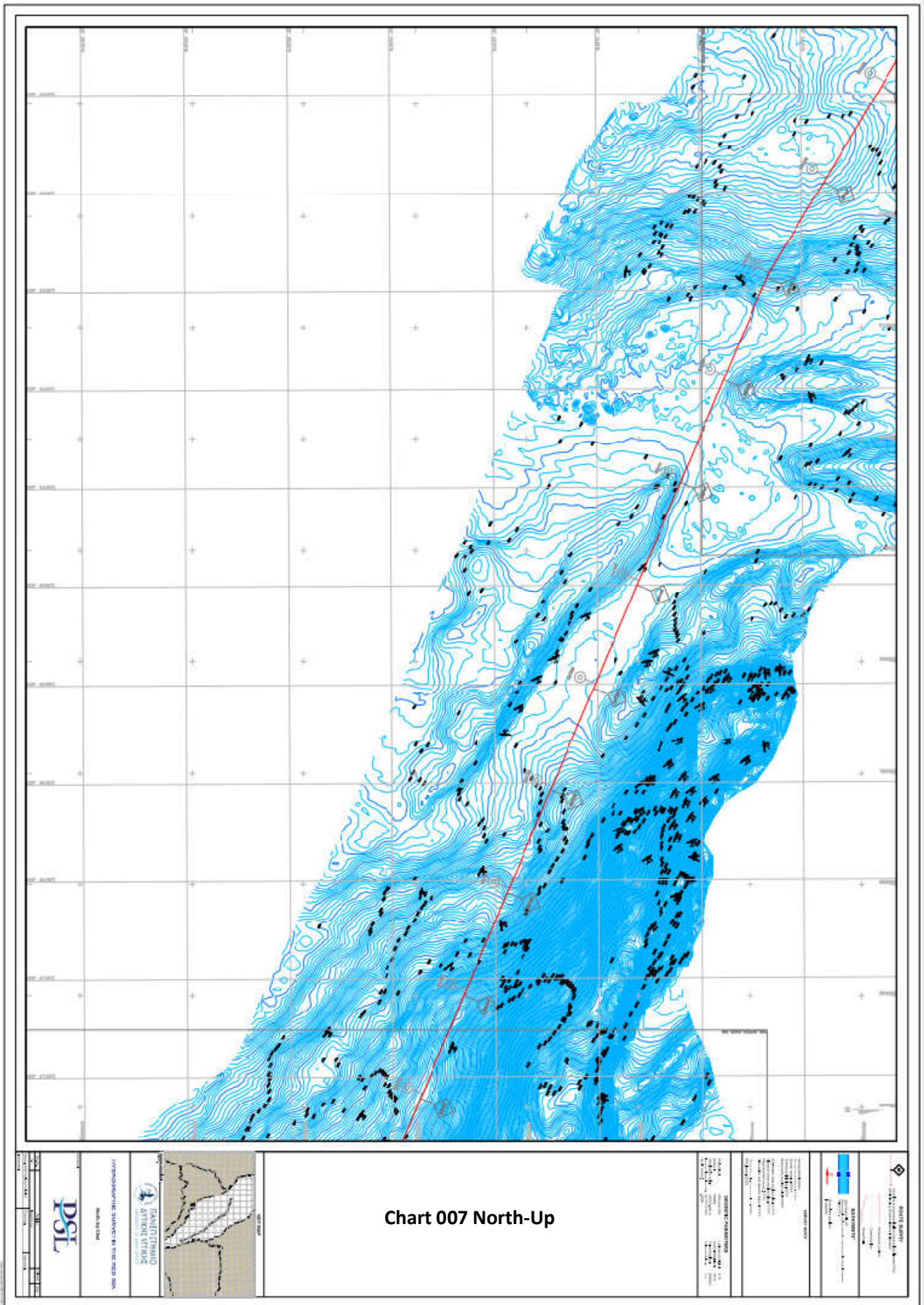


Chart 008 Alignment



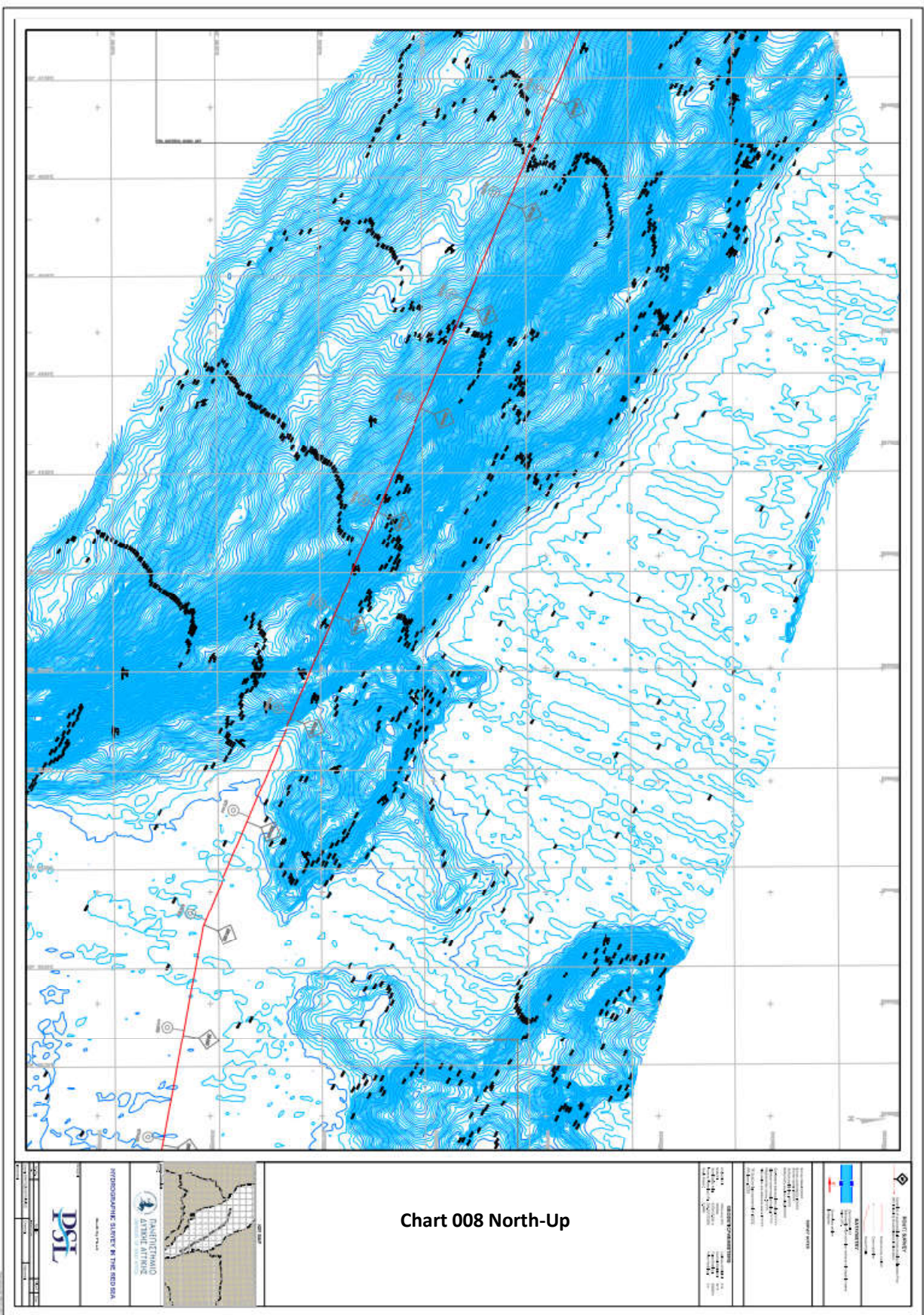
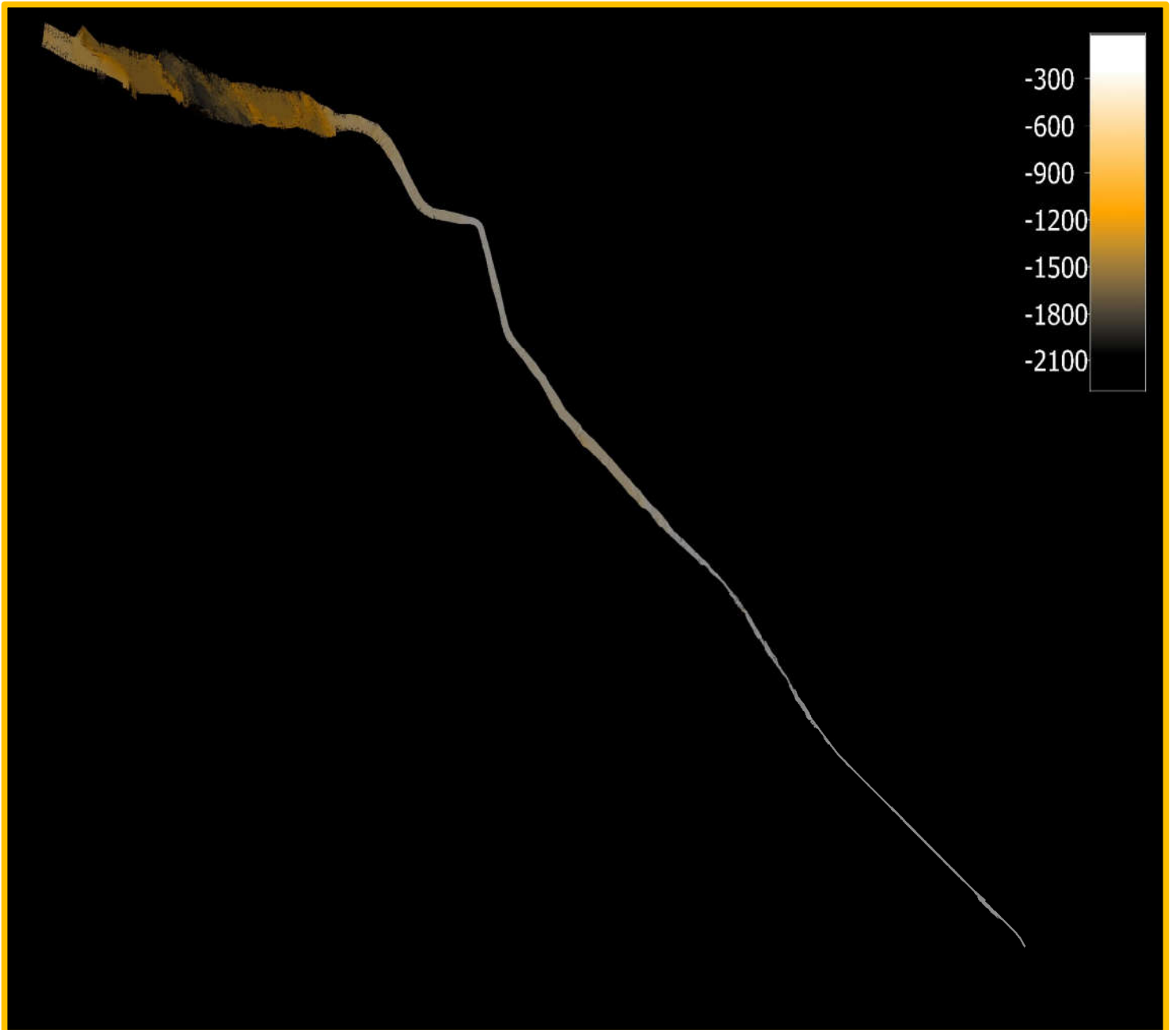


Chart 008 North-Up

	<p>ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΑΣ, ΑΙΘΡΑΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΜΙΣΤΙΚΗΣ</p>		<p>ΣΗΜΑΝΤΑ</p> <p>ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΑΣ, ΑΙΘΡΑΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΜΙΣΤΙΚΗΣ</p>	<p>ΣΗΜΑΝΤΑ</p> <p>ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΑΣ, ΑΙΘΡΑΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΜΙΣΤΙΚΗΣ</p>	<p>ΣΗΜΑΝΤΑ</p> <p>ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΑΣ, ΑΙΘΡΑΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΜΙΣΤΙΚΗΣ</p>	<p>ΣΗΜΑΝΤΑ</p> <p>ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΑΣ, ΑΙΘΡΑΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΜΙΣΤΙΚΗΣ</p>
--	--	--	--	--	--	--

Το τελικό μοντέλο εδάφους με τη χρωματική κλίμακα απόδοσης του πυθμένα και τη διακριτική ικανότητα των 20 μέτρων, παρουσιάζεται στην εικόνα 4.6.2.

Όπως διαφαίνεται μέσω του υπομήματος, τα μικρότερα βάθη απεικονίζονται με λευκό χρώμα, τα ενδιάμεσα με αποχρώσεις του πορτοκαλί ενώ τα μεγαλύτερα αποτυπώνονται με σκούρο καφέ και μαύρο χρώμα.



Εικόνα 6.6.6 – Τελικό ΨΜΕ

7.1 Γενικότερα Συμπεράσματα

Μετά το πέρας της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας κατανοήθηκε πως ο τομέας της υδρογραφίας είναι εξαιρετικά πολύ-παραμετρικός καθώς απαιτεί τη γνώση και το συνδυασμό πολλαπλών εφαρμογών από διαφορετικούς επαγγελματικούς τομείς. Λόγω του πολύπλοκου και δύσκολα κατανοήσιμου πεδίου εργασίας, κάθε ελλιπής διεργασία καθυστερεί και εμποδίζει σημαντικά τη περάτωση της έρευνας. Σε περιπτώσεις σφαλμάτων δε, είναι πολύ πιθανό η αποτύπωση να μη μπορεί να συνεχιστεί και να χρειάζεται να ξεκινήσει από την αρχή με ένα φυσικά μεγάλο χρονικό και χρηματικό κόστος. Γίνεται κατανοητή λοιπόν η σημαντικότητα της εξοικείωσης και της εμπειρίας των υδρογράφων μηχανικών με το υδάτινο στοιχείο αφού κάθε αποτύπωση απαιτεί λεπτομερή χειρισμό και σωστές αντιδράσεις στο πεδίο.

Αναφορικά με την επεξεργασία και τη γενικότερη διαχείριση και ερμηνεία των δεδομένων σε εργασία post processing, οι απαιτήσεις είναι σχεδόν ισοβαρείς. Όπως αποδείχθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια της εργασίας, η κατάλληλη αναγνώριση των λανθασμένων σημείων δεν είναι εύκολη διαδικασία και μάλιστα σε αρκετές περιπτώσεις δεν είναι εφικτή η πλήρης απομάκρυνσή τους. Λόγω των πολλαπλών πιθανών πηγών προέλευσής τους, ο διαχωρισμός του χρήσιμου και του μη χρήσιμου θορύβου χρειάζεται προσοχή αφού οι λανθασμένες εκτιμήσεις αλλοιώνουν την αξιοπιστία και τη πληροφόρηση που παρέχει η αποτύπωση. Εκτός αυτού, ιδιαίτερα σημαντική είναι η καλή γνώση της χαρτογραφίας καθώς το τελικό προϊόν που είναι ο πυθμένας, θα αποδοθεί σε ένα χάρτη-διάγραμμα. Τα στοιχεία που θα το συνοδεύουν θα πρέπει να συμφωνούν με τους θεμελιώδεις χαρτογραφικούς κανόνες ώστε να αποφεύγεται η σύγχυση κατά την ανάγνωση.

Επιπλέον επιβεβαιώθηκε πως η οποιαδήποτε ενέργεια εντός και εκτός πεδίου θα πρέπει να συμφωνεί με τους νομικούς κανόνες και τη νομοθεσία της χώρας στην οποία πραγματοποιείται η αποτύπωση. Η προστασία του περιβάλλοντος και του δημοσίου αγαθού είναι επίσης ιδιαίτερα σοβαρά ζητήματα που δε γίνεται να παραληφθούν.

Μετά από σχετική συζήτηση με τους συμμετέχοντες της αποτύπωσης, έγινε κατανοητό πως η σοβαρότητα στη χρήση σύγχρονων μέσων αποτύπωσης, εντοπισμού και επεξεργασίας είναι μεγάλη. Η τεχνολογική εξέλιξη έχει σταθεί αρωγός στην εργασία του υδρογράφου καθώς έχει κατορθώσει να περιορίσει κατά πολύ τα σφάλματα και τις ανακρίβειες στις μετρήσεις. Η πολύ ακριβής γνώση των στοιχείων της παλίρροιας, των θαλάσσιων ρευμάτων, των ιδιοτήτων του θαλασσινού νερού (αλατότητα, πίεση, θερμοκρασία κ.α.), αποτελούν μονόδρομο προς την ορθή περάτωση της αποτύπωσης. Όσο μάλιστα αυτά τα χαρακτηριστικά, επεξεργάζονται από σύγχρονα λογισμικά εργαλεία, οι ανέσεις που προσφέρονται αυξάνονται κατακόρυφα. Αυτό φυσικά δε συνεπάγεται τη χαλαρότητα και τον εφησυχασμό των

επαγγελματιών αφού σε κάθε σχεδόν αποτύπωση παρουσιάζονται αρκετές καταστάσεις οι οποίες μπορούν να προβλεφθούν και να αντιμετωπιστούν αποκλειστικά και μόνο από τον ανθρώπινο παράγοντα.

Γενικότερα, η κατάλληλη συνεργασία επαγγελματιών από διαφορετικούς κλάδους όπως η Ωκεανογραφία, η Τοπογραφία, η Γεωλογία, η Ωκεανογραφία, η Γεωγραφία, η Μηχανική κ.α., είναι η ιδανικότερη κατάσταση που αποδίδει ορθότητα και αξιοπιστία σε μια υδρογραφική εργασία. Η υπευθυνότητα και η μεθοδικότητα είναι αρετές που δε γίνεται να λείπουν από το πεδίο.

Συμπερασματικά για τις υδρογραφικές αποτυπώσεις, ο περιορισμένος χρόνος εργασίας, το σύνθετο μέσο μέτρησης, η έλλειψη οπτικής επαφής με το αντικείμενο μελέτης (πυθμένας), το μεγάλο κόστος της προετοιμασίας και της διαχείρισης εξοπλισμού, η μεγάλη ευαισθησία στις καιρικές συνθήκες κ.α., καθιστούν την ειδίκευση του υδρογράφου πολύ δυσκολότερη από εκείνη του τοπογράφου που εργάζεται σε σταθερό επίπεδο (Mavraeidopoulos et al., 2017).

Όλες οι τεχνικές και θεωρητικές λεπτομέρειες των υδρογραφικών ερευνών, θα πρέπει να συνάδουν με τις προδιαγραφές που έχουν καθοριστεί υπό την αιγίδα του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού (IHO). Τα βασικότερα αναγραφόμενα είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη οριζοντιογραφική ακρίβεια, η μέγιστη επιτρεπόμενη κατακόρυφη ακρίβεια, η επί τις εκατό κάλυψη του πυθμένα, η μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση μεταξύ των βολιστικών πορειών, η ακρίβεια προσδιορισμού στίγματος του σκάφους κλπ. Τα αριθμητικά όρια των ανωτέρω στοιχείων μεταβάλλονται ανάλογα τη κατηγορία στην οποία ανήκει η εκάστοτε υδρογραφική εργασία (Mavraeidopoulos et al., 2017).

7.2 Ειδικότερα Συμπεράσματα

Σε πιο προσωπικό επίπεδο, γνωστοποιήθηκε ο τρόπος ροής των διεργασιών μιας υδρογραφικής αποτύπωσης τόσο σε στάδιο προετοιμασίας όσο και σε στάδιο μετεπεξεργασίας των βαθυμετρικών δεδομένων. Αναγνωρίστηκαν οι κίνδυνοι και οι παγίδες που κρύβει το επάγγελμα του υδρογράφου αλλά εξετάστηκαν και λύσεις πρόβλεψης και αποφυγής αυτών. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε εξοικείωση με τη χρήση του επαγγελματικού λογισμικού QIMERA και έγινε εξάσκηση στην επεξεργασία πραγματικών και σύνθετων δεδομένων. Συμπεραίνεται πως ο συγκεκριμένος τομέας απαιτεί ιδιαίτερη θεωρητική μελέτη και παραστάσεις πεδίου ώστε να γίνει αντικείμενο επαγγελματικής ενασχόλησης.

Σχολιάζεται επιπλέον πως οι διαδικασίες που περιγράφηκαν, δεν ισχύουν επακριβώς για όλες τις αποτυπώσεις αλλά εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό και από το σκοπό αυτών. Βαθιά ή ρηχά ύδατα, μικρό ή μεγάλο πλωτό μέσο, είναι κάποια χαρακτηριστικά που μεταβάλλουν τη σειρά και το μέγεθος κάποιων εργασιών. Το παραγόμενο αποτέλεσμα μπορεί να είναι διαφορετικό ως προς τη διακριτική του ικανότητα, την ακρίβειά του, την έκτασή του, το βαθμό επεξεργασίας του κ.α. καθώς σχετίζεται με τις αναγκαιότητες της κάθε αποτύπωσης.

Πιο συγκεκριμένα στη περίπτωση της αποτύπωσης για εγκατάσταση οπτικών ινών, κατανοήθηκε πως η λεπτομερής απόδοση του αναγλύφου του πυθμένα είναι αυτοσκοπός. Σε σημεία με βάθος έως 1000 μέτρων απαιτείται το θάψιμο των καλωδίων λόγω των κινδύνων που κρύβουν οι αγκυροβολήσεις των σκαφών. Αντίθετα, σε βαθιά σημεία άνω των 1000 μέτρων ο κίνδυνος καταστροφής τους από άγκυρες ελαχιστοποιείται.

Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των δεδομένων, αντιμετωπίστηκαν ορισμένες δυσκολίες ως προς την ακριβή ερμηνεία του θορύβου, ιδιαίτερα σε σημεία μεγάλης εδαφικής τραχύτητας. Λόγω των ιδιαίτερων συνθηκών που επικρατούν στο πυθμένα της Ερυθράς Θάλασσας αλλά και της μεγάλης έκτασης που αποτυπώθηκε, η διαδικασία απαιτούσε προσοχή και λεπτομέρεια στην ανάλυση. Παρατηρήθηκε πως η περιοχή μελέτης είναι εξαιρετικά ενδιαφέρουσα για μελέτη τόσο λόγω της μεσοκεάνιας ράχης που τη διασχίζει όσο και λόγω των υποθαλάσσιων κρατήρων που αναγνωρίστηκαν. Ενδιαφέρουσα φάνηκε και η κατάσταση στα βαθύτερα στρώματα του υπεδάφους αφού παρατηρήθηκε η ύπαρξη μεθανίου και χλωρίου που αναβλύζουν από της ανοιχτές κοιλάτες του βυθού.

Σε συμπέρασμα των ανωτέρω, σχολιάζεται πως η ευρύτερη περιοχή της Ερυθράς Θάλασσα παρουσιάζει έντονο επιστημονικό ενδιαφέρον, κυρίως όσον αφορά το θαλάσσιο/παράκτιο περιβάλλον και την κατάσταση αυτών. Οι μαγκρόβιες εκτάσεις που καλύπτουν μεγάλο ποσοστό των ακτών της χρήζουν βαθύτερης μελέτης ώστε να διασφαλιστεί ακόμα περισσότερο η προστασία τους.

7.3 Συμπεράσματα περί των λογισμικών

Αναφορικά με το λογισμικό QIMERA, οι δυνατότητες που προσφέρει στην επεξεργασία και τη γενικότερη διαχείριση των πληροφοριών είναι πολλές και βοηθούν σημαντικά στη καλύτερη κατανόηση της διαδικασίας. Κάνοντας χρήση των κατάλληλων εργαλείων των οποίων η λειτουργία σχολιάστηκε παραπάνω, ολοκληρώθηκε η εκκαθάριση των περισσότερων σφαλμάτων και εξήχθη ένα επιστημονικά αποδεκτό μοντέλο εδάφους.

Κάτι αντίστοιχο ισχύει και για το λογισμικό AUTOCHART που αποτελεί μια προέκταση του αντίστοιχου AUTOCAD αποκλειστικά για την επεξεργασία υδρογραφικών δεδομένων. Μέσω αυτού παρήχθη το τελικό χαρτογραφικό προϊόν με τη χρωματική αναπαράσταση των αυξομειώσεων του βάθους. Η δημιουργία της τροχιάς της αποτύπωσης, των ισοϋψών καμπυλών του πυθμένα, των panels, των διαγραμμάτων αλλά και ο γενικότερος τρόπος διαχείρισης των δεδομένων, αποτέλεσαν χρήσιμα εργαλεία για την ορθή περάτωση της μελέτης.

7.4 Προτάσεις

Κατόπιν της παράθεσης των αποτελεσμάτων και της συζήτησης σχετικά με τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας, οι προτάσεις που μπορούν να γίνουν ώστε να βελτιωθεί ακόμη περισσότερο ο τομέας της υδρογραφίας, συνοψίζονται ως εξής:

1. Σε ειδικές περιπτώσεις υδρογραφικών αποτυπώσεων, όπου η περιοχή μελέτης είναι σχετικά αβαθής και απαιτείται μικρότερη ακρίβεια στα παραγόμενα χαρτογραφικά προϊόντα, η διαδικασία της βαθυμετρίας μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω δορυφορικών εικόνων. Η δυνατότητα της τηλεπισκόπησης έχουν πλέον αυξηθεί κατακόρυφα και για το λόγο αυτό θα ήταν ιδιαίτερα θετικό εάν αξιοποιούνταν με μεγαλύτερη συχνότητα στο τομέα της υδρογραφίας. Σε αρκετές περιπτώσεις μάλιστα, η αποτύπωση μέσω δορυφορικών εικόνων είναι αρκετά πιο ωφέλιμη από τις κοινές υδρογραφικές μεθόδους τόσο σε χρονικό όσο και σε χρηματικό κόστος.
2. Ο τομέας της υδρογραφίας παρουσιάζει έντονο ενδιαφέρον αφού πλέον η ανάγκη για πιο λεπτομερείς μελέτες στα υδάτινα και παράκτια περιβάλλοντα έχει αυξηθεί σημαντικά. Οι δυνατότητες και η εφαρμογές των πιο καινοτόμων μέσω αποτύπωσης, ανάλυσης και εξέτασης των αντλούμενων πληροφοριών και δεδομένων είναι πολλές και διατίθενται προς αξιοποίηση. Επομένως, με τη σωστή χρήση όλων των εργαλείων, μπορούν να προβλέπονται ακριβέστερα τυχών μεταβολές στα φυσικά αυτά περιβάλλοντα, τα οποία επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό και το ανθρωπογενές περιβάλλον.
3. Επιπρόσθετα, προτείνεται η ενασχόληση νέων μηχανικών με την επιστήμη της υδρογραφίας. Η έλλειψη από σχετικούς επιστήμονες είναι αρκετά εμφανής και δε μπορεί να υφίσταται όσο ο τομέας απαιτεί πολυπληθές επαγγελματικό δυναμικό. Τα οφέλη των σχετικών επαγγελμάτων είναι πολλά και το μέλλον επιτάσσει περισσότερες ανάγκες για έρευνες και μελέτες στις παγκόσμιες θάλασσες. Στο ζήτημα αυτό θα βοηθούσε η ανάπτυξη κάποιων μεταπτυχιακών προγραμμάτων εντός της χώρας, όπου θα δίνεται η ευκαιρία για περαιτέρω εξειδίκευση. Δυστυχώς, η ανεπαρκής διάθεση Ελληνικών συγγραμμάτων/εγχειριδίων σχετικά με τις υδρογραφικές αποτυπώσεις είναι κάτι που μειώνει το ενδιαφέρον από τους νέους ερευνητές και μελετητές μηχανικούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

8.1 Βιβλιογραφία

Η βιβλιογραφία που αξιοποιήθηκε κατά τη μελέτη και τη συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, παρατίθεται παρακάτω.

1. Alasdair J. Edwards, Stephen M. Head – <<Key Environments Red Sea>> – Chapter 1 – Pages 4,5,8 – Available at <https://books.google.com/books?hl=el&lr=&id=cx4lBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=red+sea&ots=VdtSxlibDo&sig=jFUDnGGkCFe6zy3qEqSOvREC6Wo>.
2. Αθανάσιος Ι. Θεοδώρου – Αθήνα, Μάιος (2017) – <<ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ – ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ>> – Κεφάλαιο 3 – Σελίδες 111, 123 – Εκδόσεις ΣΤΑΜΟΥΛΗ Α.Ε.
3. Αριστείδης Ι. Φωτίου, Χρήστος Κ. Πικριδάς – Θεσσαλονίκη (2012) – <<GPS ΚΑΙ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ>> – Κεφάλαιο 1 – Σελίδα 25 – Εκδόσεις ΖΗΤΗ.
4. Αθανάσιος Η. Παλληκάρης – Πειραιάς (1988) – <<ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΑ>> – ΕΚΔΟΣΗ ΔΕΥΤΕΡΗ – Σχολή Ναυτικών Δοκίμων – Κεφάλαια 19,24,26.
5. Αθανάσιος Η. Παλληκάρης – Νοέμβριος (1993) – <<ΠΑΛΙΠΡΟΙΕΣ ΚΑΙ ΠΑΛΙΠΡΟΙΑΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ>> – Σχολή Ναυτικών Δοκίμων – Κεφάλαια 7,8,9.
6. Αθανάσιος Κ. Μαυραειδόπουλος – 7 Μαΐου (2019) - <<Περιγραφή Μεθόδων Υδρογραφίας-Βαθυμετρίας και η Συνεισφορά της στην Κατασκευή Λιμενικών Έργων και Διαχείριση της παράκτιας ζώνης>> - Παράγραφος 4 (Περιγραφή Μεθόδων Υδρογραφίας / Βαθυμετρίας) – Σελίδες 7-8 – Διαθέσιμο στο: https://www.researchgate.net/publication/332903075_Perigraphie_Methodon_Ydrographias-Bathymetrias_kai_e_Syneisphora_tes_sten_Kataskeue_Limenikon_Ergon_kai_Diacheirise_tes_paraktias_zones.
7. IHO – MONACO - MAY (2005) – INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION – <<MANUAL ON HYDROGRAPHY – 1ST Edition>> – Chapter 3 (Depth Determination) – Pages 170-175 – Available at: https://www.deparentis.com/wp-content/uploads/2020/04/IHO-Manual-on-Hydrography-1st-edition-February-2011-C-13_e1.0.0_ENG.pdf.

8. C.W. Brennan, Chief Hydrographic Engineer - R2Sonic, (2009) – Chapters 3,5 – Available at: <https://www.r2sonic.com/wp-content/uploads/2020/03/The-New-Patch-Test.pdf>.
9. Εμμανουήλ Οικονόμου - Αιγάλεω (2020) – <<Φυσική_Ωκεανογραφία_ΠΑΔΑ>> – Διαλέξεις 1-2, 3-5.
10. QPS – <<Qimera 2.5 Documentation>> – 10 July (2023) – Available at: <https://publicdownload.qps.nl/Qimera/Qimera-2.5.4-Documentation.pdf>.
11. Μιχαήλ Γιαννίου – Αθήνα (2019) – <<ΠΛΟΗΓΗΣΗ – Αδρανειακά Συστήματα Πλοήγησης>> – Κεφάλαιο 10 – Σελίδες 44-48.
12. Enny Collier and Chris McGonigle - 16th September 2009 - 31st December (2010) - Imperial College London - Marine Aggregate Levy Sustainability Fund (MALSF) - <<Examining the relationship between acoustic backscatter and physical properties of the seabed>> – Chapter 2 – Pages 11-16 – Available at: https://www.researchgate.net/publication/280831946_Examining_the_relationship_between_acoustic_backscatter_and_physical_properties_of_the_seabed.
13. L.M. Cathles, Zheng Su, Duofu Chen – Publication in January (2010) - <<The physics of gas chimney and pockmark formation, with implications for assessment of seafloor hazards and gas sequestration - Marine and Petroleum Geology>> – Chapters 1,2,3 – Pages 81-85 – Available at: https://www.researchgate.net/publication/229305517_The_physics_of_gas_chimney_and_pockmark_formation_with_implications_for_assessment_of_seafloor_hazards_and_gas_sequestration.
14. Hakan Sarıtaş, Gunay Cifci, Louis Geli, Alexis Rochat - Publication in (2018) - <<Gas occurrence and shallow conduit systems in the Western Sea of Marmara: A review and new acoustic evidence>> – Available at: https://www.researchgate.net/publication/327653853_Gas_occurrence_and_shallow_conduit_systems_in_the_Western_Sea_of_Marmara_a_review_and_new_acoustic_evidence.
15. Mallory A.Sea, Neus Garcias-Bonet, Vincent Saderne, and Carlos M. Duarte – Publication in September (2018) - <<Carbon dioxide and methane fluxes at the air–sea interface of Red Sea mangroves>> – Available at: <https://bg.copernicus.org/articles/15/5365/2018/bg-15-5365-2018.html>.
16. Feldens, P. Schmidt, M. Mücke - Publication in May (2016) - <<Expelled subsalt fluids form a pockmark field in the eastern Red Sea>> – Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00367-016-0451-9>.

17. Marius Dewar, Nazmi Sellami, Baixin Chen – Publication in July (2015) - <<Dynamics of rising CO2 bubble plumes in the QICS field experiment: Part 2 – Modelling>> – Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1750583614003247>.
18. Vasilios Kastanidis – <<Presentation for Cartographic Software for the Oil, Gas, & Telecoms Industries>> – November 2023.
19. Geoffroy Lamarche , Xavier Lurton – Publication in May (2017) - << Recommendations for improved and coherent acquisition and processing of backscatter data from seafloor-mapping sonars>> - Pages 7,8 - Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11001-017-9315-6?fromPaywallRec=true>.
20. Biang Gang, Huang Xianyuan, Lu Xiuping, Huang Chenhu, Wang Keping, Wang Meina – IHO – Publication in March (2018) - << Analysis of Error Sources and Quality Assessment for Multibeam Sounding Products>> - Available at: <https://ihr.iho.int/articles/the-analysis-of-error-sources-and-quality-assessment-for-multibeam-sounding-products/>.
21. Βασίλειος Καστανίδης - Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία - Επεξεργασία Δεδομένων Βαθυμετρίας «MBES, SSS & SVP» και Πολυφασματικών Δορυφορικών Εικόνων στις Παράκτιες Περιοχές Σενεγάλης και Ακτής Ελεφαντοστού, για Εξαγωγή και Βαθμονόμηση Δορυφορικής Βαθυμετρίας & Ταξινόμησης – Αθήνα Ιούλιος 2024 – Κεφάλαιο 2 – Παράγραφος 2.2 – Σελίδα 24. Διαθέσιμο στο: <https://polynoe.lib.uniwa.gr/xmlui/handle/11400/7260>.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ



Συντάκτης -> Πανταζής Ευθύμιος
Επιβλέπων Καθηγητής -> Οικονόμου Εμμανουήλ

Αγάλεω, Οκτώβριος 2024