

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ INTERREG V-A ΕΛΛΑΔΑ-ΚΥΠΡΟΣ 2014-2020

BEACHTECH

Παράκτια διάβρωση λόγω κλιματικής αλλαγής: εκτίμηση και τρόποι αποτελεσματικής αντιμετώπισης σε τουριστικές περιοχές του Βορείου Αιγαίου και της Κύπρου

Κωδικός Πράξης: 5050552

Πακέτο Εργασίας 5	Τεχνικές λύσεις για προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή των πιλοτικών παραλιών
Παραδοτέο 5.1.3	Έρευνα για τον εντοπισμό υποθαλάσσιων αδρανών υλικών

Κύριος Δικαιούχος Έργου	Πανεπιστήμιο Αιγαίου (ΤΩΘΒΕ-ΠΑ)
Επιστημονικός Υπεύθυνος Παραδοτέου	ΤΩΘΒΕ
Συμμετέχοντες Φορείς στο Παραδοτέο	ΠΤΑΒΑ, ΤΕΠΑΚ
Ομάδα Σύνταξης Παραδοτέου	Ε. Μανούτσογλου, Ο. Ανδρεάδης, Θ. Χασιώτης
Ομάδα Υλοποίησης Παραδοτέου	Ο. Ανδρεάδης, Ε. Μανούτσογλου, Ι. Πετσιμέρης, Α. Πούλος, Θ. Χασιώτης, Ν. Χατζηλίας, Μ. Ακουρδαλίτη, Δ. Χατζημιτσής, Δ. Χριστοφή, Δ. Μακρή, Γ. Τσαϊρης, Α. Καρίνου, Χ. Σάββας
Ημερομηνία	Οκτώβριος 2023
Διαδικτυακή πρόσβαση	http://beachtech.eu

Το παρόν κείμενο δημοσιεύτηκε με τη σύμφωνη γνώμη όλων των φορέων της σύμπραξης "BEACHTECH". Περιέχει υλικό τα δικαιώματα του οποίου ανήκουν στους δικαιούχους της πράξης "BEACHTECH" και το οποίο δεν μπορεί να αναπαραχθεί χωρίς άδεια από την σύμπραξη. Η έρευνα που οδήγησε στα αποτελέσματα του παρόντος κειμένου χρηματοδοτήθηκε από το Πρόγραμμα Συνεργασίας «Interreg V-A Ελλάδα-Κύπρος 2014-2020» (ΕΤΠΑ) και από Εθνικούς πόρους Ελλάδας και Κύπρου.

Η Σύμπραξη του Έργου



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ

Πανεπιστήμιο Αιγαίου



ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ
ΤΑΜΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ

Περιφερειακό Ταμείο
Ανάπτυξης Βορείου Αιγαίου



Τεχνολογικό
Πανεπιστήμιο
Κύπρου

Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο
Κύπρου



ΔΗΜΟΣ ΠΕΓΕΙΑΣ
MUNICIPALITY OF PEGEIA

Δήμος Πέγειας Κύπρου

ΔΕΣΜΟΙ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
2 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	7
3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	10
3.1 ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ.....	11
3.1.1 Βυθομετρική αποτύπωση.....	11
3.1.2 Μορφολογική αποτύπωση	12
3.1.3. Πολυδεσμικός ηχοβολιστής (MBES)	16
3.1.4 Τύποι Ανακλαστικότητας.....	17
3.1.5 Ιζηματολογικά χαρακτηριστικά	20
4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	21
4.1 ΛΕΣΒΟΣ.....	21
4.1.1 Βαθυμετρία και Μορφολογία	21
4.1.2 Ιζηματολογία.....	24
4.2 ΧΙΟΣ.....	25
4.2.1 Βαθυμετρία και Μορφολογία	25
4.2.2 Ιζηματολογία.....	28
4.3 ΚΥΠΡΟΣ.....	30
4.3.1 Βαθυμετρία και Μορφολογία	30
4.3.2 Ιζηματολογία.....	35
5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	38
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	41
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	42



Περίληψη

Το Παραδοτέο αυτό αφορά στην έρευνα για τον εντοπισμό δυνητικών αποθέσεων υποθαλάσσιων αδρανών υλικών (άμμου-χαλικιών), με μεθόδους θαλάσσιας γεωφυσικής διασκόπησης και δειγματοληψίες, για χρήση τους ως υλικό αναπλήρωσης παραλιών (ΠΕ5: Τεχνικές λύσεις για προσαρμογή στη Κλιματική Αλλαγή των πιλοτικών παραλιών). Η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθήθηκε περιείχε τρεις φάσεις: (i) Αναλυτικός έλεγχος των διαθέσιμης πληροφορίας σε σχέση με τη θαλάσσια χωροταξία με σκοπό την αξιολόγηση της πληροφορίας και τον χωρικό προσδιορισμό των περιοχών έρευνας, (ii) η επιφανειακή χαρτογράφηση της μορφολογίας του πυθμένα με σύγχρονο εξοπλισμό μεταξύ βαθών ~30 και 60 m, η οποία επιλέχθηκε βάση με κριτήριο την επιφανειακή εξόρυξη (επιφανειακά 0.5 m) στην περίπτωση εντοπισμού και μελλοντικής εκμετάλλευσης, ώστε να επιτευχθεί η ελάχιστη περιβαλλοντική επίδραση αλλά και η δυνητική εκμετάλλευση τους να είναι οικονομικά βιώσιμη και σε συμφωνία με τις δυνατότητες των διαθέσιμων βυθοκόρων στον ελληνικό χώρο και (iii) η επαλήθευση των δεδομένων με λήψη δειγμάτων επιφανειακού ιζήματος. Με τον τρόπο αυτό ολοκληρώνεται η καινοτόμα προσέγγιση στο πρόβλημα αντιμετώπισης της παράκτιας διάβρωσης ξεκινώντας από τη μελέτη της και καταλήγοντας στους τρόπους θεραπείας της, ερευνώντας για υλικά αναπλήρωσης στον ανοιχτό και βαθύτερο θαλάσσιο χώρο πλησίον των πιλοτικών παραλιών μελέτης.



1 Εισαγωγή

Τα υποθαλάσσια αδρανή υλικά (marine aggregates) είναι μη συνεκτικοποιημένες, μη μεταλλικές, αποθέσεις άμμων & ψηφίδων, που βρίσκονται στην εσωτερική ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα, είναι χημικά αδρανή και αποτελούν σημαντική πηγή ορυκτού πλούτου που χρησιμοποιείται στην κατασκευαστική βιομηχανία, στην αναπλήρωση ακτών και στα παράκτια έργα προστασίας αυτών, στην κατασκευή κονιαμάτων, στα εγγειοβελτιωτικά έργα κ.ά.

Τα κοιτάσματα υποθαλάσσιων αδρανών υλικών έχουν σχηματιστεί κατά τη διάρκεια του Τεταρτογενούς, κάτω από την επίδραση είτε των σύγχρονων γεωλογικών και υδροδυναμικών διεργασιών είτε αυτών του πρόσφατου παρελθόντος (Velegrakis et al., 2010). Με βάση τη γεωλογική περίοδο σχηματισμού τους διακρίνονται σε υπολειμματικές και σύγχρονες αποθέσεις, όπως αναγράφεται στους Velegrakis et al., 2010).

Οι υπολειμματικές αποθέσεις σχηματίστηκαν κατά τη διάρκεια των κλιματικών μεταβολών και των επακόλουθων αλλαγών της μέσης θαλάσσιας στάθμης, κατά τη διάρκεια κυρίως του Πλειστοκαίνου. Χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο και τις συνθήκες απόθεσής τους. Παράδειγμα αποτελούν οι θαμμένες παλαιοακτές και οι αμμώδεις φραγμοί (Leeder, 1999). Οι σύγχρονες αποθέσεις θαλάσσιων αδρανών υλικών σχετίζονται με το πρόσφατο και ισχύον υδροδυναμικό και ιζηματολογικό καθεστώς, καθώς σχηματίστηκαν και συνεχίζουν να σχηματίζονται και να ελέγχονται από τις σύγχρονες ιζηματοδυναμικές και υδροδυναμικές διεργασίες. Διακρίνονται με βάση τα ιζηματοδυναμικά χαρακτηριστικά τους σε θέσεις παγίδευσης ιζημάτων (sediment sinks) και αποθήκης ιζημάτων (sediment stores) (Velegrakis et al., 2010). Οι σύγχρονες αποθέσεις εντοπίζονται εντός της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας και περιλαμβάνουν τους ακόλουθους σχηματισμούς/γεωμορφές: λεπτού πάχους αποθέσεις άμμου (sand sheets), αμμώδεις υφάλους (sandbanks), “θύλακες άμμου” (sand patches), αμμώδεις ραβδώσεις (sand ribbons) και πεδία αμμωδών θινών (dune fields).

Από τους σχηματισμούς αυτούς μεγάλο ενδιαφέρον για τη βιομηχανία εξόρυξης παρουσιάζουν οι αμμώδεις ύφαλοι (Velegrakis et al., 2001) καθώς πρόκειται για μεγάλα επιμήκη ιζηματογενή σώματα, των οποίων το μήκος μπορεί να υπερβαίνει τα 30km (Dyer & Huntley, 1999), που αποτελούνται από καλής ποιότητας, καλώς ταξινομημένα αμμούχα ιζήματα. Μια άλλη οικονομικά ενδιαφέρουσα κατηγορία αποτελούν τα πεδία αμμωδών θινών που αφορούν γεωμορφές που αναπτύσσονται κάθετα στη δράση ρευμάτων πυθμένα με τις κορυφές τους να είναι σχεδόν κάθετα ευθυγραμμισμένες με την κυρίαρχη διεύθυνση ροής των ρευμάτων (Dalrymple et al., 1992). Αποτελούνται από διάφορα κοκκομετρικά μεγέθη ιζημάτων ανάλογων των επικρατούντων υδροδυναμικών ροών. Τέλος, οι λεπτού πάχους αποθέσεις άμμου και οι αμμώδεις ραβδώσεις παρόλο που δυνητικά εμφανίζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον (είτε λόγω της εκτεταμένης παρουσίας τους – είτε λόγω του μεγέθους των ιζημάτων τους, αντίστοιχα) δεν εξορύσσονται ευρέως

λόγω του αυξημένου βάθους εμφάνισης τους ή του μικρού πάχους της απόθεσης και της έντονης υδροδυναμικής, ενώ πολλές φορές βρίσκονται έξω από την επιχειρησιακή δυνατότητα πολλών βιομηχανικών πλοίων βυθοκόρησης.

Η φύση/υφή των υποθαλάσσιων αδρανών υλικών είναι γενικώς παρόμοια με αυτή των αντίστοιχων χερσαίων αδρανών με την προϋπόθεση ότι έχουν προέλθει από την ίδια πηγή, έχουν μεταφερθεί με την ίδια οδό (π.χ. ποτάμι) και έχουν αποτεθεί στο ίδιο φυσιογραφικό σύστημα - κανάλια ποταμών και παράκτιες περιοχές (Karsimalis et al, 2015). Συγκρίνοντας τα με τα χερσαία αδρανή, πολλές αποθέσεις θαλάσσιας άμμου πλεονεκτούν καθώς έχουν μικρότερα ποσοστά λεπτόκοκκου υλικού (clay/silt), καθώς πολύ από το υλικό αυτό έχει ξεπλυθεί και απομακρυνθεί κατά τη διαδικασία της βυθοκόρησης (Stamatakis et al, 2015). Επιπλέον τα πυριτικής φύσης υποθαλάσσια αδρανή αποτελούνται από σκληρότερα υλικά σε σχέση με τα χερσαία, λόγω της απομάκρυνσης των εύκολα διασπώμενων κλασμάτων ή προσμείξεων. Η απομάκρυνση αυτή συμβαίνει εξαιτίας της τριβής που υπόκεινται λόγω της έντονης υδροδυναμικής του παράκτιου χώρου και του εσωτερικού τμήματος της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας (Pettijohn et al., 1972). Στα μειονεκτήματα τους συγκαταλέγονται κυρίως η παρουσία αλάτων και θραυσμάτων βιογενών κελυφών.

Η εκμετάλλευση ενός κοιτάσματος υποθαλάσσιων αδρανών υλικών πραγματοποιείται με την εξής ακολουθία (ICES, 2005):

1. Ανακάλυψη του κοιτάσματος. Η ανακάλυψη μπορεί να γίνει είτε στα πλαίσια στοχευμένων μελετών είτε ευρύτερων γεωλογικών ερευνών και χαρτογράφησης βενθικών ενδιαιτημάτων.
2. Στοχευμένη μελέτη και χαρτογράφηση των γεωλογικών χαρακτηριστικών της απόθεσης και του δυναμικού της με τη χρήση ακουστικών μεθόδων διασκόπησης (πολυδεσμικός ηχοβολιστής, ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης και επιβεβαίωση της ερμηνείας τους με λήψη δειγμάτων πυθμένα με τη χρήση αρπάγης και πυρηνοληπτών, και οπτική επιθεώρηση (υποβρύχιες κάμερες, ROVs).
3. Μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της εξόρυξης, εστιασμένη κυρίως στην επιλογή της καταλληλότερης μεθοδολογίας εξόρυξης, με σκοπό την ελαχιστοποίηση του περιβαλλοντικού κόστους στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Οι μεθοδολογίες εξόρυξης των θαλασσιών αδρανών είναι δύο: (α) η εντατική: προϋποθέτει την αγκυροβόληση με συνοδεία ρυμουλκούμενης αντλίας και (β) η μη-εντατική: παρουσία μόνο ρυμουλκούμενης αντλίας χωρίς αγκυροβόληση. Η βασική διαφορά τους είναι το βάθος εξόρυξης όπου στην πρώτη περίπτωση (α) δημιουργούνται βυθίσματα στον πυθμένα καθώς αναρροφάται υλικό πάχους αρκετών μέτρων, ενώ στη δεύτερη περίπτωση (β) γίνεται αναρρόφηση του επιφανειακού υλικού (πάχος ~0.5 m)

Στο πλαίσιο αυτής της έρευνας στόχος είναι η προσέγγιση της εκμετάλλευσης θαλάσσιων αδρανών πληρώνοντας τα περιβαλλοντικά κριτήρια. Βάση αυτού σε όλες τις περιοχές έρευνας επιλέχθηκε η επιφανειακή αποτύπωση αφού ως πιθανή μέθοδος

εξόρυξης προτείνεται αποκλειστικά η (β) μη-εντατική: ρυμουλκούμενη αντλία αναρρόφησης.

Στην Ελλάδα παρόλο που η παρουσία υπολειμματικών αποθέσεων άμμου έχει αναφερθεί εντός της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας στο Βορειοδυτικό και Βορειοανατολικό Αιγαίο ήδη από τη δεκαετία του 1980 (Perissoratis et al, 1987), δεν είχαν διεξαχθεί στοχευμένες μελέτες κατά το παρελθόν. Οι πρώτες οργανωμένες μελέτες (ακουστική διασκόπηση & δειγματοληψία) εύρεσης πιθανών περιοχών παρουσίας αποθέσεων θαλάσσιων αδρανών υλικών έγιναν για πρώτη φορά το 2014 (Stamatakis et al., 2015). Στα πλαίσια ερευνητικών ενδιαφερόντων του ΤΩΘΒΕ έχει πραγματοποιηθεί μια προκαταρκτική μελέτη στην περιοχή του Στενού της Μυτιλήνης στη Λέσβο (Hasiotis et al., 2020) και μια προκαταρκτική μελέτη στην ανατολική πλευρά της Χίου (Andreadis et al., 2021).

2 Περιοχές έρευνας

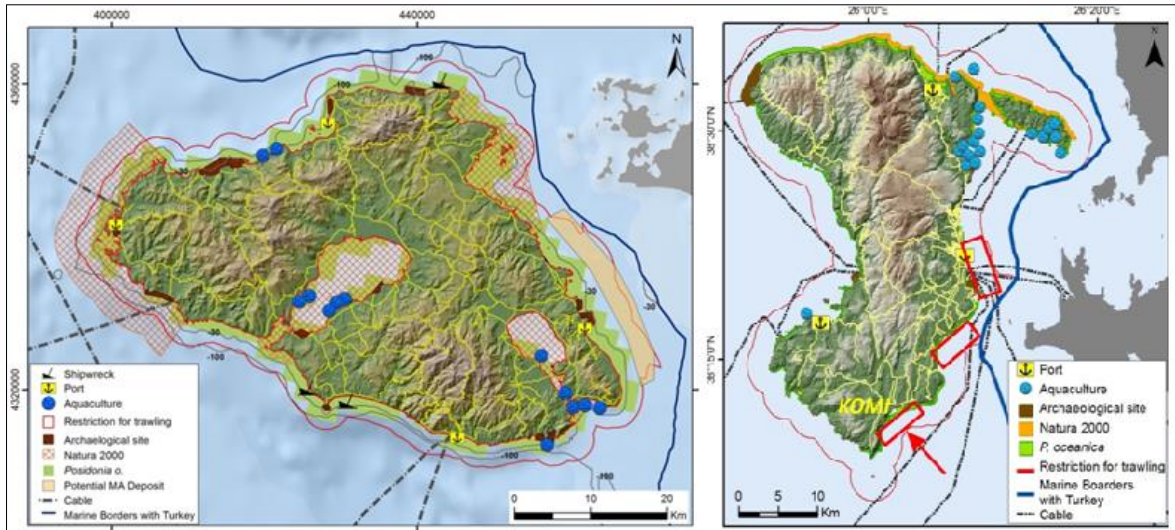
Στο πλαίσιο της χωροθέτησης των περιοχών έρευνας στα νησιά Λέσβος, Χίος και στην Κύπρο (Εικόνα 1) συλλέχθηκαν και λήφθηκαν υπόψη στοιχεία θαλάσσιου χωροταξικού σχεδιασμού, τα οποία περιλαμβάνουν πληροφορίες, χρήσιμες για την αξιολόγηση όλων των φυσικών συνθηκών και των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων τα οποία με τη σειρά τους συνθέτουν τις προϋποθέσεις για τα όρια της επέκτασης των θαλάσσιων δραστηριοτήτων.





Εικόνα 1: Οι επιλεγμένες περιοχές έρευνας (1) στη Λέσβο – περιοχή Στενού Μυτιλήνης, (2) στη Χίο – βόρειο και νότιο τμήμα (3) στην Κύπρο, θέσεις ανοιχτά του (i) Αγ. Γεωργίου, (ii) Κισσόνεργας, και (iii) Πάφου.

Στη Λέσβο (Εικόνα 2α), η έρευνα χωροθετήθηκε στη θαλάσσια περιοχή του Στενού της Μυτιλήνης, καθώς μια παλαιότερη προκαταρκτική μελέτη που βασίστηκε σε ένα αραιό δίκτυο συλλογής δεδομένων έδειξε την πιθανή ύπαρξη κατάλληλου κοιτάσματος. Στο πλαίσιο της συγκεκριμένη έρευνας έγινε προσπάθεια αποτύπωσης του πεδίου αυτού και της προέκτασης του προς τα δυτικά μέχρι το βάθος περίπου των 35 m, με υψηλής ανάλυσης και μεγαλύτερης ακρίβειας δεδομένα, τα οποία επιτεύχθηκαν με τη χρήση πολυδεσμικού ηχοβολιστή (MBES) και συρόμενου ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης (SSS - CMAX) για την αποτύπωση της μορφολογίας (σε αντίθεση με την αρχική έρευνα των Hasiotis et al., 2020). Επίσης, έγινε συλλογή όλων των διαθέσιμων δεδομένων / πληροφοριών προκειμένου να συνταχθεί ένας αναλυτικότερος ιζηματολογικός χάρτης για την περιοχή ενδιαφέροντος.

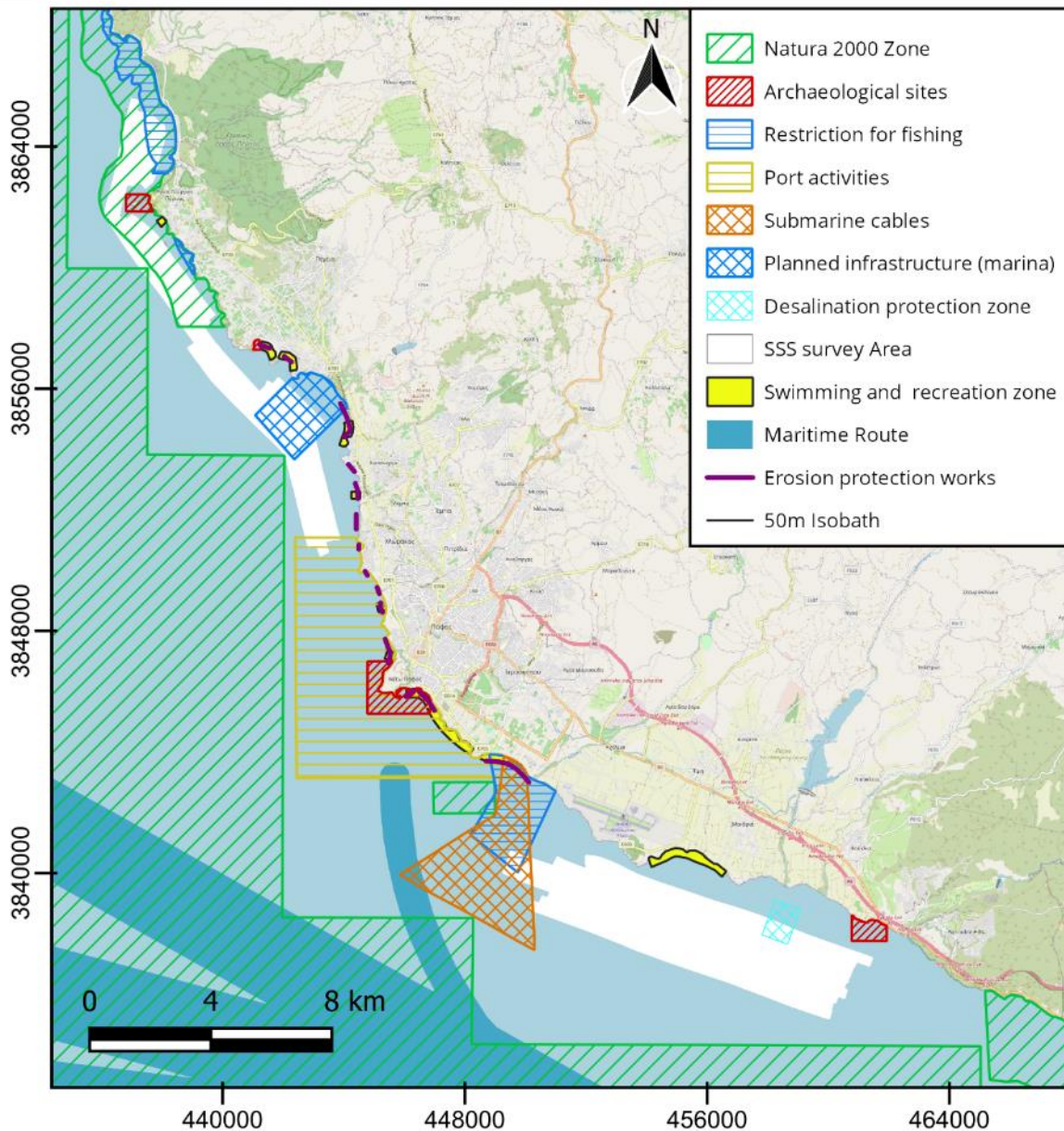


Εικόνα 2: Γενικοί χάρτες που παρουσιάζουν την κατανομή των διαφόρων φυσικών και ανθρωπογενών χαρακτηριστικών και περιορισμών γύρω από τη (α) Λέσβο και τη (β) Χίο. Στον χάρτη της Χίου διακρίνονται οι περιοχές που ερευνήθηκαν, ενώ στη Λέσβο διακρίνεται το τμήμα στο οποίο βρέθηκε πιθανό διαθέσιμο κοίτασμα από *Hasiotis et al., 2020* και *Andreadis et al., 2021* αντίστοιχα.

Στη Χίο (Εικόνα 2β) επαναξιολογήθηκαν παλαιότερα δεδομένα (*Andreadis et al., 2021*) από τα οποία διαπιστώθηκε το χαμηλό δυναμικό αδρανών υλικών ανοιχτά της πιλοτικής παραλίας της Κώμης, και αποφασίστηκε (βάση των κριτηρίων χωροθέτησης) η επέκταση της έρευνας σε δύο νέες θέσεις στο κεντρικό – ανατολικό τμήμα του στενού της Χίου.

Στην Κύπρο (Εικόνα 3), λόγω της απουσίας προηγούμενων μελετών, συλλέχθηκαν και λήφθηκαν υπόψη στοιχεία θαλάσσιου χωροταξικού σχεδιασμού τα οποία περιλαμβάνουν πληροφορίες, των φυσικών συνθηκών και των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Μετά από την αξιολόγηση αυτών των στοιχείων επιλέχθηκαν τρεις περιοχές στο νοτιοδυτικό τμήμα της Κύπρου, ανοιχτά των περιοχών: (α) Αγ. Γεώργιος, (β) Κισσόνεργα, και (γ) Πάφος.





Εικόνα 3: Γενικός χάρτης που παρουσιάζει την κατανομή των διαφόρων φυσικών και ανθρωπογενών χαρακτηριστικών και περιορισμών γύρω από τη νοτιοδυτική ακτογραμμή της Κύπρου με την έκταση των περιοχών έρευνας.

3 Μεθοδολογία

Οι εργασίες πεδίου πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση των σκαφών «Αμφιτρίτη» του ΤΩΘΒΕ μήκους ~9 m, «Αγ. Σπυρίδωνας» που ναυλώθηκε στη Χίο μήκους 15 m, και «Μακάρια II» που νοικιάστηκε στην Κύπρο μήκους 15 m (Εικόνα 4). Η ταχύτητα κατά τη διάρκεια συλλογής των βυθομετρικών και μορφολογικών δεδομένων δεν υπερέβη τους 3.5 – 4 κόμβους. Η συνδυαστική βυθομετρική-μορφολογική αποτύπωση των πιλοτικών παραλιών έγινε με χαρτογράφηση για βάθη περίπου 11 - 75 m. Για την πλοήγηση του σκάφους χρησιμοποιήθηκε το σύστημα Humminbird Helix 9 και 10.



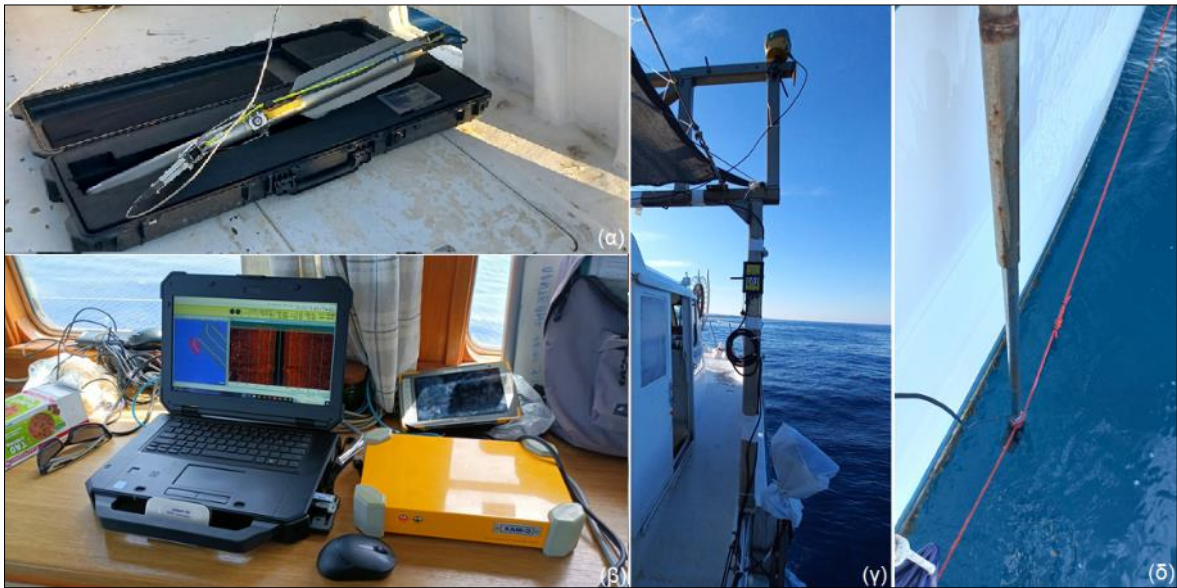
Εικόνα 4: Τα σκάφη (α) Αγ. Σπυρίδωνας, (β) Μακάρια II και (γ) Αμφιτρίτη (ΤΩΒΕ).

3.1 Αποτύπωση της υποθαλάσσιας μορφολογίας

Για τη χαρτογράφηση του πυθμένα εφαρμόστηκαν δύο μεθοδολογικές προσεγγίσεις όσον αφορά τη συλλογή ακουστικών δεδομένων. Η πρώτη προσέγγιση αφορά τη χρήση του πολυδεσμικού ηχοβολιστή (MBES) στην περιοχή του Στενού της Μυτιλήνης, ο οποίος αποδίδει λεπτομερή πληροφορία βάθους αλλά και δεδομένα οπισθοσκέδασης (backscatter). Η δεύτερη προσέγγιση αφορά τη χρήση μονοδεσμικού ηχοβολιστή (SBES) σε συνδυασμό με τον ηχοβολιστή πλευρική σάρωσης (SSS), στις δύο περιοχές στις Χίου και στις τρεις περιοχές στην Κύπρο. Η επιλογή αυτή έγινε καθώς η μετακίνηση του MBES, η επανεγκατάσταση του σε άλλο σκάφος (συνεπώς νέα βαθμονόμηση), ήταν δύσκολη, αρκετά χρονοβόρα και υψηλού κόστους.

3.1.1 Βυθομετρική αποτύπωση

Η αποτύπωση της βυθομετρίας πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του ψηφιακού-υδρογραφικού βυθομέτρου τύπου “SonarMite v5 Echo Sounder” σε συνδυασμό με το διαφορικό δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσης (DGPS) τύπου TopCon Hiper HR (Εικόνα 5). Τα δεδομένα (ψηφιακά βάθη και συντεταγμένες) αποθηκεύονταν μέσω κατάλληλου λογισμικού στον ενσωματωμένο υπολογιστή του βυθομέτρου και τελικά μετατράπηκαν σε μορφή αρχείου .txt. Κατά την επεξεργασία, ορισμένα δεδομένα αφαιρέθηκαν καθώς προσέδιδαν σημαντικά σφάλματα στο βυθομετρικού χάρτη.



Εικόνα 5: (α,β) Το SSS CMAX με τη μονάδα επιφανείας, (γ) το GPS τύπου TopCon Hiper HR πάνω στη βάση της καταδυόμενη μονάδας του ψηφιακού βυθομέτρου “SonarMite v5 Echo Sounder”.

Σε όλα τα σημεία έγινε αναγωγή ως προς το βύθισμα του πομποδέκτη του βυθομέτρου. Οι συντεταγμένες των σημείων γεωαναφέρθηκαν στο Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς WGS84 με Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή UTM. Τα επεξεργασμένα αρχεία εισήχθησαν στο QGIS και δημιουργήθηκαν shapefiles με τα καταγεγραμμένα σημεία μαζί με τα βάθη τους. Η μετατροπή της σημειακής πληροφορίας σε συνεχή πληροφορία επιφανείας έγινε με μεθόδους χωρικής παρεμβολής. Το τελευταίο στάδιο ήταν η δημιουργία των βυθομετρικών χαρτών στους οποίους ενσωματώθηκε ένα υπόβαθρο τύπου Google Earth.

3.1.2 Μορφολογική αποτύπωση

Για τη μορφολογική αποτύπωση του πυθμένα έγινε χρήση του συρόμενου SSS «CM2» της CMAX (Εικόνα 5). Το «CM2» είναι ένας υψίσυχνος ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης με ένα εύρος λειτουργίας συχνοτήτων και ένα αρκετά μακρύ καλώδιο ρυμούλκησης (300 m) το οποίο συνδέεται σε μία τροχαλία μέτρησης του μήκους του καλωδίου (pulley) δίνοντας την δυνατότητα ασφάλισης του καλωδίου αλλά και καταμέτρησης του μήκους/απόστασης σύρσης πίσω από το σκάφος (layback).

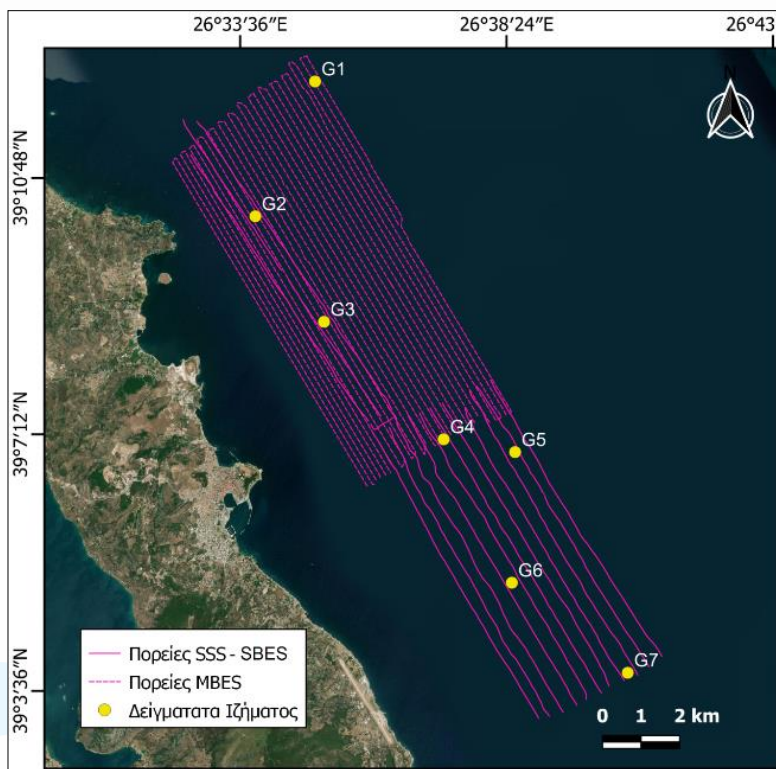
Μεταξύ των πορειών υπήρχε επικάλυψη έτσι ώστε να είναι δυνατή η κατασκευή μωσαϊκών ηχογραφιών. Το εύρος καταγραφής ήταν 300 m (με εξαίρεση στο Στενό Λέσβου, όπου έφτασε τα 400 m) (Πίνακας 1). Οι καταγραφές που συλλέχθηκαν μετατράπηκαν μέσω του ίδιου προγράμματος σε αρχεία τύπου .xtf, τα οποία είναι διαχειρίσιμα από το λογισμικό SonarwizMap που επιτρέπει την περαιτέρω ανάλυση ψηφιακών θαλάσσιων γεωφυσικών δεδομένων. Μέσω του λογισμικού αυτού οι καταγραφές διορθώθηκαν ως προς την υδάτινη στήλη (αυτόματη ή χειροκίνητη μέσω του bottom tracking) έτσι ώστε οι καταγραφές να γίνουν ισομετρικές (διόρθωση εύρους σάρωσης), ενισχύθηκε η ένταση των ηχογραφιών για την καλύτερη αποτύπωση

διάφορων χαρακτηριστικών και τελικά από τη σύνθεση των επικαλυπτόμενων ηχογραφιών κατασκευάστηκαν “γεω-αναφερμένα μωσαϊκά” (.geotiff) υψηλής ανάλυσης και εισήχθησαν σε περιβάλλον QGIS σε WGS 84 – UTM projection. Η περαιτέρω μελέτη των ηχογραφιών (μεμονωμένα) αλλά και των μωσαϊκών οδήγησε στη χαρτογράφηση των σημαντικότερων τύπων ανακλαστικότητας και τελικά στην κατασκευή των μορφολογικών χαρτών των περιοχών μελέτης.

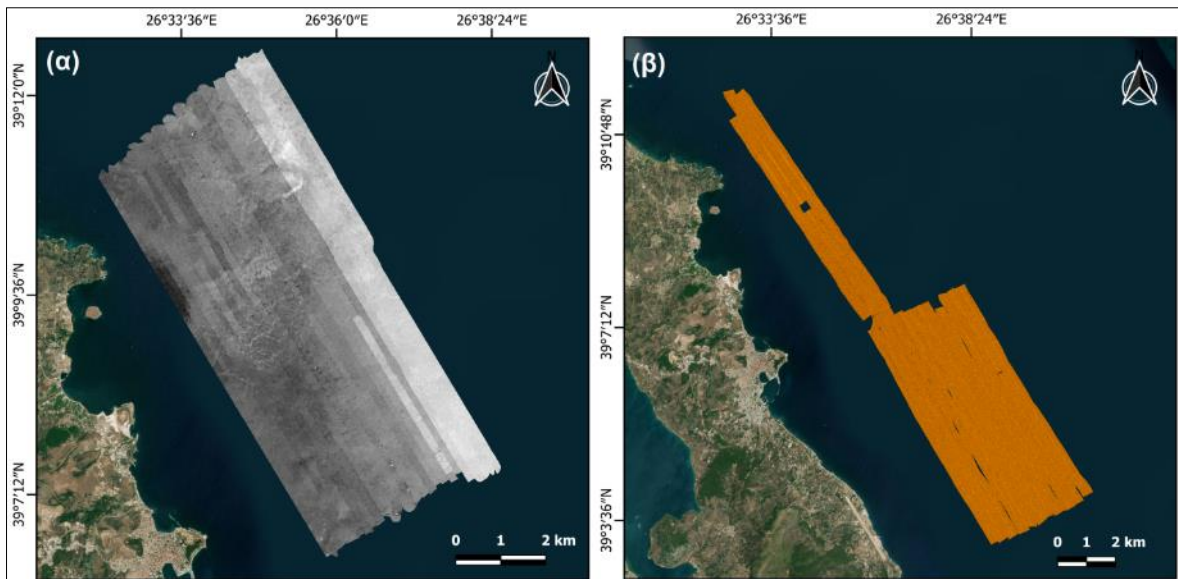
Στον πίνακα 1 φαίνονται συγκεντρωτικά στοιχεία που αφορούν σε ποσοτικά χαρακτηριστικά της συλλογής δεδομένων βυθομετρίας, μορφολογίας και δειγμάτων, ενώ στις εικόνες 6 έως 11 παρουσιάζονται οι κানাβοι των πορειών συλλογής βυθομετρικών και μορφολογικών δεδομένων αλλά και των δειγμάτων που θα αναφερθούν στη συνέχεια

Πίνακας 1: Συγκεντρωτικός πίνακας ποσοτικών χαρακτηριστικών που αφορούν τη συλλογή δεδομένων.

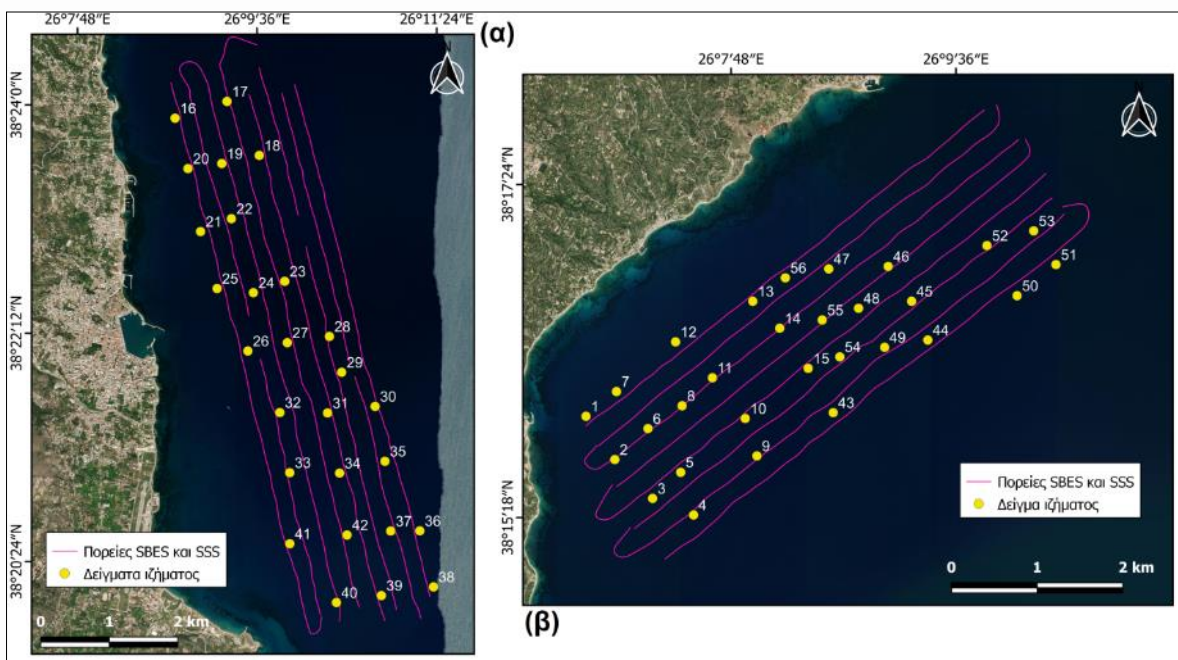
	Λέσβος	Χίος		Κύπρος		
Μετρήσεις	Ιστορικό	Χίος (B)	Χίος (N)	Κισσόνεργα	Πάφος	Αγ. Γεώργιος
Εύρος καταγραφών SSS (m)	400	300	300	300	300	300
Απόσταση πορειών (m)	380	270	270	270	270	270
Ελάχιστο - μέγιστο βάθος βυθομετρίας (m)	29-50	15-70	14-58	11-61	11-45	9-75
Αριθμός δειγμάτων	7	27	29	22(2)	23	22(5)



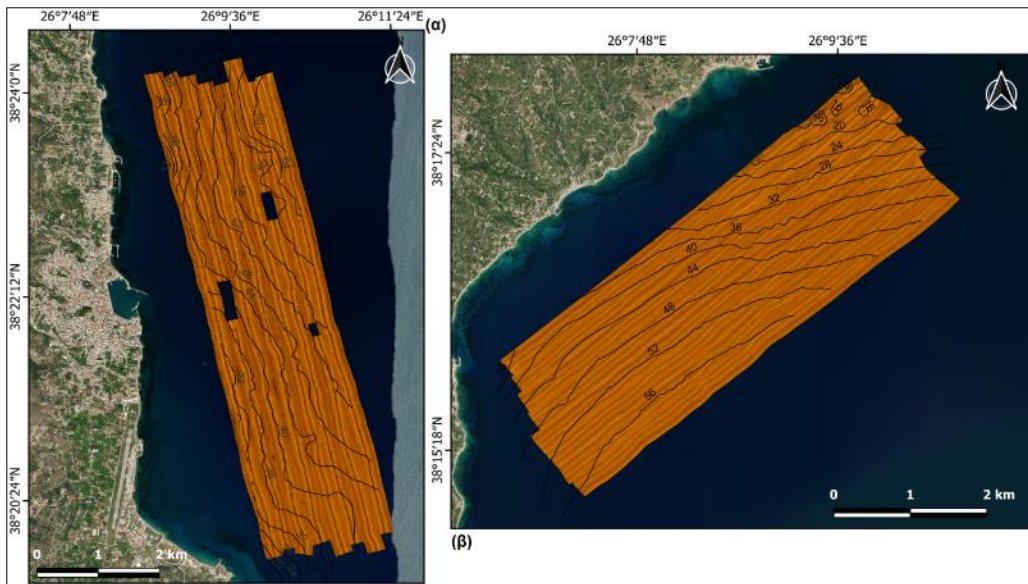
Εικόνα 6: Το δίκτυο συλλογής δεδομένων και δειγματοληψιών στην περιοχή του Στενού της Μυτιλήνης.



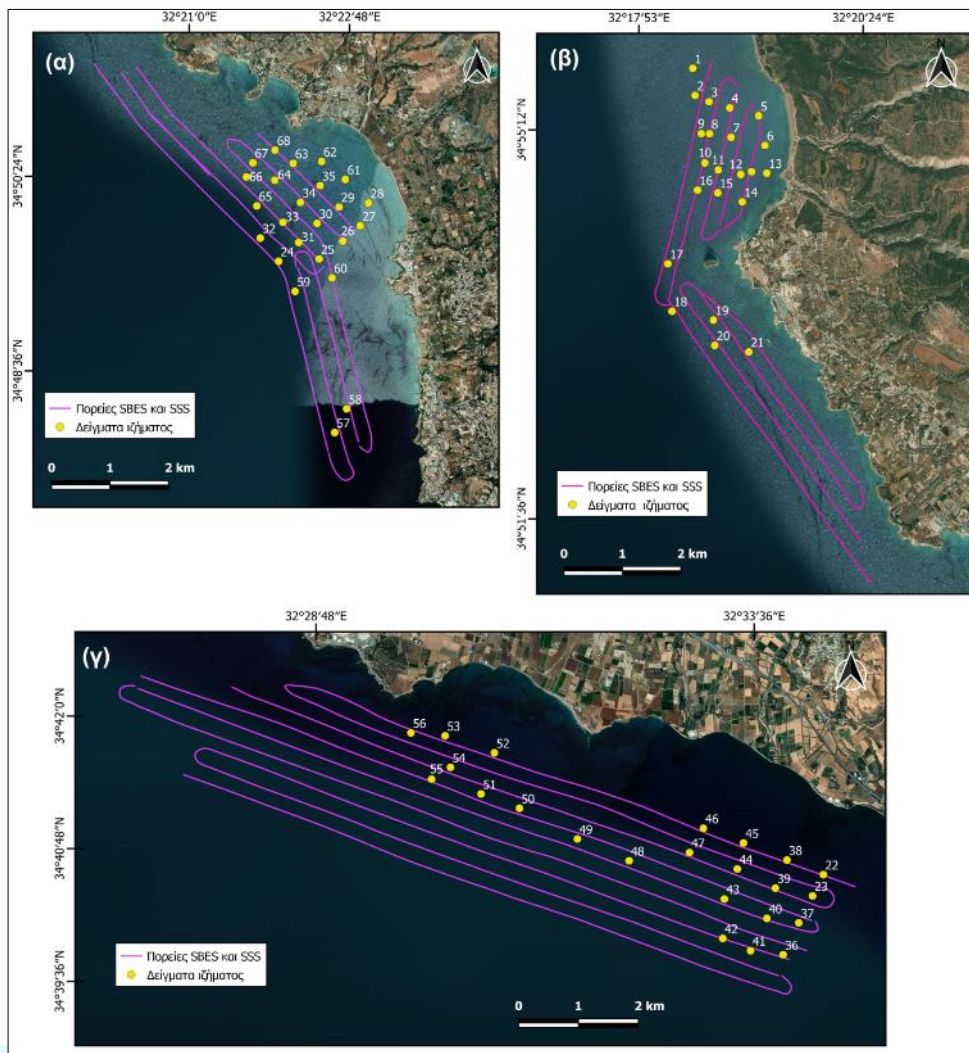
Εικόνα 7: (α) Το backscatter του MBES και (β) το μωσαϊκό ηχογραφιών SSS στην περιοχή του Στενού της Μυτιλήνης.



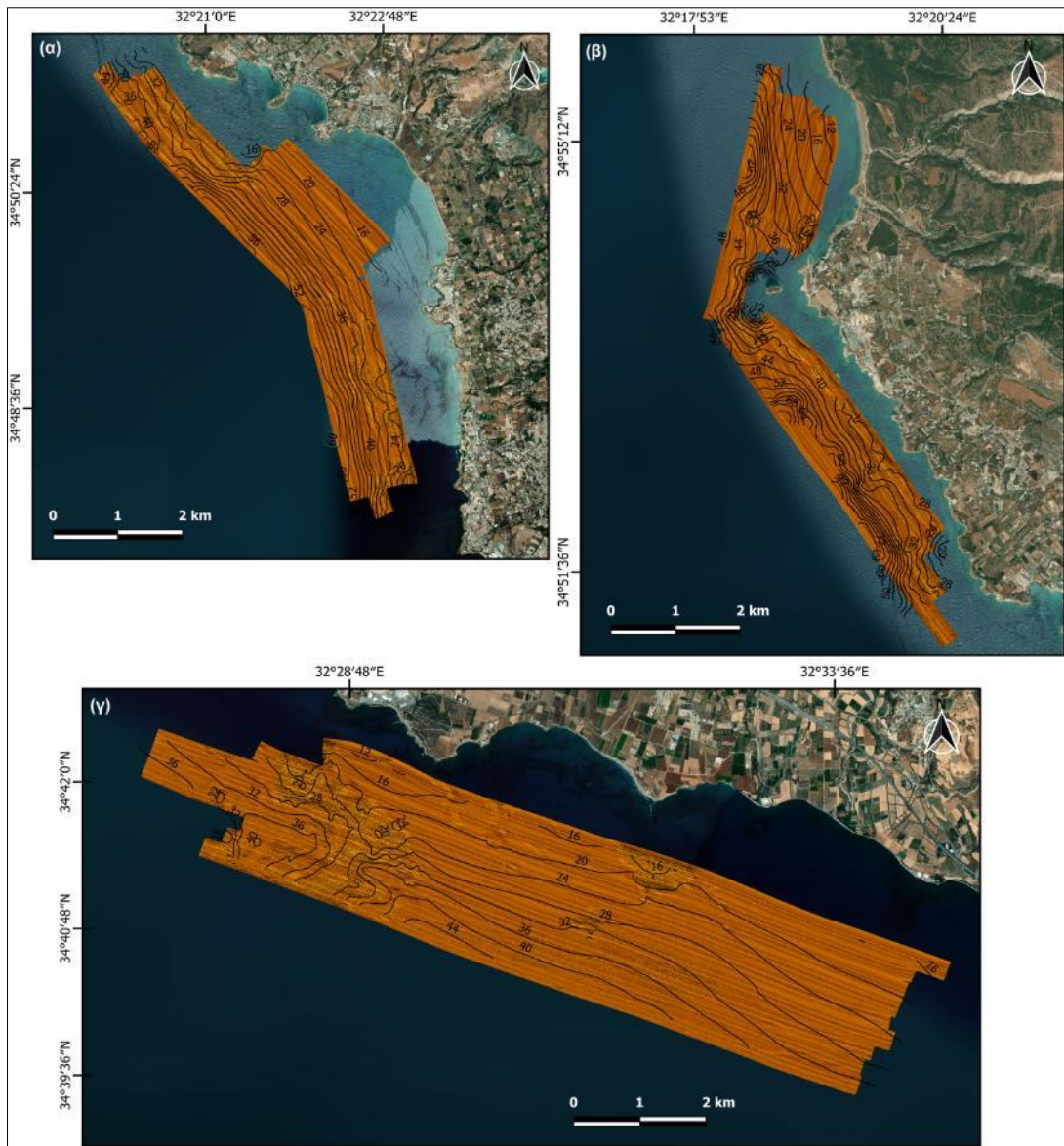
Εικόνα 8: Το δίκτυο συλλογής δεδομένων και δειγματοληψιών στο (α) βόρειο και (β) νότιο τμήμα έρευνας στη Χίο.



Εικόνα 9: Τα μωσαϊκά ηχογραφιών στο (α) βόρειο και (β) νότιο τμήμα έρευνας στη Χίο.



Εικόνα 10: Το δίκτυο συλλογής δεδομένων και δειγματοληψιών στις περιοχές (α) Κισσόνεργας (β) Αγ. Γεώργιου και (γ) Πάφου στην Κύπρο.



Εικόνα 11: Τα μωσαϊκά ηχογραφιών στις περιοχές (α) Κισσόνεργας, (β) Αγ. Γεώργιου, και (γ) Πάφου στην Κύπρο.

3.1.3. Πολυδεσμικός ηχοβολιστής (MBES)

Σε μία μόνο περίπτωση, στο Στενό της Μυτιλήνης στη Λέσβο, έγινε χρήση του πολυδεσμικού ηχοβολιστή (MBES) τύπου SeaBat T20-R (Εικόνα 12). Το σύστημα SeaBat T20-R αποτελείται από:

- Την μονάδα επεξεργασίας και ελέγχου Rack-mounted Sonar Processor (RSP)
- Τον πομπό TC2181 single broadband
- Τον δέκτη EM7219 single broadband
- Την μονάδα μέτρησης αδράνειας IMU
- Την μονάδα μέτρησης ταχύτητας επιφανείας (SVS)

- Δύο κεραίες GPS (κύρια, δευτερεύουσα)
- Φορητό υπολογιστή με το λογισμικό πλοήγησης PDS

Το σύστημα συνοδεύεται από το SWiFT SVP, το οποίο χρησιμοποιείται στα πλαίσια βαθμονόμησης, διορθώνοντας την ταχύτητα ήχου στην υδάτινη στήλη.



Εικόνα 12: (α) Ο υπολογιστής κατά τη συλλογή δεδομένων με το λογισμικό PDS, (β) η καταδυόμενη μονάδα του MBES στη βάση της πάνω στο Ε/Σ «Αμφιτρίτη» και (γ) το SVP.

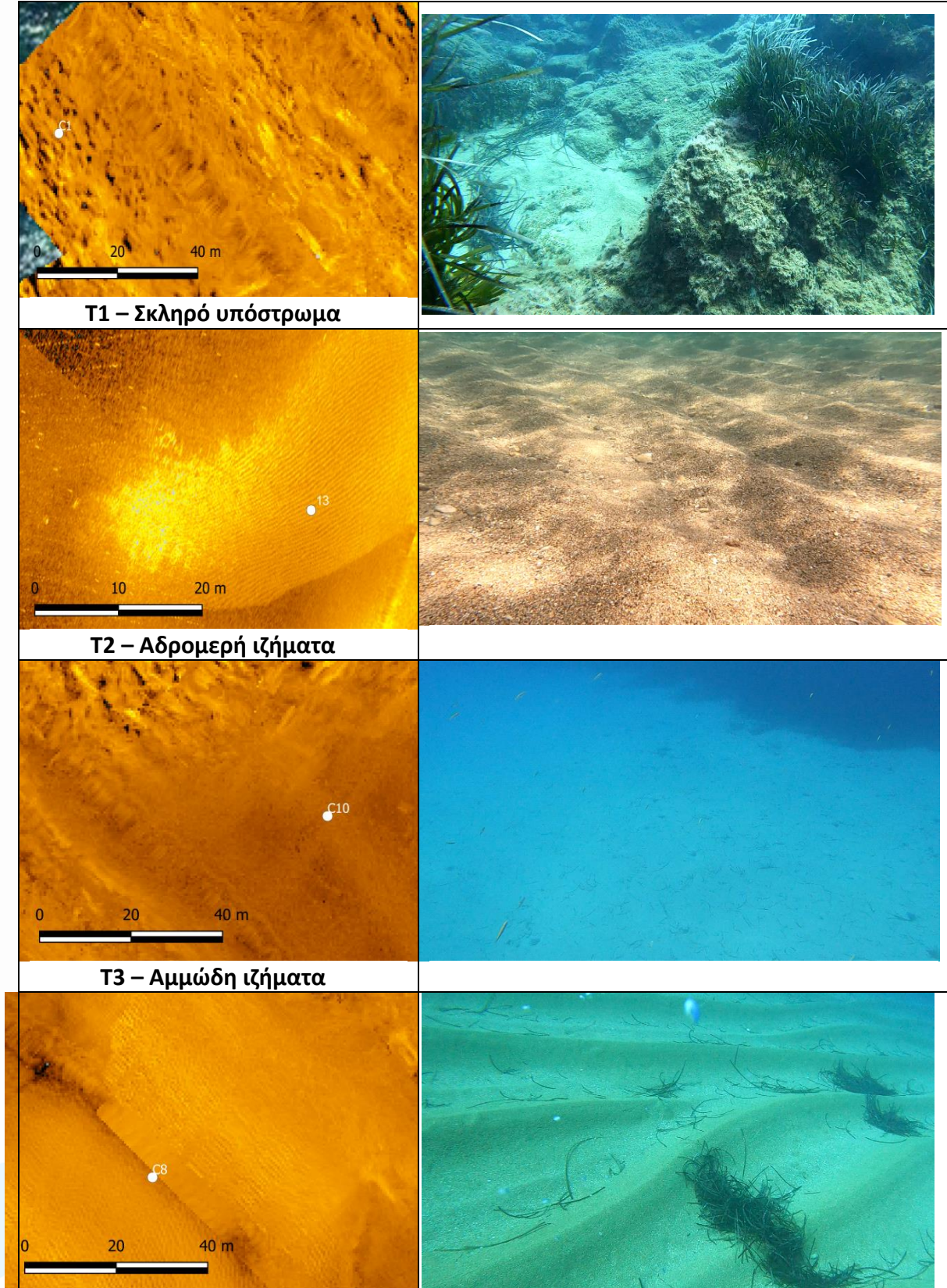
Πριν την έναρξη συλλογής δεδομένων με το MBES, προηγήθηκε η διαδικασία της βαθμονόμησης του οργάνου (με τέσσερις δοκιμαστικές πορείες όπως ορίζεται από τον κατασκευαστή), καθώς επίσης κατά τη συλλογή των δεδομένων γινόταν λήψη προφίλ με το SVP προκειμένου να διορθωθεί η ταχύτητα του ήχου στην υδάτινη στήλη. Η γεωαναφορά των δεδομένων έγινε με το DGPS – RTK του συστήματος SeaBat T20-R και η απεικόνιση των δεδομένων έγινε στο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς WGS84 - UTM. Κατά τη συλλογή των δεδομένων οι ρυθμίσεις που επιλέχθηκαν ήταν 512 ηχητικές δέσμες (beams) με εύρος σάρωσης (swath coverage) 140° και συχνότητα 420 kHz. Η επεξεργασία των δεδομένων βαθυμετρίας και οπισθοσκέδασης (backscatter) από το σύστημα SeaBat T20-R έγινε με το λογισμικό PDS από όπου εξήχθησαν αρχεία τύπου ASCII με χωρική ανάλυση 1 m και η χαρτογράφηση και παρουσίαση των δεδομένων έγινε με το λογισμικό QGIS. Λαμβάνοντας υπόψη τα προφίλ ταχύτητας του ήχου, τα roll, pitch και heave, τη ταχύτητα του σκάφους και άλλες παραμέτρους, εφαρμόστηκαν μέσω του λογισμικού PDS (της TELEDYNE) φίλτρα, βαθμονόμηση και διορθώσεις (αυτοματοποιημένα και χειροκίνητα) στα βαθυμετρικά δεδομένα με στόχο την διόρθωση σφαλμάτων.

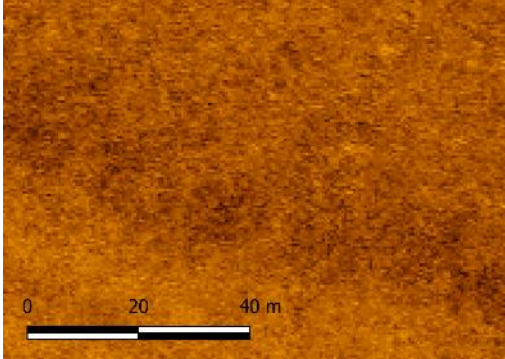
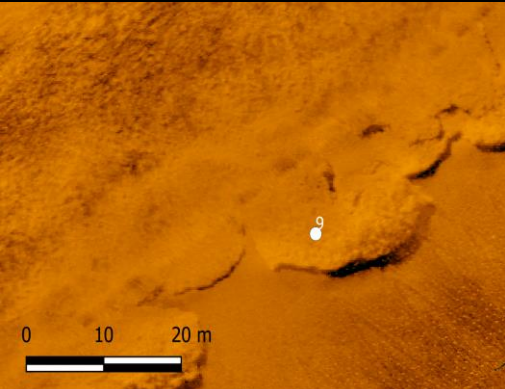

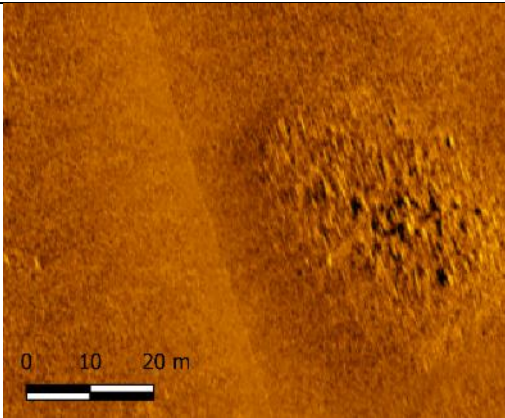
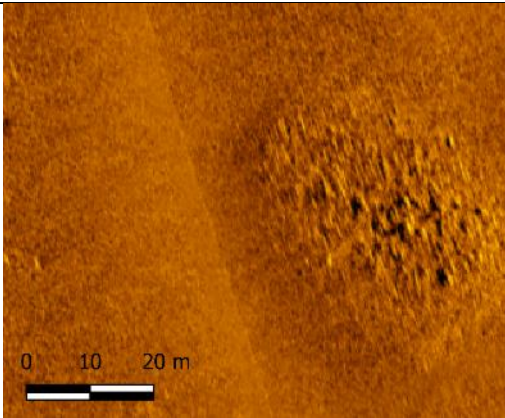
3.1.4 Τύποι Ανακλαστικότητας

Από την ανάλυση των μωσαϊκών και από τις έξι περιοχές έρευνας, σε σύγκριση και με τα δεδομένα επαλήθευσης (κάμερα και ιζήματα), διακρίθηκαν συνολικά επτά τύποι ανακλαστικότητας (T) που σχετίστηκαν με συγκεκριμένους τύπους υποστρώματος / ενδιαιτημάτων (Πίνακας 2). Σημειώνεται ότι ο παρακάτω πίνακας αφορά συγκεντρωτικά

όλες τις περιοχές έρευνας στο ρηχό (πιλοτικές παράκτιες περιοχές) και βαθύτερο τμήμα (4.1.2 και 5.1.3) προκειμένου να υπάρχει μία ομογενοποιημένη πληροφορία, καθώς επίσης ότι δεν απαντώνται απαραίτητα όλοι οι τύποι ανακλαστικότητας σε μια περιοχή.

Πίνακας 2: Αντιπροσωπευτικά τμήματα από τα μωσαϊκά καταγραφών με τους τύπους ανακλαστικότητας και τα αντίστοιχα δεδομένα επαλήθευσης όπου ήταν διαθέσιμα.



<p>T4 – Αμμώδη ιζήματα με ρυτιδώσεις</p> 	-
<p>T5 – Λεπτόκοκκα ιζήματα</p> 	
<p>T6 - Ποσειδωνία</p> 	-
<p>T7 – Απορρίψεις υλικού</p> 	-

Αναλυτικά:

Τύπος 1 – Σκληρό υπόστρωμα: Υψηλή ανακλαστικότητα, συχνά σε συνδυασμό με μικρές ηχητικές σκιές ή και με ζώνες μέσης ανακλαστικότητας. Ο τύπος αυτός δηλώνει ένα μικρο-ανάγλυφο είτε λόγω εμφανίσεων του υποβάθρου, είτε λόγω μεγάλου μεγέθους πυκνά διατεταγμένων τεμαχών (χαλίκια έως μικροί ογκόλιθοι) και μικρών ενδιάμεσων περιοχών / θυλάκων που καλύπτονται από αδρομερή (αμμο-χαλικώδη) ιζήματα. Στις περιοχές αυτές συχνά εντοπίζονται εκτεταμένες συστάδες ποσειδωνίας.

Τύπος 2 – Αδρομερή ιζήματα: Μέτρια ανακλαστικότητα με παρεμβολές χαμηλής έως υψηλής ανακλαστικότητας, με τοπική εμφάνιση εναλλαγών ανακλαστικότητας. Αφορά

περιβάλλον με αμμώδη ή/και αδρομερέστερα (ψηφιδούχα) ιζήματα, συχνά με μικρορυτιδώσεις.

Τύπος 3 – Αμμώδη ιζήματα: Μέση προς υψηλή ανακλαστικότητα, σχετικά ομοιόμορφη. Αφορά στην παρουσία αμμωδών ιζημάτων.

Τύπος 4 – Αμμώδη ιζήματα με ρυτιδώσεις: Μέση προς χαμηλή ανακλαστικότητα που αντιστοιχεί σε πυθμένα με ομαλό ανάγλυφο, ο οποίος καλύπτεται από χαλαρά αμμώδη ιζήματα. Τοπικά, μικρής έντασης εναλλαγές ανακλαστικότητας αντιστοιχούν σε μικρού μεγέθους ρυτιδώσεις, οι οποίες αν και διακριτές σε μεμονωμένες καταγραφές, στα μωσαϊκά ηχογραφιών λόγω της σημαντικά μικρότερης κλίμακας είναι δυσδιάκριτες.

Τύπος 5 – Λεπτόκοκκα ιζήματα: Μέση προς χαμηλή ανακλαστικότητα, σχετικά ομοιόμορφη. Αφορά στην παρουσία λεπτόκοκκων ιζημάτων.

Τύπος 6 – Ποσειδώνια: Ακανόνιστες εναλλαγές σχετικά υψηλής και μέσης ανακλαστικότητας με εμφάνιση σκιών. Σχετίζεται με την παρουσία συστάδων *Posidonia oceanica* μικρού ύψους και ποικίλης πυκνότητας σε περιβάλλον άμμου.

Τύπος 7 – Απορρίψεις υλικών: Τοπικές εμφανίσεις ακανόνιστου σχήματος έντονης ανακλαστικότητας. Αφορά την παρουσία απορρίψεων υλικού.

Η ερμηνεία των τύπων ανακλαστικότητας επιβεβαιώθηκε από τη λήψη δειγμάτων ιζήματος καθώς και από περιορισμένου αριθμού βίντεο (σε επιλεκτικές θέσεις) που συλλέχθηκαν με χρήση υποβρύχιας κάμερας (GoPro), μετά από την αρχική επεξεργασία των ηχογραφιών.

Πίνακας 3: Συγκεντρωτικός πίνακας με την έκταση (km²) και τα ποσοστά % κάλυψης του κάθε τύπου ανακλαστικότητας στην κάθε περιοχή.

Εμβαδόν (km ²)	Λέσβος	Χίος		Κύπρος		
	Ιστορικό	Χίος (B)	Χίος (N)	Κισσόνεργα	Πάφος	Πέγεια
Σκληρό υπόστρωμα (T1)		0.41 (2.5 %)		2.73 (29 %)	4.51 (17.5%)	2.72 (29.1 %)
Αμμώδη ιζήματα (T3)	18.97(27%)	15.07 (91 %)	10.15 (79.7 %)	6.35 (67.2 %)	13.35 (51.8%)	5.24 (56.1 %)
Αμμώδη ιζήματα με ρυτιδώσεις (T4)	49.59 (71.45%)			0.35 (3.8%)	1.30 (5%)	1.38(14.8 %)
Λεπτόκοκκα (T5)					6.59 (25.6%)	
Ποσειδωνία (T6)	1.74 (2.5%)	0.76 (4.5%)	2.56 (20.1%)		0.026 (0.1%)	
Απορρίψεις υλικού (T7)	0.03 (0.05%)	0.33 (2 %)	0.02 (0.2%)			

3.1.5 Ιζηματολογικά χαρακτηριστικά

Συλλέχθηκαν επιφανειακά δείγματα ιζήματος προκειμένου να γίνει επαλήθευση των τύπων ανακλαστικότητας αλλά κυρίως για να μελετηθεί η επιφανειακή κατανομή των ιζημάτων και τα χαρακτηριστικά τους (Εικόνα 13). Η συλλογή των θαλάσσιων δειγμάτων έγινε με αρπάγη τύπου van-veen. Η μακροσκοπική εξέταση έδειξε ότι τα δείγματα

αποτελούνταν από αδρομερές αλλά και λεπτόκοκκο υλικό. Όλα τα δείγματα αναλύθηκαν στο Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας-Ιζηματολογίας του ΤΩΘΒΕ.



Εικόνα 13: (α,β) Δειγματοληψία με μεγάλη αρπάγη τύπου Van Veen και (γ,δ) ανάλυση δειγμάτων στο εργαστήριο.

Τα αδρομερή ιζήματα αναλύθηκαν με τη μέθοδο του ξηρού κοσκινίσματος (Folk, 1980). Τα λεπτόκοκκα αναλύθηκαν μετά από το διαχωρισμό τους με τη μέθοδο του υγρού κοσκινίσματος, με χρήση κόσκινου 63 μm . Οι κλασικές μέθοδοι ανάλυσης λεπτόκοκκων ιζημάτων αποτελούνται κυρίως από τεχνικές που στηρίζονται στην ταχύτητα καταβύθισης των κόκκων, όπως αυτή υπολογίζεται με βάση τον νόμο του Stokes. Στην συγκεκριμένη ανάλυση χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της πιπέτας (Folk, 1980). Η δημιουργία των κατανομών και η εξαγωγή των κοκκομετρικών παραμέτρων (μέσο μέγεθος, τυπική απόκλιση) έγινε μέσω του υπολογιστικού φύλλου GRADISTAT (Blott and Pye, 2001). Οι χωρικές κατανομές των κοκκομετρικών τάξεων, επιμέρους κλασμάτων και κοκκομετρικών παραμέτρων δημιουργήθηκαν με τη χρήση του QGIS.

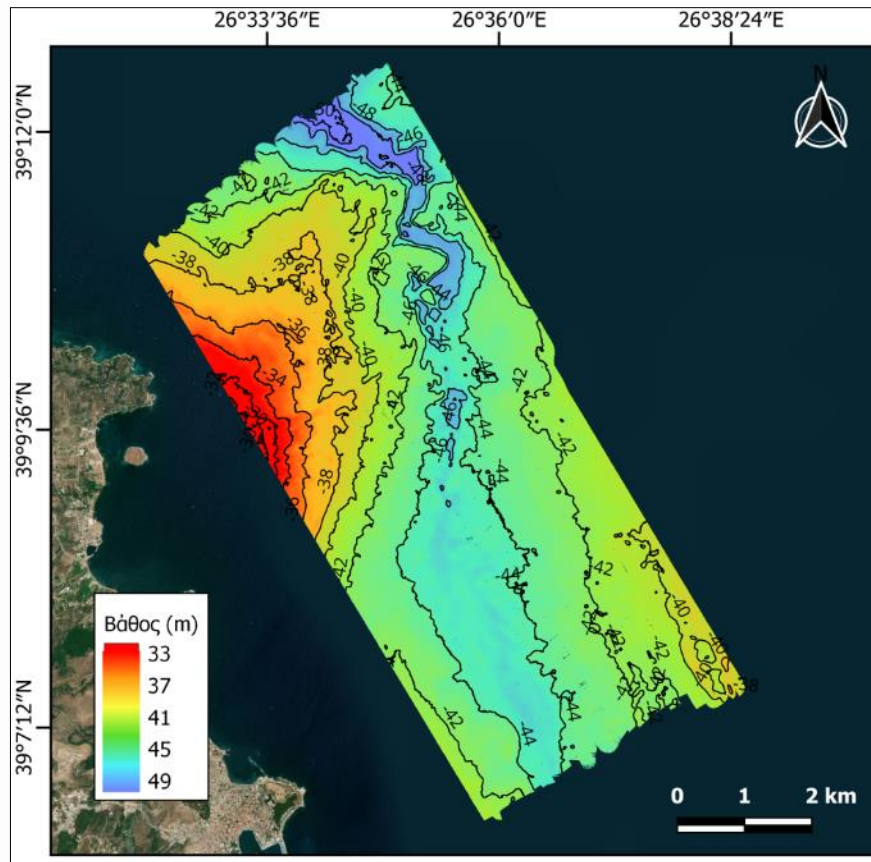
4 Αποτελέσματα

4.1 Λέσβος

4.1.1 Βαθυμετρία και Μορφολογία

Η ευρύτερη περιοχή του Στενού της Μυτιλήνης χαρακτηρίζεται από βάθη έως και ~ 60 m. Σύμφωνα με τους Hasiotis et al., (2020) το στενό της Μυτιλήνης διακρίνεται

μορφολογικά σε δύο διαφορετικές περιοχές, το Κεντρικό-Νότιο και το Βόρειο τμήμα, με εύρος βαθών 45-50 m και >60 m, αντίστοιχα (Εικόνα 14).

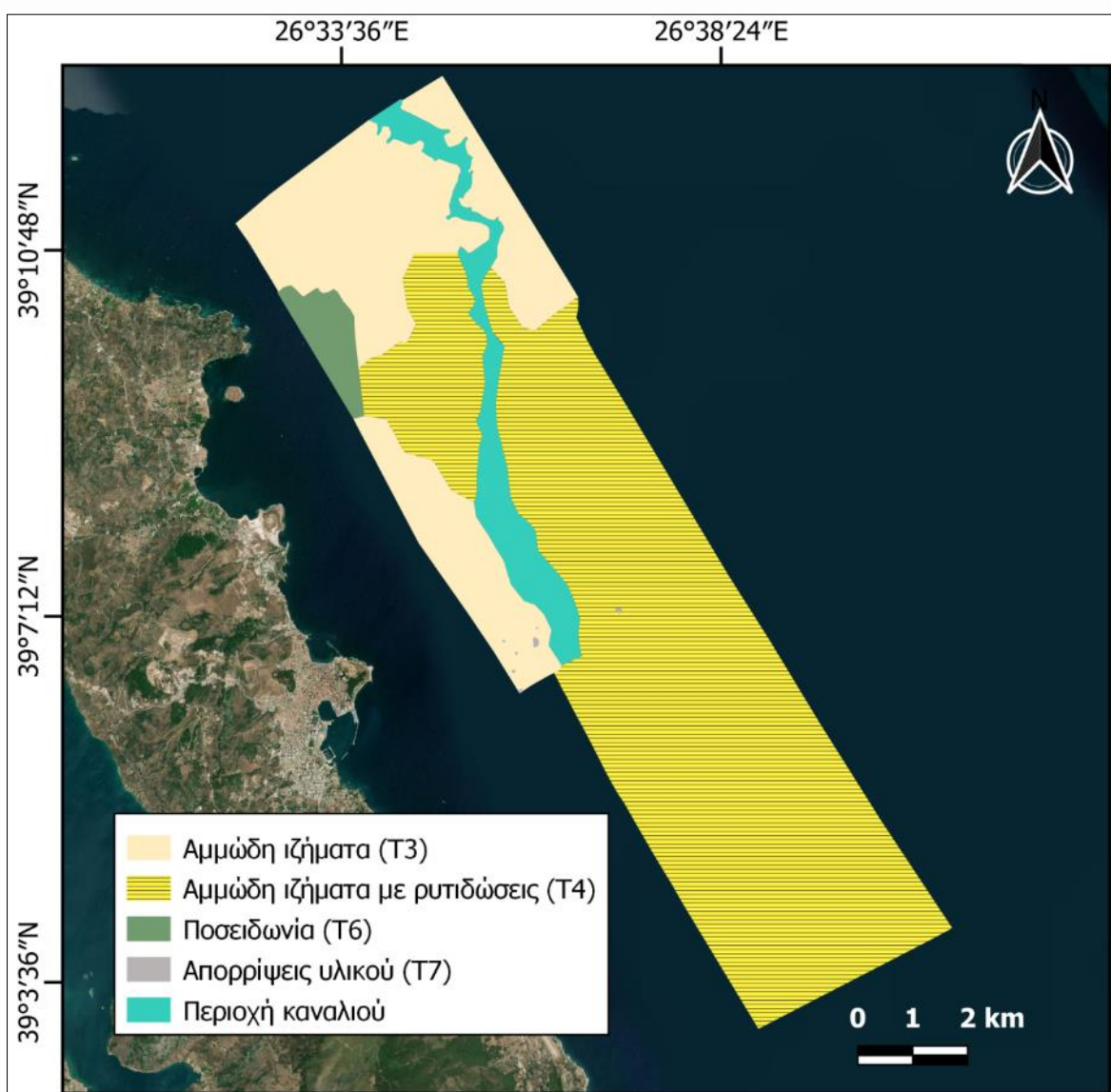


Εικόνα 14: Βυθομετρία στην περιοχή του Στενού της Μυτιλήνης.

Η περιοχή που μελετήθηκε διεξοδικότερα αφορά στο Κεντρικό-Νότιο τμήμα του στενού με τα εύρη βαθών να κυμαίνονται μεταξύ 28.5 – 52 m. Η ιδιαίτερη μορφολογία του πυθμένα συναντάται στο βορειοδυτικό τμήμα της ζώνης έρευνας όπου τα βάθη είναι μεγαλύτερα και εμφανίζεται μικρο-ανάγλυφο το οποίο οφείλεται στην παρουσία υβωμάτων που φτάνουν σε ύψος τα ~0.5 m. Στο νότιο τμήμα παρατηρείται μεγαλύτερη ομοιομορφία βαθών. Το κύριο μορφολογικό στοιχείο που εντοπίζεται στο βυθομετρικό χάρτη είναι η δομή ενός καναλιού, ξεκινώντας από το βόρειο τμήμα και καταλήγοντας στο κεντρικό-νότιο διασχίζοντας κατά μήκος όλη την περιοχή έρευνας. Έχει πλάτος από 150 μέχρι 500 m και η μορφολογική ταπείνωση στην κοίτη του φτάνει τα ~5 m σε βάθος.

Για τη δημιουργία του χάρτη διαφορετικών τύπων ανακλαστικότητας χρησιμοποιήθηκαν δύο μωσαϊκά: ένα από το backscatter του MBES και ένα από το CMAX και έγινε σύνθεση των αποτελεσμάτων σε έναν χάρτη. Η ανάλυση και σύνθεση των μορφολογικών δεδομένων και η επαλήθευσή τους από τη βάση δεδομένων δειγμάτων που συλλέχθηκαν στο πλαίσιο παλαιότερων μελετών του ΤΩΘΕ και από τα δείγματα της παρούσας έρευνας επιβεβαίωσαν την κατανομή 4 διαφορετικών τύπων ανακλαστικότητας στο Στενό της Μυτιλήνης (Εικόνα 15). Ο T3 εντοπίζεται κυρίως στο βόρειο και κεντρικό – ρηχότερο τμήμα, καταλαμβάνει μια έκταση 18.97 km² (27% της συνολικής περιοχής) και αφορά την παρουσία αμμωδών ιζημάτων. Ο T4 καταλαμβάνει

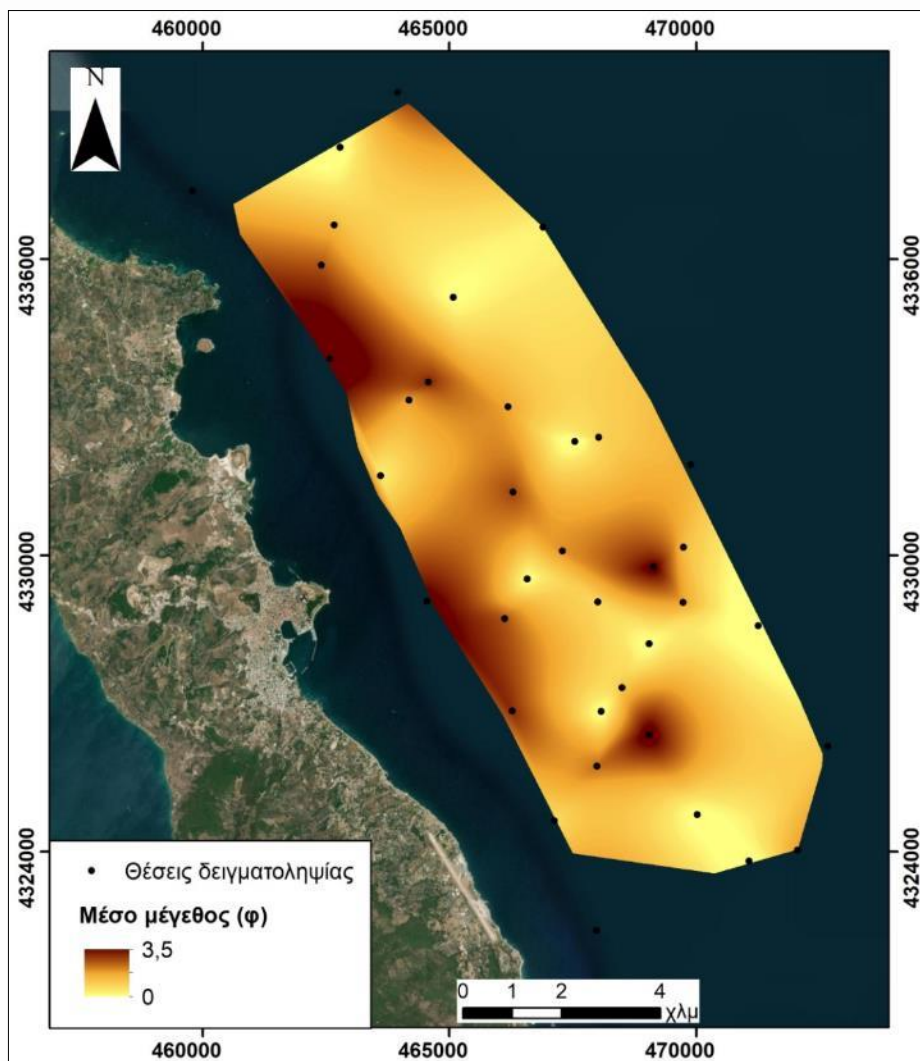
την μεγαλύτερη έκταση της περιοχής (49.59 km² – 71.45%) από το κεντρικό προς όλο το νότιο τμήμα και αντιστοιχεί στην κατανομή αμμωδών ιζημάτων με ρυτιδώσεις / γεωμορφές λόγω δράσης ρευμάτων πυθμένα (σύγχρονων ή/και παλαιότερων). Ο Τ6 εντοπίζεται σε μια μικρή έκταση (1.74 km² – 2.5%) στο βορειοανατολικό τμήμα σε μικρότερα βάθη (<30 m) και αφορά την παρουσία Ποσειδωνίας. Ο τελευταίος τύπος (Τ7) καλύπτει μια πολύ μικρή έκταση (0.03 km² – 0.05%) καθώς εμφανίζεται διάσπαρτα και τοπικά στο κεντρικό τμήμα της περιοχής και αφορά απορρίψεις υλικών βυθοκόρησης. Άλλα μορφολογικά στοιχεία που εντοπίστηκαν στις καταγραφές αφορούν ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως π.χ. αγκυροβόλια από αλιευτική δραστηριότητα, καλώδια κ.α.



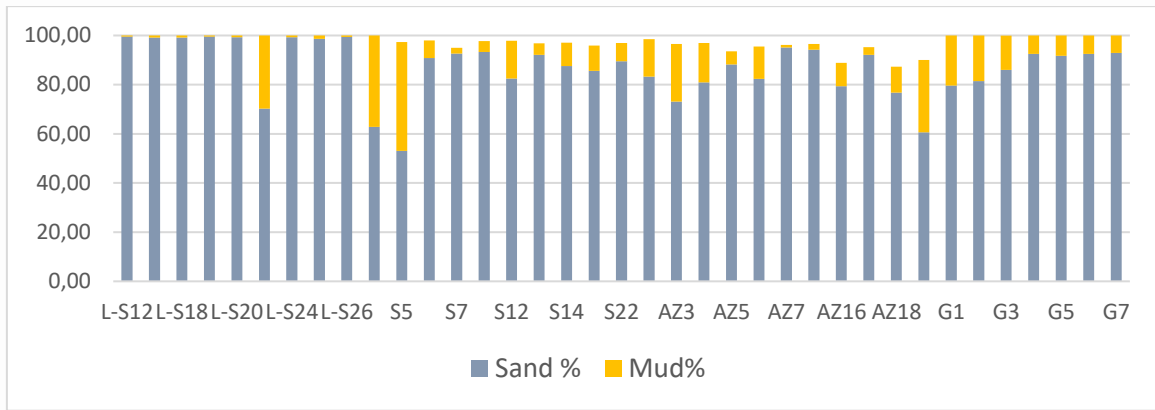
Εικόνα 25: Χάρτης κατανομής των διαφορετικών τύπων ανακλαστικότητας που εντοπίστηκαν στην περιοχή του Στενού της Μυτιλήνης και η μορφολογική ενότητα του καναλιού που εντοπίστηκε.

4.1.2 Ιζηματολογία

Από την προϋπάρχουσα βάση δεδομένων επιλέχθηκαν τα κατάλληλα δείγματα (στο σύνολο 37) που αφορούν στο Στενό της Μυτιλήνης. Η κατανομή του μέσου μεγέθους έδειξε ότι η πλειοψηφία αποτελείται από αδρομερή ιζήματα με το ποσοστό άμμου να φτάνει ~79-93% (Εικόνα 16). Από το μέσο μέγεθος των ιζημάτων προκύπτει ότι τα δείγματα στην πλειοψηφία τους είναι μεσόκοκκες άμμοι μέχρι πολύ λεπτόκοκκες άμμοι, και σε μερικά δείγματα παρατηρήθηκε ιλύς και ένα μικρό ποσοστό ιλύος (με εξαίρεση ένα δείγμα με 44%) (Εικόνα 17). Από την κατανομή του μέσου μεγέθους προκύπτει ότι τα πιο λεπτόκοκκα συναντώνται σε μικρότερα βάθη και κυρίως προς το βόρειο τμήμα. Η διαβάθμιση των ιζημάτων ποικίλει, ωστόσο η πλειοψηφία των δειγμάτων φαίνεται να χαρακτηρίζεται ως πολύ φτωχά διαβαθμισμένα.



Εικόνα 16: Η κατανομή του μέσου μεγέθους των ιζημάτων στην περιοχή του Στενού της Μυτιλήνης.

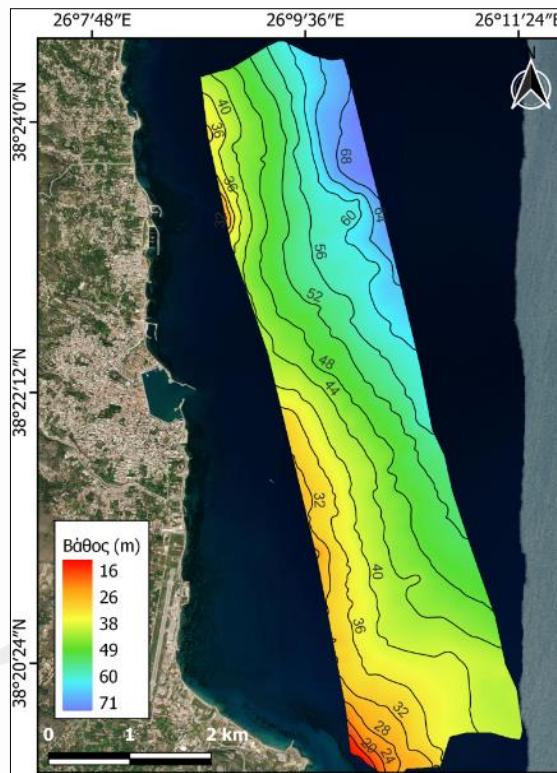


Εικόνα 17: Συγκεντρωτικό γράφημα κοκκομετρικής σύστασης (%) των δειγμάτων που αναλύθηκαν από την περιοχή του Στενού της Μυτιλήνης.

4.2 Χίος

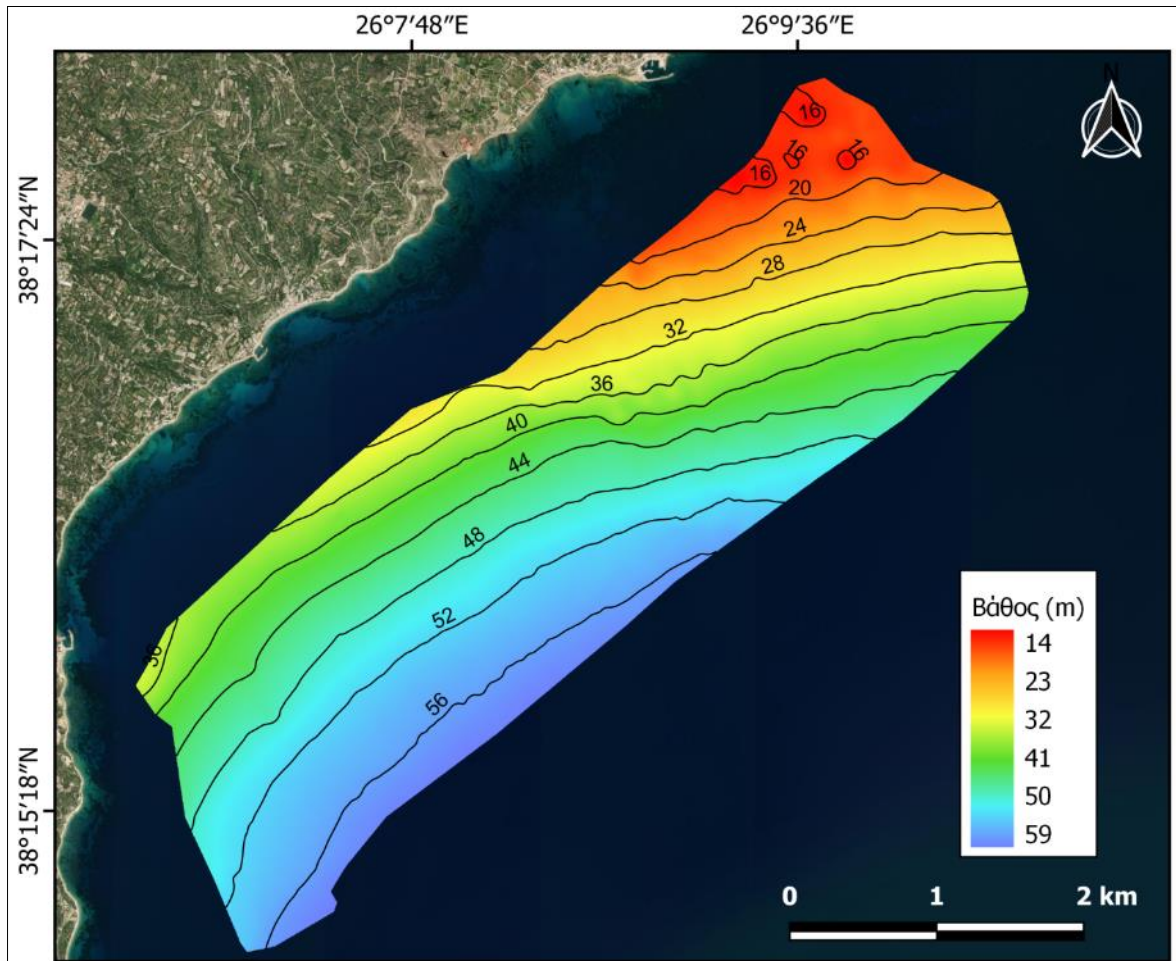
4.2.1 Βαθυμετρία και Μορφολογία

Η βυθομετρία στο βόρειο τμήμα έρευνας στην Χίο πραγματοποιήθηκε σε ένα εύρος βαθών από 16 έως 71 m (Εικόνα 18). Η περιοχή μπορεί να χωριστεί σε δύο τμήματα: το βόρειο στο οποίο παρατηρούνται μεγαλύτερα βάθη (32 – 71 m) και το νότιο στο οποίο παρατηρούνται μικρότερα βάθη (16 – 60 m). Η μορφολογία του πυθμένα φαίνεται σχετικά ομοιογενής με ομοιόμορφη αύξηση βαθών και χωρίς μεγάλες κλίσεις.



Εικόνα 38: Βυθομετρία στην περιοχή έρευνας στη Χίο (βόρειο τμήμα).

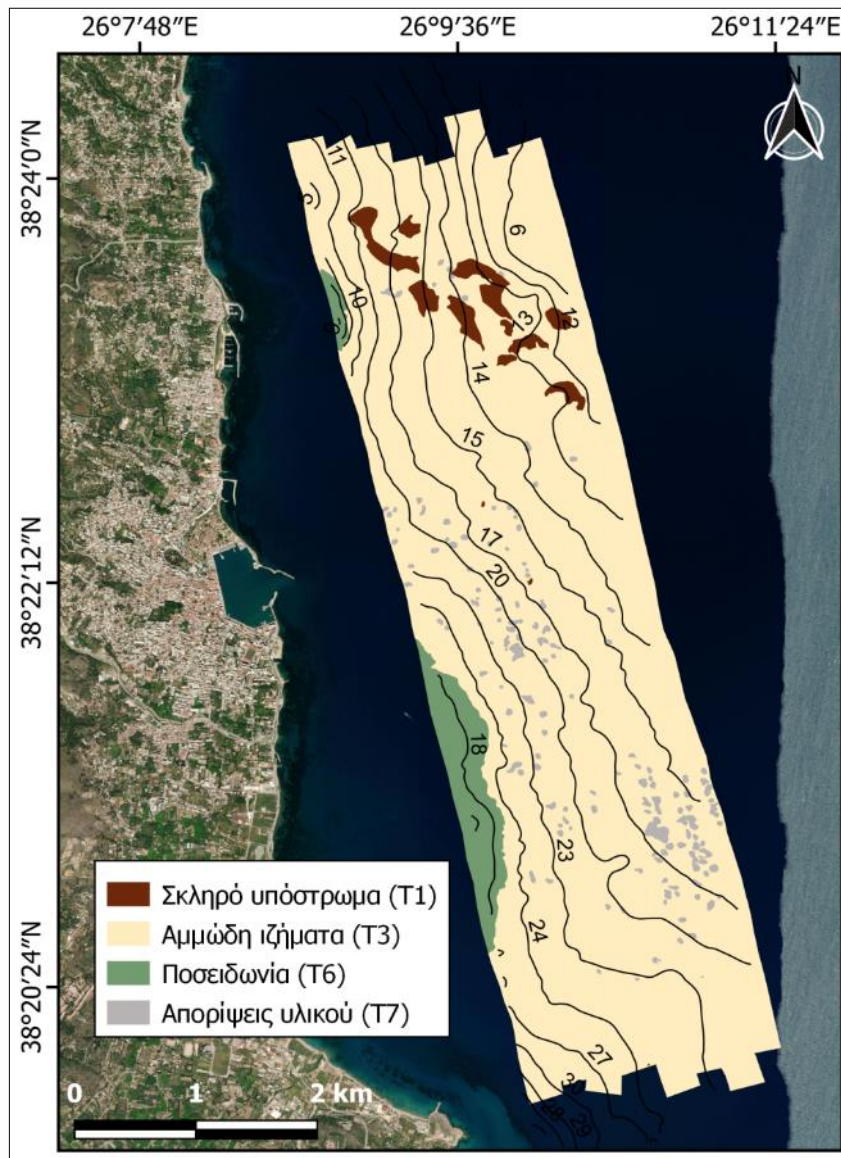
Η βυθομετρία στο νότιο τμήμα έρευνας στην Χίο πραγματοποιήθηκε σε ένα εύρος βαθών από 14 έως 59 m (Εικόνα 19). Ο πυθμένας φαίνεται να είναι ομοιόμορφος με μια σχετικά ομαλή κατανομή βαθών. Μια μορφολογική μεταβολή εντοπίζεται στο βορειότερο και ρηχότερο τμήμα της περιοχής έρευνας, η οποία διαπιστώθηκε ότι σχετίζεται με μικρο-αναγλύφου λόγω της παρουσίας λειμώνων Ποσειδωνίας.



Εικόνα 49: Βυθομετρία στην περιοχή έρευνας στη Χίο (νότιο τμήμα).

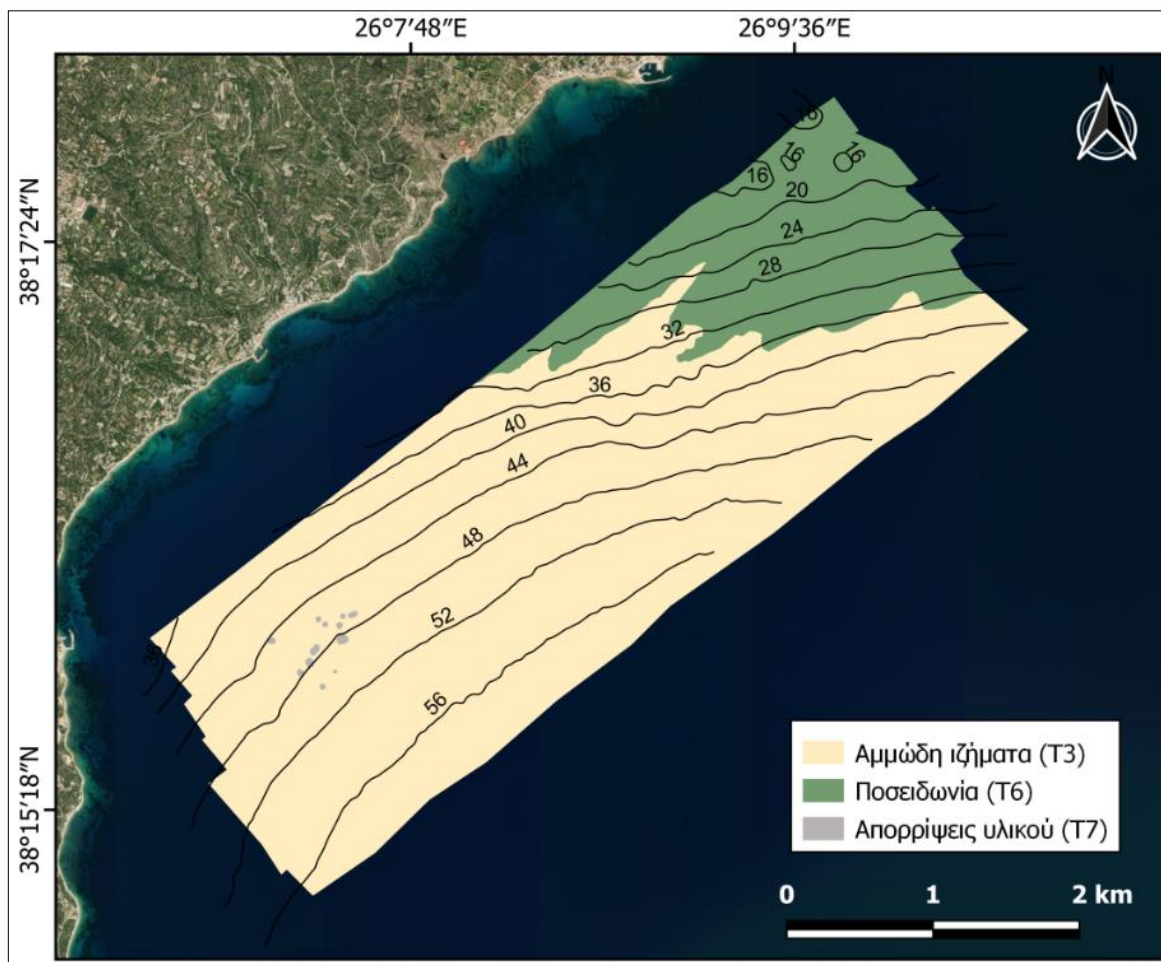
Η ανάλυση και σύνθεση των μορφολογικών δεδομένων και η επαλήθευσή τους από τη λήψη επιφανειακών ιζημάτων από το βόρειο τμήμα έρευνας στη Χίο έδειξε την παρουσία τεσσάρων διαφορετικών τύπων ανακλαστικότητας (Εικόνα 20). Ο T1 εντοπίζεται στο βόρειο τμήμα της περιοχής έρευνας, σε μικρές εκτάσεις (σύνολο 0.41 km² – 2.5%) και αντιστοιχεί στην παρουσία σκληρού υποστρώματος, πιθανόν και στην ανάδυση υποβάθρου. Ο T3 καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής (15.07 km² – 91%) και αντιστοιχεί στην παρουσία αμμωδών ιζημάτων. Ο T6 αφορά την κατανομή των λιβαδιών Ποσειδωνίας και εμφανίζεται τοπικά (έκταση 0.76 km² – 4.5%) σε βάθη μικρότερα των 20 m. Ο τελευταίος τύπος ανακλαστικότητας αφορά τις απορρίψεις υλικού βυθοκορήσεων. Εμφανίζονται σε μεγάλο εύρος βαθών, όμως σε μικρές εκτάσεις

με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση να αναπτύσσεται στο νότιο τμήμα (συνολική έκταση 0.33 km² – 2%).



Εικόνα 20: Χάρτης κατανομής των διαφορετικών τύπων ανακλαστικότητας που εντοπίστηκαν στο βόρειο τμήμα έρευνας στη Χίο.

Η αντίστοιχη ανάλυση στο νότιο τμήμα έρευνας στη Χίο έδειξε την κατανομή τριών διαφορετικών τύπων ανακλαστικότητας (Εικόνα 21). Ο T3 καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής έρευνας και αφορά την παρουσία αμμωδών ιζημάτων σε μια έκταση 10.15 km² (79.7%). Ο T6 σχετίζεται με την παρουσία λιβαδιών Ποσειδωνίας και εντοπίζεται στο βόρειο τμήμα της περιοχής σε ένα εύρος βαθών 14 έως ~36 m. Ο T7 αντιστοιχεί σε απορρίψεις υλικού βυθοκορήσεων, οι οποίες εμφανίζονται τοπικά στο νοτιοδυτικό τμήμα της περιοχής σε ένα εύρος βαθών 44 έως 50 m (συνολική έκταση στο μωσαϊκό 0.02 km² – 0.2%).



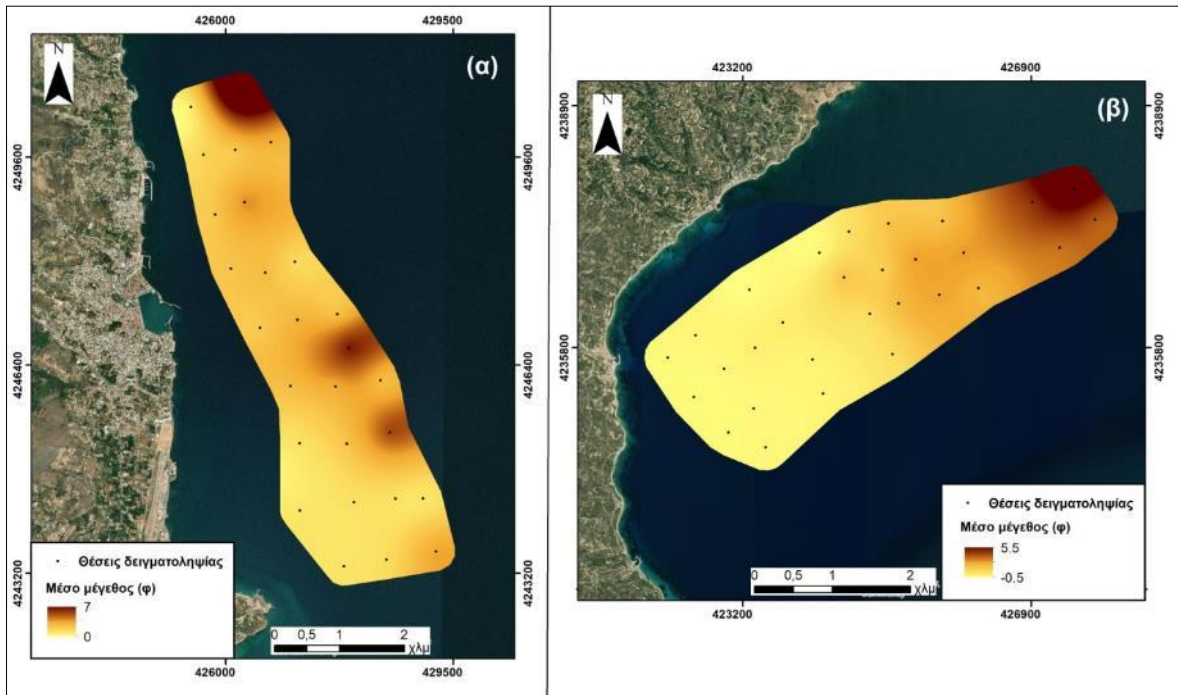
Εικόνα 21: Χάρτης κατανομής των διαφορετικών τύπων ανακλαστικότητας που εντοπίστηκαν στο νότιο τμήμα έρευνας στη Χίο.

4.2.2 Ιζηματολογία

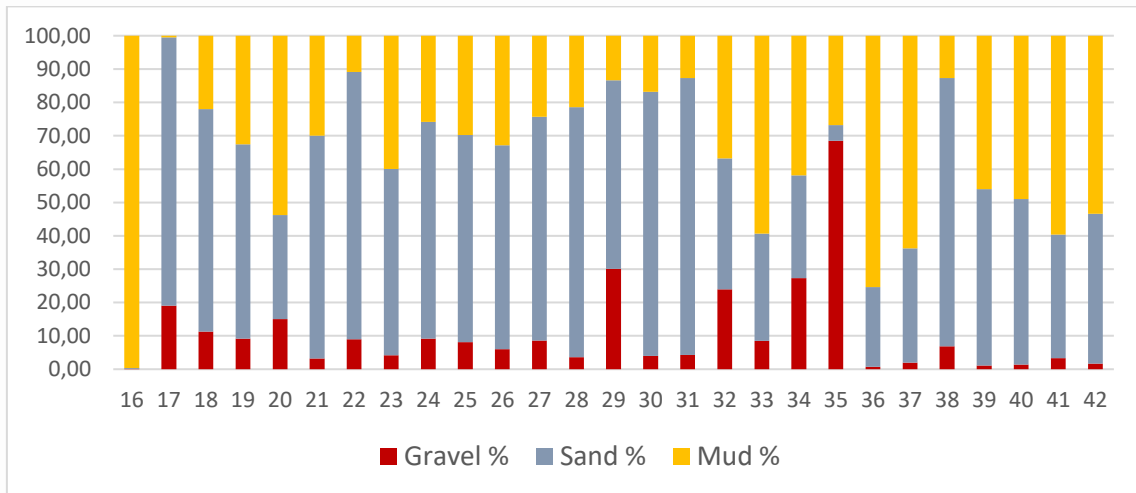
Συνολικά 27 δείγματα επιφανειακού ιζήματος συλλέχθηκαν από το βόρειο τμήμα έρευνας στη Χίο σε βάθη μεταξύ 32 – 53 m. Τα ιζήματα είναι αποτελούνται από αδρόκοκκη άμμο έως και λεπτόκοκκο πηλό (0–7 ϕ) (Εικόνα 21α και 22). Τα αδρομερέστερα ιζήματα φαίνεται να συγκεντρώνονται προς το νότιο τμήμα της περιοχής (0-3 ϕ) και τα λεπτομερή προς το βόρειο τμήμα και το εξωτερικό όριο (5-7 ϕ) και χαρακτηρίζονται φτωχά (1.2 ϕ) έως πολύ φτωχά διαβαθμισμένα (4.2 ϕ), κυρίως λόγω της αυξημένης παρουσίας βιογενών θραυσμάτων.

Από το νότιο τμήμα της περιοχής έρευνας στη Χίο έγινε λήψη συνολικά 29 δειγμάτων επιφανειακού ιζήματος σε βάθη μεταξύ 33 – 56 m (Εικόνα 21β, και 23). Τα ιζήματα αποτελούνται από αδρόκοκκη άμμο έως και αδρόκοκκο πηλό (0 – 5 ϕ). Τα αδρομερέστερα ιζήματα φαίνεται να συγκεντρώνονται προς το ανατολικο-νοτιοανατολικό τμήμα της περιοχής (0-3 ϕ) και τα λεπτομερή προς το βόρειοανατολικό

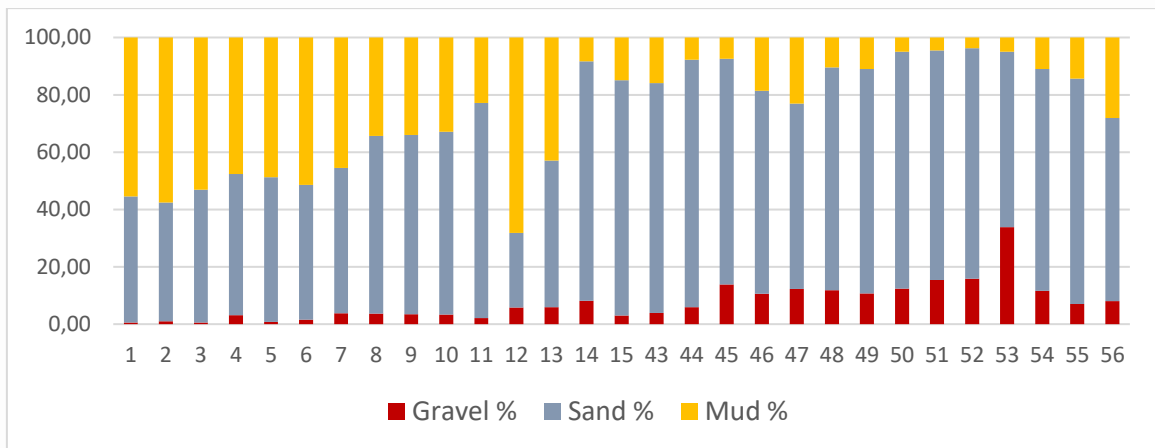
τμήμα (4-5.6 Ø) και χαρακτηρίζονται φτωχά (1.2 Ø) έως πολύ φτωχά διαβαθμισμένα (3.6 Ø) κυρίως λόγω της αυξημένης παρουσίας βιογενών θραυσμάτων.



Εικόνα 21: Η κατανομή του μέσου μεγέθους των ιζημάτων στο (α) βόρειο και (β) νότιο τμήμα έρευνας στη Χίο.



Εικόνα 22: Συγκεντρωτικό γράφημα κοκκομετρικής σύστασης (%) των θαλάσσιων δειγμάτων που αναλύθηκαν από το βόρειο τμήμα στη Χίο.

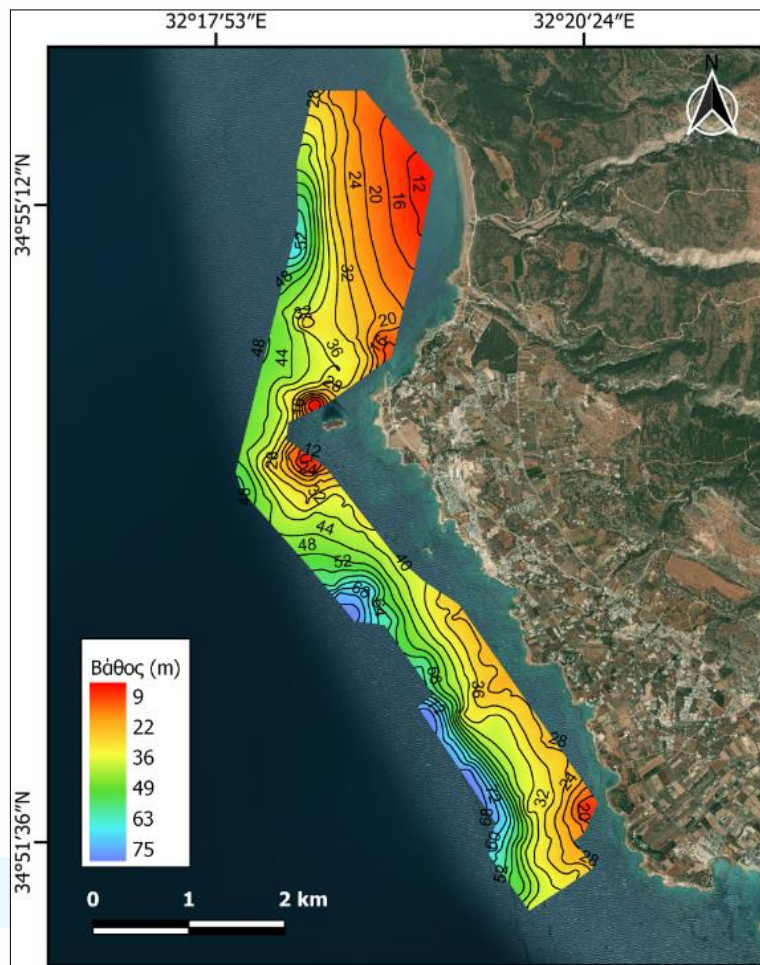


Εικόνα 23: Συγκεντρωτικό γράφημα κοκκομετρικής σύστασης (%) των θαλάσσιων δειγμάτων που αναλύθηκαν από το νότιο τμήμα στη Χίο.

4.3 Κύπρος

4.3.1 Βαθυμετρία και Μορφολογία

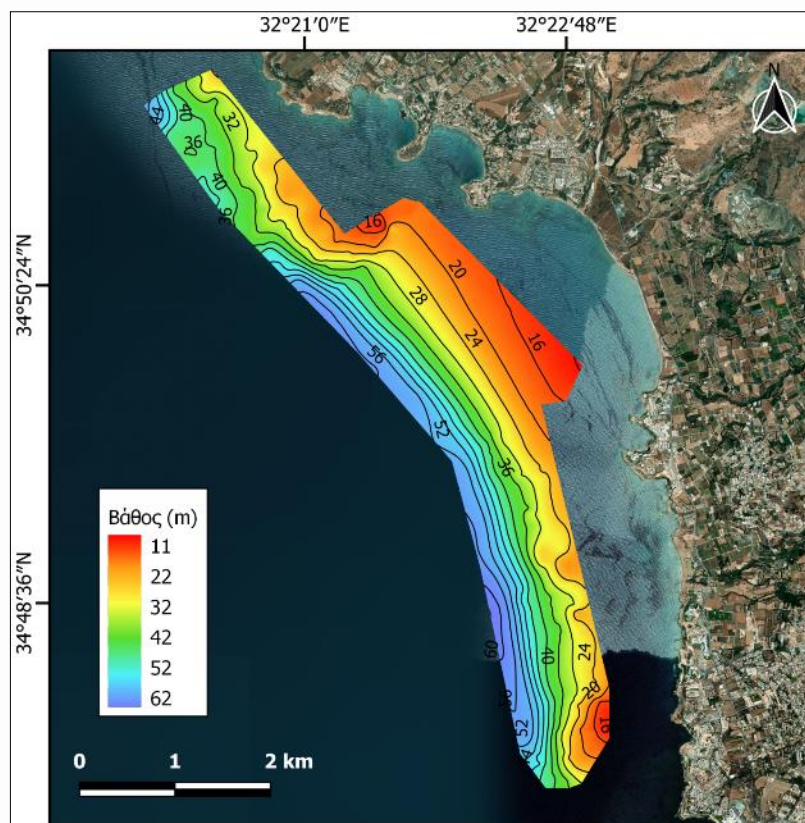
Στο βορειότερο τμήμα έρευνας στην Κύπρο, ανοιχτά της περιοχής του Αγ. Γεωργίου, τα βάθη κυμαίνονται από 9 έως 75 m (Εικόνα 24).



Εικόνα 24: Βυθομετρία στην περιοχή έξω από τον Αγ. Γεώργιο.

Η περιοχή μπορεί να χωρίζεται με φυσικό τρόπο σε δύο τμήματα, στο βόρειο και στο νότιο, καθώς μεταξύ τους παρεμβάλλεται το νησί της Γερονήσου. Στο βόρειο τμήμα τα βάθη είναι μικρότερα, ξεκινώντας από τα 9 m, φαίνεται να εξελίσσονται ομαλά μέχρι και τα 36 m και στο βαθύτερο τμήμα (βάθη >40 m) εντοπίζεται τμήμα μίας απότομη καταβύθισης του πυθμένα που φτάνει τα 60 m στο όριο του κανάβου. Στο νότιο τμήμα αυτής της περιοχής παρατηρείται έντονο ανάγλυφο, το οποίο βρίσκεται κοντά στη Γερόνησο και πιθανόν να έχει σχέση με την εμφάνιση του υποβάθρου. Στο νότιο τμήμα της περιοχής έρευνας η μορφολογία παρουσιάζεται πιο σύνθετη. Το εύρος βαθών είναι μεγαλύτερο (18 – 75 m) με τα βαθύτερα σημεία να εντοπίζονται νότια στο εξωτερικό όριο του κανάβου. Στο βορειότερο τμήμα κοντά στην Γερόνησο και νοτιότερο τμήμα εντοπίζονται περιοχές με μικρότερα βάθη, δηλώνοντας την παρουσία μορφολογίας η οποία μπορεί να οφείλεται στην κοντινή απόσταση από την χέρσο και στην ανάδυση του υποβάθρου.

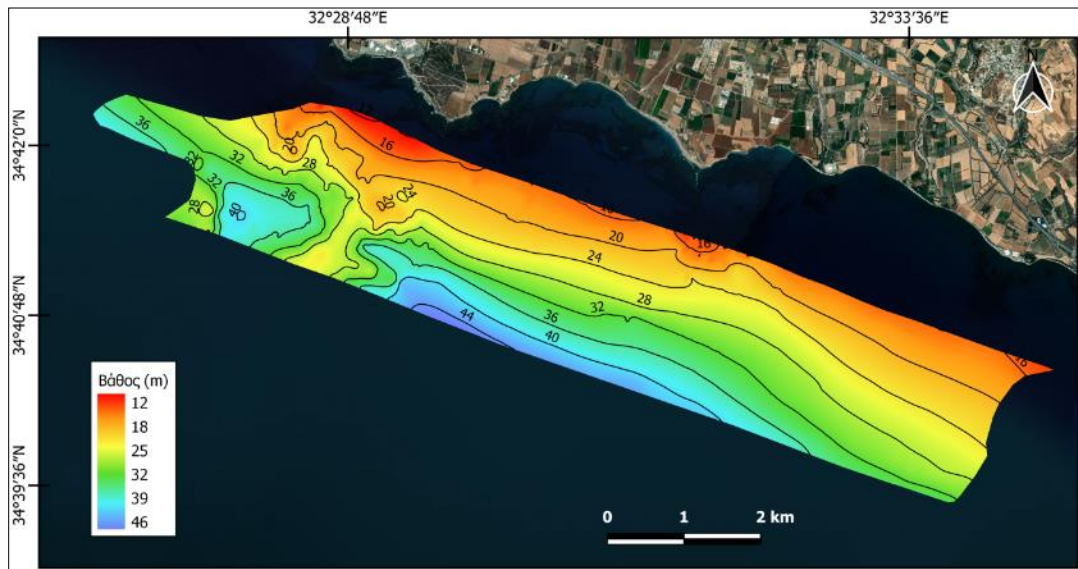
Στην περιοχή της Κισσόνεργας (η 2^η επιμέρους περιοχή έρευνας προς τα νότια), ο βαθυμετρικός χάρτης που δημιουργήθηκε σε ένα εύρος βαθών 11 έως 62 m έδειξε την γενικά ομοιόμορφη κατανομή βαθών στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής (Εικόνα 25). Διακυμάνσεις στο ανάγλυφο εντοπίζονται στο βορειότερο και στο νοτιότερο τμήμα της περιοχής. Στο κεντρικό τμήμα της περιοχής η κατανομή των βαθών φαίνεται να είναι ομοιόμορφη με ήπιες κλίσεις φτάνοντας μέχρι το βάθος των 62 m.



Εικόνα 25: Βυθομετρία στην περιοχή έξω από την Κισσόνεργα.

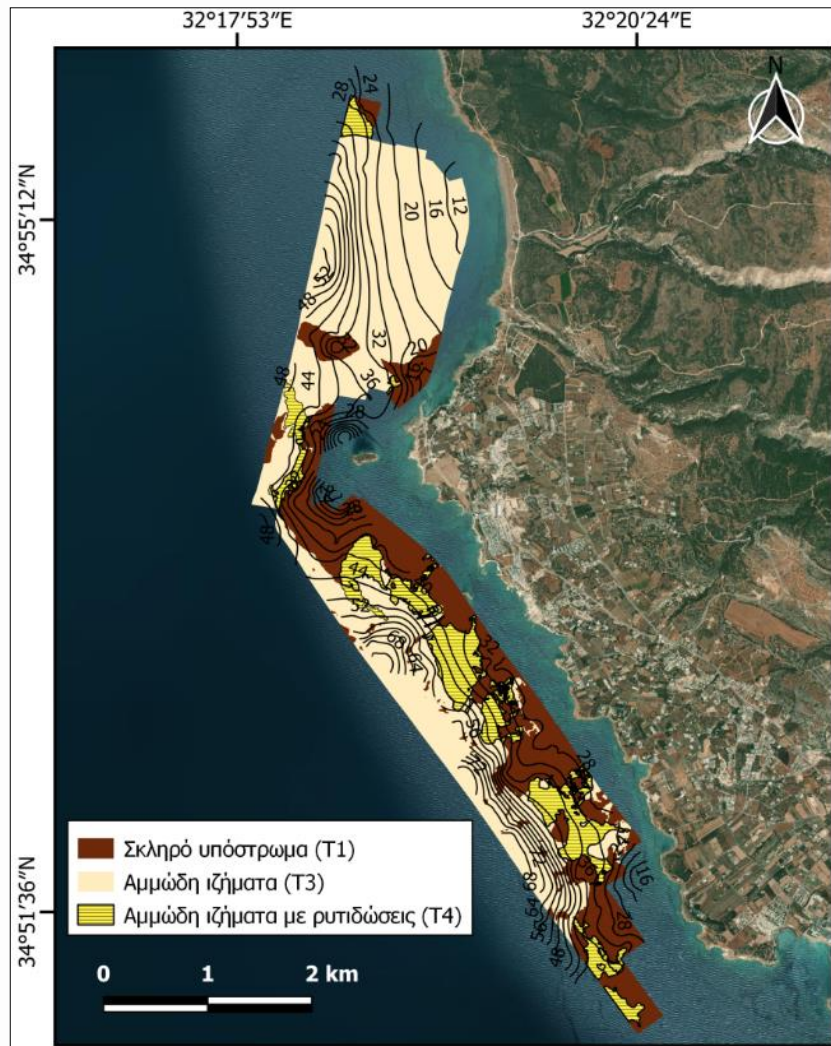
Η τελευταία και νοτιότερη περιοχή έρευνας βρίσκεται ανοιχτά του αερολιμένα της Πάφου (βόρειο τμήμα) σε ένα εύρος βαθών 12 – 46 m (Εικόνα 26). Μορφολογικά

διακρίνονται δύο περιοχές: η μία αφορά το βορειοδυτικό τμήμα στο οποίο και παρατηρείται έντονο ανάγλυφο που φαίνεται να διακόπτει την ομαλή εξέλιξη των βαθών με μία "λωρίδα" που αναδύεται σε μικρότερο βάθος (~25 m). Η δεύτερη περιοχή αφορά το κεντρικό και νοτιοανατολικό τμήμα στο οποίο η μορφολογία παρουσιάζεται ήπια με ομαλή κατανομή βαθών μέχρι τα 46 m στο εξωτερικό όριο του κανάβου.



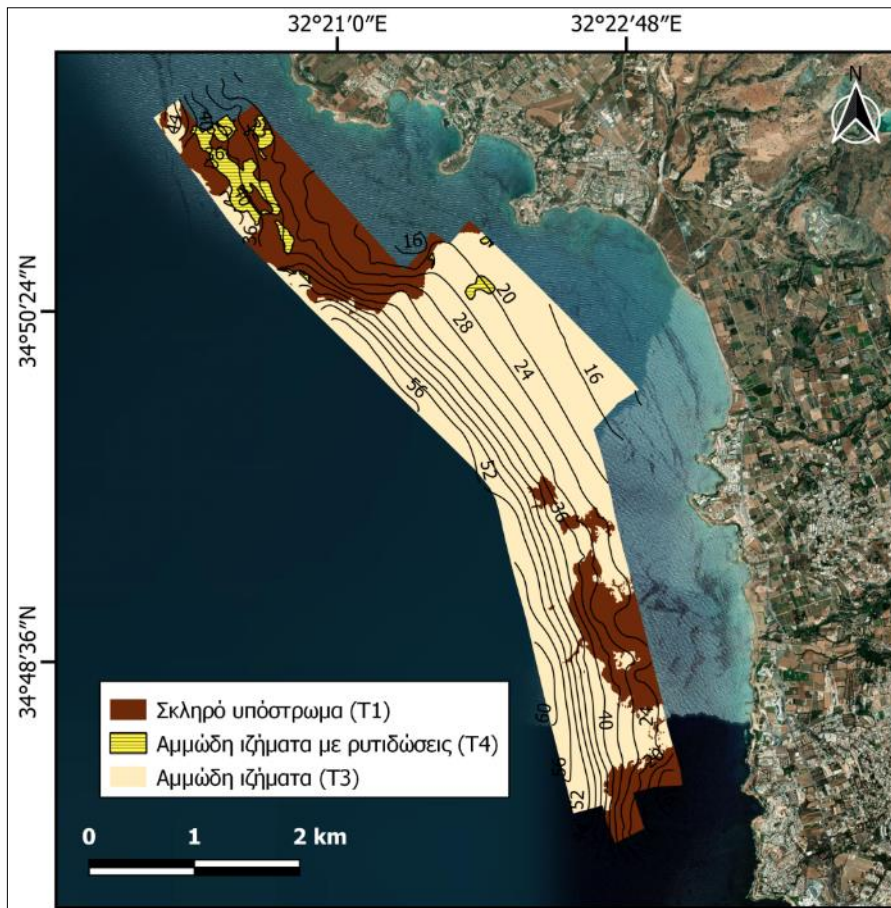
Εικόνα 26: Βυθομετρία στην περιοχή έξω από την Πάφο.

Η ανάλυση και σύνθεση των μορφολογικών δεδομένων και η επαλήθευσή τους από τη λήψη επιφανειακών ιζημάτων από την περιοχή ανοιχτά του Αγ. Γεωργίου (βoreϊότερη περιοχή έρευνας) έδειξε την κατανομή τριών διαφορετικών τύπων ανακλαστικότητας (Εικόνα 27). Ο T1 καταλαμβάνει μια έκταση 2.72 km² (29.1%), αφορά κυρίως την παρουσία σκληρού υποστρώματος με τοπική εμφάνιση νησίδων ποσειδωνίας, και εκτείνεται σχεδόν παράλληλα της παράκτιας ζώνης, ειδικότερα στο νότιο τμήμα, κυρίως σε ένα εύρος βαθών 25 – 44 m, ωστόσο εμφανίζεται τοπικά και σε μεγαλύτερα βάθη. Ο T3 (5.24 km² – 56.1%) σχετίζεται με την εμφάνιση αμμωδών ιζημάτων τα οποία καταλαμβάνουν σχεδόν όλο το βόρειο τμήμα και στο νότιο τμήμα εμφανίζονται σε βάθη μεγαλύτερα των 40 m, αν και εντοπίζονται τοπικά και σε μικρότερα βάθη στο νότιο τμήμα. Ο T4 (1.38 km² – 14.8 %) αφορά την παρουσία αμμωδών ιζημάτων με ρυτιδώσεις. Ο τύπος αυτός εμφανίζεται κυρίως στο νότιο τμήμα σε ένα εύρος βαθών 40 – 52 m. Ωστόσο, εντοπίζεται και εκατέρωθεν των ορίων του βόρειου τμήματος.



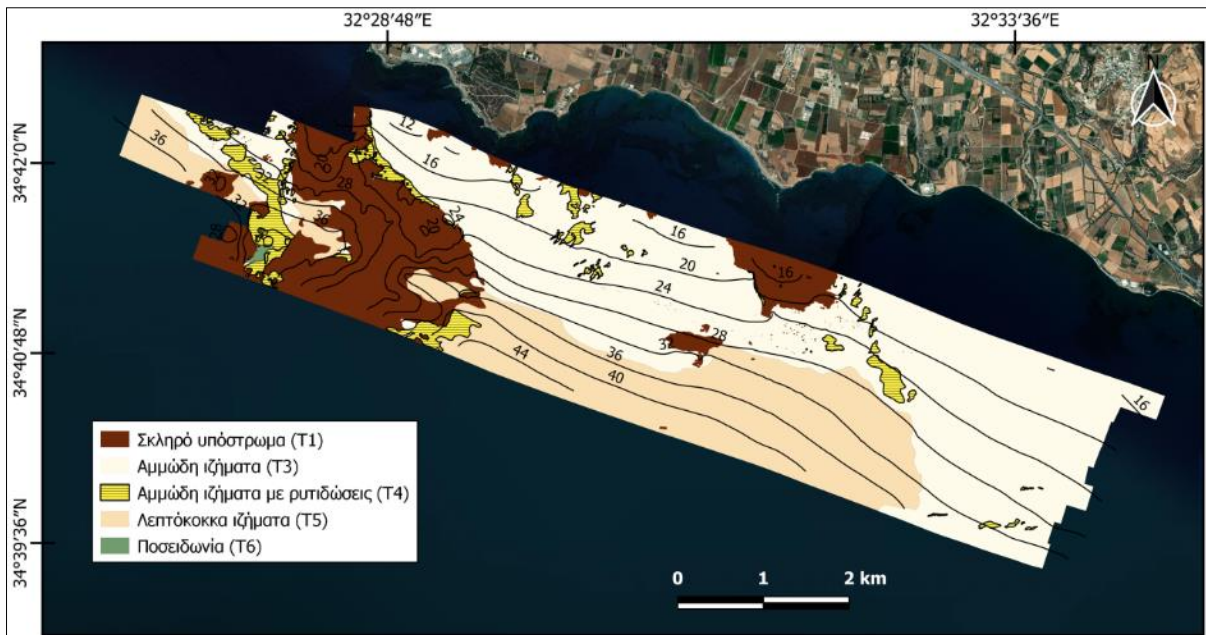
Εικόνα 27: Χάρτης κατανομής των διαφορετικών τύπων ανακλαστικότητας που εντοπίστηκαν στην περιοχή του Αγ. Γεωργίου.

Η ανάλυση και σύνθεση των μορφολογικών δεδομένων και η επαλήθευσή τους από τη λήψη επιφανειακών ιζημάτων ανοιχτά της Κισσόνεργας (κεντρική περιοχή έρευνας) έδειξε την κατανομή τριών διαφορετικών τύπων ανακλαστικότητας (Εικόνα 28). Το σκληρό υπόστρωμα (T1) με περιορισμένου εύρους (πολύ μικρές) περιοχές ποσειδωνίας καταλαμβάνει μια έκταση 2.73 km² (29%), καταλαμβάνει σχεδόν εξολοκλήρου το βορειότερο και εμφανίζεται σε δύο κύριες εκτάσεις στο νοτιότερο τμήμα της περιοχής, μέχρι και το βάθος των 52 m. Ο T3 (6.35 km² – 67.2%) σχετίζεται με την εμφάνιση αμμωδών ιζημάτων τα οποία καταλαμβάνουν σχεδόν όλο το κεντρικό τμήμα και μέρος του νότιου τμήματος της περιοχής κυρίως σε βάθη μεγαλύτερα των 40 m. Ο T4 (0.35 km² – 3.8%) αφορά την παρουσία αμμωδών ιζημάτων με ρυτιδώσεις. Ο τύπος αυτός καταλαμβάνει μέρος του βορειότερου τμήματος σε ακανόνιστη κατανομή, και τοπικά σε μία μικρή περιοχή στο κεντρικό τμήμα σε βάθος ~20 m.



Εικόνα 28: Χάρτης κατανομής των διαφορετικών τύπων ανακλαστικότητα που εντοπίστηκαν έξω από την Κισσόνηργα.

Η ανάλυση και σύνθεση των μορφολογικών δεδομένων και η επαλήθευσή τους από τη λήψη επιφανειακών ιζημάτων από την περιοχή ανοιχτά της Πάφου (νότια περιοχή έρευνας) ανέδειξε την κατανομή πέντε διαφορετικών τύπων ανακλαστικότητα (Εικόνα 29). Ο T1, συνολικής έκτασης 4.51 km^2 (17.5%), καταλαμβάνει ένα μεγάλο κομμάτι του βορειοδυτικού τμήματος καθώς εμφανίζεται και τοπικά στο κεντρικό και ρηχότερο τμήμα της περιοχής (βάθη έως $\sim 24 \text{ m}$) και αφορά την παρουσία σκληρού υποστρώματος. Ο T3 ($13.35 \text{ km}^2 - 51.8\%$) σχετίζεται με την εμφάνιση αμμωδών ιζημάτων τα οποία καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο κομμάτι της περιοχής, ξεκινώντας από το ρηχό όριο και φτάνοντας σε ένα μέσο βάθος $\sim 36 \text{ m}$, αλλά επεκτείνονται και βαθύτερα στο νοτιοανατολικό τμήμα. Ο T4 ($1.3 \text{ km}^2 - 5\%$) αφορά την παρουσία αμμωδών ιζημάτων με ρυτιδώσεις. Ο τύπος αυτός καταλαμβάνει μέρος του βορειότερου τμήματος σε ακανόνιστη κατανομή, και τοπικά σε μία μικρή περιοχή στο κεντρικό τμήμα σε βάθος $\sim 20 \text{ m}$. Ο T5 ($6.59 \text{ km}^2 - 25.6\%$) σχετίζεται με την παρουσία λεπτόκοκκων ιζημάτων τα οποία κατανέμονται σε βάθη μεγαλύτερα των 28 m κατά μήκος σχεδόν όλης της περιοχής. Στον τύπο αυτό εντοπίστηκε πλήθος ουλών στον πυθμένα που είναι ενδεικτικές της έντονης αλιευτικής δραστηριότητας στην περιοχή. Ο T6 αντιστοιχεί στην παρουσία Ποσειδωνίας ο οποίο εντοπίστηκε τοπικά σε 2-3 πολύ μικρές εκτάσεις στο βόρειο τμήμα της περιοχής (συνολική έκταση T6: $0.02 \text{ km}^2 - 0.1\%$).



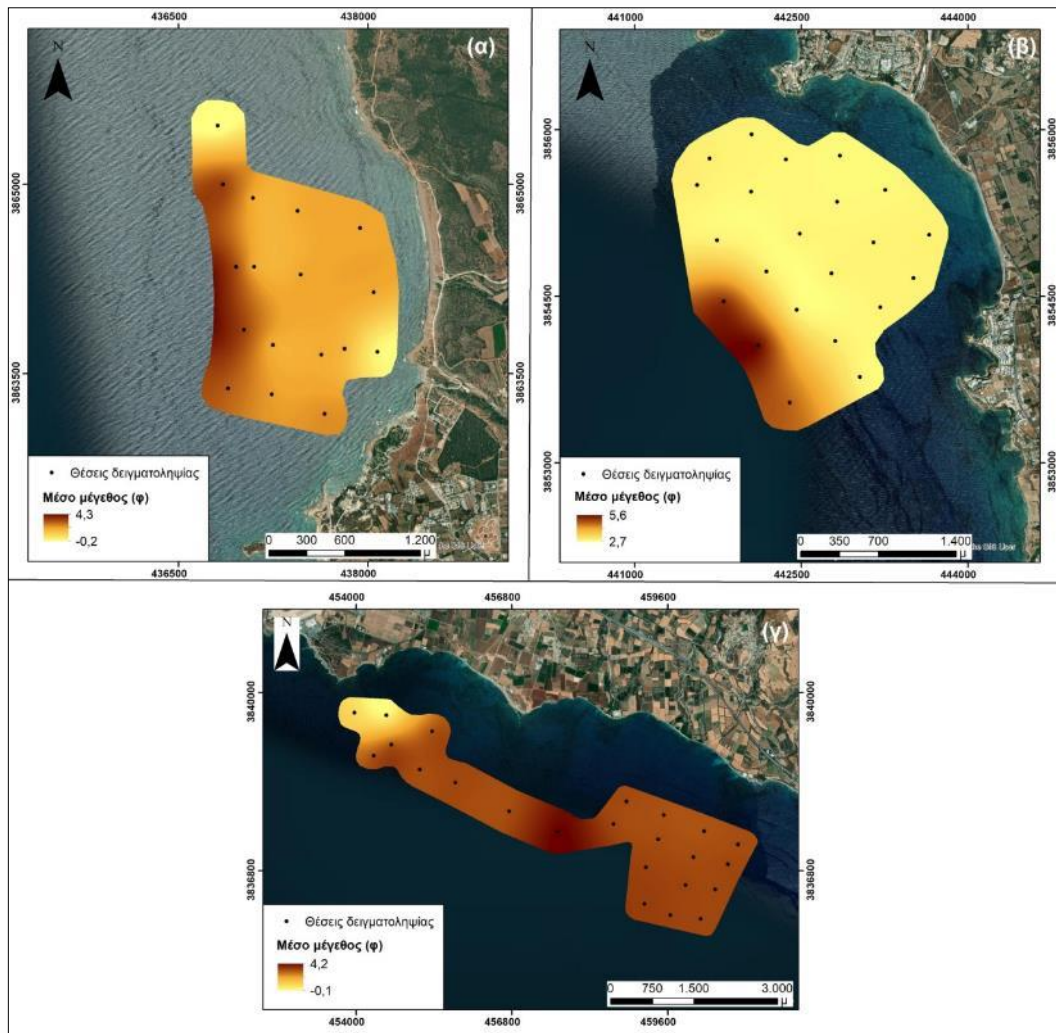
Εικόνα 29: Χάρτης κατανομής των διαφορετικών τύπων ανακλαστικότητας που εντοπίστηκαν στην περιοχή έξω από την Πάφο.

4.3.2 Ιζηματολογία

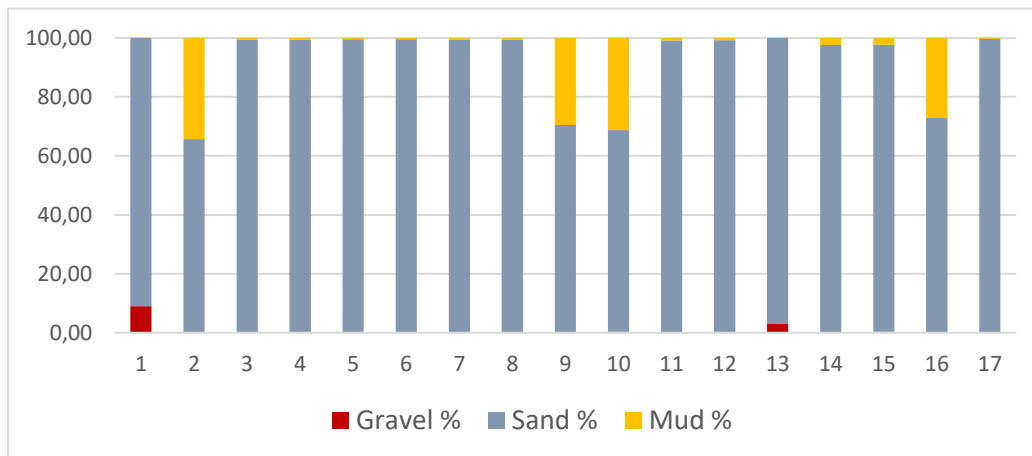
Ανοιχτά του Αγ. Γεωργίου (Εικόνα 30α), συλλέχθηκαν συνολικά 17 δείγματα σε βάθη 11 – 45 m. Τα ιζήματα είναι αδρομερή και αποτελούνται από ψηφίδες έως πολύ λεπτόκοκκη άμμο (-0.2 – 4.2 ϕ) (Εικόνα 31). Τα αδρομερέστερα ιζήματα φαίνεται να συγκεντρώνονται πλησίον του ρηχότερου τμήματος στα ανατολικά και προς το βορειότερο τμήμα όπου συναντώνται και οι μικρότερες τιμές (-0.2 ϕ). Σχεδόν όλα τα δείγματα ιζημάτων χαρακτηρίζονται μετρίως καλά διαβαθμισμένα (~0.7 ϕ).

Στην περιοχή της Κισσόνεργας (κεντρική περιοχή μελέτης) έγινε λήψη συνολικά 22 δειγμάτων επιφανειακού ιζήματος σε ένα εύρος βαθών 8 – 58 m (Εικόνα 30β). Σχεδόν όλα τα δείγματα ανήκουν στην κατηγορία της άμμου (~2.9 ϕ) με δύο από τα δείγματα τα οποία λήφθηκαν κοντά στο εξωτερικό όριο να ανήκουν στην κατηγορία του πηλού (5.5 ϕ) (Εικόνα 32). Η πλειοψηφία των δειγμάτων (εκτός από τα τρία πιο λεπτόκοκκα που βρίσκονται στο βαθύτερο όριο της περιοχής και είναι πολύ φτωχά διαβαθμισμένα) χαρακτηρίζονται ως μετρίως καλά διαβαθμισμένα.

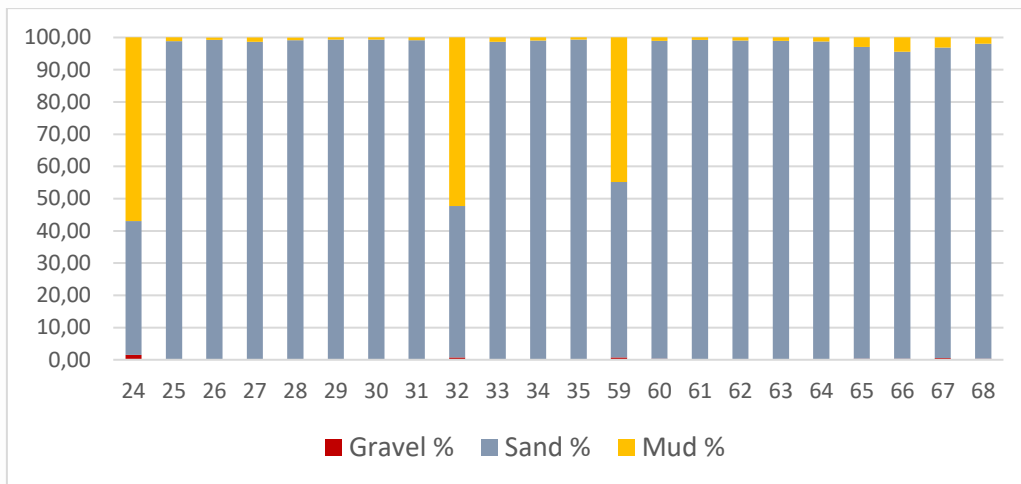
Ανοιχτά της Πάφου (νότια περιοχή μελέτης) έγινε λήψη συνολικά 23 δειγμάτων επιφανειακού ιζήματος σε ένα εύρος βαθών 16 – 33 m (Εικόνα 30γ). Η πλειοψηφία των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία της πολύ λεπτόκοκκης άμμου με εξαίρεση τρία δείγματα (ένα που ανήκει στην κατηγορία του αδρόκοκκου πηλού και δύο πιο αδρομερή, ~3.2 ϕ) (Εικόνα 33). Η κατανομή του μέσου μεγέθους είναι γενικά ομοιόμορφη, με την παρουσία των αδρομερέστερων ιζημάτων (-0.1 ϕ) να εντοπίζεται στο βορειοδυτικό τμήμα της περιοχής. Τα ιζήματα στην πλειοψηφία τους χαρακτηρίζονται ως μετρίως καλά διαβαθμισμένα.



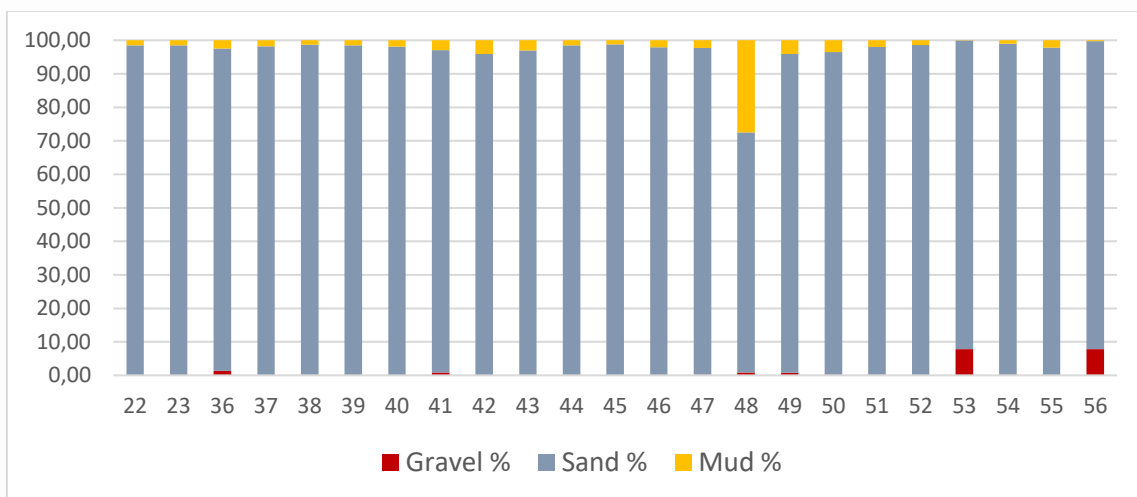
Εικόνα 30: Η κατανομή του μέσου μεγέθους των ιζημάτων στις περιοχές (α) Αγ. Γεωργίου, (β) Κισσόνεργας και (γ) Πάφου.



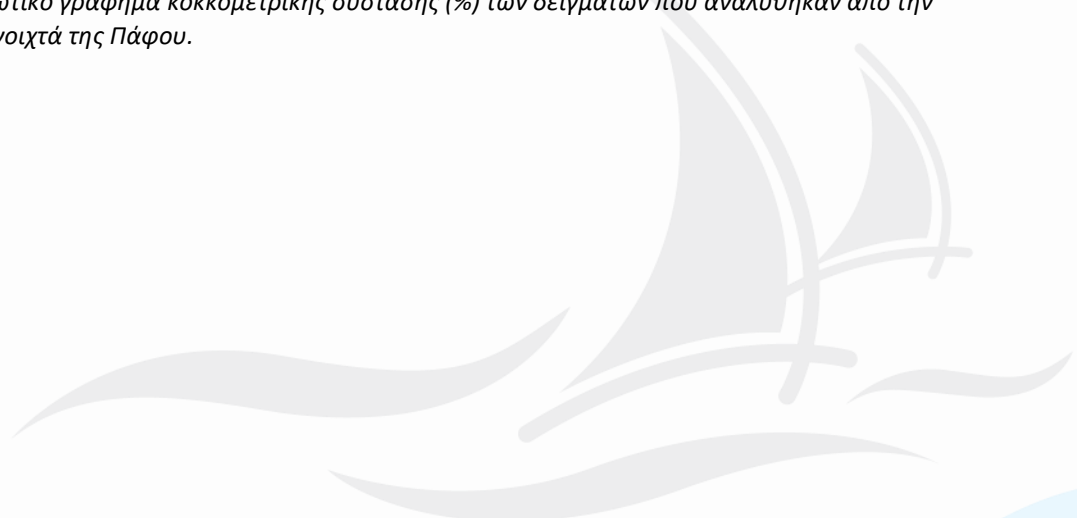
Εικόνα 31: Συγκεντρωτικό γράφημα κοκκομετρικής σύστασης (%) των δειγμάτων που αναλύθηκαν από την θαλάσσια περιοχή ανοιχτά του Αγ. Γεωργίου.



Εικόνα 32: Συγκεντρωτικό γράφημα κοκκομετρικής σύστασης (%) των δειγμάτων που αναλύθηκαν από την θαλάσσια περιοχή ανοιχτά της περιοχής Κισσόνεργα.

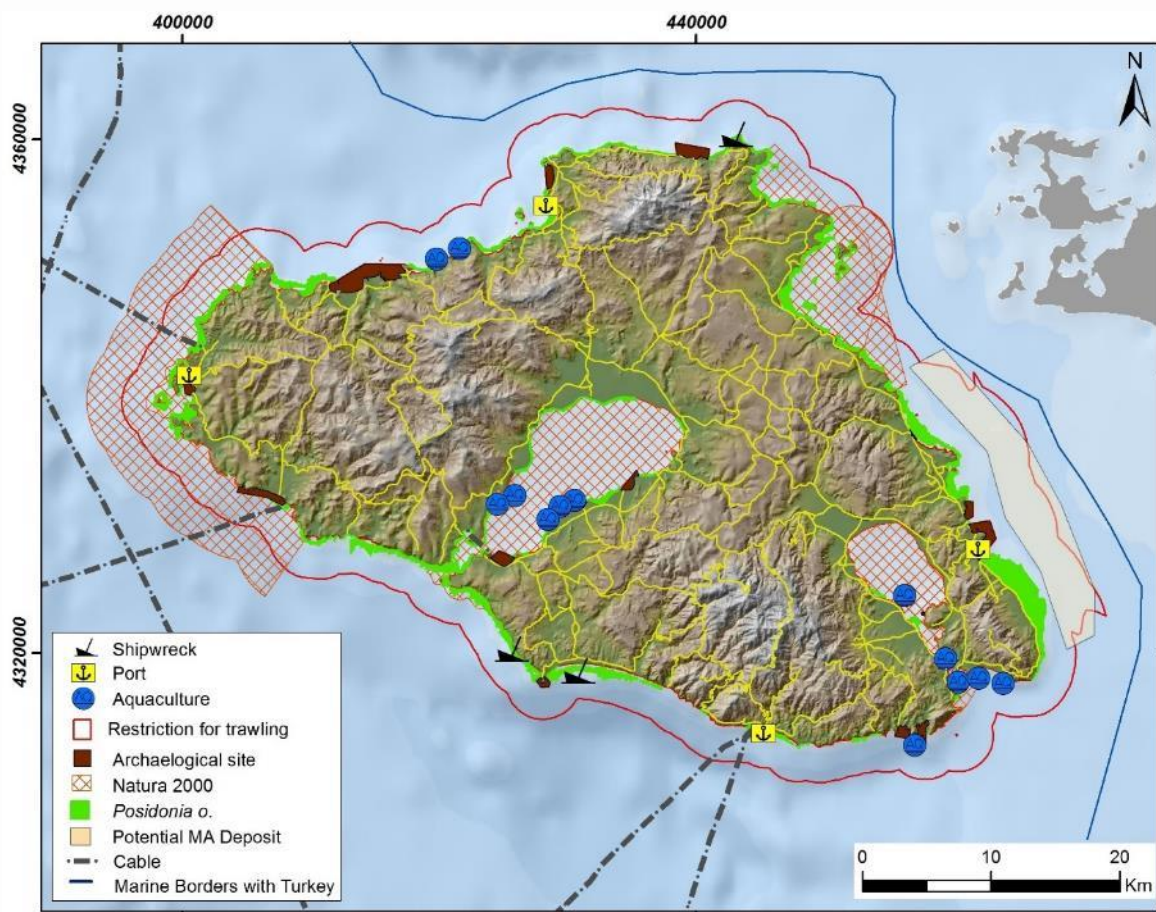


Εικόνα 33: Συγκεντρωτικό γράφημα κοκκομετρικής σύστασης (%) των δειγμάτων που αναλύθηκαν από την θαλάσσια περιοχή ανοιχτά της Πάφου.



5 Συμπεράσματα

Στο στενό της Μυτιλήνης, η έρευνα επικαιροποίησε παλαιότερα δεδομένα και φάνηκε ότι το δυνητικό κοίτασμα άμμου έχει μεγαλύτερη έκταση που φτάνει τα $42 \times 10^6 \text{ m}^3$, περίπου 20% μεγαλύτερο σε σχέση με αυτό που είχε οριοθετηθεί παλαιότερα (Εικόνα 34).

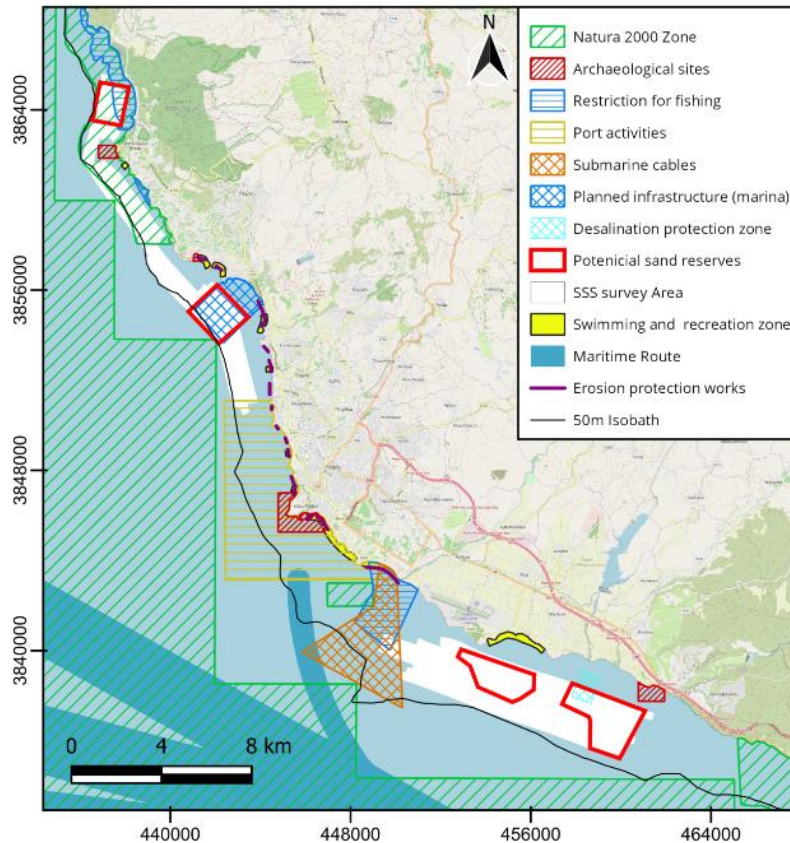


Εικόνα 34: Χάρτης που παρουσιάζει την κατανομή των διαφόρων φυσικών και ανθρωπογενών χαρακτηριστικών και περιορισμών γύρω από τη Λέσβο και η τελική οριοθετημένη περιοχή δυνητικών αδρανών υλικών (γκρι πλαίσιο στα ανατολικά).

Στη Χίο, η γεωφυσική έρευνα και οι εκτεταμένες επιφανειακές δειγματοληψίες έδειξαν ότι η περιοχή συνίσταται από άμμο με σημαντικά ποσοστά λεπτόκκοκου υλικού (ιλύος). Η ιλύς αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για την εξορυκτική δραστηριότητα κυρίως λόγω της εκτεταμένης έκπλυσης που απαιτείται να υποστεί, προκειμένου το ίζημα να καταστεί εκμεταλλεύσιμο, αυξάνοντας έτσι το μέγεθος (άρα και κόστος) των εργασιών αλλά και την έκταση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη δραστηριότητα αυτή.

Στην Κύπρο διερευνήθηκαν 3 θέσεις στις οποίες διαπιστώθηκε τελικά η ύπαρξη αμμούχων αποθέσεων. Οι θέσεις αυτές αφορούν (από βορρά προς νότο) την περιοχή του Αγ. Γεωργίου, όπου η απόθεση άμμου είναι της τάξης των $\sim 1.2 \times 10^6 \text{ m}^3$, η Κισσόνεργα όπου εντοπίστηκε απόθεση άμμου όγκου $\sim 1.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ και η ευρύτερη

περιοχή νότια της Πάφου όπου διαπιστώθηκαν δύο επιμέρους ζώνες που φαίνεται να φιλοξενούν συνολικά $\sim 5.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ άμμου (Εικόνα 35). Στην περιοχή αυτή όμως η άμμος είναι ιδιαίτερα λεπτόκοκκη και η χρήση της για θέματα αναπλήρωσης ακτών θα ήταν περιορισμένη έως αδύνατη.



Εικόνα 35: Χάρτης που παρουσιάζει την κατανομή των διαφόρων φυσικών και ανθρωπογενών χαρακτηριστικών και περιορισμών στο νοτιοδυτικό τμήμα της Κύπρου και η τελικές οριοθετημένες περιοχές δυνητικών αδρανών υλικών (κόκκινο πλαίσιο).

Με δεδομένες τις ανάγκες των μεγάλων νησιών του Β. Αιγαίου και της Κύπρου για (α) την αναπλήρωση παραλιών που υφίστανται σημαντικά προβλήματα διάβρωσης (τα οποία προβλέπεται ότι στο μέλλον θα ενταθούν λόγω της Κλιματικής Αλλαγής), (β) τον κατασκευαστικό κλάδο, (γ) τη δημιουργία νέων παραλιών (με συνοδευτικά έργα προστασίας), ώστε να αυξηθεί η τουριστική κίνηση αλλά και για την ικανοποίηση του τοπικού πληθυσμού και (δ) φιλικότερες προς το περιβάλλον πηγές λήψης αδρανών (σε σχέση με τις χερσαίες), θεωρείται ότι η λεπτομερέστερη διερεύνηση της αποθέσεων άμμου που εντοπίστηκαν θα μπορούσε να συμβάλει στην αντιμετώπιση των υφιστάμενων θεμάτων / προβλημάτων.

Αν και η έρευνα στις συγκεκριμένες θέσεις προσέφερε σημαντικά ευρήματα, εντούτοις υπάρχουν ακόμα αρκετά ερωτήματα για τον υποθαλάσσιο χώρο των περιοχών αυτών, και ως εκ τούτου ορισμένες ενέργειες που θα μπορούσαν να γίνουν στο μέλλον στοχεύοντας τόσο στην πλήρη κατανόηση του συνόλου των γεωλογικών διεργασιών όσο

και του ακριβέστερου προσδιορισμού του όγκου των αποθέσεων άμμου που δυνητικά υπάρχουν στον υποθαλάσσιο χώρο, θα μπορούσαν να αποτελούν:

- Η επιλεκτική επέκταση των ερευνών στο βόρειο τμήμα της Λέσβου, και στο βορειοδυτικό και βόρειο τμήμα της επαρχίας Πάφου στην Κύπρο, όπου βάση των υφιστάμενων δεδομένων (βαθυμετρίας, περιβάλλουσας γεωλογίας κλπ) φαίνεται ότι μπορεί να υπάρχουν επιπλέον περιοχές με υποθαλάσσιες αποθέσεις άμμου.
- Η αναλυτική βαθυμετρική κάλυψη των ζωνών έρευνας, τουλάχιστον μέχρι βάθους ~60 m με τη χρήση πολυδεσμικού ηχοβλιστή υψηλής ευκρίνειας.
- Η συλλογή σεισμικών δεδομένων με τομογράφο υποδομής πυθμένα (κατά προτίμηση τύπου Boomer που επιτρέπει τη μεγαλύτερη διεξόδυση σε αποθέσεις άμμου με καλή όμως διακριτική ικανότητα) ώστε να χαρτογραφηθούν καλύτερα τα δυνητικά κοιτάσματα και να εκτιμηθεί με ακρίβεια ο όγκος των αποθέσεων.
- Η συλλογή ενός σημαντικού αριθμού πυρήνων ιζήματος (εάν ήταν δυνατόν, κρουστικού πυρηνολήπτη (vibrocorer)) από επιλεγμένες θέσεις, με σκοπό την επαλήθευση των τομογραφιών και τον αναλυτικότερο κοκκομετρικό, ορυκτολογικό και γεωχημικό έλεγχο των υποεπιφανειακών ιζημάτων.

Βέβαια, πρέπει αν σημειωθεί ότι για την υλοποίηση οποιασδήποτε δυνητικής εξορυκτικής δραστηριότητας θα πρέπει πρώτα να πραγματοποιηθεί μια εμπειριστατωμένη “Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων” λόγω του πλήθους των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που απορρέουν από μια τέτοια δραστηριότητα. Επίσης, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί κατάλληλη οικονομοτεχνική μελέτη προκειμένου να διερευνηθεί η βιωσιμότητα της επένδυσης (σε σχέση με τον όγκο του δυνητικού κοιτάσματος και τον τύπο / κόστος βυθοκόρησης, τις απώλειες έκπλυσης και μεταφοράς, την τιμή διάθεσης στην αγορά κτλ).



Βιβλιογραφία

Andreadis, O., Hasiotis, T., Manoutsoglou, E., Chatzipavlis, A., Monioudi, I., & Velegrakis, A. Prospective marine aggregate deposits in Chios Island (Greece): a preliminary evaluation (2021). Proc. of the 8th International Conf. on Env. Management, Engineering, Planning & Economics Thessaloniki, Greece, July 20-24, 2021. ISBN: 978-618-5494-53-7.

Blott, S. J., & Pye, K., 2001. GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth surface processes and Landforms*, 26 (11), 1237-1248.

Dalrymple, R. W., LeGresley, E. M., Fader, G. B., & Petrie, B. D. (1992). The western Grand Banks of Newfoundland: Transgressive Holocene sedimentation under the combined influence of waves and currents. *Marine Geology*, 105(1-4), 95-118.

Dyer, K. R., & Huntley, D. A. (1999). The origin, classification and modelling of sand banks and ridges. *Continental shelf research*, 19(10), 1285-1330.

Folk, R., L. 1980. *Petrology of the sedimentary rocks*, 2nd edition. Hemphill Publishing Company, Austin.

Hasiotis, T., Gazis, I. Z., Anastasatou, M., Manoutsoglou, E., Velegrakis, A. F., Kapsimalis, V., ... & Stamatakis, M. (2020). Searching for potential marine sand resources to mitigate beach erosion in island settings. *Marine Georesources & Geotechnology*, 39(5), 527-542.

Kapsimalis, V., Rousakis, G., Hatiris, G., Kalogirou, S., Hasiotis, T., Karditsa, A., ... & Stamatakis, M. (2013, October). Searching for marine aggregates deposits in the Afantou Bay (Rhodes island, Greece). In 40th CIESM Congress, Marseill-France (Vol. 28, p. 87).

Leeder M.R. (1999). *Sedimentology and Sedimentary Basins: from Turbulence to Tectonics*. Oxford: Blackwell Science, 591 p.

Perissoratis, C., S. A. Moorby, C. Papavasiliou, D. Cronan, I. Angelopoulos, D. Mitropoulos, and F. Sakellariadou. (1987). "Geology and Geochemistry of the Surficial Sediments off Thraki, Northern Greece." *Marine Geology* 75: 209–224. doi:10.1016/0025-3227(87)90051-X.

Stamatakis, M. et al, (2015). Marine Aggregates Prospecting and Exploitation (MARE project) in Greek waters: Methods, Environmental Impact and Usage possibilities 11ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας, Μυτιλήνη, Λέσβος, Ελλάδα, 1053-1056.

Stamatakis, M., Poulos, S., Tsoutsia, A., Anastasatou, M., Karditsa, K., Koukounari, I., ... & Panagiotopoulos, I. (2016). Marine Aggregates Prospecting and Exploitation (MARE project) in Greek waters: Methods, Environmental Impact and Usage possibilities.

Velegrakis, A. F., Ballay, A., Poulos, S. E., Radzevičius, R., Bellec, V. K., & Manso, F. (2010). European marine aggregates resources: Origins, usage, prospecting and dredging techniques. *Journal of Coastal Research*, 1-14.

Velegrakis, A. F., Ballay, A., Poulos, S. E., Radzevičius, R., Bellec, V. K., & Manso, F. (2010). European marine aggregates resources: Origins, usage, prospecting and dredging techniques. *Journal of Coastal Research*, 1-14.

Παράρτημα

Πίνακας Α: Πίνακας των δειγμάτων με τις στατιστικές παραμέτρους και τα ποσοστά των επι μέρους κοκκομετρικών κλασμάτων από την περιοχή του Στενού της Μυτιλήνης.

Δείγμα	x	y	Βάθος (m)	Μέσο μέγεθος (Ø)	Sand %	Mud %
L-S12	471072.7	4323796	47	0.45	99.57	0.43
L-S13	470026	4324737	46	0.64	99.10	0.90
L-S18	468080.9	4326829	43.5	0.6	99.21	0.79
L-S19	469052	4328200	41	0.65	99.53	0.47
L-S20	466578.9	4329511	41.5	0.7	99.32	0.68
L-S23	463605.9	4331605	40.5	0.98	70.21	29.79
L-S24	467548.6	4332300	39	0.43	99.30	0.70
L-S25	465084.1	4335220	42	0.69	98.69	1.31
L-S26	462789.9	4338255	38.5	0.41	99.36	0.64
L-S33	459798.9	4337376	36	1.64	62.76	37.24
S5	462575.4	4333973	30	3.94	53.11	44.19
S6	472670.8	4326118	44	1.45	90.8	7.12
S7	471263.8	4328564	38	0.27	92.66	2.37
S8	468500.6	4327308	38	1.54	93.27	4.45
S12	466123.1	4328709	38	2.54	82.45	15.35
S13	469897.8	4331826	40	1.85	92.11	4.75
S14	466188.9	4332999	40	1.93	87.55	9.47
S19	462673	4336681	31	1.73	85.65	10.21
S22	466899.4	4336641	40	0.94	89.52	7.38
AZ1	464572.4	4333502	44	2.91	83.31	15.23
AZ3	464552.4	4329064	38.5	3.36	73.05	23.5
AZ4	466291	4331275	42	2.63	80.89	16.07
AZ5	468024.2	4332378	37.3	1.36	88.16	5.48
AZ6	466272	4326836	36.8	2.84	82.365	13.13
AZ7	467997.1	4325719	41.3	2.35	95.12	1.07
AZ8	468010.7	4329049	36.8	1.29	94.15	2.43
AZ16	469744.1	4330152	38.7	1.63	79.31	9.52
AZ17	467127.5	4324613	46	1.2	92.06	3.25
AZ18	469739.8	4329042	48.3	1.93	76.7	10.59
AZ19	467983.6	4322390	51.5	3.07	60.64	29.39
G1	463953.6	4339372	44.5	2.79	79.58	20.42
G2	462405.8	4335872	36	2.52	81.48	18.52
G3	464186	4333133	44.5	1.94	85.95	14.04
G4	467287.6	4330083	43	2.1	92.47	7.53
G5	469139.5	4329750	40	3.38	91.76	8.24
G6	469054.9	4326359	43	3.49	92.47	7.53
G7	472058.1	4324020	46	2.02	92.87	7.13

Πίνακας Β: Συγκεντρωτικός πίνακας των δειγμάτων με τις στατιστικές παραμέτρους και τα ποσοστά των επιμέρους κοκκομετρικών κλασμάτων από το βόρειο τμήμα έρευνας στη Χίο.

Δείγμα	x	y	Βάθος (m)	Μέσο μέγεθος (Ø)	Τυπική απόκλιση (Ø)	Gravel %	Sand %	Mud %
16	425464.8328	4250368.158	36	7.143	2.333	0.03	0.30	99.66
17	426222.509	4250612.213	49	-0.015	1.238	19.07	80.40	0.54
18	426693.846	4249824.199	57	2.248	2.734	11.25	66.75	22.01
19	426145.9544	4249706.031	48	2.969	3.433	9.14	58.34	32.52
20	425653.3791	4249632.891	33	3.626	3.388	15.03	31.21	53.76
21	425836.3563	4248714.794	43	2.977	3.060	3.22	66.84	29.94
22	426286.8758	4248902.111	51	1.853	1.975	9.00	80.14	10.85
23	427064.7855	4247988.743	53	3.943	3.172	4.21	55.83	39.97
24	426607.3656	4247822.611	47	2.636	3.159	9.13	65.03	25.84
25	426077.47	4247884.738	42	2.868	3.310	8.15	62.10	29.75
26	426526.6489	4246973.442	36	3.076	3.497	6.02	61.11	32.87
27	427102.2055	4247093.786	46	2.366	3.193	8.61	67.06	24.32
28	427715.9341	4247184.79	53	2.690	2.635	3.61	74.97	21.42
29	427895.6807	4246662.066	51	0.990	2.641	30.13	56.48	13.40
30	428383.3537	4246165.614	53	2.592	2.208	4.00	79.21	16.79
31	427689.4491	4246068.985	47	2.219	2.168	4.24	83.06	12.70
32	426993.325	4246076.041	36	2.609	4.096	23.98	39.23	36.79
33	427138.4527	4245198.738	35	4.855	4.231	8.51	32.15	59.33
34	427865.2705	4245192.206	46	2.917	3.711	27.34	30.78	41.87
35	428526.1721	4245365.297	51	1.275	2.929	68.50	4.65	26.85
36	429035.3099	4244350.497	47	5.740	2.724	0.72	23.86	75.42
37	428610.5729	4244347.178	44	4.740	2.449	1.96	34.29	63.75
38	429235.3936	4243533.025	42	2.137	2.177	6.85	80.47	12.68
39	428474.28	4243407.043	38	4.182	2.371	1.06	52.96	45.98
40	427819.3453	4243304.521	32	5.164	2.754	1.37	49.67	48.96
41	427139.308	4244163.274	33	5.935	3.692	3.33	37.04	59.63
42	427974.1773	4244290.027	41	4.609	2.410	1.71	44.91	53.38

Πίνακας Γ: Συγκεντρωτικός πίνακας των δειγμάτων με τις στατιστικές παραμέτρους και τα ποσοστά των επιμέρους κοκκομετρικών κλασμάτων από το νότιο τμήμα έρευνας στη Χίο.

Δείγμα	x	y	Βάθος (m)	Μέσο μέγεθος (Ø)	Τυπική απόκλιση (Ø)	Gravel %	Sand %	Mud %
1	422238.0686	4235670.54	35	4.354	1.907	0.58	43.98	55.44
2	422573.5382	4235165.89	44	4.418	2.155	1.02	41.47	57.51
3	423014.8655	4234712.879	52	4.236	1.997	0.57	46.38	53.05
4	423493.2835	4234519.699	56	4.155	2.448	3.17	49.18	47.65
5	423342.363	4235017.096	52	4.113	2.065	0.80	50.49	48.71
6	422960.5273	4235527.665	45	4.177	2.309	1.57	46.97	51.46
7	422593.6968	4235958.703	37	3.735	2.909	3.77	50.75	45.48
8	423359.1467	4235793.451	46	3.177	2.682	3.65	61.97	34.38

9	424232.3009	4235209.14	56	3.657	2.678	3.46	62.50	34.04
10	424095.7051	4235645.044	52	3.493	2.691	3.34	63.73	32.93
11	423712.7267	4236119.398	45	3.020	2.313	2.12	75.02	22.86
12	423282.12	4236538.401	35	5.421	3.676	5.84	25.93	68.22
13	424183.1724	4237011.607	37	4.079	3.520	5.91	51.13	42.96
14	424497.6915	4236697.489	43	1.588	2.483	8.17	83.49	8.34
15	424829.6697	4236229.968	51	2.220	2.189	2.99	82.11	14.90
43	425121.9374	4235713.289	56	2.234	2.400	3.93	80.11	15.96
44	426225.1877	4236559.749	53	1.194	2.207	5.89	86.35	7.76
45	426036.0117	4237011.741	46	0.804	2.188	13.83	78.76	7.41
46	425763.1598	4237418.907	36	1.404	3.119	10.57	70.80	18.63
47	425069.8809	4237389.942	33	1.499	3.206	12.33	64.56	23.11
48	425417.6488	4236930.196	44	0.874	2.488	11.85	77.73	10.42
49	425721.4905	4236474.773	52	0.879	2.564	10.69	78.35	10.97
50	427267.0997	4237076.798	38	0.510	1.627	12.35	82.70	4.94
51	427720.5789	4237439.679	45	0.336	1.514	15.44	80.09	4.47
52	426915.6501	4237661.415	39	0.116	1.307	15.85	80.45	3.70
53	427460.8941	4237833.29	38	-0.457	1.244	33.86	61.17	4.97
54	425198.684	4236364.072	52	1.313	2.510	11.61	77.34	11.05
55	424993.6344	4236793.459	45	1.787	2.462	7.07	78.62	14.32
56	424562.8955	4237285.435	34	2.430	3.078	8.03	63.93	28.04

Πίνακας Δ: Συγκεντρωτικός πίνακας των δειγμάτων με τις στατιστικές παραμέτρους και τα ποσοστά των επι μέρους κοκκομετρικών κλασμάτων από την περιοχή του Αγ. Γεωργίου στην Κύπρο.

Δείγμα	x	y	Βάθος (m)	Μέσο μέγεθος (Ø)	Τυπική απόκλιση (Ø)	Gravel %	Sand %	Mud %
1	436811	3865464	45	-0.169	0.740	8.97	90.99	0.04
2	436851.4068	3864999.681	41	4.287	2.348	0.05	65.62	34.34
3	437089.426	3864891.372	29	2.566	0.639	0.01	99.42	0.57
4	437443.1773	3864788.019	19	2.632	0.708	0.00	99.51	0.49
5	437937.8426	3864651.72	11	2.702	0.742	0.00	99.60	0.40
6	438045.9982	3864144.697	11	2.634	0.796	0.04	99.53	0.43
7	437466.8013	3864283.216	20	2.691	0.723	0.00	99.39	0.61
8	437097.9729	3864344.827	31	2.619	0.688	0.00	99.34	0.66
9	436956.0235	3864345.805	44	4.070	2.326	0.04	70.41	29.55
10	437018.2226	3863845.634	40	4.198	2.246	0.29	68.43	31.28
11	437247.1689	3863725.89	28	2.576	0.765	0.00	99.08	0.92
12	437632.3284	3863648.577	20	2.561	0.821	0.06	99.19	0.75
13	438077.2486	3863670.172	16	0.541	0.854	3.15	96.83	0.01
14	437657.8545	3863179.809	23	3.068	0.625	0.00	97.61	2.39
15	437238.7329	3863333.679	30	2.899	0.734	0.29	97.38	2.33
16	436891.9274	3863381.202	40	3.796	1.965	0.16	72.69	27.14
17	437815.2239	3863695.062	12	2.333	0.697	0.02	99.68	0.30

Πίνακας Ε: Συγκεντρωτικός πίνακας των δειγμάτων με τις στατιστικές παραμέτρους και τα ποσοστά των επιμέρους κοκκομετρικών κλασμάτων από την περιοχή Κισσόνεργα στην Κύπρο.

Δείγμα	x	y	Βάθος (m)	Μέσο μέγεθος (φ)	Τυπική απόκλιση (φ)	Gravel %	Sand %	Mud %
24	442115.4613	3854056.272	46	5.576	2.923	1.54	41.50	56.96
25	442808.2159	3854097.93	23	3.053	0.617	0.14	98.71	1.15
26	443212.6126	3854401.824	15	2.962	0.616	0.00	99.25	0.75
27	443511.5886	3854664.481	12	2.988	0.621	0.00	98.67	1.33
28	443652.7933	3855052.96	8	2.990	0.618	0.00	99.18	0.82
29	443151.3419	3854986.236	13	2.971	0.618	0.00	99.37	0.63
30	442774.2226	3854706.016	18	2.952	0.627	0.23	99.10	0.66
31	442459.2075	3854377.768	26	2.954	0.626	0.16	98.95	0.89
32	441801.7216	3854454.204	46	5.262	2.663	0.68	46.99	52.33
33	442187.8442	3854722.836	28	3.020	0.622	0.11	98.52	1.37
34	442487.3292	3855063.48	19	2.942	0.624	0.16	98.89	0.95
35	442825.0711	3855352.136	15	2.879	0.621	0.08	99.29	0.64
59	442395.6424	3853542.711	58	4.779	2.567	0.72	54.45	44.83
60	443029.6397	3853773.706	25	2.924	0.630	0.36	98.58	1.06
61	443257.7542	3855457.868	11	2.883	0.611	0.04	99.20	0.76
62	442849.0055	3855765.946	13	2.864	0.618	0.03	99.02	0.95
63	442363.3972	3855732.026	18	2.908	0.650	0.06	98.95	0.99
64	442050.2935	3855443.243	25	2.903	0.637	0.25	98.46	1.29
65	441742.7859	3855004.111	38	2.961	0.677	0.33	96.70	2.96
66	441563.608	3855501.363	38	3.033	0.698	0.34	95.25	4.41
67	441675.1987	3855742.128	26	3.023	0.651	0.53	96.30	3.18
68	442054.3746	3855959.017	20	2.952	0.639	0.37	97.71	1.92

Πίνακας ΣΤ: Συγκεντρωτικός πίνακας των δειγμάτων με τις στατιστικές παραμέτρους και τα ποσοστά των επιμέρους κοκκομετρικών κλασμάτων από την περιοχή της Πάφου στην Κύπρο.

Δείγμα	x	y	Βάθος (m)	Μέσο μέγεθος (φ)	Τυπική απόκλιση (φ)	Gravel %	Sand %	Mud %
22	460867.5597	3837268.881	16	3.127	0.609	0.00	98.50	1.50
23	460686.6458	3836913.307	20	3.210	0.572	0.01	98.49	1.50
36	460195.2086	3835929.431	30	3.215	0.715	1.35	96.15	2.51
37	460455.9304	3836462.466	27	3.204	0.577	0.00	98.16	1.84
38	460258.8149	3837511.781	17	3.018	0.634	0.19	98.51	1.31
39	460065.0466	3837042.715	21	3.138	0.605	0.13	98.37	1.50
40	459922.9456	3836536.368	26	3.243	0.562	0.11	97.99	1.90
41	459650.6437	3835996.818	32	3.288	0.696	0.88	96.13	2.99
42	459185.7045	3836201.334	33	3.362	0.490	0.11	95.80	4.09
43	459212.4857	3836860.451	28	3.272	0.546	0.06	96.90	3.04
44	459429.4912	3837363.148	20	3.129	0.613	0.02	98.48	1.51
45	459531.7921	3837797.202	17	3.055	0.625	0.01	98.78	1.21

46	458860.5909	3838042.924	18	3.160	0.605	0.09	97.80	2.11
47	458629.1932	3837637.447	23	3.211	0.582	0.15	97.54	2.31
48	457619.6871	3837500.486	33	4.166	2.102	0.88	71.58	27.55
49	456754.0472	3837865.765	28	3.130	0.718	0.80	95.07	4.13
50	455785.5002	3838378.073	28	3.198	0.588	0.19	96.32	3.49
51	455143.2074	3838618.155	25	3.104	0.619	0.17	97.84	1.99
52	455365.402	3839304.942	17	3.028	0.684	0.12	98.44	1.44
53	454541.5833	3839590.353	18	-0.058	0.774	7.80	92.13	0.06
54	454631.9586	3839063.332	21	3.020	0.667	0.22	98.71	1.06
55	454315.0281	3838864.955	25	3.032	0.641	0.10	97.71	2.18
56	453970.0235	3839638.44	17	0.608	1.573	7.85	91.89	0.25



ΔΕΣΜΟΙ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ