**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ** **ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. ΚΡΗΤΗΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ**

**Π.Μ.Σ.: Περιβαλλοντική Βιολογία - Διαχείριση Χερσαίων και Θαλάσσιων Βιολογικών πόρων**

# ΒΙΟΓΕΝΕΙΣ ΔΟΜΕΣ ΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΕΣ ΜΕ ΤΙΣ ΜΕΙΟΠΑΝΙΔΙΚΕΣ ΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΤΗΣ ΒΑΘΙΑΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟ-ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ ΕΙΡΗΝΙΚΟΥ

**Μεταπτυχιακή Εργασία**

**Συρανίδου Ευδοκία**

**ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2010**

Επιβλέποντες καθηγητές:

Παυλίδης Μιχάλης, Επίκουρος καθηγητής του Τμήματος Βιολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης

Τσελεπίδης Αναστάσιος, Καθηγητής του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιά

Επιβλέπον ερευνητής:

Λαμπαδαρίου Νικόλαος, Ερευνητής Γ' του Ινστιτούτου Ωκεανογραφίας του Ελληνικού κέντρου θαλασσίων ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.) Κρήτης

# Περιεχόμενα


**Περιεχόμενα** σελ. 1

**Πρόλογος** σελ. 3

**1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ** σελ. 4

1.1 Βαθιά θάλασσα – ένα ομοιογενές ή ένα πολύπλοκο οικοσύστημα; σελ. 4

1.2. Πηγές ετερογένειας στη βαθιά θάλασσα-Βιογενείς δομές σελ. 5

1.3. Σχέσεις βιολογικής ετερογένειας - ποικιλότητας σελ. 7

1.4. Στόχοι σελ. 11

**2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ** σελ. 12

2.1 Στρατηγική δειγματοληψίας σελ. 12

2.1.1 Σταθμοί δειγματοληψίας σελ. 12

2.1.1.1.Βορειο- ανατολικός Ειρηνικός Ωκεανός "Σταθμός Μ (Station M)" σελ. 12

2.2. Τεχνικές πεδίου σελ. 12

2.2.1. Διαδικασία δειγματοληψίας σελ. 14

2.3. Εργαστηριακές τεχνικές σελ. 15

2.3.1. Διαχωρισμός ιζήματος-πανίδας σελ. 15

2.3.2. Κατασκευή μονίμων παρασκευασμάτων σελ. 16

2.3.3. Προσδιορισμοί σελ. 16

2.4 Ανάλυση δεδομένων σελ. 17

2.4.1. Έλεγχοι υποθέσεων σελ. 17

2.4.2. Ανάλυση ποικιλότητας σελ. 17

2.4.3. Πολυμεταβλητή ανάλυση σελ. 19

2.5 Λογισμικό σελ. 22

**3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ** σελ. 24

3.1 Μειοπανίδα σελ. 24

3.1.1 Κατανομή της αφθονίας των μειοπανιδικών οργανισμών στα διαφορετικά μικροπεριβάλλοντα σελ. 24

3.1.2. Κατανομή της αφθονίας των νηματωδών στα διαφορετικά μικροπεριβάλλοντα σελ. 28

3.1.3. Κατανομή της αφθονίας των κωπήποδων στα διαφορετικά μικροπεριβάλλοντα σελ. 30

3.1.4. Κατανομή της αφθονίας των κινόρυνχων στα διαφορετικά μικροπεριβάλλοντα σελ. 32

3.1.5. Κατανομή της αφθονίας των υπόλοιπων μειοπανιδικών τάξεων στα διαφορετικά μικροπεριβάλλοντα σελ. 34

3.1.6 Πολυπαραγοντικές αναλύσεις σελ. 35

3.1.7. Similarity Percentage (SIMPER) σελ. 37

3.1.8. Καμπύλες με τη μέθοδο Rarefaction σελ. 38

3.2. Βιοκοινωνίες νηματωδών σελ. 39

3.2.1. Δομή σελ. 39
3.2.2 Πολυπαραγοντικές αναλύσεις σελ. 40
3.2.3 Πρότυπα ποικιλότητας των Νηματωδών σελ. 42
3.2.3.1 Δείκτες ποικιλότητας σελ. 42
3.2.3.3. Καμπλύλες Rarefaction σελ. 42
3.2.3.2 Similarity Percentage (SIMPER) σελ. 43
**4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ** σελ. 45
4.1. Επίδραση των μικροπεριβάλλοντων στη μειοπανίδα της βαθιάς θάλασσας σελ. 45
4.2. Επίδραση των μικροπεριβάλλοντων στα γένη των νηματωδών της βαθιάς θάλασσας σελ. 46
4.3. Θεωρία της ενδιάμεσης διατάραξης του Conell (1978) σελ. 47
4.4. Επίδραση των βιολογικών δομών στους μειοπανιδικούς οργανισμούς και στα γένη των νηματωδών της βαθιάς θάλασσας σελ. 48
4.5.Βιογενείς δομές, αλλαγή κλίματος και ανθρώπινες αλληλεπιδράσεις σελ. 51
**5. Συμπεράσματα** σελ. 53
**6. Βιβλιογραφία** σελ. 55
**7. Παράρτημα** σελ. 64

## Πρόλογος

Η μεταπτυχιακή εργασία ολοκληρώθηκε τον Οκτώβριο του 2010, στο εργαστήριο Βενθικής Οικολογίας του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε) Κρήτης στα πλαίσια του Π.Μ.Σ. "Περιβαλλοντική Βιολογία - Διαχείριση Χερσαίων και Θαλάσσιων Βιολογικών πόρων" του τμήματος Βιολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντά μου, Νίκο Λαμπαδαρίου, για την ηθική και επιστημονική του υποστήριξη, την ακούραστη καθοδήγησή του σε όλη τη διάρκεια της άσκησης μου. Ανέλαβε την εκπαίδευση μου και για αυτό του οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ αλλά και για τις πολύτιμες υποδείξεις και διορθώσεις του, τόσο κατά την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας όσο και κατά την συγγραφή της.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον υπεύθυνο καθηγητή μου κ. Αν. Τσελεπίδη που μου εμπιστεύτηκε τα δείγματα και για τη δυνατότητα που μου έδωσε να ασχοληθώ με μια τόσο ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα μελέτη, καθώς και για το αμείωτο και συνεχές ενδιαφέρον του και τις εύστοχες παρατηρήσεις του στο κείμενο.

Ευχαριστώ επίσης τον κ. Μ. Παυλίδη για τον χρόνο που αφιέρωσε στην ανάγνωση και αξιολόγηση της διατριβής.

Θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την υποψήφια διδάκτορα Βίκη Καλογεροπούλου που συνέβαλε στην εκπαίδευσή μου, για τη βοήθειά της και τη συμπαράστασή της. Όπως, επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα μέλη του εργαστηρίου Βένθους και ιδιαίτερα τη Μουρίκη Δήμητρα και τον κ. Δημήτρη Ποδάρα για τις πολύτιμες συμβουλές τους.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους φίλους μου που μου παραστάθηκαν και για τη βοήθεια τους στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω τον Αντώνη Μαρματάκη για την ηθική υποστήριξή του.

Το μεγαλύτερο ευχαριστώ το οφείλω στους γονείς και τον αδερφό μου, για τη κατανόηση τους και για την αμέριστη συμπαράστασή και στήριξή τους σε όλη τη διάρκεια αυτής της προσπάθειάς μου.

# 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

*1.1 Βαθιά θάλασσα – ένα ομοιογενές ή ένα πολύπλοκο οικοσύστημα;*

Μέχρι πρόσφατα η αβυσσική ζώνη θεωρούνταν ένα ομοιογενές περιβάλλον, που αποτελούνταν από απέραντες εκτάσεις με καλά οξυγονωμένα επιφανειακά ιζήματα, φτωχά σε οργανικό υλικό (Marshall, 1954). Με την εξέλιξη της επιστήμης βρέθηκε πως συντηρεί ένα μεγάλο αριθμό ειδών (Hessler & Sanders, 1967), γεγονός που ερχόταν σε αντίθεση με την φαινομενική ομοιογένεια του οικοσυστήματος.

Πολλές θεωρίες είχαν προταθεί στην προσπάθεια να εξηγηθεί αυτό το "παράδοξο". Το μοντέλο υπόθεσης σταθερότητας – χρόνου αναπτύχθηκε από τους Sanders (1968, 1969) και Slobodkin & Sanders (1969). Σύμφωνα με αυτήν την άποψη, η σταθερότητα των συνθηκών που επικρατούν στη βαθιά θάλασσα για μεγάλες χρονικές περιόδους επιτρέπει στα είδη να προσαρμοστούν βιολογικά αναπτύσσοντας ειδικές οικοθέσεις που επικαλύπτονται ελάχιστα. Συνέπεια αποτελεί η μείωση του ανταγωνισμού, που επιτρέπει στα είδη να συνυπάρχουν. Σε αντιδιαστολή με αυτήν την άποψη, οι Dayton & Hessler (1972) πρότειναν πως είναι αδύνατο με τις δεδομένες συνθήκες περιβάλλοντος και πηγών τροφής να υπάρχουν παράγοντες, που επιτρέπουν στα είδη να διαβιούν σε μη επικαλυπτόμενες οικοθέσεις. Συνεπώς, είναι μικρή η πιθανότητα ύπαρξης μιας μεγάλης ποικιλίας οικοθέσεων που προέρχεται από περιβαλλοντική ετερογένεια. Αντιθέτως, η θήρευση και άλλες βιολογικές διαταράξεις διατηρούν τον αριθμό των πιθανών ανταγωνιστών σε χαμηλά επίπεδα και οι πόροι παραμένουν ανεξάντλητοι. Αυτή είναι και η πρώτη άποψη που διατυπώνεται και προσδίδει την ετερογένεια της βαθιάς θάλασσας σε βιολογικά αίτια.

Μέχρι τις αρχές του 1990, οι παράγοντες που σχετίζονταν με το βάθος, όπως η παροχή τροφής, η υδροδυναμικότητα και σε μερικές περιπτώσεις η σύνθεση του υποστρώματος θεωρούνταν οι κινητήριες δυνάμεις που προκαλούν τις διαφορές στο βενθικό απόθεμα, στη βιοποικιλότητα και στη σύνθεση της κοινωνίας (Grassle, 1989· Gage & Tyler, 1991). Η γνώση των βιολογικών κοινοτήτων που σχετίζονται με συγκεκριμένα, περιορισμένα τοπικά ενδιαιτήματα στη βαθιά θάλασσα, έχει αυξηθεί σημαντικά την τελευταία δεκαετία, καθώς έχει κατανοηθεί πως οι εξαρτημένες μεταβλητές όπως η διαθεσιμότητα και ο τύπος υποστρώματος, η βιογεωχημεία, η

εισροή νιτρικών, η παραγωγικότητα, οι υδρολογικές συνθήκες και τα καταστροφικά επεισόδια διαμορφώνουν τα πρότυπα ποικιλότητας σε περιφερειακές κλίμακες (Levin *et al.*, 2001). Επιπλέον, η ολοένα και αυξανόμενη εξερεύνηση μέσω της βαθυμετρίας και της εικονικής αναπαράστασης των ενδιαιτημάτων (Wefer et al, 2000) συνέβαλε στη συνειδητοποίηση της πραγματικής έκτασης της ετερογένειας του ενδιαιτήματος και της σχετιζόμενης βιοποικιλότητας στο ηπειρωτικό περιθώριο και στα αββυσικά πεδία και πλέον η βαθιά θάλασσα θεωρείται ως μία από τις πιο ποικίλες περιοχές μαλακού υποστρώματος του πλανήτη (Levin *et al.*, 2010), με την ετερογένεια να προέρχεται από τεκτονικές, ωκεανογραφικές, χερσαίες και βιολογικές διεργασίες.

### *1.2. Πηγές ετερογένειας στη βαθιά θάλασσα-Βιογενείς δομές*

Η ετερογένεια εκφράζεται σε γεωλογικό επίπεδο με τα διάφορα τοπογραφικά χαρακτηριστικά όπως τάφροι και φαράγγια (Sibuet & Vangriesheim, 2009· Weaver & Gunn, 2009), με τα γεωχημικά που δημιουργούνται από τη ροή οργανικού υλικού από την επιφάνεια και την αποσάθρωση ή τα υδροδυναμικά χαρακτηριστικά όπως έλλειψη οξυγόνου και μάζες νερού με συγκεκριμένη θερμοκρασία και αλατότητα. Τα στοιχεία αυτά έχουν προκύψει τις τελευταίες δεκαετίες με τη χρήση βαθυμετρικών οργάνων χαρτογράφησης σε συνδυασμό με μηχανήματα που καταδύονται όπως για παράδειγμα είναι τα τηλεκατευθυνόμενα οχήματα (ROV's).

Με την αύξηση του βάθους μετά την ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα, η ποικιλότητα του υποστρώματος, το μέγεθος των κόκκων, τα ρεύματα βυθού, η διαθεσιμότητα τροφής και το μέγεθος της επιβενθικής πανίδας είναι οι παράγοντες που παρέχουν τις δομές που χρησιμοποιούνται ως πηγές ετερογένειας του ενδιαιτήματος (Levin *et al.*, 2001· Buhl-Mortensen *et al.*, 2010). Η βιολογική ετερογένεια, λοιπόν, προέρχεται από τους ίδιους τους οργανισμούς της βαθιάς θάλασσας αλλά και από τα αποτελέσματα των δραστηριοτήτων τους, τα οποία παραμένουν και μετά την εξαφάνιση αυτών (όπως ίχνη, σκελετοί) (Ólafsson, 2003· Buhl-Mortensen *et al.*, 2010). Από τις δραστηριότητες αυτές μεταβάλλεται το φυσικό περιβάλλον και αυτό καλείται ως ‘ecosystem engineering’ (Jones *et al.*, 1994), ο όρος αναφέρεται, ειδικά, στις μη αφομοιωμένες επιδράσεις ενός οργανισμού στο περιβάλλον του, (Buhl-Mortensen *et al.*, 2010).

Οι βενθικοί οργανισμοί τροποποιούν το βυθό της βαθιάς θάλασσας με ποικίλους τρόπους, δημιουργώντας τρύπες ή λόφους (Aller & Aller, 1986), χαράζοντας μονοπάτια (Wheatcroft *et al.*, 1989), αφήνοντας ίχνη κατά τη διαδικασία της διατροφής και μέσω των περιττωμάτων τους (Thistle & Ekcman, 1990) και κατασκευάζοντας ανθεκτικές δομές μέσα στις οποίες διαβιούν (Jumars, 1975b).

"Βιογενείς δομές" θεωρούνται, λοιπόν, τα ίχνη, τα μονοπάτια, οι τροχιές, οι τρύπες, οι λάκκοι, οι λόφοι και οι σωλήνες που δημιουργούν οι μεγαπανιδικοί, οι μακροπανιδικοί και οι μειοπανιδικοί οργανισμοί, όπως και οι ίδιοι αυτοί οργανισμοί. Αυτοί οι σχηματισμοί προκύπτουν κυρίως από την προσπάθεια των βενθικών οργανισμών να φωλιάσουν στο έδαφος, επιπλέον, αντιπροσωπεύουν και τη διαδικασία ενός οργανισμού ή τη διαδρομή που ακολουθεί μέσω της οποίας διασφαλίζει την τροφή του ή/και άλλους απαραίτητους μεταβολίτες, όπως τα διαλυμένα αέρια (Dufour *et al.*, 2005). Μερικές βιογενείς δομές διατηρούνται για μικρό χρονικό διάστημα ενώ άλλες μπορούν να διατηρηθούν για μεγάλες χρονικές περιόδους και στερεοποιούνται από τους πολυσακχαρίτες που εκκρίνουν οι οργανισμοί που σκάπτουν στοές "burrowing". Το μέγεθός τους κυμαίνεται από λίγα χιλιοστά μέχρι αρκετά εκατοστά σε μήκος. Άλλοτε σχετίζονται με τη βιοανάδευση ή την αποσταθεροποίηση του υποστρώματος ενώ σε περιπτώσεις όπως οι ρίζες των φυτών ή οι σωλήνες των φορωνιδίων "phoronids" βοηθούν στην σταθεροποίηση αυτού (Rhoads, 1974).

Φωτογραφήσεις από τη βαθιά θάλασσα έχουν δείξει πως αποτελούν κοινές δομές και μάλιστα μερικές φορές είναι τα πιο εμφανή μικρής κλίμακας τοπογραφικά χαρακτηριστικά του πυθμένα σε μεγάλα βάθη (Smith *et al.*, 1993). Σε τέτοια περιβάλλοντα, όπου κυριαρχούν η χαμηλή υδροδυναμική ενέργεια (ρεύματα) και οι μειωμένοι ρυθμοί ιζηματογένεσης, αυτές οι δομές, που οφείλονται σε βιολογικές διεργασίες και διαρκούν για σχετικά μεγάλα διαστήματα, αποτελούν πηγή ετερογένειας των ενδιαιτημάτων των μικρών βενθικών οργανισμών (Soltwedel & Vopel, 2001).

Στα ιζηματογενή περιβάλλοντα, οι βιογενείς δομές επηρεάζουν τη γειτονική βενθική πανίδα και τη μικροβιακή κοινότητα, όπως επίσης και τη γεωχημεία του υποστρώματος. Η παρουσία τους μπορεί να οδηγήσει σε τοπική αύξησης της αφθονίας της μειοπανίδας (Reise, 1983· Alongi, 1985· Giere, 1993· Austen & Widdicombe, 1998) και της μακροπανίδας. Τα τοιχώματα των βιογενών δομών είναι

πολύ σημαντικά μικροπεριβάλλοντα για τις βιογεωχημικές διεργασίες αφού αποτελούν την περιοχή ανταλλαγής και αλληλεπίδρασης με το ουδέτερο υπόστρωμα ή τους οργανισμούς ή ακόμη και με το περιέχον νερό της δομής. Καθώς οι δομές εκπλύνονται, γεωχημικές διαδικασίες προκαλούνται, που συνεπάγονται με τη σειρά τους αύξηση των βακτηρίων (Wavre & Brinkhurst, 1971· Driscoll, 1975· Reichardt 1988· Stief *et al.*, 2004). Το επιφανειακό υπόστρωμα και το παγιδευμένο οργανικό υλικό της επιφάνειας προστίθενται στις βιογενείς δομές με αποτέλεσμα να εισάγεται επιπλέον οργανικό υλικό κατακόρυφα στο ίζημα. Με επακόλουθο αυτής της διαδικασίας, να επηρεάζονται τα πρότυπα κατανομής των βακτηρίων και της μειοπανίδας και οι μεταβολικοί ρυθμοί σε εκείνες τις περιοχές (Yager *et al.*, 1993· Soltwedel & Vopel, 2001). Στη ζώνη αλληλεπίδρασης της στήλης του νερού με το επιφανειακό υπόστρωμα, οι δομές προάγουν την αποίκηση των βακτηρίων κάτω από αυτές και διαδοχικά επηρεάζουν την ετερογένεια του περιβάλλοντος για τους μικρούς βενθικούς οργανισμούς (Soltwedel & Vopel, 2001).

### *1.3. Σχέσεις βιολογικής ετερογένειας - ποικιλότητας*

Ιστορικά, οι σχέσεις μεταξύ της χωρικής κλίμακας και των προτύπων ποικιλότητας ειδών είναι ένα από τα πιο σημαντικά θέματα της οικολογίας (Van Gaever *et al.*, 2010). Οι Mcclain & Barry (2010) διατύπωσαν πως τα ετερογενή περιβάλλοντα ρυθμίζουν την ποικιλότητας μέσω της μεταβλητότητας των τμημάτων περιβάλλοντος “patch” με μία ακολουθία διαδικασιών που έχουν μελετηθεί ευρέως.

Η αντίληψη του ενδιαιτήματος και της ετερογένειάς του από τις διαφορετικές ομάδες οργανισμών μεταβάλλεται ανάλογα με το μέγεθός τους, την κινητικότητά τους και την ικανότητα διασποράς τους (Morris, 1987). Η υπόθεση της ετερογένειας του ενδιαιτήματος θεωρεί ότι, περίπλοκα ως προς τη δομή ενδιαιτήματα, προκαλούν αύξηση της ποικιλότητας των ειδών παρέχοντάς τους ένα μεγάλο αριθμό διακριτών πολυδιάστατων θέσεων και ποικίλων τρόπων εκμετάλλευσης των πόρων (MacArthur & Wilson, 1967), με αποτέλεσμα, η πολυπλοκότητα και η ετερογένεια του ενδιαιτήματος να συνδέονται με μεταβολές στην αφθονία και στην ποικιλότητα ειδών τόσο χερσαίων όσο και θαλάσσιων (Levin & Dayton, 2009· Buhl-Mortensen *et al.*, 2010). Μέχρι ενός σημείου, εξαρτώμενου από την κλίμακα και την αντίληψη του

οργανισμού, η ετερογένεια του ενδιαιτήματος μπορεί να μετατραπεί σε κατακερματισμό του ενδιαιτήματος με αρνητικές συνέπειες στην ποικιλότητα των ειδών, εξαιτίας της διάσπασης σημαντικών βιολογικών διαδικασιών όπως η διασπορά και η πρόσβαση στους πόρους (Saunders *et al.*, 1991).

Σε γενικές γραμμές, η ετερογένεια του ενδιαιτήματος έχει οριστεί σε σχέση με τον αριθμό, την έκταση και την ποικιλότητα των φυσικών στοιχείων που το διαμορφώνουν. Σε μεγάλο βαθμό εξαρτάται από την ταξονομική ομάδα μελέτης, καθώς η κλίμακα κυμαίνεται από την αρχιτεκτονική ενός οργανισμού μέχρι τα πρότυπα τοπίων (Cordes *et al.*, 2010). Όσο πιο ετερογενές είναι ένα περιβάλλον τόσο πιο σύνθετη και ποικίλη είναι η βιολογική κοινωνία που συντηρεί (Tews *et al*,. 2004· Mcclain & Barry, 2010). Σε περιφερειακά και παγκόσμια επίπεδα, αλλαγή στους κύριους τύπους ενδιαιτήματος σηματοδοτεί και γενετική απομόνωση το οποίο οδηγεί στην ειδογένεση (Pianka, 1966). Σε τοπικό επίπεδο, μικρής κλίμακας μεταβλητότητα σε παράγοντες όπως τύπος υποστρώματος, πολυπλοκότητα στη βλάστηση, τοπογραφία, θερμοκρασία, υγρασία και έκθεση στον κυματισμό φαίνεται να παρέχουν ένα μεγάλο αριθμό θέσεων και συνεισφέρουν στην τοπική συνύπαρξη των ειδών (Thistle, 1983· Shmida & Wilson, 1985· Etter & Grassle, 1992· Mcclain & Barry, 2010). Τα ετερογενή περιβάλλοντα ρυθμίζουν την ποικιλότητα μέσω της μεταβλητότητας του ενδιαιτήματος μέσω μία σειράς διαδικασιών, που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και αποφέρουν περίπλοκες αποκρίσεις στις βιολογικές κοινωνίες.

Ο Jumars (1975a,b), επεκτείνοντας τη θεωρία του Hairston (1973) που υπογραμμίζει πως ο ανταγωνισμός είναι αδύνατο να οδηγήσει σε εξειδίκευση στη διατροφή σε περιβάλλοντα με περιορισμένους πόρους διατροφής, εξέφρασε πως το πιο πιθανό αποτέλεσμα του ανταγωνισμού είναι η εξειδίκευση στο μέγεθος των κόκκων του ιζήματος ή του μικροενδιατήματος. Επιπλέον, διατύπωσε πως οι βιογενείς δομές προκαλούν μικρής κλίμακας ετερογένεια στο περιβάλλον. Στα αβαθή οικοσυστήματα, όπου οι φυσικές συνθήκες είναι πολύ ενεργητικές και οι βιολογικοί ρυθμοί πολύ υψηλοί, οι επιδράσεις ενός οργανισμού στο τοπικό του περιβάλλον εξαλείφονται σε μικρό χρονικό διάστημα και δε μπορεί ένα άλλο είδος να τις εκμεταλλευτεί ως μικροενδιαίτημα. Ωστόσο, σε φυσικά σταθερά οικοσυστήματα όπως αυτά της βαθιά θάλασσας, οι φυσικοί και βιολογικοί ρυθμοί είναι μειωμένοι ώστε ένας μεγάλος αριθμός οργανισμών να καθίσταται ικανός να εκμεταλλευτεί τα μικροενδιαιτήματα που διαμορφώνονται, καθώς, αυτή η ετερογένεια διατηρείται

τουλάχιστον για χρονικό διάστημα που καλύπτει το χρόνο ζωής των οργανισμών και είναι διαθέσιμη στους υπόλοιπους.

Οι οργανισμοί, λοιπόν, είναι ικανοί να συμμετέχουν στον κατακερματισμό του περιβάλλοντος, που τους επιτρέπει με τη σειρά του να συνυπάρχουν, μειώνοντας την πιθανότητα θήρευσης και προσφέροντας καταφύγια (Menge & Sutherland, 1976). Επιπλέον, η βιολογική προέλευση και διατήρηση αυτής της ετερογένειας, την περιορίζουν χωρικά και χρονικά σε κλίμακα παρόμοια με αυτής της σφαίρας επιρροής ενός οργανισμού και του κύκλου ζωής του. Το μοντέλο, λοιπόν, προβλέπει πως η αφθονία των τάξων, που επιδεικνύουν αυξημένη αφθονία στη βαθιά θάλασσα, θα πρέπει να σχετίζεται με μη τυχαίο τρόπο με την ποικιλότητα στην αφθονία των βιογενών δομών. Ο Jumars (1975b) υποστήριξε το μοντέλο του παραθέτοντας στοιχεία από το πείραμα που διενέργησε. Διαχώρισε τους πολύχαιτους σε δύο μεγάλες κατηγορίες με κριτήριο την ανάπτυξη των παραποδίων τους και κατέληξε πως οι πολύχαιτοι, εάν όλοι θεωρηθούν μία ομάδα, που διαβιούν σε περιορισμένο χωρικά περιβάλλον αντιπροσωπεύονται από μεγαλύτερο αριθμό ειδών, σε σύγκριση με αυτούς που διαβιούν σε μεγάλο χωρικά περιβάλλον. Σύμφωνα με τη θεωρία ότι τα βιογενή μικροπεριβάλλοντα αποτελούν ρυθμιστικούς παράγοντες για την ποικιλότητα της κοινωνίας, ένα τέτοιο φαινόμενο αναμένεται.

Ο Thistle (1978) σύγκρινε το πρότυπο διασποράς των κωπήποδων και των ειδών κωπήποδων σε ζευγάρια παραπλήσιων 10X10 cm δειγμάτων και διαπίστωσε πως αυτά τα δύο πρότυπα δε συμφωνούν μεταξύ τους. Καθώς η ετερογένεια, που προκαλείται από βιολογικά αίτια, είναι πιθανό να προκαλέσει “μπαλώματα” (patches) κλίμακας εκατοστών, γεγονός που συμφωνεί με τα πειραματικά του δεδομένα. Πρότεινε, λοιπόν, πως τα δεδομένα του υποστηρίζουν το μοντέλο συσχετισμού των ειδών με το μέγεθος των κόκκων του ιζήματος. Θέλοντας να εξελίξει τη θεωρία, ο Thistle (1979a) προσπάθησε να αποδείξει μία πιο άμεση σχέση μεταξύ της βιολογικής προερχόμενης ετερογένειας και των ειδών κωπήποδων. Βρήκε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ της αφθονίας των ειδών και των βιογενών δομών. Ωστόσο, η συσχέτιση των ατόμων με συγκεκριμένες ομάδες βιογενών δομών ήταν ασθενής, ίσως εξαιτίας έλλειψης δειγμάτων.

Οι φυσικές διεργασίες που επιτελούν, λοιπόν, οι μεγαπανιδικοί και μακροπανιδικοί οργανισμοί επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τους μικρότερους μειοπανιδικούς οργανισμούς. Η αλληλεπίδραση αυτή επιτελείται με διάφορους

τρόπους, εφόσον η μειοπανίδα αποτελεί τροφή για αυτά τα είδη (Feller *et al.*, 1985) και μπορούν να προκαλέσουν ανάμιξη των σωματιδίων του ιζήματος, της τροφής, του οξυγόνου και των απορριπτώμενων υλικών (Thistle *et al.*, 2008). Ο μεγαλύτερος όγκος των εργασιών, που μελετούν αυτά τα φαινόμενα προέρχονται από τα αβαθή οικοσυστήματα (Reise, 1981· Ólafsson *et al.*, 1993· Austen *et al.*, 1998· Ólafsson, 2003). Ωστόσο, αρκετά είναι και τα παραδείγματα από τη βαθιά θάλασσα (Thistle, 1979a,b· Aller & Aller, 1986· Thistle *et al.*, 2008).

Τα τελευταία χρόνια ένας μεγάλος αριθμός συνθετικών άρθρων έχουν ως αντικείμενο τις σχέσεις μεταξύ της ετερογένειας και της ποικιλότητας για συγκεκριμένα ενδιαιτήματα όπως για τα περιβάλλοντα πλούσια σε μεθάνιο "methane seeps" (Cordes *et al.*, 2010), τις ζώνες με μικρό ποσοστό οξυγόνου "oxygen minimum zones" (Gooday *et al.*, 2010) και τις βιοτικές δομές (Buhl-Mortensen *et al.*, 2010) και προσπαθούν να τις αποτυπώσουν. Ένα βασικό συμπέρασμα που βγαίνει από τις εργασίες αυτές είναι πως οι βιοτικές επιδράσεις ποικίλλουν με κριτήριο την ταξονομική ομάδα μελέτης. Επιπλέον, συγκεκριμένες ταξινομικές ομάδες όπως οι νηματώδεις (Vanreusel *et al.*, 2010) και οι ιχθύες (Priede *et al.*, 2010) μελετήθηκαν και συγκρίθηκαν ως προς τα πρότυπα βιοποικιλότητας που εμφανίζουν ανάμεσα σε διαφορετικές περιοχές. Οι Vanreusel *et al.* (2010) κατέληξαν στο συμπέρασμα πως τα περισσότερα είδη νηματωδών είναι κοσμοπολιτικά αλλά το κάθε περιβάλλον διαμορφώνει διακριτές κοινωνίες. Οι Priede *et al.* (2010) βρήκαν πως, παγκοσμίως, οι τρεις κλάσεις των ιχθύων δηλαδή τα Άγναθα, οι Χονδροιχθύες και οι Οστειχθύες, παρουσιάζουν ένα γενικό λογαριθμικό πρότυπο μείωσης με το βάθος του αριθμού των βαθύβιων ψαριών. Επίσης, σε αντίθεση με το παραπάνω παρατηρούμενο πρότυπο βρέθηκε σημαντική αύξηση της αφθονίας των ειδών στα 1100 m με 2000 m στην περιοχή του βορειο-ανατολικού Ατλαντικού. Υπεύθυνοι παράγοντες θεωρήθηκαν το βάθος του μόνιμου θερμοκλινούς, η παρουσία του ρεύματος από τη Μεσόγειο, τα εποχιακά ισχυρά ρεύματα και η επαναιώρηση του σωματιδιακού υλικού και η υψηλή πελαγική βιομάζα που συναντάται στα πρανή.

### *1.4. Στόχοι*

Η επίδραση της βιολογικής ετερογένειας στην αφθονία και στην ποικιλότητα της μειοπανίδας της βαθιάς θάλασσας μελετάται στην παρούσα εργασία. Είναι επιτακτική η ανάγκη για την εύρεση των παραγόντων που ρυθμίζουν την ποικιλότητα στη βαθιά θάλασσα καθώς αυτή η περιοχή αποτελεί αφενός το μεγαλύτερο οικοσύστημα του πλανήτη μας και αφετέρου δέχεται ολοένα και αυξανόμενη ανθρωπογενή επίδραση. Η κατανόηση, συνεπώς, του τρόπου που δρουν οι φυσικές και οι ανθρωπογενείς πηγές ετερογένειας που διαμορφώνουν τις κοινωνίες είναι ιδιαίτερα σημαντικές για τη διατήρηση των πόρων και τη λειτουργία του οικοσυστήματος.

Αναλυτικότερα, έγινε προσπάθεια για την απάντηση των παρακάτω ερωτημάτων:

1. Οι διαφορετικές βιογενείς δομές έχουν και διαφορετική επίδραση στις μειοβενθικές κοινωνίες;
2. Ποιος είναι ο ρόλος των βιογενών δομών στη δυναμική πληθυσμών συγκεκριμένων ομάδων;
3. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε συγκεκριμένες οικολογικές θεωρίες για την ποικιλότητα των ειδών σε συγκεκριμένους τύπους βιολογικών δομών;

# 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

## 2.1 Στρατηγική δειγματοληψίας

*2.1.1 Σταθμοί δειγματοληψίας*

*2.1.1.1.Βορειο- ανατολικός Ειρηνικός Ωκεανός "Σταθμός Μ (Station M)"*

Όλες οι περιοχές, από τις οποίες προέρχονται τα δείγματα, ανήκουν στο σταθμό Μ, ο οποίος βρίσκεται στο βόρειο – ανατολικό Ειρηνικό ωκεανό. Ο σταθμός αυτός, υπόκειται σε δυναμικές εποχιακές διακυμάνσεις της επιφανειακής παραγωγικότητας (Smith *et al.*, 1993). Ο πυθμένας του βρίσκεται στα 4100 m βάθος και παρουσιάζει πολύ μικρό τοπογραφικό ανάγλυφο (<100 m για περίπου 1600km$^2$). Αποτελείται από υπόστρωμα ιλύος-αργίλου. Τα ρεύματα κοντά στην επιφάνεια του πυθμένα έχουν κατά μέσο όρο ταχύτητα 3.8 cm s$^{-1}$ και μπορούν να φτάσουν μέχρι και τα 18.2 cm s$^{-1}$. Η ροή έχει κατεύθυνση προς το νότο σε περιόδους μεγάλης ταχύτητας των ρευμάτων και προς το βορρά και τη δύση σε περιόδους ρευμάτων μικρής ταχύτητας (Vardaro *et al.*, 2007). Η περιοδική φωτογράφηση έχει αποκαλύψει μεγάλο αριθμό ενδείξεων βιοανάδευσης και άλλων επιπανιδικών δραστηριοτήτων στο σταθμό στα πλαίσια παρουσίας ιχνών, φωλιών και λοφίσκων (Smith *et al.*, 1993). Κανένας, ωστόσο, οργανισμός ή χαρακτηριστικό δε βρέθηκε να έχει μέγεθος μεγαλύτερο από τους σπόγγους, δηλαδή ~10 – 20 cm ύψος (Beaulieu, 2001).

Οι μειοπανιδικές κοινωνίες ανταποκρίνονται σε μικρής κλίμακας ετερογένεια μεταξύ των ενδιαιτημάτων. Η χρήση ευρέων χαρακτηριστικών που βασίζονται σε οπτική αποτίμηση των κοινωνιών μπορεί να επικαλύψει την ετερογένεια του ενδιαιτήματος στην οποία όμως και ανταποκρίνεται η μειοπανίδα. Για αυτό το λόγο, στην παρούσα εργασία επιλέχθηκαν δώδεκα διαφορετικά μικροπεριβάλλοντα: ένας σταθμός αναφοράς, σταθμοί μακριά και μέσα ακριβώς από το ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp*, μακριά και μέσα ακριβώς από το ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp*, πάνω, στην περιφέρεια και μακριά από λοφίσκο βιοανάδευσης, μακριά και κοντά από σπόγγο, μακριά και κοντά σε αποσυντιθέμενες κέλπιες.

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν με το Ω/Σ *ATLANTIS* (μήκος: 83,52 m, βάρος: 3,510 τόνοι) του κέντρου ερευνών του Woods Hole, το οποίο φέρει ειδικά τεχνικά χαρακτηριστικά για να υποστηρίζει το βαθυσκάφος ALVIN. Το βαθυσκάφος αυτό, κατασκευάστηκε το 1964 και έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει δύο ερευνητές

και ένα πιλότο μέχρι το βάθος των 4,500 m, ενώ η κάθε κατάδυσή του διαρκεί περίπου έξι με δέκα ώρες. Οι διάφορες περιοχές (μικροπεριβάλλοντα) επιλέχθηκαν από τον επιβαίνοντα ερευνητή.

Μικροπεριβάλλοντα

Οι περιοχές μακριά και πάνω ακριβώς από το ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp* επιλέχθηκαν σα δύο από τα συνολικά δώδεκα μικροπεριβάλλοντα. Ο συγκεκριμένος μη κανονικός (καρδιόσχημος) αχινός ανήκει στην τάξη Holasteroida, που είναι μόνιμα επιβενθικοί οργανισμοί. Είναι ένα από τα πιο κοινά είδη που συναντώνται παγκοσμίως, το πλάτος τους κυμαίνεται μεταξύ των 50 και 150 mm, η πυκνότητα τους πλησιάζει το ένα άτομο ανά $m^2$ (Ruhl, 2007) και διακρίνεται σε τρεις χρωματικές μορφές τον άσπρο, το μαύρο και το μωβ (Smith *et al.*, 1993· Ruhl, 2007· Vardaro *et al.*, 2007) και κινείται με μέση ταχύτητα 1.68 m ημέρα$^{-1}$. Οι αχινοί αυτού του γένους μετριάζουν τη βιοανάδευση μέσω της μετακίνησής τους και των τροφικών τους συμπεριφορών και δημιουργούν χαρακτηριστικά και ευδιάκριτα ίχνη βάθους μερικών εκατοστών στο υπόστρωμα, τα οποία και διατηρούνται για μήνες (Kaufmann & Smith, 1997). Το σωματιδιακό οργανικό υλικό που φτάνει στον πυθμένα επηρεάζεται σε μεγάλο ποσοστό από τις δραστηριότητες της βενθικής μεγαπανίδας, όπως αυτού του είδους, το οποίο τρέφεται και ενταφιάζει το προερχόμενο από την επιφάνεια υλικό μέσω της βιοανάδευσης (Aller, 1982· Kristensen & Blackburn, 1987· Pfannkuche, 1993· Pfannkuche *et al.*, 1999· Smallwood *et al.*, 1999· Miller *et al.*, 2000· Smith *et al.*, 2000).

Ένα άτομο σπόγγου ορίζεται ως ολόκληρο το υλικό του σπόγγου που περικλείεται από συνεχές πινακόδερμα (Hartman & Reiswig, 1973), είναι μία συνάθροιση παροδικά εξειδικευμένων και σχετικά ανεξάρτητων κυττάρων, τα οποία έχουν πανομοιότυπο γενότυπο και είναι ικανά για συντονισμένη δράση. Αυτά τα κύτταρα έχουν τη δυνατότητα να μεταβάλλουν τη μορφή και τη λειτουργία τους και να ξανασυσσωρεύονται. Οι σπόγγοι θεωρούνται οι οργανισμοί, που ανέχονται τον ακρωτηριασμό, καλύτερα από κάθε άλλο γνωστό ζώο (Wulff, 2006). Το φύλο (Porifera) διακρίνεται στους υαλόσπογγους (Hexactinellida), στους σκληρόσπογγους (Calcarea) και στους δημόσπογγους (Demospongiae). Ο ρόλος τους στα

οικοσυστήματα είναι πολύ σημαντικός, καθώς λαμβάνουν μέρος σε πολλές οικολογικές διεργασίες όπως των ανταγωνισμού χώρου, διάταξης του ενδιαιτήματος, θήρευσης, χημικής άμυνας, πρωτογενούς παραγωγικότητας, συμμετοχής στον κύκλο των νιτρικών, της αζωτοποίησης, του τροφικού πλέγματος, βιοδιάβρωσης και απολιθοποίησης (Rützler, 2004· Bell, 2008).

Μία ομάδα φαιοφυκών που χαρακτηρίζονται από το μεγάλο τους μέγεθος και την πολυπλοκότητά τους ονομάζονται κέλπιες. Μερικά, όπως η γιγαντιαία κέλπια, σχηματίζουν πυκνούς λειμώνες ενώ συναντώνται κυρίως σε ψυχρά νερά. Στο Βόρειο-ανατολικό ωκεανό επικρατούν διάφορα είδη του γένους *Laminaria*. Όσον αφορά τη σχέση τους με τους μειοπανιδικούς οργανισμούς, πιο αποδεκτή άποψη, θεωρείται αυτή που υποστηρίζει πως όσο πιο περίπλοκος είναι ο θαλλός, τόσο πιο μεγάλη είναι η διαθέσιμη επιφάνεια για εποίκηση από τη μειοπανίδα (Gunnill, 1982· Arroyo *et al.*, 2004). Βέβαια στην παρούσα εργασία οι αποσυντιθέμενες κέλπιες της υποπαραλιακής ζώνης χρησιμοποιηθήκαν σα μικροπεριβάλλον.

Η περιοχή του λοφίσκου βιοανάδευσης είναι μία άλλη περιοχή μελέτης. Οι οργανισμοί που σχετίζονται με τη βιοανάδευση (Bioturbation) είναι κυρίως οι ιζηματοφάγοι (Levinton, 1995˙ Boudreau, 1998). Έχει βρεθεί πως αυτοί μπορούν και αναδεύουν ποσότητα ιζήματος ίση με το βάρος του σώματός τους, ίσως και περισσότερο (Lopez & Levinton, 1987). Το υπόστρωμα με αυτόν τον τρόπο οξυγονώνεται (Foster & Graf, 1992), επιταχύνονται οι διαδικασίες νιτροποίησης/απονιτροποίησης (Hylleberg & Henriksen, 1980), αυξάνεται η καθίζηση του φωσφόρου (Widdicombe & Austen, 1998).

## 2.2. Τεχνικές πεδίου

### *2.2.1. Διαδικασία δειγματοληψίας*

Συνολικά για κάθε μικροπεριβάλλον ελήφθησαν περίπου τρία επαναληπτικά δείγματα (replicates). Αμέσως μετά την άνοδο των δειγματοληπτών στο κατάστρωμα τα δείγματα μεταφέρονταν στο εργαστήριο του σκάφους για συντήρηση και αποθήκευση. Πρώτα από όλα γίνονταν διαχωρισμός σε κάθετα τμήματα. Οι μειοβενθικοί οργανισμοί ως γνωστόν, ζούνε σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον και έτσι

εκτός από την οριζόντια διάσταση υπάρχει και η κατακόρυφη διάσταση μέσα στο ίζημα. Ο διαχωρισμός σε κάθετα τμήματα έγινε ως εξής: 0-1, 1-2 και 2-5 cm. Μετά το διαχωρισμό των κάθετων τμημάτων, το ίζημα τοποθετούνταν σε κατάλληλα δοχεία με ετικέτες. Στα δοχεία γινότανε προσθήκη διαλύματος $MgCl_2$ 6 % για διάστημα 15 min με σκοπό την αναισθητοποίηση των οργανισμών. Η αναισθητοποίηση έχει σαν συνέπεια οι οργανισμοί να «χαλαρώνουν» και να αποκολλούνται από τους κόκκους του ιζήματος πάνω στους οποίους συγκρατούνται ισχυρά με τα διάφορα εξαρτήματα τους (τριχίδια, ουρές κτλ.). Αυτό επιτρέπει τον ευκολότερο διαχωρισμό τους αργότερα από το ίζημα. Μετά την πάροδο των 15 min, τα δείγματα στερεώνονταν με διάλυμα φορμόλης 10 %. Επιπλέον, σε κάθε σταθμό λαμβάνονταν ανεξάρτητα δείγματα ιζήματος, για την εργαστηριακή ανάλυση των διαφόρων φυσικοχημικών παραμέτρων.

## 2.3. Εργαστηριακές τεχνικές

### *2.3.1. Διαχωρισμός ιζήματος-πανίδας*

Για την κατακράτηση της μειοπανίδας χρησιμοποιήθηκε ένα κόσκινο με διάμετρο πόρων 32 μm. Το όριο αυτό θεωρείται ως το κατώτερο όριο της μειοπανίδας και έχει προταθεί από ερευνητές που δουλεύουνε με τη βαθιά θάλασσα, σε μία προσπάθεια να συλλεχθούν ακόμη και οι μικρότεροι οργανισμοί (Giere, 1993). Το δείγμα τοποθετούνταν στο κόσκινο των 32 μm και ξεπλένονταν με άφθονο τρεχούμενο νερό έως ότου να απομακρυνθούν όλα τα μέρη του ιζήματος. Στη συνέχεια, συγκεντρώνονταν στην άκρη του κόσκινου για χρονικό διάστημα ώστε να απομακρυνθεί ολόκληρη σχεδόν η ποσότητα του νερού. Οι οργανισμοί διαχωρίζονταν από το ίζημα με μια παραλλαγή της μεθόδου των de Jonge & Bouwman (1977). Αναλυτικότερα, το δείγμα ξεπλένονταν σε ένα δοχείο που περιείχε ένα πολυμερές, το Ludox TM με ειδική πυκνότητα 1.15, καθώς αυτή είναι η ενδιάμεση από την πυκνότητα των νηματωδών και του εναπομείναντος ιζήματος, με αποτέλεσμα οι οργανισμοί να παραμένουν στο υπερκείμενο ενώ αντίθετα οι κόκκοι του ιζήματος να καθιζάνουν. Ακολουθούσε η ισχυρή ανάδευση του μείγματος και η παραμονή του για 1 h σε ηρεμία ώστε οι οργανισμοί να συγκεντρωθούν στην

επιφάνεια και να συλλεχθούν. Τελικό βήμα ήταν η χρώση με Rose Bengal (0.5 g/l), αφού είχε ολοκληρωθεί η παραπάνω διαδικασία τρεις φορές (Austen & Warwick 1989). Για την καταμέτρηση των μειοπανιδικών οργανισμών, το δείγμα τοποθετήθηκε σε τριβλίο Petri.

*2.3.2. Κατασκευή μονίμων παρασκευασμάτων*

Οι νηματώδεις συλλεγόταν από το τριβλίο Petri με μια λεπτή εντομολογική βελόνα και τοποθετούνταν σε ένα κοίλο το οποίο περιείχε το διάλυμα αφυδάτωσης (7 % γλυκερίνη, 5 % άνυδρη αλκοόλη, 90 % γλυκό νερό). Παρέμεναν μέσα στο κοίλο μέχρι να εξατμιστεί ολόκληρη η ποσότητα της αλκοόλης και του νερού, με αποτέλεσμα, οι νηματώδεις να βρίσκονται τελικά σε καθαρή γλυκερίνη.

Επόμενο βήμα ήταν η προπαρασκευή των αντικειμενοφόρων. Με τη χρήση ενός μεταλλικού σωλήνα διαμέτρου 14 mm, το άκρο του οποίου θερμαίνονταν καλά στη φλόγα ενός εργαστηριακού λύχνου, δημιουργούνταν ένα δαχτυλίδι από καθαρή παραφίνη στο κέντρο της αντικειμενοφόρου. ως εξής και στη συνέχεια τοποθετούνταν για 1 sec περίπου επάνω στην επιφάνεια καθαρής παραφίνης. Το άκρο αυτό τοποθετούνταν κατόπιν για χρονικό διάστημα περίπου 2 sec αφήνοντας έτσι ένα δαχτυλίδι από παραφίνη. Μία μικρή σταγόνα γλυκερίνης τοποθετούνταν στο κέντρο του δαχτυλιδιού και εκεί μέσα τοποθετούνταν περίπου 10 νηματώδεις. Στη συνέχεια, η καλυπτρίδα τοποθετούνταν επάνω ακριβώς στο δαχτυλίδι παραφίνης. Επόμενο βήμα ήταν η τοποθέτηση της αντικειμενοφόρου επάνω σε θερμαινόμενο σώμα μέχρι να λιώσει και πάλι η παραφίνη και αμέσως τοποθετούνταν σε οριζόντια επιφάνεια μέχρι να πήξει, διατηρώντας με αυτόν τον τρόπο αεροστεγώς τους νηματώδεις.

*2.3.3. Προσδιορισμοί*

Μετά την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας ακολουθούσαν οι προσδιορισμοί των νηματωδών, που πραγματοποιήθηκαν σε ένα οπτικό μικροσκόπιο τύπου Leica DM LS, με καταδυτικό φακό μεγέθυνσης χ 100. Για τον προσδιορισμό των νηματωδών στο επίπεδο του γένους χρησιμοποιήθηκε η κλείδα που αναπτύχθηκε από τους Platt & Warwick (1983), η οποία περιέχει όλα τα παγκοσμίως γνωστά γένη των ελεύθερων μορφών.

## 2.4 Ανάλυση δεδομένων

### *2.4.1. Έλεγχοι υποθέσεων*

Οι χωρικές μεταβολές που σχετίζονταν με τα μικροπεριβάλλοντα πραγματοποιήθηκαν με τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) με έναν παράγοντα, ενώ για τον έλεγχο της ομοιογένειας των διασπορών χρησιμοποιήθηκε το test του Bartlett. Στα δεδομένα των αφθονιών εφαρμόστηκε μετασχηματισμός $Log_{10}(\chi+1)$. Στην περίπτωση που η ANOVA υποδείκνυε την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών, τότε ακολουθούσε εκ των υστέρων έλεγχος (a posteriori), με πολλαπλές ζευγαρωτές συγκρίσεις χρησιμοποιώντας τη διαδικασία του Tukey HSD.

### *2.4.2. Ανάλυση ποικιλότητας*

Η ποικιλότητα μιας βιοκοινωνίας καθορίζεται από δύο στοιχεία: α) τον αριθμό των ειδών (species richness) και β) την κατανομή του συνολικού αριθμού ατόμων ανάμεσα στα είδη της βιοκοινωνίας ή αλλιώς το βαθμό της ισομερούς κατανομής (equitability). Στην οικολογία, οι περισσότερες μελέτες όταν αναφέρονται στην ποικιλότητα αναφέρονται συνήθως στον αριθμό των ειδών, ωστόσο αυτός δεν είναι πολύ αντιπροσωπευτικός, για αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφοροι δείκτες ποικιλότητας, οι οποίοι λαμβάνουν υπ' όψιν τους και το βαθμό της ισομερούς κατανομής.

Στη θαλάσσια οικολογία, χρησιμοποιείται σήμερα μια πληθώρα δεικτών ποικιλότητας από τους οποίους άλλοι δίνουν μεγαλύτερο βάρος στον αριθμό των ειδών και άλλοι στο βαθμό της ισομερούς κατανομής. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, πολλές φορές τα δείγματα να κατατάσσονται διαφορετικά ανάλογα με το δείκτη που χρησιμοποιείται.

Στη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν συνολικά έξι δείκτες ποικιλότητας, ένας από τους οποίους δίνει μεγαλύτερο βάρος στον αριθμό των ειδών και είναι το Rarefaction EG(x) και άλλος ένας που δίνει μεγαλύτερο βάρος στο βαθμό της ισομερούς κατανομής και είναι ο Pielou's (J'). Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε η σειρά των αριθμών του Hill ($N_0$, $N_1$ και $N_{Inf}$), η οποία θεωρείται ως ένα ενοποιητικό μοντέλο για όλους τους δείκτες ποικιλότητας που έχουν προταθεί (Legendre & Legendre, 1983).

Ο δείκτης EG(x) του Hurlbert (Sanders 1968, Hurlbert 1971, Simberloff 1972)

Ο καλύτερος τρόπος να υπολογίζει κανείς τον αριθμό των ειδών μιας βιοκοινωνίας μειώνοντας όμως στο ελάχιστο την επίδραση του μεγέθους του δείγματος είναι με τη μέθοδο rarefaction του Hurlbert. Απαιτεί αρκετά πολύπλοκους υπολογισμούς όπως είναι η επιλογή τυχαίων δειγμάτων που μπορεί να γίνει με τη χρήση τυχαίων αριθμών από ηλεκτρονικούς υπολογιστές (Simberloff, 1972). Η βασική ιδέα της μεθόδου είναι να υπολογίσουμε τον αναμενόμενο αριθμό γενών που περιμένουμε να έχει ένα σύνολο δειγμάτων για ένα συγκεκριμένο μέγεθος δείγματος το οποίο καλείται συνήθως EG(x). Το μέγεθος αυτό είναι πάντα μικρότερο από το μικρότερο δείγμα που έχουμε ανάμεσα στα δείγματα μας. Το αποτέλεσμα της μεθόδου αυτής είναι ένα διάγραμμα όπου κάθε καμπύλη αντιπροσωπεύει συνήθως ένα δείγμα. Η καμπύλη που βρίσκεται πιο ψηλά από όλες, είναι αυτή που εμφανίζει τη μεγαλύτερη ποικιλότητα.

Ο δείκτης της ισομερούς κατανομής Pielou (J) (Pielou 1969)

Οι δείκτες ισομερούς κατανομής περιγράφουν πως κατανέμονται τα άτομα ανάμεσα στα είδη. Ένας τρόπος να εκτιμήσουμε το μέγεθος αυτό είναι χρησιμοποιώντας το δείκτη H' και υπολογίζοντας το λόγο της παρατηρούμενης ποικιλότητας προς τη θεωρητική μέγιστη $H_{max}$ η οποία όπως προαναφέρθηκε, επιτυγχάνεται όταν όλα τα είδη στη βιοκοινωνία μας έχουν ακριβώς τον ίδιο αριθμό ατόμων. Φυσικά, επειδή στους υπολογισμούς συμμετέχει και ο αριθμός των ειδών που έχουμε στο δείγμα μας, ο δείκτης αυτός εξαρτάται επίσης από το μέγεθος του δείγματος. Ένα άλλο μειονέκτημα του δείκτη αυτού είναι πως είναι πολύ ευαίσθητος στις αλλαγές του αριθμού (πρόσθεση-αφαίρεση) των πολύ σπάνιων ειδών του δείγματος (Heip *et al.*, 1988).

Οι σειρά αριθμών του Hill (Hill 1973)

Η σειρά των αριθμών του Hill θεωρείται ως ένα ενοποιητικό μοντέλο για όλους τους δείκτες ποικιλότητας που έχουν προταθεί (Legendre & Legendre, 1983).

Η σειρά αυτή υπολογίζει την ποικιλότητα (N) διαφορετικών τάξεων. Με τη σειρά των αριθμών του Hill έγινε προφανές ότι υπάρχει μια συνέχεια στους δείκτες ποικιλότητας οι οποίοι σε τελική ανάλυση διαφέρουν ως προς την τάση τους να αγνοούν ή να περικλείουν τα σχετικά σπάνια είδη. Έτσι ο αριθμός $N_{Inf}$ της τάξης +άπειρο, λαμβάνει υπόψη του μόνο τα πολύ κοινά είδη. Στο άλλο άκρο ο αριθμός $N_{-Inf}$ της τάξης –άπειρο, λαμβάνει υπόψη του μόνο τα πολύ σπάνια είδη και αγνοεί παντελώς τα άφθονα. Οι υπόλοιποι αριθμοί (N0, N1 και N2) βρίσκονται ανάμεσα σε αυτό το φάσμα. Όπως παρατηρούν και οι Heip *et al.,* (1988), είναι πολύ χρήσιμο να δίδεται η ποικιλότητα μιας βιοκοινωνίας χρησιμοποιώντας αριθμούς με διαφορετικές τάξεις ιδιαίτερα στην περίπτωση που μας ενδιαφέρει να εκτιμήσουμε το βαθμό της ισομερούς κατανομής.

### *2.4.3. Πολυμεταβλητή ανάλυση*

Τα πανιδικά δεδομένα έχουν τη μορφή πολυδιάστατων μεταβλητών με αποτέλεσμα, πληροφορία όπως είναι η σύνθεση των ειδών να χάνεται όταν επιχειρείται μια μονοδιάστατη προσέγγιση στα δεδομένα. Έτσι είναι πολύ πιθανόν, βιοκοινωνίες που έχουν πανομοιότυπη σύνθεση ειδών να βρούμε πως διαφέρουν, κάτι που οπωσδήποτε δεν αντικατοπτρίζει την πραγματικότητα. Για να ξεπεραστεί το παραπάνω πρόβλημα έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές πολυμεταβλητής ανάλυσης όπως είναι η διευθέτηση (ordination), που οδηγεί σε δυσδιάστατη απεικόνιση καρτεσιανών συντεταγμένων.

Οι περισσότερες από αυτές τις τεχνικές βασίζονται στον υπολογισμό της ομοιότητας με κάποιον τρόπο των δεδομένων αφθονίας ανάμεσα σε διαφορετικά δείγματα. Η ομοιότητα αυτή υπολογίζεται, συνήθως, με την κατασκευή κάποιας μήτρας ομοιότητας στην οποία συμπεριλαμβάνονται όλα τα υπό εξέταση δείγματα.

Συνήθως οι τεχνικές αυτές εκτός από την ομοιότητα υπολογίζουν ταυτόχρονα και την ανομοιότητα μεταξύ των δειγμάτων η οποία είναι ακριβώς το αντίθετο. Δηλώνει δηλαδή η ανομοιότητα κατά πόσο δύο ή περισσότερα δείγματα διαφέρουν μεταξύ τους με βάση τη δομή της βιοκοινωνίας τους. Οι ανομοιότητες αυτές μετατρέπονται στη συνέχεια σε αποστάσεις και χρησιμοποιούνται συνήθως σε διαγράμματα δύο διαστάσεων, απεικονίζοντας έτσι το πόσο κοντά ή μακριά

βρίσκονται τα διάφορα δείγματα μεταξύ τους. Έτσι, δείγματα με μεγάλη ανομοιότητα θα βρίσκονται πολύ απομακρυσμένα πάνω στο διάγραμμα, ενώ δείγματα με μικρή ή μηδενική ανομοιότητα θα βρίσκονται σχεδόν δίπλα το ένα από το άλλο.

Η ομοιότητα ή η ανομοιότητα ανάμεσα στα δείγματα επηρεάζεται αρκετά από τις πιθανές μεγάλες αφθονίες των πολύ κοινών ειδών. Για να ξεπεραστεί το πρόβλημα αυτό εφαρμόζεται συνήθως κάποιος μετασχηματισμός στα δεδομένα έτσι ώστε όλα τα είδη να συμμετέχουν σε έναν βαθμό στον υπολογισμό της ομοιότητας/ ανομοιότητας.

Ανάλυση ομοιότητας (Analysis of similarity, ANOSIM)

Το test ANOSIM χρησιμοποιείται για να ελεγχθεί αν υπάρχουν διαφορές μεταξύ διαφόρων ομάδων σταθμών με κοινά είδη. Η ανάγκη χρήσης του test ξεκινάει από το γεγονός πως οι διάφορες πολυμεταβλητές τεχνικές (βλέπε παρακάτω) παράγουν απλά και μόνο κάποια πρότυπα στο χώρο και δεν αποτελούν test σημαντικότητας. Το test ANOSIM είναι ουσιαστικά ένα μη παραμετρικό test το οποίο ελέγχει αν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα σε ομάδες δειγμάτων και τις συγκρίνει με τις στατιστικά σημαντικές διαφορές που πιθανόν να υπάρχουν ανάμεσα στα δείγματα που βρίσκονται μέσα σε κάθε μία από τις ομάδες αυτές, υπολογίζοντας παράλληλα την τιμή ενός στατιστικού R. Τα δείγματα που υπάρχουν μέσα στις διάφορες ομάδες ανακατεύονται στη συνέχεια σχηματίζοντας νέες ομάδες με διαφορετική σύνθεση δειγμάτων και υπολογίζεται ξανά η τιμή του στατιστικού R. Το test ANOSIM ελέγχει στη συνέχεια αν η τιμή του αρχικού στατιστικού R από τις ομάδες που ορίστηκαν στην αρχή, διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις άλλες τιμές R. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του test είναι πως δεν απαιτεί τον ίδιο αριθμό επαναληπτικών δειγμάτων (replicates) μέσα σε κάθε ομάδα. Ουσιαστικά ακόμα και ένα μονάχα δείγμα είναι αρκετό αρκεί η άλλη ομάδα να έχει επαναληπτικά δείγματα.

Διευθέτηση (Multi-dimensional Scaling, MDS)

Η διευθέτηση είναι μια τεχνική που αναπτύχθηκε κυρίως από τις επιστήμες της ψυχολογίας και της κοινωνιολογίας, έκτοτε όμως γνώρισε μεγάλη εφαρμογή στις βιολογικές επιστήμες. Σε γενικές γραμμές, η διευθέτηση δημιουργεί ένα διάγραμμα όπου απεικονίζονται τα n δείγματα μας σε έναν καθορισμένο αριθμό διαστάσεων (συνήθως δύο). Υπάρχει μια πληθώρα τεχνικών MDS, στη μελέτη όμως αυτή χρησιμοποιήθηκε η τεχνική Non-metric Multi-dimensional Scaling, (NMDS), η οποία αναφέρεται απλά σαν MDS. Η μέθοδος αυτή βασίζεται σε έναν αλγόριθμο ο οποίος εκτελεί διαδοχικές δοκιμές και συγκρίσεις των αποστάσεων των δειγμάτων, καλυτερεύοντας συνεχώς τις σχετικές τους θέσεις μέχρις ότου βρεθεί ο καλύτερος δυνατός συνδυασμός ο οποίος να ικανοποιεί τις ανομοιότητες που υπάρχουν μεταξύ των δειγμάτων. Τα βήματα που ακολουθούνται σε γενικές γραμμές από το συγκεκριμένο αλγόριθμο είναι τα εξής: αρχικά τοποθετούνται όλα τα δείγματα πάνω στο δυσδιάστατο διάγραμμα σε τυχαίες θέσεις. Στη συνέχεια ακολουθεί μια μη γραμμική παλινδρόμηση ανάμεσα στις αποστάσεις που υπάρχουν ανάμεσα στα σημεία και τις ανομοιότητες τους. Ακολουθούν δοκιμές και αλλαγές των αρχικών τυχαίων σημείων μέχρι να βρεθεί η καλύτερη δυνατή παλινδρόμηση. Το πόσο πετυχημένη είναι τελικά η απεικόνιση των σημείων μετράται με ένα μέγεθος το οποίο ονομάζεται stress (Clarke, 1993). Για να είναι επιτυχημένη μια απεικόνιση πρέπει η τιμή του stress να είναι σχετικά μικρή. Έτσι, τιμή stress <0.05 δίνει μια σχεδόν άριστη απεικόνιση των δεδομένων χωρίς την παραμικρή πιθανότητα παρερμηνείας. Τιμή stress <0.1 δίνει καλή απεικόνιση με πολύ μικρή πιθανότητα να γίνει παρερμηνεία των αποτελεσμάτων ενώ όταν η τιμή του stress είναι <0.2 τότε οι απεικονίσεις που δημιουργούνται, αν και μπορούν να βοηθήσουν στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων, θα πρέπει ωστόσο να χρησιμοποιούνται με προσοχή, ιδιαίτερα αν η τιμή είναι πιο κοντά στο 0.2. Τιμές >0.2 παράγουν απεικονίσεις οι οποίες είναι επικίνδυνο να χρησιμοποιηθούν. Τέλος, τιμές >0.35 ουσιαστικά παράγουν απεικονίσεις όπου τα σημεία είναι τοποθετημένα σχεδόν τυχαία πάνω στο διάγραμμα.

Ο αλγόριθμος MDS θεωρείται σήμερα μία από τις πιο χρήσιμες τεχνικές διευθέτησης που υπάρχουν. Βασίζεται σε μια σχετικά απλή ιδέα και το πεδίο εφαρμογών του είναι ευρύ. Επειδή χρησιμοποιεί μόνο τις τιμές ανομοιότητας μεταξύ

των δειγμάτων διατεταγμένες σε τάξη, η ανοχή του όσον αφορά την ποιότητα των δεδομένων είναι σχετικά μεγάλη. Το μεγαλύτερο του όμως πλεονέκτημα βρίσκεται στο γεγονός πως χρησιμοποιεί ίσως την πιο κατάλληλη πληροφορία που μπορεί κανείς να βρει ανάμεσα σε διαφορετικά δείγματα, το κατά πόσον δηλαδή τα δείγματα αυτά είναι όμοια/ ανόμοια μεταξύ τους. Τέλος, η τεχνική MDS δεν προϋποθέτει κανονικότητα κατανομής και ομοιογένεια διασπορών.

Προσδιορισμός των χαρακτηριστικών ειδών με το λογισμικό SIMPER

Για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών ειδών χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό SIMPER. Η μέθοδος αυτή, υπολογίζει τη συμμετοχή του κάθε είδους χωριστά στη συνολική μέση ανομοιότητα που υπάρχει μεταξύ δύο ομάδων δειγμάτων καθώς και τη συμμετοχή του κάθε είδους στη συνολική ομοιότητα που υπάρχει μέσα στην κάθε ομάδα. Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνονται δύο πράγματα. Αφενός χαρακτηρίζονται τα είδη στα οποία οφείλεται ο διαχωρισμός των δειγμάτων σε διακριτές ομάδες και αφετέρου μπορούμε να ξεχωρίσουμε ποια είναι εκείνα τα είδη τα οποία είναι τυπικά στην κάθε ομάδα με την έννοια της μεγάλης συμμετοχής τους στη συνολική ομοιότητα μέσα στην ομάδα (Clarke, 1993).

## 2.5 Λογισμικό

Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με μια σειρά προγραμμάτων και πακέτων λογισμικού σε έναν υπολογιστή Pentium III (600 MHz).

Για τους διάφορους ελέγχους, τα test σημαντικότητας, την Ανάλυση Διακύμανσης, τους μέσους όρους, τα τυπικά σφάλματα καθώς και τις διάφορες συσχετίσεις χρησιμοποιήθηκε κατά κύριο λόγο το στατιστικό πακέτο STATGRAPH.

Η διευθέτηση MDS, το test ANOSIM και το λογισμικό SIMPER, εφαρμόστηκαν με το στατιστικό πακέτο PRIMER v6.0 (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research), το οποίο έχει αναπτυχθεί στο Plymouth Marine Laboratory. Με το ίδιο στατιστικό πακέτο υπολογίστηκαν επίσης οι περισσότεροι δείκτες ποικιλότητας. Ο δείκτης ποικιλότητας EG(x) του Hurlbert, υπολογίστηκε με το στατιστικό πακέτο Biodiversity Pro, το οποίο έχει αναπτυχθεί από το Μουσείο

Φυσικής Ιστορίας του Λονδίνου σε συνεργασία με την Ένωση Θαλάσσιων Βιολόγων της Σκοτίας.

# *3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ*

## 3.1 Μειοπανίδα

### *3.1.1 Κατανομή της αφθονίας των μειοπανιδικών οργανισμών στα διαφορετικά μικροπεριβάλλοντα*

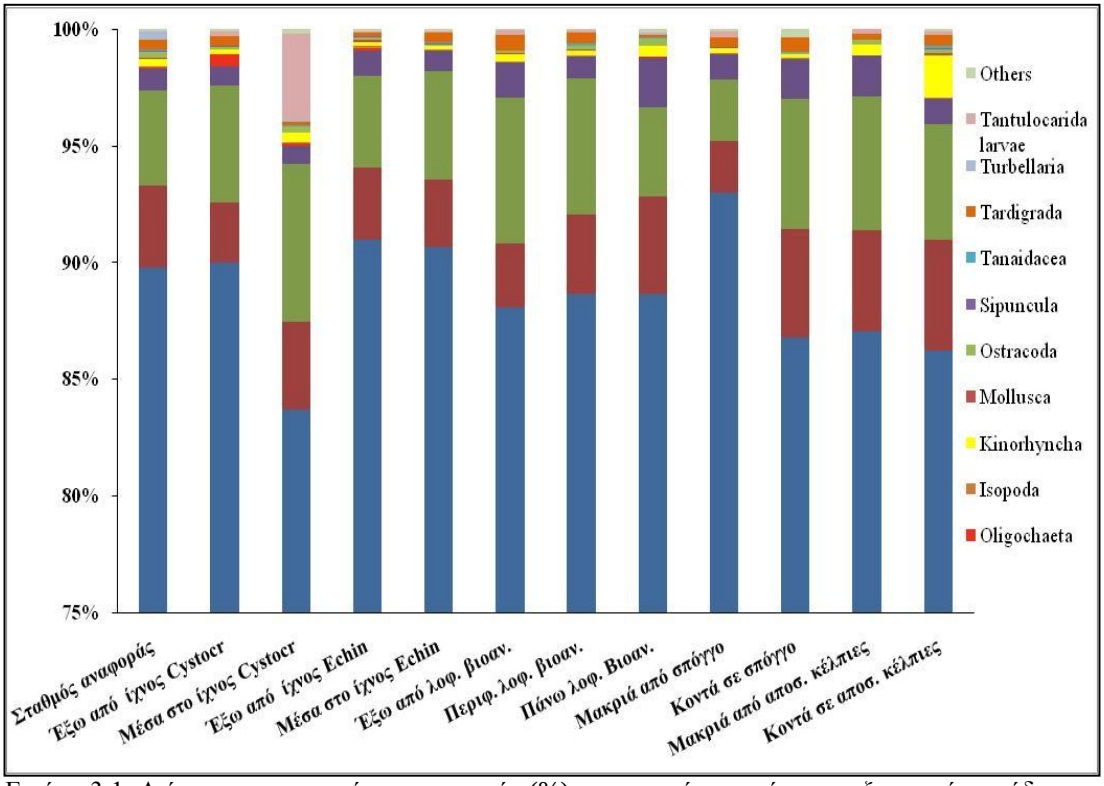
Η ανάλυση των δειγμάτων έδειξε πως η κυρίαρχη ταξινομική ομάδα είναι αυτή των νηματωδών, με ποσοστά παρουσίας σε όλα τα μικροπεριβάλλοντα πάνω από 80% (εικόνα 3.1). Η μεγαλύτερη συμμετοχή τους εμφανίζεται στο σταθμό μακριά από σπόγγο με ποσοστό 93%, ενώ η μικρότερη στην περιοχή που βρισκόταν μέσα στο ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp* με ποσοστό περίπου 83%.

Η δεύτερη πιο άφθονη ομάδα ήταν πάντα αυτή των αρπακτικοειδών κωπήποδων που περιλαμβάνει τόσο τα ώριμα κωπήποδα όσο και τους ναύπλιους. Το ποσοστό συμμετοχής τους κυμαίνεται από 4,8% περίπου στο σταθμό που βρισκόταν μακριά από το σπόγγο και φτάνει μέχρι το 10,6% περίπου στο σταθμό μέσα στο ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp* .

Οι υπόλοιπες ταξινομικές ομάδες, που απαρτίζονται κυρίως από τα πολύχαιτα, τα κινόρυνχα, τα βραδυπόρα και οι λάρβες των Tantulocarida, εμφανίζουν πολύ χαμηλότερα ποσοστά αφθονίας, μικρότερα από το 1% περίπου σε κάθε σταθμό.

Η συνολική αφθονία των μειοπανιδικών οργανισμών συγκρίθηκε μεταξύ των δώδεκα διαφορετικών μικροπεριβάλλοντων (εικόνα 3.2). Τα δείγματα από το σταθμό, που βρισκόταν ακριβώς πάνω σε λοφίσκο που δημιουργήθηκε από μακροπανιδικό ή μεγαπανιδικό οργανισμό, εμφανίζουν τη μικρότερη αφθονία με 737 άτομα/10cm$^2$, ενώ αυτά, που προέρχονται από την περιοχή μακριά από το ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp*, παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη με 2500 άτομα/10cm$^2$.

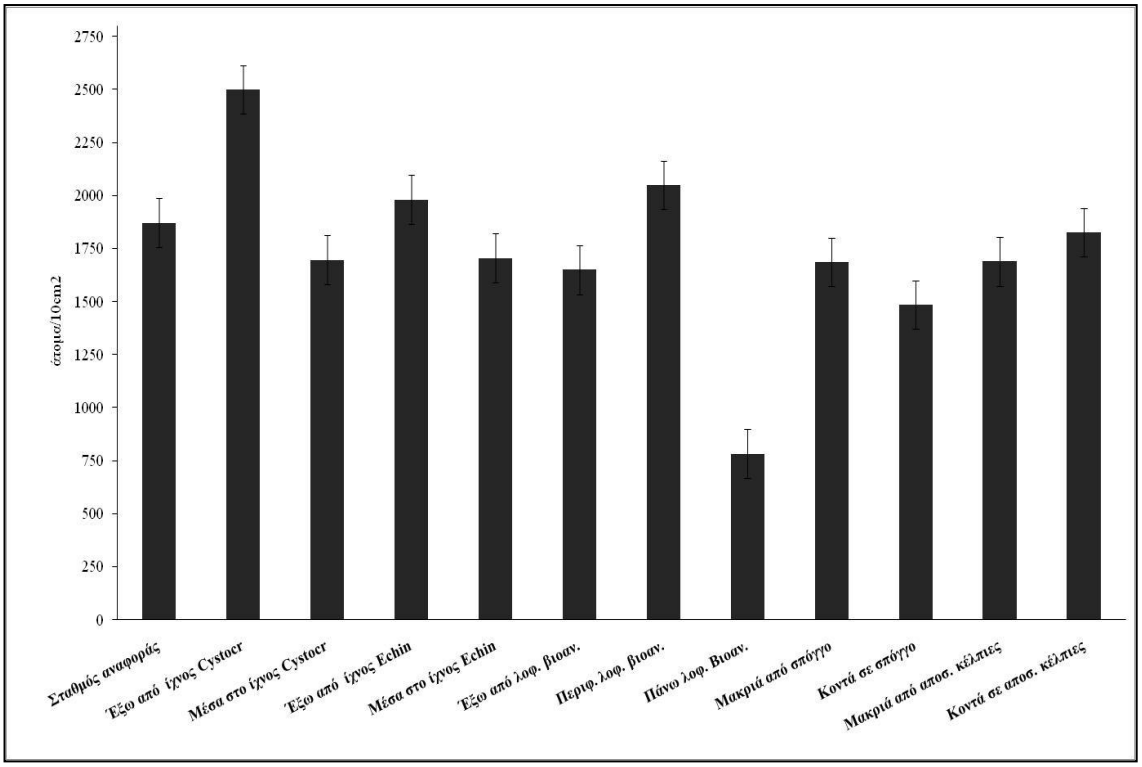
Σε γενικές γραμμές, παρατηρείται το πρότυπο της μείωσης της αφθονίας σε περιοχές μέσα στα ίχνη των αχινών και της αύξησης της στις περιοχές μακριά από το ίχνος, αφού η μέση αφθονία βρέθηκε να είναι μέσα στο ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp* 1705 άτομα/10cm$^2$ και 1981 άτομα/10cm$^2$ έξω από αυτό. Παρόμοια είναι και η κατάσταση που αφορά την περιοχή επίδρασης του ίχνους του αχινού *Cystocrepis sp* που παρουσιάζει μέση αφθονία 1698 άτομα/10cm$^2$ ενώ στην περιοχή εκτός 2500 άτομα/10cm$^2$.




Εικόνα 3.1. Διάγραμμα με τη μέση ποσοστιαία (%) συμμετοχή των κύριων ταξινομικών ομάδων των μειοπανιδικών οργανισμών σε κάθε ένα από τα δώδεκα μικροπεριβάλλοντα. Έξω από ίχνος Cystocr: σταθμός έξω από το ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp*, Μέσα στο ίχνος Cystocr: σταθμός μέσα στο ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp*, Έξω από ίχνος Echin: σταθμός έξω από το ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp*, Μέσα στο ίχνος Echin: σταθμός μέσα στο ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp*, Έξω από λοφ. βιοαν.: σταθμός μακριά από το λοφίσκο βιοανάδευσης, Περιφ. λοφ. βιοαν.: σταθμός στην περιφέρεια του λοφίσκου βιοανάδευσης, Πάνω στο λοφ. βιοαν.: σταθμός πάνω ακριβώς στο λοφίσκο βιοανάδευσης.

Το ίδιο πρότυπο ακολουθείται και στην περίπτωση των σπόγγων και αντιστρέφεται εντελώς στο μικροπεριβάλλον που αφορά τις αποσυντιθέμενες κέλπιες. Όσον αφορά τους σπόγγους, η περιοχή επίδρασης αριθμεί περίπου 1485 άτομα/10cm$^2$ ενώ η περιοχή εκτός 1687 άτομα/10cm$^2$ περίπου. Στην περίπτωση με το μικροπεριβάλλον που δημιουργείται από τις αποσυντιθέμενες κέλπιες, εμφανίζεται υψηλός αριθμός μειοπανιδικών οργανισμών σε δείγματα που απέχουν μικρή απόσταση από αυτές (1826 άτομα/10cm$^2$) και χαμηλός στις κοντινότερες περιοχές (1689 άτομα/10cm$^2$).

Ιδιαίτερη περίπτωση αποτελούν οι περιοχές που αφορούν το λοφίσκο βιοανάδευσης. Δείγματα που προέρχονται από την περιοχή πάνω στο λοφίσκο, εμφανίζουν τη μικρότερη αφθονία (737 άτομα/10cm$^2$). Αντιστροφή κατάστασης επικρατεί στην περιοχή της περιφέρειας του λοφίσκου με 2049 άτομα/10cm$^2$, που αποτελεί και μία από τις μεγαλύτερες μέσες αφθονίες, αλλά στην απομακρυσμένη περιοχή η αφθονία αγγίζει τα 1650 άτομα/10cm$^2$.




Εικόνα 3.2. Διάγραμμα με τη διακύμανση της συνολικής αφθονίας των μειοπανιδικών οργανισμών ανά 10 cm$^2$ επιφάνειας για κάθε σταθμό.

Το ποσοστό μείωσης των μειοπανιδικών φύλων μεταξύ των ομάδων περιοχών αναφέρεται στον πίνακα 3.1 και διαπιστώνεται η αξιοσημείωτη μείωση τους σε ορισμένες περιπτώσεις. Εντυπωσιακή είναι, για παράδειγμα, η άνοδος της τιμής της μέσης αφθονίας των κινόρυνχων, που στην περιοχή κοντά στις αποσυντιθέμενες κέλπιες αγγίζει το 326% περίπου. Αλλά σημαντική είναι και η αύξηση των κωπήποδων (83%) και των ναύπλιων τους (89%) κοντά στους σπόγγους.

Πίνακας 3.1. Πίνακας με τα ποσοστά μείωσης των πιο άφθονων μειοπανιδικών ομάδων μεταξύ των ομάδων περιοχών.

| | Nematoda | Copepoda | Copepoda nauplii | Polychaeta | Kinorhyncha | Tardigrada | Tantulocarida larvae | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Μέσα- Έξω από ίχνος *Echin*** | -14,22 | -19,62 | 1,52 | -27,78 | -44,44 | 125,00 | 0,00 | -13,93 |
| **Μέσα- Έξω από ίχνος *Cystocr*** | -36,87 | -1,20 | -8,13 | -37,04 | 28,57 | -76,92 | 1250,00 | -32,11 |
| **Περιφ. – Πάνω λοφ. βιοαν.** | 24,95 | 56,98 | 15,58 | -23,91 | -10,00 | -14,29 | -33,33 | 24,19 |
| **Έξω - Πάνω λοφ. βιοαν.** | -52,27 | -26,74 | -71,36 | -31,52 | -25,00 | -92,86 | -87,50 | -55,35 |
| **Μακριά – Κοντά από Σπόγγο** | -17,84 | 83,33 | 89,29 | 37,50 | -40,00 | 37,50 | -100,00 | -11,95 |
| **Μακριά – Κοντά από αποσυν. κέλπιες** | 7,14 | 17,73 | -5,91 | -35,09 | 326,67 | 88,89 | -33,33 | 8,16 |

Με σκοπό να γίνει ο έλεγχος στη διαφορά μεταξύ της συνολική αφθονίας των μειοπανιδικών ομάδων και των δώδεκα μικροπεριβάλλοντων ώστε να βρεθεί αν είναι στατιστικά σημαντική, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση διακύμανσης εφόσον και τα δεδομένα πληρούν τις προϋποθέσεις αυτής της μεθόδου. Η σύγκριση των μικροπεριβάλλοντων για το σύνολο των μειοπανιδικών οργανισμών έδειξε πως αυτά διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους ($p<0,05$). Ακολούθησαν πολλαπλές ζευγαρωτές συγκρίσεις για να εντοπιστούν οι επιμέρους σταθμοί που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από τους υπόλοιπους. Βρέθηκε, λοιπόν, όπως φαίνεται και από τον πίνακα 3.2, πως τα δείγματα με προέλευση το λοφίσκο βιοανάδευσης διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από όλους τους επιμέρους σταθμούς. Επίσης, ο σταθμός μακριά από το ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp* διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τους σταθμούς που βρίσκονται μακριά από το σπόγγο, μέσα στο ίχνος του *Cystocrepis sp*, μέσα στο ίχνος του *Echinocrepis sp*, κοντά στις αποσυντιθέμενες κέλπιες, κοντά στο σπόγγο, μακριά από το λοφίσκο βιοανάδευσης και από το σταθμό αναφοράς.

Πίνακας 3.2. Πίνακας με τα αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης και των πολλαπλών ζευγαρωτών συγκρίσεων (Method: 95,0 percent LSD) για το σύνολο των μειοπανιδικών ομάδων. Απεικονίζονται μόνο τα ζευγάρια μικροπεριβάλλοντων που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. 1: μακριά από το σπόγγο, 2: μακριά από τις αποσυντιθέμενες κέλπιες, 3: σταθμός αναφοράς, 4: μέσα στο ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp*, 5: μέσα στο ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp*, 6: κοντά στις αποσυντιθέμενες κέλπιες, 7: κοντά στο σπόγγο, 8: πάνω στο λοφίσκο βιοανάδευσης, 9: στην περιφέρεια του λοφίσκου βιοανάδευσης, 10: μακριά από το λοφίσκο βιοανάδευσης, 11: μακριά από το ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp*, 12: μακριά από το ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp*.

| ***Διαφορετικά ζευγάρια*** | ***Σημαντικότητα*** | *F-Ratio* | *P-Value* |
|---|---|---|---|

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 - 8 | * | 4,28 | 0,0014 |
| 1 - 11 | * | | |
| 2 - 8 | * | | |
| 3 - 8 | * | | |
| 3 - 11 | * | | |
| 4 - 8 | * | | |
| 4 - 11 | * | | |
| 5 - 8 | * | | |
| 5 - 11 | * | | |
| 6 - 8 | * | | |
| 6 - 11 | * | | |
| 7 - 8 | * | | |
| 7 - 11 | * | | |
| 8 - 9 | * | | |
| 8 - 10 | * | | |
| 8 - 11 | * | | |
| 8 - 12 | * | | |
| 10 - 11 | * | | |

### *3.1.2. Κατανομή της αφθονίας των νηματωδών στα διαφορετικά μικροπεριβάλλοντα*

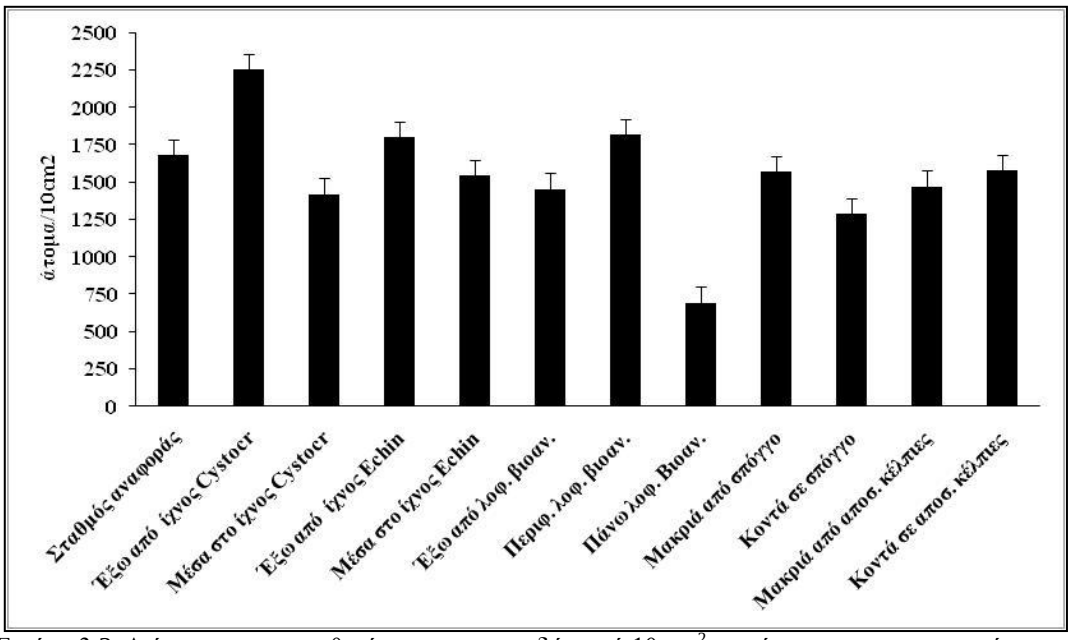
Η κατανομή της αφθονίας των νηματωδών στα δώδεκα διαφορετικά μικροπεριβάλλοντα παρουσιάζεται στην εικόνα 3.3. Ο μεγαλύτερος αριθμός νηματωδών εντοπίζεται στην περιοχή μακριά από το ίχνος του *Cystocrepis sp* , με αφθονία που προσεγγίζει τα 2250 άτομα/10cm$^2$, ενώ η μικρότερη συναντάται στην περιοχή που βρίσκεται πάνω στο λοφίσκο βιοανάδευσης με 694 άτομα/10cm$^2$. Σε γενικές γραμμές, η κατανομή των νηματωδών ακολουθεί το πρότυπο του συνόλου των μειοπανιδικών οργανισμών.

Πιο συγκεκριμένα, παρατηρείται μείωση στους αριθμούς σε περιοχές μέσα στα ίχνη των αχινών, όπως συμβαίνει με την περιοχή "μέσα στο ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp sp* " με μέση αφθονία 1545 άτομα/10cm$^2$ και με την περιοχή "μέσα στο ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp* " με μέση αφθονία 1420 άτομα/10cm$^2$. Ενώ διακρίνεται αύξηση στις περιοχές μακριά από το ίχνος, με την περιοχή "μακριά από το ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp* " να έχει μέση αφθονία 1802 άτομα/10cm$^2$ και την περιοχή "μακριά από το ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp* " να έχει μέση αφθονία 2250 άτομα/10cm$^2$.

Το ίδιο πρότυπο ακολουθείται και στην περίπτωση των σπόγγων, όπου στην περιοχή επίδρασης από αυτόν βρίσκονται περίπου 1289 άτομα/10cm$^2$ ενώ στην περιοχή εκτός επίδρασης 1569 άτομα/10cm$^2$. Η τάση αυτή αντιστρέφεται εντελώς

στο μικροπεριβάλλον που αφορά τις αποσυντιθέμενες κέλπιες. Υψηλός αριθμός μειοπανιδικών οργανισμών εντοπίζεται σε δείγματα που προέρχονται από μικρή απόσταση από αυτές, με τη μέση αφθονία τους να φτάνει τα 1574 άτομα/10cm$^2$. Στον αντίποδα, δηλαδή σε μακρινές περιοχές η μέση αφθονία αγγίζει τα 1470 άτομα/10cm$^2$.

Οι περιοχές που αφορούν το λοφίσκο βιοανάδευσης αποτελούν και για την κατανομή των νηματωδών μία ιδιαίτερη περίπτωση. Καθώς, ελάχιστος είναι ο αριθμός ατόμων (694 άτομα/10cm$^2$) που βρέθηκαν στην περιοχή πάνω στο λοφίσκο. Οι τιμές για την περιοχή της περιφέρειας του λοφίσκου είναι μεγαλύτερες (1816 άτομα/10cm$^2$) ενώ μειώνονται πάλι στα 1453 άτομα/10cm$^2$ σε περιοχές μακριά από το λοφίσκο.



Εικόνα 3.3. Διάγραμμα της αφθονίας των νηματωδών ανά 10 cm$^2$ επιφάνειας και του τυπικού σφάλματος στα διάφορα μικροπεριβάλλοντα.

Διαφορές μεταξύ των σταθμών και μάλιστα στατιστικά σημαντικές βρέθηκαν ανάμεσα στα μικροπεριβάλλοντα. Πιο συγκεκριμένα, η κατανομή των νηματωδών στα διάφορα μικροπεριβάλλοντα είναι στατιστικά σημαντική ($p<0.05$), όπως έδειξε η ανάλυση διακύμανσης εφόσον τα δεδομένα πληρούσαν τις προϋποθέσεις. Στη συνέχεια, οι πολλαπλές ζευγαρωτές συγκρίσεις που ακολούθησαν (Πίνακας 3.3), υπέδειξαν τους επιμέρους σταθμούς που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από τους υπόλοιπους.

Μεταξύ της περιοχής με τα δείγματα που βρίσκεται πάνω στο λοφίσκο βιοανάδευσης και των περιοχών μακριά από σπόγγο, μέσα στο ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp*, κοντά στις αποσυντιθέμενες κέλπιες, στην περιφέρεια του λοφίσκου βιοανάδευσης, μακριά από το λοφίσκο βιοανάδευσης, μακριά από το ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp*, μακριά από το ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp*, του σταθμού αναφοράς εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά. Επιπλέον, οι σταθμοί μακριά από το ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp* διαφέρουν με αυτούς μέσα στο ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp*, μέσα στο ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp*, κοντά στις αποσυντιθέμενες κέλπιες, κοντά στο σπόγγο και μακριά από το λοφίσκο βιοανάδευσης στατιστικά σημαντικά.

Πίνακας 3.3. Πίνακας με τα αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης και των πολλαπλών ζευγαρωτών συγκρίσεων (Method: 95,0 percent LSD) για το σύνολο των νηματωδών. Απεικονίζονται μόνο τα ζευγάρια μικροπεριβάλλοντων που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους.

| *Διαφορετικά ζευγάρια* | *Σημαντικότητα* | *F-Ratio* | *P-Value* |
|---|---|---|---|
| 1 - 8 | * | 3,73 | 0,0034 |
| 3 - 8 | * | | |
| 4 - 8 | * | | |
| 4 - 11 | * | | |
| 5 - 8 | * | | |
| 5 - 11 | * | | |
| 6 - 8 | * | | |
| 6 - 11 | * | | |
| 7 - 11 | * | | |
| 8 - 9 | * | | |
| 8 - 10 | * | | |
| 8 - 11 | * | | |
| 8 - 12 | * | | |
| 10 - 11 | * | | |

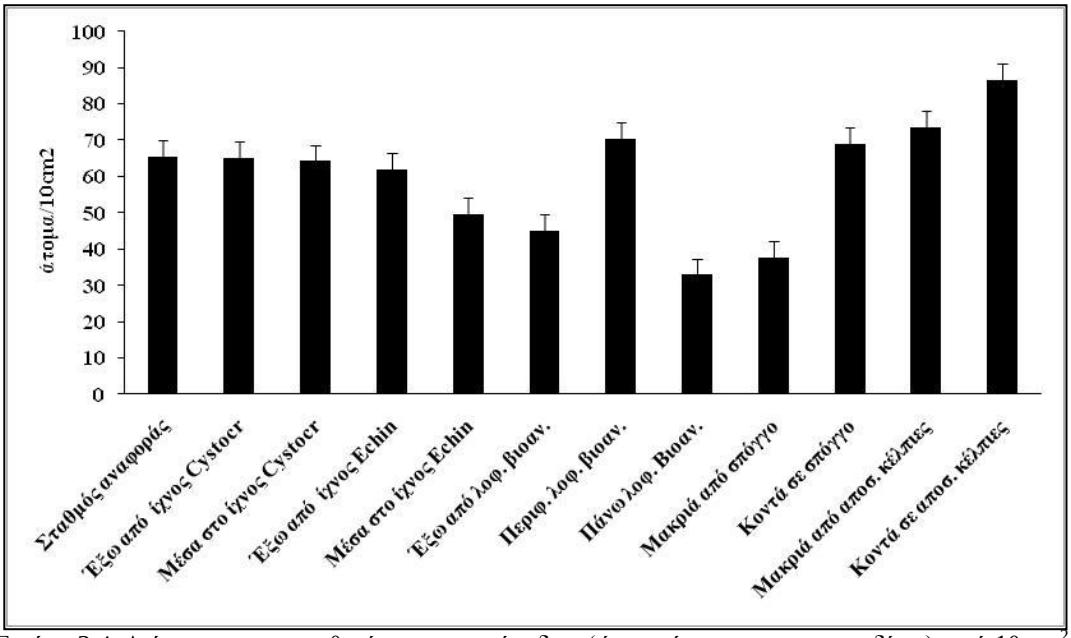
### *3.1.3. Κατανομή της αφθονίας των κωπήποδων στα διαφορετικά μικροπεριβάλλοντα*

Τα αρπακτικοειδή κωπηπόδα (ώριμα άτομα συν κωπηποδίτες) παρουσιάζουν παρόμοιο πρότυπο με τους νηματώδεις με εξαίρεση διαφορές στο μικροπεριβάλλον που αφορά τους σπόγγους και τις αποσυντιθέμενες κέλπιες (εικόνα 3.4). Ειδικότερα, στην περίπτωση των σπόγγων, στο σταθμό που βρίσκεται κοντά τα κωπήποδα έχουν περίπου τη διπλάσια μέση αφθονία (69 άτομα/10cm$^2$) από τον αντίστοιχο σταθμό μακριά (38 άτομα/10cm$^2$). Όσον αφορά το περιβάλλον με τις κέλπιες, τα κωπήποδα

εμφανίζουν περίπου τον ίδιο αριθμό ατόμων και στην γειτονική περιοχή και στην απομακρυσμένη, με 87 άτομα/10cm$^2$ και 74 άτομα/10cm$^2$ αντίστοιχα.

Οι μεγαλύτερες τιμές της μέσης αφθονίας παρατηρούνται στην περιφέρεια του λοφίσκου βιοανάδευσης (70 άτομα/10cm$^2$) και οι μικρότερες στο λοφίσκο βιοανάδευσης (33 άτομα/10cm$^2$). Μακριά από το ίχνος του αχινού, που ανήκει στο γένος *Echinocrepis sp*, η μέση αφθονία των κωπήποδων αγγίζει τα 62 άτομα/10cm$^2$, ενώ μέσα στο ίχνος τα 50 άτομα/10cm$^2$. Στην περιοχή μακριά από το ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp* εντοπίζονται 65 άτομα/10cm$^2$ και μειώνονται μέσα στο ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp* σε 64 άτομα/10cm$^2$.

Η περιοχή μακριά από το λοφίσκο βιοανάδευσης παρουσιάζει τιμές αφθονίας που κυμαίνονται στα 45 άτομα/10cm$^2$, ο αριθμός αυτός αυξάνεται στην περιφέρεια και μειώνεται ξανά στο λοφίσκο βιοανάδευσης.




Εικόνα 3.4. Διάγραμμα της αφθονίας των κωπήποδων (ώριμα άτομα συν κωπηποδίτες) ανά 10 cm$^2$ επιφάνειας και του τυπικού σφάλματος στα διάφορα μικροπεριβάλλοντα.

Η ανάλυση διακύμανσης εφαρμόστηκε για τα δεδομένα των κωπήποδων. Τα αποτελέσματα της υπέδειξαν ($p<0,05$) πως αυτά παρουσιάζουν σημαντική διαφοροποίηση για το σύνολο των μικροπεριβάλλοντων. Στον πίνακα 3.4 δίνονται τα συγκεκριμένα μικροπεριβάλλοντα που εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Όπως παρατηρείται, η αφθονία των κωπήποδων στην περιοχή που

εντοπίζεται μακριά από το σπόγγο διαφέρει σημαντικά από το σταθμό αναφοράς, από αυτούς που βρίσκονται κοντά στις αποσυντιθέμενες κέλπιες και από την περιφέρεια του λοφίσκου βιοανάδευσης.

Η περιοχή του λοφίσκου βιοανάδευσης, με τη σειρά της, διαφέρει σημαντικά σχεδόν με όλα τα μικροπεριβάλλοντα. Καθώς διαφορές εντοπίζονται με τις περιοχές μακριά και κοντά από τις αποσυντιθέμενες κέλπιες, μέσα και μακριά από το ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp*, μέσα και μακριά από το ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp*, μακριά από το σπόγγο, στην περιφέρεια του λοφίσκου βιοανάδευσης και του σταθμού αναφοράς. Τέλος, ο αριθμός των κωπήποδων που προέρχεται από σταθμούς κοντά στις αποσυντιθέμενες κέλπιες διαφέρει σημαντικά με τον αντίστοιχο από τους σταθμούς μέσα στο ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp* και τους απομακρυσμένους από το λοφίσκο βιοανάδευσης.

Πίνακας 3.4. Πίνακας με τα αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης και των πολλαπλών ζευγαρωτών συγκρίσεων (Method: 95,0 percent LSD) μόνο για τα μικροπεριβάλλοντα που εμφανίζουν στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση για το σύνολο των κωπήποδων.

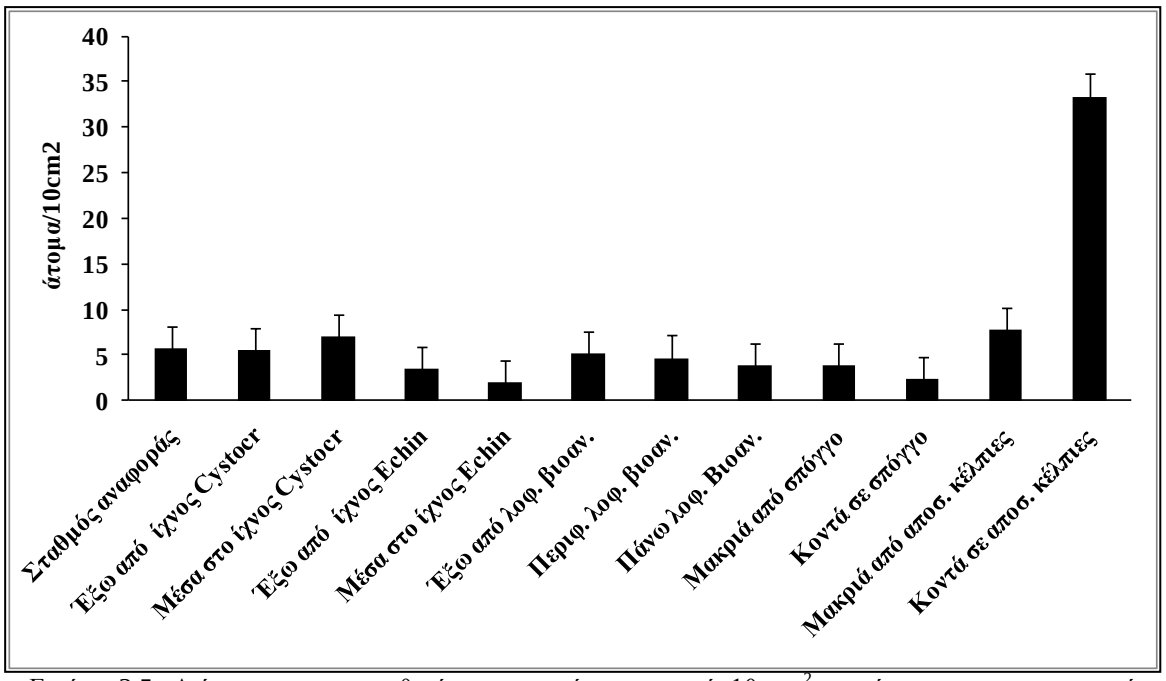
| *Διαφορετικά ζευγάρια* | *Σημαντικότητα* | *F-Ratio* | *P-Value* |
|---|---|---|---|
| 1 - 3 | * | 2,79 | 0,0172 |
| 1 - 6 | * | | |
| 1 - 9 | * | | |
| 2 - 8 | * | | |
| 3 - 8 | * | | |
| 4 - 8 | * | | |
| 5 - 6 | * | | |
| 6 - 8 | * | | |
| 6 - 10 | * | | |
| 7 - 8 | * | | |
| 8 - 9 | * | | |
| 8 - 11 | * | | |
| 8 - 12 | * | | |

### *3.1.4. Κατανομή της αφθονίας των κινόρυνχων στα διαφορετικά μικροπεριβάλλοντα*

Εντελώς διαφορετικό πρότυπο ακολουθείται από τη μειοπανιδική ομάδα των κινόρυνχων ως προς την κατανομή τους στα δώδεκα μικροπεριβάλλοντα. Εντυπωσιακή είναι η αύξηση του αριθμού των ατόμων, που ανέρχεται σε 33 άτομα/10cm$^2$, στην περιοχή κοντά στις αποσυντιθέμενες κέλπιες, σε αντίθεση με

αυτή μέσα στο ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp* και κοντά στο σπόγγο (2 άτομα/10cm$^2$).

Σε γενικές γραμμές, οι αφθονίες των κινόρυνχων σε κάθε μικροπεριβάλλον είναι μικρές. Εντούτοις διαφαίνονται διαφοροποιήσεις μεταξύ τους (εικόνα 3.5). Στην περιοχή μακριά από το ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp* καταμετρούνται περίπου 4 άτομα/10cm$^2$, τα διπλάσια δηλαδή από την αντίστοιχη που βρίσκεται μέσα στο ίχνος. Το ίδιο συμβαίνει και με τους σπόγγους, που αριθμούν 4 άτομα/10cm$^2$ στους σταθμούς μακριά από το σπόγγο. Αντίστροφη κατάσταση επικρατεί στις αφθονίες των "μέσα" και "μακριά" από το ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp* (7 άτομα/10cm$^2$ και 6 άτομα/10cm$^2$ αντίστοιχα). Οι περιοχές που σχετίζονται με το λοφίσκο βιοανάδευσης, δηλαδή της ακριβώς πάνω, στην περιφέρεια και μακριά παρουσιάζουν παρόμοιες αφθονίες (4 άτομα/10cm$^2$, 5 άτομα/10cm$^2$ και 5 άτομα/10cm$^2$ αντίστοιχα).




Εικόνα 3.5. Διάγραμμα της αφθονίας των κινόρυνχων ανά 10 cm$^2$ επιφάνειας και του τυπικού σφάλματος στα διάφορα μικροπεριβάλλοντα.

Τα δεδομένα που αφορούν τα κινόρυνχα μετασχηματίστηκαν με το λογάριθμο log (x+1) για να είναι δυνατό να εφαρμοστεί η ανάλυση διακύμανσης σε αυτά, με αποτέλεσμα να βρεθεί η στατιστικά σημαντική διαφορά τους. Το μικροπεριβάλλον, που αφορά την περιοχή κοντά στις αποσυντιθέμενες κέλπιες, διαφέρει σημαντικά με όλα εκτός από αυτό που προέρχεται από την απομακρυσμένη απόσταση από αυτές

(πίνακας 3.5). Σημαντική διαφοροποίηση, όμως, παρατηρείται και μεταξύ του σταθμού αναφοράς και του "μέσα στο ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp* ".

Πίνακας 3.5. Πίνακας με τα αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης και των πολλαπλών ζευγαρωτών συγκρίσεων (Method: 95,0 percent LSD) μόνο για τα μικροπεριβάλλοντα που εμφανίζουν στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση για το σύνολο των κινόρυνχων .

| *Διαφορετικά ζευγάρια* | *Σημαντικότητα* | *F-Ratio* | *P-Value* |
|---|---|---|---|
| 1 - 6 | * | 2,41 | 0,0346 |
| 3 - 5 | * | | |
| 3 - 6 | * | | |
| 4 - 6 | * | | |
| 5 - 6 | * | | |
| 6 - 7 | * | | |
| 6 - 8 | * | | |
| 6 - 9 | * | | |
| 6 - 10 | * | | |
| 6 - 11 | * | | |
| 6 - 12 | * | | |

### *3.1.5. Κατανομή της αφθονίας των υπόλοιπων μειοπανιδικών τάξεων στα διαφορετικά μικροπεριβάλλοντα*

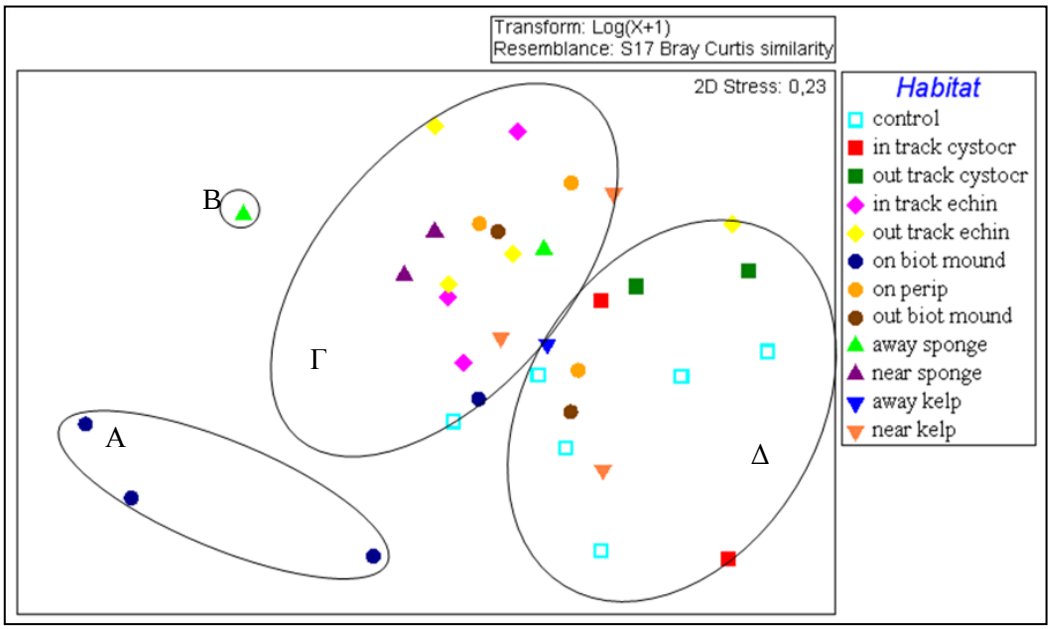
Παρόλο που η μέση αφθονία των πολύχαιτων (μειοβενθικοί συν τα ανώριμα άτομα των μακροβενθικών πολυχαίτων) κυμαινόταν περίπου σε επίπεδα των 7 άτομα/10cm$^2$, δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αυτών και των δώδεκα διαφορετικών μικροπεριβάλλοντων. Το ίδιο συμβαίνει για την ομάδα των Βραδύποδων με μέση αφθονία τα 2 άτομα/10cm$^2$. Οι υπόλοιπες ομάδες, που βρέθηκαν όπως τα ταναϊώδη, τα ισόποδα, τα οστρακώδη, οι νεμερτίνοι, τα μειοβενθικά δίθυρα, τα σωληνοειδή, οι ολιγόχαιτοι και τα παρασιτικά κωπήποδα (Tantulocarida), εμφανίζουν μικρό αριθμό ατόμων και η συμμετοχή τους στην συνολική αφθονία είναι μικρότερη από 0,5%.

Το γενικό πρότυπο των μειοπανιδικών ομάδων όσον αφορά τις περιοχές επίδρασης και μη του σπόγγου και των αποσυντιθέμενων κέλπιων είναι να αυξάνεται ο αριθμός των ατόμων μέσα στην περιοχή επίδρασης αλλά σε μη στατιστικά σημαντικά επίπεδα. Αντίθετη κατάσταση επικρατεί στις περιοχές που επηρεάζονται και μη από το λοφίσκο βιοανάδευσης, όπου η μέση αφθονία των ομάδων μειώνεται

στην περιοχή που βρίσκεται κάτω από την επίδραση του λοφίσκου. Τέλος, οι αχινοί τόσο αυτοί του γένους του *Echinocrepis sp* όσο και αυτοί του *Cystocrepis sp* δε φαίνεται να επηρεάζουν με κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο τις μη άφθονες μειοπανιδικές ομάδες.

### *3.1.6 Πολυπαραγοντικές αναλύσεις*

Η μέθοδος πολυδιάστατης διαβάθμισης (MDS) εφαρμόστηκε στα ίδια δεδομένα. Στην εικόνα 3.6 απεικονίζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από αυτήν. Διαπιστώνεται πως σχηματίζονται τέσσερις διακριτές ομάδες μεταξύ των μικροπεριβάλλοντων και το όχι και τόσο καλό επίπεδο αξιοπιστίας (stress 0,23) της μεθόδου. Πιο συγκεκριμένα, στην πρώτη ομάδα (Α) ανήκουν ο σταθμός που βρίσκεται πάνω στο λοφίσκο βιοανάδευσης. Στην επόμενη ομάδα (Β) ανήκει ένα επαναληπτικό δείγμα που αφορά την περιοχή μακριά από το σπόγγο. Στην (Γ) ομάδα, περιέχονται οι σταθμοί βρίσκονται κυρίως μέσα στη ζώνη επίδρασης από κάποιο παράγοντα, με εξαίρεση ένα επαναληπτικό σταθμό που αφορά την περιοχή μακριά από το σπόγγο, μακριά από το λοφίσκου βιοανάδευσης και το σταθμό αναφοράς και δύο επαναληπτικούς από την περιοχή "μακριά από το ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp*" και στην περιφέρεια του λοφίσκου βιοανάδευσης. Ενώ στην ομάδα (Δ) ανήκουν ως επί το πλείστον σταθμοί εκτός επίδρασης με εξαίρεση τους σταθμούς μέσα στο ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp* και ένα επαναληπτικό σταθμό κοντά στις αποσυντιθέμενες κέλπιες.




Εικόνα 3.6. Διάγραμμα MDS των δώδεκα διαφορετικών μικροπεριβάλλοντων για το σύνολο των μειοπανιδικών ομάδων (2D stress 0,23).

Με τη μέθοδο της ανάλυσης ομοιότητας (ANOSIM) έγινε ο έλεγχος για την επιβεβαίωση της παραπάνω ομαδοποίησης (πίνακας 3.6). Βρέθηκε πως είναι στατιστικά σημαντική (R: 0,485 και επίπεδο σημαντικότητας 0,1%) και μάλιστα οι επιμέρους διαφορές μεταξύ αυτών των ομάδων είναι επίσης στατιστικά σημαντικές, με εξαίρεση την ομάδα Β που δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντική διαφορά με καμία από τις ομάδες.

Πίνακας 3.6. Πίνακας με τα αποτελέσματα της ανάλυσης ομοιότητας (ANOSIM) για το σύνολο των μειοπανιδικών ομάδων στα δώδεκα διαφορετικά μικροπεριβάλλοντα.

| Sample statistic (Global R): 0,485 | | |
|---|---|---|
| Επίπεδο σημαντικότητας: 0,1% | | |
| Ομάδες | Στατιστικό R | Επίπεδο σημαντικότητας % |
| Β, Γ | 0,834 | 5,9 |
| Γ, Δ | 0,276 | 0,1 |
| Γ, Α | 0,921 | 0,1 |
| Β, Δ | 0,895 | 6,7 |
| Β, Α | 0,333 | 25 |
| Δ, Α | 0,888 | 0,1 |

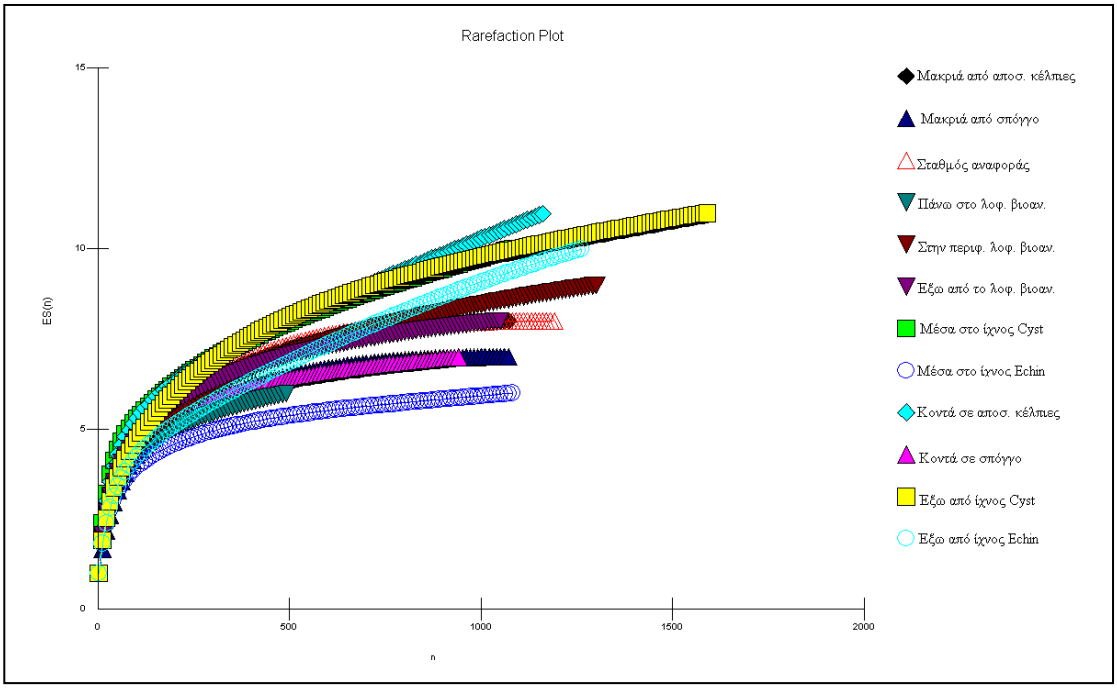
### *3.1.7. Similarity Percentage (SIMPER)*

Η ανάλυση με το πρόγραμμα SIMPER πραγματοποιήθηκε στις ομάδες που σχηματίστηκαν με τη μέθοδος πολυδιάστατης διαβάθμισης (MDS), με σκοπό να βρεθούν οι παράγοντες που προκαλούν αυτή τη διαφοροποίηση. Η ομάδα, που περιλαμβάνει κυρίως τους σταθμούς από το λοφίσκο βιοανάδευσης, διαφέρει με αυτήν που περιέχει κυρίως τις περιοχές επίδρασης και η διαφορά αυτή οφείλεται κατά 86% στους νηματώδεις (Πίνακας 3.7). Η ανομοιότητα με την ομάδα (Δ) προκαλείται και σε αυτήν την περίπτωση από τους νηματώδεις κατά 87%. Παρόμοια κατάσταση επικρατεί και για τη διαφοροποίηση των σταθμών εκτός και εντός επίδρασης, με τους νηματώδεις και τα κωπήποδα να είναι υπεύθυνα κατά 62% και 13% αντίστοιχα.

Πίνακας 3.7. Αποτελέσματα από την ανάλυση SIMPER στα δεδομένα αφθονίας των μειοπανιδικών ομάδων.

| **Groups B & C** | Average dissimilarity = 11,84 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Group B | Group C | | | | |
| Species | Av.Abund | Av.Abund | Av.Diss | Diss/SD | Contrib% | Cum.% |
| Nematoda | 1513,49 | 1558,06 | 7,41 | 1,23 | 62,64 | 62,64 |
| Copepoda nauplii | 85,52 | 15,65 | 2,08 | 3 | 17,6 | 80,24 |
| Copepoda | 65,64 | 25,04 | 1,23 | 2,14 | 10,41 | 90,65 |
| **Groups B & D** | Average dissimilarity = 13,99 | | | | | |
| | Group B | Group D | | | | |
| Nematoda | 1513,49 | 1796,68 | 11,1 | 1,26 | 79,37 | 79,37 |
| Copepoda nauplii | 85,52 | 98,47 | 0,89 | 1,63 | 6,4 | 85,76 |
| Copepoda | 65,64 | 62,84 | 0,5 | 1,37 | 3,55 | 89,31 |
| Tantulocarida larvae | 1,47 | 11,32 | 0,32 | 0,35 | 2,29 | 91,6 |
| **Groups C & D** | Average dissimilarity = 12,64 | | | | | |
| | Group C | Group D | | | | |
| Nematoda | 1558,06 | 1796,68 | 7,59 | 1,01 | 60,07 | 60,07 |
| Copepoda nauplii | 15,65 | 98,47 | 2,29 | 3,14 | 18,09 | 78,15 |
| Copepoda | 25,04 | 62,84 | 1,05 | 2,66 | 8,32 | 86,47 |
| Polychaeta | 4,69 | 21,55 | 0,47 | 1,28 | 3,74 | 90,21 |
| **Groups B & A** | Average dissimilarity = 43,97 | | | | | |
| | Group B | Group A | | | | |
| Nematoda | 1513,49 | 611,89 | 37,83 | 2,82 | 86,03 | 86,03 |
| Copepoda nauplii | 85,52 | 18,26 | 2,82 | 2,91 | 6,42 | 92,45 |
| **Groups C & A** | Average dissimilarity = 43,74 | | | | | |
| | Group C | Group A | | | | |
| Nematoda | 1558,06 | 611,89 | 42,4 | 3,01 | 96,92 | 96,92 |
| **Groups D & A** | Average dissimilarity = 50,42 | | | | | |
| | Group D | Group A | | | | |
| Nematoda | 1796,68 | 611,89 | 43,77 | 3,52 | 86,8 | 86,8 |
| Copepoda nauplii | 98,47 | 18,26 | 3,03 | 2,91 | 6 | 92,8 |

### *3.1.8. Καμπύλες με τη μέθοδο Rarefaction*




Εικόνα 3.7. Διαγράμματα καμπυλών με τη μέθοδο rarefraction για τα δώδεκα μικροπεριβάλλοντα.

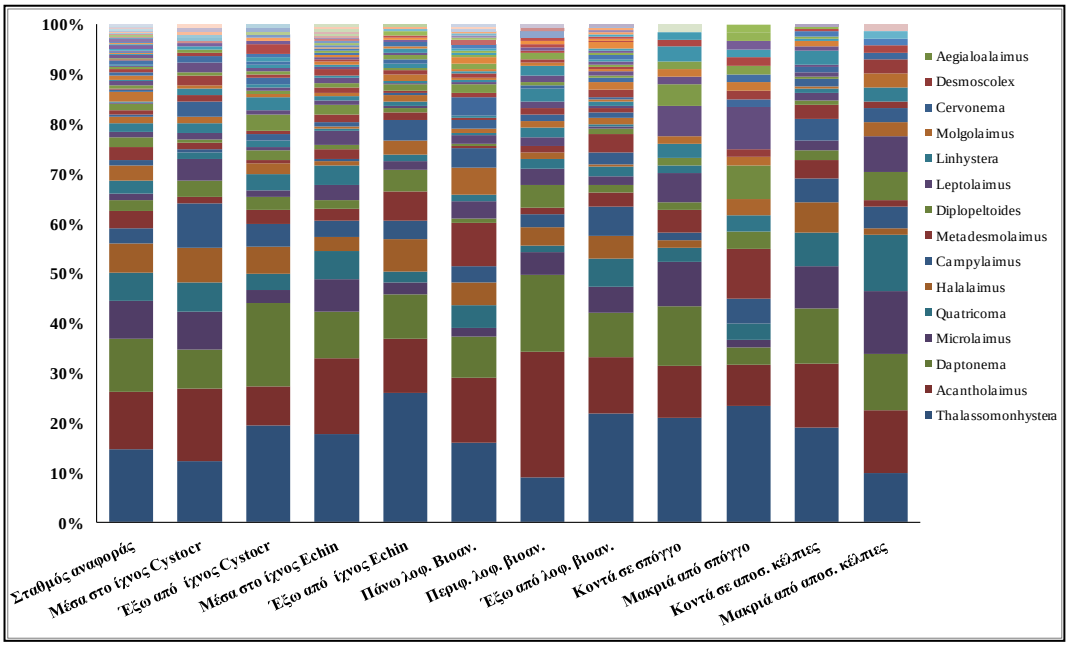
Ο σταθμός κοντά στις αποσυντιθέμενες κέλπιες εμφανίζει την υψηλότερη ποικιλότητα μειοπανιδικών οργανισμών όπως διαφαίνεται και στην εικόνα 3.7 και τον ακολουθεί ο σταθμός μακριά από το ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp*. Σε αντίθεση, "μέσα στο ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp*" παρουσιάζεται η μικρότερη ποικιλότητα, με ένα σκαλί πιο πάνω να είναι η περιοχή πάνω στο λοφίσκο βιοανάδευσης.

## 3.2. Βιοκοινωνίες νηματωδών

### *3.2.1. Δομή*

Προσδιορίστηκαν, συνολικά, 2630 νηματώδεις μέχρι το επίπεδο του γένους και κατανεμήθηκαν σε 26 οικογένειες και 109 γένη. Όσον αφορά τη μέση αφθονία, 15 γένη συνιστούν το 77,7% περίπου της συνολικής αφθονίας των νηματωδών, ενώ για το υπόλοιπο ποσοστό, συνεισφέρουν 94 γένη.

Η κατανομή των νηματωδών στα δώδεκα διαφορετικά μικροπεριβάλλοντα δίνεται στην εικόνα 3.8 με κριτήριο την ποσοστιαία συμμετοχή τους στο καθένα από αυτά. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αποτελεί το γεγονός πως 3 είναι τα κυρίαρχα γένη (*Thalassomonhystera sp*, *Acantholaimus sp*, *Daptonema, sp*), σε όλα τα περιβάλλοντα. Πιο συγκεκριμένα, το γένος *Thalassomonhystera sp*, είναι το πιο άφθονο γένος σχεδόν σε κάθε περιοχή, με το υψηλότερο ποσοστό να εμφανίζεται μακριά από το ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp* (26%) και το χαμηλότερο στην περιφέρεια του λοφίσκου βιοανάδευσης με 9%. Σε αυτήν την περιοχή εμφανίζει το μέγιστο ποσοστό συμμετοχής του το *Acantholaimus sp* (25%) και το ελάχιστό του μακριά από το ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp* (8%). Σε αντίθεση με το γένος *Daptonema, sp*, που παρουσιάζει τη μέγιστη μέση αφθονία του με 16,7% στην ίδια περιοχή και μέσα στο ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp* τη μικρότερη με 7,8%.

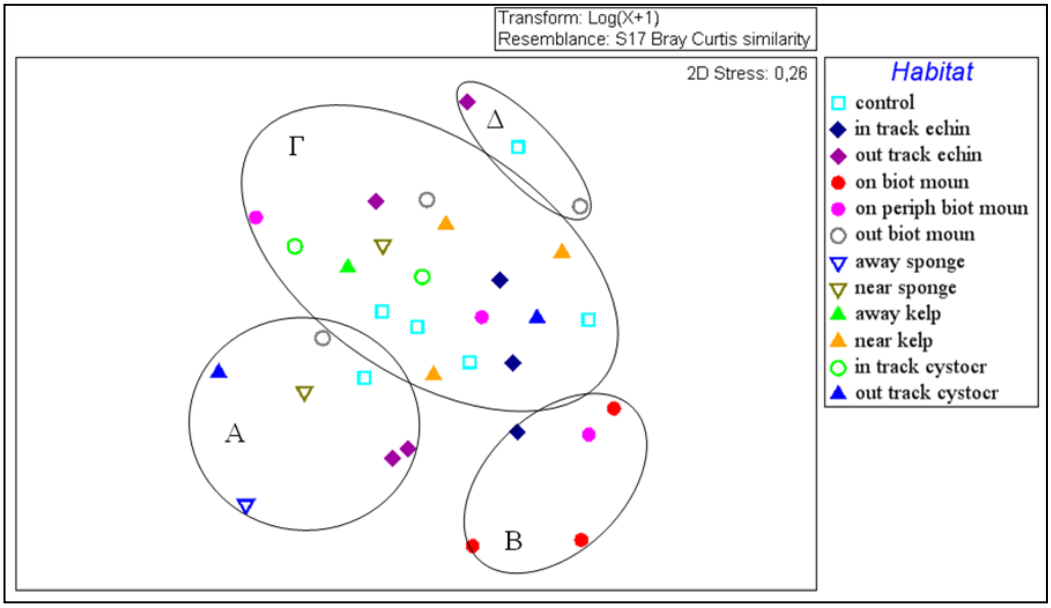



Εικόνα 3.8. Μέση ποσοστιαία συμμετοχή των νηματωδών στο επίπεδο του γένους σε κάθε ένα από τα δώδεκα διαφορετικά περιβάλλοντα.

Οι αφθονίες των γενών *Microlaimus sp, Quatricoma sp, Halalaimus sp, Campylaimus sp, Metadesmolaimus sp, Diplopeltoides sp, Leptolaimus sp* κυμαίνονται από 4% μέχρι 2%. Τα γένη *Linhystera sp, Molgolaimus sp, Cervonema sp, Desmoscolex sp, Aegialoalaimus sp, Spilophorella sp, Endeolophos sp, Manganonema sp* και *Neochromadora sp* εμφανίζουν αφθονίες που κυμαίνονται από 1 μέχρι 2%. Όλα τα υπόλοιπα εμφανίζουν ποσοστά μικρότερα του 1%.

### *3.2.2 Πολυπαραγοντικές αναλύσεις*

Σε αντίθεση, η μέθοδος πολυδιάστατης διαβάθμισης (MDS) που χρησιμοποίησε ως μήτρα τα ίδια δεδομένα είχε ως αποτέλεσμα το πρότυπο της εικόνας 3.9. Παρατηρείται πως σχηματίζονται τέσσερις ευδιάκριτες ομάδες με όχι και τόσο καλό επίπεδο αξιοπιστίας (stress 0,26).




Εικόνα 3.9. Διάγραμμα MDS των δώδεκα διαφορετικών μικροπεριβάλλοντων για το σύνολο των γενών νηματωδών (2D stress 0,26).

Πιο αναλυτικά, η πρώτη ομάδα (A) περιλαμβάνει μερικές από τις περιοχές εκτός επίδρασης από κάποιο παράγοντα (μακριά από το σπόγγο, μακριά από το λοφίσκο βιοανάδευσης, σταθμός αναφοράς, μακριά από το ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp* και μακριά από το ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp*) αλλά και ένα

επαναληπτικό σταθμό από τη περιοχή κοντά στις αποσυντιθέμενες κέλπιες. Η ομάδα Β συγκροτείται κυρίως από τους σταθμούς που βρίσκονται πάνω στο λοφίσκο βιοανάδευσης, αλλά και μία επανάληψη από την περιοχή της περιφέρειας του λοφίσκου και μέσα στο ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp*. Μια μικρή ομάδα (Δ) με το σταθμό αναφοράς, την περιοχή που βρίσκεται μακριά από το λοφίσκο βιοανάδευσης και μακριά από το ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp*, δηλαδή μακριά από τη ζώνη επίδρασης από κάποιο παράγοντα σχηματίζεται. Η τελευταία ομάδα (Γ) αποτελείται από τις περιοχές επίδρασης από κάποιο παράγοντα (μέσα στο ίχνος του αχινού *Cystocrepis sp*, μέσα στο ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp*, κοντά στο σπόγγο, κοντά στις αποσυντιθέμενες κέλπιες και στην περιφέρεια του λοφίσκο βιοανάδευσης) αλλά και ένα επαναληπτικό σταθμό μακριά από λοφίσκο βιοανάδευσης, μακριά από το ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp* και τέσσερις από το σταθμό αναφοράς.

Η εφαρμογή της μέθοδο ανάλυσης ομοιότητας (ANOSIM) απέδειξε πως η ομαδοποίηση είναι στατιστικά σημαντική (R: 0,539 και επίπεδο σημαντικότητας 0,1%) (εικόνα 3.12). Οι επιμέρους διαφορές μεταξύ αυτών των ομάδων είναι επίσης στατιστικά σημαντικές.

Πίνακας 3.7. Πίνακας με τα αποτελέσματα της ανάλυσης ομοιότητας (ANOSIM) για το σύνολο των γενών των νηματωδών στα δώδεκα διαφορετικά μικροπεριβάλλοντα.

| Sample statistic (Global R): 0,485 | | |
|---|---|---|
| Επίπεδο σημαντικότητας: 0,1% | | |
| Ομάδες | Στατιστικό R | Επίπεδο σημαντικότητας % |
| Δ, Β | 0,413 | 0,1 |
| Δ, Γ | 0,549 | 0,4 |
| Δ, Α | 0,592 | 0,1 |
| Β, Γ | 0,694 | 0,8 |
| Β, Α | 0,626 | 0,1 |
| Γ, Α | 0,744 | 1,8 |

### *3.2.3 Πρότυπα ποικιλότητας των Νηματωδών*

#### *3.2.3.1 Δείκτες ποικιλότητας*

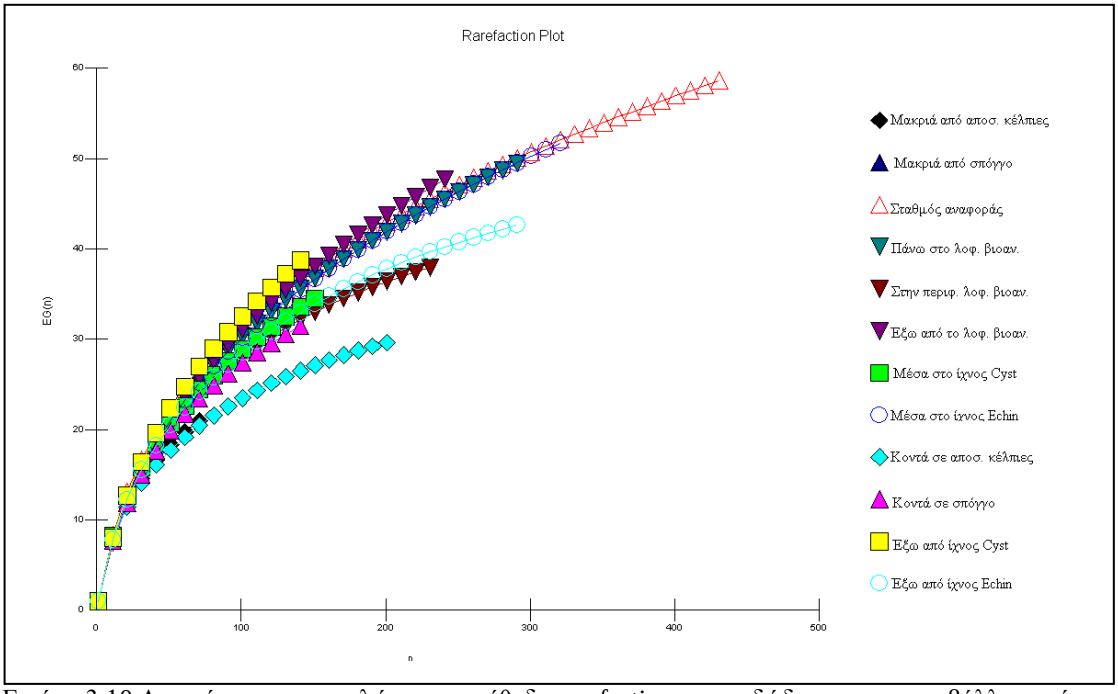
Πίνακας 3.8. Μεταβολή της μέσης τιμής των δεικτών ποικιλότητας των νηματωδών στο επίπεδο του γένους στα δώδεκα διαφορετικά μικροπεριβάλλοντα (οι αριθμοί του Hill $N_0$, $N_1$, $N_2$, $N_{inf}$,, και ο δείκτης ομογένειας Pielou J).

| | $N_0$ | $N_1$ | $N_2$ | $N_{inf}$ | J' |
|---|---|---|---|---|---|
| Σταθμός αναφοράς | 59,00 | 24,76 | 15,06 | 6,81 | 0,79 |
| Μέσα στο ίχνος *Cystocr* | 35,00 | 19,87 | 13,92 | 6,78 | 0,84 |
| Έξω από το ίχνος *Cystocr* | 40,00 | 20,31 | 11,68 | 5,17 | 0,82 |
| Μέσα στο ίχνος *Echin* | 51,00 | 21,30 | 12,49 | 6,00 | 0,78 |
| Έξω από το ίχνος *Echin* | 43,00 | 19,50 | 10,80 | 4,11 | 0,79 |
| Πάνω στο λοφ. βιοαν. | 49,00 | 21,00 | 12,01 | 5,10 | 0,78 |
| Στην περιφ. του λοφ. βιοαν | 38,00 | 17,25 | 9,82 | 4,46 | 0,78 |
| Έξω από το λοφ. βιοαν. | 47,00 | 20,84 | 11,71 | 4,59 | 0,79 |
| Κοντά στο σπόγγο | 31,00 | 16,30 | 9,73 | 4,06 | 0,81 |
| Μακριά από το σπόγγο | 24,00 | 15,93 | 10,59 | 4,29 | 0,87 |
| Κοντά στις αποσυν. κέλπιες | 29,00 | 15,66 | 10,96 | 5,20 | 0,82 |
| Μακριά από τις αποσυν. κέλπιες | 21,00 | 15,02 | 12,09 | 7,89 | 0,89 |

Η σύγκριση των διάφορων δεικτών ποικιλότητας, οι οποίοι υπολογίστηκαν με βάση το γένος των νηματωδών στα διαφορετικά μικροπεριβάλλοντα, απεικονίζεται στον πίνακα 3.8. Παρατηρείται, πως ο σταθμός αναφοράς και αυτός μέσα στο ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp* παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη βιοποικιλότητα γενών. Σε γενικές γραμμές, διαφαίνεται οι περιοχές εντός επίδρασης να διατηρούν μεγαλύτερη ποικιλότητα από τους αντίστοιχες εκτός επίδρασης.

#### *3.2.3.3. Καμπύλες Rarefaction*

Η περιοχή μακριά από το σπόγγο εμφανίζει την υψηλότερη ποικιλότητα όσον αφορά τα γένη των νηματωδών και ακολουθεί η περιοχή μακριά από τις αποσυντιθέμενες κέλπιες (εικόνα 3.10). Η μικρότερη ποικιλότητα παρουσιάζεται στις περιοχές κοντά στις αποσυντιθέμενες κέλπιες και μέσα στο ίχνος του αχινού *Echinocrepis sp*.




Εικόνα 3.10 Διαγράμματα καμπυλών με τη μέθοδο rarefaction για τα δώδεκα μικροπεριβάλλοντα όσον αφορά τα γένη των νηματωδών.

### *3.2.3.2 Similarity Percentage (SIMPER)*

Το πρόγραμμα SIMPER χρησιμοποιήθηκε με σκοπό να βρεθούν ποια είναι τα τυπικά είδη που προκαλούν τη διαφοροποίηση μεταξύ των ομάδων που σχηματίστηκαν με τη μέθοδο μέθοδος πολυδιάστατης διαβάθμισης (MDS).

Παρατηρείται πως το κυρίαρχο γένος για τη διαφοροποίηση του σταθμού πάνω στο λοφίσκο βιοανάδευσης με τις υπόλοιπες ομάδες είναι το *Acantholaimus sp* (πίνακας 3.9). Οι υπόλοιπες ομάδες, εκτός και εντός επίδρασης, οφείλουν κυρίως τις διαφορές τους στο *Thalassomonhystera sp*. Τα γένη *Daptonema sp*, *Microlaimus sp*, *Halalaimus sp*, *Campylaimus sp* και *Quatricoma sp* συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην ανομοιότητα μεταξύ των όλων των ομάδων.

Ο δείκτης ανομοιότητας είναι υψηλός μεταξύ όλων των επιμέρους ζευγαριών. Οι δύο ομάδες με τις περιοχές εκτός επίδρασης (Β και Γ) διαφέρουν με αυτές εντός (ομάδα Δ) κατά 43% περίπου και μεταξύ τους κατά 46%. Ο λοφίσκος βιοανάδευσης διαφοροποιείται κατά 45% περίπου με τις περιοχές εντός επίδρασης και κατά 45 και 50% με τις δύο ομάδες περιοχών εκτός επίδρασης.

Πίνακας 3.9. Αποτελέσματα από την ανάλυση SIMPER στα δεδομένα αφθονίας των γενών των νηματωδών. Απεικονίζεται η συμμετοχή του κάθε είδους στις ομάδες που δημιουργήθηκαν από τη μέθοδο πολυδιάστατης διαβάθμισης (MDS) και η μέση τιμή ανομοιότητας του δείκτη Bray-Curtis. Συμπεριλαμβάνονται τα είδη τα οποία συνολικά επεξηγούν το 60% της ανομοιότητας του δείκτη Bray-Curtis για την κάθε επιμέρους ομάδα.

| | | Ομάδες Δ & Β | Ομάδες Δ & Γ | Ομάδες Δ & Α | Ομάδες Β & Α | Ομάδες Γ & Α | Ομάδες Β & Γ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ΓΕΝΗ | Μέση τιμή ανομοιότητας του δείκτη Bray-Curtis | 43,33 | 42,91 | 44,94 | 45,4 | 49,87 | 46,22 |
| | *Thalassomonhystera sp* | **11,32** | **7,47** | 8,54 | 9,69 | 6,39 | **8,89** |
| | *Acantholaimus sp* | 6,46 | 5,87 | **9,16** | **11,39** | **9,65** | 4,54 |
| | *Daptonema sp* | 6,24 | 5 | 7,32 | 7,12 | 5,67 | 4,06 |
| | *Microlaimus sp* | 6,14 | 4,68 | 6,34 | 3,41 | 4,87 | 4,88 |
| | *Metadesmolaimus sp* | 5,03 | | 6,27 | 4,02 | 5,15 | 4,18 |
| | *Halalaimus sp* | 4,13 | 3,19 | 3,74 | 4,65 | 5,09 | 4,16 |
| | *Campylaimus sp* | 3,94 | 4,82 | 4,58 | 3,78 | 3 | 3,2 |
| | *Desmoscolex sp* | | 4,75 | | | 5,38 | 6,18 |
| | *Quatricoma sp* | 3,26 | 4,66 | 3,56 | 3,45 | 4,51 | 4,65 |
| | *Leptolaimus sp* | 2,82 | 2,52 | 2,37 | 2,03 | | 2,22 |
| | *Neochromadora sp* | 2,78 | | | 2,54 | | 2,28 |
| | *Diplopeltoides sp* | 2,72 | 2,2 | 2,56 | | | |
| | *Cervonema sp* | 2,53 | 2,43 | 2,24 | | | 2,22 |
| | *Molgolaimus sp* | 2,16 | | 2,06 | | 2,19 | 2,7 |
| | *Spilophorella sp* | | | 2,66 | 2,9 | 2,01 | |

# 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

*4.1. Επίδραση των μικροπεριβάλλοντων στη μειοπανίδα της βαθιάς θάλασσας*

Στον πυθμένα της βαθιάς θάλασσα, το περιβάλλον είναι κυρίως ομοιογενές, με λασπώδες υπόστρωμα και με ασθενή ρεύματα που μεταφέρουν μικρή ποσότητα σωματιδιακού υλικού (Carney, 2005). Αυτά τα χαρακτηριστικά περιορίζουν την πιθανότητα εμφάνισης οργανισμών, που απαιτούν ένα στέρεο υπόστρωμα ή/και σωματιδιακό υλικό μεταφερόμενα από τα ρεύματα (Beaulieu, 2001), με αποτέλεσμα οι βιολογικές δομές του πυθμένα να παίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία ενδιαιτημάτων για την εποίκιση από διαφορετικούς οργανισμούς. Η επιπρόσθετη ετερογένεια του ενδιαιτήματος που παρέχεται από τις βιογενείς δομές εξαρτάται από το περιβάλλον ενδιαίτημα ή όπως έχουν ονομάσει οι Buhl-Mortensen *et al.* (2010) από το ενδιαίτημα που τα πλαισιώνει "framing habitats".

Στην παρούσα εργασία, με τη σύγκριση των μικροπεριβάλλοντων, δημιουργήθηκαν ουσιαστικά τρεις διαφορετικές ομάδες, που είναι οι περιοχές εκτός επίδρασης, οι περιοχές εντός και η περιοχή πάνω στο λοφίσκο βιοανάδευσης. Όλες οι παραπάνω ομάδες διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Η διαφοροποίηση μπορεί να αποδοθεί στην παρουσία των βιολογικών δομών καθώς οι περιβαλλοντικές παράμετροι, που μελετήθηκαν σε μερικά μόνο από τα δείγματα, έδειξαν σχεδόν πανομοιότυπες τιμές για όλα τα διαφορετικά μικροπεριβάλλοντα (Kouridaki *et al.*, 2010).

Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξε και ο Ólafsson (2003), που συγκέντρωσε στην εργασία του όλες τις καταγεγραμμένες επιδράσεις των μακροπανιδικών οργανισμών στη μειοπανίδα μέχρι εκείνη την περίοδο. Στο 86% των περιπτώσεων, υπήρξε ένδειξη επιρροής των βιογενών δομών της μακροπανίδας στις μειοπανιδικές συναθροίσεις, ενώ το 66% των εργασιών κατέδειξε αρνητική ή θετική επίδραση. Βέβαια η πλειονότητα αυτών των μελετών περιλαμβάνει τη σύγκριση συγκεκριμένων μικροπεριβάλλοντων όπως οι απεκκρίσεις των μεγαλύτερων οργανισμών ή των φωλιών που κατασκευάζουν με τις κοντινές περιοχές που δε φέρουν τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Αν και η φύση αυτών των βιογενών δομών είναι πολύ διαφορετική μεταξύ τους, πολλές ομοιότητες θα μπορούσαν να διακριθούν

αν και οι ερευνητές δεν έχουν προσπαθήσει να καταλάβουν εις βάθος τις διαδικασίες που εμπλέκονται σε αυτές τις περιπτώσεις.

### *4.2. Επίδραση των μικροπεριβάλλοντων στα γένη των νηματωδών της βαθιάς θάλασσας*

Η ποικιλότητα είναι σημαντικό στοιχείο στις βενθικές κοινωνίες της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας και της βαθιάς θάλασσας και συνδέεται με μία σειρά οικοσυστημικών λειτουργιών (Danovaro *et al.*, 2008). Αποτελείται από την αφθονία (αριθμός ειδών), την ομοιογένεια (κατανομή των ατόμων μεταξύ των ειδών) και την κυριαρχία (συνεισφορά του κυρίαρχου είδους) (Gooday *et al.*, 2010). Σε μικρής κλίμακας βιοτικών αλληλεπιδράσεων, η επιλογή ενδιαιτήματος, η διατάραξη και η αποίκηση, προκαλούν τα πρότυπα ποικιλότητας που παρατηρούνται και καταμετρούνται τις περισσότερες φορές (Cordes *et al.*, 2010). Αναλύσεις έδειξαν πως η δομή της κοινωνίας αποκρίνεται σε αλλαγές στη διατάραξη με τρόπο που υποδεικνύει πως υπάρχει μια ενιαία απόκριση ανεξάρτητα από τη φύση της διατάραξης (Austen & Widdicombe, 1998) .

Οι τέσσερις ομάδες που δημιουργήθηκαν, με κριτήριο τη δομή της βιοκοινωνίας των νηματωδών, ακολουθούν το παραπάνω πρότυπο. Αφού όλες σχεδόν οι περιοχές επίδρασης από κάποιο παράγοντα απαρτίζουν μία ομάδα, όλες οι περιοχές εκτός επίδρασης δύο διαφορετικές, ο λοφίσκος βιοανάδευσης άλλη μία ξεχωριστή ομάδα και διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Τα επικρατέστερα γένη σε όλες τις περιπτώσεις είναι τα *Thalassomonhystera* και *Acantholaimus*, γεγονός που συμφωνεί και με τους Vanreusel *et al.* (2010), οι οποίοι διατύπωσαν πως αυτά τα γένη μαζί με το *Halalaimus* είναι τα κυρίαρχα στα αββυσικά περιβάλλοντα. Εκτός από τη συνεχή κυριαρχία του *Thalassomonhystera*, η υπο-κυριαρχία των υπόλοιπων γενών στις συναθροίσεις των νηματωδών σχετίζεται με την επιφανειακή πρωτογενή παραγωγή. Ωστόσο, αυτός δεν είναι και ο κανόνας, καθώς έχουν παρατηρηθεί και διαφορετικά ζεύγη κυριαρχίας γενών σε ορισμένες περιπτώσεις όπου επηρεάζουν τη δομή της κοινωνίας άλλοι παράγοντες, όπως σε αυτήν τη μελέτη. Ειδικότερα, στην περιοχή πάνω στο λοφίσκο βιοανάδευσης το *Acantholaimus* είναι το κυρίαρχο γένος, καθώς τέτοιες συνθήκες, έχει βρεθεί να ευνοούν την ανάπτυξη των θηρευτών ειδών

(άτομα τα οποία τρέφονται «βόσκοντας» την επιπανίδα ή επιχλωρίδα και άρπαγες-παμφάγοι) και των μικρών "παχουλών" ειδών (Vanhove *et al.*, 2004).

### *4.3. Θεωρία της ενδιάμεσης διατάραξης του Conell (1978)*

Η συνολική αφθονία των μειοπανιδικών οργανισμών και των νηματωδών και κωπήποδων ξεχωριστά, μειώνεται στην περιοχή πάνω στο λοφίσκο βιοανάδευσης, ακολουθεί αύξηση του αριθμού των ατόμων στην περιοχή της περιφέρειας του λοφίσκου και πάλι μείωση στην περιοχή μακριά από το λοφίσκο. Συνεπώς, σε αυτήν την περίπτωση υπάρχουν τρία διαφορετικά επίπεδα διατάραξης, γεγονός που επιτρέπει τον έλεγχο εφαρμογής της θεωρία της ενδιάμεσης διατάραξης του Conell (1978) στα δεδομένα. Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, οι τιμές της αφθονίας και η ποικιλότητα είναι υψηλότερες στην ενδιάμεση κατάσταση και μειωμένες στην περιοχή της πηγής της διατάραξης και μακριά από αυτήν, γεγονός που βρίσκεται σε πλήρη αντιστοιχία με την περίπτωση του λοφίσκου βιοανάδευσης για την περίπτωση των τιμών της αφθονίας. Βέβαια κάτι τέτοιο δεν παρατηρήθηκε στην περίπτωση των δεικτών ποικιλότητας. Αυξημένη ποσότητα τροφής και διαθεσιμότητας οξυγόνου είναι χαρακτηριστικά για την ενδιάμεση κατάσταση διατάραξης, παράμετροι που ενδέχεται να μειώνουν τον ανταγωνισμό για τις πηγές και να ευνοούν την ποικιλότητα.

Οι Austen *et al.* (1998) μελέτησαν τη διατάραξη που προκαλείται από δύο μακροπανιδικά είδη (*Nuculoma tenuis* και *Abra alba*) και κατέληξαν πως επηρεάζουν τη μειοπανίδα σύμφωνα με την παραπάνω θεωρία. Μάλιστα οι επιδράσεις του δεύτερου δίθυρου ήταν πιο έντονες εξαιτίας της μεγαλύτερης βιομάζας και αφθονίας του. Τα αποτελέσματά τους, βέβαια, δε μπορούσαν να διακρίνουν αν οι ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις έχουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση των προτύπων ποικιλότητας.

Ωστόσο, σε πολλές άλλες μελέτες (Ólafsson *et al.*, 1993·Austen & Widdicombe, 1998· Austen & Thrush, 2001), η μέση αφθονία και ποικιλότητα των νηματωδών δεν ελαττωνόταν, γεγονός που είναι απαραίτητο για την ισχύ της θεωρίας, ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις δε διαφάνηκε επίδραση στην ποικιλότητα των νηματωδών.

*4.4. Επίδραση των βιολογικών δομών στους μειοπανιδικούς οργανισμούς και στα γένη των νηματωδών της βαθιάς θάλασσας*

Η κινητή επιπανίδα επηρεάζει τη μειοπανίδα μέσω μιας σειράς διαδικασιών, της φυσικής τους δύναμης, της δημιουργίας μικροενδιαιτημάτων και της εξάντλησης των πηγών τροφής (Ólafsson, 2003). Φαινόμενο που παρατηρείται και στην παρούσα εργασία καθώς οι περιοχές εντός επίδρασης από κάποιο παράγοντα και εκτός διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους και το μεγαλύτερο ποσοστό της διαφοροποίησής τους οφείλεται στους νηματώδεις και στα κωπήποδα. Τα μακροβενθικά ασπόνδυλα, λοιπόν, είναι πηγή μεγάλης διατάραξης στη μειοπανίδα.

Οι μακροπανιδικοί οργανισμοί επηρεάζουν τη μειοπανίδα μέσω της θήρευσης ή της διατάραξης του υποστρώματος αλλά είναι αδύνατο συνήθως να διαχωριστούν αυτοί οι δύο παράγοντες και να καθοριστεί η αιτία. Οι Austen & Widdicombe (1998) μελέτησαν τις επιδράσεις του αχινού γένους *Brissopis* στη μειοπανίδα. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν πως ο συγκεκριμένος αχινός επηρεάζει την πολυμεταβλητή δομή της κοινωνίας που σχετίζεται με αυτόν (μόνο οι νηματώδεις) αλλά όχι με τα είδη των νηματωδών ως ξεχωριστή μεταβλητή, με την επίδραση αυτή να εξαρτάται από την πυκνότητα του αχινού στο υπόστρωμα. Επίσης, βρήκαν πως καμία μεταβλητή (συνολική αφθονία, αριθμός ειδών, ποικιλότητα ειδών ή ομοιογένεια) δε μεταβάλλεται όταν μελετάται ανεξάρτητα και αποκλειστικά με τον αχινό. Το φαινόμενο αυτό εξηγείται από τους Warwick & Clarke (1991), οι οποίοι έχουν διατυπώσει πως οι ανεξάρτητοι δείκτες είναι, συνήθως, λιγότερο ευαίσθητοι σε σύγκριση με την πολυμεταβλητή δομής της κοινωνίας. Συνεπώς, η αφθονία ποικίλλει μεταξύ των σταθμών εντός επίδρασης αλλά η σύνθεση ειδών και η κατανομή των ατόμων μεταξύ αυτών δε διαφέρει. Παρόμοια ήταν και τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, σύμφωνα με την οποία οι αφθονίες όλων των μειοπανιδικών οργανισμών, είτε ξεχωριστά είτε σα σύνολο, ελαττωνόταν στις περιοχές μέσα στα ίχνη των αχινών αλλά η σύνθεση των γενών των νηματωδών δε μεταβάλλεται.

Οι Thistle *et al.* (2008) έχουν καταγράψει σημαντικές επιδράσεις στα κωπήποδα από τη μεγάλη κινητή επιπανίδα από τους Αναλυτικότερα, τα προϊόντα έκκρισης της μακροπανίδας ή της ανάμιξης του υποστρώματος που προκαλείται από αυτήν, ευνοούν τα αρπακτικοειδή και τα πολύχαιτα. Υπάρχει η ένδειξη ότι μειώνουν τους ενδιάμεσους θηρευτές και ότι επηρεάζουν τους μικρότερους οργανισμούς καθώς

οι τελευταίοι αποτελούν την τροφή τους. Η αφθονία των κωπήποδων δε φαίνεται να επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό, στη μελέτη αυτή, από τους αχινούς καθώς μέσα στο ίχνος τους δεν παρατηρείται ισχυρή μείωση του αριθμού των ατόμων τους. Ελάχιστος είναι ο αριθμός τους, ωστόσο, στην περιοχή του λοφίσκου βιοανάδευσης, φαινόμενο που συμφωνεί και με τον Thistle (1979b), ο οποίος διατύπωσε πως τα αρπακτικοειδή επηρεάζονται αρνητικά από τους εδραίους ιζηματοφάγους οργανισμούς και πως διαφαίνεται η τάση να αποφεύγουν αυτές τις περιοχές ίσως λόγω αυξημένη θήρευσης.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση από τους σπόγγους στους μειοπανιδικούς οργανισμούς. Καθώς άτομα κορραλιών, υαλόσπογγων και τεράστια σε μέγεθος πρώτιστα παρέχουν ένα σταθερό υπόστρωμα και μεταβάλλουν κυρίως την τροφική παροχή της συσχετιζόμενης πανίδας. Συνήθως, αυτοί οι οργανισμοί αποικίζονται από είδη, τα οποία δεν είναι κοινά στις γειτνιάζουσες περιοχές και θεωρούνται ως σημεία με υψηλή βιοποικιλότητα “hot spots” και δραστηριοποίηση (Levin, 1991· Beaulieu, 2001).

Σε αντίθεση με τα παραπάνω, παρατηρείται μείωση στη μέση αφθονία των μειοπανιδικών οργανισμών που εντοπίστηκαν στην περιοχή κοντά στο σπόγγο. Ένα μεγάλο ποσοστό όμως της συνολικής αφθονίας αντιστοιχεί στους νηματώδεις στην περιοχή μακριά από το σπόγγο, με επακόλουθο, μία ενδεχόμενη πτώση του αριθμού τους στην περιοχή επίδρασης, να συνεπάγεται και διαδοχική ελάττωση της συνολικής αφθονίας, όπως και παρατηρείται. Αν εξαιρεθούν οι νηματώδεις, ο αριθμός των ατόμων των άλλων ταξινομικών ομάδων αυξάνεται. Αξιοσημείωτη είναι η αύξηση στον αριθμό των κωπηπόδων και των ναύπλιων τους στην περιοχή επίδρασης του σπόγγου, δεδομένα που συμφωνούν και με τους Raes & Vanreusel (2005), οι οποίοι υποστηρίζουν πως οι μεγάλες βιογενείς δομές ευνοούν την ύπαρξη πολλών τάξων και ειδικότερα των συγκεκριμένων. Μία ακόμη έρευνα της Beaulieu (2001) που μελέτησε την πανίδα που αποικεί στους υαλόσπογγους στο βαθύαλο σταθμό “Station M”, βρήκε πως ένα πολύ μικρό ποσοστό (>1%) από το συνολικό αριθμό ατόμων καταλαμβάνεται από τους νηματώδεις.

Σε αντίθεση, λοιπόν, με τις υπόλοιπες ταξινομικές ομάδες, οι νηματώδεις ελαττώνονται σε αριθμό στην περιοχή κοντά στο σπόγγο. Η ελάττωση αυτή μπορεί να αποδοθεί σε διάφορους παράγοντες, όπως στο γεγονός πως ένα μεγάλο μέρος των οργανισμών αυτών αντιλαμβάνεται το σπόγγο και την περιοχή επίδρασής του ως εχθρικό περιβάλλον, σε συνδυασμό με το ότι οι νηματώδεις προσαρμόζονται

καλύτερα σε μία στρατηγική ζωής ανάμεσα στους κόκκους του ιζήματος (Giere, 1993). Ένα ενδιαίτημα με πολλά διάκενα είναι πιο κατάλληλο από αυτό που δημιουργείται από τους σπόγγους γιατί είναι λιγότερο διαταραγμένο και προσδίδει τη δυνατότητα σε μία ποικίλη κοινωνία να εγκατασταθεί σε αυτό. Άλλωστε οι σπόγγοι θεωρούνται πηγή αυξημένης ποικιλότητας για μακροπανιδικούς οργανισμούς, με αυτό να μεταφράζεται για τους νηματώδεις ως αυξημένη πιθανότητα θήρευσης (Wulff, 2006). Φαίνεται, λοιπόν, πως μόνο ένα μικρό ποσοστό νηματωδών αναπτύσσεται σε περιοχές κοντά σε σπόγγους. Ωστόσο, αξιοσημείωτο είναι, πως τα γένη που επιβιώνουν σε τέτοια περιβάλλοντα, σπάνια είναι κυρίαρχα σε αυτές τις κοινωνίες (Raes & Vanreusel, 2006).

Η πρώτη εργασία που ασχολήθηκε με τις κέλπιες και τη μειοπανίδα που αναπτύσσεται κοντά σε αυτό το περιβάλλον έγινε από τον Colman (1940), ο οποίος ερεύνησε τη μειοπανίδα που συναντάται στα φύλλα και στο μίσχο των φυτών αυτών. Ο Moore (1971, 1972, 1973) εστίασε το ενδιαφέρον του αποκλειστικά στους μειοπανιδικούς οργανισμούς των τμημάτων των φυτών και έδωσε μια πρωτοφανή οικολογική διάσταση στη σχέση αυτή, ερευνώντας τις επιδράσεις των φυτών στην κυματική δράση και στις συναθροίσεις της μειοπανίδας. Κατέληξε στο συμπέρασμα πως οι παράγοντες αυτοί επιδρούν μόνο στην περίπτωση που επηρεάζεται το υπόστρωμα. Σε γενικές γραμμές, ωστόσο, ο αριθμός των εργασιών που έχουν διεξαχθεί μέχρι σήμερα είναι μικρός, με τελευταία προσπάθεια να είναι αυτή των Arroyo *et al.* (2004), οι οποίοι βρήκαν πως η βιομάζα των κέλπιων της παραλιακής ζώνης δεν επιδρά στην αφθονία της μειοπανίδας.

Στη βαθιά θάλασσα, οι αποσυντιθέμενες κέλπιες αποτελούν σημαντική πηγή τροφής. Στη συγκεκριμένη μελέτη, η περιοχή αυτή ανήκει στην ομάδα με τις περιοχές εντός επίδρασης που διαφοροποιούνται στατιστικά σημαντικά από τις αντίστοιχες εκτός. Ωστόσο δεν παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στην αφθονία των μειοπανιδικών οργανισμών και της βιοποικιλότητας των νηματωδών σε σύγκριση με την απομακρυσμένη περιοχή ή το σταθμό αναφοράς.

Αξιοσημείωτη είναι η αύξηση του αριθμού των ατόμων των κινόρυνχων σε αυτήν την περιοχή που σχεδόν επταπλασιάζεται σε σύγκριση με όλες τις υπόλοιπες. Σύμφωνα με τον Moore (1973) τα κινόρυνχα συναντώνται ενδιάμεσα στους κόκκους του ιζήματος και στα υλικά που συγκεντρώνονται από τις κέλπιες. Σε αβαθής περιοχές η διατροφή των κινορύνχων απαρτίζεται κυρίως από διάτομα ενώ σε

βαθύτερες περιοχές από βακτήρια και φυτικά θρύμματα που κατακρημνίζονται από την επιφάνεια (Giere, 1993). Το γεγονός αυτό εξηγεί εν μέρη τη μεγάλη αφθονία κοντά στις κέλπιες καθώς στις περιοχές αποσύνθεσης ο αριθμός των βακτηρίων αναμένεται να είναι αυξημένος, το οποίο παρατηρείται στην περίπτωση αυτή, όπως έχει δείξει η ανάλυση των δειγμάτων (Kouridaki *et al.*, 2010).

### *4.5.Βιογενείς δομές, αλλαγή κλίματος και ανθρώπινες αλληλεπιδράσεις*

Η ανθρώπινη παρουσία γίνεται όλο και περισσότερη αισθητή στα μεγαλύτερα βάθη, σε βαθμό που επηρεάζει τις βιογενείς δομές και τις υπηρεσίες που παρέχονται από τα ενδιαιτήματα που διαμορφώνουν. Η εξόρυξη, η εξαγωγή ενέργειας και η διάθεση των αποβλήτων συμβαίνουν τόσο στα πρανή αλλά και στα αββυσικά πεδία (Glover & Smith, 2003· Smith *et al.*, 2008a,b· Levin & Dayton, 2009). Η κλιματική αλλαγή είναι μια πιο περίπλοκη μορφή ανθρώπινης επίδρασης. Είναι πλέον κατανοητό σε όλους πως οι δευτερογενείς επιδράσεις της αύξησης του ατμοσφαιρικού $CO_2$ και της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος έχουν μεγάλη επίδραση στις βαθιές λεκάνες (Smith *et al.*, 2008a,b). Ειδικότερα, η όξινση που είναι αποτέλεσμα της πρόσληψης του $CO_2$ από τον ωκεανό, οδηγεί στη μείωση των επιπέδων κορεσμού των μεταλλευμάτων ανθρακικού άλατος. Το φαινόμενο αυτό, μπορεί να έχει σημαντικές επιδράσεις στους οργανισμούς με σκελετούς από τέτοια υλικά και θα είναι ιδιαίτερα εκτεταμένο και σφοδρότερο στην περιοχή του Βόρειου Ειρηνικού καθώς τα επίπεδα κορεσμού των αλάτων ανθρακικού οξέους βρίσκονται ήδη σε χαμηλά επίπεδα (Guinotte *et al.*, 2006). Μειωμένοι ρυθμοί αβεστοποίησης ή αδυναμία ανταπόκρισης του συστήματος θα είναι οι πιθανές αποκρίσεις. Ταυτόχρονα, η άνοδος της θερμοκρασίας των ωκεανών επιταχύνει την αναπνοή και αυξάνει τη στρωματοποίηση, ο συνδυασμός των οποίων ενισχύει τη μείωση του οξυγόνου.

Πολλές περιοχές του Βόρειου-ανατολικού Ειρηνικού, έχουν ελαττωμένα επίπεδα οξυγόνου, ειδικότερα στις τροπικές περιοχές και στα βάθη 200–700 m, με τις ανώτερες ζώνες ελαχίστου οξυγόνου να γίνονται ρηχότερες (Stramma *et al.*, 2008· Bograd *et al.*, 2008). Εξαιτίας της ανόδου της θερμοκρασίας, της μείωσης των επιπέδων κορεσμού του pH και της οξυγόνωσης σε πολλές περιοχές της βαθιά θάλασσας, είναι επιτακτική η ανάγκη να κατανοηθεί πως οι στρεσσογόνοι

παράγοντες επηρεάζουν τις βιογενείς δομές και τις αλληλεπιδράσεις με τα σχετιζόμενα είδη. Καθώς, όπως διαφάνηκε και από την παρούσα εργασία, οι δομές αυτές αποτελούν για το περιβάλλον της βαθιάς θάλασσας σημαντική πηγή αύξησης βιοποικιλότητας και η παρουσία τους συνδέεται με ένα μεγάλο αριθμό ειδών.

## 4. Συμπεράσματα

- Διαφορετικές βιογενείς δομές επηρεάζουν με διαφορετικό τρόπο τη μειοπανίδα.
- Με τη σύγκριση των μικροπεριβάλλοντων όσον αφορά τους μειοπανιδικούς οργανισμούς, δημιουργήθηκαν ουσιαστικά τρεις διαφορετικές ομάδες, που είναι οι περιοχές εκτός επίδρασης, οι περιοχές εντός και η περιοχή πάνω στο λοφίσκο βιοανάδευσης. Όλες οι παραπάνω ομάδες διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους.
- Διαφορετικές βιογενείς δομές επηρεάζουν με διαφορετικό τρόπο τα γένη των νηματωδών.
- Η σύγκριση των μικροπεριβάλλοντων όσον αφορά τα γένη των νηματωδών είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία τεσσάρων ομάδων. Όλες σχεδόν οι περιοχές επίδρασης από κάποιο παράγοντα απαρτίζουν μία ομάδα, όλες οι περιοχές εκτός επίδρασης δύο διαφορετικές, ο λοφίσκος βιοανάδευσης άλλη μία ξεχωριστή ομάδα και αυτές διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους.
- Τα επικρατέστερα γένη σε όλες τις περιπτώσεις είναι τα *Thalassomonhystera* και *Acantholaimus*. Ειδικότερα, το *Thalassomonhystera* είναι κυρίαρχο στις περιοχές εντός και εκτός από κάποιο παράγοντα ενώ στην περιοχή πάνω στο λοφίσκο βιοανάδευσης κυρίαρχο βρέθηκε να είναι το *Acantholaimus*.
- Σε μία περίπτωση μπορεί να εφαρμοστεί η θεωρία του Connell (1978), αλλά η ποικιλότητα των νηματωδών δε φαίνεται να ακολουθεί αυτό το πρότυπο.
- Οι αφθονίες όλων των μειοπανιδικών οργανισμών, είτε ξεχωριστά είτε σα σύνολο, ελαττωνόταν στις περιοχές μέσα στα ίχνη των αχινών αλλά η σύνθεση των γενών των νηματωδών δε μεταβάλλεται.
- Μείωση στη μέση αφθονία των μειοπανιδικών οργανισμών βρέθηκε στην περιοχή κοντά στο σπόγγο. Αν εξαιρεθούν οι νηματώδεις, ο αριθμός των ατόμων των άλλων ταξινομικών ομάδων αυξάνεται. Αξιοσημείωτη είναι η αύξηση στον αριθμό των κωπήποδων και των ναύπλιων τους. Επίσης, ελάττωση σημειώθηκε και στη βιοποικιλότητα των νηματωδών.

- Όσον αφορά την περιοχή με τις αποσυντιθέμενες κέλπιες, δεν παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στην αφθονία των μειοπανιδικών οργανισμών και της

βιοποικιλότητας των νηματωδών σε αυτήν την περιοχή σε σύγκριση με την απομακρυσμένη ή το σταθμό αναφοράς. Αξιοσημείωτη είναι η αύξηση του αριθμού των ατόμων των κινόρυνχων σε αυτήν την περιοχή που σχεδόν επταπλασιάζεται σε σύγκριση με όλες τις υπόλοιπες.

## 6. Βιβλιογραφία


Aller R.C. (1982): The effects of macrobenthos on chemical properties of marine sediment and overlying water. In: McCall PL, Tevesz MJS (eds) Animal-sediment relations---the biogenic alteration of sediments. Topics in geobiology, Vol 2. Plenum Press, New York 53-102 pp.

Aller J. & Aller R. C. (1986): Evidence for localized enhancement of biological activity associated with tube and burrow structures in deep-sea sediments at the HEBBLE site, western North Atlantic. Deep-Sea Research 33 (6): 755-790.

Alongi D. M. (1985): Effect of physical disturbance on population dynamics and trophic interactions among microbes and meiofauna. J. Mar. Res. 43:351-364.

Arroyo N.L., Maldonado M., Pérez-Portela R & Benito J (2004): Distribution patterns of meiofauna associated with sublittoral *Laminaria* bed in the Cantabrian Sea (north-eastern Atlantic). Marine Biology 144: 231-242.

Austen M. C. & Widdicombe S. (1998): Experimental evidence of effects of the heart urchin *Brissopsis lyrifera* on associated subtidal meiobenthic nematode communities. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 222: 219–238.

Austen M.C., Widdicombe S. & Villano-Pitacco N. (1998): Effects of biological disturbance on diversity and structure of meiobenthic nematode communities. Mar Ecol Prog Ser 174: 233-246.

Austen M.C. & Thrush S.F. (2001): Experimental evidence suggesting slow or weak response of nematode community structure to a large suspension-feeder. J Sea Res 46: 69-84.

Beaulieu S.E. (2001): Life on glass houses: sponge stalk communities in the deep sea. Marine Biology 138: 803–817.

Bograd S.G., Castro C.G., Di Lorenzo E., Palacios D., Bailey H., Gilly W. & Chavez F.P. (2008): Oxygen declines and the shoaling of the hypoxic boundary in the California Current. Geophysical Research Letters, 35, L12607. doi: 10.1029/2008 GL034185.

Boudreau B.P. (1998): Mean mixed depth of sediments: The wherefore and the why. Limnol Oceanogr 43: 524-526.

Carney R.S. (2005): Zoonation of deep biota on continental margins. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review 43: 211–278.

Clarke K.R. (1993): Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. Aust J Ecol 18:117-143.

Colman (1940): On the faunas inhabiting intertidal seaweeds. J Mar Bio Assoc UK 24: 129-183.

Connell J.H. (1978): Diversity in tropical rain forests and coral reefs. Science 199: 1302-1309.

Cordes E.E., Hourdez S., Predmore B.L., Redding M.L. & Fisher C.R. (2005): Succession of hydrocarbon seep communities associated with the long-lived foundation species Lamellibrachia luymesi. Marine Ecology Progress Series 305: 17–29.

Danovaro R., Gambi C., Dell'Anno A., Corinaldesi C., Fraschetti S., Vanreusel A., Vincx M., Gooday A.J. (2008): Exponential decline of deep-sea ecosystem functioning linked to benthic biodiversity loss. Current Biology 18: 1–8.

Dayton P. K. & Hessler R. R. (1972): Role of biological disturbance in maintaining diversity in the~eep sea. Deep-Sea Res. 19: 199-208.

Driscoll E. G. (1975): Sediment-animal interaction, Buzzards Bay, Massachusetts. J. Mar. Res. 33:275-301.

Dufour S.C., Desrosiers G., Long B., Lajeunesse P., Gagnoud M., Labrie J., Archambault P. & Stora G. (2005): A new method for three-dimensional visualization and quantification of biogenic structures in aquatic sediments using axial tomodensitometry. Limnol. Oceanogr. Methods 3: 372–380.

Etter R. J. & Grassle J. F. (1992): Patterns of species diversity in the deep sea as a function of sediment particle size diversity. Nature 360:576–578.

Feller R.J., Zagursky G. & Day E.A. (1985): Deep-sea food web analysis using cross-reacting antisera. Deep-Sea Research 32: 485–497.

Foster S. & Graf G. (1992): Continuously measyred changes in redox potential influenced by oxygen penetrating from burrows of Callianassa subterranea. Hydrobioologia 235/236 : 527-532.

Gage J.D. & Tyler P.A. (1991): Deep-Sea Biology. Cambridge University Press. 504 pp.

Giere O. (1993): Meiobenthology. The microscopic fauna in aquatic sediments. Springer-Verlag.

Glover A.G. & Smith C.R. (2003): The deep-sea floor ecosystem: current status and prospect of anthropogenic change by the year 2025. Environmental Conservation, 30: 219–241.

Gooday A. J., Bett B. J., Escobar E., Ingole B., Levin L. A., Neira C., Raman A. V. & Sellanes J. (2010): Habitat heterogeneity and its influence on benthic biodiversity in oxygen minimum zones. Marine Ecology 31: 125–147.

Grassle J.F. (1989): Species diversity in deep-sea communities. Trends in Ecology and Evolution 4: 12–15.

Guinotte J.M., Orr J., Cairns S., Friewald A., Morgan L. & George R. (2006): Will human-induced changes in seawater chemistry alter the distribution of deep-sea scleractinian corals? Frontiers in Ecology and the Environment, 4: 141–146.

Gunnill F.C. (1982): Effects of plant size and distribution on the numbers of invertebrate species and individuals inhabiting the brown alga *Pelvetia fastigiata*. Marine Biology 69: 103-116.

Hairston N .G. (1973): Ecology, selection and systematics. Breviora 414: 1-21.

Hartman W.D. & Reiswig H.M. (1973): The individuality of sponges. *In* Animal colonies. *Edited by* R.S. Boardman, A.H. Cheetham, and W.A. Oliver. Dowdon, Hutchinson and Ross, Stroudsberg, Pa.

Heip C., Herman P.J. & Soetaert K. (1988): Data processing evaluation and analysis. In: Higgins RP, Thiel H (eds) Introduction to the study of meiofauna. Smithsonian Institution Press, Washington DC, London, 197-231 pp.

Hessler R. R. & Sanders H. L. (1967): Faunal diversity in the deep sea. Deep-Sea Res. 14: 65-78.

Hylleberg J. & Henriksen K. (1980): The central role of bioturbation in sediment mineralization and element re-cycling. Ophelia, Suppl. 1 : 1-16.

Jones C.G., Lawton J.H. & Shachak M. (1994): Organisms as ecosystem engineers. Oikos, 69: 373–386.

Jumars P. A. (1975a): Methods for measurement of community structure in deep-sea macrobenthos. Mar. Biol. 30: 245-252.

Jumars P. A. (1975b): Environmental grain and polychaete species' diversity in a bathyal benthic community. Mar. Biol. 30: 253-266.

Kaufmann R.S. & Smith K.L. Jr. (1997): Activity patterns of mobile epibenthic megafauna at an abyssal site in the eastern North Pacific: results from a 17-month time-lapse photographic study. Deep-Sea Research 44: 559-579.

Kristensen E. & Blackburn T.H. (1987): Fate of organic carbon and nitrogen in experimental marine sediment systems: Influence of bioturbation and anoxia. Journal of Marine Research 45: 231-257.

Kouridaki I., Polymenakou P. N., Tselepides A., Mandalakis M. & Smith Jr. K. L. (2010): Phylogenetic diversity of sediment bacteria from the deep Northeastern Pacific Ocean: a comparison with the deep Eastern Mediterranean Sea. International Microbiology 13:143-150.

Legendre L. & Legendre P. (1983): Numerical ecology. Elsevier Scientific Publishing Co, Amsterdam.

Levin L.A. (1991): Interactions between metazoans and large, agglutinated protozoans: implications for the community structure of deep-sea benthos. American Zoologist 31: 886-900.

Levin S.A. (1992): The problem of pattern and scale in ecology. Ecology 73: 1943–1967.

Levin L.A., Etter R.J., Rex M.A., Gooday A.J., Smith C.R., Pineda J., Stuart C.T., Hessler R.R. & Pawson D. (2001): Environmental influences on regional deep-sea species diversity. Annual Review of Ecology and Systematics 132: 51–93.

Levin L.A. & Dayton P.K. (2009): Ecological theory and continental margins: where shallow meets deep. Trends in Ecology and Evolution. doi: 10.1016/j.tree.2009.04.012.

Levin L. A., Mendoza G. F., Gonzalez J. P., Thurber A. R. &. Cordes E. E. (2010): The roles of habitat heterogeneity in generating and maintaining biodiversity on continental margins: an Introduction. Marine Ecology 31: 1–5.

Levinton J. (1995): Bioturbators as ecosystem engineers: control of the sediment fabric, inter-individual interactions, and material fluxes. In linking species and ecosystems (Jones CG, Lawton JH eds.). Chapman and Hall, new York: 29-36.

Lopez G. R. & Levington J. S. (1987): Ecology of depositfeeding animals in marine sediments. Quart. Rev. Biol. 62: 235–260.

MacArthur R.H. & Wilson E.O. (1967): The Theory of Island Biogeography. Princeton University Press, Princeton.

Marshall N. B. (1954): Aspects of Deep-sea Biology. Hutchinson, London. pg 380

McClain C. R. & Barry J. P. (2010): Habitat heterogeneity, disturbance, and productivity work in concert to regulate biodiversity in deep submarine canyons. Ecology 91(4): 964–976.

Menge B. A. & Sutherland J. P. (1976): Species diversity gradients: synthesis of the roles of predation, competition, and temporal heterogeneity. Am. Naturalist 110: 351-369.

Miller R.J., Smith C.R., DeMaster D.J. & Fornes W.L. (2000): Feeding selectivity and rapid particle processing by deep-sea megafaunal deposit feeders: A 234Th tracer approach. Journal of Marine Research 58: 653-673.

Moore P. G. (1971): The nematode fauna associated with the holdfasts of kelp (*Laminaria hyperborean*) in the N.E Britain. J. Mar. Biol. Ecol 13:127-163.

Moore P. G. (1972): Particulate matter in the sublittoral zone of an exposed coast and its ecological significance with special reference to the fauna inhabiting kelp holdfasts. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 13: 97-125.

Moore P. G. (1973): *Campyloderes macquariae* Johnston, 1938 (Kinorhyncha: Cyclorhagida) from the northern hemisphere. J. nat. Hist 7:341-354.

Morris D.W. (1987): Ecological scale and habitat use. Ecology 68: 362–369.

Olafsson E, Elmgren R, & Papakosta O. (1993): Effects of the deposit-feeding benthic bivalve *Macoma balthica* on meiobenthos. Oecologia 93: 457-462.

Ólafsson E. (2003): Do macrofauna structure meiofauna assemblages in marine soft-bottoms? A review of experimental studies. VIE MILIEU 53 (4): 249-265.

Pfannkuche O. (1993): Benthic response to the sedimentation of particulate organic matter at the BIOTRANS station, 47 degree N, 20 degree W. Deep-Sea Research II 40: 135-150.

Pfannkuche O., Boetius A., Lochte K., Lundgreen U. & Thiel H. (1999): Responses of deepsea benthos to sedimentation patterns in the North-East Atlantic in 1992. Deep-Sea Research I 46: 573-596.

Pianka E. R. (1966): Latitudinal gradients in species diversity: a review of concepts. American Naturalist 100: 33–46.

Priede I. G., Godbold J. A., Niedzielski T., Collins M. A., Bailey D. M., Gordon J. D. M. & Zuur A. F. (2010): A review of the spatial extent of fishery effects and species vulnerability of the deep-sea demersal fish assemblage of the Porcupine Seabight, Northeast Atlantic Ocean (ICES Subarea VII). ICES J. Mar. Sci. (2010) doi: 10.1093/icesjms/fsq045.

Raes M. & Vanreusel A. (2005): The metazoan meiofauna associated with a coldwater coral degradation zone in the Porcupine Seabight (NE Atlantic). In: Freiwald A, Roberts JM (eds) Cold-water corals and ecosystems. Springer, Berlin Heidelberg, pp 821–847.

Raes M. & Vanreusel A. (2006): Microhabitat type determines the composition of nematode communities associated with sedimentclogged cold-water coral framework in the Porcupine Seabight (NE Atlantic). Deep-Sea Res Part I 53:1880–1894.

Reichardt W. (1988): Impact of bioturbation by *Arenicola marina* on microbiological parameters in intertidal sediments. Mar. Ecol. Prog. Ser. 44:149-158.

Reise K. (1981): High abundance of small zoobenthos around biogenic structures in tidal sediments of the Wadden Sea. Helgoländer Meeresunters. 34: 413-425.

Reise K. (1983): Biotic enrichment of intertidal sediments by experimental aggregates of the deposit-feeding bivalve *Macoma balthica*. Mar Ecol Prog Ser 12: 229-236.

Rhoads D. C. (1974): Organism-sediment relations on the muddy sea floor. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 12:263-300.

Ruhl H.A. (2007): Abundance and size distribution dynamics of abyssal epibenthic megafauna in the Northeast Pacific. Ecology 88: 1250–1262.

Rützler K. (2004): Sponges on coral reefs: a community shaped by competitive cooperation. Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova 68: 85–148.

Sanders H. L. (1968): Marine benthic diversity: a comparative study. Am. Naturalist 102: 243-282.

Sanders H. L. (1969): Benthic marine diversity and the stability-time hypothesis. Brookhaven Symp. Biol. 22: 71-80.

Saunders D.A., Hobbs R.J. & Margules C.R. (1991): Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. Conservation Biology 5: 18–32.

Shmida A. & Wilson M. W. (1985): Biological determinants of species diversity. Journal of Biogeography 12:1–20.

Sibuet M. & Vangriesheim A. (2009): Deep-sea environment and biodiversity of the West African Equatorial margin. Deep- Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography 56: 2156–2168.

Simberloff D. (1972): Properties of the rarefaction diversity measurement. American Naturalist 106:414-418.

Slobodkin L. B. & Sanders H. L. (1969): On the contribution of environmental predictability to species diversity. Brookhaven Symp. Biol. 22: 82-93.

Smallwood B.J., Wolff G.A., Bett B.J., Smith C.R., Hoover D., Gage J.D. & Patience A. (1999): Megafauna can control the quality of organic matter in marine sediments. Naturwissenschaften 86: 320-324.

Smith Jr. K.L., Kaufmann R.S. & Wakefield W.W. (1993): Mobile megafaunal activity monitored with a time-lapse camera in the abyssal North Pacific. Deep-Sea Research I 40 (11/12): 2307-2324.

Smith C.R., Levin L.A., Hoover D.J., McMurtry G. & Gage J.D. (2000): Variations in bioturbation across the oxygen minimum zone in the northwest Arabian Sea. Deep-Sea Research II 47: 227-257.

Smith C.R., De Leo F.C., Bernardino A.F. & Sweetman A. (2008a): Abyssal food limitation, ecosystem structure and climate change. Trends in Ecology and Evolution, doi: 10.1016/j.tree.2008.05.002

Smith C.R., Levin L.A., Koslow A., Tyler P.A. & Glover A.G. (2008b): The near future of the deep seafloor ecosystem. In: Polunin N. (Ed.), Aquatic Ecosystems: Trends and Global Prospects. Cambridge University Press, Cambridge.

Soltwedel T. & Vopel K. (2001): Bacterial abundance and biomass in response to organism-generated habitat heterogeneity in deep-sea sediments. Mar. Ecol. Prog. Ser. 219:291-298.

Stief P., Altmann D., De Beer D., Bieg R. & Kureck A. (2004): Microbial activities in the burrow environment of the potamal mayfly *Ephoron virgo*. Freshwater Biol. 49:1152-1163.

Stramma L., Johnson G.C., Sprintall J. & Mohrholz V. (2008): Expanding oxygen-minimum zones in the tropical oceans. Science, 320: 655–658.

Tews J., Brose U., Grimm V., Tielborger K., Wichmann M. C., Schwager M. & Jeltsch F. (2004): Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. Journal of Biogeography 31:79–92.

Thistle D. (1978): Harpacticoid dispersion patterns: implications for deep-sea diversity maintenance. J. Mar. Res. 36: 377-397.

Thistle D. (1979a): Harpacticoid copepods and biogenic structures: implications for deep-sea diversity maintenance. Pg 217–231 in R. J. Livingston, editor. Ecological processes in coastal and marine systems. Plenum, New York, New York, USA.

Thistle D. (1979b): Deep-Sea Harpacticoid Copepod Diversity Maintenance: The Role of Polychaetes. Marine Biology 52: 371-376.

Thistle D. (1983): The role of biologically produced habitat heterogeneity in deep-sea diversity maintenance. Deep-Sea Research 30:1235–1245.

Thistle D. & Eckman J.E. (1990): The effect of biologically produced structure on the benthic copepods of a deep-sea site. Deep-Sea Research 37: 541–554.

Thistle D., Eckman J. E. & Paterson G. L. J. (2008): Large, mobile epifauna interact strongly with harpacticoid copepods and polychaetes at a bathyal site. Deep-Sea Research I 55: 324–331.

Van Gaever S., Raes M., Pasotti F. & Vanreusel A. (2010): Spatial scale and habitat-dependent diversity patterns in nematode communities in three seepage related sites along the Norwegian Sea margin. Marine Ecology 31: 66–77.

Vanhove S., Vermeeren H. & Vanreusel A. (2004): Meiofauna towards the South Sandwich Trench (750–6300 m), focus on nematodes. Deep-Sea Research II 51: 1665–1687.

Vanreusel A., Fonseca G., Danovaro R., Da Silva M. C. , Esteves A. M., Ferrero T., Gad G., Galtsova V., Gambi C., Da Fonsêca Genevois V., Ingels J., Ingole B., Lampadariou N., Merckx B., Miljutin D., Miljutina M., Muthumbi A., Netto S., Portnova D., Radziejewska T., Raes M., Tchesunov A., Vanaverbeke J., Van Gaever S., Venekey V., Bezerra T. N., Flint H., Copley J., Pape E., Zeppilli D., Arbizu Martinez P. & Galeron J. (2010): The contribution of deep-sea macrohabitat heterogeneity to global nematode diversity. Marine Ecology 31 (1): 6–20.

Vardaro M.F., Parmley D & Smith Jr. K.L. (2007): A study of possible “reef effects” caused by a long-term time-lapse camera in the deep North Pacific. Deep-Sea Research I 54: 1231-1240.

Warwick R.M. & Clarke K.R. (1991): A comparison of methods for analysin change in benthic community structure, J. Mar. Biol. Assoc. UK 71: 225–244.

Wavre M. & Brinkhurst R. O. (1971): Interactions between some tubificid oligochaetes and bacteria found in sediments of Toronto Harbour, Ontario. J. Fish. Res. Bd. Can. 28:335-341.

Weaver P.P.E. & Gunn V. (2009): Introduction to the special issue: HERMES—Hotspot Ecosystem Research on the Margins of European Seas. Oceanography 22: 12–15.

Wefer G., Billett D., Hebbeln D., Jorgensen B.B., Schlüter M. & Van Weering T.C.E. (2003): Ocean Margin Systems. Springer, Heidelberg: 495 pp.

Wheatcroft R.A., Smith C. R. & Jumars P. A. (1989): Dynamics of surficial trace assemblages in the deep sea. Deep-Sea Research 36 (1): 71-91.

Wulff J.L. (2006): Ecological interactions of marine sponges. Canadian Journal of Zoology 84: 146–166.

Yager P.L., Nowell A.R.M. & Jumars P.A. (1993): Enhanced deposition to pits: a local food source for benthos. J Mar Res 51: 209–236.

# 7. Παράρτημα

**Πίνακας 7.3:** Κατάλογος των γενών των νηματωδών που βρέθηκαν στα 12 διαφορετικά μικροπεριβάλλοντα (109 γένη, 26 οικογένειες).

| Subclass: Enoplia | | | Subclass: Chromadoria | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Order: Enoplida | | | Order: Desmodorida | | | Order: Chromadorida | | | Order: Monhysterida | | |
| Suborder: Enoplina | | % | Suborder: Desmodorina | | % | Suborder: Leptolaimina | | % | Suborder: Linhomoeina | | % |
| Family | ***Anoplostomatidae*** | | Family | ***Chromadoridae*** | | Family | ***Aegialoalaimidae*** | | Family | ***Linhomoeidae*** | |
| Genus | *Crenopharynx* | 0,04 | Genus | *Acantholaimus* | 12,83 | Genus | *Aegialoalaimus* | 1,43 | Genus | *Disconema* | 0,40 |
| | *Micoletzkyia* | 0,05 | | *Actinonema* | 0,68 | | *Cyartonema* | 0,14 | | *Eleutherolaimus* | 0,02 |
| Family | ***Enchelidiidae*** | | | *Chromadora* | 0,41 | | *Diplopeltoides* | 2,80 | | *Linhomoeus* | 0,22 |
| Genus | *Bathyeurystomina* | 0,05 | | *Chromadorella* | 0,04 | Family | ***Ceramonematidae*** | | | *Megadesmolaimus* | 0,07 |
| | *Belbolla* | 0,03 | | *Chromadorita* | 0,56 | Genus | *Pselionema* | 0,52 | | *Metalinhomoeus* | 0,76 |
| | *Symplocostoma* | 0,11 | | *Dichromadora* | 0,09 | Family | ***Leptolaimidae*** | | | *Paralinhomoeus* | 0,69 |
| Family | ***Ironidae*** | | | *Endeolophos* | 1,30 | Genus | *Alaimella* | 0,06 | | *Terscellingia* | 0,62 |
| Genus | *Syringolaimus* | 0,67 | | *Karkinochromadora* | 0,04 | | *Camacolaimus* | 0,22 | Family | ***Siphonolaimidae*** | |
| | *Trisonchulus* | 0,02 | | *Neochromadora* | 1,59 | | *Halaphanolaimus* | 0,05 | Genus | *Siphonolaimus* | 0,05 |
| Family | ***Leptosomatidae*** | | | *Prochromadora* | 0,04 | | *Leptolaimoides* | 0,16 | Suborder: Monhysterina | | % |
| Genus | *Leptosomatides* | 0,04 | | *Prochromadorella* | 0,07 | | *Leptolaimus* | 2,92 | Family | ***Monhysteridae*** | |
| Family | ***Oncholaimidae*** | | | *Spiliphera* | 0,48 | | *Procamacolaimus* | 0,19 | Genus | *Diplolaimella* | 0,29 |
| Genus | *Meyersia* | 0,04 | | *Spilophorella* | 0,99 | Order: Desmoscolecida | | | | *Thalassomonhystera* | 17,49 |
| | *Viscosia* | 0,85 | Family | ***Comesomatidae*** | | Suborder: Desmoscolecina | | | Family | ***Sphaerolaimidae*** | |
| Family | ***Oxystominidae*** | | Genus | *Cervonema* | 1,65 | Family | ***Desmoscolecidae*** | | Genus | *Metasphaerolaimus* | 0,14 |
| Genus | *Halalaimus* | 4,14 | | *Comesoma* | 0,07 | Genus | *Desmoscolex* | 1,48 | | *Sphaerolaimus* | 0,24 |
| | *Lithium* | 0,03 | | *Hoppieria* | 0,03 | | *Quatricoma* | 4,88 | Family | ***Xyalidae*** | |
| | *Nemanema* | 0,07 | | *Laimella* | 0,11 | | *Tricoma* | 0,56 | Genus | *Amphimonhystrella* | 0,18 |
| | *Oxystomina* | 0,29 | | *Metacomesoma* | 0,02 | Order: Araeolaimida | | | | *Cobbia* | 0,05 |
| | *Thalassolaimus* | 0,04 | | *Pierrickia* | 0,04 | Family | ***Axonolaimidae*** | % | | *Daptonema* | 10,30 |
| Family | ***Thoracostomopsidae*** | | | *Sabatieria* | 0,47 | Genus | *Synodontium* | 0,02 | | *Elzalia* | 0,03 |
| Genus | *Enoplolaimus* | 0,05 | Family | ***Cyatholaimidae*** | | Family | ***Diplopeltidae*** | | | *Gonionchus* | 0,05 |
| | *Mesacanthion* | 0,04 | Genus | *Cyatholaimus* | 0,09 | Genus | *Araeolaimus* | 0,13 | | *Linhystera* | 1,89 |
| | | | | *Marylynnia* | 0,02 | | *Axonolaimus* | 0,06 | | *Manganonema* | 1,19 |
| | | | | *Metacyatholaimus* | 0,02 | | *Campylaimus* | 4,24 | | *Metadesmolaimus* | 4,02 |
| | | | | *Paracanthonchus* | 0,47 | | *Diplopeltula* | 1,00 | | *Paramonhystera* | 0,14 |
| | | | | *Paracyatholaimus* | 0,07 | | *Odontophora* | 0,06 | | *Promonhystera* | 0,12 |
| | | | | *Paralongicyatholaimus* | 0,13 | | *Southerniella* | 0,22 | | *Theristus* | 0,13 |
| | | | | *Praeacanthonchus* | 0,04 | | | | | | |
| | | | | *Pomponema* | 0,99 | | | | | | |
| | | | Family | ***Desmodoridae*** | | | | | | | |
| | | | Genus | *Desmodora* | 0,24 | | | | | | |
| | | | | *Paradesmodora* | 0,29 | | | | | | |
| | | | Family | ***Epsilonematidae*** | | | | | | | |
| | | | Genus | *Epsilonema* | 0,04 | | | | | | |
| | | | Family | ***Ethmolaimidae*** | | | | | | | |
| | | | Genus | *Comesa* | 0,07 | | | | | | |
| | | | Family | ***Microlaimidae*** | | | | | | | |
| | | | Genus | *Bolbolaimus* | 0,77 | | | | | | |
| | | | | *Calomicrolaimus* | 0,05 | | | | | | |
| | | | | *Microlaimus* | 5,84 | | | | | | |
| | | | | *Molgolaimus* | 1,82 | | | | | | |
| | | | Family | ***Setachinematidae*** | | | | | | | |
| | | | Genus | *Halichoanolaimus* | 0,14 | | | | | | |
| | | | | *Synonchiella* | 0,04 | | | | | | |