

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ
Δ.Π.Μ.Σ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ



ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑΣ ΤΗΣ ΒΕΝΘΙΚΗΣ
ΜΑΚΡΟΠΑΝΙΔΑΣ ΣΤΗΝ ΠΙΘΑΝΗ ΕΞΟΡΥΞΗ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΩΝ
ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟΝ ΟΡΜΟ ΑΦΑΝΤΟΥ (ΡΟΔΟΣ)



ΑΡΑΜΠΑΝΟΥ ΜΑΡΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ:

ΔΡΟΣΟΣ ΚΟΥΤΣΟΥΜΠΑΣ

ΘΩΜΑΣ ΧΑΣΙΩΤΗΣ

ΜΥΤΙΛΗΝΗ 2014

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1 Γενικά εισαγωγικά στοιχεία	5
1.2 Οδηγίες για τη διεξαγωγή βενθικών μελετών	7
1.3 Σημασία αξιολόγησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων	9
1.4 Σκοπός μελέτης	11
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	12
2.1 Περιοχή μελέτης	12
2.2 Αποτύπωση μορφολογίας- Ιζηματολογία	13
2.3 Εργασίες πεδίου	14
2.4 Επεξεργασία βιολογικών δειγμάτων - Εργαστηριακές αναλύσεις.....	16
2.5 Στατιστική επεξεργασία δεδομένων	16
2.6 Αφθονία ειδών και δείκτες ποικιλότητας.....	17
2.7 Ιεραρχική ομαδοποίηση (Cluster Analysis) και πολυδιάστατη χωρική κατανομή (NMDS).....	18
2.8 Μη παραμετρική στατιστική (Kruskal- Wallis H Test)	18
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	19
3.1 Αβιοτικά αποτελέσματα σταθμών	19
3.2 Κατανομή αφθονίας, αριθμός ειδών και σύνθεση βενθικής μακροπανίδας.....	21
3.3 Δείκτες ποικιλότητας.....	31
3.4 Μέθοδοι ιεραρχικής ομαδοποίησης (Cluster Analysis) και πολυδιάστατης χωρικής κατανομής (NMDS)	34
3.5 Μη παραμετρική στατιστική (Kruskal- Wallis H Test)	35
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	38
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	41
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	42

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Καταρχήν θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή κύριο Δρόσο Κουτσούμπα για την πολύτιμη βοήθειά του κατά την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Ευχαριστώ θερμά τον επίσης επιβλέποντα Επίκουρο Καθηγητή κύριο Θωμά Χασιώτη για την συνεχή βοήθεια και συμπαράσταση που μου προσέφερε για την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον Διδάκτορα Θανάση Ευαγγελόπουλο για την παροχή χρησιμών πληροφοριών και για τον προσωπικό του χρόνο που μου διέθεσε όλο αυτό το διάστημα.

Φυσικά ευχαριστώ θερμά την οικογένειά μου για την αμέριστη ηθική και οικονομική συμπαράσταση που μου προσέφερε κατά την διάρκεια των σπουδών μου. Χωρίς την βοήθειά τους αυτό θα ήταν εξαιρετικά δύσκολο, αν όχι αδύνατο.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Υποψήφιο Διδάκτορα Νικόλαο Κατσιάρα για την εκπαίδευση που μου παρείχε στην ταξινόμηση των πολύχαιτων.

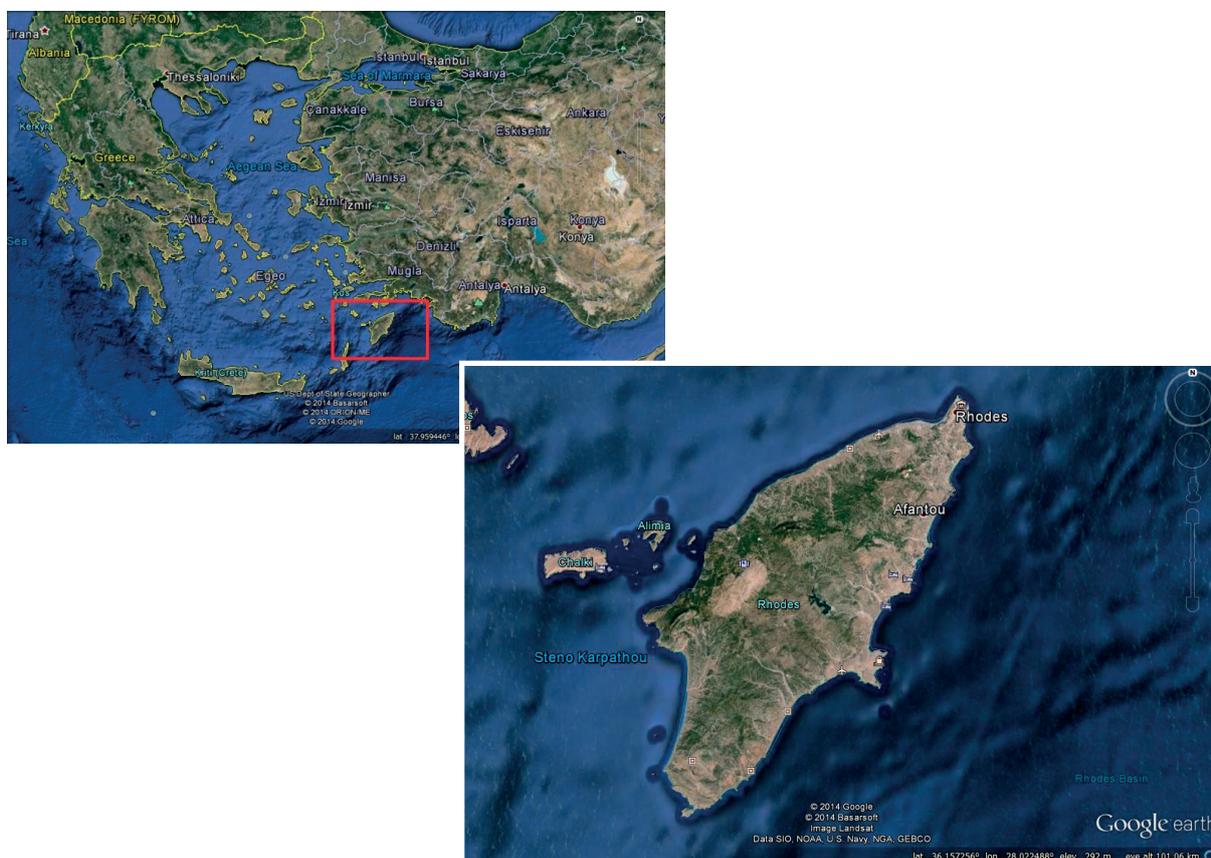
Τέλος δε θα ήθελα να παραλείψω να ευχαριστήσω τους συνεργάτες και φίλους μου Στέλιο, Γιάννη, Φώτη, Δήμητρα-Ηλιάνα και Έλλη για την ψυχολογική και πρακτική υποστήριξη που μου παρείχαν κατά την διάρκεια της παραμονής μου στην Μυτιλήνη.

Η συλλογή των δεδομένων χρηματοδοτήθηκε από το πρόγραμμα ΘΑΛΗΣ-MARE που χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από Εθνικούς πόρους μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος "Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση" (ΕΣΠΑ 2007-2013).

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά εισαγωγικά στοιχεία

Το νησί της Ρόδου (Ελλάδα) βρίσκεται στο νοτιοανατολικό Αιγαίο στο νομό των Δωδεκανήσων. Με έκταση περίπου 1400 τετραγωνικά χιλιόμετρα ανήκει στα μεσαίου μεγέθους νησιά του ελληνικού χώρου. Απέχει 11 ναυτικά μίλια από τις απέναντι μικρασιατικές ακτές. Το έδαφός της είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος ορεινό ή ημιορεινό –ξεχωρίζει με τα 1215 μέτρα του όγκος του Αταβυρίου (Αταβύρου) στο μέσο της δυτικής πλευράς του νησιού- υπάρχουν όμως και εύφορες πεδιάδες και κοιλάδες τόσο στην δυτική όσο και στην ανατολική της πλευρά. Η έκτασή της καλύπτεται ακόμη και σήμερα κατά σημαντικό μέρος από δάση, ενώ η ευφορία του εδάφους και η σχετική επάρκεια σε νερό ευνόησαν την ανάπτυξη της γεωργίας. Η ακτογραμμή παρουσιάζει ποικιλία: ήπια ακρογιάλια και βραχώδεις προεξοχές και ακρωτήρια. Το νησί διαθέτει ήπιο κλίμα και πλούσια βλάστηση που οφείλονται στα υψηλά ποσοστά ηλιοφάνειας και υγρασίας. Η πανίδα του νησιού ποικίλει αντίστοιχα.



Εικόνα 1.1. Περιοχή μελέτης, νήσος Ρόδος.

Η θαλάσσια περιοχή γύρω από τη νήσο Ρόδο παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για ωκεανογραφικές μελέτες αφού η στρατηγική της θέση δέχεται επίδραση τόσο από φυσικούς όσο και από ανθρωπογενείς παράγοντες (Bisacchi, 1928-29). Η Ρόδος βρίσκεται σε μία θέση όπου επηρεάζεται από εν δυνάμει παράγοντες διαμόρφωσης της δομής των θαλάσσιων οικοσυστημάτων της όπως τα υδρολογικά της χαρακτηριστικά και οι άμεσες ή έμμεσες ανθρωπογενείς επιδράσεις (Λουιζίδου 2012).

Οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις είναι έντονες στην παράκτια περιοχή του νησιού κυρίως λόγω του τουρισμού και της οικιστικής επέκτασης του Δήμου Ρόδου. Σε ολόκληρο το βορειοανατολικό τμήμα της Ρόδου υπάρχει έντονη τουριστική κίνηση και οικιστική ανάπτυξη κοντά στις ακτές καθώς και στην περιοχή Βόδι λειτουργεί σταθμός βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων (Λουιζίδου 2012).

Σύμφωνα με Antonietta M., Pancucci- Papadopoulou et al. (1999), η Ρόδος μπορεί να χαρακτηριστεί ότι αποτελεί περιοχή υποτροπικού με υψηλής ενέργειας υδρολογικού καθεστώτος. Παρατηρείται μεγάλη ποικιλομορφία βενθικής μακροπανίδας που πιθανόν σχετίζεται με το είδος και την κατανομή του ιζήματος ακόμα και στα βαθύτερα τμήματα. Η ταξινόμηση του ιζήματος, το βάθος και οι υδρολογικές συνθήκες φαίνεται να παίζουν ένα ρόλο συνέργιας στη διάκριση των βενθικών συνόλων.

Η θαλάσσια περιοχή της Ρόδου έχει χαρακτηριστεί ως ειδικού ενδιαφέροντος από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα (Bisacchi, 1928-29; Tortonese, 1947) λόγω του ιδιαίτερου περιβάλλοντός της: αποτελεί σύνορο του Αιγαίου και της θάλασσας της Λεβαντίνης και την χαρακτηρίζουν ιδιαίτερα υδρολογικά φαινόμενα (Onchinon, 1976; Onchinon and Plakhin, 1984; Robinson et al., 1991; Sur et al., 1993).

Η τοπογραφία της περιοχής (σχεδόν παντελής απουσία υφαλοκρηπίδας, και απότομη αύξηση του βάθους) σε συνδυασμό με ακραίες καιρικές συνθήκες και δυνατά δυτικά ρεύματα (Theocharis et al., 1993), δίνουν στην παράκτια περιοχή του νησιού τον χαρακτηρισμό υποτροπική θαλάσσια περιοχή (Antonietta M., Pancucci- Papadopoulou et al., 1999).

Η επιφανειακή μέση θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 17,6 C (Φεβρουάριος) και 26,4 C (Αύγουστος) ενώ κάτω από το θερμοκλινές οι τιμές της θερμοκρασίας δεν πέφτουν κάτω των 14,7 C (NCMR, 1988). Επιπλέον στις βόρειες ακτές του νησιού κατά τη διάρκεια του χειμώνα κάθετες κινήσεις του αέρα δημιουργούν έντονη ανάμειξη που μπορεί να φτάνει και τα 270 μέτρα. Την ανάμειξη αυτή βοηθούν οι ατμοσφαιρικές κινήσεις που χαρακτηρίζονται από δυνατούς χαμηλής θερμοκρασίας βόρειους ανέμους που φυσούν έως τις αρχές της άνοιξης (Georgoroulos, 1987). Αντίθετα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού εντοπίζεται ένα ανεπτυγμένο θερμοκλινές.

Κατά την διάρκεια της δειγματοληψίας δεν εντοπίστηκε η ύπαρξη λιβαδιού *Posidonia oceanica* στον Όρμο όμως στη νότια πλευρά του Όρμου εντοπίστηκε σποραδικά ένα είδος άλγης, η *Caulerpa racemosa* (Kapsimalis V. et al., 2013). Το *C.racemosa* θεωρείται ξενικό είδος που έχει εισβάλει στα νερά της Μεσογείου από την Διώρυγα του Σουέζ, καταλαμβάνει το ζωτικό χώρο των λιβαδιών *Posidonia oceanica* και αποτελεί δείκτη χαμηλής οικολογικής σημασίας. Η παρουσία του μακροάλγους έχει αναφερθεί στις παράκτιες περιοχές της Ρόδου σε παλαιότερες θαλάσσιες βιολογικές έρευνες (Salomidi et al., 2003; Tsamis et al., 2007). Ένα ακόμη αλλόχθονο είδος το *Halophila stipulacea* εντοπίστηκε στην περιοχή μελέτης. Είναι ανώτερο φυτό και εντοπίζεται στον Ινδικό ωκεανό. Στη Μεσόγειο θεωρείται ξενικό είδος. Μπορεί να επιβιώσει σε μεγάλο εύρος συνθηκών και σε διαφορετικά είδη υποστρώματος. Καταλαμβάνει τη θέση λιβαδιών Ποσειδωνίας και υποβαθμίζει την ποιότητα των υδάτων (Short F.T., 2010).

Σύμφωνα με το δίκτυο Natura 2000 και το παράρτημα I της οδηγίας: «Τύποι φυσικών οικοτόπων κοινοτικού ενδιαφέροντος των οποίων η διατήρηση απαιτεί το χαρακτηρισμό περιοχών ως "Ειδικών Ζωνών Διατήρησης"», η περιοχή μελέτης ανήκει στον οικοτόπο 1110 Αμμοσύρτες που καλύπτονται διαρκώς από θαλάσσιο νερό μικρού βάθους. Επίσης σύμφωνα με J.M. Peres (1967) ο τύπος της βιοκοινότητας της περιοχής μελέτης είναι "Βιοκοινότητα καλά ταξινομημένης άμμου" (Biocoenosis of fine well-sorted sand). Η βιοκοινότητα αυτή περιλαμβάνει βάθη 20-30m όπου παρατηρούνται χερσογενείς καλά ταξινομημένες άμμοι. Σε τέτοιες περιοχές η επίδραση των κυμάτων έχει μειωμένη σημασία. Κάποια από τα είδη που βρέθηκαν στην περιοχή μελέτης και είναι χαρακτηριστικά για τον συγκεκριμένο τύπο βιοκοινότητας είναι: τα μαλάκια *Neverita josephinia* και *Nassarius mutabilis* και το καρκινοειδές *Pseudocuma* sp.

1.2 Οδηγίες για την διεξαγωγή βενθικών μελετών για την εξόρυξη υποθαλάσσιων αδρανών υλικών.



Τα θαλάσσια πλαίσια διαχείρισης παγκοσμίως στηρίζουν την ανίχνευση των αλλαγών στα θαλάσσια και παράκτια συστήματα σε σχέση με τις κατευθυντήριες γραμμές. Η αποτελεσματική διαχείριση των θαλάσσιων υδάτων ως εκ τούτου στηρίζεται στην ύπαρξη των δεικτών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να περιγράψουν τις σχέσεις μεταξύ των πιέσεων και της σχετικής απάντησης της περιβαλλοντικής κατάστασης (τόσο σε δομικά όσο και σε λειτουργικά πλαίσια) η οποία θα βοηθήσει στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων του θαλάσσιου αναπτυξιακού σχεδιασμού. Σε αυτές τις συνθήκες οι περιβαλλοντικοί δείκτες μπορούν να περιγραφούν ως ένα μέτρο που συνθέτει τις περιβαλλοντικές πληροφορίες σε ένα σύστημα αναφοράς γνωστό ως "σχέση αιτίας-αποτελέσματος" (S. Ware et al., 2011).

Οι περιβαλλοντικοί δείκτες είναι σημαντικά εργαλεία για τη διαχείριση και παρακολούθηση του θαλάσσιου και παράκτιου περιβάλλοντος. Μπορούν να οργανωθούν στο πλαίσιο DPSIR ώστε να βοηθούν τους διαχειριστές να οργανώνουν τα δεδομένα και να δίνουν απαντήσεις σε διαχειριστικές πολιτικές. Ως εκ τούτου, παρέχουν έναν σύνδεσμο ζωτικής σημασίας για την αξιολόγηση των επιδόσεων διαχείρισης και πολιτικής ρυθμιστικών στόχων.

Αναλυτικά το πλαίσιο DPSIR περιλαμβάνει:



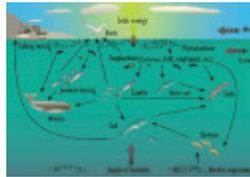
**Κινητήριες δυνάμεις
(Drivers)**
ανθρώπινες ανάγκες



Κατάσταση (State)
αποτέλεσμα πιέσεων



Πιέσεις (Pressures)
ανθρωπογενείς δραστηριότητες
ασκούν περιβαλλοντικές πιέσεις



Επιπτώσεις (Impacts)
μεταβολές φυσικών, χημικών
και βιολογικών χαρακτηριστικών



Απόκριση (Response)
δράσεις για την αντιμετώπιση
του προβλήματος.

Οι θάλασσες παγκοσμίως παρέχουν έναν πλούτο φυσικών πόρων και υπηρεσιών που υπόκεινται στην αυξανόμενη πίεση από μια ποικιλία φορέων και εμπορικών δραστηριοτήτων (π.χ. της βιομηχανίας πετρελαίου και αερίου, εγκαταστάσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, της θαλάσσιας εξόρυξης αδρανών υλικών, της ναυτιλίας, της εμπορικής αλιείας και της αναψυχής).

Προκειμένου να διατηρηθούν οι πολλές παροχές που αποκτά η κοινωνία από τη θάλασσα είναι απαραίτητο να υπάρχει αποτελεσματική διαχείριση σχεδίων τα οποία μπορούν να εξισορροπήσουν την ανάγκη για ανάπτυξη θαλασσιών πόρων με την ανάγκη για την προστασία του περιβάλλοντος και της βιοποικιλότητας. Τα σχέδια συνεπώς απαιτούν την εκτέλεση των ενδεδειγμένων οικολογικών αξιοποιήσεων προκειμένου να διασφαλιστούν τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα οι οικολογικές συνέπειες που απορρέουν από την ανάπτυξη, όπως η εξόρυξη υποθαλάσσιων αδρανών υλικών.

Η εξόρυξη υποθαλάσσιων αδρανών υλικών αυξάνεται συνεχώς λόγω περιορισμού των χερσαίων αποθέσεων είτε γιατί υπάρχουν αυστηροί περιβαλλοντικοί κανονισμοί είτε γιατί τα χερσαία αποθέματα μειώνονται. Η αύξηση της δραστηριότητας της εξόρυξης των υποθαλάσσιων αδρανών απαιτεί λεπτομερή εξέταση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στη βενθική μακροπανίδα και το οικοσύστημα. Αυτή η γνώση μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για πιθανή αποκατάσταση του οικοσυστήματος (Bot et al., 2009).

Οι επιστημονικές μελέτες είναι ζωτικής σημασίας για τη διαχείριση των δραστηριοτήτων του ανθρώπου που επιδρούν στο θαλάσσιο περιβάλλον και επιτρέπουν την εφαρμογή αποτελεσματικών μέτρων μετριασμού που εμποδίζουν ή ελαχιστοποιούν οποιαδήποτε συναφή αρνητική επίπτωση. Εντωμεταξύ το επίκεντρο αυτών των κατευθυντήριων γραμμών

είναι κατευθυνόμενο προς στους βενθικούς οργανισμούς που αξιολογούν το περιβάλλον της υποθαλάσσιας εξόρυξης. Η στρατηγική αυτή είναι χρήσιμη και σε πολλούς άλλους τομείς, ιδιαίτερα εκείνων που απαιτούν τον καθορισμό καταλλήλων ερευνών σχεδιασμού και επιλογή μεθοδολογιών δειγματοληψίας.

Το πρώτο βήμα της έρευνας σχεδιασμού περιλαμβάνει τον χαρακτηρισμό των βενθικών οργανισμών συμπεριλαμβανομένου του σχεδίου παρακολούθησής του. Είναι απαραίτητο να εγκριθεί η άδεια του έργου και να διενεργηθεί η έρευνα σχετικά με τον όγκο και το σημείο των προσχωματικών υλικών. Ακολουθώντας πρέπει να υπάρχει συνεχής παρακολούθηση και αξιολόγηση του έργου με ουσιαστικές κριτικές και μετριάσμο των δραστηριοτήτων όπου αυτός κρίνεται απαραίτητος. Τέλος η λήξη της άδειας έρευνας πρέπει να συμπίπτει με την επανεξέταση του έργου και να ερευνηθεί η κατάσταση του οικοσυστήματος μετά την λήξη της εξορυκτικής διαδικασίας, η οποία θα οδηγεί σε αποκατάσταση όπου αυτό κριθεί απαραίτητο.

Σύμφωνα με (MMO, 2011) όταν η πρόληψη των επιπτώσεων δεν είναι δυνατή τότε υπάρχουν μέτρα διαχείρισης των αδρανών υλικών όπως η επαναχρησιμοποίηση, η ανακύκλωση, άλλα μέτρα αποκατάστασης και η διάθεση. Επαναχρησιμοποίηση ορίζεται ως ο έλεγχος, καθαρισμός ή επισκευή των υλικών (επιλογές αποκατάστασης), όπου τα προϊόντα ή συστατικά στοιχεία προϊόντων που αποτελούν πλέον απόβλητα προετοιμάζονται προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθούν χωρίς καμία άλλη επεξεργασία (Defra, 2006). Αυτό είναι πολύ σημαντικό καθώς τα αδρανή μπορεί να χαρακτηριστούν επαναχρησιμοποιήσιμα μόνο εάν είναι στην ίδια μορφή όπως ήταν όταν είχε πραγματοποιηθεί αρχικά η βυθοκόρηση.

Η ανακύκλωση των υλικών βυθοκόρησης είναι όπου το υλικό είναι σε μια διαφορετική μορφή από ότι ήταν αρχικά. Σε γενικές γραμμές, πρόκειται για χερσαίες λύσεις με οποιοδήποτε υλικό παράγεται χρησιμοποιείται στην κατασκευή χερσαίων έργων. Υπάρχουν επί του παρόντος πολύ λίγα παραδείγματα ανάκαμψης από βυθοκόρηση ως άλλα μέτρα αποκατάστασης. Βιομάζα ή ενέργεια που ανακτάται από το υλικό βυθοκόρησης είναι ένα παράδειγμα. Από την άποψη της διάθεσης των αποβλήτων πρέπει πάντα να είναι η τελευταία επιλογή. Διάθεση υπόκειται σε εκτεταμένο έλεγχο, οδηγείται από διάφορες συμβάσεις. Παράδειγμα αποτελεί η διάθεση του υλικού απευθείας στον πυθμένα ακολουθούμενη από κάλυψη με καθαρό ιζημα και διάθεση σε σάκους ως γεωύφασμα.

1.3 Σημασία αξιολόγησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Ο πυθμένας των θαλασσών αποτελεί σπίτι για μια τεράστια ποικιλία ασπόνδυλων ζώων και φυτών όπως μαλάκια, καρκινοειδή, πολύχαιτοι, σπόγγοι, θαλάσσιες ανεμώνες, ποσειδωνίες κ.τ.λ. Επίσης στα παράκτια αλλά και βαθειά ύδατα βρίσκουν καταφύγιο ή/και τροφή και άλλοι πληθυσμοί ζώων όπως ψάρια, πουλιά και θαλάσσια θηλαστικά.

Η υποθαλάσσια εξόρυξη αδρανών υλικών έχει την τάση να προκαλεί διατάραξη της θαλάσσιας ζωής ως αποτέλεσμα της άμεσης απομάκρυνσης ιζήματος του πυθμένα, βραχυπρόθεσμων αλλαγών στην στήλη νερού και επαναπόθεση των αιωρούμενων ιζημάτων (MALSF,

2011). Η γνώση που υπάρχει σε σχέση με αυτές τις πιθανές επιπτώσεις είναι συνεχώς αυξανόμενη και ένας μικρός αριθμός βέλτιστων πρακτικών έχουν παραχθεί από διάφορες οργανώσεις για την παροχή πληροφοριών σχετικά με την αξιολόγηση των επιπτώσεων της εξόρυξης αδρανών υλικών σε επιλεγμένες περιβαλλοντικές παραμέτρους. Ωστόσο, αναγνωρίζεται ότι υπάρχει ανάγκη για συντονισμό στις υπάρχουσες οδηγίες (Haskoning, 2003).

Κάθε χρόνο εξορύσσονται αδρανή υλικά από τους πυθμένες των θαλασσών και χρησιμοποιούνται στην κατασκευαστική βιομηχανία ή ως πηγή αναπλήρωσης και προστασία των ακτών. Η συνολική συνεισφορά των θαλάσσιων αδρανών στις προμήθειες στο Ηνωμένο Βασίλειο μεταξύ 1955 και 2002 ήταν περίπου 500 εκατομμύρια τόνοι που αποτελεί περίπου το 21% της τρέχουσας παραγωγής στην Αγγλία και Ουαλία. Οι ετήσιες εκφορτώσεις εξόρυξης γύρω από την Αγγλία και Ουαλία είναι περισσότερο από 20 εκατομμύρια τόνους (Gubbay, 2003, 2005). Στην συγκεκριμένη περιοχή οι διαφορές των υποθαλάσσιων αδρανών από τα χερσαία είναι πολύ μικρές καθώς και τα δύο έχουν προκύψει από τις ίδιες παγετώδεις διαδικασίες. Τα υποθαλάσσια αδρανή τείνουν να είναι ελαφρώς πιο "καθαρά" καθώς τα κύματα και οι παλίρροιες έχουν αφαιρέσει το μεγαλύτερο μέρος των λεπτόκοκκων ιζημάτων (S. Gubbay, 2003).

Οι περισσότερες μελέτες σχετικά με τις επιπτώσεις της εξόρυξης υποθαλάσσιων αδρανών υλικών δείχνουν ότι η εξόρυξη αυτή μπορεί να προκαλέσει 30-70% μείωση της ποικιλίας των ειδών, 40-95% μείωση του αριθμού των ατόμων και μία παρόμοια μείωση στη βιομάζα στην περιοχή που έγινε η εξόρυξη (Newell et al., 1998).

Επίσης μελέτες έχουν δείξει ότι ο αποικισμός παρουσιάζεται μετά από μερικούς μήνες από την παύση της βυθοκόρησης αλλά η αποκατάσταση της βιομάζας πήρε πολλά χρόνια (Kenny and Rees, 1994, 1996) και (Kenny et al., 1998).

Πρόσφατες έρευνες δείχνουν ότι η διαδικασία της επαναποίκισης είναι πολύπλοκη που συνεπάγεται από αποικισμό ταχύτατα αναπτυσσόμενων- καιροσκοπικών- ειδών, VAN DALFSEN and ESSINK (1997), VAN DALFSEN et al. (2000), DESPREZ (2000) και SARDA et al. Σε σταθερά περιβάλλοντα τα αρχικά είδη αντικαθίστανται και συμπληρώνονται από μια ευρύτερη ποικιλία ειδών βραδείας ανάπτυξης. Σε πιο διαταραγμένα περιβάλλοντα κυριαρχούν τα καιροσκοπικά είδη που δεν οδηγούν το περιβάλλον προς μία ισορροπημένη κοινότητα λόγω των επαναλαμβανόμενων περιβαλλοντικών διαταραχών.

Κάποιες μελέτες περιορίζονται κυρίως σε επιπτώσεις εντός των προσχωματικών υλικών. Η διαδικασία της εξόρυξης ωστόσο έχει επιπλέον σοβαρές επιπτώσεις πέρα των ορίων των προσχωματικών υλικών. Σε ορισμένες τοποθεσίες το *in situ* χαλίκι μεταφέρεται για αναπλήρωση παραλιών ή ακόμα και για ζωοτροφές (Hess, 1971). Σε άλλες περιοχές η αναλογία άμμος/χαλίκι στο φορτίο είναι ρυθμισμένη ώστε να ταιριάζει με τις απαιτήσεις του πελάτη από τη διαδικασία της ανίχνευσης. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει επιστροφή σημαντικών ποσοτήτων άμμου στη θάλασσα (Hitchcock and Drucker, 1996; Newell et al., 1999). Αυτό το υλικό αποτελείται από ένα μεγάλο φορτίο ανόργανου υλικού και περιέχει επίσης σημαντικές ποσότητες οργανικών υλικών (Newell et al., 1998).

Οι επιπτώσεις από την εξόρυξη των υποθαλάσσιων ιζημάτων έχουν μελετηθεί τα τελευταία χρόνια ενώ τελευταίες έρευνες εξηγούν καλύτερα τους ρυθμούς αποκατάστασης. Ωστόσο δεν έχουν διευκρινιστεί οι επιπτώσεις της απομάκρυνσης ιζήματος σε περιοχές από τα όρια της εξόρυξης και μακρύτερα (MALSF, 2011). Η εξόρυξη πιθανώς να προκαλεί σοβαρότερες διαταραχές στην αλιεία και στο θαλάσσιο περιβάλλον εκεί όπου υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση αδειών. Σε περιοχές ιδιαίτερης ευαισθησίας η βιομηχανία θα πρέπει να παρέχει πειστικά στοιχεία πριν της επιτραπεί η άδεια. Οι προτάσεις για εξόρυξη πρέπει επομένως να λαμβάνουν πλήρως υπόψη τις επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον. Προβλέπεται απαγόρευση των δραστηριοτήτων εκτός αν τα περιβαλλοντικά θέματα και οι παράκτιες επιπτώσεις έχουν επιλυθεί ικανοποιητικά (S. Gubbay, 2003).

1.4 Σκοπός μελέτης

Ο κόλπος Αφάντου της βορειοανατολικής Ρόδου αποτελεί περιοχή για πιθανή μελλοντική εξόρυξη υποθαλάσσιων αδρανών υλικών. Στην παρούσα εργασία δίνονται οι πληροφορίες για την υφιστάμενη κατάσταση των μακροβενθικών συνευρέσεων που αναπτύσσονται σε κινητό υπόστρωμα της υποπαραλιακής ζώνης. Αντικείμενο της εργασίας είναι η μέτρηση της αφθονίας των ειδών, ο προσδιορισμός της ποικιλότητας των συνευρέσεων της βενθικής μακροπανίδας καθώς και η διερεύνηση της δομής και λειτουργίας αυτών. Επίσης προσδιορίζεται η παρούσα κατάσταση της ιζηματολογίας του πυθμένα.

2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Περιοχή μελέτης

Ο Όρμος Αφάντου βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα της Ρόδου (Εικόνα 2.1.1.), ανάμεσα στα βραχώδη ασβεστολιθικά ακρωτήρια Λαδικού (στο βορειότερο άκρο) και Βάγια Κολυμπιών (στο νοτιότερο άκρο) (Hanken et al., 1996; Cornée et al., 2006). Η μορφολογία της παραλίας χαρακτηρίζεται σχετικά ομαλή με κλίσεις του μετώπου 5-7ο με ευθύγραμμη ανάπτυξη και μήκος ακτογραμμής περίπου 7km (Pyökäri , 1997). Το χερσαίο τμήμα της παραλίας έχει πλάτος 50-70 m και αποτελείται από χονδρή άμμο, χαλίκια και κροκάλες. Οι Verikiou- Paraspiridakou et al. (2004) αναφέρουν την ύπαρξη μιας σειράς θινών, στο χερσαίο όριο της οπισθοπαραλίας, η οποία πιθανώς να έχει διαβρωθεί από τις σύγχρονες ανθρώπινες δραστηριότητες. Επίσης υπάρχουν αποτυπώματα παλαιοπαραλιών (notches) στους βραχώδεις κρημούς του Λαδικού και Κολυμπιών και χερσαίες εμφανίσεις beachrocks τα οποία δηλώνουν έντονες ανοδικές τεκτονικές κινήσεις (της τάξεως των 2.9-3.7 m) της ευρύτερης περιοχής κατά τη διάρκεια του Ολοκαίνου (Pirazzoli et al., 1989; Kontogianni et al., 2002).



Εικόνα 2.1.1. Γεωγραφική θέση Όρμου Αφάντου στην ΒΑ Ρόδο.

2.2. Αποτύπωση μορφολογίας- Ιζηματολογία.

Τα ιζηματολογικά χαρακτηριστικά του όρμου Αφάντου συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2.2.1. Θέσεις και είδος δειγματοληψίας επιφανειακών δειγμάτων στον Όρμο Αφάντου.

Δείγμα	Βάθος	Βένθος	Παρατηρήσεις
1A	13.1	+	Μετρίως ψιλή άμμος
2A	15.2	+	Μετρίως ψιλή άμμος
3A	15.8	+	Μετρίως ψιλή άμμος - Παρουσία <i>Caulerpa racemosa</i>
1D	44.7	+	Ελαφρώς χαλικώδης, ιλυώδης άμμος
2D	43.5	+	Ελαφρώς χαλικώδης, ιλυώδης άμμος
3D	46.2	+	Ελαφρώς χαλικώδης άμμος - Παρουσία σκελετικών θραυσμάτων

Για την περαιτέρω ανάλυση του ιζήματος χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα GRADISTATv8.

Οι σταθμοί δειγματοληψίας επιλέχθηκαν με σκοπό να διερευνηθεί η σύνθεση και η κατανομή των ειδών στην περιοχή μελέτης. Κατά συνέπεια:

- **1A.** Ο σταθμός βρίσκεται βορειοδυτικά σε σχέση με τους υπόλοιπους σταθμούς. Τα δείγματα συλλέχθηκαν σε βάθος 13,1 m και το ίζημα χαρακτηρίστηκε ως μέτρια ψιλή άμμος. Στο συγκεκριμένο σταθμό συναντήθηκαν θραύσματα μαλακίων και πολλοί σωλήνες πολύχαιτων.
- **2A.** Βρίσκεται κεντρικά και δυτικά του όρμου σε βάθος 15,2m και το ίζημα χαρακτηρίστηκε μέτρια ψιλή άμμος. Σημειώνεται η ύπαρξη θραυσμάτων μαλακίων, σωλήνες πολύχαιτων και το αλλόχθονο είδος *Halophila stipulacea*.
- **3A.** Είναι στα νοτιοδυτικά του όρμου σε βάθος 15,8m και το ίζημα χαρακτηρίζεται ομοίως με τα παραπάνω. Σημειωτέον στον συγκεκριμένο σταθμό συναντήθηκε τα αλλόχθονα είδη *Caulerpa racemosa* και *Halophila stipulacea*.
- **1D.** Βρίσκεται βορειοανατολικά του όρμου σε βάθος 44,7m και το ίζημα χαρακτηρίζεται ιλυώδης άμμος. Εμφανίζονται θραύσματα μαλακίων, σωλήνες και το ξενικό είδος *Caulerpa racemosa*.
- **2D.** Ο σταθμός αυτός βρίσκεται κεντρικά και ανατολικά σε σχέση με τους υπόλοιπους και το ίζημα είναι ιλυώδης άμμο. Όσον αφορά στη πανίδα και χλωρίδα ομοίως με παραπάνω.
- **3D.** Βρίσκεται στα νοτιοανατολικά του όρμου σε βάθος 46,2m και χαρακτηρισμός ιζήματος ομοίως με παραπάνω. Όμως εντοπίστηκε η παρουσία βιογενών ανθρακικών θραυσμάτων.

Ο πυθμένας του όρμου Αφάντου αποτελείται καταρχήν από μία υποθαλάσσια κοιλάδα στο βορειοανατολικό τμήμα του. Η κοιλάδα αυτή βρίσκεται στην θαλάσσια προέκταση της εκβολής του χειμάρρου Ποτός και η κεντρική κεφαλή του απαντάται σε απόσταση 250m από την ακτογραμμή σε βάθος νερού 10m. Οι κεφαλές των δευτερευόντων κλάδων καταγράφονται σε απόσταση μικρότερη των 2km από την ακτή, σε βάθη νερού μικρότερα των 100m. Ο κεντρικός άξονας της κοιλάδας κατευθύνεται προς τα ΑΝΑ αλλά λόγω έλλειψης λεπτομερών βαθυμετρικών δεδομένων δεν είναι δυνατή η ανίχνευση της συνέχειάς του στην ανοικτή θάλασσα.

Οι θαλάσσιες κοιλάδες στην υφαλοκρηπίδα της βορειοανατολικής Ρόδου έχουν γενετική σχέση και αποτελούν γεωγραφική συνέχεια των χερσαίων κοιλάδων των κύριων υδάτινων ρευμάτων (Goedicke, 1997).

Το δεύτερο σημαντικό μορφολογικό χαρακτηριστικό του πυθμένα του όρμου Αφάντου είναι ένα βραχώδες ύβωμα, η «Ξέρα Κολυμπιών» στο νότιο τμήμα του όρμου. Εμφανίζεται σε βάθη νερού 15-20m, έχει τραχύ ανάγλυφο και η έκταση που καταλαμβάνει είναι λίγο μεγαλύτερη από $1,5\text{km}^2$. Στο μεγαλύτερο μέρος της ξέρας η κλίση είναι μικρή (<1), αλλά στην απόληξή της προς τα ανοικτά η κλίση αυξάνει και ορισμένες φορές ξεπερνά τις 10.

Στο ενδιάμεσο τμήμα του όρμου, οι ισοβαθείς κατανέμονται σχεδόν παράλληλα με την ακτογραμμή, ενώ το υφαλόριο (το βαθύτερο σημείο της υφαλοκρηπίδας) εντοπίζεται σε βάθη νερού 75m έως 90m. Στο νότιο τμήμα του όρμου καταγράφεται το μέγιστο πλάτος της υφαλοκρηπίδας και είναι έως 2km.

Ο πυθμένας του όρμου παρουσιάζει ενδιαφέρουσες γεωμορφές. Σε βάθη νερού έως 10m ο βυθός εμφανίζει μία μορφολογία χαμηλού ανάγλυφου (μερικών εκατοστών) που το πιθανότερο είναι να αντιστοιχεί σε γλωσσοειδείς ρυτίδες αμμοκυμάτων.

Σε βάθη νερού από 10m έως περίπου 35m ελαττώνονται οι διαστάσεις των ρυτίδων και εξαφανίζονται εντελώς μετά τα 35m έως 40m. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να οφείλεται σε πιθανή μείωση της έντασης των τοπικών ρευμάτων του πυθμένα. Κατά τόπους παρατηρείται μία αυξημένη ανακλαστικότητα του βυθού που πιθανώς οφείλεται στην ύπαρξη αραιής φυτοκάλυψης. Στα βαθύτερα τμήματα του όρμου ο πυθμένας είναι ομαλός χωρίς μορφολογικές ιδιαιτερότητες.

2.3. Εργασίες πεδίου

Τα δεδομένα που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία συλλέχθηκαν στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος «ΘΑΛΗΣ-MARE» του ΕΚΠΑ, ενώ τμήμα των βυθομετρικών δεδομένων συλλέχθηκε από τα ερευνητικά προγράμματα «Ενυδρείο Ρόδου» και «SARGE-B» του ΕΛΚΕΘΕ. Πραγματοποιήθηκαν τρεις επιστημονικοί πλόες του Πλοίου Επιστημονικών Εφαρμογών (Π/ΕΕ) ΑΛΚΥΩΝ για να αποκτηθούν βαθυμετρικά δεδομένα, σεισμικές τομογραφίες υψηλής διακριτικότητας και δείγματα επιφανειακών ιζημάτων.



Εικόνα 2.3.1. Το Π/ΕΕ «Αλκυών» εξοπλισμένο με επιστημονικά όργανα

Για τη λεπτομερή αποτύπωση του βάρους αλλά και των μορφολογικών χαρακτηριστικών του θαλάσσιου πυθμένα χρησιμοποιήθηκε το πολυδεσμικό βυθόμετρο Seabat-7125 Dual Head (200 και 400 kHz) της Reson. Το σύστημα αυτό υποστηρίζεται από αισθητήρα κίνησης, πυξίδα και σύστημα προσδιορισμού θέσης GPS (Coda Octopus F 185+R), αισθητήρα μέτρησης της ταχύτητας του ήχου (Reson SVP-71) και CTD (Seacat 19 Profiler της Seabird Electronics).

Η συλλογή των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με αρπάγη τύπου Smith- McIntyre. Για τη μελέτη του βένθους συλλέχθηκαν δύο επαναληπτικά δείγματα από κάθε θέση δειγματοληψίας. Τα δείγματα κοσκινίστηκαν επιτόπου σε κόσκινο 0.5mm και οι οργανισμοί που κατακρατήθηκαν τοποθετήθηκαν σε διάλυμα φορμόλης 10% για τη συντήρησή τους με προσθήκη ποσότητας Rose Bengal.

Το Π/ΕΕ ΑΛΚΥΩΝ είναι ειδικά κατασκευασμένο και εξοπλισμένο για παράκτια έρευνα και ανήκει στο Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών (Εικόνα 2.3.1). Συγκεκριμένα, έχει μόνιμα εγκατεστημένα και βαθμονομημένα επιστημονικά όργανα που χρησιμοποιούνται σε ερευνητικές και/ή εφαρμοσμένες υδρογραφικές και γεωφυσικές έρευνες.



Εικόνα 2.3.2. Θέσεις δειγματοληψίας

2.4. Επεξεργασία βιολογικών δειγμάτων-Εργαστηριακές αναλύσεις

Κατά την διάρκεια των εργαστηριακών αναλύσεων πραγματοποιήθηκε ξέπλυμα των δειγμάτων με νερό σε κόσκινο διαμέτρου 0,5mm. Επόμενη διαδικασία ήταν η διαλογή (sorting) των οργανισμών από το ίζημα που παρέμεινε μετά το κοσκίνισμα. Οι οργανισμοί που συλλέχθηκαν διαχωρίστηκαν στις τρεις κύριες ταξινομικές ομάδες: Μαλάκια, Πολύχαιτοι και Καρκινοειδή. Τα παραπάνω συντηρήθηκαν με διάλυμα αλκοόλης 70%.

Στη συνέχεια διεξήχθη η αναγνώριση των οργανισμών σε βαθμό γένους κατά κύριο λόγο αλλά και σε βαθμό είδους όπου το επέτρεπαν τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των ατόμων. Τα Μαλάκια και τα Καρκινοειδή αναγνωρίστηκαν στο εργαστήριο Θαλάσσιας Οικολογίας και



Εικόνα 2.4.1. Δείγματα διάφορων σταθμών πριν την διαδικασία του sorting

Βιοποικιλότητας του Πανεπιστημίου Αιγαίου, ενώ οι Πολύχαιτοι αναγνωρίστηκαν εν μέρει στο παραπάνω εργαστήριο καθώς και στο εργαστήριο Βενθικής Οικολογίας του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. (Ανάβυσσος, Αττική).

Για την ταξινόμηση χρησιμοποιήθηκαν επιστημονικά εγχειρίδια και κλείδες προσδιορισμού. Για τα μαλάκια χρησιμοποιήθηκαν τα D' Angelo & Gargiulo (1991), Τενεκίδης (1989), Tornaritis (1987), για τους πολύχαιτους χρησιμοποιήθηκαν τα Day (1967) και Fauvel (1927), P.J. Hayward & J. S. Rylans (1998), Rouse (2001) και για τα καρκινοειδή το Bernucci (1992). Τέλος καταμετρήθηκε η αφθονία του κάθε είδους ανά σταθμό.

2.5. Στατιστική επεξεργασία δεδομένων

Η στατιστική επεξεργασία δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό Microsoft Excel 2010, το PRIMER 6 και το IBM SPSS Statistics 20. Χρησιμοποιήθηκαν μονοδιάστατες και πολυδιάστατες μέθοδοι ανάλυσης, συγκεκριμένα:

- Προσδιορίστηκαν τα χωρικά πρότυπα κατανομής αριθμού ειδών και αφθονίας για τη βενθική μακροπανίδα.
- Προσδιορίστηκε η ποικιλότητα με τους δείκτες Shannon-Wiener και Pielou.
- Διερευνήθηκαν πιθανές ομαδοποιήσεις ομοιότητας μεταξύ των σταθμών, μέσω της Ιεραρχικής Ομαδοποίησης (Cluster) και Πολυδιάστατης Χωρικής Κατάταξης (MDS).

2.6. Αφθονία ειδών και δείκτες ποικιλότητας

Ο πλούτος ειδών αναφέρεται στο συνολικό αριθμό των ειδών (S) που παρουσιάζονται και βασίζεται στη λογική ότι ένα δείγμα που κατέχει μεγαλύτερο αριθμό ειδών διαπνέεται από μεγαλύτερη ποικιλότητα.

Ο δείκτης ποικιλότητας Shannon-Wiener (Shannon & Wiener, 1949) εκφράζει τη σχέση μεταξύ του αριθμού των ειδών και της ισοδιανομής τους. Μαθηματικά εκφράζεται ως:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Όπου το p_i είναι η σχετική αφθονία του i είδους. Ο δείκτης αυτός λαμβάνει την τιμή 0 όταν όλα τα άτομα ανήκουν στο ίδιο είδος. Θεωρητικά η μέγιστη τιμή που μπορεί να πάρει είναι το άπειρο, αν όλα τα άτομα ανήκουν σε διαφορετικό είδος.

Ο δείκτης προϋποθέτει ότι όλα τα είδη της βιοκοινότητας αντιπροσωπεύονται στο δείγμα. Παρόλα αυτά, όσα περισσότερα άτομα συλλέγονται, τόσα περισσότερα είδη εντοπίζονται. Αν και από τον τύπο δίνεται ιδιαίτερη σημασία στα είδη που εμφανίζονται σε μικρές αφθονίες, ο δείκτης Shannon- Wiener βασίζεται στην θεώρηση ότι υψηλή βιοποικιλότητα εκφράζει και υψηλή ετερογένεια μεταξύ των ειδών. Τα μειονεκτήματα του δείκτη τεκμηριώνονται από την εξάρτηση που παρουσιάζει στους εξής παράγοντες: το μέγεθος του δείγματος, την εποχιακή μεταβλητότητα και τη μέθοδο δειγματοληψίας.

Στις ελληνικές θάλασσες έχουν διερευνηθεί τα όρια των κλάσεων της Οδηγίας για τον δείκτη Shannon- Wiener και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Simboura et al., 2005).

Πίνακας 2.6.1 Τα όρια των κλάσεων εκφρασμένες σε τιμές Shannon για τις ελληνικές θάλασσες

ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	H' (log2)
υψηλή	>5
καλή	4 έως 5
μέτρια	3 έως 4
ελλιπής	1,5 έως 3
κακή	0 έως 1,5

Ο δείκτης ομοιόμορφης διανομής Pielou (J') (Pielou, 1969; Pielou, 1975) εκφράζει την ισοδιανομή των ατόμων μεταξύ των ειδών. Μαθηματικά ορίζεται ως:

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Όπου H' είναι ο δείκτης Shannon. Όταν η ισοδιανομή έχει τη μέγιστη τιμή, τότε το $H'_{\max} = \ln S$ (όπου το S είναι ο πλούτος των ειδών).

2.7. Ιεραρχική ομαδοποίηση (Cluster Analysis) και πολυδιάστατη χωρική κατανομή (NMDS)

Η Ιεραρχική ομαδοποίηση (Cluster) αποτελεί πολυδιάστατη μέθοδο που αποδίδει ομαδοποιήσεις μεταξύ των δειγμάτων με βάση το μέγεθος της ομοιότητάς τους. Η ομοιότητα μπορεί να προσδιοριστεί από μία ποικιλία διαφορετικών μεθόδων. Οι ομαδοποιήσεις που προκύπτουν απεικονίζονται γραφικά σε ένα δένδrogramma. Στο δένδrogramma, ο άξονας χ περιγράφει το σύνολο των δειγμάτων και ο άξονας ψ περιγράφει το ποσοστό ομοιότητας των δειγμάτων (σε πρώτο βαθμό) και το ποσοστό ομοιότητας μεταξύ των διαφορετικών δειγμάτων (σε δεύτερο βαθμό).

Η Πολυδιάστατη Κατάταξη (NMDS) αποτελεί μέθοδο ανάλυσης ταξινόμησης και παρουσιάζει τα δείγματα σε ένα 2-διάστατο, ή 3-διάστατο χώρο υπό τη μορφή χάρτη. Σε αυτήν την απεικόνιση, τα δείγματα με μεγαλύτερη ομοιότητα παρουσιάζονται σε μικρότερες αποστάσεις μεταξύ τους. Κατά τον τρόπο αυτόν, η οπτική αντίληψη των ομοιοτήτων είναι πιο εύκολη στον παρατηρητή (ιδιαίτερα σε μεγάλο αριθμό δειγμάτων). Η αξιοπιστία της μεθόδου εκφράζεται από την τιμή του Stress, το οποίο όταν έχει τιμή 0,05 είναι άριστα αξιόπιστη η μέθοδος, όταν η τιμή είναι 0,1 είναι πολύ καλή, 0,2 καλή και 0,3 η αξιοπιστία είναι φτωχή (Clarke & Warwick, 1994).

Στην συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκε η ομοιότητα Bray-Curtis (Bray & Curtis, 1957), ενώ προηγήθηκε μετασχηματισμός δεδομένων με τέταρτη ρίζα.

2.8. Μη παραμετρική στατιστική (Kruskal- Wallis H Test)

Η δοκιμή Kruskal- Wallis είναι μία τεχνική μη παραμετρικής στατιστικής ανάλυσης, (μη παραμετρικό αντίστοιχο της ANOVA). Αποτελεί έλεγχο διαφοροποίησης για δύο ή περισσότερα διαφορετικά σύνολα μη συσχετισμένων τιμών. Ο παράγοντας διαφοροποίησης που επιλέχθηκε είναι το βάθος.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

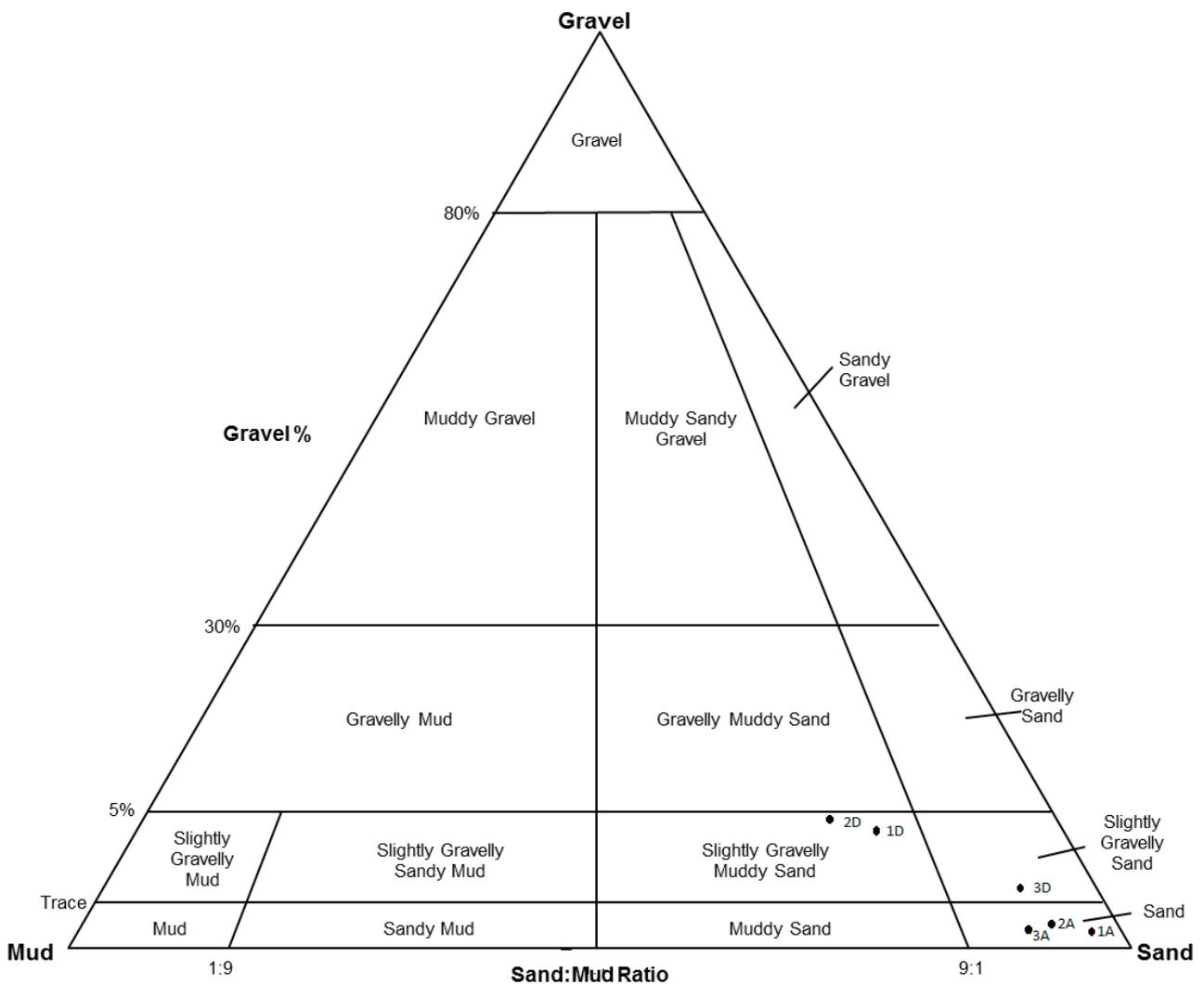
3.1 Αβιοτικά αποτελέσματα σταθμών.

Για τους δεδομένους σταθμούς δειγματοληψίας έχουν προσδιοριστεί: το βάθος, η ταξινόμηση και η ομοιομορφία του ιζήματος κατά Folk.

Πίνακας 3.1.1. Ποσοστά χονδρόκοκκου υλικού, άμμου, ιλύς και αργίλου

Δείγμα	Κροκάλες	Άμμος	Ιλύς	Άργιλος
1A	0	94.73	3.68	1.59
2A	0	94.35	4.01	1.64
3A	0	92.88	4.49	2.63
1D	0.03	74.53	18.62	6.82
2D	0.11	72.71	20.62	6.56
3D	0.01	95.76	2.54	1.69

3.1.3 Τριγωνικό διάγραμμα ταξινόμησης αδρομερών ιζημάτων ομογενοποιημένο με σταθερή απόκλιση



Πίνακας 3.1.4. Είδος ιζήματος (ταξινόμηση κατά Folk)

Δείγμα	Ταξινόμηση κατά Folk	FOLK
1A	Άμμος	S
2A	Άμμος	S
3A	Άμμος	S
1D	Ελαφρά χαλικώδης, ιλυώδης άμμος	(g)mS
2D	Ελαφρά χαλικώδης, ιλυώδης άμμος	(g)mS
3D	Ελαφρά χαλικώδης άμμος	(g)S

Πίνακας 3.1.5. Χαρακτηρισμός ομοιογένειας ιζήματος.

Δείγμα	Λοξότητα	Κύρτωση	Χαρακτηρισμός
1A	0.01	0.95	Μετρίως καλά διαβαθμισμένο, σχεδόν συμμετρικό, μεσόκυρτο
2A	0.25	1.08	Μετρίως καλά διαβαθμισμένο, ασύμμετρο, μεσόκυρτο
3A	0.48	2.11	Μετρίως διαβαθμισμένο, έντονα ασύμμετρο, πολύ λεπτόκυρτο
1D	0.6	3.44	Φτωχά διαβαθμισμένο, έντονα ασύμμετρο, πολύ λεπτόκυρτο
2D	0.53	1.83	Φτωχά διαβαθμισμένο, έντονα ασύμμετρο, πολύ λεπτόκυρτο
3D	-0.07	1.46	Μετρίως διαβαθμισμένο, σχεδόν συμμετρικό, λεπτόκυρτο

Όπως παρατηρούμε στον πίνακα 3.1.1. τα βάθη όπου πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία κυμαίνονται στα 13,1m-15,8m για τα μικρά και 43,5m-46,2m για τα μεγάλα βάθη. Χρησιμοποιώντας τα τριγωνικά διαγράμματα (3.1.2., 3.1.3.) διακρίνεται μία διαφοροποίηση στο είδος του ιζήματος. Πιο συγκεκριμένα σύμφωνα με την ταξινόμηση κατά Folk τα αβιοτικά ιζήματα χαρακτηρίζονται ως αμμώδη στον πυθμένα των ρηχών υδάτων (1A, 2A, 3A) και ελαφρώς χαλικώδη, ιλυώδη και αμμώδη στα βαθιά(1D, 2D), ενώ στο δείγμα Afa 3D το ίζημα είναι ελαφρώς χαλικώδης άμμος.

Συνεχίζοντας την ταξινόμηση κατά Folk διακρίνεται πόσο διαβαθμισμένο είναι ένα δείγμα, χρησιμοποιώντας την Λοξότητα(Skewness) και την Κύρτωση(Kurtosis) που δίνονται από τους παρακάτω τύπους: $SkM = \frac{\sum w(MW-D)^2}{\sum w \sigma^2 M}$ και $KM = \frac{\sum w(MM-D)^2}{\sum w \sigma^2 M}$ αντίστοιχα. Η τιμή της λοξότητας χρησιμοποιείται κυρίως σαν δείκτης ανάμειξης δύο πληθυσμών ιζημάτων αλλά και σαν δείκτης περιβαλλόντων. Εκφράζει το μέτρο της συμμετρίας μιας κατανομής. Για τιμές $Sk > 0$ η κατανομή έχει περισσότερους λεπτομερείς κόκκους από μία συμμετρική κατανομή και ονομάζεται λεπτολοξεμένη. Για τιμές $Sk < 0$ η κατανομή έχει

περισσότερους αδρομερείς κόκκους από μία συμμετρική κατανομή και ονομάζεται αδρολοξεμένη. Η κύρτωση εκφράζει το λόγο διαβάθμισης των άκρων της κατανομής του μεγέθους των κόκκων προς τη διαβάθμιση του κεντρικού τμήματός της. Είναι καθαρός αριθμός. Συνοψίζοντας το ίζημα στους σταθμούς 1A, 2A, 3A και 3D είναι μέτρια ομογενοποιημένο ενώ στους σταθμούς 1D και 2D είναι φτωχά διαβαθμισμένο (Πίνακας 3.1.5.).

3.2 Κατανομή αφθονίας, αριθμός ειδών και σύνθεση βενθικής μακροπανίδας.

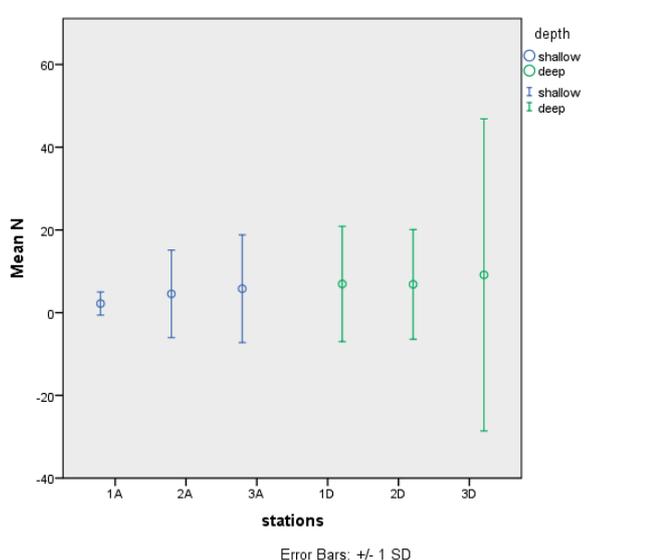
Στην περιοχή μελέτης συνολικά καταμετρήθηκαν 2567 άτομα, από τα οποία 1326 ανήκαν στην ταξοκοινωνία των μαλακίων, 599 σε αυτή των πολύχαιτων και 642 στα καρκινοειδή. Ο σταθμός με την υψηλότερη τιμή ατόμων είναι ο 3D ενώ αυτός με την μικρότερη είναι ο 1A. Ο υψηλότερος πλούτος ειδών παρουσιάστηκε στον σταθμό 3D (78 είδη), ενώ ο μικρότερος αριθμός ειδών παρουσιάστηκε στον σταθμό 3A. Τα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζουν τη μέση τιμή της αφθονίας και του πλούτου ειδών από τα δύο επαναληπτικά δείγματα του κάθε σταθμού. Επίσης υπάρχει διαφοροποίηση ανάλογα με το βάθος.

Τα μαλάκια παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη αφθονία στον σταθμό 3D ενώ με μεγάλη διαφορά ακολουθεί ο σταθμός 2D. Ο σταθμός με την μικρότερη αφθονία είναι ο 3A. Όσον αφορά τον πλούτο ειδών υπάρχει μια διαφοροποίηση όπου ο σταθμός με το μεγαλύτερο αριθμό είναι και πάλι ο 3D αλλά με μικρή διαφορά ακολουθεί ο 2A. Ο σταθμός 3A είναι αυτός με τη μικρότερη τιμή πλούτου ειδών.

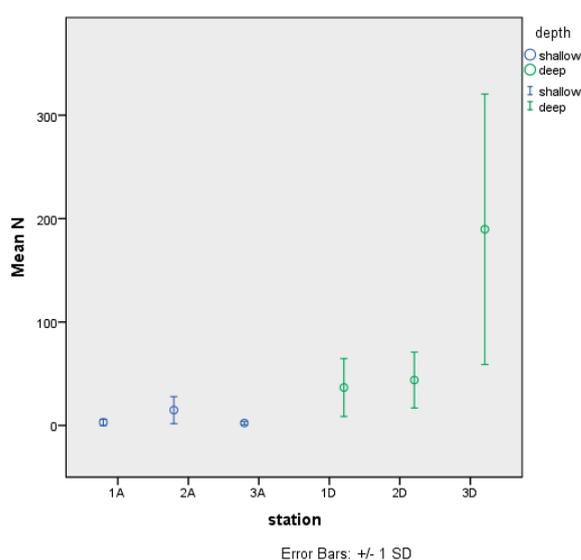
Οι πολύχαιτοι παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη αφθονία στον σταθμό 2A ενώ τη μικρότερη στον 3A. Ο πλούτος ειδών έχει μεγαλύτερη τιμή στον σταθμό 1D ενώ τις μικρότερες τιμές έχουν οι σταθμοί 1A και 3A.

Στα καρκινοειδή η μεγαλύτερη αφθονία εμφανίζεται στον σταθμό 1D ενώ η μικρότερη στον 1A. οι σταθμοί με τη μεγαλύτερη τιμή αριθμού ειδών είναι οι 2D και 2A, ενώ με τη μικρότερη είναι οι 3D και 1A.

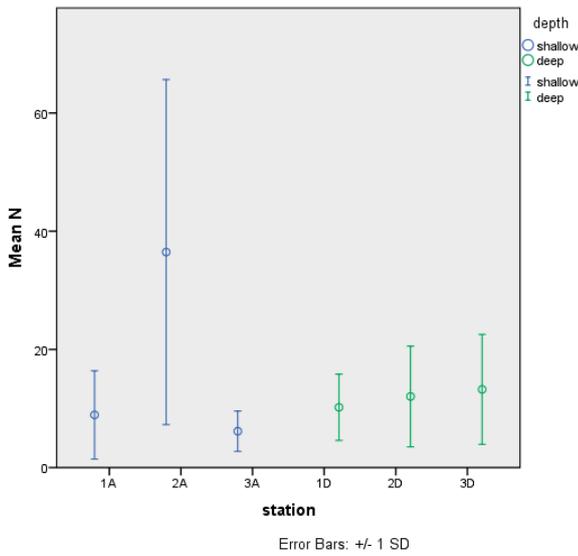
Διαγρ. 3.2.1 Συνολική αφθονία μακροπανίδας



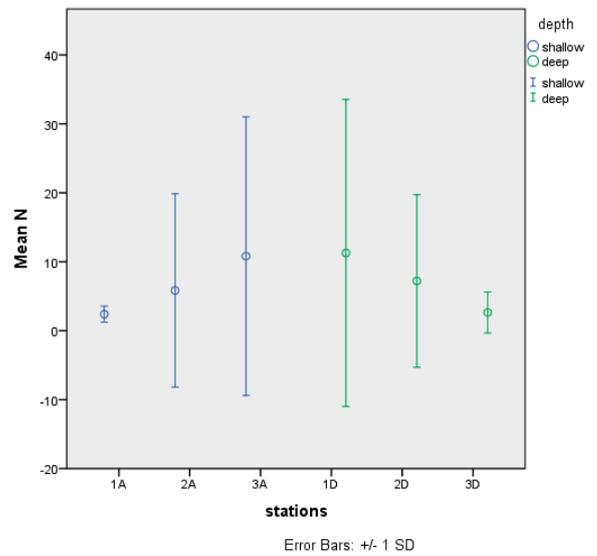
Διαγρ. 3.2.2 Αφθονία μαλακίων



Διαγρ. 3.2.3 Αφθονία πολύχαιτων



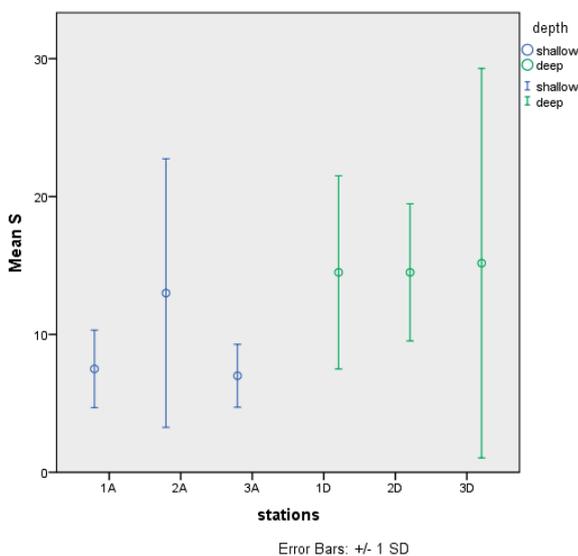
Διαγρ. 3.2.4 Αφθονία καρκινοειδών



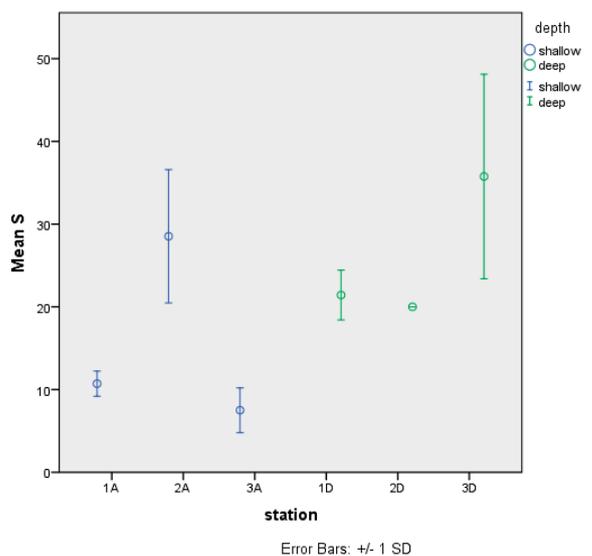
Τα είδη με τη μεγαλύτερη εμφάνιση είναι τα μαλάκια *Bittium reticulatum* (571 άτομα), *Pusillina lineolata* (93 άτομα), οι πολύχαιτοι *Caulleriella alata* (108 άτομα), *Oriopsis* sp. (75 άτομα) και το καρκινοειδές *Apseudopsis latreilli* (416 άτομα).

Όσον αφορά τα μαλάκια, αναγνωρίστηκαν τρεις κλάσεις: τα γαστερόποδα με 97 είδη που αντιπροσωπεύουν 37 οικογένειες, τα δίθυρα με 12 είδη από 10 οικογένειες και τα σκαφόποδα με 2 είδη από δύο διαφορετικές οικογένειες. Στα γαστερόποδα η κυρίαρχη οικογένεια με τα περισσότερα είδη είναι η Pyramidellidae (18 είδη), ενώ και οι οικογένειες Rissoidae (15 είδη), Cerithiidae (8 είδη) και Trochidae (8 είδη) παρουσίασαν σημαντική συμβολή στη σύνθεση της ταξοκοινωνίας.

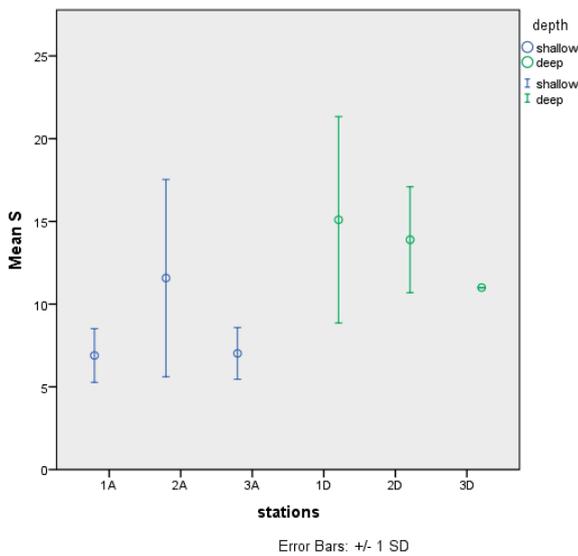
Διαγρ. 3.2.5 Πλούτος ειδών συνολικής μακροπανίδας



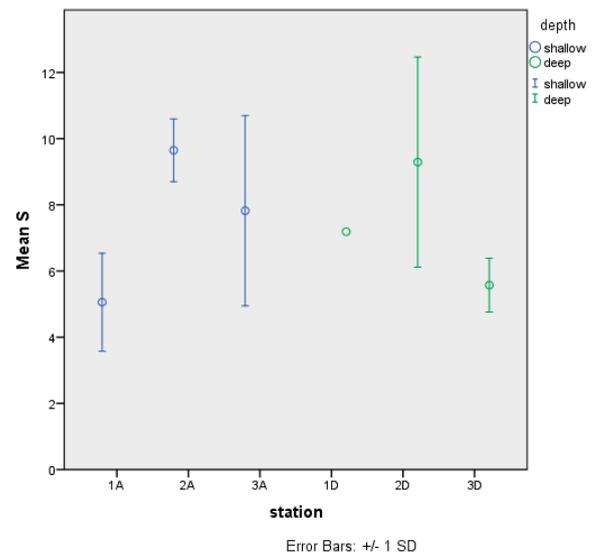
Διαγρ. 3.2.6 Πλούτος ειδών μαλακίων



Διαγρ. 3.2.7 Πλούτος ειδών πολύχαιτων



Διαγρ. 3.2.8 Πλούτος ειδών καρκινοειδών



Στους πολύχαιτους αναγνωρίστηκαν 43 είδη αντιπρόσωποι 18 οικογενειών. Οι οικογένειες με τα περισσότερα είδη είναι η Paraonidae (7 είδη), Lumbrineridae (5 είδη) και η Sabellidae (5 είδη). Η οικογένεια που εμφανίζεται σε όλους τους σταθμούς με το είδος *Scoloplos armiger* είναι η Orbiniidae.

Στα καρκινοειδή συναντήθηκαν 19 οικογένειες με 30 είδη. Η οικογένεια με τα περισσότερα είδη είναι η Paguridae (5 είδη), ενώ το είδος *Apseudopsis latreillii* εμφανίζεται σε όλους τους σταθμούς, έχει και τον μεγαλύτερο αριθμό ατόμων με διαφορά από τα υπόλοιπα είδη.

Τα είδη της βενθικής μακροπανίδας με φυλογενετική ταξινόμηση και οι σταθμοί που συναντώνται παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3.2.9 Είδη βενθικής μακροπανίδας με φυλογενετική ταξινόμηση ανά σταθμό

Τάξη	1A	2A	3A	1D	2D	3D
Phylum Mollusca						
Classis Gastropoda						
Pyramidellidae						
<i>Megastomia conoidea</i> (Brocchi, 1814)	+	+		+		+
<i>Odostomia unidentata</i> (Montagu, 1803)			+	+		
<i>Odostomia turrita</i> Hanley, 1844			+			
<i>Odostomia scalaris</i> MacGillivray, 1843						+
<i>Chrysallida delpretei</i> (Sullioti, 1889)		+		+		+
<i>Chrysallida intermixta</i> Monterosato, 1884		+				
<i>Odostomella doliolum</i> (Philippi, 1844)						+
<i>Parthenina flexuosa</i> Monterosato, 1874						+
<i>Parthenina decussata</i> (Montagu, 1803)						+
<i>Parthenina clathrata</i> (Jeffreys, 1848)						+
<i>Turbonilla vaillanti</i> Dautzenberg & H. Fischer, 1896		+			+	+
<i>Turbonilla rufa</i> (Philippi, 1836)			+			+
<i>Turbonilla pusilla</i> (Philippi, 1844)						+
<i>Turbonilla striatula</i> (Linnaeus, 1758)						+
<i>Turbonilla fenestrata</i> (Jeffreys, 1848)						+
<i>Turbonilla munda</i> A. Adams, 1860			+			
<i>Eulimella unifasciata</i> (Forbes, 1844)						+
<i>Eulimella cerullii</i> (Cossmann, 1916)			+			
Ringiculidae						
<i>Ringicula conformis</i> Monterosato, 1877	+			+	+	+
<i>Ringicula auriculata</i> (Ménard de la Groye, 1811)	+	+		+	+	+
<i>Ringicula</i> sp. Deshayes, 1838				+		
<i>Ringicula buccinea</i> (Brocchi, 1814)						+
Strombidae						
<i>Conomurex decorus</i> (Röding, 1798)	+	+	+	+		
Mangeliidae						
<i>Mangelia multilineolata</i> (Deshayes, 1835)	+					
<i>Mangelia taeniata</i> (Deshayes, 1835)				+		
<i>Bela fuscata</i> (Deshayes, 1835)		+		+		

Τάξη	1A	2A	3A	1D	2D	3D
<i>Bela turgida</i> (Reeve, 1844)		+		+		
Naticidae						
<i>Neverita josephinia</i> Risso, 1826	+					
<i>Tectonatica sagraiana</i> (d'Orbigny, 1842)		+		+		
Trochidae						
<i>Gibbula guttadauri</i> (Philippi, 1836)	+					
<i>Gibbula magus</i> (Linnaeus, 1758)	+				+	+
<i>Gibbula ardens</i> (Salis Marschlins, 1793)						+
<i>Gibbula varia</i> (Linnaeus, 1758)		+				
<i>Clanculus corallinus</i> (Gmelin, 1791)		+				
<i>Jujubinus montagui</i> (Wood, 1828)				+		
<i>Jujubinus striatus</i> (Linnaeus, 1758)				+	+	
<i>Jujubinus karpathoensis</i> Nordsieck, 1973				+		+
Architectonicidae						
<i>Heliacus</i> sp. d'Orbigny, 1842	+					
Neritidae						
<i>Smaragdia viridis</i> (Linnaeus, 1758)	+				+	+
Conidae						
<i>Conus ventricosus</i> Gmelin, 1791	+					+
Haminoeidae						
<i>Atys brocchii</i> (Michelotti, 1847)	+		+	+		+
<i>Cylichnina subcylindrica</i> (Brown, 1844)	+			+	+	
Retusidae						
<i>Mamilloretusa mamillata</i> (Philippi, 1836)	+		+			
<i>Retusa truncatula</i> (Bruguère, 1792)		+	+			+
Omalogyridae						
<i>Omalogyra atomus</i> (Philippi, 1841)	+				+	
Phasianellidae						
<i>Tricolia tingitana</i> Gofas, 1982	+					
<i>Tricolia pullus</i> (Linnaeus, 1758)		+		+	+	+
<i>Tricolia speciosa</i> (Megerle von Mühlfeld, 1824)				+		
<i>Tricolia tenuis</i> (Michaud, 1829)					+	
Turridae						
<i>Mangelia sicula</i> (Reeve, 1846)				+	+	+
<i>Cythara albida</i> (Deshayes, 1838)				+	+	+

Τάξη	1A	2A	3A	1D	2D	3D
Rissoidae						
<i>Alvania discors</i> (Allan, 1818)				+		+
<i>Alvania lanciae</i> (Calcara, 1845)				+	+	
<i>Alvania colossophilus</i> Oberling, 1970		+				
<i>Alvania aspera</i> (Philippi, 1844)		+				
<i>Alvania lineata</i> Risso, 1826					+	
<i>Alvania discors</i> (Allan, 1818)						+
<i>Alvania dianiensis</i> Oliverio, 1988						+
<i>Alvania scabra</i> (Philippi, 1844)					+	
<i>Alvania cancellata</i> (da Costa, 1778)		+				
<i>Pusillina lineolata</i> (Michaud, 1830)		+		+	+	+
<i>Rissoa monodonta</i> Philippi, 1836		+			+	
<i>Rissoa similis</i> Scacchi, 1836	+					
<i>Pusillina marginata</i> (Michaud, 1830)					+	+
<i>Pusillina ehrenbergi</i> (Philippi, 1844)			+			
<i>Crisilla semistriata</i> (Montagu, 1808)						+
Cerithiidae						
<i>Bittium simplex</i> (Jeffreys, 1867)	+					
<i>Bittium</i> sp. Gray, 1847	+					
<i>Bittium latreillii</i> (Payraudeau, 1826)		+		+	+	+
<i>Bittium lacteum</i> (Philippi, 1836)		+				
<i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778)	+	+		+	+	+
<i>Bittium depauperatum</i> Watson, 1897						+
<i>Bittium incile</i> Watson, 1897						+
<i>Bittium submamillatum</i> (de Rayneval & Ponzi, 1854)		+		+	+	+
Muricidae						
<i>Bolinus brandaris</i> (Linnaeus, 1758)				+		
Scissurellidae						
<i>Scissurella costata</i> d'Orbigny, 1824				+		
Rhizoridae						
<i>Volvulella acuminata</i> (Bruguère, 1792)				+		+
Nassariidae						
<i>Nassarius mutabilis</i> (Linnaeus, 1758)		+		+		
<i>Nassarius</i> sp. Duméril, 1805		+				
<i>Nassarius cuvierii</i> (Payraudeau, 1826)						+

Τάξη	1A	2A	3A	1D	2D	3D
Fissurellidae						
<i>Diodora graeca</i> (Linnaeus, 1758)		+				
Hydrobiidae						
<i>Peringia ulvae</i> (Pennant, 1777)			+			
Clathurellidae						
<i>Comarmondia gracilis</i> (Montagu, 1803)						+
Murchisonellidae						
<i>Ebala nitidissima</i> (Montagu, 1803)						+
Turritellidae						
<i>Turritella communis</i> Risso, 1826						+
Cerithiopsidae						
<i>Dizoniopsis bilineata</i> (Hoernes, 1848)		+				
Raphitomidae						
<i>Raphitoma reticulata</i> (Renier, 1804)						+
Atlantidae						
<i>Atlanta brunnea</i> J.E. Gray, 1850						+
Epitoniidae						
<i>Epitonium clathrus</i> (Linnaeus, 1758)						+
Mitridae						
<i>Mitra cornicula</i> (Linnaeus, 1758)						+
Tornidae						
<i>Circulus striatus</i> (Philippi, 1836)		+				
Volvatellidae						
<i>Ascobulla fragilis</i> (Jeffreys, 1856)					+	
Costellariidae						
<i>Vexillum ebenus</i> (Lamarck, 1811)						+
Physidae						
<i>Physa fontinalis</i> (Linnaeus, 1758)						+
Fasciolariidae						
<i>Fusinus</i> sp. Rafinesque, 1815					+	
Cornirostridae						
<i>Tomura</i> sp. Pilsbry & McGinty, 1946		+				
Hygromiidae						
<i>Plentuisa vendia</i> (Puente & Prieto, 1992)		+				
Classis Bivalvia						
Nuculanidae						
<i>Nuculana pella</i> (Linnaeus, 1767)				+	+	+

Τάξη	1A	2A	3A	1D	2D	3D
Corbulidae						
<i>Corbula gibba</i> (Olivi, 1792)				+	+	
Tellinidae						
<i>Tellina albicans</i> Gmelin, 1791				+	+	
<i>Tellina tenuis</i> da Costa, 1778					+	
Nuculidae						
<i>Nucula nucleus</i> (Linnaeus, 1758)				+		
Pectinidae						
<i>Pecten jacobaeus</i> (Linnaeus, 1758)				+		
Veneridae						
<i>Dosinia lupinus</i> (Linnaeus, 1758)	+					
<i>Gouldia minima</i> (Montagu, 1803)		+			+	
Glycymerididae						
<i>Glycymeris nummaria</i> (Linnaeus, 1758)			+			
Pharidae						
<i>Pharus legumen</i> (Linnaeus, 1758)						+
Lucinidae						
<i>Myrtea spinifera</i> (Montagu, 1803)						+
Noetiidae						
<i>Striarca gaymardi</i> (Payraudeau, 1826)				+		
Classis Scaphopoda						
Dentaliidae						
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)					+	
Gadilidae						
<i>Dischides politus</i> (S. Wood, 1842)		+		+	+	+
Phylum Polychaeta						
Ampharetidae						
<i>Melinna palmata</i> Grube, 1870					+	+
Pectinariidae						
<i>Lagis koreni</i> Malmgren, 1866				+		
Eunicida						
<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)						+
<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)				+	+	+
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)					+	
<i>Marphysa fallax</i> Marion & Bobretzky, 1875	+	+	+	+		+

Τάξη	1A	2A	3A	1D	2D	3D
Onuphidae						
<i>Paradiopatra bihanica</i> (Intes & Le Loeuff, 1975)		+	+			
Aphroditidae						
<i>Sthenelais boa</i> (Johnston, 1833)		+				
<i>Malmgrenia</i> sp. McIntosh, 1874					+	
Ophelidae						
<i>Armandia cirrhosa</i> Filippi, 1861					+	
Nephtyidae						
<i>Aglaophamus</i> sp. Kinberg, 1865				+		
Orbiniidae						
<i>Scoloplos armiger</i> (Müller, 1776)	+	+	+	+	+	+
Sabellidae						
<i>Paradialychone filicaudata</i> (Southern, 1914)				+	+	+
<i>Amphicorina</i> sp. Claparède, 1864				+	+	+
<i>Chone</i> sp. Krøyer, 1856					+	
<i>Jasmineira</i> sp. Langerhans, 1880				+		
<i>Euchone</i> sp. Malmgren, 1866						+
Capitellidae						
<i>Notomastus latericeus</i> Sars, 1851	+	+		+	+	+
<i>Notomastus lineatus</i> Claparède, 1869				+		
Glyceridae						
<i>Glycera tessellata</i> Grube, 1840				+		
Spionidae						
<i>Prionospio</i> sp. Malmgren, 1867					+	
<i>Laonice cirrata</i> (M. Sars, 1851)				+		
<i>Prionospio</i> sp. Malmgren, 1867						+
Terebellidae						
<i>Polycirrus denticulatus</i> Saint-Joseph, 1894				+		
Syllidae						
		+		+	+	+
Lumbrineridae						
<i>Hilbigneris gracilis</i> (Ehlers, 1868)		+	+	+		+
<i>Notocirrus scoticus</i> McIntosh, 1869						+
<i>Scoletoma</i> sp. Blainville, 1828		+			+	
<i>Lumbrineris</i> sp. Blainville, 1828		+				
<i>Hilbigneris</i> sp. Carrera-Parra, 2006					+	

Τάξη	1A	2A	3A	1D	2D	3D
Paraonidae						
<i>Aricidea cerrutii</i> Laubier, 1966	+	+			+	+
<i>Aricidea capensis</i> Day, 1961		+		+		
<i>Cirrophorus branchiatus</i> Ehlers, 1908	+					+
<i>Paraonis fulgens</i> (Levinsen, 1884)		+		+	+	
<i>Paradoneis harpagonea</i> (Storch, 1967)	+	+	+			
<i>Fragilis mediterranea</i> (Laubier & Ramos, 1974)						+
<i>Levinsenia brevibranchiata</i> (Strelzov, 1973)				+	+	
Cirratulidae						
<i>Caulleriella alata</i> (Southern, 1914)	+	+	+	+	+	
<i>Chaetozone gibber</i> Woodham & Chambers, 1994	+	+	+	+	+	
<i>Chaetozone</i> sp. Malmgren, 1867		+		+		+
Maldanidae						
<i>Clymenura</i> sp. Verrill, 1900	+	+	+		+	+
<i>Proclymene</i> sp. Arwidsson, 1906	+	+	+			
<i>Euclymene</i> sp. Verrill, 1900	+					
<i>Euclymene oerstedii</i> (Claparède, 1863)		+				
Phylum Crustaceans						
Nebaliidae						
<i>Nebalia bipes</i> (Fabricius, 1780)	+	+				
Leuconidae						
<i>Leucon</i> sp. Krøyer, 1846					+	+
Pseudocumatidae						
<i>Pseudocuma</i> sp. G.O. Sars, 1865					+	
Bodotriidae						
<i>Iphinoe</i> sp. Bate, 1856	+	+	+	+	+	+
Paguridae						
<i>Anapagurus petiti</i> Dechancé & Forest, 1962		+				
<i>Anapagurus</i> sp. Henderson, 1886		+				
<i>Pagurus</i> sp.1 Fabricius, 1775					+	+
<i>Pagurus</i> sp.2 Fabricius, 1775					+	
<i>Pagurus</i> sp.3 Fabricius, 1775		+				
Mysidae						
<i>Haplostylus</i> sp. Kossmann, 1880	+	+	+			+

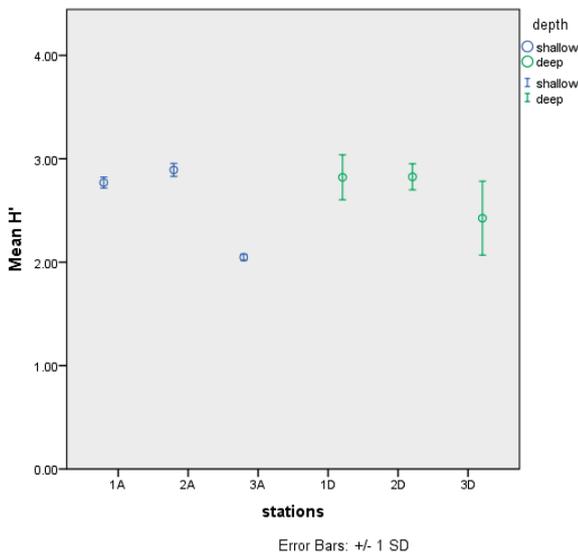
Τάξα	1A	2A	3A	1D	2D	3D
<i>Leptomysis gracilis</i> (Sars G.O., 1864)		+				
<i>Mesopodopsis</i> sp. Czerniavsky, 1882					+	
Caprellidae						
<i>Phtisica marina</i> Slabber, 1769		+	+	+	+	
<i>Caprella</i> sp. Lamarck, 1801				+	+	
Ampeliscidae						
<i>Ampelisca</i> sp. Krøyer, 1842				+	+	+
Bathyporeiidae						
<i>Bathyporeia</i> sp.1 Lindström, 1855	+	+	+			
<i>Bathyporeia</i> sp.2 Lindström, 1855	+		+			
Ischyroceridae						
<i>Erichthonius</i> sp. Milne-Edwards, 1830			+			
Corophiidae						
<i>Corophium</i> sp. Latreille, 1806				+		
Megaluropidae						
<i>Megaluropus</i> sp. Hoeck, 1889			+			
Urothoidae						
<i>Urothoe</i> sp. Dana, 1852			+	+	+	
Calliopiidae						
<i>Apherusa</i> sp. Walker, 1891		+				
Aoridae						
<i>Lembos</i> sp. Bate, 1857					+	
Oedicerotidae						
<i>Monoculodes</i> sp. Stimpson, 1853		+	+	+	+	+
<i>Perioculodes</i> sp. Sars, 1895		+	+			
<i>Westwoodilla</i> sp. Bate, 1862				+		
Lysianassidae						
<i>Orchomene</i> sp. Boeck, 1871				+		
Apseudidae						
<i>Apseudopsis latreillii</i> (Milne-Edwards, 1828)	+	+	+	+	+	+
Leptocheiliidae						
<i>Leptocheilia savignyi</i> (Krøyer, 1842)				+	+	+
Amphipoda sp.	+	+	+	+	+	

3.3 Δείκτες ποικιλότητας

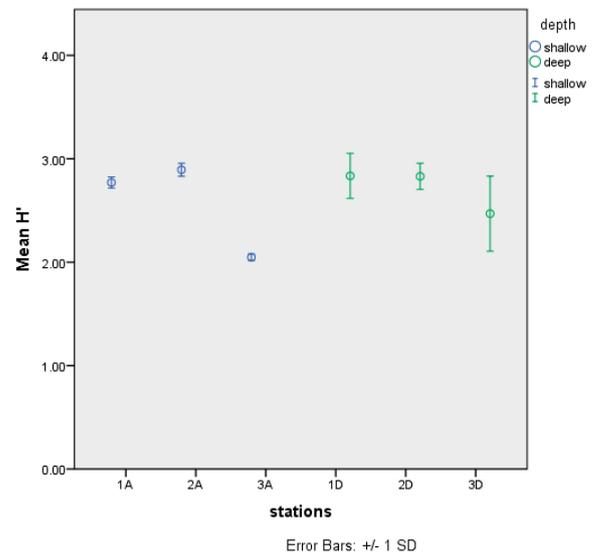
Για το σύνολο της βενθικής μακροπανίδας, οι τάσεις των δεικτών βιοποικιλότητας Shannon και Pielou φαίνονται στα παρακάτω διαγράμματα. Ο δείκτης Shannon παρουσιάζει την υψηλότερη τιμή στον σταθμό 2A (3,148), ενώ την χαμηλότερη τιμή στον σταθμό 3A (2,229). Στους υπόλοιπους σταθμούς οι τιμές δεν παρουσιάζουν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ τους. Προσεγγίζοντας τα δεδομένα με τον δείκτη Pielou η υψηλότερη τιμή παρουσιάζεται στον σταθμό 1A (0,841), ενώ την χαμηλότερη στον σταθμό 1D (0,544). Επίσης χαμηλή σχετικά τιμή παρουσιάζει και ο σταθμός 3A (0,643).

Στα μαλάκια ο δείκτης Shannon έχει την υψηλότερη τιμή στον σταθμό 2A ενώ τη μικρότερη στον 3A. Ο δείκτης Pielou δεν παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις στους σταθμούς.

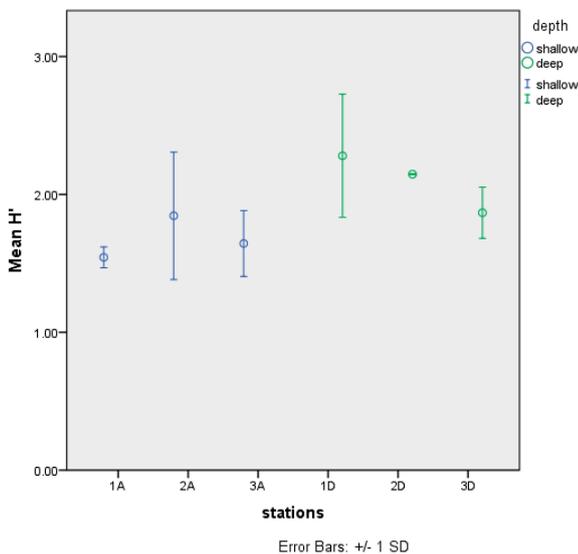
Διαγρ. 3.3.1 Δείκτης ποικιλότητας Shannon συνολικής μακροπανίδας



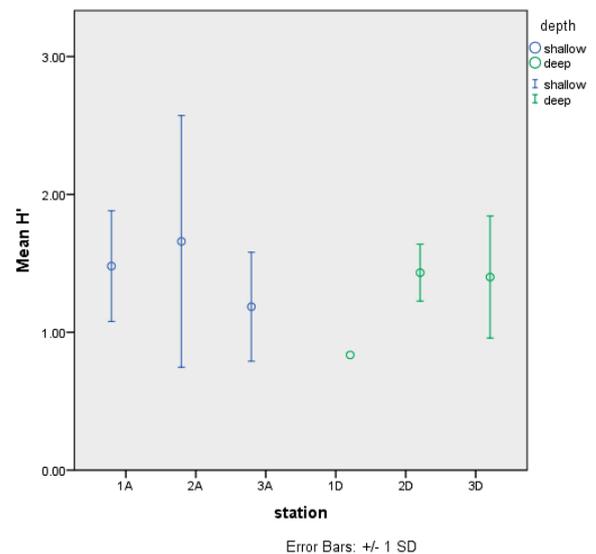
Διαγρ. 3.3.2 Δείκτης ποικιλότητας Shannon μαλακίων



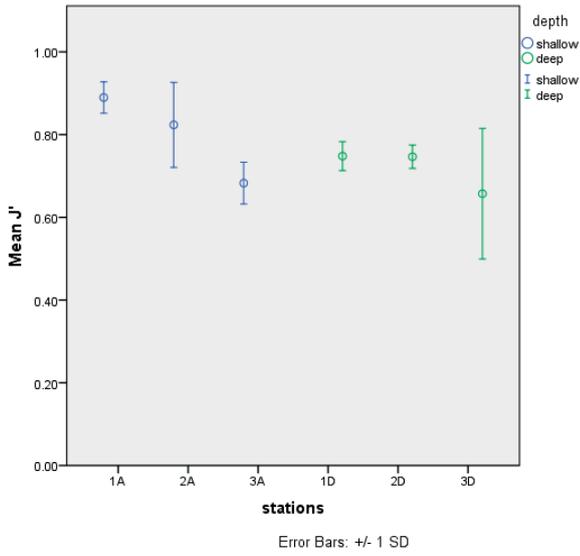
Διαγρ. 3.3.3 Δείκτης ποικιλότητας Shannon πολυχαίτων



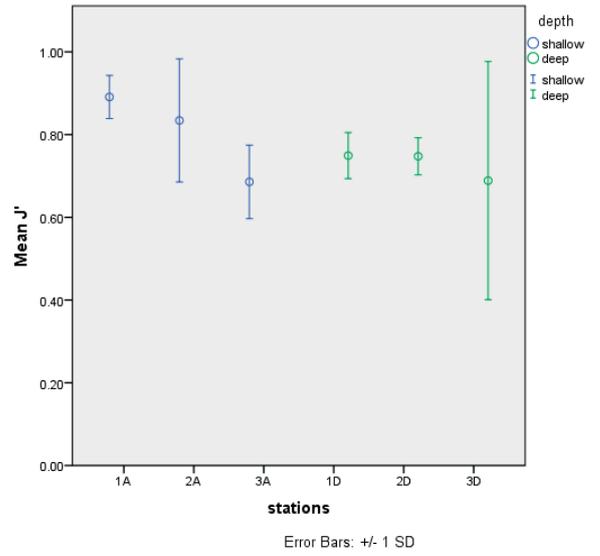
Διαγρ. 3.3.4 Δείκτης ποικιλότητας Shannon καρκινοειδών



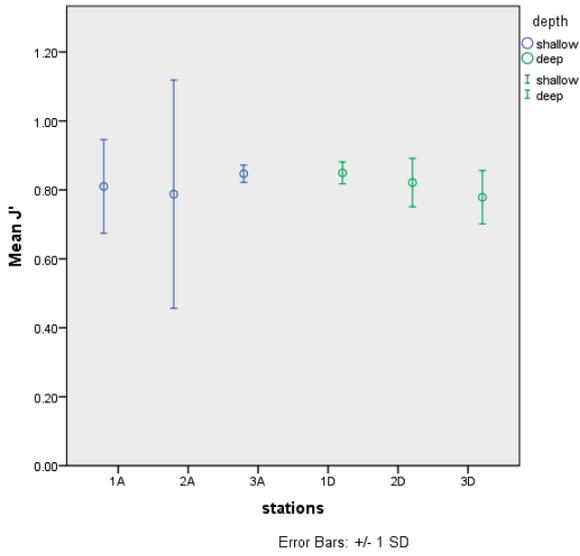
Διαγρ. 3.3.5 Δείκτης ισοδιανομής Ριελου συνολικής μακροπανίδας



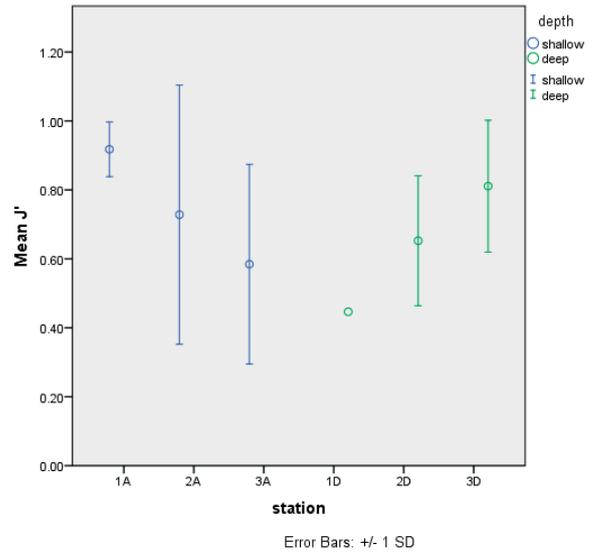
Διαγρ. 3.3.6 Δείκτης ισοδιανομής Ριελου μαλακίων



Διαγρ. 3.3.7 Δείκτης ισοδιανομής Ριελου πολύχαιτων



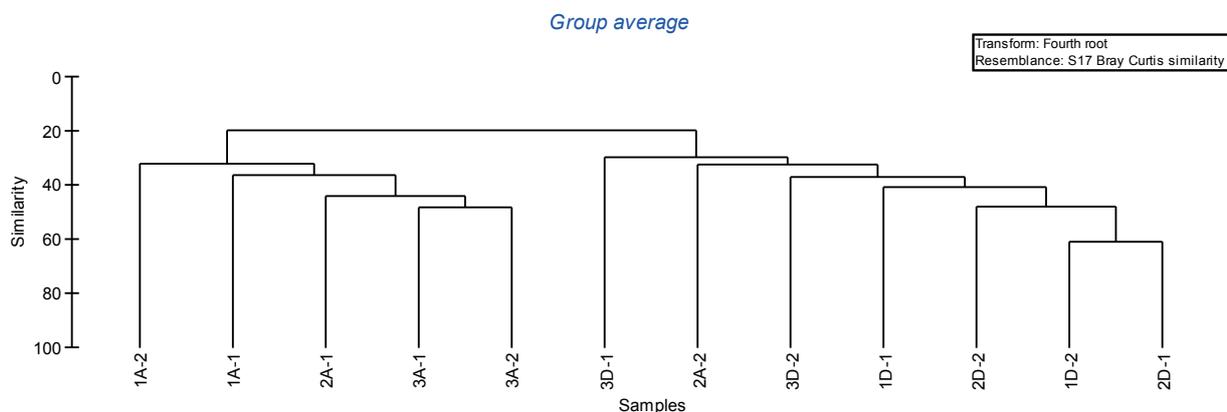
Διαγρ. 3.3.8 Δείκτης ισοδιανομής Ριελου καρκινοειδών



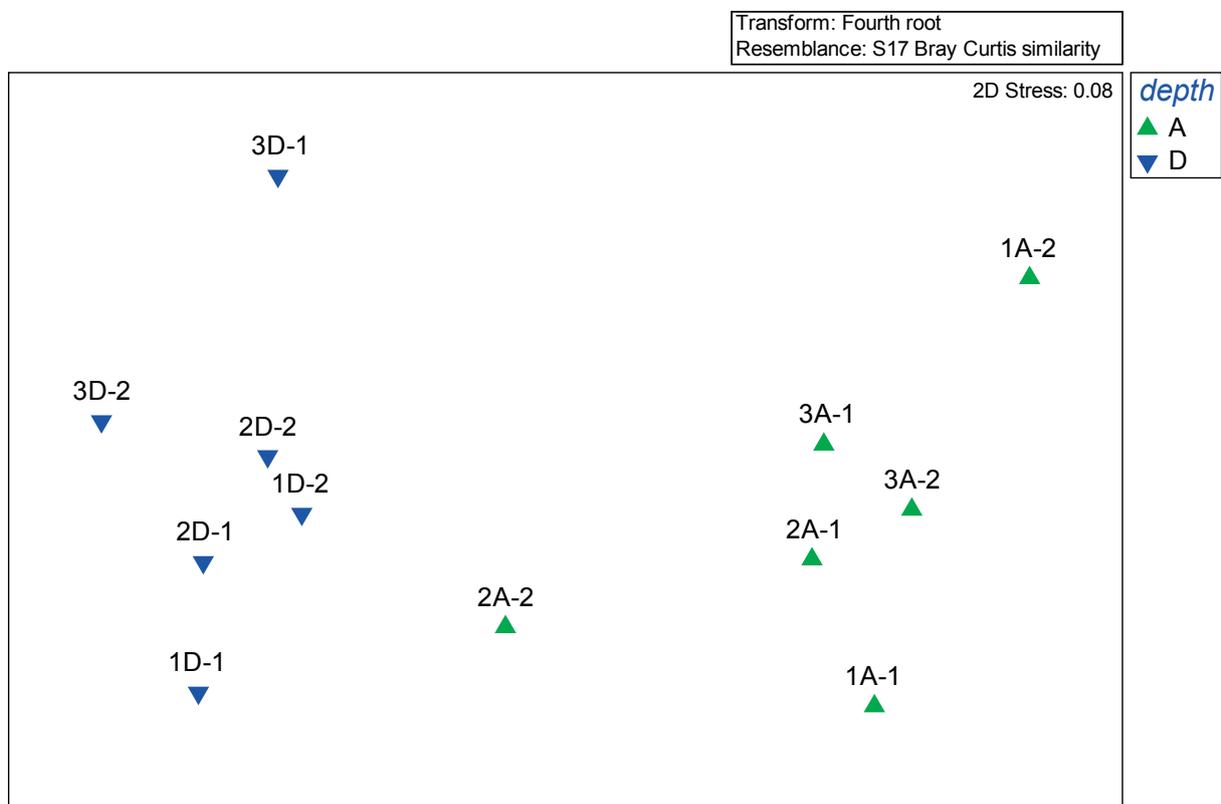
3.4 Μέθοδοι ιεραρχικής ομαδοποίησης (Cluster Analysis) και πολυδιάστατης χωρικής κατανομής (NMDS).

Σχετικά με την συνολική μακροπανίδα, στο δενδρόγραμμα της ιεραρχικής ομαδοποίησης, τα επαναληπτικά δείγματα των σταθμών 1D-1 και 2D-1 ομαδοποιούνται κατά 60,81% και τα 3A-1 με 3A-2 κατά 48,1%. Οι δύο πρώτοι σταθμοί ομαδοποιούνται με τον σταθμό 2D-2 κατά 47,87%, ενώ σημαντική ομαδοποίηση παρατηρείται στους 3A-1, 3A-2 με το επαναληπτικό δείγμα 2A-1.

Οι παραπάνω ομαδοποιήσεις φαίνονται και από την εφαρμογή της πολυδιάστατης χωρικής κατανομής όπου παρατηρούνται οι σταθμοί με τα επαναλαμβανόμενα δείγματα. Το καταγεγραμμένο stress από την εφαρμογή της μεθόδου ήταν 0.08.



3.4.1. Δενδρόγραμμα ιεραρχικής ομαδοποίησης



3.4.2. Πολυδιάστατη χωρική κατανομή

3.5 Μη παραμετρική στατιστική Kruskal-Wallis H Test

Τα αποτελέσματα της δοκιμής Kruskal-Wallis φαίνονται στους παρακάτω πίνακες. Όπου:

- χ^2 είναι η τιμή της βασικής στατιστικής παραμέτρου του ελέγχου H και δίνει το μέγεθος της διαφοροποίησης
- df είναι οι βαθμοί ελευθερίας
- p είναι το επίπεδο σημαντικότητας

Πίνακας 3.5.1 Έλεγχος Kruskal-Wallis συνολικής μακροπανίδας

	N	S	H'	J'
χ^2	2.812	6.774	0.326	3.998
df	1	1	1	1
p	0.094	0.009	0.568	0.046

Εφαρμόζοντας τη δοκιμή Kruskal-Wallis στη συνολική αφθονία και θέτοντας ως διαφοροποίηση το βάθος, η τιμή της βασικής στατιστικής παραμέτρου χ^2 που δίνει το μέγεθος της διαφοροποίησης είναι 2,812 που δεν αποτελεί σημαντική διαφοροποίηση. Για τον πλούτο ειδών η χ^2 δε δείχνει μεγάλη διαφοροποίηση. Όμως το επίπεδο σημαντικότητας είναι μικρότερο του 0,05 άρα απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση H_0 . Όσον αφορά το δείκτη ποικιλότητας Shannon η τιμή της χ^2 είναι πολύ χαμηλή (0,326). Για το δείκτη Pielou η χ^2 είναι χαμηλή όμως το p είναι μικρότερο του 0,05 άρα απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση (H_0). Αυτό σημαίνει πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των μέσων όρων των δύο δειγμάτων.

Πίνακας 3.5.2 Έλεγχος Kruskal-Wallis μαλακίων

	N	S	H'	J'
χ^2	210.17	17.831	0.021	1.256
df	1	1	1	1
p	0	0	0.885	0.262

Στη συνολική αφθονία των μαλακίων υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση των βαθιών και ρηχών νερών που φαίνεται έντονα στη δοκιμή Kruskal-Wallis όπου η τιμή της χ^2 είναι εξαιρετικά μεγάλη (210,17) με $p < 0,05$ που υποδηλώνει σημαντική διαφοροποίηση των δειγμάτων. Ο πλούτος των ειδών συμφωνεί με τα παραπάνω δείχνοντας μία σημαντική διαφοροποίηση με το βάθος ($\chi^2=17.831$, $p<0,05$). Ο δείκτης Shannon παρουσιάζει μια ομοιότητα των τιμών όπου η χ^2 είναι πολύ μικρή (0,021).

Πίνακας 3.5.3 Έλεγχος Kruskal-Wallis πολύχαιτων

	N	S	H'	J'
x²	0	4.79	5.026	0.103
df	1	1	1	1
p	0.992	0.029	0.025	0.749

Σημαντική παρατήρηση είναι πως στην δοκιμή Kruskal-Wallis η $\chi^2=0$ γεγονός που υποδεικνύει πως δεν υπάρχει διαφοροποίηση στους μέσους όρους των τιμών της αφθονίας των πολύχαιτων. Στον πλούτο ειδών παρατηρείται μία σχετική διαφοροποίηση των μέσων όρων των δειγμάτων με $\chi^2=4,790$. Ο δείκτης ποικιλότητας Shannon διαφοροποιείται σχετικά ($\chi^2=5,026$ και $p=0,025$). Στα ίδια πλαίσια κινείται και ο δείκτης Pielou όπου η $\chi^2=0,103$ (πολύ χαμηλή τιμή).

Πίνακας 3.5.4 Έλεγχος Kruskal-Wallis καρκινειδών

	N	S	H'	J'
x²	0.641	0.19	0.333	0.75
df	1	1	1	1
p	0.423	0.663	0.564	0.386

Μικρή διακύμανση φαίνεται στην αφθονία καρκινειδών όπου η $\chi^2=0,641$. Στα ίδια επίπεδα κινείται και ο πλούτος ειδών στα ρηχά και βαθιά νερά αφού $\chi^2=0,190$. Γενικά τα βαθιά με τα ρηχά νερά δε διαφοροποιούνται πολύ ($\chi^2=0,333$, $p=0,564$) όσον αφορά στο δείκτη ποικιλότητας Shannon αλλά και στο δείκτη ισοδιανομής Pielou όπου η τιμή χ^2 στο Kruskal-Wallis Test είναι μικρή (0,750).

4. Συζήτηση

Σύμφωνα με τις στατιστικές αναλύσεις όσον αφορά στην συνολική μακροπανίδα παρατηρείται πως οι μέσοι όροι της αφθονίας δε διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Όμως στον σταθμό 3D (βαθεία νερά) παρατηρείται μεγάλη ράβδος σφάλματος η οποία πιθανώς οφείλεται σε μεγάλη μεταβλητότητα των δεδομένων. Η εικόνα των δεδομένων αλλάζει για τον πλούτο ειδών. Στα ρηχά νερά παρατηρείται μία σημαντική διαφοροποίηση των μέσων όρων με τον σταθμό 2A να εμφανίζει μεγάλη ράβδο σφάλματος. Αντίθετα στα βαθεία νερά οι μέσοι όροι δε διαφέρουν πολύ μεταξύ τους αλλά και εδώ υπάρχει μεγάλη ράβδο σφάλματος. Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα των στατιστικών αναλύσεων για τον δείκτη Shannon βλέπουμε πως η ποικιλότητας παίρνει τιμές από 2,02 έως 3,02. Αυτό σημαίνει πως η οικολογική κατάσταση πιθανώς να χαρακτηρίζεται από ελλιπής έως μέτρια. Στα ρηχά οι τιμές των 1A είναι κοντά στο 3 (μέτρια οικολογική κατάσταση) όμως στον 3A είναι ελλιπής. Στα βαθεία νερά δεν παρατηρούνται μεγάλες διακυμάνσεις των μέσων όρων. Ο δείκτης Pielou εμφανίζει υψηλότερες τιμές στους σταθμούς 1A, 2A (ρηχά) και 1D (βαθεία) ενώ τη χαμηλότερη τιμή την εμφανίζει στον 3D.

Η συνολική αφθονία των μαλακίων φαίνεται πως είναι πολύ χαμηλή ειδικά στους σταθμούς των ρηχών νερών. Όμως στον 3D έχει πολύ μεγάλη τιμή κοντά στο 200 γεγονός που οφείλεται στον μεγάλο αριθμό ατόμων των *Bittium reticulatum* που ειδικά στο επαναληπτικό δείγμα 3D-2 φτάνει στα 318 άτομα. Τα αποτελέσματα φαίνεται να διαφοροποιούνται πολύ όσον αφορά στον αριθμό των ειδών των μαλακίων. Στους σταθμούς 1A και 3A παρατηρούνται οι χαμηλότεροι μέσοι όροι ενώ και πάλι στον 3D παρουσιάζεται ο υψηλότερος. Οι τιμές του δείκτη ποικιλότητας Shannon είναι όλες κοντά στο 2 που χαρακτηρίζεται ως ελλιπής οικολογική κατάσταση. Ο δείκτης ισοδιανομής παρουσιάζει μικρές διακυμάνσεις που όπως θα ήταν αναμενόμενο έχει τη χαμηλότερη τιμή στον σταθμό 3D.

Στους πολύχαιτους η αφθονία είναι σχετικά χαμηλή με τις τιμές των μέσων όρων όλων των σταθμών να είναι χαμηλότερες του 20 εκτός όμως από τον σταθμό 2A που ο μέσος όρος των τιμών είναι κοντά στο 40 με μεγάλη μεταβλητότητα στα δεδομένα. Όσον αφορά στον πλούτο ειδών παρατηρούνται σημαντικές διακυμάνσεις. Ο σταθμός με την υψηλότερη τιμή στους μέσους όρους είναι ο 1D ενώ οι 1A και 3A έχουν τη χαμηλότερη. Η ποικιλότητα έχει μεγαλύτερες τιμές στους σταθμούς των βαθιών νερών. Πρέπει να σημειωθεί ότι στο επαναληπτικό δείγμα 3A-1 η οικολογική κατάσταση χαρακτηρίζεται οριακά κακή. Ο δείκτης Pielou δεν παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις ενώ οι τιμές των μέσων όρων κινούνται περίπου στα ίδια επίπεδα στα ρηχά και στα βαθεία νερά.

Η αφθονία των καρκινοειδών παρουσιάζει σχετικά μικρές διακυμάνσεις όμως αυτό που πρέπει να επισημανθεί είναι η μεγάλη μεταβλητότητα στα δεδομένα σε όλους τους σταθμούς εκτός των 1A και 3D. Ο πλούτος των ειδών εμφανίζει μεγάλες διακυμάνσεις. Ο δείκτης ποικιλότητας Shannon παρουσιάζει τις χαμηλότερες τιμές στον σταθμό 1D όπου η οικολογική κατάσταση θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως κακή.

Ο επικρατέστερος οργανισμός είναι το μαλάκιο *Bittium reticulatum* το οποίο είναι ιζηματοφάγο. Η οργανική ύλη του ιζήματος που εντοπίστηκε στους περισσότερους σταθμούς αποτελεί τροφή για αυτές τις τροφικές ομάδες γεγονός που βοηθάει στην εξάπλωσή τους.

Σχετικά με τη συνολική μακροπανίδα στο δενδρόγραμμα της ιεραρχικής ομαδοποίησης παρατηρείται πως υπάρχει μία ξεκάθαρη ομαδοποίηση των σταθμών των ρηχών νερών μεταξύ τους και μία δεύτερη των σταθμών των βαθιών νερών. Εξαιρέση αποτελεί μόνο το επαναληπτικό δείγμα 2A- 2 (ρηχού νερού) το οποίο ομαδοποιείται με τους σταθμούς των βαθιών νερών. Γενικά η ομοιότητα Bray-Curtis (%) μεταξύ των δειγμάτων είναι υψηλή με το υψηλότερο ποσοστό 60,81% να εμφανίζεται ανάμεσα στα επαναληπτικά δείγματα 1D-2 και 2D-1.

Από την Πολυδιάστατη Κατάταξη (NMDS) παρατηρούνται μικρότερες αποστάσεις μεταξύ των σταθμών των ρηχών νερών και μεταξύ των βαθιών. Εξαιρέση και πάλι αποτελεί το επαναληπτικό δείγμα 2A-2 όπου βρίσκεται κάπου ανάμεσα στα ρηχά και στα βαθιά νερά.

Το ίζημα των ρηχών νερών είναι άμμος και χαρακτηρίζεται μετρίως καλά διαβαθμισμένο. Η κατάσταση διαφέρει στους σταθμούς των βαθιών νερών αφού το ίζημα είναι ελαφρά χαλικώδης έως ιλυώδης άμμος γεγονός που ελαττώνει την διαβάθμισή του. Όμως η διαβάθμιση φαίνεται να αυξάνεται και πάλι στον σταθμό 3D. Σύμφωνα με τους Brown (1983) και Jaramillo (1987) ο τύπος του ιζήματος δεν αποτελεί παράγοντα που επηρεάζει την βενθική μακροπανίδα γιατί οι περισσότεροι οργανισμοί που ζουν σε αμμώδεις πυθμένες μπορούν να επιβιώσουν σε μεγάλο εύρος ποικιλίας ιζήματος. Σημειώνουν πως οι βενθικοί οργανισμοί δεν έχουν καθολικές προτιμήσεις στον τύπο του ιζήματος εκτός από ακραίες περιπτώσεις πολύ χονδρόκοκκης άμμου. Παρόλαυτά ο τύπος του ιζήματος μπορεί να επηρεάσει κάποιες λειτουργίες των οργανισμών όπως την ικανότητα της μετακίνησης και εκσκαφής του ιζήματος (Brown & McLachlan 1990). Έρευνες έχουν δείξει ότι χονδρόκοκκα ιζήματα έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ικανότητα εκσκαφής των οργανισμών (Alexander et al., 1993, Yannicelli, 1999). Σύμφωνα με τον Alejandro Brazeiro (2001) το μέγεθος του ιζήματος πιθανώς να είναι εν μέρει υπεύθυνο για τον πλούτο των ειδών καθώς η αδυναμία εκσκαφής ενός οργανισμού για να αποφύγει τους θηρευτές παραπέμπει στην αλλαγή του ρυθμού θνησιμότητας των ειδών με αποτέλεσμα να ελέγχει τη διανομή τους.

Σύμφωνα με τους Louizidou et al., 2012 όσο πιο διαβαθμισμένο είναι το ίζημα τόσο καλύτερες είναι οι τιμές της ποικιλότητας. Άρα περιμένουμε υψηλότερες τιμές όπου το ίζημα έχει μεγαλύτερη ομοιομορφία και άρα περισσότερους διαθέσιμους μικροθώκους.

Η Μεσόγειος θάλασσα και ειδικότερα το ανατολικό Αιγαίο είναι μία από τις πιο ολιγότροφες θάλασσες του κόσμου. Έχει βρεθεί ότι τα ολογοτροφικά συστήματα χαρακτηρίζονται από μειωμένη αφθονία και αυξημένη ποικιλότητα ειδών (Bellan-Santini et al., 1994) κάτι που παρατηρείται και στα αποτελέσματα τις παρούσας εργασίας. Σύμφωνα με τους W. Πλαίτη et al., 2006 η βορειοανατολική Ρόδος είναι μία περιοχή που δέχεται σχετική περιβαλλοντική πίεση εξαιτίας της μεγάλης ανάπτυξης στον τουριστικό τομέα και η σχετική επιβάρυνση κοντά στο λιμάνι αντανακλάται στην αύξηση της πανίδας των αμφιπόδων.

Όσον αφορά την εξόρυξη υποθαλάσσιων αδρανών υλικών έρευνες στη Βαλτική Θάλασσα (C. Herrmann et al., 1999) έδειξαν ότι η εξόρυξη πιθανώς να επηρεάσει το θαλάσσιο περιβάλλον και τα αποθέματα ψαριών. Ειδικότερα καταστρέφεται η βενθική χλωρίδα και πανίδα και η διάθεση του ιζήματος που δεν χρησιμοποιείται επηρεάζει πολύ μεγαλύτερη περιοχή από αυτή όπου πραγματοποιείται η εξόρυξη. Η αποίκηση των οργανισμών απαιτεί

μήνες αλλά ακόμα και όπου αυτή γίνεται με γρήγορους ρυθμούς η επαναφορά του οικοσυστήματος στην αρχική κατάσταση απαιτεί χρόνια. Στην περίπτωση όπου η κατάσταση του πυθμένα αλλάξει ριζικά τότε η αρχική χλωρίδα και πανίδα δεν επανέρχεται ποτέ. Στη Βαλτική τα υποθαλάσσια αδρανή υλικά θα πρέπει να θεωρούνται ως μία πεπερασμένη πηγή και οι διαδικασίες της εξόρυξης θα πρέπει να λαμβάνουν σοβαρά υπόψη τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Αυτό συμβαίνει διότι τα αποθέματα προέρχονται από μακράς διάρκειας μεταπαγετώδεις διαδικασίες και είναι αδύνατο να αντικατασταθούν.

Σύμφωνα με (K.M. Cooper et al., 2011) σε έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στο Ηνωμένο Βασίλειο χρησιμοποιήθηκε μία προσέγγιση μετα- ανάλυσης για να εκτιμηθεί η επίδραση της βυθοκόρησης και των μεταβολών που προκαλούνται στη σύνθεση του ιζήματος και στη δομή των βενθικών κοινοτήτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι αυξήθηκε η ευαισθησία της μακροπανίδας καθώς αυξήθηκε η αναλογία χαλικιού και μειώθηκε η φυσική διαταραχή του συστήματος. Αυτά τα ευρήματα μπορούν να εξηγηθούν από τη στενή σχέση ορισμένων οργανισμών με την αναλογία χαλικιού και την επιρροή της φυσικής διαταραχής που καθώς αυξάνει τείνει να περιορίσει τον αποικισμό από αυτά τα είδη. Καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η διατήρηση της σύστασης του ιζήματος μετά την βυθοκόρηση και τον εντοπισμό περιοχών υψηλότερης φυσικής διαταραχής ελαχιστοποιούν το ενδεχόμενο για τις μακροπρόθεσμες αρνητικές επιπτώσεις στην πανίδα.

Έρευνες στη Βελγική υφαλοκρηπίδα (V. Lancker et al., 2003) έδειξαν ότι η εξόρυξη προκάλεσε σημαντικές επιπτώσεις στον χαρακτήρα του πυθμένα, την οικολογία και την τοπική υδροδυναμική. Υπό αυτές τις συνθήκες η αναγέννηση του πυθμένα αποτελεί μακροπρόθεσμο κατόρθωμα. Η πιο σοβαρή επίπτωση είναι η αλλαγή της τοπογραφίας του πυθμένα και της σύστασης του ιζήματος. Όσον αφορά τις βιολογικές επιπτώσεις είναι δύσκολο να εκτιμηθεί το μέγεθός τους. Η σύσταση του μακροβένθους σημειώνει διαφορές αλλά όχι σε καθοριστικό σημείο, γεγονός που κάνει δυνατή την αποκατάσταση. Ωστόσο η αλλαγή του βάθους της περιοχής είναι ικανή να προκαλέσει μεταβολές στη βιοποικιλότητα.

Η εξόρυξη υποθαλάσσιων αδρανών υλικών συμβάλει στη μείωση του πλούτου ειδών, της αφθονίας και της βιομάζας (Desprez, 2000). Επηρεάζει τις βιοκοινωνίες και τις βιολογικές διαδικασίες τροποποιώντας το φυσικό περιβάλλον του πυθμένα. Σύμφωνα με Austen et al., 2009 οι βενθικές κοινωνίες μπορεί να καταστραφούν στην περιοχή της εξόρυξης αλλά το αιωρούμενο ιζημα μπορεί να προκαλέσει ζημιές και πέρα από την περιοχή της εξόρυξης. Η εξόρυξη προκαλεί αύξηση της τύρβης το οποίο μπορεί να επηρεάσει το φυτοπλαγκτόν, τα φύκη και τα θαλάσσια λιβάδια τα οποία χρειάζονται φως για να λειτουργήσουν και η πανίδα που χρειάζεται φως για κυνήγι τροφής. Ωστόσο η τύρβη του ιζήματος είναι προσωρινή (Hitchcock and Drucker 1996) και οι επιπτώσεις αυτές μειώνονται στο ελάχιστο. Επίσης η εξόρυξη αλλάζει τη φύση του πυθμένα και είναι πιθανό να αποικηθεί από είδη που προηγουμένως να ήταν αδύνατο να μπορούσαν να ζήσουν εκεί. Παρατηρείται άνοδος της πίεσης φαινομένου σε περιοχές κοντινές από την περιοχή που πραγματοποιείται εξόρυξη (Cooper, 2005). Όμως αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι περιοχές ανεπηρέαστες από την εξόρυξη μπορούν να λειτουργήσουν ως πηγή για αποίκηση της περιοχής εξόρυξης (Newell et al., 1998).

Η παρούσα εργασία θα μπορούσε (α) να χρησιμοποιηθεί ως άξονας αναφοράς στη διαχείριση ενός σχεδίου πιθανής μελλοντικής εξόρυξης υποθαλάσσιων αδρανών υλικών στην περιοχή και να συντελέσει στην απαιτούμενη συστηματική παρακολούθηση (monitoring) κατά τη διάρκεια αλλά και μετά από την εξόρυξη και (β) να βοηθήσει στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων στο πλαίσιο του παράκτιου / θαλάσσιου αναπτυξιακού σχεδιασμού της ευρύτερης περιοχής.

5. Συμπεράσματα

- Η οικολογική κατάσταση της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται μέτρια αν περιοριστούν τα κριτήρια μόνο στον δείκτη ποικιλότητας Shannon.
- Κυρίαρχη ομάδα σε όλους σχεδόν τους σταθμούς ήταν τα μαλάκια και πιο συγκεκριμένα τα γαστερόποδα.
- Υπάρχει μια διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων όσον αφορά στο βάθος από όπου συλλέχθηκαν τα δείγματα.
- Ο σταθμός δειγματοληψίας 3D χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερες συνθήκες αφού η συνολική αφθονία του και ιδιαίτερα αυτή των μαλακίων είναι πολύ αυξημένη. Το γεγονός αυτό πιθανώς να οφείλεται στον τύπο του ιζήματος και στο βραχώδες ύβωμα "Ξέρα Κολυμπίων", ένα μορφολογικό χαρακτηριστικό του πυθμένα που βρίσκεται στο νότιο ύβωμα του όρμου και κοντά στον σταθμό 3D.
- Το ιζημα χαρακτηρίζεται φτωχά έως μέτρια ταξινομημένο, γεγονός που δε βοηθάει στην αύξηση της ποικιλότητας.
- Τα ξενικά είδη που καταγράφηκαν *Caulerpa racemosa* και *Halophila stipulacea* συνιστούν υποβάθμιση της περιοχής μελέτης.
- Λόγω του ότι η εξόρυξη των υποθαλάσσιων αδρανών υλικών τείνει στην υποβάθμιση του οικοσυστήματος, στην περίπτωση πραγματοποίησης εξόρυξης απαιτείται μελέτη με σκοπό την μείωση των πιθανών επιπτώσεων και την αποκατάσταση του οικοσυστήματος, μετά από αυτή, όπου κρίνεται απαραίτητο.

6. Βιβλιογραφία

- Βερυκίου-Παπασπυριδάκου Ε., Μπαθρέλλος Γ., Σκυλοδήμου Χ. (2004). Φυσικογεωγραφικές παρατηρήσεις της παράκτιας ζώνης της Βορειοανατολικής Ρόδου. *Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας*, 36: 958-967.
- Λουιζίδου Π., Θεσσαλού-Λεγάκη Μ. (2012) Μελέτη βιοκοινωνιών μαλακού υποστρώματος και εφαρμογή του δείκτη BENTIX στο παράκτιο οικοσύστημα της Ρόδου. Τομέας Ζωολογίας-Θαλάσσιας Βιολογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Πλαϊτή W., Σύμπουρα Ν., Ναλετάκη Μ., Σαλωμίδη Μ., Di Liberto S., Pancucci, M.A. (2006). Μελέτη βενθικών βιοκοινωνιών σκληρού υποστρώματος στις ακτές της Ρόδου. 8ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας, Θεσσαλονίκη, 4-8 Ιουνίου 2006, 693-699.
- Austen, M.C., Hattam, C., Lowe, S., Mangi, S.C. & Richardson, K., 2009. Quantifying and valuing the impacts of marine aggregate extraction on ecosystem goods and services. Marine Aggregate Levy Sustainability Fund (MALSF). MEPF 08-P77.
- Bellan, G. 1985. Effects of pollution and man-made modifications on marine benthic communities in the Mediterranean: A review. In: Apostolopoulou, M. and Kiortsis, V., eds. Mediterranean marine ecosystems. NATO Conference Series I, Ecology, Plenum Press, New York 8: 163- 194.
- Bisacchi, J. 1928-29. Ricerche faunistiche delle Isole Italiane dell Egeo. Arch. Zool. Hal. 12-13: 123-132.
- Brazeiro A. Relationship between species richness and morphodynamics in sandy beaches: what are the underlying factors? Marine Ecology Progress Series Vol. 224:35-44, 2001.
- Cooper, K.M., Eggleton, J.D., Vize, S.J., Vanstaen, K., Smith, R., Boyd, S.E., Ware, S., Morris, C.D., Curtis, M., Limpenny, D.S. and Meadows, W.J. (2005). Assessment of the rehabilitation of the seabed following marine aggregate dredging- part II. Sci Ser, Tech. Rep., Cefas, Lowestoft, 130:83pp.
- Cooper K.M., Curtis M., WanHussin W.M.R., Barrio C.R.S., Defew E.C., Nye V., Paterson D.M. (2011) Marine Pollution Bulletin 62(2011)2087-2094.
- Cornée, JI, Moissette, P., Joannin, S., Sue, J.P., Quillevere, F., Knjgsrnan, W, Hilgen, E., Koskeridou, E., MUnch, P., Lecuyer, C., Desvignes, P. (2006). Tectonic and climatic controls on coastal sedimentation: the Late Pliocene-Middle Pleistocene of northeastern Rhodes Greece. *Sedimentary Geology*, 187: 159-181.
- Desprez M. (2000) Physical and biological impact of marine aggregate extraction along the French coast of the Eastern English Channel: short-and long-term post- dredging restoration. ICES Journal of Marine Science, 57:1428-1438, 2000.
- Hanken N. M., Bromley R., Miller J. (1996). Plio-Pleistocene sedimentation in coastal grabens, north-east Rhodes, Greece. *Geological Journal*, 31: 271-296.

- Hitchcock D.R. An overview of environmental appraisals for marine aggregate dredging (1999).
- ICES Advisory Committee on the Marine Environment, 2003. Annex 2: ICES guidelines for the management of marine sediment extraction. ICES Cooperative Research Report 263, 210-215.
- James, J.W.C.; Philpott, S.L., and Jenkins, G.O., 2005. Marine aggregates in the Bristol Channel and Severn Estuary. In: BASSETT, M.G.; DEISLER, V.K., and NICHOL, D. (eds.), *Urban Geology in Wales: 2*. National Museum of Wales Geological Series No. 24, Cardiff, pp. 222-229.
- Kenny, A.J., Rees, H.L., 1994. The effects of marine gravel extraction on the macrobenthos: early post dredging recolonization. *Marine Pollution Bulletin* 28, 442-447.
- Kapsimalis, J., Rousakis. G., Hatiris. G., Kalogirou. S., Hasiotis. T., Karditsa. A., Petrakis. S., Poulos. S.E., and Stamatakis. M., 2013. Searching for marine aggregates deposits in the Afandou bay (Rhodes island, Greece). *Rapp. Comm. Int. Mer Medit*, 40.
- Kontogianni V.A., Tsoulos N., Stiros S.C., 2002. Coastal uplift, earthquakes and active faulting of Rhodes Island (Aegean Arc): modeling based on geodetic inversion. *Marine Geology*, 186: 299-317.
- Newell, R. C., Seiderer, L. J. & Hitchcock, D. R. 1998. The impact of dredging works in coastal waters: a review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the sea bed. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 36, 127-178.
- McLachlan A., Jaramillo E., Donn E. T., Wessels F. Sandy Beach Macrofauna Communities and their Control by the Physical Environment: A Geographical Comparison. *Journal of Coastal Research* SI/15/27-38 Fort Lauderdale, Florida Spring 1993.
- Ovhinicov, I.M. and Plakhin, Y.A. 1984. Formation of the intermediate waters of the Mediterranean Sea in the Rhodes cyclonic gyre. *Oceanol. Acad. Sci., VRSS* 24: 317-319.
- Pancucci –Papadopoulou M.A., Simboura, N., Zenetos, A., Thessalou-Legaki, M., (1999). Benthic invertebrate communities of NW Rodos (Rhodes) Island (SE Aegean Sea) as related to hydrological regime and geographical location. *Israel Journal of Zoology*, Volume 45, Issue 3.
- Pirazzoli, P.A., Montaggioni, L.F., Saliege, J.F., Segonzac, G., Thommeret, Y., Vergnaud-Grazzini, C., (1989). Crustal block movements from Holocene shorelines: Rhodes Island (Greece). *Tectonophysics*, 170, 89-114.
- Poulos, S.E. and Ballay, A., this volume. Grain size trend analysis for the determination of non-biogenic sediment pathways at the Kwinte Bank (Southern North Sea), in relation to sand abstraction. *Journal of Coastal Research*.
- Pyökäri M. (1997). The provenance of beach sediments on Rhodes, southeastern Greece, indicated by sediment texture, composition and roundness. *Geomorphology*, 18: 315-332.

- Robinson, A.R., Golnaraghi, M., Leslie, W.G., Artegiani, A., Hecht, A., Lazzoni, E. Michelato, A., Sansone, E., Theocharis, A., and Unluata, U. 1991. The eastern Mediterranean general circulation: feature, structure and variability. *Dyn. Atmos. Oceans* 15: 215-240.
- Salomidi M, Pancucci-Papadopoulou MA, Hatiris GA and Panayotidis P (2003) Rapid assessment of the ecological status of a Greek coastal area based on phytobenthos: preliminary results. In: RAC/SPA (ed) *Proceedings of the Second Mediterranean Symposium on Marine Vegetation*, Athens, 12-13 December 2003, pp 211-216.
- Simboura, N. and Nikolaidou, A. 1993. The polychaete fauna of the northern coast of Rhodes and comparison with other areas. *Proc. 4th Natl. Symp. Oceanogr. Fish., Rodos*, pp. 21-213 (in Greek).
- Sur, H.J., Ozsoy, E., and Unluata, U. 1993. Simultaneous deep and intermediate depth convection in the northern Levantine Sea, winter 1992. *Oceanol. Acta* 16: 33-43.
- Survey A. (2004) Seabed characterisation and the effects of Marine Aggregate dredging. MIRO Project Ref. 0548/ANALYSIS(01).
- Theocharis, A., Georgopoulos, D., Lascaratos, A., and Nittis, K. 1993. Water masses and circulation in the central region of the Eastern Mediterranean: Eastern Ionian, South Aegean and Northwest Levantine, 1986-1987. *Deep Sea Res. II. Top. Stud. Oceanogr. Spec. issue* 40: 1121-1142.
- Tsiamis K, Panayotidis P and Montesanto B (2007) Contribution to the study of the marine vegetation of Rhodes Island (Greece). In: RAC/SPA (ed) *Proceedings of the Third Mediterranean Symposium on Marine Vegetation*, Marseille, 27-29 March 2007, pp 190-196.
- Ware S., Mazik K., Langman R., Lowe S., Weiss L. and Walker R (2011) The Applicability of Environmental Indicators of Change to the Management of Marine Aggregate Extraction MEPF/10/P171.
- Zenetos A., Katsanevakis S., Poursanidis D., Crocetta F., Damalas D., Apostolopoulos G., Gravili C., Vardala-Theodorou E. and Malaquias M. (2010) Marine alien species in Greek Seas: Additions and amendments. *Mediterranean Marine Science* 12/1, 2011, 95-120.
- Verikiou- Papaspiridakou E., Bathrellos G. and Skilodimou H., 2004. Physico- geographical observations of the coastal zone of the northeastern part of island Rhodes. *Bull. Geol. Soc. Greece*, 36, 958-967.