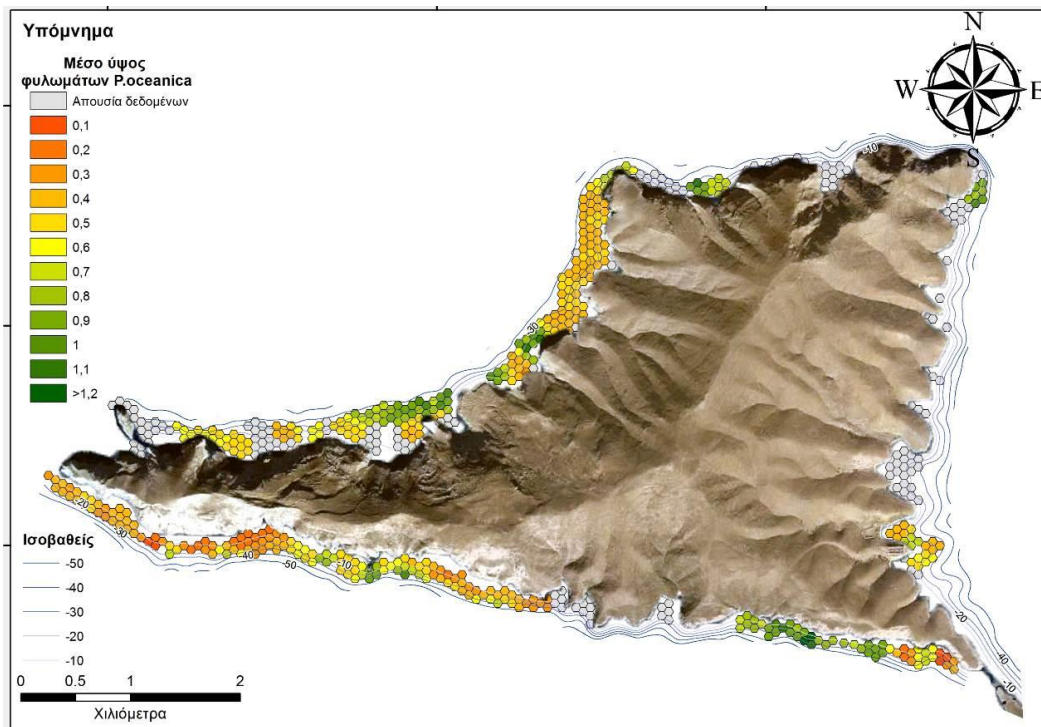


WWF ΕΛΛΑΣ  
CYCLADES LIFE  
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ  
ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΗ ΦΩΚΙΑ  
ΣΤΙΣ ΒΟΡΕΙΕΣ ΚΥΚΛΑΔΕΣ



# ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΟΙΚΟΤΟΠΩΝ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΓΥΑΡΟΥ



## ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ  
ΦΥΣΙΚΗΣ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΠΑΤΡΑ

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2014

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	3
ABSTRACT .....	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	7
2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ .....	8
3. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ .....	9
4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΩΝ .....	10
4.1 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΔΙΟΥ .....	10
4.1.1. ΠΛΟΗΓΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ .....	12
4.1.2. ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΠΥΘΜΕΝΑ .....	13
4.1.3. ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ .....	16
4.1.4. ΜΟΝΟΔΕΣΜΙΚΟΣ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΕΝΔΙΑΙΤΗΜΑΤΩΝ .....	18
4.1.5. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΠΟΠΤΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΠΥΘΜΕΝΑ .....	19
4.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	21
4.2.1. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑΣ .....	21
4.2.2. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ .....	22
4.2.3. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΟΝΟΔΕΣΜΙΚΟΥ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΕΝΔΙΑΙΤΗΜΑΤΩΝ .....	24
4.2.4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΟΠΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΙΖΗΜΑΤΩΝ .....	25
5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΘΕΜΑΤΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ .....	25
5.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	25
5.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΥΠΩΝ ΠΥΘΜΕΝΑ .....	28
6. ΑΝΤΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ .....	41
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ) .....	45

## ΧΑΡΤΕΣ (Α0) ΠΟΥ ΣΥΝΟΔΕΥΟΥΝ ΤΗΝ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

	<b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗ</b>	<b>ΤΙΤΛΟΣ-ΘΕΜΑ</b>
1	LMG_D950_1214_01	ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΚΟΣ
2	LMG_D950_1214_02	ΧΑΡΤΗΣ ΤΥΠΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ
3	LMG_D950_1214_03	ΧΑΡΤΗΣ ΙΣΟΠΑΧΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ
4	LMG_D950_1214_04	ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΚΟΣ – ΤΥΠΩΝ ΠΥΘΜΕΝΑ
5	LMG_D950_1214_05	ΙΣΟΠΑΧΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ – ΤΥΠΩΝ ΠΥΘΜΕΝΑ
6	LMG_D950_1214_06	ΧΑΡΤΗΣ ΥΨΟΥΣ ΦΥΛΛΩΜΑΤΟΣ <i>P. oceanica</i>
7	LMG_D950_1214_07	ΜΩΣΑΪΚΟ ΗΧΟΓΡΑΦΙΩΝ

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα τεχνική έκθεση παρουσιάζονται οι μέθοδοι και τα αποτελέσματα έρευνας που πραγματοποιήθηκε από το Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας (Ε.Θ.Α.ΓΕ.Φ.Ω) του Τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών, για λογαριασμό της μη κυβερνητικής οργάνωσης W.W.F., στα πλαίσια του προγράμματος ΚΥΚΛΑΔΕΣ LIFE : «Ολοκληρωμένη προστασία για τη Μεσογειακή φώκια στις Βόρειες Κυκλάδες». Το αντικείμενο της έρευνας αφορά στη θαλάσσια χαρτογράφηση οικοτόπων προτεραιότητας στην ευρύτερη περιοχή της νήσου Γυάρου, στην οποία προβλέπεται να δημιουργηθεί καταφύγιο και προστατευόμενο πάρκο παρακολούθησης της Μεσογειακής φώκιας.

Οι εργασίες θαλάσσιας χαρτογράφησης συμπεριέλαβαν τη χρήση μεθόδων γεωακουστικής διασκόπησης, οπτικής παρακολούθησης και δειγματοληψίας ιζημάτων του πυθμένα, με σκοπό: (α) τον εντοπισμό και ποιοτικό προσδιορισμό λειμώνων Ποσειδώνιας (*P.oceanica*) και ασβεστιτικών ροδοφυκών (coralligenous formations), (β) τον προσδιορισμό και εντοπισμό πιθανώς άλλων ενδιαιτημάτων της περιοχής και (γ) τον καθορισμό της στρωματογραφικής υποδομής και της υφής των επιφανειακών ιζημάτων του πυθμένα ώστε να καθοριστεί το υποστρώμα στο οποίο αναπτύσσονται τα συγκεκριμένα ενδιαιτήματα. Συγκεκριμένα, η γεωακουστική διασκόπηση του πυθμένα πραγματοποιήθηκε με τη χρήση τομογράφου υποδομής πυθμένα (sub-bottom profiler), ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης (side scan sonar), μονοδεσμικού ηχοβολιστή ανάλυσης υδάτινων ενδιαιτημάτων (BioSonics MX Aquatic Habitat Echosounder), η οπτική παρακολούθηση με συρόμενη υποβρύχια κάμερα και καταδύσεις, ενώ οι δειγματοληπτικές εργασίες με δειγματολήπτη ιζήματος τύπου αρπάγης.

Με τη συνδυαστική ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν από τον πυθμένα περιμετρικά της νήσου, διαπιστώθηκε η έντονη ποικιλομορφία του και η μεγάλη οικολογική του αξία. Συνολικά 8 τύποι πυθμένα διαπιστώθηκαν στον πυθμένα περιμετρικά της Γυάρου: (1) “Βραχώδες υπόστρωμα”: εντοπίζεται σε περιοχές μεγάλων κλίσεων και βαθών 0 έως 50μ εγγύς των ακτών, (2) “*P. Oceanica*”: αποτελεί το 3.5 % της περιοχής έρευνας, εντοπίζεται μεταξύ των 1 και 40μ, και εμφανίζεται είτε με την μορφή λειμώνων είτε μεμονωμένων συστάδων. Το ύψος φυλλώματος της *P.oceanica* είναι σημαντικότερο στα ΒΔ του νησιού, ενώ στα ανατολικά δεν φαίνεται να ευνοείται ο σχηματισμός της, παρά τις ομαλές κλίσεις του πυθμένα, (3) “Χονδρόκοκκη άμμος/ψηφίδες”: απαντάται έως τα 62μ βάθος, χαρακτηρίζεται από έλλειψη μορφολογικών και βιολογικών στοιχείων, με κοκκομετρικό μέγεθος μεταξύ χονδρόκοκκης άμμου και ψηφίδας, (4) “Χονδρόκοκκη άμμος/ψηφίδες με νεκρά φυλλώματα *P. oceanica*”: πρόκειται για τον τύπο πυθμένα 3, με εκτεταμένη κάλυψη από νεκρά φυλλώματα *P.oceanica* και εντοπίζεται σε βάθη μεταξύ 8 και 72μ, (5) “Άμμος με άλγη και μικρούς ροδόλιθους, τοπικά *Caulerpa racemosa*”: αυτός ο τύπος πυθμένα απαντάται σε βάθη

από 13 έως 73μ με το πάχος υποστρώματος να υπολογίζεται μεταξύ 0 και 4μ, με μέση τιμή το 1m. Χαρακτηρίζεται από την κατά τόπους κάλυψη του υποστρώματος από το ξενικό χλωροφύκος *C.racemosa* και διάσπαρτους μικρούς ροδόλιθους, (6) “Μέσο/χονδρόκοκκη άμμος με ροδόλιθους διαφόρων μεγεθών, τοπικά ροδοφυκή και *C.racemosa*”: καλύπτει το 15.8% της περιοχής σε βάθη από 20 έως 95μ και με μέσο πάχος υποστρώματος τα 2μ., (7) “Πεδίο πυκνών ροδόλιθων/Συμπαγείς σχηματισμοί ασβεστιτικών ροδοφυκών”: πρόκειται για τον επικρατέστερο τύπο πυθμένα με ποσοστό κάλυψης 47%. Εντοπίζεται σε βάθη μεταξύ 80 και 110μ ενώ στα ανατολικά εκτείνεται από τα 40 έως και τα 130μ. Το μέσο πάχος των υποκείμενων ιζημάτων εκτιμάται στα 1.8μ. Ο τύπος αυτός αναφέρεται σε κοραλλιογενείς σχηματισμούς είτε με την μορφή ευμεγεθών ροδόλιθων μεγάλης πυκνότητας πάνω σε αμμοϊλυούχο υπόστρωμα, είτε μικρών πάγκων και ράχων συμπαγών ασβεστιτικών ροδοφυκών, (8) “Λεπτόκοκκη άμμος/αμμοϊλός”: πρόκειται για τον βαθύτερο τύπο πυθμένα που παρατηρείται σε βάθη μεγαλύτερα των 110m, με το πάχος του επιφανειακού στρώματος των ιζημάτων να είναι σημαντικό και να υπερβαίνει τα 5m.

Πάνω από το 50% της χαρτογραφημένης περιοχής και με συνολική έκταση 24χμ<sup>2</sup>, καλύπτεται από τους προστατευόμενους οικότοπους της *P.oceanica* και των πυκνών κοραλλιογενών σχηματισμών (τραγάνα), με μόνη ένδειξη υποβάθμισης του οικοσυστήματος την κατά τόπους ευδοκίμηση και εξάπλωση του ξενικού χλωροφύκου *C.racemosa*. Το παραπάνω καθιστά επιτακτική την ανάγκη συνεχούς παρακολούθησης, ένταξης σε καθεστώς προστασίας και ανάδειξης αυτού του οικοσυστήματος, τόσο από την επιστημονική κοινότητα όσο και από την τοπική κοινωνία, καθώς πρόκειται για ένα οικοσύστημα εξαιρετικού φυσικού κάλους και ιδιαίτερης οικολογικής αξίας.

## ABSTRACT

The present technical report describes the methods and the results of a marine remote sensing research conducted by the Laboratory of Marine Geology and Physical Oceanography, Department of Geology, University of Patras, on behalf of the WWF NGO, within the framework of the program “CYCLADES- LIFE”. One of the objectives of the project is the mapping of high priority habitats in the seafloor surrounding Gyaros Island (N. Cyclades, Aegean Sea) up to water depth of 150m.

Geoacoustical (remote sensing), underwater visual census and sediment sampling methods were used for the detailed mapping of the seafloor in order to: (a) detect, classify and quantify *P.oceanica* meadows and coralligenous formations, (b) detect, classify and quantify other habitats that may presented in study area, and (c) determine the stratigraphy and texture of the surface sediments (substrate). The geoacoustical methods included the use of SideScan Sonar, Sub-Bottom profiler and single-beam Aquatic Habitat echosounder, while visual census and sediment sampling was conducted using a tow camera/divers and a sediment grab, respectively.

Expert processing and combinational analysis of the data collected from the study area revealed high diversity of habitats of great ecological significance. Totally 8 bottom types were discriminated on the basis of the collected data: (1) “Bedrock”: located at high slope seabed in proximity to the coastline and in depths between 1 and 40m, (2) “*P. oceanica*”: it covers up to 3.5 % of the studied area, it is located in depths between 1 and 40m and it occurs as meadows or as isolated patches. Canopy height is greater at the NW of the island, while it does not seem to flourish in the eastern part of the island despite smoother seafloor slopes, (3) “Coarse-grained sand/gravel”: featureless sand/gravel observed up to 62m depth, (4) “Coarse sand/gravel covered by dead *P.Oceanica* leaves”: it is actually the bottom type “3”, but extensively covered by dead *P.Oceanica* leaves, located between 8 and 72m depth, (5) “Sand with green algae, small rhodolith fragments and occasionally *C. racemosa*”: it is located between 13 and 73m depth, over a thin substrate of up to 4m thickness, with mean thickness of 1m, occasionally colonized by the alien specie *C. racemosa* and/or small rhodolith fragments, (6) “Moderate to coarse-grained sand with varying size rhodoliths and occasionally rhodophyceae and *C. racemosa*”: it covers 15.8 % of the surveyed seafloor, and is observed in depths between 20 and 95m over a thin substrate of up to 2m thickness, (7) “Dense rhodoliths field/Well developed coralligenous formations”: it is the dominate bottom type, with 47% coverage over the surveyed area and is located at depths between 80 and 110m depths. In the eastern part of the survey area, it is significantly extended from 40 to up to 130m depths. The mean thickness of the underlying sediments is estimated to 1.8m. This bottom type is characterized by corraligenous formations appearing as fields of

dense-sizable rhodoliths over sandy/silty substrate, or as minute reefs and ridges, (8) “Fine-grained sand and silty sand”: this bottom type is located at the deepest part of the surveyed area (>110m), with mean substrate thickness greater than 5m.

Over 50% of the surveyed area, having total ground coverage of over 24km<sup>2</sup>, is covered by the high priority, protected habitats, *P. oceanica* and coralligenous formations. The only weak indication of possible ecological degradation is the existence, locally, of *C. racemosa*, an alien species that seems to have dominated in Aegean and Ionian Sea, during the last decade. All the collected data from the seafloor around Gyaros Island, up to 150m water depth, have shown that this marine area is of great ecological significance and deserves *protection*.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα έκθεση

- περιγράφει τις θαλάσσιες γεωφυσικές έρευνες και τις εργασίες επόπτευσης του πυθμένα (οπτικής παρακολούθησης, δειγματοληψίας) οι οποίες εκτελέστηκαν στον ευρύτερο θαλάσσιο χώρο περιμετρικά της νήσου Γυάρου,
- παρουσιάζει τα αποτελέσματα της ανάλυσης και ερμηνείας των δεδομένων γεωφυσικής και οπτικής διασκόπησης που συλλέχθηκαν.

Η έρευνα εκτελέστηκε για λογαριασμό της μη κυβερνητικής οργάνωσης W.W.F. στα πλαίσια του προγράμματος **ΚΥΚΛΑΔΕΣ LIFE** : «**Ολοκληρωμένη προστασία για τη Μεσογειακή φώκια στις Βόρειες Κυκλάδες**» από το Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας (Ε.Θ.Α.Γ.Ε.Φ.Ω) του Τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών. Η έρευνα εκτελέστηκε σε μια ευρύτερη περιοχή ανοιχτά της Γυάρου, στην οποία προβλέπεται να δημιουργηθεί καταφύγιο και προστατευόμενο πάρκο παρακολούθησης της Μεσογειακής φώκιας.

## 2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Αντικείμενο της έρευνας σύμφωνα με τη σύμβαση ανάθεσης του ερευνητικού προγράμματος είναι η γεωφυσική διασκόπηση του πυθμένα στον ευρύτερο θαλάσσιο χώρο ανοιχτά της Γυάρου, έως την ισοβαθή των 130μ, με την χρήση τομογράφου υποδομής πυθμένα (sub-bottom profiler), ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης (side scan sonar), ο μονοδεσμικός ηχοβολιστής ανάλυσης υδάτινων ενδαιτημάτων BioSonics MX Aquatic Habitat Echosounder, δειγματολήπτη ιζήματος και οπτικής επισκόπησης του πυθμένα με σκοπό:

- i. τον εντοπισμό και ποιοτικό προσδιορισμό λειμώνων Ποσειδώνιας (*P.oceanica*) και ασβεστιτικών ροδοφυκών (τραγάνας) (coralligene formations),
- ii. τον προσδιορισμό και εντοπισμό πιθανώς άλλων ενδαιτημάτων της περιοχής,
- iii. τον προσδιορισμό της στρωματογραφικής υποδομής και της υφής των επιφανειακών ιζημάτων του πυθμένα.

### 3. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

Η έρευνα εκτελέστηκε από το Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας (Ε.Θ.Α.ΓΕ.Φ.Ω.) του Τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών. Τα μέλη του Ε.Θ.Α.ΓΕ.Φ.Ω που έλαβαν μέρος στην έρευνα, στη συλλογή και ανάλυση των συλλεχθέντων στοιχείων και στη σύνταξη της παρούσας έκθεσης είναι:

**Dr Παπαθεοδώρου Γεώργιος**

Καθηγητής Τμήματος Γεωλογίας, Πανεπιστημίου Πατρών

Επιστημονικός υπεύθυνος έρευνας

**Dr Χριστοδούλου Δημήτρης**

Γεωλόγος-Ωκεανογράφος

**Dr Φακίρης Ηλίας**

Γεωλόγος-Ωκεανογράφος

**Ζούρα Δέσποινα, MSc**

Γεωλόγος-Ωκεανογράφος

Υποψήφιος διδάκτωρ Τμήματος Γεωλογίας, Πανεπιστημίου Πατρών

**Δήμας Ξενοφών, BSc**

Γεωλόγος

Υποψήφιος μεταπτυχιακός Τμήματος Γεωλογίας, Πανεπιστημίου Πατρών

**Μεντόγιαννης Βασίλειος**

Υποβρύχια φωτογραφία - video

**Αγαθός Αναστάσης**

Υποβρύχια φωτογραφία - video

## 4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΩΝ

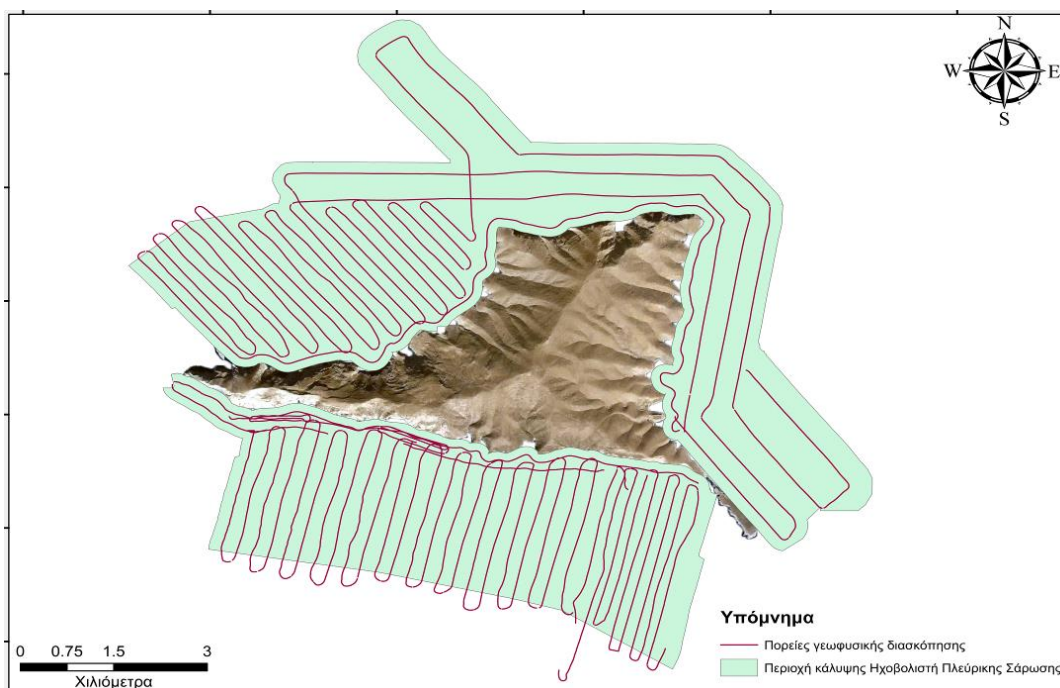
Για την εκπλήρωση του σκοπού της θαλάσσιας γεωφυσικής έρευνας εκτελέστηκαν εργασίες πεδίου το διάστημα από 01/07/2014 έως 12/07/2014. Η ανάλυση – επεξεργασία των δεδομένων και η κατασκευή των θεματικών χαρτών έγιναν στις εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας (Ε.Θ.Α.ΓΕ.Φ.Ω.) του Τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών.

### 4.1 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΔΙΟΥ

Για την εκτέλεση της έρευνας χρησιμοποιήθηκε το σκάφος «Αγ. Γεώργιος» νηολογίου Αγ. Νικολάου 92 (Εικόνα 4.1.1), στο οποίο τοποθετήθηκαν το Δορυφορικό Σύστημα Προσδιορισμού θέσης, ο τομογράφος υποδομής πυθμένα (Sub-Bottom Profiler), ο ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης (Side scan sonar), ο μονοδεσμικός ηχοβολιστής ανάλυσης υδάτινων ενδιαιτημάτων BioSonics MX Aquatic Habitat Echosounder (η ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων του θα πραγματοποιηθεί σε επόμενο στάδιο της μελέτης), ο δειγματολήπτης ιζήματος τύπου Van-Veen Hydro-Bios και μια υποβρύχια συρόμενη κάμερα. Η περιοχή έρευνας και οι πορείες γεωακουστικής αποτύπωσης του πυθμένα φαίνονται στην εικόνα 4.1.2 και η διάταξη των μονάδων συλλογής των δεδομένων στην εικόνα 4.1.3.

Εικ. 4.1.1. Το σκάφος «Αγ. Γεώργιος» που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα





Εικ. 4.1.2. Η περιοχή έρευνας και οι πορείες γεωφυσικής διασκόπησης του πυθμένα.

Ψηφιακή μονάδα καταγραφής  
σήματος T.Y.P. της Kongsberg  
με το λογισμικό SonarWiz

Φορητός υπολογιστής με  
εγκατεστημένο το λογισμικό  
Visual Acquisition της BioSonics

Εικόνα 4.1.3:  
Η διάταξη των μονάδων  
συλλογής των δεδομένων στο  
σκάφος.



Ψηφιακό σύστημα καταγραφής  
και επεξεργασίας σήματος  
Η.Π.Σ. 4200P της Edgetech

Φορητός υπολογιστής με εγκατεστημένο  
το πρόγραμμα πλοήγησης Hyrack 2014  
της Hyrack Inc

#### 4.1.1. ΠΛΟΗΓΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ

Ο προσδιορισμός της θέσης του πλοίου κατά μήκος των πορειών, οι οποίες καθορίστηκαν και χαράχθηκαν σύμφωνα με τις ανάγκες της έρευνας και τις ιδιαίτερες απαιτήσεις των οργάνων, πραγματοποιήθηκε με το δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσης (GPS) Hemisphere VS101 (Εικόνα 4.1.1.1), το οποίο αποτελείται από δύο κεραίες GPS με απόσταση 0.5 μέτρων μεταξύ τους. Το Hemisphere VS101 λαμβάνει επίσης σήμα από γεωστατικούς δορυφόρους της EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) το οποίο βελτιώνει το στίγμα στην περιοχή της Ευρώπης με συμπληρωματικές διορθώσεις σύμφωνα με το σύστημα SBAS (Satellite Based Augmentation System). Επιπρόσθετα το Hemisphere VS101 παρέχει πληροφορίες για την διεύθυνση κίνησης (heading) και την κατακόρυφη και αξονική μετακίνηση του σκάφους (pitch and roll). Η ακρίβεια του προσδιορισμού της θέσης του σκάφους είναι της τάξης των  $\leq 0.6$  m. Για την πλοήγηση του σκάφους χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Hyrack 2014 της Hyrack inc.



Εικ. 4.1.1.1. Το G.P.S  
Hemisphere VS 101»



Στην περιοχή της Γυάρου πραγματοποιήθηκε δίκτυο πορειών αποτελούμενο από παράλληλες κυρίως πορείες ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης στα Νότια και Ανατολικά του νησιού, ενώ στα ΒΔ οι πορείες είχαν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ με την απόσταση μεταξύ τους να είναι 200 μέτρα. Πραγματοποιήθηκαν επίσης πορείες παράλληλες στην ακτογραμμή και σε κοντινή απόσταση από αυτή, ώστε να αποτυπωθεί καλύτερα ο παράκτιος πυθμένας, δεδομένου των πολύ έντονων κλίσεων του, που στην περίπτωση κάθετων στην ακτή πορειών, ανάγκαζαν σε στροφή το σκάφος πριν αποτυπωθούν βάθη μικρότερα των 30μ. Στον πίνακα 4.1.1.1 φαίνονται τα ποσοτικά και τα στατιστικά στοιχεία για τις πορείες σε όλη την περιοχή έρευνας. Η απόσταση μεταξύ του ερευνητικού σκάφους και του Ηχοβολιστή Πλευρικής Σάρωσης που σύρονταν πίσω του διατηρήθηκε σταθερή στα 8 μέτρα κατά την διάρκεια των κάθετων στις ακτές πορειών ενώ για τις παράλληλες ρηχές πορείες η απόσταση ήταν 4 μέτρα. Η απόσταση αυτή είναι αρκετή ώστε ο Ηχοβολιστής Πλευρικής Σάρωσης να λειτουργήσει χωρίς παρεμβολές από την μηχανή του σκάφους.

Πίνακας 4.1.1.1. - Ποσοτικές και στατιστικές πληροφορίες για την έρευνα.

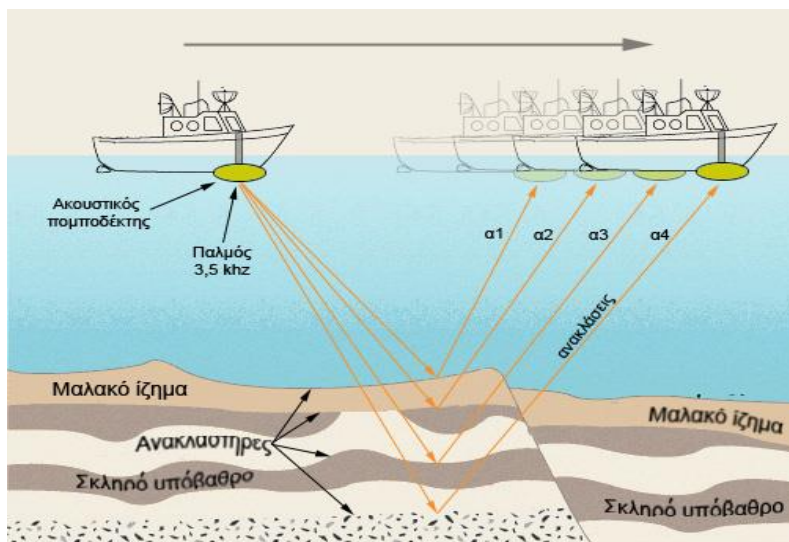
<i>Αριθμός πορειών:</i>	<i>84</i>
<i>Ολικό μήκος πορειών (Km):</i>	<i>230,197 km</i>
<i>Απόσταση πορειών(m):</i>	<i>200 m</i>
<i>Εμβαδόν περιοχής γεωακουστικής αποτύπωσης (km<sup>2</sup>):</i>	<i>57,291 km<sup>2</sup></i>

#### 4.1.2. ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΠΥΘΜΕΝΑ

Για τη μελέτη της υποδομής του πυθμένα χρησιμοποιήθηκε τομογράφος υποδομής πυθμένα (Τ.Υ.Π) τύπου Chirp μεγάλης διακριτικής ικανότητας.

Οι τομογράφοι υποδομής πυθμένα εκπέμπουν κατακόρυφη δέσμη ηχητικών κυμάτων η οποία αφού ανακλαστεί από τον πυθμένα και από επιφάνειες ασυνέχειας (μεταβολής της πυκνότητας) κάτω από αυτόν, επιστρέφει στην επιφάνεια της θάλασσας και προσλαμβάνεται από το δέκτη (Εικόνα. 4.1.2.1). Με τον τρόπο αυτό στοιχειοθετείται μια ακουστική τομογραφία της υποδομής του πυθμένα η οποία καλείται «γεωακουστική τομογραφία». Οι επιφάνειες μεταβολής της πυκνότητας που εντοπίζονται κάτω από την επιφάνεια του πυθμένα καταγράφονται στην γεωακουστική τομογραφία με τη μορφή «ακουστικών ή σεισμικών ανακλάσεων».

Οι τομογράφοι έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για τον προσδιορισμό του πάχους των επιφανειακών σύγχρονων (χαλαρών) ιζημάτων, τον εντοπισμό ενεργών ρηγμάτων, περιοχών διάβρωσης/απόθεσης, κατολισθητικών φαινομένων, διαπύρων και θυλάκων αέριων υδρογονανθράκων στους πόρους των ιζημάτων και βιογενών συμπαγών σχηματισμών. Επιπλέον χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό της θέσης καλωδίων και αγωγών οι οποίοι βρίσκονται πάνω στον πυθμένα ή είναι θαμμένοι κάτω από αυτόν και γενικώς βρίσκουν εφαρμογή στον εντοπισμό θαμμένων στόχων.



Εικόνα. 4.1.2.1:  
Η διαδικασία  
εκπομπής –  
ανάκλασης – λήψης  
του ακουστικού  
παλμού

Η δυνατότητα διείσδυσης (penetration) και διακριτικότητας (resolution) του τομογράφου εξαρτάται από την ακουστική διαπερατότητα των ιζηματογενών σχηματισμών της περιοχής και

από τον τύπο της ακουστικής πηγής. Η διακριτική ικανότητα του τομογράφου υποδομής πυθμένα είναι η κύρια παράμετρος η οποία ελέγχει την αποτελεσματικότητα του, ιδιαίτερα σε εφαρμογές όπως η αποτύπωση ενδιαιτημάτων του πυθμένα. Οι τομογράφοι υψηλών συχνοτήτων (3.0 – 7.0 kHz) διεισδύουν περίπου μέχρι 40 m κάτω από τον πυθμένα και έχουν υψηλή διακριτική ικανότητα της τάξης των 50 cm. Στην περίπτωση που ο πυθμένας συνίσταται από σκληρό γεωλογικό υπόβαθρο, η διείσδυση των ηχητικών κυμάτων περιορίζεται σημαντικά.

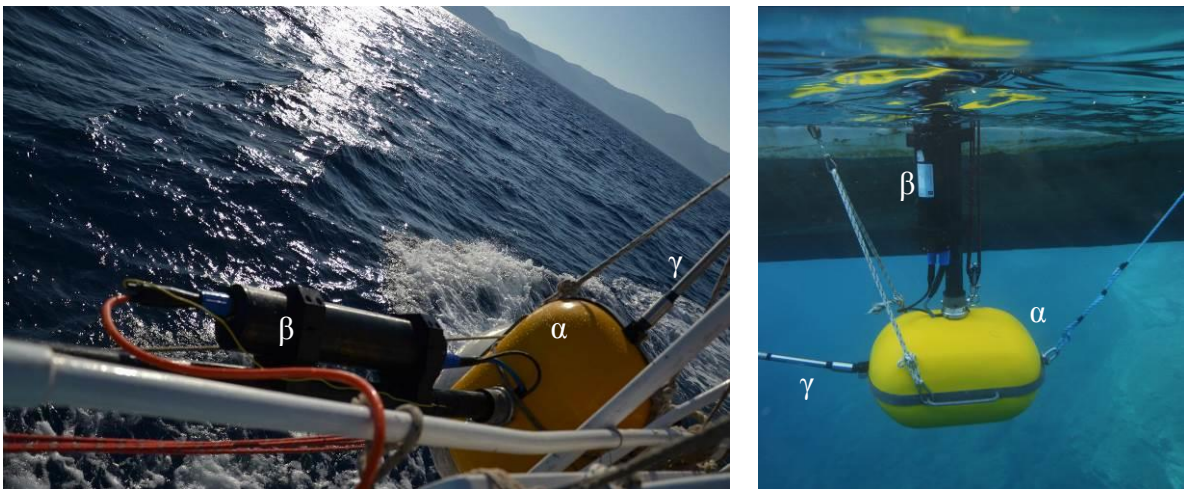
Το σύστημα τομογράφου υποδομής πυθμένα που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα είναι τύπου Chirp και αποτελείται από:

- ημιπλωτή συστοιχία 4 πομποδεκτών O.R.E model 138C (Εικόνα. 4.1.2.2.α),
- στεγανό δοχείο ψηφιακής επεξεργασίας σήματος (Digital profiler electronics bottle) (Εικόνα 4.1.2.2.β),
- πλωτό υδρόφωνο μικρού μήκους (Εικόνα 4.1.2.2.γ),
- ψηφιακή καταγραφική μονάδα συλλογής και επεξεργασίας του σεισμικού σήματος GEOPULSE model 5430P της Kongsberg (Εικόνα. 4.1.3).

Το πλεονέκτημα του συγκεκριμένου τύπου Τομογράφου Υποδομής Πυθμένα έγκειται στην δυνατότητα να εκπέμπει ένα παλμό που αποτελείται από κύματα διαφορετικής συχνότητας με το εύρος των συχνοτήτων να είναι μεταξύ 0.5kHz και 13.5kHz συνδυάζοντας έτσι την μεγαλύτερη διείσδυση που προσφέρουν οι χαμηλές συχνότητες με την υψηλή διακριτική ικανότητα που προσφέρουν οι υψηλές συχνότητες. Ταυτόχρονα υπάρχει δυνατότητα της συλλογής δεδομένων τόσο από τους πομποδέκτες όσο και από το υδρόφωνο ταυτόχρονα η ξεχωριστά. Το εύρος των συχνοτήτων που επιλέχθηκε είναι μεταξύ 2kHz και 11kHz. Το μήκος ή η χρονική διάρκεια του παλμού ελέγχει τη διακριτική ικανότητα του τομογράφου. Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε η μικρότερη δυνατή χρονική διάρκεια του παλμού, δηλαδή 1ms. Με αυτή τη χρονική διάρκεια επιτυγχάνεται διακριτική ικανότητα περίπου 20cm.

Τα δεδομένα υψηλής ανάλυσης συλλέχθηκαν με το ψηφιακό σύστημα καταγραφής και επεξεργασίας ακουστικών κυμάτων SonarWiz της Chesapeake Technology Inc. Η ψηφιακή καταγραφική μονάδα πραγματοποιεί εξειδικευμένη επεξεργασία και συνέλιξη του

πολυσυχνοτικού ακουστικού σήματος που λαμβάνεται από τον ακουστικό πομποδέκτη και καταχωρεί τελικά την προκύπτουσα πληροφορία σε ψηφιακά αρχεία τύπου \*.sgy. Τα αρχεία αυτά παρέχουν τα εξής κύρια επίπεδα πληροφορίας: 1) την ακουστική ανακλαστικότητα (σε db με ύψος πληροφορίας 24 bits) του κάθε ακουστικού παλμού, συναρτήσει του βάθους από την επιφάνεια της θάλασσας, και 2) τις γεωγραφικές συντεταγμένες του κάθε παλμού από το GPS.



Εικόνα. 4.1.2.2: (α) Η ημιπλωτή συστοιχία 4 πομποδεκτών O.R.E model 138C και (β) το υδρόφωνο.

#### 4.1.3. ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ

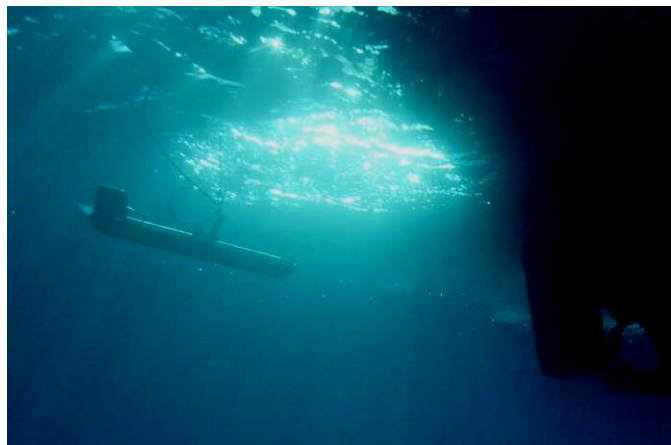
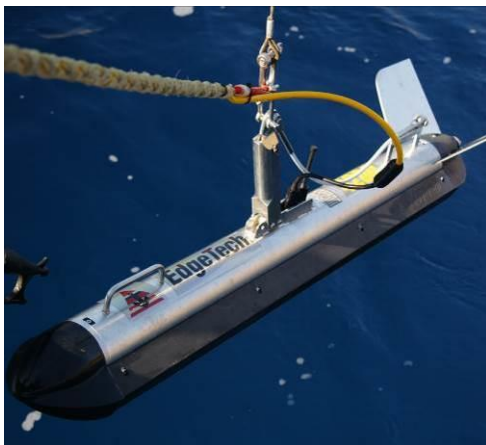
Η ακουστική αποτύπωση της επιφάνειας του πυθμένα και ο προσδιορισμός και οριοθέτηση των διαφορετικών ακουστικών του τύπων επιτεύχθηκε με τη χρήση του ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης (Η.Π.Σ.).

Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί την ηχητική ενέργεια προκειμένου να αποδώσει δισδιάστατες απεικονίσεις της επιφάνειας του πυθμένα που καλούνται «ηχογραφίες». Οι ηχογραφίες στοιχειοθετούνται με βάση την ηχητική ανακλαστικότητα που παρουσιάζει τοπικά ο πυθμένας, η οποία εξαρτάται κυρίως από τη λιθολογία, την υφή (τραχύτητα) και τα μορφολογικά στοιχεία του πυθμένα. Η λειτουργία του συστήματος δίνει τη δυνατότητα στις δυο πρώτες περιπτώσεις για τον εντοπισμό περιοχών με διαφορετικό μικροανάγλυφο (εξάρσεις - υβώματα) σε σχέση με τις περιβάλλουσες και στη δεύτερη, ανάλογα την ένταση επιστροφής των

ηχητικών κυμάτων, πληροφορίες για τη λιθολογική σύσταση των επιφανειακών ιζημάτων (χοντρόκοκκο-λεπτόκοκκο, μαλακής- σκληρής υφής). Ο ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης είναι το καταλληλότερο ηχητικό σύστημα για την αποτύπωση και τον εντοπισμό των διαφορετικών ενδιαιτημάτων που στοιχειοθετούν του πυθμένα λόγω της υψηλής διακριτικής ικανότητας ακουστικών εικόνων που προσφέρει.

Το ψηφιακό σύστημα του ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης DISCOVER 4200 MP της Edgetech (side scan sonar) που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα αποτελείται από:

- ηχοβολιστική τορπίλη 4200MP (Εικ. 4.1.3.1).
- ένα καλώδιο έλξης ελαφρού τύπου (Kevlar), μήκους 150m
- ψηφιακό σύστημα καταγραφής και επεξεργασίας σήματος Edgetech 4200 P (Εικ. 4.1.3.).



Εικόνα. 4.1.3.1: Η ηχοβολιστική τορπίλη 4200MP

Το συγκεκριμένο μοντέλο ψηφιακού ηχοβολιστή πλευρική σάρωσης έχει την δυνατότητα να εκπέμπει ταυτόχρονα δύο παλμούς διαφορετικών συχνοτήτων, μίας υψηλής 400kHz και μίας χαμηλής 100kHz. Η υψηλή συχνότητα αυξάνει την διακριτική ικανότητα του οργάνου επιτρέποντας έτσι την καλύτερη διάκριση των διάφορων σχηματισμών βιολογικής, λιθολογικής ή ανθρωπογενούς προέλευσης του πυθμένα. Η χαμηλή ακουστική συχνότητα έχει μεγαλύτερη ενέργεια και δίνει την δυνατότητα καταγραφής του πυθμένα σε μεγαλύτερα εύρη και βάθη. Το

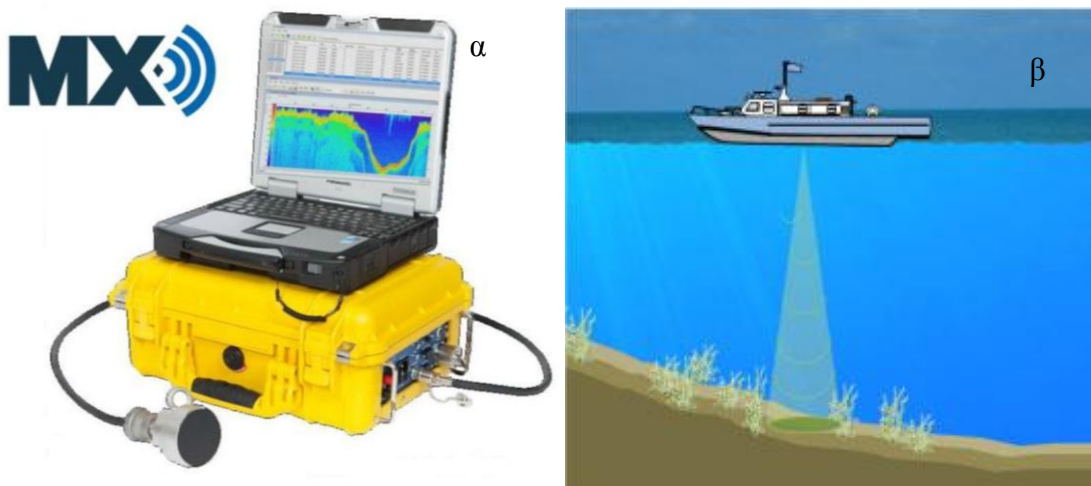
σύστημα ήταν συνδεδεμένο με το GPS ώστε ο γεωγραφικός προσδιορισμός των ηχογραφιών να γίνεται σε πραγματικό χρόνο σε όλη τη διάρκεια της έρευνας. Οι πορείες πλοήγησης σχεδιάστηκαν ώστε να σαρώνονται 100 m εκατέρωθεν του ναδύρ πλεύσης της ηχοβολιστικής τορπίλης.

#### 4.1.4. ΜΟΝΟΔΕΣΜΙΚΟΣ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΕΝΔΙΑΙΤΗΜΑΤΩΝ

Για την αναλυτικότερη ακουστική αποτύπωση *P. oceanica* και τον προσδιορισμό του ύψους της φυτοκάλυψης, χρησιμοποιήθηκε ο μονοδεσμικός ηχοβολιστής ανάλυσης υδάτινων ενδιαιτημάτων MX ECHOSOUNDER της BioSonics. Το σύστημα αποτελείται από :

- Την καταγραφική μονάδα (Εικ. 4.1.4.1.α)
- Φορητό υπολογιστή με φορτωμένο το λογισμικό καταγραφής Visual Acquisition MX συνδεδεμένο με την καταγραφική μονάδα μέσω καλωδίου Ethernet για πραγματικού χρόνου εμφάνιση και αποθήκευση των δεδομένων (Εικ. 4.1.3)
- Πομποδέκτη συχνότητας 204.8 kHz (Εικ. 4.1.4.1.β)
- Καλώδιο σύνδεσης του πομποδέκτη με την καταγραφική μονάδα.

Το σύστημα αυτό είναι ειδικά σχεδιασμένο για την ακουστική αποτύπωση της φυτοκάλυψης του πυθμένα αλλά και την ταξινόμηση του υποστρώματος του, ενώ παρέχει και πολύ μεγάλης ακρίβειας βυθομετρικά δεδομένα.

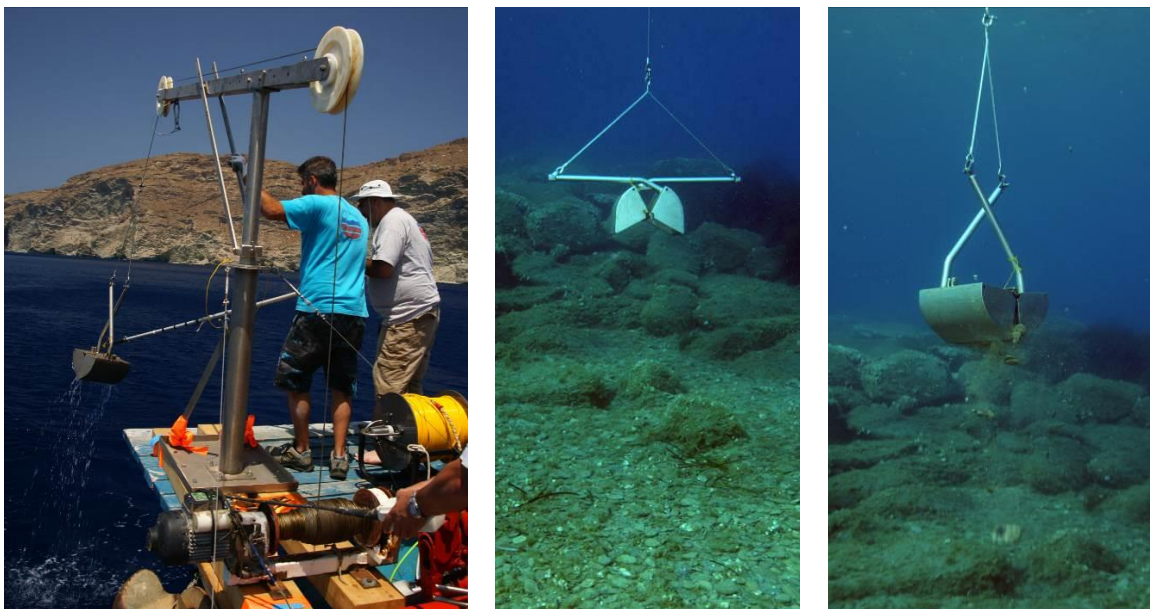


Εικόνα. 4.1.4.1: Ο μονοδεσμικός ηχοβολιστής ανάλυσης υδάτινων ενδιαιτημάτων MX ECHOSOUNDER της BioSonics και η αρχή λειτουργίας του.

Η συχνότητα, το μήκος και η γωνία κωνικής δέσμης του ακουστικού παλμού είναι 204.8 kHz, 0.4 ms και 8.5°, αντίστοιχα. Τα παραπάνω οδηγούν σε υψηλής ανάλυσης ακουστικές αποτυπώσεις του πυθμένα, με την κατακόρυφη διακριτική ικανότητα του οργάνου να δίνεται από τον τύπο  $1,7\text{cm} \pm 0.2\% \times d$ , όπου d το βάθος, παρέχοντας τη δυνατότητα διεξόδου κάτω από τα φυλλώματα της φυτοκάλυψης και κατ' επέκταση εκτίμησης του ύψους της (π.χ. το ύψος φυλλωμάτων της *P. oceanica*). Το μέγιστο βάθος λειτουργίας του είναι τα 100 m. Η απευθείας σύνδεση της καταγραφικής μονάδας με το δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσης (GPS) Hemisphere VS101 επέτρεψε την γεωαναφορά των δεδομένων με ακρίβεια λίγων εκατοστών.

#### 4.1.5. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΠΟΠΤΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΠΥΘΜΕΝΑ

Για τον χαρακτηρισμό και τεκμηρίωση των διαφορετικών περιοχών που εντοπίζονται κατά την ανάλυση των γεω-ακουστικών δεδομένων πραγματοποιήθηκε συστηματική στοχευμένη δειγματοληψία επιφανειακού ιζήματος και οπτική παρατήρηση του πυθμένα με υποβρύχια συρόμενη κάμερα. Η συλλογή δειγμάτων ιζήματος πραγματοποιήθηκε με αρπάγη τύπου Van-Veen Hydro-Bios (Εικόνα 4.1.5.1) και η οπτική παρατήρηση με την χρήση αυτοσχέδιας υποβρύχιας συρόμενης κάμερας (Εικόνα 4.1.5.2.).

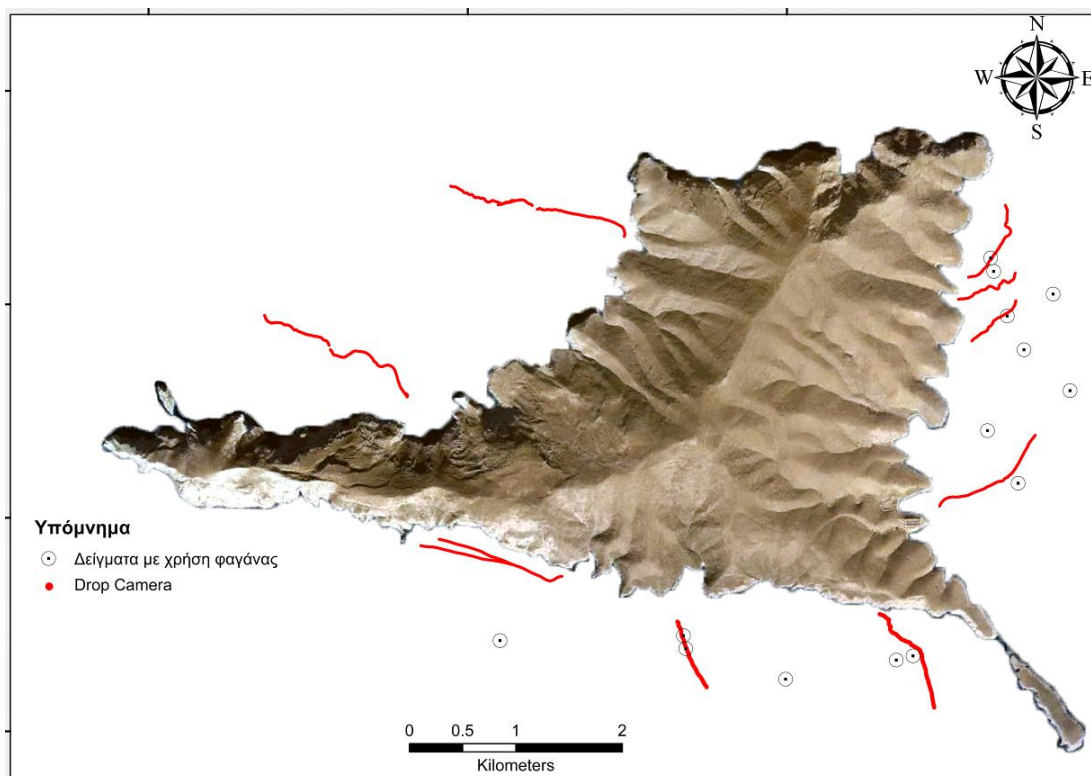


Εικόνα 4.1.5.1.: Ο δειγματολήπτης τύπου Van-Veen Hydro-Bios που χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή επιφανειακών δειγμάτων ιζήματος

Για τις ανάγκες της έρευνας συλλέχθηκαν 14 δείγματα με την χρήση της αρπάγης και πραγματοποιήθηκαν 10 πορείες οπτικής παρακολούθησης με την υποβρύχια συρόμενη κάμερα, όπως φαίνονται στην εικόνα 4.1.5.3.



Εικόνα 4.1.5.2:  
Η αυτοσχέδια  
υποβρύχια  
συρόμενη κάμερα.



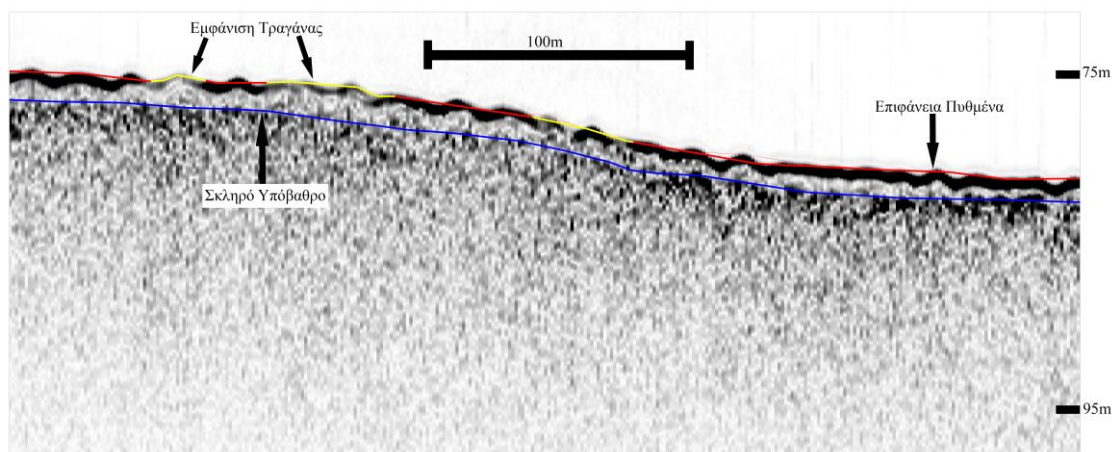
Εικόνα 4.1.5.3: Θέσεις δειγματοληψίας με την χρήση της αρπάγης και πορείες πλεύσης με χρήση της υποβρύχιας κάμερας.

## 4.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### 4.2.1. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑΣ

Τα ψηφιακά δεδομένα του τομογράφου υποδομής πυθμένα επεξεργάστηκαν κατάλληλα με το λογισμικό SB-Interpreter της TritonImaging Inc, εισάγοντας φίλτρα χρονομεταβλητής ενίσχυσης σήματος (Time Varying Gain - TVG) και αυτόματου ελέγχου σήματος (Automatic Gain Control - AVG). Παράλληλα, όπου θεωρήθηκε απαραίτητο, εφαρμόστηκε φίλτρο διόρθωσης διαταραχής της καταγραφής λόγω ρεστίας και κυματισμών (Swell correction).

Η ερμηνεία και ο προσδιορισμός της στρωματογραφίας στις γεωακουστικές τομογραφίες βασίστηκε στον καθορισμό του ακουστικού ή σεισμικού χαρακτήρα των σεισμικών ανακλάσεων. Ο ακουστικός ή σεισμικός χαρακτήρας (acoustic character) των σεισμικών ανακλάσεων καθορίστηκε με βάση τη σαφήνεια, συνέχεια και το εύρος της. Ο καθορισμός του ακουστικού χαρακτήρα των επιφανειακών και υποεπιφανειακών ακουστικών ανακλάσεων και η διάκριση τους σε επιμέρους στρωματογραφικές ενότητες είναι ένα ιδιαίτερα αποτελεσματικό μέσο για την αξιόπιστη εκτίμηση των λιθολογικών και γεωτεχνικών ιδιοτήτων των ανώτερων 10-20m των χαλαρών ιζημάτων του πυθμένα. Η ψηφιοποίηση των διάφορων τύπων πυθμένα πραγματοποιήθηκε επίσης στο λογισμικό SB-Interpreter της TritonImaging Inc.

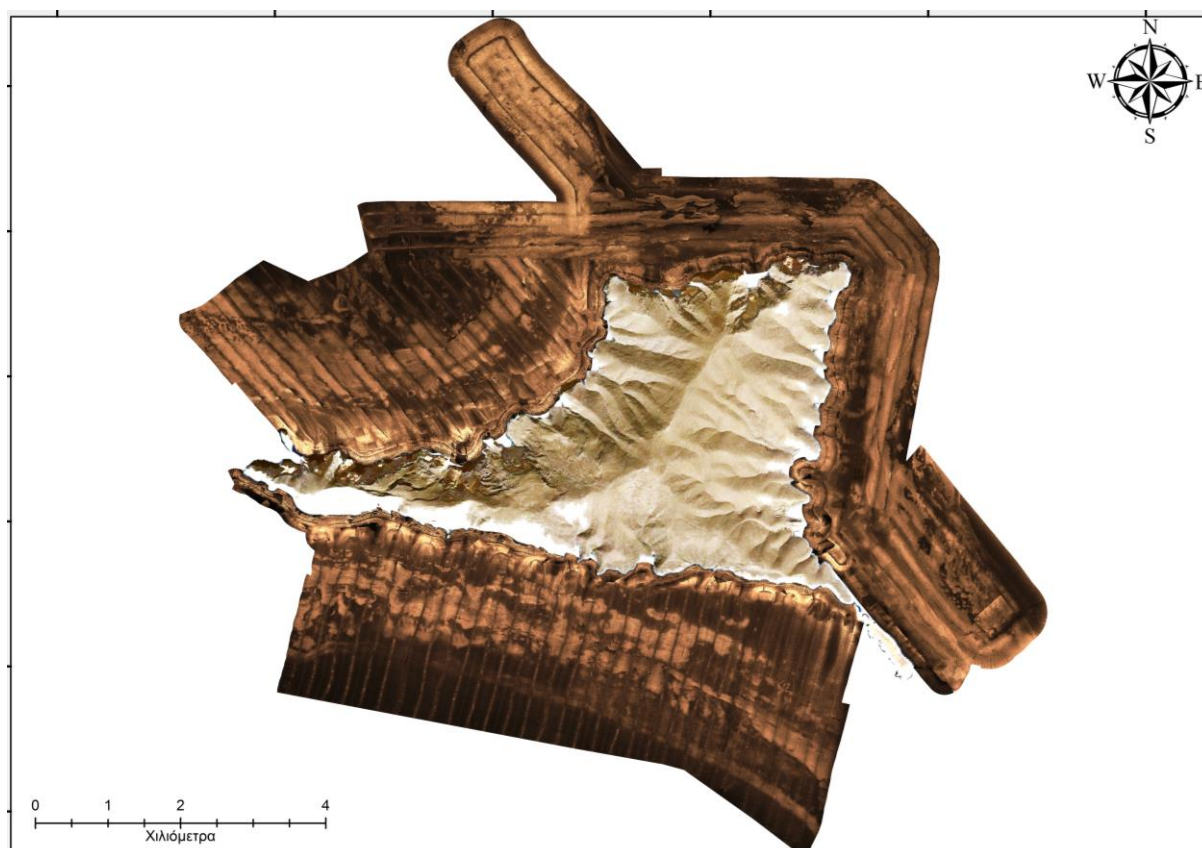


Εικόνα 4.2.1.1: Χαρακτηριστικοί ανακλαστήρες σε τομογραφία που αποτυπώνει ιζήματα μικρού πάχους και ασβεστιτικά ροδοφύκη (τραγάνα) που υπέρκεινται σκληρού (ακουστικού) υποβάθρου.

#### 4.2.2. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ

Η επεξεργασία των ψηφιακών δεδομένων του Ηχοβολιστή Πλευρικής Σάρωσης για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης περιλαμβάνει: (α) τη διόρθωση των ηχογραφιών και (β) τη κατασκευή μωσαϊκών από τις ηχογραφίες για τη δημιουργία χαρτών ακουστικής αποτύπωσης του πυθμένα. Στα πλαίσια της διόρθωσης των ηχογραφιών χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό “SonarWiz” της “Chesapeake Technology Inc.” και ακολουθήθηκαν τα εξής βήματα:

- Εφαρμογή χρονομεταβλητής ενίσχυσης του ακουστικού σήματος (**TVG: Time Varied Gain**). Περιοχές του πυθμένα με υψηλή ανακλαστικότητα αποτυπώνονται με ανοιχτόχρωμους τόνους καταγραφής ενώ περιοχές του πυθμένα με χαμηλή ανακλαστικότητα με σκοτεινόχρωμους τόνους καταγραφής.
- Εντοπισμός του πυθμένα (**bottom tracking**) με την μέθοδο Amplitude και όπου χρειάστηκε, λόγω μεγάλης διαταραχής της υδάτινης στήλης, χειροκίνητος εντοπισμός. Το στάδιο αυτό είναι απαραίτητο για την γεωμετρική διόρθωση των ηχογραφιών.
- Διόρθωση του εύρους της ζώνης σάρωσης (**slant range correction**) για την αφαίρεση της υδάτινης στήλης από την ηχογραφία και μετατροπή της χρονικής κλίμακας σε μετρική (ms εκπομπής-επιστροφής του ακουστικού παλμού → πλάτος του πυθμένα εκατέρωθεν της τοπίλης). Η διόρθωση γίνεται θεωρώντας την ταχύτητα του ήχου στο νερό ίση με 1500 m/sec και λαμβάνοντας την υπόθεση του επίπεδου πυθμένα.



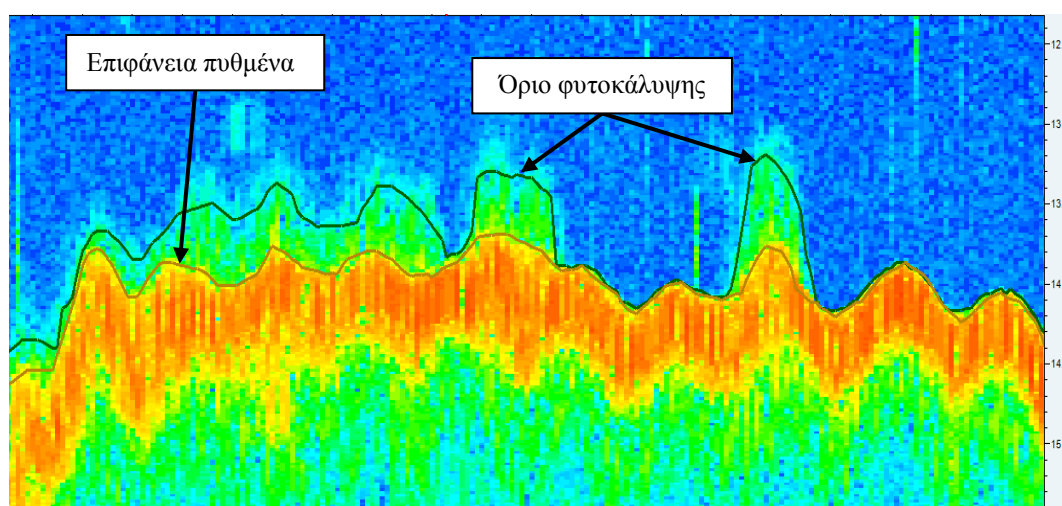
Εικόνα 4.2.2.1: Χάρτης του μωσαϊκού ηχογραφιών Η.Π.Σ.

Η δημιουργία των μωσαϊκών (Εικόνα 4.2.2.1) πραγματοποιήθηκε με το ίδιο λογισμικό. Η ανάλυση (resolution) των μωσαϊκών ορίστηκε στα 0,5 μέτρα ώστε να γίνεται δυνατή η βέλτιστη αποτύπωση των ορίων μεταξύ των διάφορων τύπων πυθμένα. Η αξιοπιστία της γεωαναφοράς διαπιστώθηκε από την επιτυχή επικάλυψη όμοιων στόχων που είχαν αποτυπωθεί από διαδοχικές παράλληλες πορείες του ερευνητικού σκάφους, στη ζώνη επικάλυψής τους. Τα μωσαϊκά αποθηκεύτηκαν ως αρχεία γεωαναφερμένων εικόνων (GEO-TIFF image file) υψηλής ανάλυσης ώστε να εισαχθούν σε λογισμικό γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών και συγκεκριμένα στο «ArcGis, της ESRI» για την παράθεσή τους με τα υπόλοιπα διαθέσιμα χωρικά δεδομένα (ακτογραμμές, βυθομετρία ,δεδομένα επόπτευσης πυθμένα). Η ψηφιοποίηση των διάφορων ακουστικών τύπων έγινε σε περιβάλλον ArcGis της Esri, ενώ η συσχέτιση αυτών με

πραγματικούς τύπους πυθμένα έγινε στο ίδιο λογισμικό εργαλείο με συνεκτίμηση και όλων των υπολοίπων διαθέσιμων δεδομένων (σεισμικής στρωματογραφίας, οπτικής παρακολούθησης και δειγματοληψίας ιζημάτων).

#### 4.2.3. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΟΝΟΔΕΣΜΙΚΟΥ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΕΝΔΙΑΙΤΗΜΑΤΩΝ

Για την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχτηκαν με τη χρήση του μονοδεσμικού ηχοβολιστή ανάλυσης υδάτινων ενδαιτημάτων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Visual Habitat της BioSonics. Μέσω του λογισμικού αυτού έγινε προσδιορισμός του ύψους της φυτοκάλυψης (canopy height) (με έμφαση στη *P. oceanica* – Εικ.5.2.3.1.), μέσω της ψηφιοποίησης του πυθμένα και της επιφάνειας του υπερκείμενου, περισσότερο ακουστικά διάφανου, στρώματος φυτοκάλυψης. Τέλος το Visual Habitat παρέχει την δυνατότητα εξαγωγής βαθυμετρικών δεδομένων μέχρι τα 100μ βάθους (όριο λειτουργίας οργάνου), τα οποία συνεκτιμήθηκαν με αυτά του τομογράφου υποδομής πυθμένα για την δημιουργία του βαθυμετρικού χάρτη της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 5.2.3.1: Παράδειγμα προσδιορισμού του ύψους φυτοκάλυψης (canopy height) της *P.oceanica* μέσω δεδομένων του μονοδεσμικού ηχοβολιστή Biosonics, στο λογισμικό VisualHabitat.

#### 4.2.4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΟΠΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

Τα βίντεο της υποβρύχιας συρόμενης κάμερας επεξεργάστηκαν μέσω ειδικού λογισμικού εργαλείου που δημιουργήθηκε στην γλώσσα προγραμματισμού Matlab ώστε να μετατραπούν σε εικόνες στιγμιότυπων χρονικής απόστασης 1 δευτερολέπτου μεταξύ τους, οι οποίες έπειτα συνδυάστηκαν με τα δεδομένα του γεωγραφικού συστήματος πλοήγησης (G.P.S) ώστε να τοποθετηθούν στην πραγματική γεωγραφική θέση λήψης τους (βλ. εικόνα 4.1.5.3).

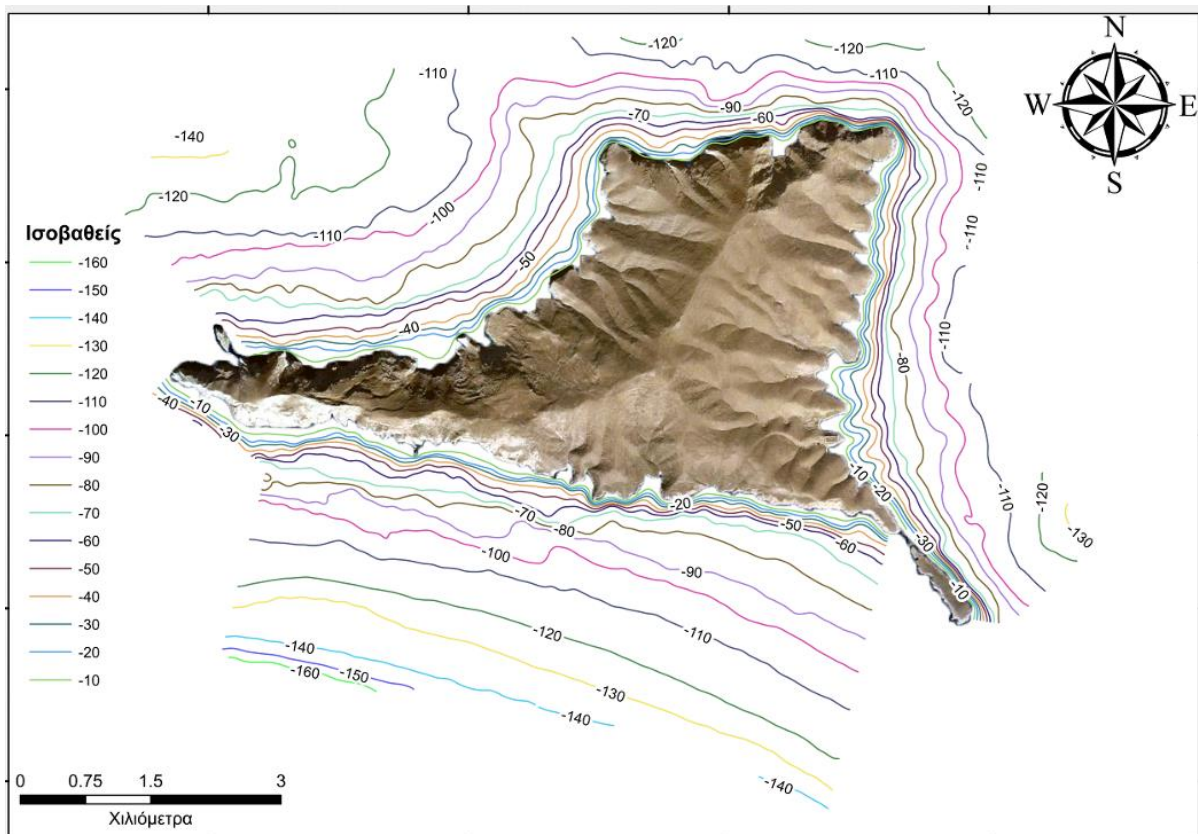
Τα δείγματα ιζήματος που συλλέχτηκαν με την αρπάγη φωτογραφήθηκαν και περιγράφηκαν επιτόπου, ενώ η ακριβής γεωγραφική τους θέση προσδιορίστηκε από την ένδειξη του γεωγραφικού συστήματος προσδιορισμού θέσης (GPS) κατά τη στιγμή επαφής της αρπάγης με τον πυθμένα (βλ. εικόνα 4.1.5.3). Στην παρούσα μελέτη ο χαρακτηρισμός των ιζημάτων βασίστηκε αποκλειστικά σε μακροσκοπική εκτίμηση.

### 5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΘΕΜΑΤΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ

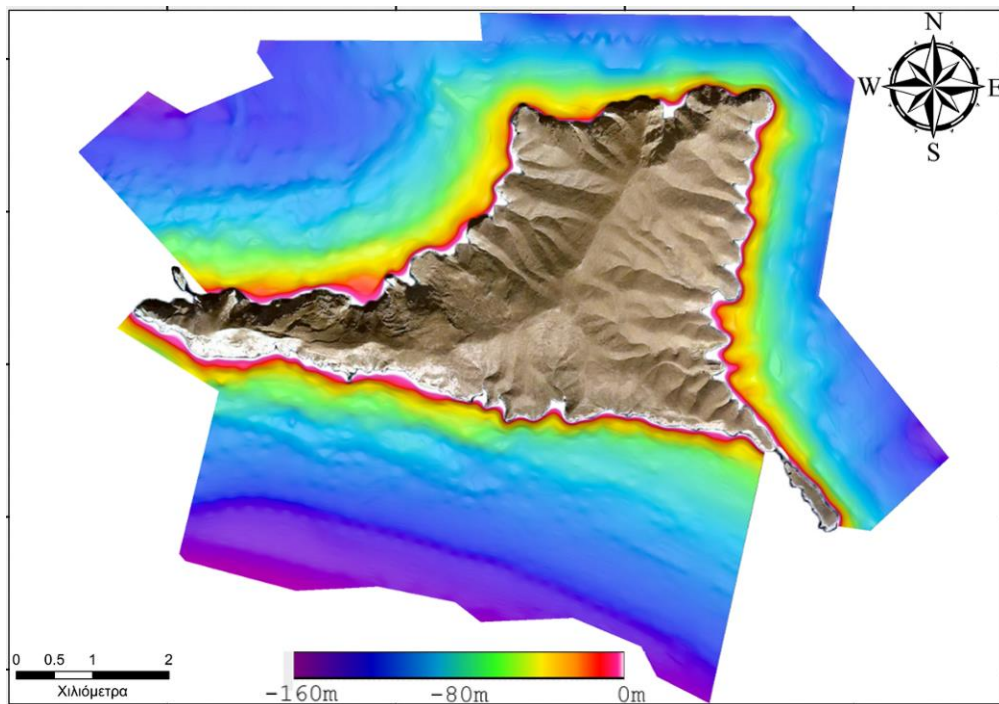
#### 5.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Για την δημιουργία του βυθομετρικού χάρτη έγινε ψηφιοποίηση της πρώτης ακουστικής ανάκλασης των σεισμικών καταγραφών του τομογράφου υποδομής πυθμένα. Τα δεδομένα που προέκυψαν επεξεργάστηκαν με το πρόγραμμα Surfer 9 της Golden Software ώστε να προκύψει αρχείο ψηφιακού ανάγλυφου (DEM) ανάλυσης 1μ, μέσω της μεθόδου χωρικής παρεμβολής Kriging (Εικόνες 5.1.1 και 5.1.2). Ο βυθομετρικός χάρτης παρουσιάζει εύρος βαθών από 0 έως 160μ (Εικόνες 5.1.1 και 5.1.2). Ταυτόχρονα, μέσω επεξεργασίας του ψηφιακού ανάγλυφου, δημιουργήθηκε χάρτης κλίσεων του πυθμένα (Εικόνα 5.1.3).

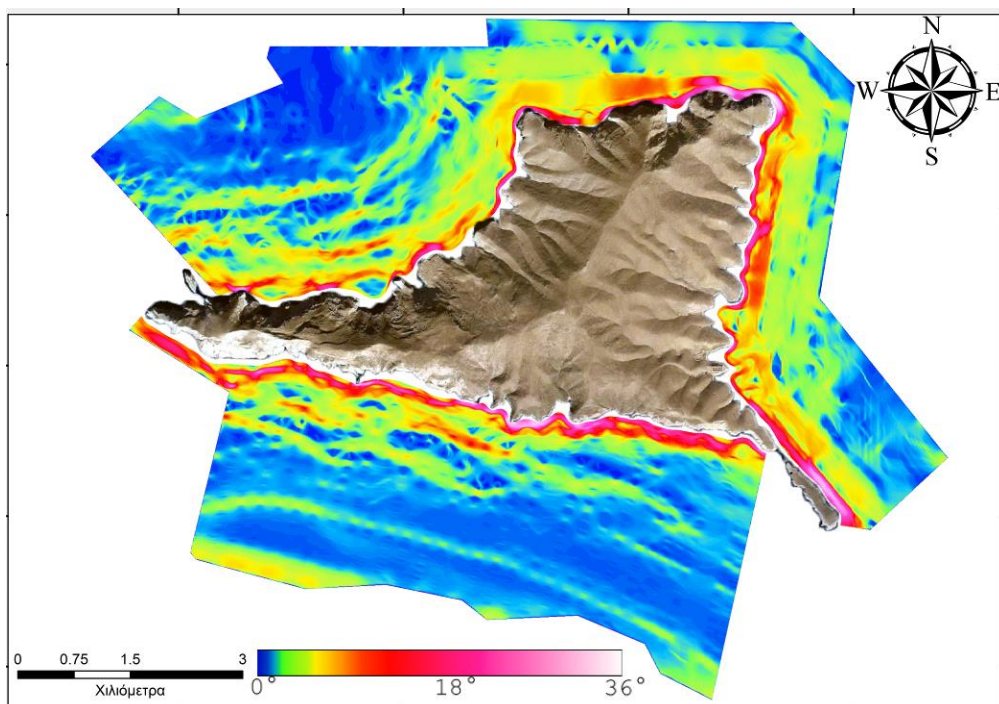
Για τη δημιουργία του χάρτη ισοπαχών, ψηφιοποιήθηκαν στο περιβάλλον SBInterpreter οι παρατηρούμενοι υποεπιφανειακοί ανακλαστήρες καθώς και του πυθμένα, ώστε να προσδιοριστεί το η κατακόρυφη απόστασή τους και κατ' επέκταση το πάχος τους. Είναι χαρακτηριστικό να αναφερθεί πως σε κάθε περίπτωση, εκτός του πεδίου χαλαρών ιζημάτων στα βαθύτερα όρια τις περιοχής μελέτης, παρατηρήθηκε μόνο ένας ανακλαστήρας ουσιαστικά στην διεπαφή του βραχώδους υποβάθρου με την ενότητα των ολοκαινικών ιζημάτων. Ως εκ τούτου, η εξαχθείσα πληροφορία αναφέρεται αποκλειστικά στο πάχος των ολοκαινικών ιζημάτων και κατ' επέκταση των ιζημάτων από την επιφάνεια του πυθμένα μέχρι και το σκληρό υπόβαθρο. Η σημειακή πληροφορία του πάχους ιζημάτων εισήχθη στο περιβάλλον του ArcGIS, όπου εφαρμόστηκε η γεωστατιστική μέθοδος χωρικής παρεμβολής Kriging για να προκύψει ο χάρτης της εικόνας 5.1.4.



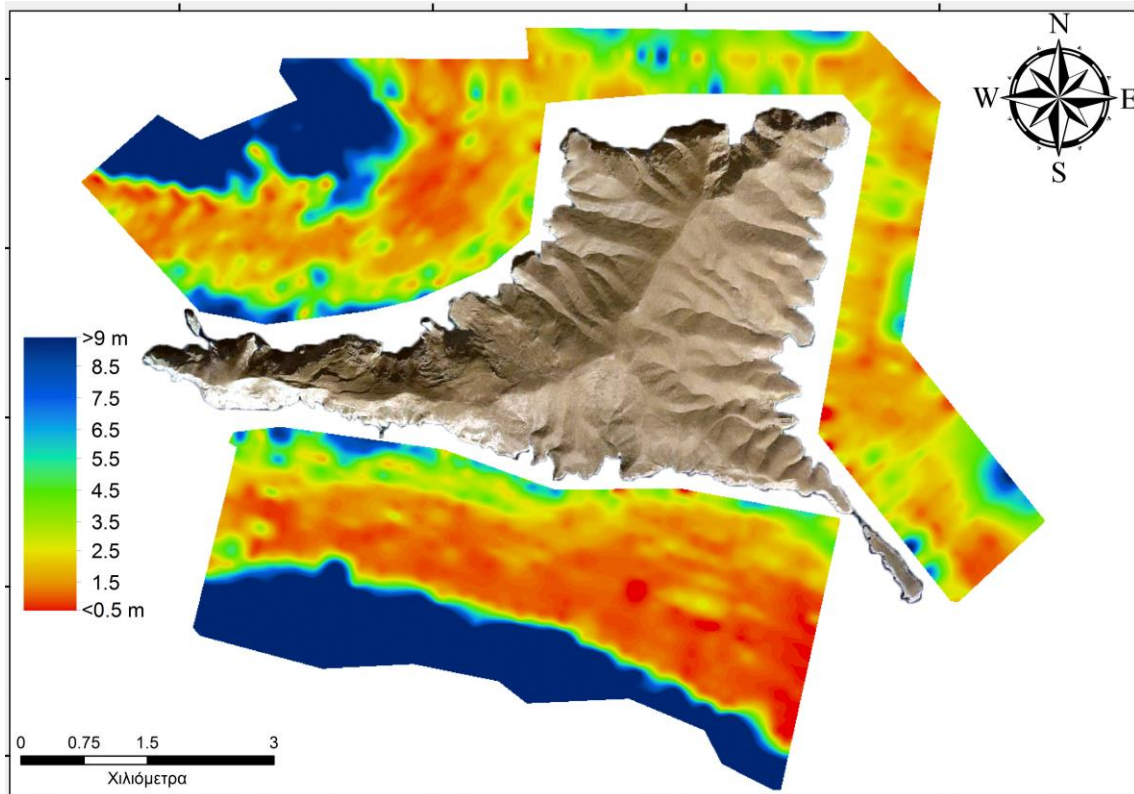
Εικόνα 5.1.1: Βυθομετρικός χάρτης υπό την μορφή ισοβαθών καμπυλών



Εικόνα 5.1.2: Βυθομετρικός χάρτης υπό την μορφή ψηφιακού αναγλύφου (DEM)



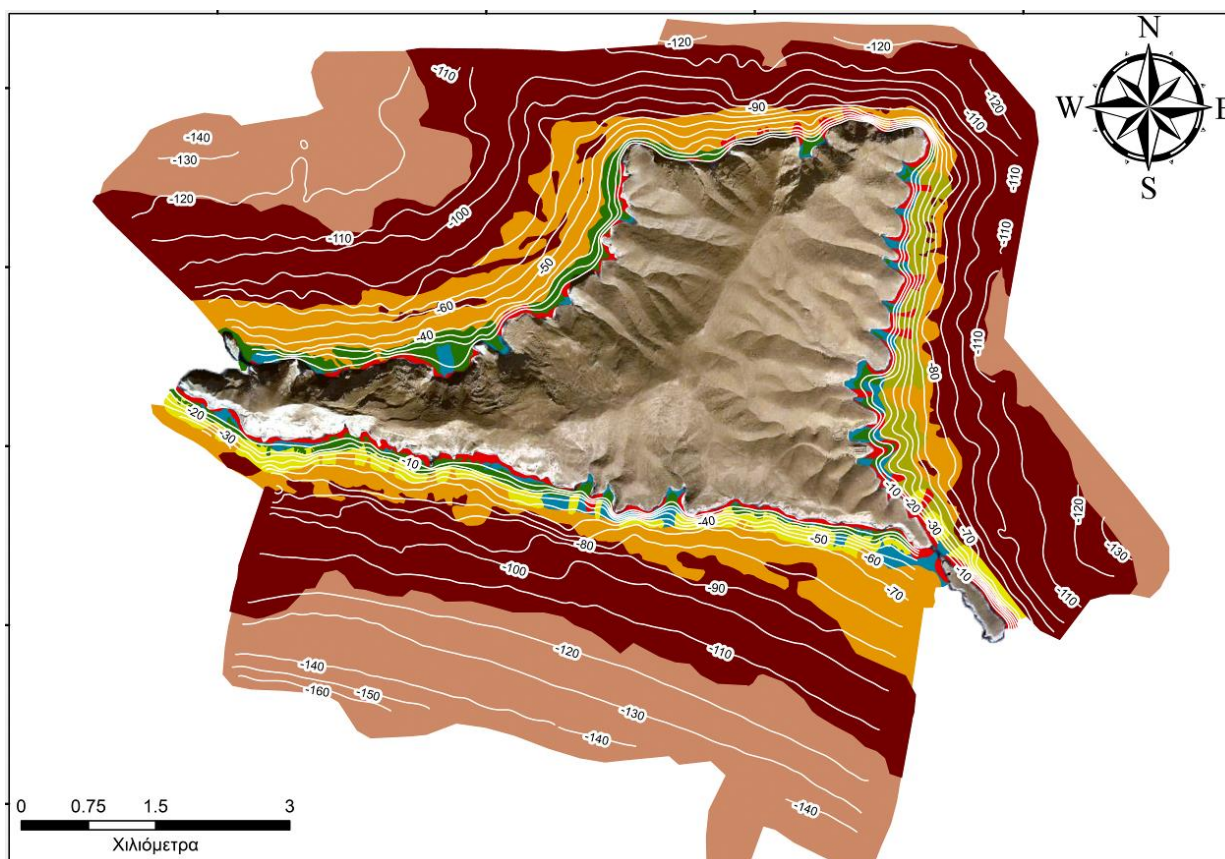
Εικόνα 5.1.3: Χάρτης κλίσεων του πυθμένα.



Εικόνα 5.1.4: Ο χάρτης πάχους ιζημάτων όπως προέκυψε από την ανάλυση των δεδομένων τομογράφου υποδομής πυθμένα τύπου Chirp.

## 5.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΥΠΩΝ ΠΥΘΜΕΝΑ

Ο προσδιορισμός των τύπων πυθμένα της περιοχής έρευνας έγινε συναρτήσει όλων των συλλεχθέντων πληροφοριών, με συνεκτίμηση τόσο των δεδομένων γεω-ακουστικής αποτύπωσης όσο και οπτικής /δειγματοληπτικής επισκόπησης του. Η συνδυαστική ανάλυση των δεδομένων έγινε σε περιβάλλον ArcGis, όπου και πραγματοποιήθηκε η δημιουργία του θεματικού χάρτη ταξινόμησης του ευρύτερου πυθμένα περιμετρικά της Γυάρου. Εντοπίστηκαν οκτώ τύποι πυθμένα, η γεωγραφική εξάπλωση και η % κάλυψη επί της συνολικής περιοχής έρευνας των οποίων παρουσιάζεται στις εικόνες 5.2.1 και 5.2.2 αντίστοιχα.



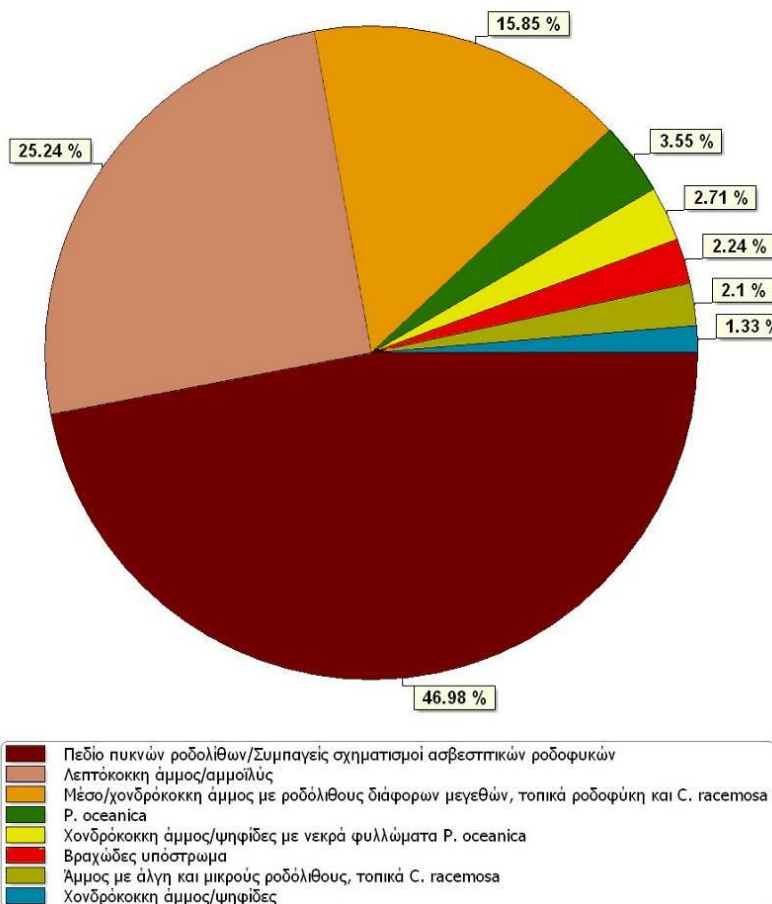
Τύποι πυθμένα

- 1 Βραχώδες υπόστρωμα
- 2 *P. oceanica*
- 3 Χονδρόκοκκη άμμος/ψηφίδες
- 4 Χονδρόκοκκη άμμος/ψηφίδες με νεκρά φυλλώματα *P. oceanica*
- 5 Άμμος με άλγη και μικρούς ροδόλιθους, τοπικά *C. racemosa*
- 6 Μέσο/χονδρόκοκκη άμμος με ροδόλιθους διάφορων μεγεθών, τοπικά ροδοφύκη και *C. racemosa*
- 7 Πεδίο πυκνών ροδόλιθων/Συμπαγείς σχηματισμοί ασβεσπιτικών ροδοφυκών
- 8 Λεπτόκοκκη άμμος/αμμοιλύς

Εικόνα 5.2.1.: Ο χάρτης τύπων πυθμένα που προέκυψε από την ανάλυση και τη συνεκτίμηση όλων των πληροφοριών που συλλέχθηκαν, με υπέρθεση των ισοβαθών.

Οι οκτώ τύποι πυθμένα παρουσιάζουν χαρακτηριστική ζωνώδη κατανομή περιφερειακά του νησιού. Ακολουθεί σύντομη περιγραφή για κάθε έναν τύπο πυθμένα με ταυτόχρονη παράθεση χαρακτηριστικών εικόνων τόσο από την γεωακουστική αποτύπωση όσο και από την επόπτευση του πυθμένα.

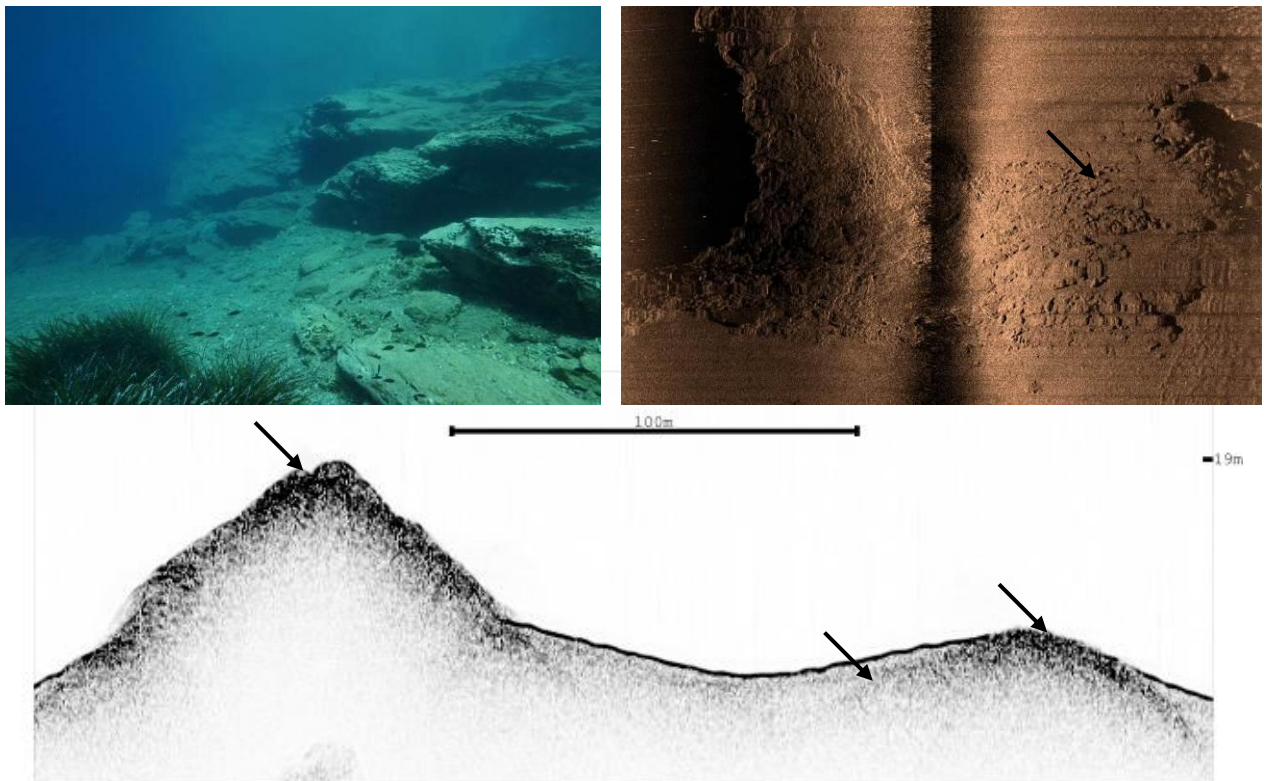
### Κατανομή τύπων πυθμένα



Εικόνα 5.2.2.:  
Η % κάλυψη επί της  
συνολικής  
ερευνηθείσας  
περιοχής των  
διαφορετικών τύπων  
πυθμένα που  
εντοπίστηκαν.

#### A. Βραχώδες υπόστρωμα

Αποτελεί το 2% της περιοχής έρευνας και εντοπίζεται κοντά στις ακτές από βάθη μεταξύ 0 και -50μ το μέγιστο. Χαρακτηρίζεται ως η προέκταση του χερσαίου βραχώδους ανάγλυφου στη θάλασσα, με κλίσεις μεγαλύτερες των 15° και ελλείπει άλλων μορφολογικών ή βιογενών στοιχείων. Η ηχοαναγνώριση αυτού του τύπου πυθμένα είναι ιδιαίτερα άμεση, όπως φαίνεται στην εικόνα 5.2.3., λόγω της έντονης σεισμοκονιασμένης επιφανειακής ανάκλασης που δίνει καθώς και την παρατήρηση της σταδιακής ανόδου του βραχώδους υποβάθρου μέχρι της έξαρσής του.

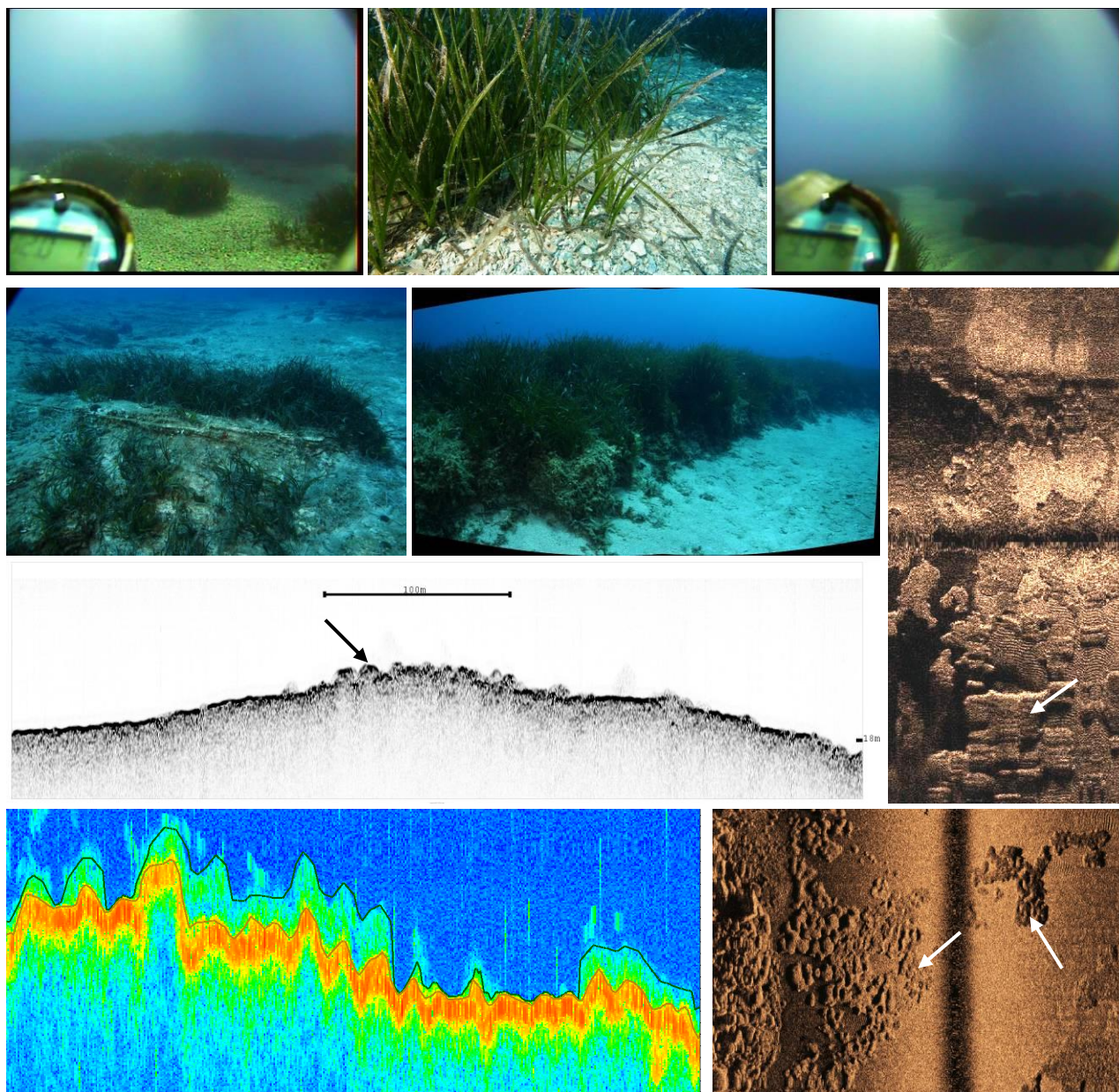


Εικόνα 5.2.3: Χαρακτηριστική υ/β εικόνα, ηχογραφία και τομογραφία για τον τύπο πυθμένα «βραχώδες υπόστρωμα»

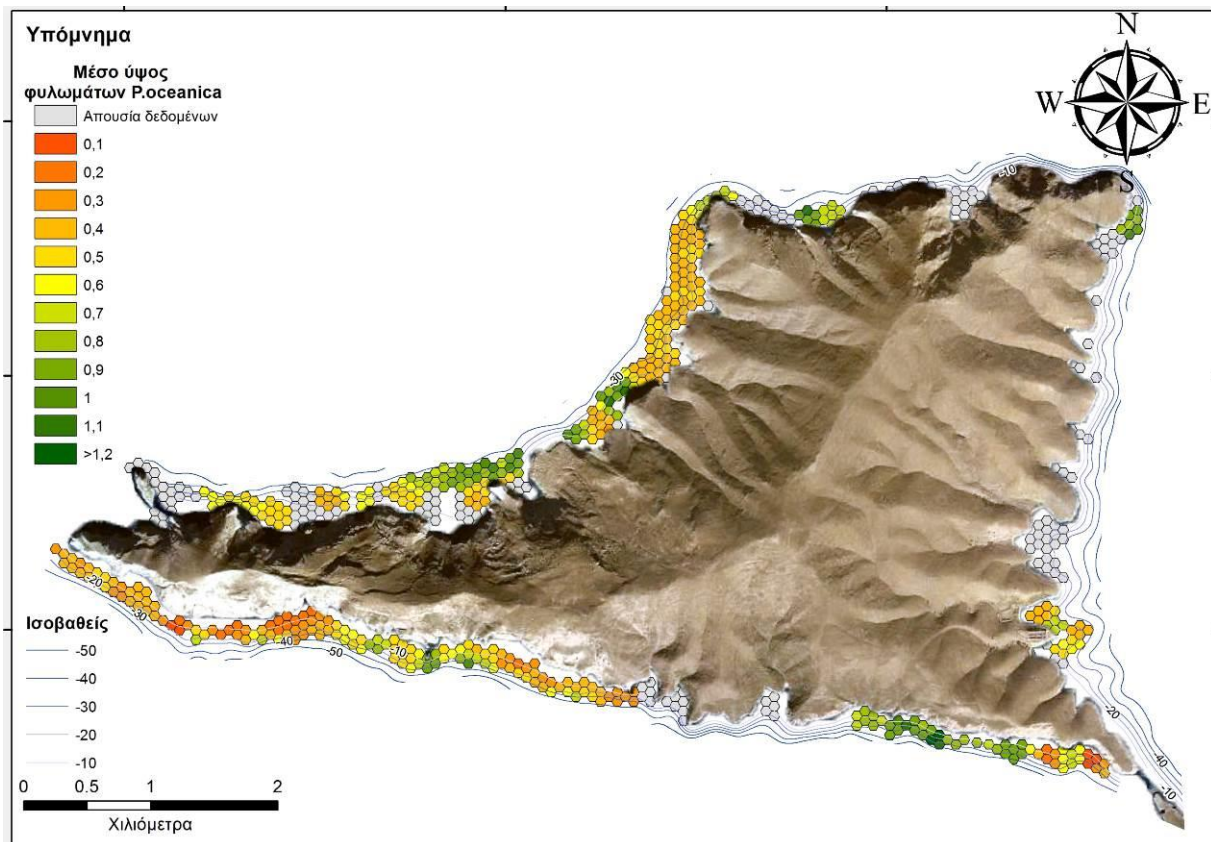
### ***B. P. oceanica***

Αποτελεί το 3.5% της περιοχής έρευνας και εντοπίζεται στις παράκτιες περιοχές μεταξύ 1 και 40μ, με μέσο βάθος τα 18μ. Πρόκειται για το ενδημικό μεσογειακό αγγειόσπερμο *Posidonia oceanica* (*P. oceanica*) το οποίο στην περιοχή μελέτης εμφανίζεται είτε με την μορφή λειμώνων (πυκνών ή με αμμώδη κενά), είτε μεμονωμένων συστάδων πάνω σε αμμώδες υπόστρωμα. Στα Ν της Γυάρου το υπόστρωμα της *P. oceanica* είναι κατά κανόνα της κοκκομετρικής κλάσης της ψηφίδας, στα Β-Δ και Β-Α της μέσο/χονδρόκοκκης άμμου ενώ συχνά παρατηρείται ασθενής ανάπτυξη της σε βραχώδες υπόστρωμα. Συχνά στα αμμώδη κενά παρατηρούνται εκτεταμένα πεδία αμμωδών ρυτιδώσεων. Ο ακουστικός τύπος της *P. oceanica* είναι χαρακτηριστικός τόσο στις καταγραφές του Ηχοβολιστή Πλευρικής Σάρωσης, όσο και του Τομογράφου Υποδομής Πυθμένα, όπου στον πρώτο εμφανίζεται με ετερογενή, στικτή υφή με έντονες ακουστικές σκιές

και στον δεύτερο με έντονα σεισμοκονιασμένη την πρώτη ακουστική επιστροφή (επίπεδο πυθμένα), ανώμαλο ανάγλυφο και παντελή σκίαση του ακουστικού υποβάθρου (εικ. 5.2.4).



Εικόνα 5.2.4: Χαρακτηριστικές υ/β εικόνες, ηχογραφία , τομογραφία και καταγραφή του μονοδεσμικού ηχοβολιστή χαρτογράφησης ενδαιτημάτων Biosonics για τον τύπο πυθμένα «*P.oceanica*».



Εικόνα 5.2.5: Το μέσο ύψος φυλλώματος την *P.oceanica* σε κάναβο εξαγωνικών περιοχών 75x75μ.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ανάλυση των δεδομένων του ηχοβολιστή ανάλυσης ενδιαιτημάτων Biosonics όσον αφορά στη χωρική κατανομή του ύψους φυλλώματος (canopy height) της *P.oceanica*. Στην εικόνα 5.2.5 παρουσιάζεται μια εκτίμηση του μέσου ύψους φυλλώματος της σε κάναβο εξαγωνικών περιοχών 75x75μ. Δεδομένου ότι το συγκεκριμένο ηχοβολιστικό σύστημα δεν παρέχει τη δυνατότητα διάκρισης της *P.oceanica* από διαφορετικούς τύπους φυτοκάλυψης ή και παχιών στρωμάτων νεκρών φυλλωμάτων, η εξαγωγή της πυκνής σημειακής πληροφορίας ύψους φυλλώματος από το Biosonics περιορίστηκε αποκλειστικά εντός των χαρτογραφημένων ως *P.oceanica* περιοχών από τον Ηχοβολιστή Πλευρικής Σάρωσης. Για την ευκολότερη ερμηνεία και παρουσίαση των δεδομένων εκτιμήθηκε η μέση τιμή του ύψους φυλλώματος ανά εξάγωνο διαστάσεων 75x75μ σε κάναβο που καλύπτει μόνο τις περιοχές με *P.oceanica*. Ο βαθμός αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων της μεθόδου αυτής είναι υπό

διερεύνηση καθώς είναι η πρώτη φορά (σε βιβλιογραφικό επίπεδο) που εφαρμόζεται στο είδος *P.oceanica* και μάλιστα σε ένα περιβάλλον με ακραίες κλίσεις πυθμένα και έντονες εναλλαγές ακουστικών τύπων, όπως είναι ο πυθμένας περιμετρικά της νήσου Γυάρου. Παρόλα αυτά οι γενικές τάσεις του ύψους της φυτοκάλυψης από *P.oceanica* φαίνεται να ικανοποιούν σημειακές μετρήσεις που έγιναν από τους δύτες της ερευνητικής ομάδας. Μια πρώτη ανάλυση φανερώνει πως το ύψος φυλλώματος της *P.oceanica* είναι σημαντικότερο στα ΒΔ του νησιού, όπου άλλωστε οι κλίσεις του πυθμένα είναι μικρότερες, ενώ στα ανατολικά δεν φαίνεται να ευνοείται ο σχηματισμός της, παρά τις ομαλές κλίσεις, σε αντίθεση με άλλα είδη ενδαιτημάτων, όπως η χαρακτηριστική πράσινη άλγη, πυκνά πεδία μικρών ροδόλιθων, κοραλλιογενών σχηματισμών και *C.racemosa*, που φαίνεται να ευδοκιμούν σε ασυνήθιστα μικρά βάθη.

#### Γ. Χονδρόκοκκη άμμος/ψηφίδες

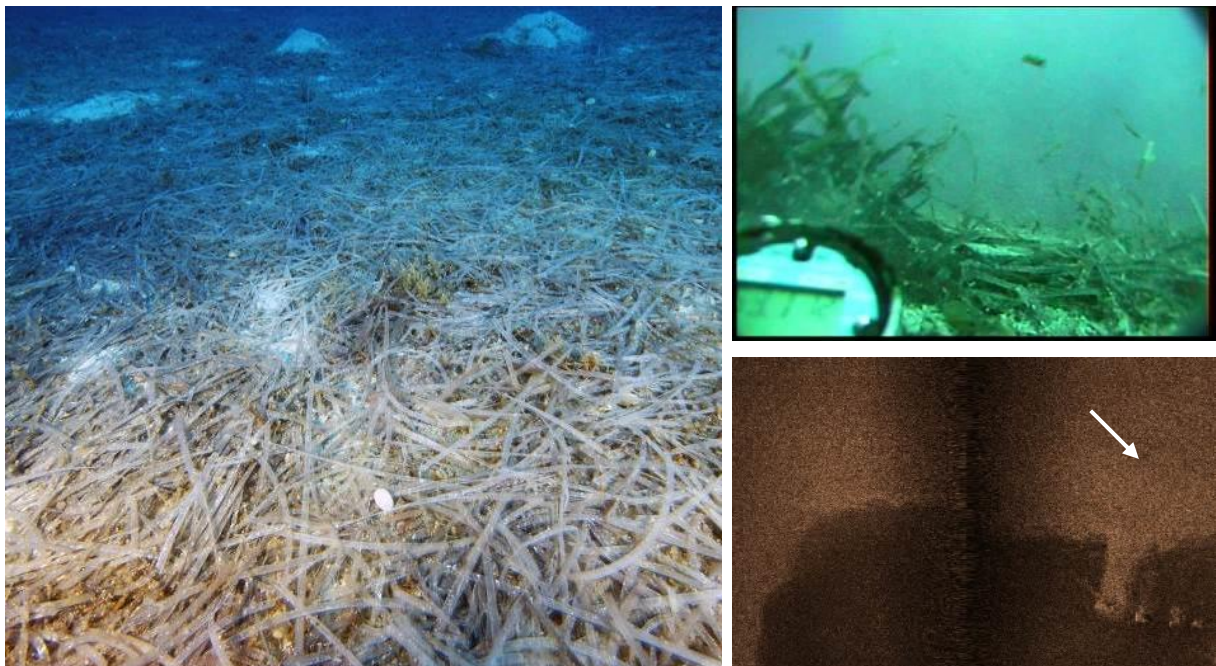
Παρατηρείται στο 1.3% της περιοχής έρευνας, σε βάθη μέχρι 62μ και μέσο βάθος τα 23μ. Πρόκειται για περιοχές πυθμένα που χαρακτηρίζονται από ομοιογενές υλικό, έλλειψη μορφολογικών και βιογενών στοιχείων, με κοκκομετρικό μέγεθος μεταξύ χονδρόκοκκης άμμου και ψηφίδας. Η υψηλότερη συμμετοχή της ψηφίδας εντοπίζεται κυρίως στις παράκτιες περιοχές Β. της Γυάρου. Η χαρτογράφηση των ορίων του τύπου αυτού έγινε μέσω ερμηνείας των εικόνων της συρόμενης κάμερας και παρέκταση των σημείων όπου εντοπίστηκε σε περιοχές παρόμοιου ακουστικού τύπου στα μωσαϊκά Ηχοβολιστή Πλευρικής Σάρωσης.



Εικόνα 5.2.6:  
Χαρακτηριστικές υ/β  
εικόνες για τον τύπο  
πυθμένα «Χονδρόκοκκη  
άμμος/ψηφίδες»

#### 4. Χονδρόκοκκη άμμος/ψηφίδες με νεκρά φυλλώματα *P. oceanica*

Πρόκειται στην πραγματικότητα για τον τύπο πυθμένα Γ (Χονδρόκοκκη άμμος/ψηφίδες) αλλά με εκτεταμένη επικάλυψη από νεκρά φυλλώματα *P. oceanica*. Προφανώς πρόκειται για εποχικό τύπο πυθμένα, που η εμφάνισή του εξαρτάται από την φυλλοβολία της *P. oceanica* και το εκάστοτε υδροδυναμικό καθεστώς. Αυτός ο τύπος πυθμένα εντοπίζεται στα Ν και ΝΑ της νήσου, σε περιοχές κατάντη εκτεταμένων λειμώνων *P. oceanica*. Καλύπτει το 2.7% της περιοχής έρευνας και εντοπίζεται σε βάθη μεταξύ 8 και 75μ, με μέσο βάθος τα 43μ. Το πάχος του υποκείμενου υποστρώματος εκτιμάται μεταξύ 0 και 10μ με μέση τιμή τα 2μ. Η χαρτογράφηση των ορίων του τύπου αυτού έγινε μέσω ερμηνείας των εικόνων της συρόμενης κάμερας και παρέκταση των σημείων όπου εντοπίστηκε σε περιοχές παρόμοιου ακουστικού τύπου στα μωσαϊκά Ηχοβολιστή Πλευρικής Σάρωσης.



Εικόνα 5.2.7: Χαρακτηριστικές υ/β εικόνες και ηχογραφία για τον τύπο πυθμένα «Χονδρόκοκκη άμμος/ψηφίδες με νεκρά φυλλώματα *P. oceanica*»

### **E. Άμμος με άλγη και μικρούς ροδόλιθους, τοπικά *C. racemosa***

Πρόκειται για τύπο πυθμένα που καλύπτει το 2.1% της περιοχής μελέτης, εντοπίζεται στα ΒΑ της Γυάρου και σε βάθη 13-73μ, με μέσο βάθος τα 46μ. Το πάχος του υποκείμενου υποστρώματος εκτιμάται μεταξύ 0 και 4 με μέση τιμή το 1μ. Χαρακτηρίζεται από υπόστρωμα μέσο/χονδρόκοκκης άμμου το οποίο είναι κατά τόπους καλυμμένο με μια χαρακτηριστική πράσινη άλγη, πυκνούς βλαστούς του ξενικού χλωροφύκου *Caulerpa racemosa* (*C.racemosa*) ή/και διάσπαρτους μικρούς ροδόλιθους ενασβεστωμένων (ασβεστιτικών) ροδοφυκών. Η χαρτογράφηση των ορίων του τύπου αυτού έγινε μέσω ερμηνείας των εικόνων της συρόμενης κάμερας και παρέκταση των σημείων όπου εντοπίστηκε σε περιοχές παρόμοιου ακουστικού τύπου στα μωσαϊκά Ηχοβολιστή Πλευρικής Σάρωσης.

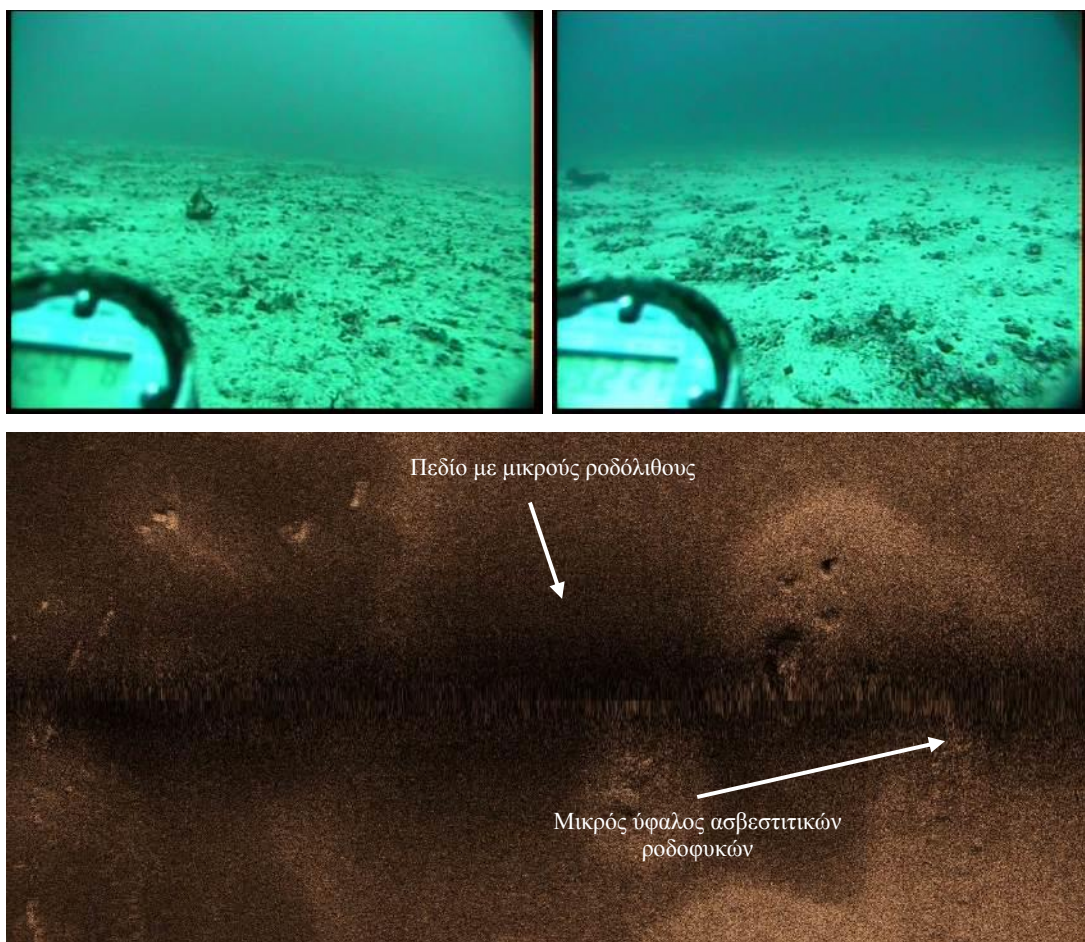


Εικόνα 5.2.8: Χαρακτηριστικές υ/β εικόνες για τον τύπο πυθμένα «Άμμος με άλγη και μικρούς ροδόλιθους, τοπικά *C. racemosa*»

### **ΣΤ. Μέσο/χονδρόκοκκη άμμος με ροδόλιθους διαφόρων μεγεθών, τοπικά ροδοφύκη και *C. racemosa***

Ο τύπος αυτός πυθμένα εντοπίζεται σε βάθη από -20 έως -95μ, με μέσο βάθος τα -65μ και είναι ο δεύτερος σε έκταση τύπος, καλύπτοντας το 15.8% της περιοχής έρευνας. Το μέσο πάχος του υποστρώματος είναι 2μ με μικρή διακύμανση μεταξύ 1,2 και 3,1. Αποτελείται από ένα υπόστρωμα μέσο/χονδρόκοκκης άμμου, στο οποίο σχηματίζονται διάσπαρτοι ροδόλιθοι ενασβεστωμένων ροδοφυκών ποικίλων μεγεθών. Στον τύπο αυτό πυθμένα συμπεριλήφθηκαν

και περιοχές όπου παρατηρείται εκτενής ανάπτυξη μη ενασβεστωμένων ροδοφυκών και στο σύνολο αποτελεί μια μεταβατική περιοχή από τους παράκτιους τύπους πυθμένα στην βαθύτερη ζώνη των συμπαγών σχηματισμών ασβεστιτικών ροδοφυκών (τραγάνα). Και σε αυτό τον τύπο πυθμένα κατέστη συχνά δυνατός ο οπτικός εντοπισμός εκτεταμένων πεδίων όπου συνυπάρχει το ξενικό χλωροφύκος *C.racemosa* σε σημαντικές πυκνότητες. Η χαρτογράφηση των ορίων του τύπου αυτού έγινε μέσω οπτικής ερμηνείας των εικόνων της συρόμενης κάμερας και δειγμάτων αρπάγης και παρέκταση των σημείων όπου εντοπίστηκε σε περιοχές παρόμοιου ακουστικού τύπου στα μωσαϊκά Ηχοβολιστή Πλευρικής Σάρωσης.



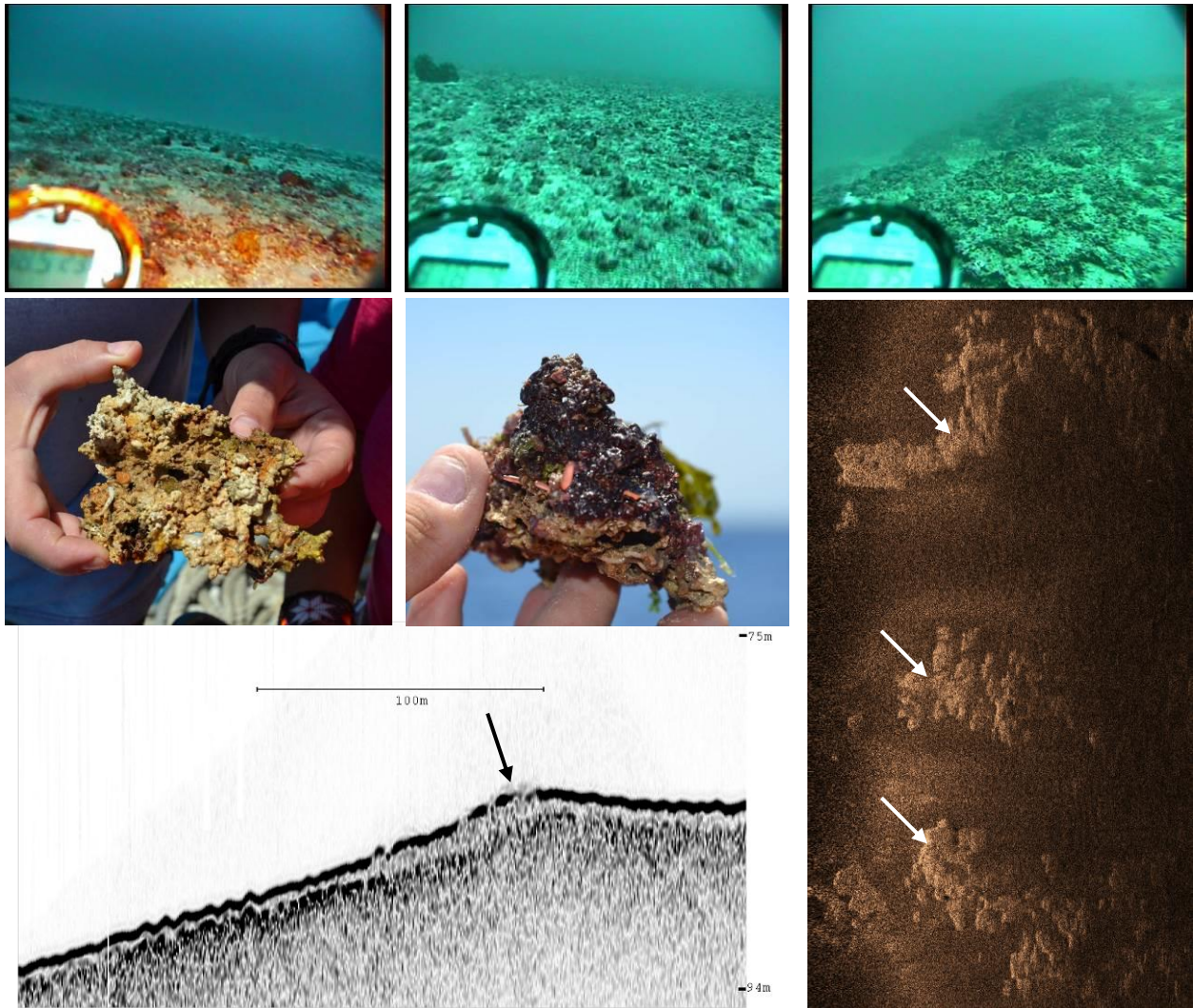
Εικόνα 5.2.9: Χαρακτηριστικές υ/β εικόνες και ηχογραφία για τον τύπο πυθμένα «Μέσο/χονδρόκοκκη άμμος με ροδόλιθους διάφορων μεγεθών, τοπικά ροδοφύκη και *C. racemosa*»

## **Z. Πεδίο πυκνών ροδόλιθων/Συμπαγείς σχηματισμοί ασβεστιτικών ροδοφυκών**

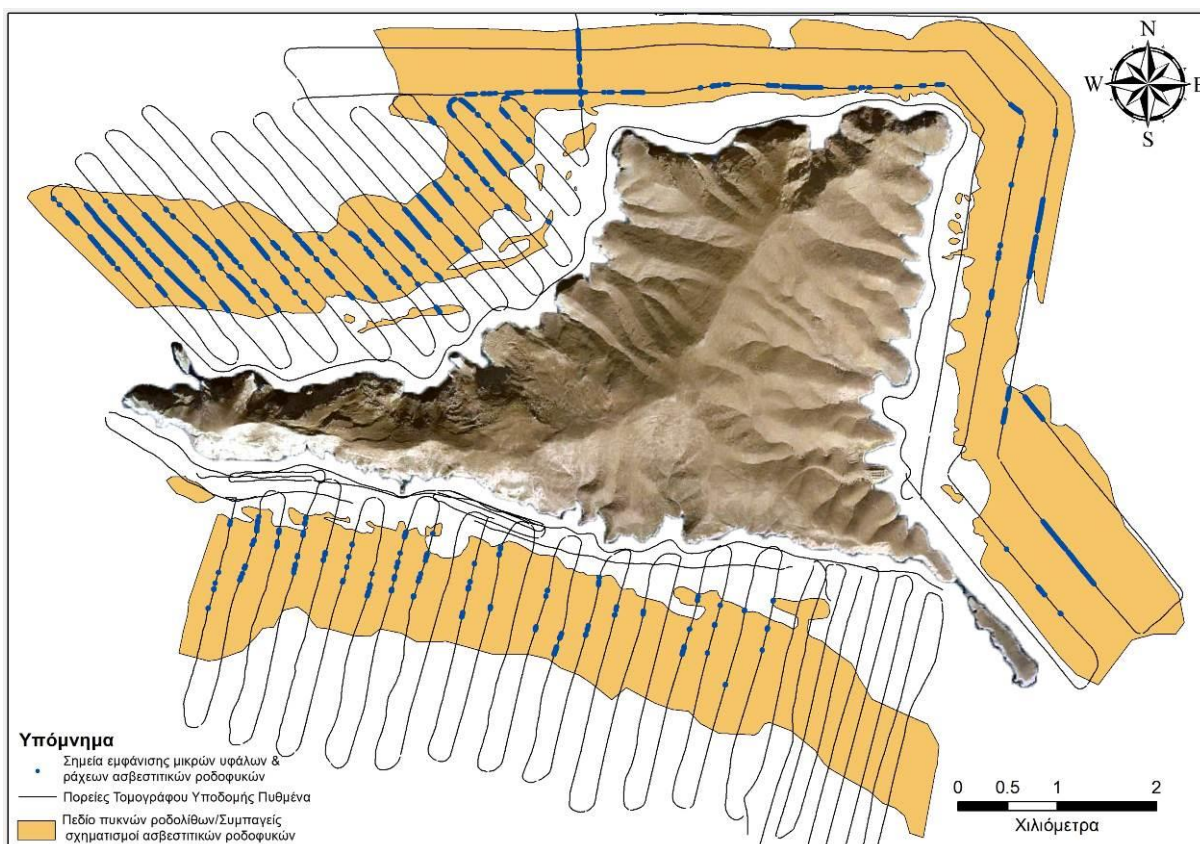
Πρόκειται για τον επικρατέστερο στην περιοχή έρευνας τύπο πυθμένα (47% της περιοχής έρευνας), η εμφάνιση του οποίου είναι σχεδόν καθολική από τα -80 έως τα -110μ (μέσο βάθος τα 100μ), ενώ στα ανατολικά παρατηρείται ακόμα και από τα -40μ ως και τα -130μ βάθος. Το μέσο πάχος των υποκείμενων ιζημάτων εκτιμάται στα 1,8μ με πολύ μικρή διακύμανση μεταξύ 1,3 και 2,7μ. Ο ακουστικός αυτός τύπος αναφέρεται σε κοραλλιογενείς σχηματισμούς είτε με την μορφή ευμεγεθών ροδόλιθων μεγάλης πυκνότητας πάνω σε αμμοίλουχο υπόστρωμα, είτε μικρών υφάλων και ράχων συμπαγών ασβεστιτικών ροδοφυκών (αντίστοιχων των *minute reef* όπως προτάθηκαν από τους Georgiadis et al., 2009). Οι τομογραφίες που συλλέχθηκαν στην ενότητα αυτή έδειξαν ότι το βραχώδες/ακουστικό υπόβαθρο βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια του πυθμένα (βλ. εικ.4.2.1.2. και 6.1.β), χωρίς όμως να αναδύεται, στοιχείο που δηλώνει ότι οι ύφαλοι/ράχες των ασβεστιτικών ροδοφυκών αναπτύσσονται πιθανώς σε μαλακό υπόστρωμα με απαραίτητη την παρουσία ρηχού υποβάθρου.

Η ηχοαναγνώριση των μικρών υφάλων και ράχων ασβεστιτικών ροδοφυκών έγινε με εμπειρικά κριτήρια, και συγκεκριμένα: α) την χαρακτηριστική ασθενή ακουστική οπισθοσκέδαση (backscatter) της επιφάνειας του πυθμένα σε σημεία όπου αναπτύσσονται μικροί ύφαλοι ή ράχες σε δεδομένα του τομογράφου υποδομής πυθμένα, ενδεικτική της χαοτικής δομής τους και β) την δαιδαλώδη αλλά γεωμετρικά καθορισμένη, έντονης ανακλαστικότητας εμφάνισή τους στον ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης, με χαρακτηριστική περιφερειακή άλω (εικ. 5.2.10.). Η ηχοαναγνώριση των πεδίων πυκνών ροδόλιθων ήταν πιο έμμεσος και στηρίχτηκε στην οπτική ερμηνεία των εικόνων της συρόμενης κάμερας και των δειγμάτων αρπάγης και την παρέκταση των σημείων όπου εντοπίστηκε σε γειτονικές περιοχές έντονης ανελαστικότητας. Επίσης σημαντικά κριτήρια αποτέλεσαν η ύπαρξη ρηχού υποβάθρου και η γειτνίαση με περιοχές όπου έχουν εντοπιστεί μικροί ύφαλοι και ράχες. Στην εικόνα 5.2.11 φαίνεται η χωρική εξάπλωση αυτών των σχηματισμών, με την μορφή σημείων που καταδεικνύουν τις περιοχές όπου παρατηρήθηκε στις καταγραφές του τομογράφου υποδομής πυθμένα η χαρακτηριστική ακουστική υπογραφή συμπαγών σχηματισμών ασβεστιτικών ροδοφυκών με την μορφή μικρών υφάλων και ράχων. Μια πρώτη ανάλυση των δεδομένων αυτών δείχνει πως η χωρική

πυκνότητα αυτών των σχηματισμών είναι σαφώς υψηλότερη στα Β-Δ της περιοχής μελέτης, γεγονός το οποίο υποδηλώνει την επικράτηση συνθηκών που ευνοούν την δημιουργία πιο ανεπτυγμένων κοραλλιογενών σχηματισμών.



Εικόνα 5.2.10: Χαρακτηριστικές υ/β εικόνες, ηχογραφία και τομογραφία για τον τύπο πυθμένα «Πεδίο πυκνών ροδόλιθων/Συμπαγείς σχηματισμοί ασβεστίτικων ροδοφυκών».



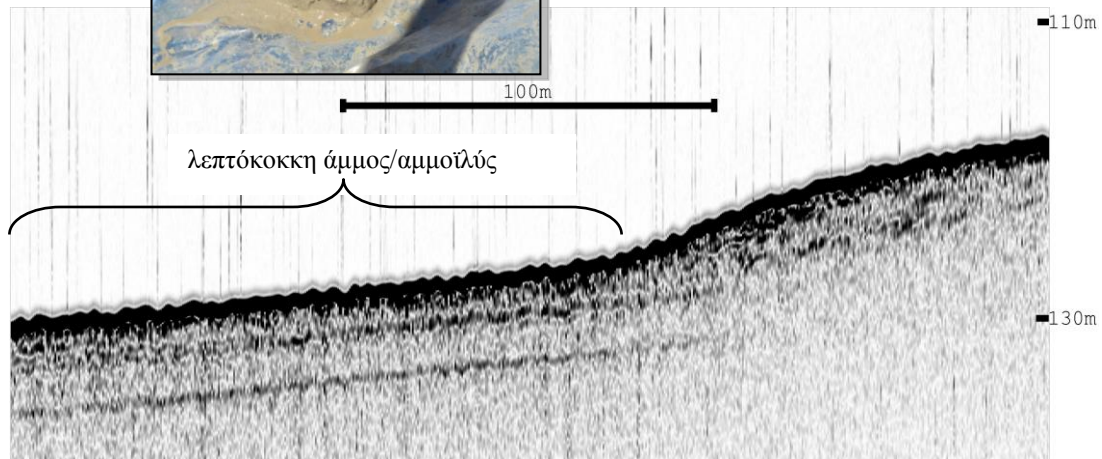
Εικόνα 5.2.11: Χάρτης όπου παρουσιάζονται τα σημεία που παρατηρήθηκε στις καταγραφές του τομογράφου υποδομής πυθμένα η χαρακτηριστική ακουστική υπογραφή συμπαγών σχηματισμών ασβεστιτικών ροδοφυκών με την μορφή μικρών υφάλων και ράχων.

## Η. Λεπτόκοκκη άμμος/αμμοϊλός

Πρόκειται για τον βαθύτερο τύπο πυθμένα που ακολουθεί αυτόν των συμπαγών ασβεστιτικών ροδοφυκών και αποτελείται από λεπτόκοκκη άμμο και αμμοϊλύ με παρουσία χερσογενών και βιογενών θραυσμάτων. Αποτελεί το 25% της περιοχής έρευνας και παρατηρείται βαθύτερα των 110μ. Σε αυτή την ενότητα, οι τομογραφίες έδειξαν ότι το πάχος του επιφανειακού στρώματος ιζήματος είναι σημαντικό (>5μ) (εικ. 5.2.12 και 6.1.β).



Εικόνα 5.2.12: Χαρακτηριστική τομογραφία και δείγμα ιζήματος για τον τύπο πυθμένα «Λεπτόκοκκη άμμος/αμμοϊλός».



## 6. ΑΝΤΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ

Από την γεωφυσική και οπτική διασκόπηση του πυθμένα περιμετρικά της νήσου Γυάρου διαπιστώθηκε η έντονη ποικιλομορφία του και η μεγάλη οικολογική του αξία. Συγκεκριμένα πάνω από 50% της χαρτογραφημένης περιοχής και με συνολική έκταση πάνω από 24 χμ<sup>2</sup>, καλύπτεται από τους προστατευόμενους οικοτόπους της *P.oceanica* και των πυκνών κοραλλιογενών σχηματισμών (τραγάνα). Μόνη ένδειξη υποβάθμισης του οικοσυστήματος του πυθμένα της Γυάρου αποτελεί η κατά τόπους ευδοκίμηση και εξάπλωση του ξενικού χλωροφύκου *Caulerpa racemosa*, το οποίο άλλωστε φαίνεται τις τελευταίες δεκαετίες να έχει εξαπλωθεί επικίνδυνα σε όλη την Μεσόγειο.

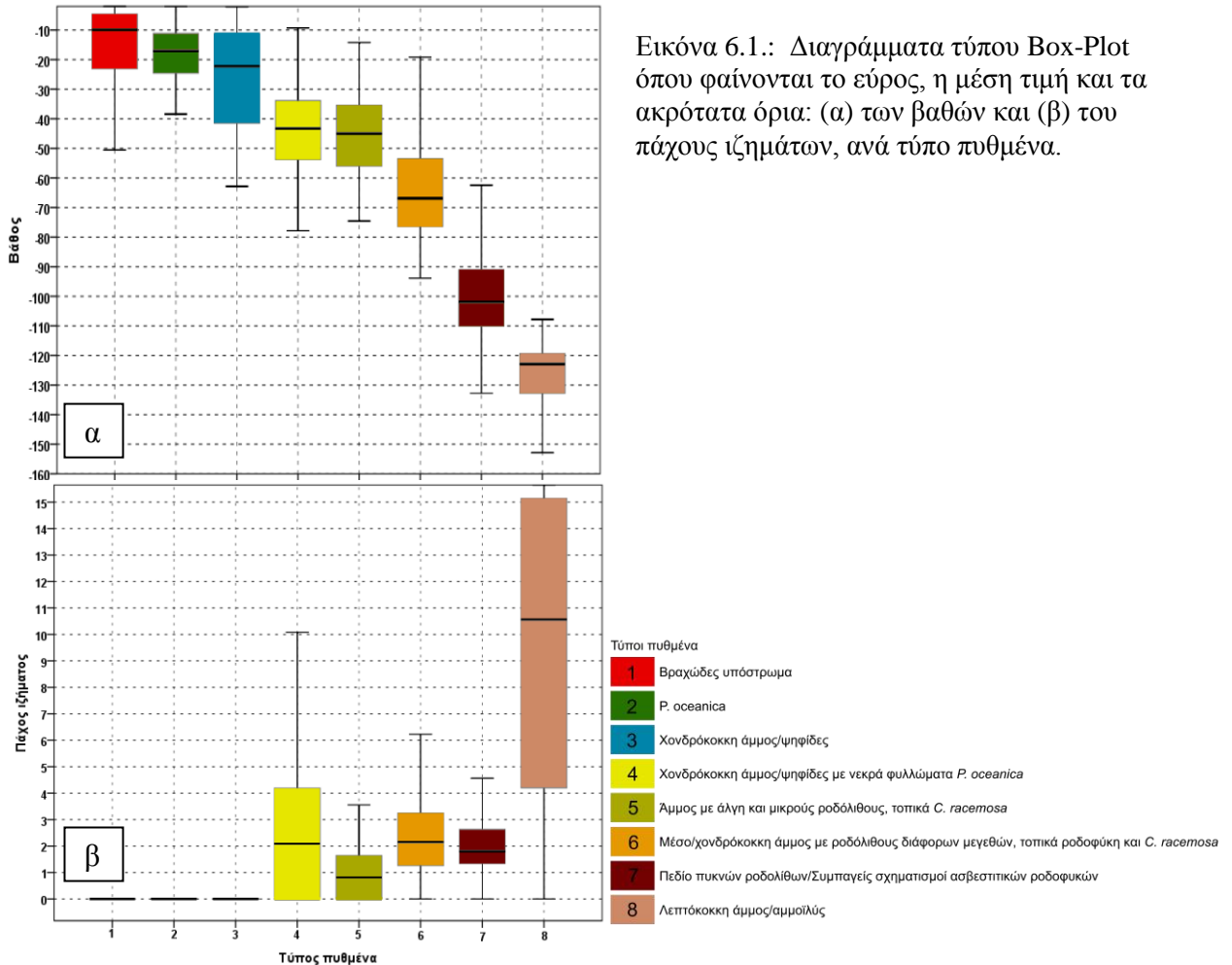
Στο θαλάσσιο χώρο της Μεσογείου, το φανερόγαμο *P. oceanica* δημιουργεί εξαιρετικά σημαντικούς θαλάσσιους βιότοπους, που καταλαμβάνουν το 23% (2,5-4,5 εκατ. εκτάρια) του πυθμένα σε βάθη μεταξύ 0-50 m (Pasqualini et al., 1998). Ο οικολογικός ρόλος των λιβαδιών *P. oceanica* είναι πολύ σημαντικός και αναφέρεται στους πιο κάτω άξονες: 1) Παράγουν υψηλά

επίπεδα οξυγόνου ανά τετραγωνικό μέτρο παράκτιου περιβάλλοντος, 2) Τα φύλλα της *P. oceanica* ανανεώνονται συνεχώς προσφέροντας τεράστιες ποσότητες οργανικής ύλης στο θαλάσσιο οικοσύστημα, 3) Τα ριζώματα της *P. oceanica* είναι πολυετή, συγκρατούν το ίζημα και προστατεύουν τον πυθμένα και τις ακτές από τη διάβρωση και 4) Τέλος, το σύνολο φύλλων και ριζωμάτων φιλοξενεί έναν πολύ μεγάλο αριθμό φυτικών και ζωικών ειδών, περίπου 300 είδη φυτών και 700 είδη ζώων. Τα ζωικά είδη βρίσκουν προστασία, τρέφονται και αναπαράγονται μέσα στο υποθαλάσσιο λιβάδι. 69 συνολικά παράκτιες περιοχές της Ελλάδας, στις οποίες εντοπίζονται λιβάδια Ποσειδωνίας συμπεριλαμβάνεται στο Δίκτυο προστατευόμενων περιοχών NATURA 2000 με κωδικό GR2210002. Ταυτόχρονα, τον Ιούνιο του 2007, με το Φ.Ε.Κ. 241 και την υπουργική απόφαση Αριθμ. 167378 έγινε ο ορισμός των θαλάσσιων περιοχών με λιβάδια Ποσειδωνίας, στις οποίες απαγορεύτηκε η αλιεία με συρόμενα εργαλεία. Η περιοχή της Γυάρου φαίνεται να πληροί όλες τις προϋποθέσεις για να συμπεριλαμβάνεται στο δίκτυο αυτό.

Οι κοραλλιογενείς σχηματισμοί αποτελούν πολύ σημαντικό αλιευτικό πεδίο στην Μεσόγειο. Παρόλα αυτά η δομή τους είναι ιδιαίτερα εύθραυστη και η επίδραση των αλιευτικών εργαλείων πάνω τους είναι καταστροφική. Ως αποτέλεσμα, η σχετικά πρόσφατη διάταξη 1967/2006 της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την διαχείριση των Μεσογειακών ιχθυοαποθεμάτων (European Commission, 2006) τους ανακήρυξε προστατευόμενο ενδιαίτημα. Στην Ελλάδα οι κοραλλιογενείς σχηματισμοί αποτελούσαν ανέκαθεν πολύ σημαντικά αλιευτικά πεδία και είναι γνωστοί ως «τραγάνες». Παρότι οι σχηματισμοί με την μεγαλύτερη έκταση και συνέχεια της Μεσογείου εντοπίζονται στο Αιγαίο πέλαγος, καμία συστηματική έρευνα δεν έχει δημοσιευτεί σχετικά με την μελέτη τους. Εξαιρετική αποτελεί η εργασία των Georgiadis et al (2009) όπου γεωακουστικά δεδομένα συλλεγμένα από παλαιότερη έρευνα του Ε.Θ.Α.Γ.Ε.Φ.Ω, χρησιμοποιούνται για την συστηματική ποιοτική καταγραφή και κατανόηση της μορφολογίας και διασποράς τους στις Κυκλάδες νήσους.

Αντί κατακλείδας, εκτός του ποσοστού κάλυψης της ευρύτερης θαλάσσιας περιοχής της Γυάρου από κάθε τύπο πυθμένα που αναγνωρίστηκε (εικ. 5.2.2), για την καλύτερη αξιολόγηση των μηχανισμών που καθορίζουν την εξάπλωση τους παρατίθεται η εικόνα 6.1.α και β, που δίνονται διαγράμματα συνθετικού τύπου Box-Plot όπου φαίνονται το εύρος, η μέση τιμή και τα

ακρότατα όρια των βαθών και του πάχους ιζημάτων, ανά τύπο πυθμένα.



Τα συνθετικά διαγράμματα Box-Plot δείχνουν ότι στην ευρύτερη περιοχή της Γυάρου:

- Η *P. oceanica* περιορίζεται μέχρι ένα βάθος περίπου 25μ. στοιχείο που οφείλεται πιθανώς στις μεγάλες και απότομες κλίσεις του πυθμένα.
- Οι τύποι πυθμένα «Άμμος με άλγη και μικρούς ροδόλιθους, τοπικά *C. Racemosa*» και «Μέσο/χονδρόκοκκη άμμος με ροδόλιθους διαφόρων μεγεθών, τοπικά ροδοφύκη και *C. Racemosa*» περιορίζονται μεταξύ των βαθών 35 και 75μ. ενώ φαίνεται να

αναπτύσσονται σε οριακό έως μικρό πάχος χαλαρών ιζημάτων (0-3μ.) πάνω από το σκληρό υπόβαθρο.

- Ο σημαντικότερος και πιο εκτεταμένος τύπος πυθμένα «Πεδίο πυκνών ροδόλιθων/ Συμπαγείς σχηματισμοί ασβεστιτικών ροδοφυκών» περιορίζεται μεταξύ των βαθών 90-110μ. και φαίνεται να αναπτύσσεται σε πολύ μικρό πάχος χαλαρών ιζημάτων (1,5-2,5μ.) πάνω από το σκληρό υπόβαθρο.

Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας επιχειρήθηκε η αποτύπωση του ύψους των φυλλωμάτων της *P.oceanica* με μονοδεσμικό ηχοβολιστή Binosonic και κατασκευάστηκε ένας χάρτης που παρουσιάζει μια εκτίμηση του μέσου ύψους φυλλώματος της σε κάναβο εξαγωνικών περιοχών 75x75μ. Πρέπει να τονισθεί ότι ο βαθμός αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων της μεθόδου αυτής είναι υπό διερεύνηση καθώς είναι η πρώτη φορά (σε βιβλιογραφικό επίπεδο) που εφαρμόζεται στο είδος *P.oceanica* και μάλιστα σε ένα περιβάλλον με ακραίες κλίσεις πυθμένα και έντονες εναλλαγές ακουστικών τύπων, όπως είναι ο πυθμένας περιμετρικά της νήσου Γυάρου. Οι γενικές τάσεις του ύψους της φυτοκάλυψης από *P.oceanica* φαίνεται να είναι συμβατές με τις σημειακές μετρήσεις που έγιναν από τους δύτες της ερευνητικής ομάδας. Η επιφανειακή κατανομή που προέκυψε δείχνει πως το ύψος φυλλώματος της *P.oceanica* είναι σημαντικότερο στα ΒΔ του νησιού, όπου άλλωστε οι κλίσεις του πυθμένα είναι μικρότερες, ενώ στα ανατολικά δεν φαίνεται να ευνοείται ο σχηματισμός της, παρά τις ομαλές κλίσεις, σε αντίθεση με άλλα είδη ενδιαιτημάτων, όπως η χαρακτηριστική πράσινη άλγη, πυκνά πεδία μικρών ροδόλιθων, κοραλλιογενών σχηματισμών και *C.racemosa*, που φαίνεται να ευδοκούν σε ασυνήθιστα μικρά βάθη.

Ο περιορισμός του τύπου πυθμένα «Πεδίο πυκνών ροδόλιθων/ Συμπαγείς σχηματισμοί ασβεστιτικών ροδοφυκών» μεταξύ των βαθών 90 και 110μ. είναι απολύτως συμβατός με τα αποτελέσματα των Georgiadis et al (2009) επιβεβαιώνοντας την κυρίαρχη τάση βυθομετρικής παρουσίας των ροδοφυκών στις Κυκλάδες. Οι καλά σχηματισμένες ράχες των ασβεστιτικών ροδοφυκών παρουσιάζουν αυξημένη χωρική πυκνότητα στα Β-Δ της Γυάρου, γεγονός το οποίο υποδηλώνει ότι στην περιοχή αυτή επικρατούν συνθήκες που ευνοούν τον σχηματισμό καλύτερα ανεπτυγμένων κοραλλιογενών σχηματισμών. Επιπλέον η παρουσία μικρών έως διαφόρων

μεγεθών ροδολίθων επιβεβαιώθηκε σε εύρος βαθών μεταξύ 35 και 75μ. στοιχείο το οποίο δεν είχε διαπιστωθεί από τους Georgiadis et al (2009) καθώς είχαν περιορίσει την έρευνά τους σε μεγαλύτερα βάθη.

## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ)

1. **Christia Chrysoula, Eva Papastergiadou, George Papatheodorou, Maria Geraga, Emmanouil Papadakis**, (2014). Seasonal and spatial variations of water quality, substrate and aquatic macrophytes based on side scan sonar, in an eastern Mediterranean lagoon (Kaiafas, Ionian Sea). Environmental Earth Science DOI 10.1007/s12665-013-2746-8.
2. **Damuth J.E.**, (1980). Use of high-frequency (3.5-12 kHz) echograms in the study of near- bottom sedimentation processes in the deep-sea: a review. *Marine Geology*, Volume 38, 1-3, p 51-75.
3. **Fakiris E., Chalari A., Papatheodorou G.** (2007): A convenient MATLAB graphical user interface for the analysis of analog sub-bottom profiles. In Proceedings of the 2nd International Conference & Exhibition on "Underwater Acoustic Measurements: Technologies & Results" Papadakis and Bjorno (eds), vol. I, p.p 239-246.
4. **Fakiris E., Papatheodorou G., Geraga M., Patsourakis M., Ferentinos G. Kiparisis S., Kapareliotis A., Ramfos A., Trifonopoulos G.** (2008) «Mapping of *Posidonia Oceanica* in the Laganas and Alikes bays (Zakinthos Island, Greece), using a combination of geoacoustical imaging and biological sampling techniques» «Κατασκευή βιοκοινωνικών χαρτών στους κόλπους Λαγανά και Αλυκών (Ν. Ζακύνθου) με συνδυαστική εφαρμογή ακουστικής μεθόδου και βιολογικών δειγματοληψιών» GoW – Water Governance (Final Report) Implementation of means aimed at improving the water governance and the coastal ecosystem protection, p. 57-69.
5. **Fakiris E., Papatheodorou G.** (2007): Calibration of textural analysis parameters towards valid classification of sidescan sonar imagery. In Proceedings of the 2nd International Conference & Exhibition on "Underwater Acoustic Measurements: Technologies & Results" Papadakis and Bjorno (eds), vol. III, p.p 1253-1264.
6. **Fakiris, E., Papatheodorou G.**, (2009) Sonar Class: A MATLAB toolboxes for the classification of side scan sonar imagery, using local textural and reverberational characteristics. In Proceedings of 3rd International Conference on Underwater acoustic measurements: Technologies & results (eds. Papadakis and Bjorno) Nafplion Greece,

- 21st-26th June 2009, vol. III, p. 1445-1450.
7. **Fakiris Elias and George Papatheodorou** (2011). TargAn: A Matlab toolbox for the parameterization of Side-Scan Sonar image targets, using regional gray-level statistics and shape descriptives. Proceedings of the 10th European Conference on Underwater Acoustics (ed. Tuncay Akal), Istanbul, Turkey July 5-9, 2010, vol. 3, pp. 1279-1287.
  8. **Fakiris Elias and George Papatheodorou** (2011). AUTOMATIC TARGET DETECTION IN SIDE-SCAN SONAR IMAGERY, USING FEATURE BASED ACOUSTIC CLASSIFICATION AND INDEPENDENT COMPONENT ANALYSIS. Proceedings of 4th International Conference and Exhibition on "Underwater Acoustic Measurements: Technologies & Results", pp. 261-269.
  9. **Fakiris E., G. Papatheodorou** (2012). Quantification of regions of interest in swath sonar backscatter images using grey-level and shape geometry descriptives - The TargAn software. Marine Geophysical Research 33 (2), pp. 169-183.
  10. **Fakiris, E., E. Tzanatos, G. Papatheodorou, C. Koutsikopoulos and G. Ferentinos** (2014). AN ASSESSMENT OF HABITAT CONNECTIVITY AMONG CORALLIGENOUS AGGREGATIONS. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 40, 516.
  11. **Fakiris Elias, Zoura Despina, Ferentinos George, Papatheodorou George** (2014). TOWARDS JOINT USE OF SIDE SCAN SONAR AND SUBBOTTOM PROFILER DATA FOR THE AUTOMATIC QUANTIFICATION OF MARINE HABITATS. CASE STUDY: LOURDAS GULF, KEFALONIA ISL, GREECE. Proceedings of 2nd International conference and exhibition on Underwater Acoustic (UA2014), Rhodes 22-27 June, 2014 pp. 497-504.
  12. **Georgiadis, M., G., Papatheodorou, E., Tzanatos, M., Geraga, A., Ramfos, C., Koutsikopoulos, G., Ferentinos** (2009): Coralligène formations in the eastern Mediterranean Sea: Morphology, distribution, mapping and relation to fisheries in the southern Aegean Sea (Greece) based on high-resolution acoustics. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 368, 44-58.
  13. **Kiparissis Sotiris, Elias Fakiris, George Papatheodorou, Maria Geraga, Michael Kornaros, Apostolos Kapareliotis and George Ferentinos** (2011). Illegal trawling and induced invasive algal spread as collaborative factors in a *Posidonia oceanica* meadow degradation. Biological Invasions DOI 10.1007/s10530-010-9858-9.
  14. **Papatheodorou G., Avramidis P., Fakiris E., Christodoulou D. and N. Kontopoulos** (2012). Bed diversity in the shallow water environment of Pappas lagoon in Greece. International Journal of Sedimentary Research, vol. 27, no 1, pp. 1-17.
  15. **Pasqualini V., Pergent-Martini C., Clabaut P., Pergent G.** (1998). Mapping of *Posidonia oceanica* using aerial photographs and side-scan sonar: application of the

island of Corsica (France). Estuar Coast Shelf Sci, 47:359–367.

16. **Γεωργιάδης Μ., Παπαθεοδώρου Γ., Κατσέλης Γ., Τζανάτος Ε., Ράμφος, Δ. Βαβούλης και Κ. Κουτσικόπουλος** (2001): "Μορφολογικά χαρακτηριστικά και κατανομή αλιευτικών πεδίων τραγάνας (ροδοφύκη) στη θαλάσσια περιοχή των Κυκλάδων". Πρακτικά 10ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ιχθυολόγων "Διαχείριση και Αειφορική ανάπτυξη υδατινών και παραυδατινών περιοχών", Χανιά, 18-20 Οκτωβρίου 2001, σελ. 333-336.
17. **Δημητρίου Δ., Περγλίδης Ν., Γεραγά Μ., Παπαθεοδώρου Γ., Φερεντίνος Γ., Ξένος Κ.** (2006) Εφαρμογή μεθόδων θαλάσσιας τηλεπισκόπησης στη διαχείριση πεδίων *Posidonia Oceanica* στο στενό Κεφαλληνίας-Ζακύνθου. 8ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας, Θεσσαλονίκη 4-8 Ιουνίου 2006 (in CD-format). Παπαθεοδώρου Γ. (1997): "Εφαρμογές των ωκεανογραφικών μεθόδων έρευνας του πυθμένα στην Αλιεία". Πρακτ. 5ου Πανελ. Συμπ. Ωκεανογρ. & Αλιείας, σελ. 37-40.
18. **Παπαδάκης Ε., Φακίρης Η. Χρηστιά Χ. Παπαστεργιάδου Ε., Παπαθεοδώρου Γ.** (2007) Αποτύπωση της μακροφυτικής βλάστησης και του πυθμένα της λιμνοθάλασσας Καϊάφα (Ν. Ηλείας) με χρήση ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης. Πρακτικά 13ο Πανελληνίου Συνεδρίου Ιχθυολόγων, 27-30 Σεπτεμβρίου 2007, Μυτιλήνη σελ. 487-490.
19. **Πατσουράκης Μ., Φακίρης Η., Παπαθεοδώρου Γ.** (2007): Μέθοδος εντοπισμού και ποσοτικής εκτίμησης των αλιευτικών ιχνών στον πυθμένα: Εφαρμογή στον Πατραϊκό κόλπο. Πρακτικά 13ο Πανελληνίου Συνεδρίου Ιχθυολόγων, 27-30 Σεπτεμβρίου 2007, Μυτιλήνη σελ. 455-458.
20. **Φακίρης Η., Παπαθεοδώρου Γ., Γεραγά Μ., Πατσουράκης Μ., Φερεντίνος Γ. Κυπαρίσσης Σ., Καπαρελιώτης Α, Ράμφος Α, Τρυφονόπουλος Γ., Κορνάρος Μ., Ραλλάτος Δ.** (2009) Ακουστική χαρτογράφηση λειμώνων *Posidonia Oceanica* με χρήση του λογισμικού αυτόματης ταξινόμησης εικόνας TextureAn: Εφαρμογή στους κόλπους Λαγανά και Αλυκών (Ν. Ζακύνθου) Πρακτικά 9ου Συμποσίου Ωκεανογραφίας & Αλιείας, 13-16 Μαΐου Πάτρα, σελ. 128-133.