



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

Π.Μ.Σ.: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΒΙΟΛΟΓΙΑ –

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΕΡΣΑΙΩΝ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ ΚΡΗΤΗΣ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑΣ



ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΩΝ ΜΕΙΟΒΕΝΘΙΚΩΝ ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ
ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΤΡΙΕΤΙΑ 2006-2009 ΣΤΗ ΒΑΘΙΑ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ (ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟΣ)

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΟΥΡΙΚΗ ΔΗΜΗΤΡΑ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2012

Επιβλέπων Ερευνητής

Λαμπαδαρίου Νικόλαος, Ερευνητής Γ' στο Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας του
Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.) Κρήτης

Επιβλέποντες καθηγητές:

Καρακάσης Ιωάννης, Καθηγητής στο Τμήμα Βιολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης

Τσελεπίδης Αναστάσιος, Καθηγητής στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του
Πανεπιστημίου Πειραιά

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η μεταπτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Βενθικής στο εργαστήριο Βενθικής Οικολογίας του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.ΘΕ.) Κρήτης, στα πλαίσια του Π.Μ.Σ. «Περιβαλλοντική Βιολογία – Διαχείριση Χερσαίων και Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων» του τμήματος Βιολογία του Πανεπιστημίου Κρήτης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα μου, ερευνητή Νικόλαο Λαμπαδαρίου, για την ηθική και επιστημονική του στήριξη, την ακούραστη καθοδήγηση του σε όλη την 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.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ρα υπόλοιπα μέλη της Τριμελούς Επιτροπής, τον υπεύθυνο καθηγητή μου κ. Ι. Καρακάση, για τον χρόνο που αφιέρωσε στην ανάγνωση και την αξιολόγηση της διατριβής. Καθώς και καθηγητή Αν. Τσελεπίδη για την προθυμία του να συμμετέχει στην επιτροπή αξιολόγησης μου και για το αμείωτο και συνεχές ενδιαφέρον του.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την υποψήφια διδάκτορα Βίκυ Καλογεροπούλου που συνέβαλε στην εκπαίδευση μου, για την βοήθεια και την συμπαράστασή της. Όπως επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω της S. Zivanovic και E. Δαφνομίλη του Εργαστηρίου Περιβαλλοντικής Χημείας και Μικροβιολογίας του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας και Γενετικής του ΕΛΚΕΘΕ για την πολύτιμη βοήθεια στην ανάλυση των δειγμάτων των περιβαλλοντικών παραμέτρων. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους Έυη Συρανίδου, Μαργαρίτα Καγιώργη και Δημήτρη Ποδάρα για τις συμβουλές, την βοήθεια και την παρέα τους.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους μου τους φίλους που μου συμπαραστάθηκαν και για την βοήθεια τους στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Το μεγαλύτερο ευχαριστώ το οφείλω στους γονείς μου, τον αδερφό μου και το Στέλιο, για την κατανόηση τους και την αμέριστη συμπαράσταση και στήριξη τους σε όλη τη διάρκεια αυτής της προσπάθειας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η βαθιά θάλασσα έως τώρα θεωρούταν ως ένα σταθερό περιβάλλον, ρυθμισμένο από βραχυπρόθεσμες αλλαγές στην ατμόσφαιρα ή στην εύφωτη ζώνη. Ωστόσο, οι πρόσφατες μακροχρόνιες μελέτες παρακολούθησης έχουν δείξει ότι η βαθιά θάλασσα είναι ένα δυναμικό περιβάλλον που συνδέονται με τις διαδικασίες στη στήλη του νερού, οι οποίες επηρεάζουν σημαντικά τις βενθικές κοινότητες της.

Στην ανατολική Μεσόγειο γίνεται μακροπρόθεσμη παρακολούθηση του οικοσυστήματος τα τελευταία είκοσι χρόνια στη λεκάνη της Ιεράπετρας (2500-4500 m).

Εδώ σας παρουσιάζουμε τις τάσεις στη δομή των μειοβενθικών συνευρέσεων σε τρεις διαφορετικές δειγματοληπτικές προσπάθειες το 2006 και το 2009. Το μειοβένθος αποτελείται από 11 ταξινομικές ομάδες, με τους νηματώδεις και τα αρπατικοειδή κωπήποδα να αποτελούν πάνω από το 95% της πανίδας. Συνολικές μειοπανιδικές πυκνότητες κυμάνθηκαν από 18 έως 158 cm² άτομα/10 cm².

ABSTRACT

The deep-sea has long been considered as a stable environment, buffered from short-term changes in the atmosphere or the upper photic zone. However, recent long term monitoring studies have shown that the deep-sea is a dynamic environment linked to upper water column processes which significantly influence its benthic communities.

In the eastern Mediterranean long term monitoring has been going on for the last twenty years in the Ierapetra Basin (southern Cretan margin) at 2500-4500 m.

Here we present trends in meiofauna community structure based on three different sampling campaigns in 2006 and in 2009. The meiofauna was composed by 11 taxa, with nematodes and harpacticoid copepods comprising more than 95% of the fauna. Total meiofauna densities ranged from 18 to 158 ind/10 cm².

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	- 2 -
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	- 3 -
ABSTRACT	- 4 -
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	- 5 -
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	- 7 -
1.1. Χρονικές αλλαγές	- 7 -
1.2. Μειοβένθος.....	- 9 -
1.3. Νηματώδεις.....	- 11 -
1.4. Ανατολική Μεσόγειος	- 12 -
1.5. Στόχοι της μελέτης	- 14 -
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	- 16 -
2.1. Περιοχή δειγματοληψίας.....	- 16 -
2.2. Τεχνικές Πεδίου – Διαδικασία δειγματοληψίας.....	- 17 -
2.3. Εργαστηριακές Τεχνικές.....	- 18 -
2.3.1. Διαχωρισμός ιζήματος – πανίδας.....	- 18 -
2.3.2. Κατασκευή μονίμων παρασκευασμάτων - Προσδιορισμοί	- 19 -
2.3.3. Περιβαλλοντικές παράμετροι.....	- 20 -
2.4. Ανάλυση δεδομένων	- 21 -
2.4.1. Έλεγχοι υποθέσεων	- 21 -
2.4.2. Συσχετίσεις	- 22 -
2.4.3. Ανάλυση ποικιλότητας	- 22 -
2.4.4. Πολυμεταβλητή ανάλυση.....	- 24 -
2.5. Λογισμικό	- 27 -
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	- 28 -
3.1. Σύγκριση της μειοπανίδας σε δύο λεκάνες	- 28 -
3.1.1. Περιβαλλοντικοί παράμετροι	- 28 -
3.1.1.1. Οργανικός Άνθρακας.....	- 28 -
3.1.1.2 Χλωροφυλλούχες χρωστικές	- 29 -
3.1.2. Κατανομή της αφθονίας των μειοπανιδικών ταξινομικών ομάδων.....	- 32 -
3.1.2.1. Κατακόρυφη κατανομή της αφθονίας των μειοπανιδικών ταξινομικών ομάδων μέσα στο ίζημα.	- 34 -
3.1.2.2. Οριζόντια κατανομή της αφθονίας της ομάδας των νηματωδών.....	- 36 -

3.1.2.3. Σύγκριση των μειοπανιδικών ομάδων ανάμεσα σε διαφορετικές χρονιές ανά δεκαετίες στη λεκάνη της Ιεράπετρας	- 37 -
3.1.2.4. Πολυπαραγοντικές αναλύσεις.....	- 39 -
3.1.2.5. Συσχετίσεις	- 43 -
3.1.3. Βιοκοινότητες νηματωδών.....	- 44 -
3.1.3.1. Δομή	- 44 -
3.1.3.2. Πολυπαραγοντικές αναλύσεις.....	- 46 -
3.1.3.3. Πρότυπα ποικιλότητας	- 46 -
3.1.3.4. Συσχετίσεις	- 48 -
3.2. Σύγκριση της μειοπανίδας σε διαφορετικά βάθη	- 50 -
3.2.1. Κατανομή της αφθονίας των μειοπανιδικών τάξεων	- 50 -
3.2.1.1. Κατακόρυφη κατανομή της αφθονίας των μειοπανιδικών ταξινομικών ομάδων μέσα στο ίζημα.	- 51 -
3.2.1.2. Οριζόντια κατανομή της αφθονίας της ομάδας νηματωδών.....	- 53 -
3.2.1.3. Πολυπαραγοντικές Αναλύσεις.....	- 53 -
3.2.2. Βιοκοινότητες	- 54 -
3.2.2.1 Δομή.....	- 54 -
3.2.2.2 Πολυπαραγοντικές αναλύσεις.....	- 56 -
3.2.2.3 Πρότυπα Ποικιλότητας	- 57 -
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	- 59 -
4.1. Περιβαλλοντικοί Παράμετροι	- 59 -
4.2. Μειοπανιδικές Αφθονίες και περιβαλλοντικοί παράμετροι	- 59 -
4.3. Κατακόρυφη Κατανομή της αφθονίας των μειοπανιδικών ομάδων.....	- 62 -
4.4. Δομή της Βιοκοινότητας και Ποικιλότητα.....	- 63 -
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	- 66 -
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΦΙΑ.....	- 67 -

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Χρονικές αλλαγές

Η βαθειά θάλασσα είναι ένα από τα μεγαλύτερα οικοσυστήματα της γης καλύπτοντας πάνω από το 60% της επιφάνειας του πλανήτη. Θεωρείται ως μία σημαντική δεξαμενή βιοποικιλότητας (Snelgrove & Smith, 2002). Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν διαφανεί ισχυρές ενδείξεις όσον αφορά τον πυθμένα των βαθιών θαλασσών, οι οποίες υποδηλώνουν ότι δεν είναι τόσο σταθερό ή απομονωμένο περιβάλλον όπως πιστεύονταν έως τώρα (Smith et al., 2008; Larkin et al., 2010). Σε συστήματα που στηρίζονται στη φωτοσύνθεση, η βενθική ποικιλότητα, αφθονία και οι οικοσυστημικές λειτουργίες επηρεάζονται από πιθανές μεταβολές στα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά του οργανικού άνθρακα που κατακρημνίζεται από τα επιφανειακά στρώματα στον πυθμένα (Ohga & Kitazato, 1997; Kitazato et al., 2000; Gooday, 2002; Wigham et al., 2003; Danovaro et al., 2008; Billett et al., 2009). Οι μεταβολές στη διαθεσιμότητα της τροφής που επηρεάζονται από τις κλιματικές συνθήκες και οι μεταβολές που συμβαίνουν στις πανιδικές κοινότητες υποδεικνύουν ότι υπάρχει μία προφανής σύνδεση ανάμεσα στο κλίμα, στα ανώτερα στρώματα των ωκεανών και αυτών της βαθιάς θάλασσας (Ruhl et al., 2008). Γενικότερα έχει παρατηρηθεί ότι οι οικολογικές διεργασίες της βαθιάς θάλασσας συχνά είναι στενά συνδεδεμένες με τις διεργασίες που συμβαίνουν στην επιφάνεια των ωκεανών, την ατμόσφαιρα και την παράκτια ζώνη (Smith et al., 2008). Παρόλα αυτά, στη βαθειά θάλασσα η δυναμική των πανιδικών συνευρέσεων και η λειτουργία των οικοσυστημάτων δεν έχει καθοριστεί σαφώς ακόμα, αλλά η παρατηρούμενη απόκριση των βενθικών κοινοτήτων στις κλιματικές μεταβολές, τους καθιστά δείκτες των περιβαλλοντικών και βιογεωχημικών αλλαγών στους ωκεανούς (Larkin et al., 2010). Με βιολογικές μελέτες σε κλίμακα ετών ή και δεκαετιών γίνεται προσπάθεια να κατανοηθούν πώς τα είδη, πληθυσμοί, κοινότητες ή και οικοσυστήματα εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου σε σχέση με τις παρατηρήσιμες μεταβολές του περιβάλλοντος (Glover et al., 2010). Η πλειοψηφία των μελετών έχουν εξετάσει μόνο μικρής χρονικής διάρκειας ή εποχιακές τάσεις,

ενώ πρόσφατα έγιναν διαθέσιμες πιο μακροπρόθεσμες μελέτες σε κλίμακα ετών ή δεκαετιών (Smith & Druffel, 1998; Billet & Rice, 2001; Steinberg et al., 2001; Soltwedel et al., 2005; Blanchard et al., 2010; Glover et al., 2010). Οι Glover et al. (2010) αναγνώρισαν έντεκα περιοχές για τις οποίες υπάρχουν πρόσφατα δεδομένα για μακροχρόνιες αλλαγές, από τις οποίες οι πιο μεγάλες χρονοσειρές ήταν η περιοχή Porcupine Abyssal Plain (PAP) και ο Σταθμός M. Η περιοχή Porcupine Abyssal Plain (PAP) με βάθος 4850 m βρίσκεται στον βόρειο ανατολικό Ατλαντικό, ενώ ο Σταθμός M σε βάθος 4100 m είναι στο βόρειο ανατολικό Ειρηνικό. Οι δύο αυτές περιοχές μελετώνται για πάνω από 20 χρόνια.

Για την αξιολόγηση και διαχείριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στη βαθιά θάλασσα, η μεταβλητότητα των οικοσυστημάτων που προκύπτει από φυσικές διαδικασίες πρέπει να διακρίνεται από τις ανθρωπογενείς αλλαγές (Smith et al., 2008). Μακροπρόθεσμες μελέτες χρονοσειρών όπως αυτές της PAP και M σταθμό παρέχουν ουσιαστικές οικολογικές πληροφορίες απαραίτητες για την πρόβλεψη της απόκρισης των οικοσυστημάτων στην κλιματική αλλαγή και ανθρωπογενών αλλαγών στην βαθιά θάλασσα (Glover and Smith, 2003; Smith et al., 2008). Αν και οι πληροφορίες που προέρχονται από αυτές τις δύο χρονοσειρές έδειξαν ότι τα βενθικά ιζήματα επηρεάζονται από τις μακροχρόνιες περιοδικές μεταβολές των διεργασιών που συμβαίνουν στα ανώτερα στρώματα του ωκεανού, εντούτοις δεν είναι ακόμη σαφές σε ποιο βαθμό οι ανθρωπογενείς κλιματικές αλλαγές επηρεάζουν τη βαθιά θάλασσα και αυτό κυρίως οφείλεται στο γεγονός ότι η συλλογή των δεδομένων δεν έχει γίνει σε τόσο μεγάλο χρονικό διάστημα ώστε να διακριθεί η μακροπρόθεσμη αύξηση της θερμοκρασίας που προκαλείται από της φυσικές διεργασίες (Glover et al., 2010).

Στην Ανατολική Μεσόγειο έχουν γίνει μακροπρόθεσμες μετρήσεις των φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών των υδάτινων μαζών (Roether et al., 1996; Theoharis et al., 1999) και παρατηρήθηκαν αλλαγές στη θερμοκρασία και στην αλατότητα (Theoharis et al., 1999). Στο Κρητικό Πέλαγος οι σημαντικές αλλαγές στη θερμοκρασία των υδάτων σε μεγάλα βάθη συσχετίστηκαν με τις σημαντικές αλλαγές στην βιοποικιλότητα των ειδών των νηματωδών (Danovaro et al., 2004). Επίσης, υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις ότι η ανατολική Μεσόγειο είναι ένα σύστημα

που επηρεάζεται από γεγονότα που συμβαίνουν, με ακανόνιστα υψηλή είσοδο τροφής, η οποία παίζει σημαντικό ρόλο στη δομή και λειτουργία των βενθικών κοινοτήτων (Lampadariou et al., 2009). Η Μεσόγειος επηρεάζεται έντονα από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες και δεν είναι γνωστό αν όλες οι περιοχές της θα επηρεαστούν με τον ίδιο τρόπο από τις κλιματικές αλλαγές, για να κατανοηθούν, λοιπόν, οι αλλαγές που συμβαίνουν αρκετές προσπάθειες έχουν ξεκινήσει κυρίως στις ανατολικές και νότιες περιοχές της για την συνεχόμενη καταγραφή της θερμοκρασίας και ορισμένων ειδών δεικτών, όμως, αυτές οι προσπάθειες θα πρέπει να βελτιωθούν (Lejeune et al., 2010). Νότια από την Κρήτη γίνεται μία προσπάθεια μακροχρόνιας παρακολούθησης της λεκάνης της Ιεράπετρα, ώστε να κατανοηθούν καλύτερα οι διεργασίες που συμβαίνουν στην περιοχή αυτή. Με αυτό τον τρόπο θα υπάρξει συμβολή στην καλύτερη κατανόηση των διαδικασιών που συμβαίνουν στην Μεσόγειο.

1.2. Μειοβένθος

Το μειοβένθος είναι ένα σύνολο από ασπόνδυλα που ζουν στα διάφορα βενθικά υποστρώματα τόσο των θαλάσσιων όσο και των γλυκών υδάτων. Αυτοί οι οργανισμοί είναι μικρότεροι σε μέγεθος από τους μακροβενθικούς οργανισμούς αλλά μεγαλύτεροι από τους μικροβενθικούς. Ο όρος "Μειοβένθος" εισήχθει από την Mare (1942), για να προσδιορίσει συναθροίσεις των βενθικών μεταζώων που διακρίνονται από τους μακροβενθικούς οργανισμούς εξαιτίας του μικρότερου μεγέθους τους (Giere, 2009). Η μειοπανίδα και το μειοβένθος είναι όροι συνώνυμοι, όταν αναφερόμαστε σε βενθικά μετάζωα. Πλέον, η μειοπανίδα θεωρείται μία ξεχωριστή βιολογικά και οικολογικά ομάδα ζώων (Giere, 2009).

Οι μειοπανιδικοί οργανισμοί έχουν ευρεία κατανομή και μπορούν να βρεθούν σε ποικίλα ενδιαίτηματα, από τις παραλίες μέχρι και στο υπόστρωμα των βαθιών θαλασσών, σε λίμνες και σε ακραία περιβάλλοντα, όπως οι υδροθερμικές πηγές. Αντιπρόσωποι από τα περισσότερα φύλλα των μεταζώων υπάρχουν στο μειοβένθος. Επίσης, ανήκουν και κάποιες ομάδες πρωτόζωων (π.χ. τα τρηματοφόρα και οι αμοιβάδες), άλλα δεν αποτέλεσαν μέρος αυτής της μελέτης. Οι μειοπανιδικοί

οργανισμοί διαβιούν όλο τον κύκλο ζωής τους σε ένα περιβάλλον (μόνιμα μέλη), αλλά ορισμένοι οργανισμοί, κυρίως προνυμφικά στάδια μακροβενθικών οργανισμών, μόνο κάποια από τα στάδια του κύκλου ζωής τους σαν μειοπανίδα («προσωρινά» μέλη).

Οι πρώτες αναφορές σχετικά με μειοπανιδικούς οργανισμούς στη Μεσόγειο προήλθαν από το Dujardin (1845) και το Kowalevsky (1901). Πιο ουσιαστικές προσπάθειες είναι αυτές του Filirjev (1918/1921), που δούλεψε με νηματώδες και του Monard το (1928), που δούλεψε με κωπήποδα. Στην συνέχεια πραγματοποιηθήκαν πιο συστηματικές προσπάθειες, προσεγγίζοντας κυρίως της κυρίαρχες ταξινομικές ομάδες της μειοπανίδας. Τις τελευταίες δεκαετίες με την παράλληλη τεχνολογική ανάπτυξη εντατικοποιήθηκαν οι ερευνητικές προσπάθειες όσον αφορά την μειοπανίδα. Ειδικότερα, δόθηκε έμφαση στην οικολογική πλευρά, αλλά και στην συστηματική και ιδιαίτερα σε ομάδες που δεν υπήρχε πολύ πληροφορία. Επίσης, μελετήθηκαν περιβάλλοντα που δεν ήταν εύκολα προσεγγίσιμα μέχρι τότε.

Στην ανατολική Μεσόγειο η εργασία του Dinet (1976) είναι από τις παλαιότερες που έγιναν και αφορά την μελέτη υλικού από την υποπαλιρροϊκή ζώνη του Βορείου Αιγαίου. Γενικές πληροφορίες για το μειοβένθος περιέχονται και σε εργασίες που αφορούν το μακροβένθος και το μεριβένθος (Kisseleva, 1963; Kisseleva & Tchukhtchin, 1965). Στην συνέχεια ξεκίνησε μία μεγαλύτερη προσπάθεια για την μελέτη της ανατολικής Μεσογείου και αποκτήθηκε περισσότερη πληροφόρηση για διάφορους τύπους οικοσυστημάτων όπως παράκτια, λιμνοθάλασσες (McArthur et al., 2000), υδροθερμικές πηγές (Thiermann et al., 1994) και σε περιπτώσεις ρύπανσης (Lampadariou et al., 1997; Papadopoulou et al., 1998). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον δόθηκε στην βαθειά θάλασσα με πρώτες εργασίες αυτές Danovaro et al. (1995a,b, 2000) και των Λαμπαδαρίου και Τσελεπίδης (2000) και αργότερα συνεχίστηκαν (Tselepidis & Lampadariou, 2004; Tselepidis et al., 2004; Lampadariou & Tselepidis, 2006, Gambi & Danovaro 2006; Lampadariou et al, 2009).

Η ποικιλότητα της βενθικής πανίδας παρέχει ένα ιδανικό εργαλείο για την εξερεύνηση των σχέσεων μεταξύ της βιοποικιλότητας και της λειτουργίας των

οικοσυστημάτων (Snelgrove, 1999). Αρκετές πτυχές της βιολογίας, του κύκλου ζωής και της κατανομής της μειοπανίδας την καθιστούν ιδανικό εργαλείο για την παροχή πληροφοριών σχετικά με ανθρωπογενείς επιδράσεις, αν και οι χωρικές και χρονικές μεταβολές της μειοπανίδας δυσκολεύουν την διάκριση των ανθρωπογενών επιδράσεων από τις φυσικές (Kennedy & Jacody, 1999). Είναι σημαντικό, λοιπόν, η περαιτέρω μελέτη των μειοβενθικών οργανισμών και ειδικά στην ανατολική Μεσόγειο, όπου δεν είναι πολύ καλά μελετημένες οι διεργασίες που επηρεάζουν τους οργανισμούς αυτούς.

1.3. Νηματώδεις

Οι νηματώδεις απαντώνται σε μία πληθώρα ενδιαιτημάτων, μερικά εκ των οποίων θεωρούνται από τα πιο ακραία, όπως οι θερμές πηγές, στους πόλους, σε υδροθερμικές πηγές. Οι περισσότεροι νηματώδεις είναι θαλάσσιοι ή του γλυκού νερού ή του εδάφους. Αλλά υπάρχουν και αυτοί που παρασιτούν σε μία ποικιλία οργανισμών από φυτά όπως το καλαμπόκι και έντομα μέχρι τον ίδιο τον άνθρωπο.

Οι νηματώδεις είναι ίσως η πιο άφθονη ομάδα μεταζώων στη γη (Heip et al., 1985). Σύμφωνα με τον Giere (2009) οι νηματώδεις απαντώνται σε όλα τα υποστρώματα, ιζήματα, κλιματικές ζώνες και σε όλα τα διαφορετικά βάθη στο θαλάσσιο περιβάλλον και συνήθως κυριαρχούν κάθε μειοπανιδική συνάθροιση τόσο σε αφθονία, όσο και σε βιομάζα. Στα ιζήματα του θαλάσσιου πυθμένα οι νηματώδεις συνήθως αποτελούν το 70-90 % των μειοβενθικών μεταζώων, και σε ένα τετραγωνικό μέτρο του πυθμένα μπορεί να έχει πυκνότητα περισσότερο και από ένα εκατομμύριο άτομα (Mokienky et al., 2004; 2007). Το συγκεκριμένο φύλο παρουσιάζει υψηλή ταξινομική ποικιλότητα (Higgins & Thiel, 1988), μάλιστα οι Lambshead & Boucher (2003) υποστηρίζουν ότι μπορεί η αφθονία των ειδών να αγγίζει το ένα εκατομμύριο. Επιπλέον, αρκετά γένη και είδη των νηματωδών συχνά χαρακτηρίζονται ως κοσμοπολίτικα. Η βιοποικιλότητα των ειδών των νηματωδών χρησιμοποιήθηκε για να εξεταστεί η επίδραση των αλλαγών της θερμοκρασίας, που συνέβησαν στην βαθιά θάλασσα της ανατολικής Μεσογείου, (Danovaro et al., 2004). Στη λεκάνη της Ιεράπετρας μέχρι τώρα δεν έχει εξεταστεί η βιοποικιλότητα

των νηματωδών και σε αυτήν την εργασία γίνεται μία πρώτη προσπάθεια προσέγγισης της.

1.4. Ανατολική Μεσόγειος

Η Μεσόγειος είναι μία ημίκλειστη θάλασσα και μέσω του Γιβραλτάρ επικοινωνεί με τον Ατλαντικό Ωκεανό. Η Μεσόγειος αποτελείται από δύο λεκάνες (την δυτική και την ανατολική) που χωρίζονται από την υποθαλάσσια ράχη μεταξύ της Σικελίας και της Τυνησίας. Οι δύο υπολεκάνες διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ως προς τα υδρολογικά τους και φυσικοχημικά τους χαρακτηριστικά (Por, 1989). Από τον Ατλαντικό ωκεανό εισέρχονται επιφανειακά χαμηλής αλατότητας υδάτινες μάζες μέσω του Γιβραλτάρ. Οι μάζες αυτές χάνουν προοδευτικά τα χαρακτηριστικά τους καθώς μετακινούνται προς την ανατολική πλευρά, λόγω του φαινομένου της εξάτμισης και της ανάμειξης των υδάτινων μαζών. Η διαδικασία του σχηματισμού πυκνότερων υδάτων είναι σημαντική για την κυκλοφορία στη Μεσόγειο (Lascaratos et al., 1999). Οι μάζες υδάτων που δημιουργήθηκαν στην Μεσόγειο εξέρχονται στον Ατλαντικό κυρίως μέσω των ενδιάμεσων νερών της Λεβαντίνης.

Στην βοριοδυτική Μεσόγειο μια χρονοσειρά, που καλύπτει μία περίοδο 30 χρόνων (1959-1989), κατά την οποία παρακολουθήθηκε η θερμοκρασία των βαθέων υδάτων έδειξε μία γενική τάση αύξησης της θερμοκρασίας (Bethoux et al., 1990). Μετέπειτα δεδομένα επιβεβαίωσαν αυτή τη τάση (Bethoux et al., 1999; Vargas-Yanez et al., 2008). Στις αρχές της δεκαετίας του '90 παρατηρήθηκε μια σημαντική αλλαγή στον σχηματισμό των βαθιών υδάτων της Ανατολικής Μεσογείου, που οφείλεται στην ξαφνική αλλαγή της ροής των υδάτινων μαζών, γνωστής ως «Παροδικές αλλαγές της Ανατολικής Μεσογείου» (Eastern Mediterranean Transient ή ως ακρώνυμο E.M.T.). Οι ανώμαλες καιρικές συνθήκες που έλαβαν χώρα μεταξύ των ετών 1987 και 1995, στο Νότιο Αιγαίο τροποποίησαν τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά των υδάτων ολόκληρης της στήλης. Αυτές οι αλλαγές συνέβησαν σε δύο διακριτές περιόδους: (1) από 1987 έως το 1992, όταν η αύξηση της πυκνότητας του νερού ήταν κυρίως αποτέλεσμα της αύξησης της αλατότητας και (2) από το 1992 έως το 1995, όταν η παραγωγή των βαθιών πυκνών

υδάτων σε ολόκληρη τη λεκάνη του νότιου Αιγαίου συνδέθηκε με μια αξιοσημείωτη πτώση της θερμοκρασίας στα βαθιά ύδατα, περίπου 0,4 °C (Roether et al., 1996). Οι παρατηρούμενες αλλαγές ίσως να επηρεάστηκαν από ατμοσφαιρικές αλλαγές (χαμηλότερη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια των πολύ κρύων χειμώνων του 1987, 1992 και 1993) (Lascaratos et al., 1999). Επίσης, πιστεύεται ότι οι ισχυρές ανωμαλίες της θερμοκρασίας και των βροχοπτώσεων εμπλέκονται στην πρόκληση που ΕΜΤ, η οποία έχει αλλάξει δραματικά την υδρολογία της βαθιάς ανατολικής Μεσογείου (Roether et al., 2007). Παρατηρήσεις που έγιναν μεταξύ του 2004 και 2006 υποδεικνύουν ότι στη δυτική λεκάνη το ΕΜΤ έχει αρχίσει να επηρεάζει τα πρότυπα της θερμότητας και της αλατότητας (Schroeder et al., 2008). Επιπλέον, παρατηρήθηκαν αλλαγές στην υδρολογία του Νοτίου Αιγαίου, αφού μετά από δεκαετίες σταθερής αναπλήρωσης των βαθιών υδάτων της Ανατολικής Μεσογείου μέσω της εκροής από την Αδριατική, προτάθηκε ότι μεταξύ της άνοιξης του 1992 και 1993 ξεκίνησαν να διεισδύουν από τα νοτιοδυτικά της Κρήτης βαθιά ύδατα από το Αιγαίο (Roether et al., 2007). Αυτό το γεγονός προκάλεσε την αύξηση της εκροής των πλούσιων σε θρεπτικών υδάτινων μαζών στη λεκάνη της Λεβαντίνης (Theocharis et al., 1999).

Η Μεσόγειος Θάλασσας και πιο συγκεκριμένα η ανατολική λεκάνη θεωρείται ως μία από τις πιο oligοτροφική περιοχές του κόσμου, ειδικά όταν τις συγκρίνεις με άλλες περιοχές του κόσμου (Azon, 1986; Psarra et al., 2000). Η αφθονία και η βιομάζα της μειοπανίδας σε βαθύαλα και αβυσσικά βάθη της ανατολικής λεκάνης είναι γενικά πολύ μικρή (Danovaro et al., 1995a; Tselepides et al., 2004; Lampadariou & Tselepides, 2006; Lampadariou et al., 2009). Η διαφοροποίηση των φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών ίσως να επηρέασε της συνευρέσεις των νηματωδών, αν λάβουμε υπόψη ότι το περιβάλλον των βαθιών θαλασσών χαρακτηρίζεται από πολύ σταθερές θερμοκρασίες. Κατά την διάρκεια των αλλαγών στο Νότιο Αιγαίο παρατηρήθηκε ότι στη λεκάνη της Ιεράπετρας οι μειοπανιδικές αφθονίες έδειξαν να αποκλίνουν από τις χαρακτηριστικές τιμές της περιοχής σύμφωνα με σύγκριση δεδομένων από διαφορετικές χρονιές (Tselepides & Lampadariou, 2004; Lampadariou et al., 2009).

1.5. Στόχοι της μελέτης

Οι γνώσεις μας σχετικά με την βιοποικιλότητα, την λειτουργία καθώς και τις μακροχρόνιες μεταβολές που λαμβάνουν χώρα σε βαθιά και ακραία θαλάσσια οικοσυστήματα είναι περιορισμένες συγκρινόμενες με αντίστοιχες οικοσυστημάτων από ρηχές περιοχές. Στην Ευρώπη υπάρχουν αυτή τη στιγμή αρκετές περιοχές όπου πραγματοποιούνται μακροχρόνιες μελέτες με σκοπό την κατανόηση της λειτουργίας των οικοσυστημάτων σε σχέση με τις παρατηρούμενες κλιματικές αλλαγές. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η αβυσσική πεδιάδα Porcupine (Porcupine Abyssal Plain) στον βορειοανατολικό Ατλαντικό ωκεανό η οποία μελετάται συστηματικά τα τελευταία 20 χρόνια.

Στην ανατολική Μεσόγειο, η οποία θεωρείται μία από τις πλέον ολιγοτροφικές περιοχές του πλανήτη, αντίστοιχη περιοχή μακρόχρονης μελέτης θεωρείται η βαθιά λεκάνη της Ιεράπετρας η οποία παρακολουθείται από το 1989 και σε βάθη μεταξύ 2000 και 4000 μέτρων. Παλαιότερες μελέτες στην περιοχή αυτή έδειξαν ότι το βαθύαλο οικοσύστημα της ανατολικής Μεσογείου είναι ένα σύστημα που εξαρτάται κυρίως από φαινόμενα επεισοδιακού χαρακτήρα καθώς και από την επιφανειακή παραγωγικότητα. Επίσης, φάνηκε να επηρεάζεται από της υδρολογικές αλλαγές που προκλήθηκαν από Ε.Μ.Τ.

Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη των χωρικών και χρονικών μεταβολών της βιοποικιλότητας καθώς και των παραγόντων που καθορίζουν αυτές τις μεταβολές στο ολιγοτροφικό σύστημα της ανατολικής Μεσογείου. Για το σκοπό αυτό θα μελετηθούν και θα συγκριθούν δείγματα που συλλέχθηκαν από δύο περιοχές νότιας της Κρήτης σε δύο διαφορετικές χρονικές περιόδους. Αυτές οι περιοχές είναι η λεκάνη της Ιεράπετρας με βάθος περίπου 4300 m και την πεδιάδα του Πλίνιου με βάθος περίπου 2500 m με 3000 m.

Οι κύριοι στόχοι της μελέτης είναι οι εξής:

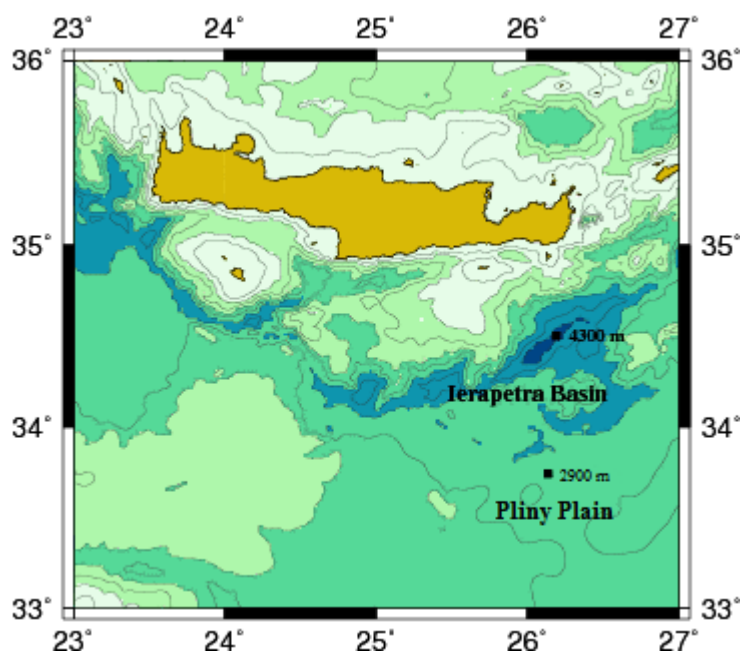
- Διερεύνηση πιθανών μεταβολών στην κατανομή της μειοπανίδας μεταξύ του 2006 και 2009 και τη συσχέτιση της με τυχόν μεταβολές στην ποσότητα του οργανικού άνθρακα.

- Σύγκριση της κατανομής της μειοπανίδας στις δύο περιοχές και η σύνδεση με τυχόν μεταβολές στην ποσότητα του οργανικού άνθρακα.
- Η σύγκριση της αφθονίας των μειοπανιδικών οργανισμών σε διαφορετικές χρονιές σε κλίμακα δεκαετίας μεταξύ του 1993 και του 2009.
- Διερεύνηση πιθανών βαθυμετρικών μεταβολών στην κατανομή των μειοβενθικών οργανισμών στους σταθμούς στα πρανή της λεκάνη της Ιεράπετρας και σε βάθη μεταξύ 1200 και 4300 μέτρων.
- Διερεύνηση των πιθανών μεταβολών της ποικιλότητας των γενών των νηματωδών τις δύο χρόνιες (2006-2009) καθώς και των χωρικών διακυμάνσεων τους.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Περιοχή δειγματοληψίας

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν δύο βαθιές λεκάνες στη Θάλασσα της Λεβαντίνη στην Ανατολική Μεσόγειο. Η λεκάνη της Ιεράπετρας βρίσκεται 30 nm νότια της Ιεράπετρας έχει μέγιστο βάθος 4300 m, ενώ η άλλη λεκάνη η πεδιάδα του Πλίνιου βρίσκεται πιο νότια 80 nm και έχει μέσο βάθος 2900 m. Αποτελούν μέρος του συστήματος των τάφρων του Στράβωνα και Πλίνιου. Η λεκάνη της Ιεράπετρας τοποθετείται στην Πλίνιο Τάφρο και βρίσκεται στο άνοιγμα ενός υποθαλάσσιου φαραγγιού. Η πεδιάδα του Πλίνιου είναι νότια από τη Τάφρο του Στράβωνα. Αποτελούνται από υπόστρωμα ιλύος-αργίλου. Η θερμοκρασία στον πυθμένα είναι στους 13,7 °C.



Εικόνα 2.1. Χάρτης της περιοχής δειγματοληψιών, όπου φαίνεται η λεκάνη της Ιεράπετρας (4300 m) και η πεδιάδα του Πλίνιου (2900 m).

Το υλικό αυτό είχε συλλεχθεί στα πλαίσια ερευνητικών προγραμμάτων του Ινστιτούτου Ωκεανογραφίας του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών στις δύο λεκάνες που περιγράφηκαν πρωτύτερα και φαίνονται στον πίνακα 2.1. Πιο συγκεκριμένα, τα δείγματα από τις λεκάνες στα πλαίσια του προγράμματος

«LEVAR», που πραγματοποιήθηκε τον Δεκέμβριο 2006 – Ιανουάριο 2007, με το Ω/Σ «Meteor» (No 72/1) έγινε τον Δεκέμβριο 2009-Ιανουάριο 2010, με το Ω/Σ «Maria S. Merian» (No 14/1). Επίσης, δείγματα συλλέχθηκαν από τρία διαφορετικά βάθη (1200 m, 2000 m, 2900 m) από την λεκάνη της Ιεράπετρας τον Ιούνιο του 2009 με το Ω/Σ «Sarmiento de Gamboa» στα πλαίσια του προγράμματος «BIOFUN MED 0609». Τέλος, αξιοποιήθηκαν ένας αριθμός δειγμάτων από τρεις δειγματοληπτικές προσπάθειες που έγιναν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές (1993, 1998, 1999) στη λεκάνη της Ιεράπετρας (Meteor No 25/1, Meteor 40/3, Aegaeo Trans Mediterranean Cruise).

Πίνακας 2.1. Στον πίνακα αυτό φαίνονται οι δειγματοληπτικές προσπάθειες.

Έτος	Λεκάνη	Δειγματοληψία	Γεωγραφικό Μήκος	Γεωγραφικό Πλάτος	Βάθος
1993	Ιεράπετρα	Meteor No 25/1	34°25,85	26°05,79	4260 m
1998	Ιεράπετρα	Meteor No 40/3	34°26,01	26°03,99	4100 m
1999	Ιεράπετρα	Aegaeo Trans Mediterranean Cruise	33°23,18	28°19, 04	3055 m
2006	Πλίνιος πεδιάδα	Meteor 72/1	33°44,63	26°08,24	2700 m
2006	Ιεράπετρα	Meteor 72/2	34°25,08	26°07,10	4200 m
2006	Ιεράπετρα	Biofun Med 0609	34°30,37	25°45,53	1200 m
2006	Ιεράπετρα	Biofun Med 0609	34°28,65	25°52,13	2000 m
2006	Ιεράπετρα	Biofun Med 0609	34°08,75	25°34,17	2900 m
2009	Πλίνιος πεδιάδα	Maria S. Merian 14/1	33° 54.49	26°08.82	2900 m
2009	Ιεράπετρα	Maria S. Merian 14/2	34° 24.60	26°07.52	4300 m

2.2. Τεχνικές Πεδίου – Διαδικασία δειγματοληψίας

Στις δειγματοληψίες χρησιμοποιήθηκαν τρία διαφορετικά ωκεανογραφικά σκάφη. Η δειγματοληψία του Δεκεμβρίου του 2009 έγινε με το «Meteor», ενώ η επόμενη τον Ιούνιο του 2009 έγινε το Ω/Σ «Sarmiento de Gamboa» και η τρίτη, τον Δεκέμβριο του 2010 με το Ω/Σ «Maria S. Merian». Τα δείγματα συλλέχθηκαν με την χρήση πολυπυρηνοδειγματολήπτη (multicorer), που ο κάθε πυρήνας είχε εσωτερική διάμετρο 9,5 cm. Αμέσως, μετά τη άνοδο των δειγματοληπτών στο κατάστρωμα τα δείγματα μεταφέρονταν στο εργαστήριο του σκάφους για συντήρηση και αποθήκευση. Πρώτα από όλα γινόταν ο διαχωρισμός σε κάθετα τμήματα, για να διερευνηθεί και η κατακόρυφη κατανομή των μειοπανιδικών οργανισμών μέσα στο

ίζημα. Ο διαχωρισμός των πυρήνων σε κάθετα τμήματα έγινε ανά ένα εκατοστό, δηλαδή 0-1, 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 7-8, 8-9 και 9-10 cm, για την πληθώρα των δειγμάτων, με μόνη διαφοροποίηση στα δείγματα προέρχονται από τους σταθμούς στα πρανή της λεκάνης της Ιεράπετρας (δειγματοληψία Biofun Med 0609), που τα πέντε βαθύτερα μέσα στο ίζημα στρώματα δεν διαχωρίστηκαν μεταξύ τους (5-10 cm). Την χρονιά 2006 για την καθεμία λεκάνες πάρθηκαν από 6 επαναληπτικούς πυρήνες, ενώ την χρονιά 2009 από 2. Στην διατομή στα πρανή της λεκάνης της Ιεράπετρας λήφθηκαν από τον σταθμό των 1200 m 3 πυρήνες και στους άλλους δύο σταθμούς (2000 m, 2900 m) από 2 επαναληπτικούς πυρήνες. Μετά το διαχωρισμό των κάθετων τμημάτων, το ίζημα τοποθετούνταν σε κατάλληλα δοχεία με τις απαραίτητες ετικέτες. Στα δοχεία γινότανε προσθήκη διαλύματος φορμόλης 4-5 %. Επιπλέον, σε κάθε σταθμό λαμβάνονταν ανεξάρτητα δείγματα ιζήματος, για την εργαστηριακή ανάλυση των περιβαλλοντικών παραμέτρων του οργανικού άνθρακα και των χλωροφυλλούχων χρωστικών.

2.3. Εργαστηριακές Τεχνικές

2.3.1. Διαχωρισμός ιζήματος – πανίδας

Το αρχικό στάδιο είναι ο διαχωρισμός των μειοπανιδικών οργανισμών από το ίζημα. Αρχικά, το δείγμα τοποθετούνταν πάνω σε κόσκινο και ξεπλενόταν με άφθονο νερό έως ότου απομακρυνθούν όσον το δυνατόν περισσότερα από τα μερίδια του ιζήματος. Στο κόσκινο κατακρατούνταν οι οργανισμοί. Το κόσκινο που χρησιμοποιήθηκε είχε διάμετρο πόρων (32 μm). Το όριο αυτό θεωρείται ως το κατώτερο όριο της μειοπανίδας και έχει προταθεί από ερευνητές που δουλεύουν με τη βαθιά θάλασσα, ως μια προσπάθεια να συλλεχθούν ακόμα και οι μικρότεροι οργανισμοί (Giere, 1993). Στην συνέχεια, το μέρος του δείγματος που είχε κατακρατηθεί συγκεντρώνονταν στην άκρη του κόσκινου ώσπου να απομακρυνθεί σχεδόν όλο το νερό. Το υλικό αυτό τοποθετούταν σε ένα δοχείο 50 ml, για να διαχωριστούν οι οργανισμοί από ότι άλλο υλικό δεν είχε ξεπλυθεί. Μέσα στο δοχείο γινόταν η προσθήκη του πολυμερούς Ludox TM. Το πολυμερές αυτό χρησιμοποιούνταν με ειδική πυκνότητα 1,15. Η πυκνότητα αυτή είναι ενδιάμεση

από την πυκνότητα των οργανισμών και του υπόλοιπου υλικού. Με αυτό τον τρόπο οι κόκκοι του ιζήματος καθιζάνουν και οι οργανισμοί παραμένουν στο υπερκείμενο. Μετά την προσθήκη του πολυμερούς το μείγμα αναδευόταν πολύ καλά και αφηνόταν σε κατάσταση ηρεμίας για μία ώρα. Μετά την έλευση μιας ώρας οι οργανισμοί συλλέγονταν από το υπερκείμενο με την βοήθεια του κόσκινου. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε για των διαχωρισμό των οργανισμών με την βοήθεια του πολυμερούς είναι μια παραλλαγή της μεθόδου των de Jonge & Bouwman (1977). Η διαδικασία επαναλαμβανόταν τρεις φορές Austen & Warwick, 1989) και ακολουθούσε η χρώση με Rose Bengal (0.5 g/l) και προσθήκη διαλύματος φορμόλης 4-5 %.

Στο επόμενο στάδιο οι οργανισμοί μετά την χρώση τους τοποθετούταν σε ένα ειδικά προσαρμοσμένο «δίσκο» Bogorov, για να προσδιοριστούν σε κυρίαρχες ταξινομικές ομάδες με τη βοήθεια ενός στεροσκοπίου. Κατά αυτό το στάδιο γινόταν και η συλλογή των νηματώδων, που στην συνέχεια θα προσδιορίζονταν. Οι νηματώδεις συλλέγονταν με την βοήθεια μιας εντομολογικής βελόνας και τοποθετούταν σε μία αντικειμενοφόρο πλάκα, που στην μέση της είχε ένα κοίλο χώρο. Στην πλάκα είχε τοποθετηθεί προηγουμένως διάλυμα αποτελούμενο από 5 % γλυκερίνη, 5 % άνυδρη αλκοόλη, 90 % γλυκό νερό. Οι νηματώδεις παρέμεναν στο διάλυμα ώσπου να εξατμιστεί όλη η ποσότητα της αλκοόλης και του νερού, ώστε τελικά οι νηματώδεις να βρίσκονται μέσα σε καθαρή γλυκερίνη.

2.3.2. Κατασκευή μόνιμων παρασκευασμάτων - Προσδιορισμοί

Καταρχήν, για να γίνει ο προσδιορισμός των νηματώδων έπρεπε να φτιαχτούν τα κατάλληλα μόνιμα παρασκευάσματα. Και για να πραγματοποιηθεί αυτό έπρεπε να γίνουν αντικειμενοφόροι με ένα δακτυλίδι στην μέση. Το δακτυλίδι σχηματιζόταν με την βοήθεια ενός μεταλλικού σωλήνα με διαμέτρημα 14 mm. Ο σωλήνας θερμαινόταν με ένα εργαστηριακού εργαστηριακό λύχνο και τοποθετούταν στιγμιαία πάνω σε καθαρή παραφίνη και αμέσως μετά στην επιφάνεια της αντικειμενοφόρου.

Έπειτα, μέσα στο κέντρο του σχηματισμένου δακτυλιδιού αφήνονταν μία σταγόνα γλυκερίνης και με εντομολογική βελόνα 10-13 νηματώδεις. Ακριβώς πάνω στο

δακτυλίδι παραφίνης έμπαινε μία καλυπτρίδα και η αντικειμενοφόρος θερμαινόταν μέχρι να λιώσει η παραφίνη. Η αντικειμενοφόρος, αμέσως μετά, έπρεπε να τοποθετηθεί με προσοχή σε οριζόντια θέση μέχρι να πήξει η παραφίνη. Το αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής ήταν η κατασκευή των μόνιμων παρασκευασμάτων με τους νηματώδης που θα προσδιοριζόταν.

Οι νηματώδεις προσδιορίστηκαν στο επίπεδο του γένους με ένα οπτικό μικροσκόπιο τύπου Leica DM LS, το οποίο είχε ελαιοκαταδυτικό φακό μεγέθυνσης χ 100. Στον προσδιορισμό χρησιμοποιήθηκε η κλείδα που αναπτύχθηκε από τους Platt & Warwick (1983) και Warwick *et al.* (1998), η οποία περιέχει όλα τα παγκοσμίως γνωστά γένη των ελεύθερων θαλασσών μορφών, καθώς και η κατάλληλη βιβλιογραφία με περιγραφές γενών ή ειδών τόσο από την Μεσόγειο όσο και από την ευρύτερη περιοχή της Ευρωπαϊκής και Ασιατικής ηπείρου.

2.3.3. Περιβαλλοντικές παράμετροι

2.3.3.1. Χλωροφύλλη α και Φαιοχρωστικές

Μια πολύ καλή μέθοδος εκτίμησης της διαθέσιμης τροφής στο ίζημα είναι ο προσδιορισμός της χλωροφύλλη α και των διαφόρων φαιοχρωστικών (φαιοφυτίνη, φαιοφορβίνη) που υπάρχουν στο ίζημα. Ο προσδιορισμός τους έγινε με τη μέθοδο που περιγράφεται από τους Yentsch & Menzel (1963) και Lorenzen & Jeffrey (1980) χρησιμοποιώντας ένα φθοριόμετρο τύπου TURNER 112. Τα δείγματα ιζήματος που διατηρούνται σε θερμοκρασία $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ξηραίνονται και ζυγίζονται πριν την ανάλυση. Στη συνέχεια ακολουθεί εξαγωγή των χρωστικών με ακετόνη 90 % και κατόπιν ακολουθεί η οξείδωση τους με (0.1N) υδροχλωρικού οξέως. Η μέτρηση τους στο φθοριόμετρο γίνεται χρησιμοποιώντας ως μάρτυρα καθαρή χλωροφύλλη α από το φύκος *Anacystis nidulans*. Η διαδικασία αυτή υπολογίζει τις συγκεντρώσεις της χλωροφύλλη α και των φαιοχρωστικών σε $\mu\text{g/g}$ ιζήματος. Με βάση αυτές τις δύο τιμές μπορούμε να υπολογίσουμε ακόμα δύο. Το ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών (Chloroplast Pigment Equivalent) ή CPE, το άθροισμα των δύο παραπάνω τιμών, και το λόγο χλωροφύλλης α/ CPE.

2.3.3.2. Οργανικός άνθρακας

Ο οργανικός άνθρακας δίνει την εικόνα της ποσότητας της τροφής, είτε ζωντανής είτε νεκρής, που υπάρχει στο σύστημα. Σε κάποιες περιπτώσεις, υπάρχει πιθανότητα να δοθούν λανθασμένες πληροφορίες για το παραγωγικό δυναμικό μιας περιοχής από την μέτρηση του οργανικού άνθρακα. Είναι πιθανό αυτό, επειδή μεγάλο μέρος του οργανικού άνθρακα μπορεί να είναι υπό αυτή την μορφή που δεν είναι βιοδιαθέσιμο στα βακτήρια με αποτέλεσμα να μην είναι και στους υπόλοιπους οργανισμούς της τροφικής αλυσίδας. Η ποσότητα του οργανικού άνθρακα στα ιζήματα μπορεί να κυμανθεί από <0.1 % έως >30 % (Byers *et al.*, 1978).

Ο οργανικός άνθρακας υπολογίστηκε με τη μέθοδο «wet oxidation» (Parsons *et al.*, 1984), όπου το ίζημα οξειδώνεται με την παρουσία ορθοφωσφορικού και χρωμικού οξέως. Στη συνέχεια ακολουθεί τιτλοδότηση με δείκτη Ν-φαινυλανθρακικό οξύ.

2.4. Ανάλυση δεδομένων

2.4.1. Έλεγχοι υποθέσεων

Ο έλεγχος των υποθέσεων που σχετίζεται με την σύγκριση των συνολικών αφθονιών των μειοπανιδικών ομάδων και των αφθονιών των νηματωδών τόσο ανάμεσα στις δύο χρονιές (2006-2009) όσο και ανάμεσα στις δύο λεκάνες (Πλίνιος πεδιάδα και λεκάνη της Ιεράπετρας) έγινε με το T-test. Το T-test χρησιμοποιήθηκε και για την στατιστικό έλεγχο των περιβαλλοντικών παραμέτρων του οργανικού άνθρακα και των χλωροφυλλούχων χρωστικών ανάμεσα στις δύο λεκάνες (Πλίνιος πεδιάδα και λεκάνη της Ιεράπετρας), ενώ δεν μπόρεσε να πραγματοποιηθεί ο έλεγχος ανάμεσα στις χρονιές επειδή δεν υπήρχαν αρκετά δείγματα.

Ο έλεγχος που αφορούσε τις αφθονίες των μειοπανιδικών οργανισμών για την σύγκριση των διαφορετικών χρονιών (1993, 1998, 1999, 2006, 2009) έγινε με την μέθοδο ανάλυσης διακύμανσης με έναν παράγοντα. Με την ίδια ανάλυση έγινε ο στατιστικός έλεγχος για τις μειοβενθικές αφθονίες και την αφθονία των νηματωδών στα διαφορετικά βάθη (1200 m, 2000 m, 2900 m, 4300 m) της διατομής στη λεκάνη της Ιεράπετρας. Στις περιπτώσεις, που οι προϋποθέσεις της μεθόδου

Απονα για έναν παράγοντα δεν πληρούνταν, εφαρμόζονταν στα δεδομένα ο μη παραμετρικός έλεγχος Kruskal-Wallis. Επίσης, στις περιπτώσεις που η ανάλυση διακύμανση υποδείκνυε την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών ακολουθούσε κε των υστέρων έλεγχο με πολλαπλέ ζευγαρωτές συγκρίσεις χρησιμοποιώντας την διαδικασία Tuckey HSD.

Η εύρεση στατιστικά σημαντικών διαφορών ανάμεσα στα διαφορετικά στρώματα της κατακόρυφης κατανομής των μειοπανιδικών αφθονιών σε όλες τις περιπτώσεις έγινε με two-way ANOVA. Ο στατιστικός έλεγχος της κατακόρυφης κατανομής του οργανικού άνθρακα και των χλωροφυλλούχων χρωστικών ανάμεσα στις χρονιές 2006 και 2009 και στις λεκάνες δεν ήταν δυνατόν να γίνει πραγματοποιηθεί επειδή τα δείγματα δεν ήταν αρκετά.

Για τον στατιστικό έλεγχο που αφορούσε δεδομένα αφθονιών μειοπανιδικών ομάδων ή νηματωδών εφαρμόστηκε μετασχηματισμός διπλής τετραγωνικής ρίζας, ενώ στα περιβαλλοντικά εφαρμόστηκε ο $\log(x+1)$.

2.4.2. Συσχετίσεις

Ο μη παραμετρικός συντελεστής συσχέτισης του Spearman χρησιμοποιήθηκε για να βρεθούν τυχόν σχέσεις ανάμεσα στις αφθονίες των μειοπανιδικών ομάδων και στους περιβαλλοντικούς παράγοντες του οργανικού άνθρακα και των χλωροφυλλούχων χρωστικών και του βάθους όταν συγκρίνονταν οι δύο χρονιές (2006-2009) στις δύο περιοχές. Επίσης, στα πλαίσια της συγκεκριμένης σύγκρισης χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής Spearman για να συσχετιστούν τα γένη των νηματωδών και οι δείκτες βιοποικιλότητας με τους περιβαλλοντικούς παράγοντες, που προαναφέρθηκαν. Τέλος, με το συντελεστής συσχέτισης συσχετίστηκαν η συνολική μειοπανιδική αφθονία με το CPE στις διαφορετικές χρονιές στην λεκάνη της Ιεράπετρας.

2.4.3. Ανάλυση ποικιλότητας

Ο αριθμός των ειδών (species richness) είναι ένα από τα βασικά στοιχεία που προσδιορίζουν την ποικιλότητα μιας βιοκοινωνίας. Το άλλο στοιχείο είναι ο

βαθμό της ισομερούς κατανομής (equitability), δηλαδή η κατανομή του συνολικού αριθμού ατόμων ανάμεσα στα είδη. Συνήθως, οι περισσότερες οικολογικές μελέτες αναφέρονται στον αριθμό των ειδών όταν διαπραγματεύονται την ποικιλότητα, ωστόσο αυτό δεν είναι πολύ αντιπροσωπευτικό, για αυτό το λόγο έχουν αναπτυχθεί διάφοροι δείκτες ποικιλότητας που λαμβάνουν υπ' όψιν και το βαθμό της ισομερούς κατανομής.

Στην συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν έξι συνολικά δείκτες, ένας από του οποίους δίνει μεγαλύτερο βάρος στον αριθμό των ειδών και είναι το Rarefaction $EG(x)$ και ο άλλος ένας 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, N_2 , και N_{inf}), η οποία θεωρείται ως ένα ενοποιητικό μοντέλο για όλους τους δείκτες ποικιλότητας που έχουν προταθεί (Legendre & Legendre 1983).

Ο δείκτης $ES(x)$ του Hurlbert (Sanders 1968, Hurlbert 1971, Simberloff 1972) είναι καλύτερος τρόπος να υπολογίζει κανείς τον αριθμό των ειδών μιας βιοκοινωνίας μειώνοντας όμως στο ελάχιστο την επίδραση του μεγέθους του δείγματος με τη μέθοδο rarefaction του Hurlbert. Απαιτεί αρκετά πολύπλοκους υπολογισμούς, όπως είναι η επιλογή τυχαίων δειγμάτων που μπορεί να γίνει με την 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 αποκαλείται 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.

Οι δείκτες ισομερούς Pielou (J) (Pielou 1969) 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).

Η σειρά των αριθμών του Hill (Hill 1973) 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 (N_0 , N_1 και N_2) βρίσκονται ανάμεσα σε αυτό το φάσμα. Όπως παρατηρούν και οι Heip et al. (1988), είναι πολύ χρήσιμο να δίνεται η ποικιλότητα μιας βιοκοινωνίας χρησιμοποιώντας αριθμούς με διαφορετικές τάξεις ιδιαίτερα στην περίπτωση που μας ενδιαφέρει να εκτιμήσουμε το βαθμό της ισομερούς κατανομής.

2.4.4. Πολυμεταβλητή ανάλυση

Τα πανιδικά δεδομένα έχουν τη μορφή πολυδιάστατων μεταβλητών με αποτέλεσμα, πληροφορία όπως είναι η σύνθεση των γενών να χάνεται όταν επιχειρείται μια μονοδιάστατη προσέγγιση στα δεδομένα. Έτσι είναι πολύ πιθανόν, βιοκοινωνίες που έχουν πανομοιότυπη σύνθεση γενών να βρούμε πως διαφέρουν, κάτι που οπωσδήποτε δεν αντικατοπτρίζει την πραγματικότητα. Για να ξεπεραστεί το παραπάνω πρόβλημα έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές πολυμεταβλητής ανάλυσης 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. Στην παρούσα εργασία για τον υπολογισμό του βαθμού ομοιότητας μεταξύ των

σταθμών δειγματοληψίας υπολογίστηκε ο δείκτης ομοιότητας Bray-Curtis (Bray & Curtis, 1957).

Οι τεχνικές αυτές, συνήθως, υπολογίζουν εκτός από την ομοιότητα και την ανομοιότητα μεταξύ των δειγμάτων. Η ανομοιότητα δηλώνει, δηλαδή, 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.

2.4.4.1. Ανάλυση ομοιότητας (*Analysis of similarity, ANOSIM*)

Το test ANOSIM (Clarke & Green 1988), χρησιμοποιείται για να ελεγχθεί αν υπάρχουν διαφορές μεταξύ διαφόρων ομάδων σταθμών με κοινά γένη ή πανιδική σύνθεση. Η ανάγκη χρήσης του test ξεκινάει από το γεγονός πως οι διάφορες πολυμεταβλητές τεχνικές (π.χ. MDS) 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.

2.4.4.2. Διευθέτηση (Multi-dimensional Scaling, MDS)

Σε γενικές γραμμές, η διευθέτηση δημιουργεί ένα διάγραμμα όπου απεικονίζονται τα n δείγματα μας σε έναν καθορισμένο αριθμό διαστάσεων (συνήθως δύο). Υπάρχουν μια πληθώρα τεχνικών MDS, όμως στη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκε η τεχνική Non-metric Multi-dimensional Scaling, (NMDS), η οποία θα αναφέρεται σαν MDS. Η μέθοδος αυτή βασίζεται σε έναν αλγόριθμο ο οποίος εκτελεί διαδοχικές δοκιμές και συγκρίσεις των αποστάσεων των δειγμάτων, βελτιώνοντας συνεχώς τις σχετικές τους θέσεις μέχρις ότου βρεθεί ο καλύτερος δυνατός συνδυασμός, ο οποίος να ικανοποιεί τις ανομοιότητες που υπάρχουν μεταξύ των δειγμάτων. 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.

2.4.4.3 Το λογισμικό SIMPER

Για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών γενών και ταξινομικών ομάδων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό SIMPER (Clarke 1993). Η μέθοδος αυτή, υπολογίζει τη συμμετοχή του κάθε ταξινομικής ομάδας χωριστά στη συνολική μέση ανομοιότητα που υπάρχει μεταξύ δύο ομάδων δειγμάτων καθώς και τη συμμετοχή της κάθε ταξινομικής ομάδας 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 γένη ή ταξινομικές ομάδες τα οποία είναι τυπικά στην κάθε ομάδα με την έννοια της μεγάλης συμμετοχής τους στη συνολική ομοιότητα μέσα στην ομάδα.

2.5. Λογισμικό

Η επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με μία σειρά προγραμμάτων και λογισμικών πακέτων. Το στατιστικό πακέτο Statistica v.7 χρησιμοποιήθηκε για τους διάφορους ελέγχους, την ανάλυση διακύμανσης, τους μέσους όρους και τα τυπικά σφάλματα. Η συσχέτιση του Spearman έγινε με το στατιστικό πακέτο Spss 19.0. Η διευθέτηση MDS, το test ANOSIM, το λογισμικό SIMPER εφαρμόστηκαν με το πακέτο Primer v.6 (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research). Για την συγγραφή, την επεξεργασία των κειμένων, των σχημάτων εικόνων και φωτογραφιών, που συμπεριλαμβάνονται στην διατριβή, χρησιμοποιήθηκαν το λογισμικό Microsoft Office 2007.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

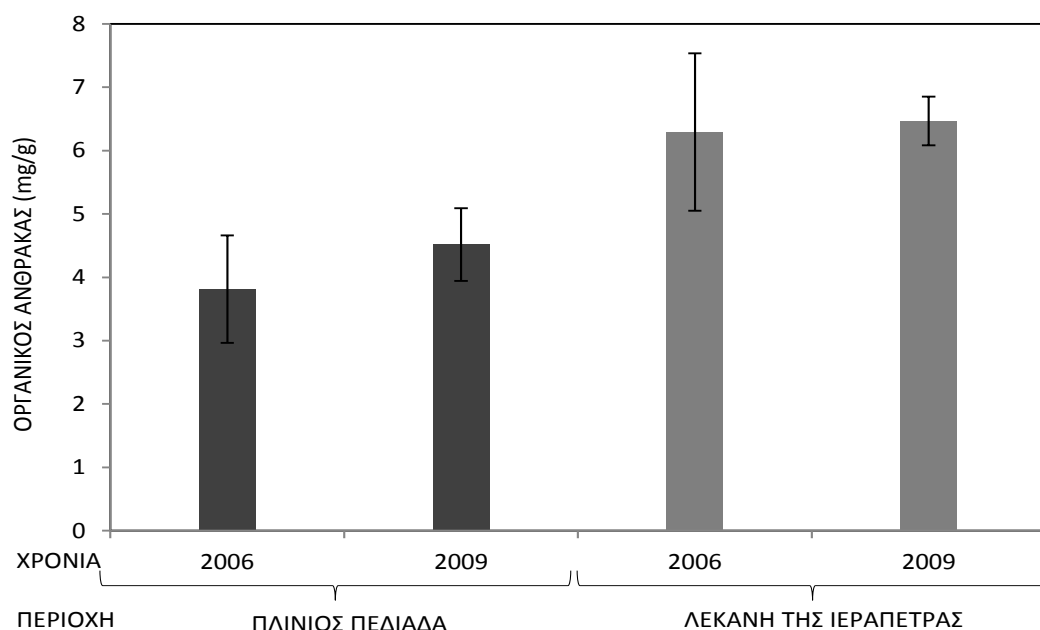
3.1. Σύγκριση της μειοπανίδας σε δύο λεκάνες

3.1.1. Περιβαλλοντικοί παράμετροι

3.1.1.1. Οργανικός Άνθρακας

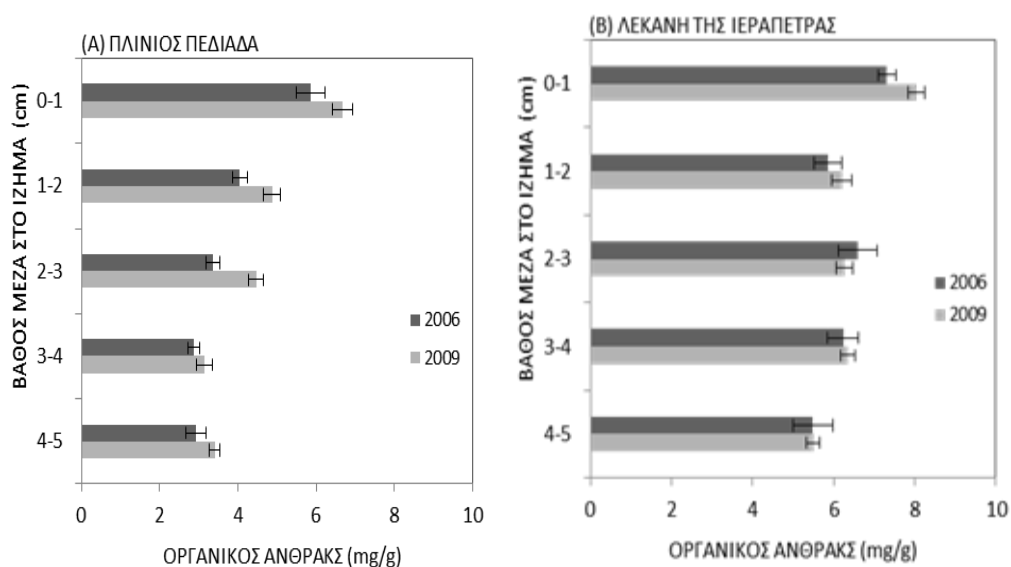
Η κατανομή της συγκέντρωσης του οργανικού άνθρακα στα πέντε πρώτα εκατοστά του ιζήματος (σχήμα 3.1.1) έδειξε ότι στη πεδιάδα του Πλίνιου οι τιμές ήταν μικρότερες τη χρονιά 2006 (3,8 mg/g) σε σχέση με την χρονιά 2009 (4,6 mg/g), όμως δεν ήταν δυνατόν να επιβεβαιωθεί η διαφοροποίηση στατιστικά λόγω ότι τα δείγματα δεν ήταν αρκετά για να εκτελεστεί ο στατιστικός έλεγχος. Στη λεκάνη της Ιεράπετρας οι δύο χρονιές κυμάνθηκαν σε παρόμοιο επίπεδο, αφού τη χρονιά 2006 η συγκέντρωση του οργανικού άνθρακα ήταν 6,3 mg/g και το 2009 ήταν 6,5 mg/g και δεν ήταν δυνατός ο στατιστικός έλεγχος επειδή δεν υπήρχαν αρκετά δείγματα για να εκτελεστεί.

Συγκρίνοντας τις δύο λεκάνες μεταξύ τους παρατηρείται ότι στην Ιεράπετρα οι τιμές του οργανικού άνθρακα είναι μεγαλύτερες. Αυτή η διαφορά ήταν στατιστικά σημαντική (T-test, $p < 0,001$).



Σχήμα 3.1.1. Η συγκέντρωση του οργανικού άνθρακα (mg/g) στα πέντε πρώτα εκατοστά από την επιφάνεια του ιζήματος στις δύο λεκάνες ανάμεσα στις χρονιές 2006 και 2009.

Στην σχήμα 3.1.2. φαίνεται η κατακόρυφη κατανομή της συγκέντρωσης του οργανικού άνθρακα στα πέντε πρώτα εκατοστά του ιζήματος. Γενικά παρατηρείται ότι ο οργανικός άνθρακας μειώνεται ελαφρώς όσο αυξάνεται το βάθος μέσα στο ίζημα. Η λεκάνη της Ιεράπετρας έχει πιο αυξημένες τιμές από την άλλη λεκάνη και φαίνεται ότι ο οργανικός άνθρακας διεισδύει πιο βαθειά μέσα στο ίζημα. Η χρονιά 2009 στη πεδιάδα του Πλίνιου παρουσιάζει ελαφρώς μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με το 2006 σε όλα τα στρώματα. Στη λεκάνη της Ιεράπετρας στο επιφανειακό στρώμα το 2009 έχει λίγο πιο αυξημένες τιμές από το 2006. Δεν ήταν δυνατόν να γίνει ο στατιστικός έλεγχος επειδή δεν υπήρχαν αρκετά δείγματα.

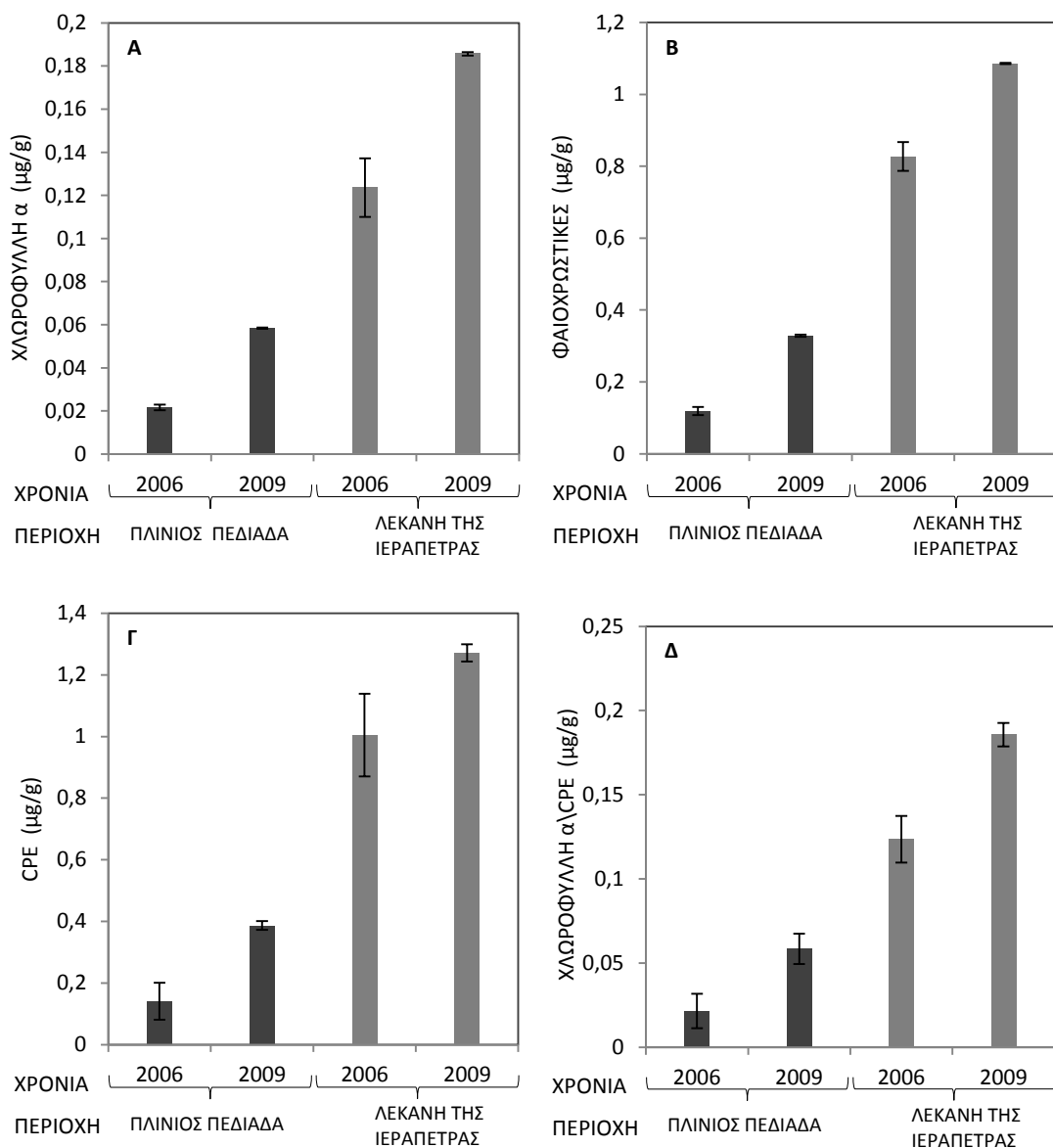


Σχήμα 3.1.2. Η συγκέντρωση του οργανικού άνθρακά (mg/g) στα διάφορα στρώματα του ιζήματος (Α) στη πεδιάδα του Πλίνιου και (Β) στη λεκάνη της Ιεράπετρας και στις 2 χρονιές.

3.1.1.2 Χλωροφυλλούχες χρωστικές

Οι τιμές της χλωροφύλλης α στα πέντε πρώτα επιφανειακά εκατοστά του ιζήματος (σχήμα 3.1.3.A) κυμάνθηκαν από 0,02 μg/g τη χρονιά 2006 στην πεδιάδα του Πλίνιου έως 0,19 μg/g το 2009 στη λεκάνη της Ιεράπετρας. Η χρονιά 2006 έχει μικρότερες τιμές σε σχέση με το 2009 και στις δύο λεκάνες. Η παρατηρούμενη διαφοροποίηση δεν ήταν δυνατό να επιβεβαιωθεί στατιστικά, επειδή δεν υπήρχαν αρκετά δείγματα. Οι δύο λεκάνες διέφεραν μεταξύ τους ως προς τις τιμές της χλωροφύλλης α. Η λεκάνη της Ιεράπετρας είχε σαφώς μεγαλύτερες τιμές σε σχέση

με την πεδιάδα του Πλίνιου και η διαφορά αυτή ήταν στατιστικά σημαντική (T-test, $p < 0,01$).

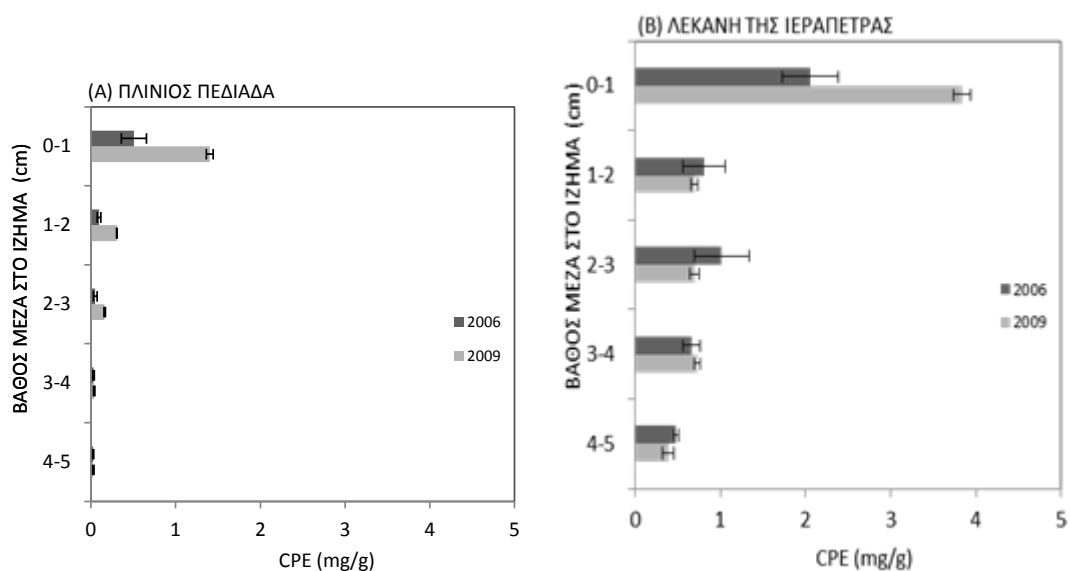


Σχήμα 3.1.3. Η διαβάθμιση των τιμών της χλωροφύλλης α (Α), των Φαιοχρωστικών (Β), του CPE (Γ) και του λόγου Χλωροφύλλης α / CPE (Δ) στα πέντε πρώτα εκατοστά από την επιφάνεια του ιζήματος στις δύο λεκάνες ανάμεσα στις χρονιές 2006 και 2009.

Το γενικό πρότυπο που περιγράφηκε για τις τιμές της χλωροφύλλης α παρουσιάστηκε και στις τιμές των Φαιοχρωστικών (σχήμα 3.1.3.Β), του αθροίσματος των συγκεντρώσεων της χλωροφύλλης και των φαιοχρωστικών (CPE) (σχήμα 3.1.3.Γ) και του λόγου Χλωροφύλλης α/CPE. (σχήμα 3.1.3.Δ). Πιο

συγκεκριμένα η χρονιά 2006 είχε μικρότερες τιμές σε σχέση με το 2009 και στις δύο λεκάνες σε όλες της περιπτώσεις. Ούτε εδώ ήταν δυνατή η στατιστική επιβεβαίωση αυτής της διαφοράς, διότι δεν υπήρχαν αρκετά δείγματα. Οι δύο λεκάνες μεταξύ τους διέφεραν σε όλες τις περιπτώσεις και η διαφοροποίηση ήταν στατιστικά σημαντική για τις Φαιοχρωστικές (T-test, $p < 0,001$), το CPE (T-test, $p > 0,001$) και του λόγου Χλωροφύλλης α/CPE (T-test, $p < 0,005$).

Η κατακόρυφη κατανομή της συγκέντρωσης του CPE στα διάφορα στρώματα του ιζήματος παρουσιάζεται στο σχήμα 3.1.4. Γενικά, εμφανίζεται η τάση να μειώνεται η συγκέντρωση όσο αυξάνεται το βάθος του ιζήματος. Παρατηρείται ότι τη χρονιά 2009 στην πεδιάδα του Πλίνιου τα δύο πρώτα εκατοστά είχαν σχεδόν τις διπλάσιες τιμές σε σχέση με την άλλη χρονιά, ενώ στα υπόλοιπα στρώματα η παρουσία του CPE ήταν πάρα πολύ μειωμένη με τιμές κοντά στο μηδέν. Στη λεκάνη της Ιεράπετρας το πρώτο εκατοστό το 2009 έχει πολύ μεγαλύτερες τιμές από το 2006, ενώ τα υπόλοιπα στρώματα κυμαίνονται περίπου στις ίδιες τιμές. Η λεκάνη της Ιεράπετρας είχε, όπως προαναφέρθηκε, μεγαλύτερες τιμές από την άλλη λεκάνη και το CPE διείσδυσε πιο βαθιά μέσα στο ίζημα. Δεν ήταν δυνατή η στατιστική επιβεβαίωση επειδή δεν υπήρχαν αρκετά δείγματα.

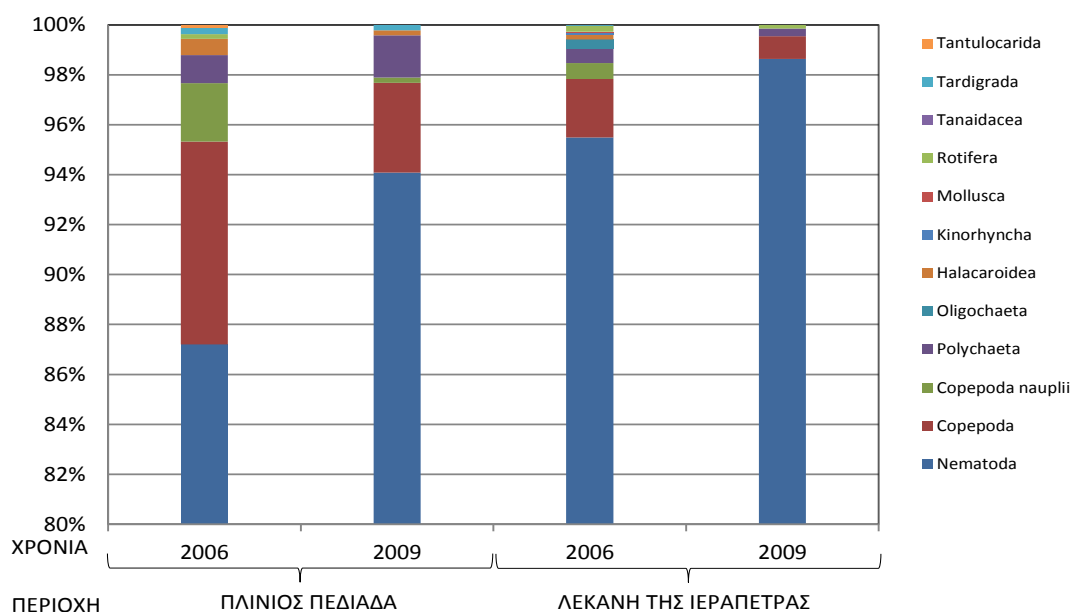


Σχήμα 3.1.4. Η συγκέντρωση του CPE (mg/g) στα διάφορα στρώματα του ιζήματος: για τις λεκάνες (A) του Πλίνιου και (B) της Ιεράπετρας στις 2 χρονιές.

3.1.2. Κατανομή της αφθονίας των μειοπανιδικών ταξινομικών ομάδων.

Η ανάλυση των δειγμάτων έδειξε ότι η πιο άφθονη ταξινομική ομάδα ήταν αυτή των νηματώδων, με ποσοστά παρουσίας πάνω από 87% (σχήμα 3.1.5). Η μικρότερη συμμετοχή εμφανίζεται στη Πλίνιο πεδιάδα το 2006, με ποσοστό 87%, ενώ στη λεκάνη της Ιεράπετρας το 2009 κυριάρχησε με ποσοστό 98%.

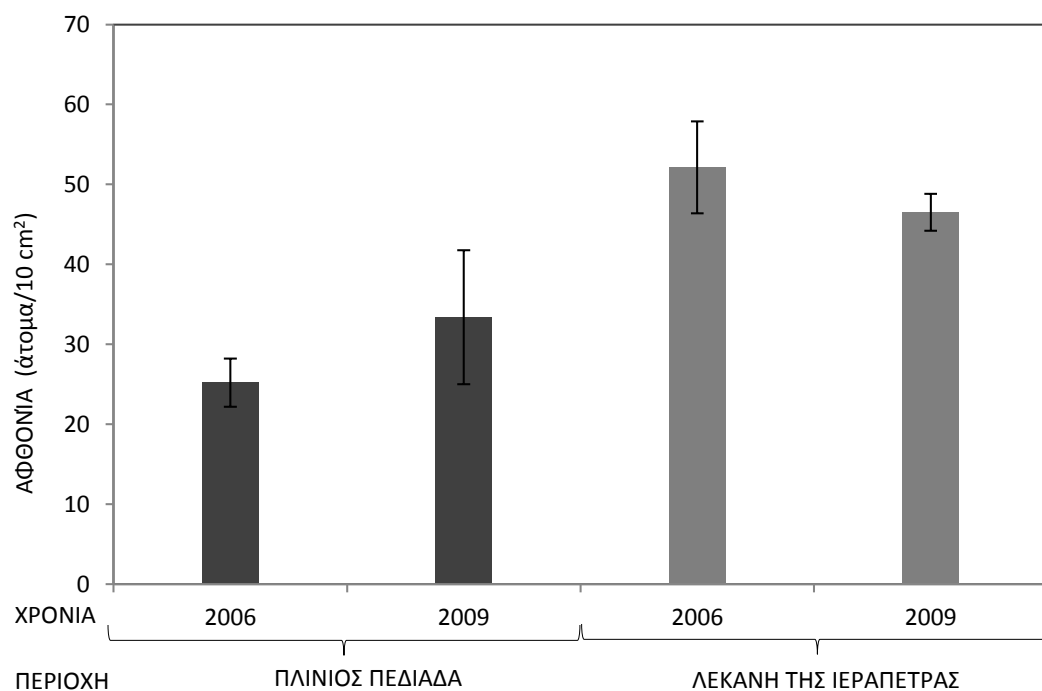
Η δεύτερη πιο άφθονη ομάδα, σε όλες της περιπτώσεις, ήταν αυτή των αρπακτικοειδών κωπηπόδων, τόσο τα ώριμα όσα και οι ναύπλιοι τους. Σε αντίθεση με τους νηματώδης, στην πεδιάδα του Πλίνιου τη χρονιά 2006 σημειώθηκε το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής τους (10%), και το μικρότερο (περίπου 1%) το 2009 στην Ιεράπετρα, όμως στην τελευταία περίπτωση δεν παρατηρήθηκαν ναύπλιοι αλλά μόνο ώριμα άτομα. Τα αρπακτικοειδή κωπήποδα είχαν αυξημένη παρουσία το 2006 σε σχέση με το 2009 και στις δύο λεκάνες. Η διαφορά στα ποσοστά παρουσίας τους ανάμεσα στις δύο χρονιές στην Ιεράπετρα ήταν στατιστικά σημαντική (T-test, $p < 0,005$), αλλά στατιστικά σημαντική διαφορά δεν υπήρξε στην πεδιάδα του Πλίνιου. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι τα κωπήποδα είχαν πιο άφθονη παρουσία στην πεδιάδα του Πλίνιου σε σχέση με την Ιεράπετρα και στατιστικά ήταν σημαντική η διαφοροποίηση στα ποσοστά συμμετοχής τους (T-test, $p < 0,05$).



Σχήμα 3.1.5. Η μέση ποσοστιαία (%) συμμετοχή των κύριων ταξινομικών ομάδων των μειοπανιδικών οργανισμών στις χρονιές 2006 και 2009 στις δύο λεκάνες.

Οι ταξινομικές ομάδες που υπολείπονται βρέθηκε να συμμετέχουν με ποσοστό μικρότερο του 1% και δεν παρατηρήθηκαν σε όλες τις περιπτώσεις, οπότε η αναφορά τους θα είναι επιγραμματική. Ανάμεσα σε αυτές τις ομάδες περιλαμβάνονται οι Πολύχαιτοι, τα Τροχόζωα, τα Ακάρεα και τα Βραδύπορα. Οι περισσότερες ομάδες εμφανίζονται το 2006, ενώ μειώνεται αισθητά η παρουσία διάφορων ομάδων το 2009 και ειδικά στη λεκάνη της Ιεράπετρας. Επιπλέον, οι ταξινομικές ομάδες που υπολείπονται δεν εμφανίζουν καμία στατιστικά σημαντική διαφορά (T-test, $p > 0,05$).

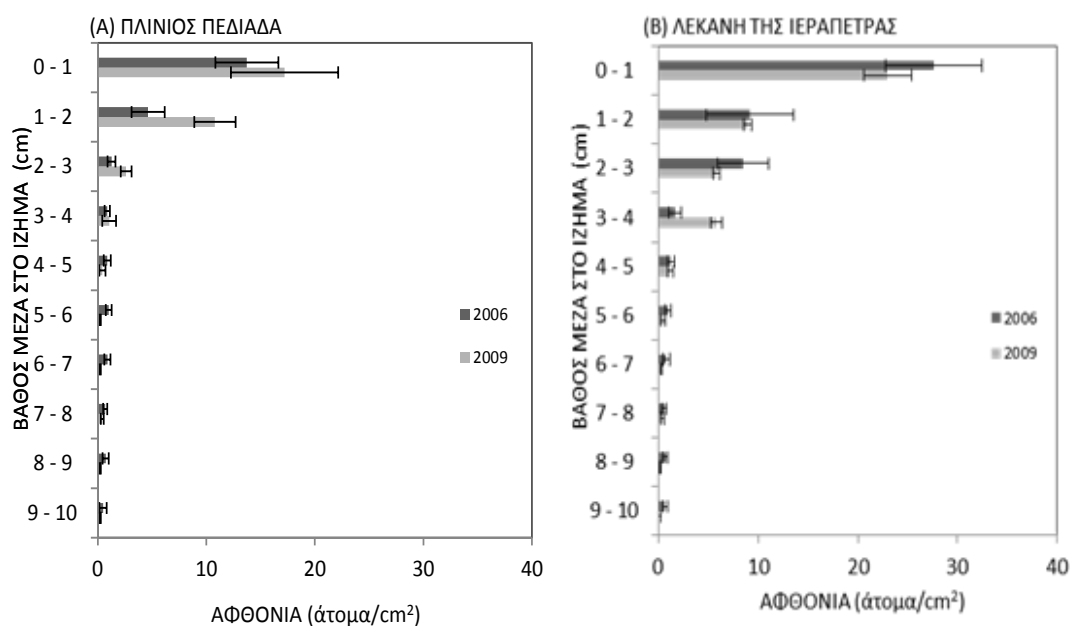
Η συνολική αφθονία των μειοπανιδικών ομάδων (σχήμα 3.1.6) τη χρονιά 2006 στη πεδιάδα του Πλίνιου ($25 \text{ άτομα}/10\text{cm}^2$) ήταν μικρότερη σε σχέση με το 2009 ($33 \text{ άτομα}/10\text{cm}^2$). Σε αντίθεση, στην Ιεράπετρα η χρονιά 2009 ($46 \text{ άτομα}/10\text{cm}^2$) είχε λιγότερα άτομα από ότι το 2006 ($52 \text{ άτομα}/10\text{cm}^2$). Οι χρονικές διαφοροποιήσεις στις δύο λεκάνες δεν ήταν στατιστικά σημαντικές (T-test, $p > 0,05$). Η λεκάνη της Ιεράπετρας παρατηρήθηκε ότι έχει πιο αυξημένες τιμές στις αφθονίες σε σχέση με την άλλη λεκάνη και η διαφορά ήταν στατιστικά σημαντική (T-test, $p < 0,001$).



Σχήμα 3.1.6. Η διακύμανση της συνολικής αφθονίας των μειοπανιδικών οργανισμών ανά 10cm^2 επιφάνειας στις χρονιές 2006 και 2009 στις δύο λεκάνες.

3.1.2.1. Κατακόρυφη κατανομή της αφθονίας των μειοπανιδικών ταξινομικών ομάδων μέσα στο ίζημα.

Η αφθονία των μειοπανιδικών νηματωδών μειώνεται σε συνάρτηση με το βάθος στο ίζημα (σχήμα 3.1.7). Το επιφανειακό στρώμα του ενός εκατοστού συναθροίζει περίπου το 50% των ατόμων, σε όλες τις περιπτώσεις. Στο επόμενο στρώμα (1-2 cm) συγκεντρώνεται περίπου το 20%, εκτός από την πεδιάδα του Πλίνιου τη χρονιά 2009 (32 %). Τα διαφορετικά στρώματα του ιζήματος παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους (Two way-ANOVA, $p < 0,001$) σε όλες τις περιπτώσεις (πίνακας 3.1.1). Γενικότερα παρατηρείται ότι το πρώτο εκατοστό συγκεντρώνει τη μεγαλύτερη αφθονία, η οποία μειώνεται όσο αυξάνεται το βάθος μέσα στο ίζημα και μετά το τέταρτο και πέμπτο εκατοστό η παρουσία των ζώων κυμαίνεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα κοντά σε μηδενικές τιμές.



Σχήμα 3.1.7. Η διακύμανση της συνολικής αφθονίας των μειοπανιδικών ομάδων ανά 10cm² επιφάνειας στα διάφορα στρώματα του ιζήματος: (Α) για τη λεκάνη του Πλίνιου τις 2 χρονιές και (Β) για τη λεκάνη της Ιεράπετρας τις 2 χρονιές.

Οι τιμές της αφθονίας στη πεδιάδα του Πλίνιου το 2006 ήταν πιο χαμηλές από το 2009, όπως προαναφέρθηκε. Στο σχήμα 3.1.7 παρατηρείται ότι ανάμεσα

στις χρονιές η μεγαλύτερη διαφοροποίηση στην αφθονία εντοπίζεται στα δύο πρώτα εκατοστά του ιζήματος. Στη λεκάνη της Ιεράπετρας η χρονιά 2006, που έχει και την μεγαλύτερη αφθονία, φαίνεται ότι έχει ελαφρώς πιο αυξημένες αφθονίες σε όλα τα στρώματα, εκτός από το τέταρτο που η αφθονία της χρονιάς 2009 είναι πιο αυξημένη. Η στατιστική ανάλυση ανάμεσα στις χρονιές 2006 και 2009 έδειξε ότι η διαφορά ανάμεσα στα στρώματα ήταν στατιστικά σημαντική στη λεκάνη της Ιεράπετρας (two way-ANOVA, $p < 0,001$) και στην πεδιάδα του Πλίνιου (two way-ANOVA, $p < 0,001$). Η κατακόρυφη κατανομή της αφθονίας δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στους σταθμούς τις χρονιές 2006 και 2009 στις δύο λεκάνες.

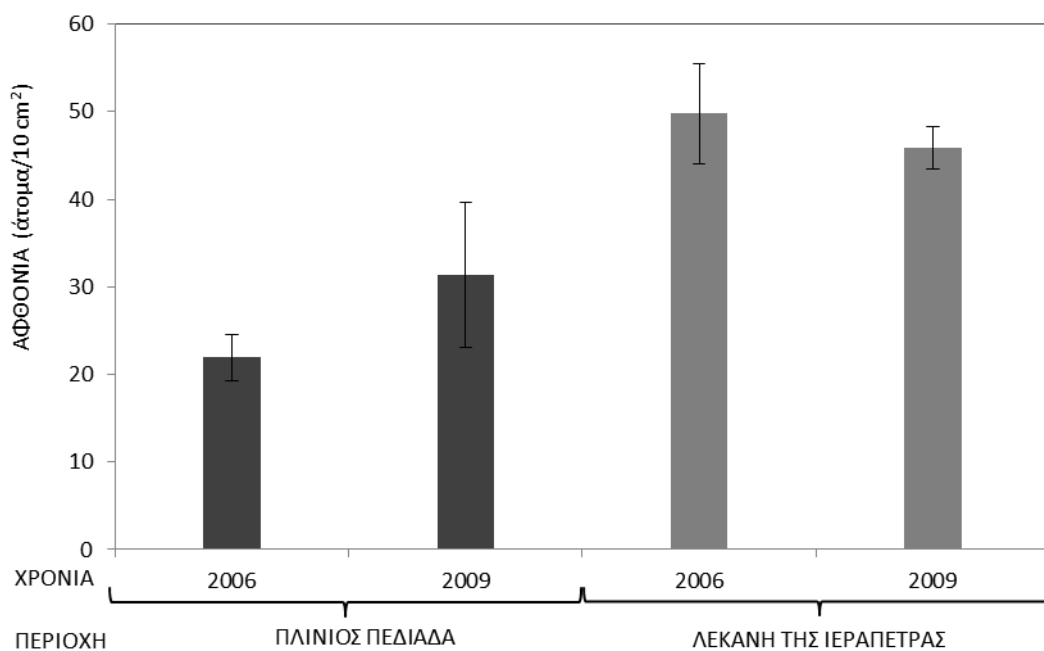
Η διαφορά στις μειοπανιδικές αφθονίες ανάμεσα στις δύο λεκάνες εμφανίζεται και στην κατακόρυφη κατανομή τους. Στην Ιεράπετρα οι τιμές της αφθονίας στο πρώτο εκατοστό είναι μεγαλύτερες από αυτές της πεδιάδας του Πλίνιου, όπως και στα επόμενα τρία εκατοστά, όμως στα υπόλοιπα στρώματα οι μειωνένες τιμές στις αφθονίες είναι στα ίδια επίπεδα σε όλες τις περιπτώσεις. Ο στατιστικός έλεγχος έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα στρώματα της κατακόρυφης κατανομής στις διαφορετικές λεκάνες (two way-ANOVA, $p < 0,001$). Η κατακόρυφη κατανομή της αφθονίας παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις λεκάνες (two way-ANOVA, $p < 0,001$).

Πίνακας 3.1.1. Αποτελέσματα 2 way-ANOVA για τη κατακόρυφη κατανομή της συνολικής μειοπανιδικής αφθονίας σε συνάρτηση με της δύο χρονιές και της δύο λεκάνες.

Παράγοντες	df	Ms	F	p-value
Πλίνιος Πεδιάδα: 2006 vs 2009				
Χρονιά	1	0,015	0,422	ns
Κατακόρυφη κατανομή	9	1,056	30,656	< 0,001
Χρονιά * Κατακόρυφη κατανομή	9	0,077	2,223	ns
Λεκάνη της Ιεράπετρας: 2006 vs 2009				
Χρονιά	1	0,113	3,803	ns
Κατακόρυφη κατανομή	9	1,579	53,328	< 0,001
Χρονιά * Κατακόρυφη κατανομή	9	0,089	2,989	< 0,01
Πλίνιος Πεδιάδα vs Λεκάνη της Ιεράπετρας				
Βάθος	9	2,970	76,219	< 0,001
Κατακόρυφη κατανομή	1	1,029	26,417	< 0,001
Βάθος * Κατακόρυφη κατανομή	9	0,129	3,308	< 0,001

3.1.2.2. Οριζόντια κατανομή της αφθονίας της ομάδας των νηματωδών

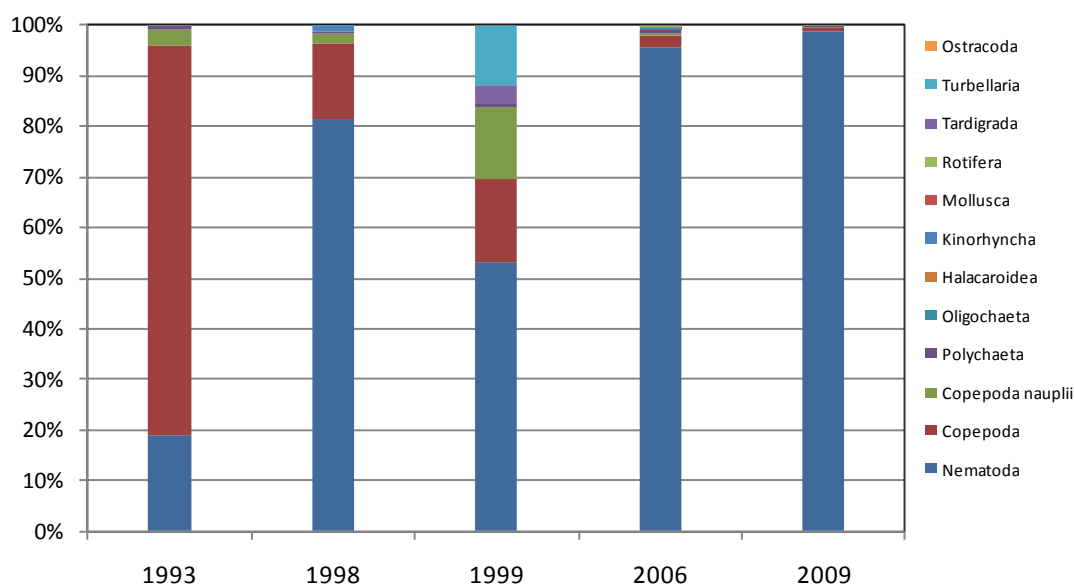
Η αφθονία των νηματωδών (σχήμα 3.1.8) εμφανίζει παρόμοιο πρότυπο με τη συνολικής αφθονίας των μειοπανιδικών οργανισμών. Συγκεκριμένα, την χρονιά 2009 στην Ιεράπετρα (46 άτομα/10cm²) παρατηρήθηκε ότι η αφθονία των νηματωδών είναι ελαφρώς μικρότερη από ότι το 2006 (50 άτομα/10cm²), ενώ στη Πλίνιο πεδιάδα το 2009(31 άτομα/10cm²) είχε πιο αυξημένες τιμές από το 2006 (21 άτομα/10cm²). Οι διαφοροποιήσεις αυτές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές (T-test, $p > 0,05$). Η λεκάνη της Ιεράπετρας είχε, γενικά, πιο αυξημένη αφθονία σε σχέση με την άλλη λεκάνη και η διαφοροποίηση ήταν στατιστικά σημαντική (T-test, $p < 0,0001$).



Σχήμα 3.1.8. Η διακύμανση της συνολικής αφθονίας των νηματωδών ανά 10cm² επιφάνειας στις χρονιές 2006 και 2009 και για τις δύο λεκάνες.

3.1.2.3. Σύγκριση των μειοπανιδικών ομάδων ανάμεσα σε διαφορετικές χρονιές ανά δεκαετίες στη λεκάνη της Ιεράπετρας

Στην περιοχή της Ιεράπετρας πραγματοποιήθηκε μία επιπλέον σύγκριση των δεδομένων της συνολικής αφθονίας των ταξινομικών ομάδων που εξετάστηκαν παραπάνω με δεδομένα από άλλες χρονικές στιγμές σε κλίμακα δεκαετίας.

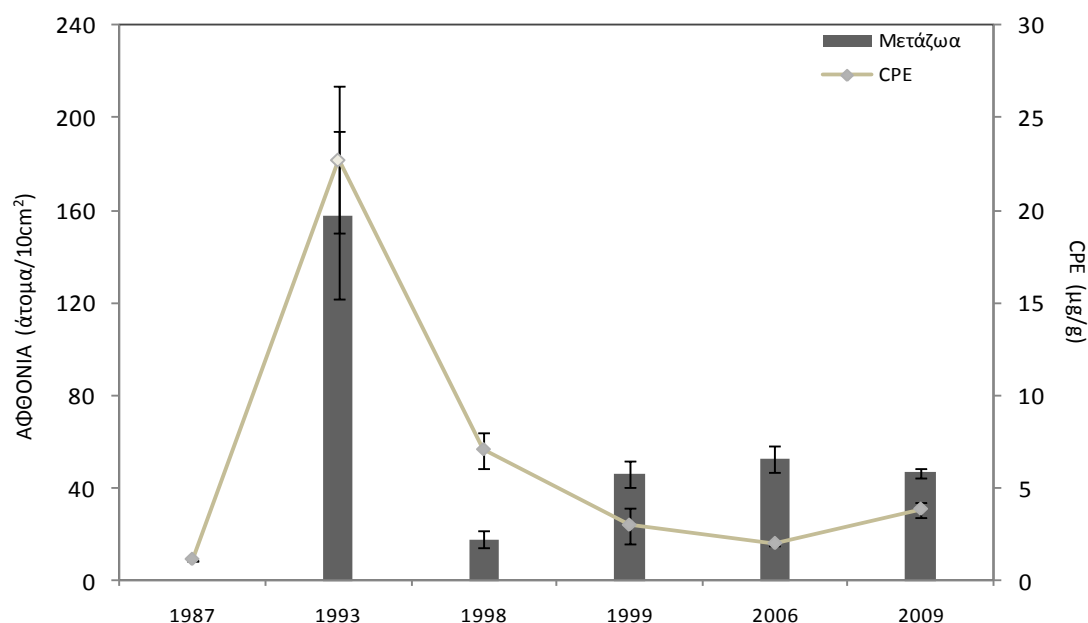


Σχήμα 3.1.9. Η μέση ποσοστιαία (%) συμμετοχή των κύριων ταξινομικών ομάδων των μειοπανιδικών οργανισμών σε διαφορετικές χρονιές στη λεκάνη της Ιεράπετρας.

Στο σχήμα 3.1.9. παρατηρούμε ότι οι νηματώδεις το 2009 κυριαρχούν με ποσοστό πάνω από 95%, ενώ το 1993 το ποσοστό συμμετοχής τους είναι περίπου 20%. Σε αντίθεση, την χρονιά αυτή τα αρπακτικοειδή κωπήποδα (ώριμα άτομα και ναύπλιοι) παρουσίασαν τη μεγαλύτερη συμμετοχή τους με περίπου 80% το 1993 και το 2009 τη μικρότερη (γύρω στο 1%).

Γενικά, οι υπόλοιπες ταξινομικές ομάδες εμφάνισαν μικρή συμμετοχή (περίπου 1%). Μερικές από αυτές είναι οι ομάδες των πολύχαιτων, των τροχόζων, των βραδύπορων και των στροβιλιστικών πλατυέλμινθων. Οι δύο τελευταίες αυτές ομάδες την χρονιά 1999 είχαν πιο αυξημένα ποσοστά περίπου 4% και 12% αντίστοιχα

Η συνολική αφθονία των ταξινομικών ομάδων υπήρξε ιδιαίτερα υψηλή (158 άτομα/10cm²) το 1993. Επίσης, την χρονιά αυτή παρατηρήθηκαν υψηλές τιμές στο CPE και στα ποσοστά συμμετοχής στον κωπήποδων, όπως προαναφέρθηκε. Η μικρότερη τιμή της αφθονίας εμφανίστηκε το 1998 (18 άτομα/10cm²), ενώ του CPE το 2006. Γενικότερα, οι συνολικές αφθονίες των μειοπανιδικών οργανισμών είναι



Σχήμα 3.1.10. Η διακύμανση της συνολικής αφθονίας των μειοπανιδικών οργανισμών και της συγκέντρωσης του CPE σε διαφορετικές χρονιές στη λεκάνη της Ιεράπετρας.

αυξημένες έως και δύο τάξεις μεγέθους το 1993, όπως και το CPE, και μετά μειώθηκε στα κανονικά επίπεδα. Η διαφοροποίηση ανάμεσα στις χρονιές ήταν στατιστικά σημαντική (ANOVA, $p < 0,01$). Πιο συγκεκριμένα, το 1993 διέφερε από όλες τις άλλες χρονιές. Το 1998 διέφερε με το 2006. Επίσης, πραγματοποιήθηκαν στατιστικοί έλεγχοι για τις ταξινομικές ομάδες και τα αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα 3.1.2. Η ομάδα των νηματωδών διέφερε στατιστικά σημαντικά ανάμεσα στις χρονιές και ιδιαίτερα ανάμεσα στο 1998 και 2009. Τα κωπήποδα διέφεραν, επίσης, στατιστικά σημαντικά και συγκεκριμένα η χρονιά 1993 με όλες τις άλλες καθώς και το 1999 με το 2006 και 2009. Οι ναυπλιοί των κωπήποδων παρουσίασαν στατικά σημαντική διαφορά και συγκεκριμένα διέφεραν μεταξύ του 1993 και 2009. Οι ολιγόχαιτοι και τα ακάρεα είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά και ιδιαίτερα ανάμεσα στο 1998 και 2006. Τα τροχόζωα έδειξαν ότι έχουν στατιστικά σημαντική

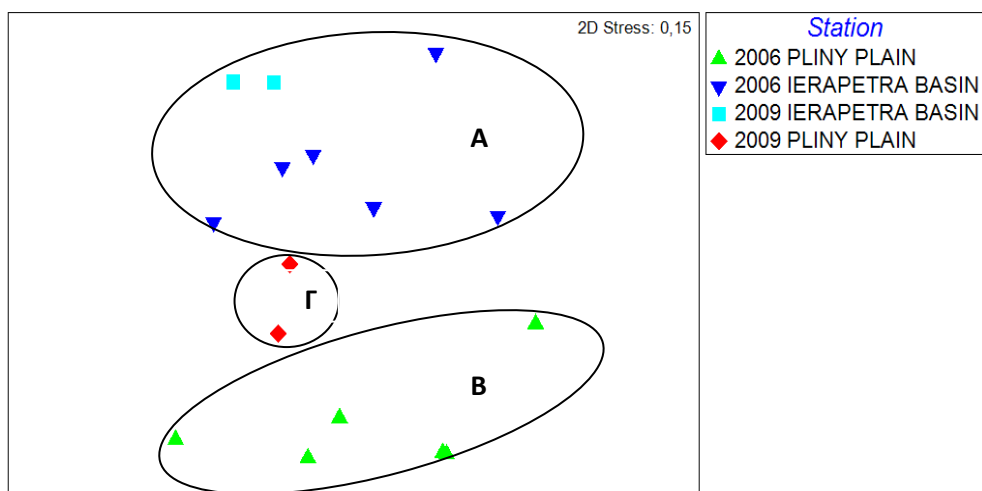
διαφορά και ιδιαίτερα μεταξύ του 1999 με το 1998 και 1993. Τέλος, τα βραδύπορα παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά και συγκεκριμένα το 1999 διέφερε με όλες τις χρονιές.

Ταξονομικές Ομάδες	Έλεγχοι Υποθέσεων	p-value
Νηματώδεις	ANOVA	0,0003
Κωπήποδα	Kruskal-Wallis	0,0054
Ναύπλιοι Κωπηπόδων	ANOVA	0,0139
Πολύχαιτα	ANOVA	0,1332
Ολιγόχαιτα	ANOVA	0,0427
Ακάρεα	ANOVA	0,0347
Κινόρυνγχα	ANOVA	0,3877
Τροχόζωα	ANOVA	0,0116
Βραδύπορα	ANOVA	0,0000
Στροβιλιστικοί	ANOVA	0,5498
Οστρακώδη	ANOVA	0,4320

Πίνακας 3.1.2. Τα αποτελέσματα των στατιστικών ελέγχων των κυριότερων ταξινομικών ομάδων τις διαφορετικές χρονιές στη λεκάνη της Ιεράπετρας.

3.1.2.4. Πολυπαραγοντικές αναλύσεις

Η μέθοδος πολυδιάστατης διευθέτησης (MDS) εφαρμόστηκε στη συνολική αφθονία των μειοπανιδικών ομάδων (σχήμα 3.1.11.) Σχηματίστηκαν τρεις διακριτές ομάδες (stress: 0,15). Η μέθοδος της ανάλυσης ομοιότητας (ANOSIM) έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά (R: 0,508 και επίπεδο σημαντικότητας 0,1%) και φαίνεται ότι την χρονιά 2006 οι δύο λεκάνες διαφέρουν μεταξύ τους (πίνακας 3.1.2). Η ομάδα (Α) περιλαμβάνει τους σταθμούς των δύο χρονιών στη λεκάνη της Ιεράπετρας. Στην επόμενη ομάδα (Β) ανήκει ο σταθμός στο Πλίνια πεδιάδα το 2006. Ενώ στην ομάδα (Γ) περιλαμβάνεται ο σταθμός τη λεκάνη του Πλινίου το 2009. Η ανάλυση με το πρόγραμμα SIMPER (πίνακας 3.1.4.) έδειξε ότι η διαφοροποίηση μεταξύ των λεκανών την χρονιά 2006 οφείλεται στους νηματώδεις κατά 91%.



Σχήμα 3.1.11. Διάγραμμα MDS για το σύνολο των μειοπανιδικών ομάδων στις δύο λεκάνες (Πλίνιος πεδιάδα και Ιεράπετρα) τις χρονιές 2006 και 2009. Χρησιμοποιήθηκε μετασχηματισμός LOG(x+1).

Πίνακας 3.1.3. Πίνακας με τα αποτελέσματα της ανάλυσης ομοιότητας (ANOSIM) για το σύνολο των μειοπανιδικών ομάδων τις δύο λεκάνες (Πλίνιος πεδιάδα και Ιεράπετρα) τις χρονιές 2006 και 2009.

Sample statistic (Global R): 0,508

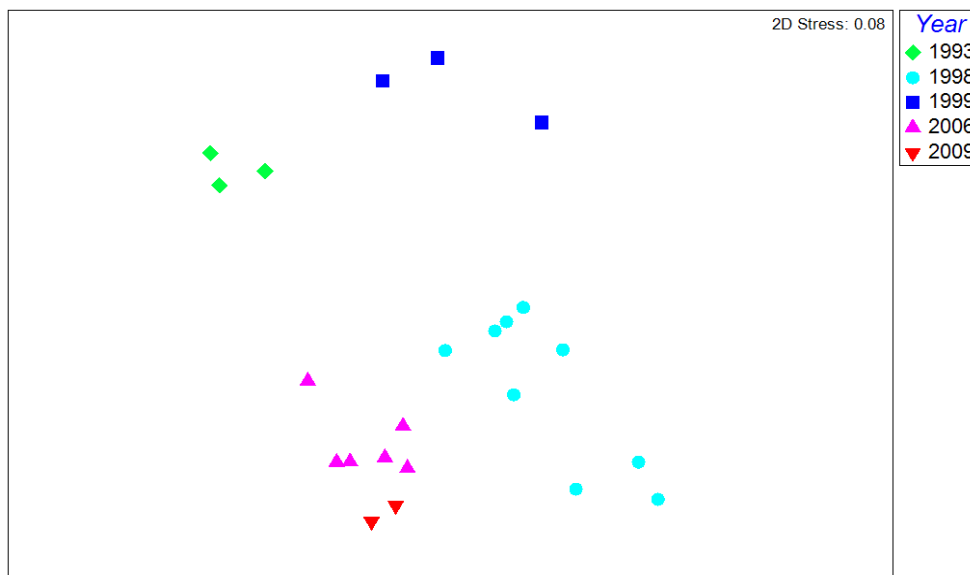
Επίπεδο σημαντικότητας: 0,1%

Ομάδες	Στατιστικό R	Επίπεδο σημαντικότητας %
2006 ΠΛΙΝΙΟΣ ΠΕΔΙΑΔΑ, 2006 ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	0,663	0,2
2006 ΠΛΙΝΙΟΣ ΠΕΔΙΑΔΑ, 2009 ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	0,854	3,6
2006 ΠΛΙΝΙΟΣ ΠΕΔΙΑΔΑ, 2009 ΠΛΙΝΙΟΣ ΠΕΔΙΑΔΑ	0,115	28,6
2006 ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ, 2009 ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	-0,104	60,7
2009 ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ, 2009 ΠΛΙΝΙΟΣ ΠΕΔΙΑΔΑ	-0,021	50
2009 ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ, 2009 ΠΛΙΝΙΟΣ ΠΕΔΙΑΔΑ	1	33,3

Πίνακας 3.1.4. Αποτελέσματα από την ανάλυση SIMPER στα δεδομένα αφθονίας των ταξινομικών ομάδων, όπου φαίνεται η συμμετοχή της κάθε ομάδας στην μέση τιμή ανομοιότητας του δείκτη Bray-Curtis.

Συγκρίσεις	Μέση αφθονία (άτομα/ 10 cm ²)		Δείκτης ανομοιότητας Bray-Curtis	% συμμετοχή στο δείκτη ανομοιότητας	
	2006 ΠΛΙΝΙΟΣ ΤΑΦΡΟΣ	2006 ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ		Bray-Curtis	Αθροιστικό %
Ταξινομικές Ομάδες					
Νηματώδεις	21,95	49,78	35,16	91,33	91,33

Η μέθοδος πολυδιάστατης διευθέτησης (MDS) πραγματοποιήθηκε και για το σύνολο της αφθονίας των μειοπανδικών ομάδων κατά τις διαφορετικές χρονιές στη λεκάνη της Ιεράπετρας (σχήμα 3.1.12) και είχε πολύ καλό επίπεδο αξιοπιστίας (stress: 0,08). Η μέθοδος ανάλυση ομοιότητας (ANOSIM) (πίνακας 3.1.5) έδειξε ότι είναι στατιστικά σημαντική (στατιστικό R: 0,696 και επίπεδο σημαντικότητας 0,1%).



Σχήμα

3.1.12. Διάγραμμα MDS για το σύνολο των μειοπανδικών ομάδων στις διαφορετικές χρονιές στη λεκάνη της Ιεράπετρας. Στα δεδομένα εφαρμόστηκε μετασχηματισμό $\text{Log}(x+1)$.

Πίνακας 3.1.5. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ομοιότητας για το σύνολο των ταξινομικών ομάδων στις διαφορετικές χρονιές στη λεκάνη της Ιεράπετρας.

Στατιστικό R: 0,795		
Επίπεδο σημαντικότητας: 0,1%		
Ομάδες	Στατιστικό R	Επίπεδο σημαντικότητας %
1993, 1998	0,833	0,5
1993, 1999	0,778	10
1993, 2006	1	1,2
1993, 2009	1	10
1998, 1999	0,821	0,5
1998, 2006	0,486	0,2
1998, 2009	0,423	5,5
1999, 2006	0,988	1,2
1999, 2009	1	10
2006, 2009	-0,073	57,1

Στην συνέχεια, για τις χρονιές που διαφοροποιούνταν μεταξύ τους πραγματοποιήθηκε η ανάλυση με το πρόγραμμα SIMPER, για να διερευνηθούν οι μειοπανδικές ομάδες που προκαλούν την διαφοροποίηση (πίνακας 3.1.6). Η χρονιά

1993 διαφοροποιείται από τις χρονιές 1998 και 2006. Η διαφοροποίηση οφείλεται κυρίως στα κωπήποδα και δευτερογενώς στους ναύπλιους τους, ενώ πολύ μικρότερη είναι η συμμετοχή των νηματώδων και των πολυχαιτών. Η χρονιά 1999 έχει διαφορά από το 1998 και 2009. Αρκετές ομάδες προκαλούν την διαφοροποίηση και συμμετέχουν όλες με μικρά ποσοστά. Το 1998 διαφέρει από το 2006 και ευθύνονται κατά κύριο λόγο η ομάδα των νηματώδων και μετά η ομάδα των κωπηπόδων. Παρατηρείται ότι η χρονιά 2006 παρουσιάζει διαφορά από όλες τις χρονιές εκτός από το 2009.

Πίνακας 3.1.6. Αποτελέσματα από την ανάλυση SIMPER στα δεδομένα αφθονίας των ταξινομικών ομάδων όπου φαίνεται η συμμετοχή της κάθε ομάδας στην μέση τιμή ανομοιότητας του δείκτη Bray-Curtis. Συμπεριλαμβάνονται μόνο οι ομάδες που έχουν στατιστικά σημαντική διαφορά βάση της ανάλυσης ομοιότητας.

Συγκρίσεις	Μέση αφθονία (άτομα/ 10 cm ²)				
			Δείκτης ανομοιότητας Bray-Curtis	% συμμετοχή στο δείκτη ανομοιότητας Bray-Curtis Αθροιστικό %	
Ταξινομικές Ομάδες	1993	1998			
Κωπήποδα	4,69	1,1	24,12	52,76	52,76
Ναύπλιοι κωπήποδων	1,74	0,26	9,83	21,5	74,26
Νηματώδεις	3,4	2,65	5,18	11,32	85,59
Πολύχαιτα	0,75	0,1	4,46	9,76	95,35
	1993	2006			
Κωπήποδα	4,69	0,76	24,31	56,2	56,2
Ναύπλιοι κωπήποδων	1,74	0,26	9,09	21,02	77,21
Νηματώδεις	0,75	0,22	3,56	8,24	85,45
Πολύχαιτα	3,4	3,81	2,94	6,8	92,25
	1998	1999			
Βραδύπορα	0	1,8	13,18	29,2	29,2
Ναύπλιοι κωπήποδων	0,26	1,59	9,8	21,7	50,9
Κωπήποδα	1,1	2,13	8,27	18,33	69,22
Νηματώδεις	2,65	3,09	5,28	11,69	80,91
Τροχόζωα	0	0,82	5,21	11,55	92,46
	1998	2006			
Νηματώδεις	2,65	3,81	12,62	43,36	43,36
Κωπήποδα	1,1	0,76	7,19	24,68	68,04
Ναύπλιοι κωπήποδων	0,26	0,26	2,51	8,61	76,65
Πολύχαιτα	0,1	0,22	2,33	8	84,66
Ολιγόχαιτα	0	0,13	1,45	4,97	89,63
Κινόρυνγα	0,12	0,04	1,29	4,43	94,06
	1999	2006			
Βραδύπορα	1,8	0	12,11	26,46	26,46
Κωπήποδα	2,13	0,76	9,61	21	47,47
Ναύπλιοι κωπήποδων	1,59	0,26	9,12	19,92	67,39
Νηματώδεις	3,09	3,81	5,91	12,9	80,29
Τροχόζωα	0,82	0,04	4,82	10,53	90,82

3.1.2.5. Συσχετίσεις

Ο συντελεστής συσχέτισης R του Spearman εφαρμόστηκε μεταξύ των περιβαλλοντικών και των συνολικών αφθονιών των μειοπανιδικών ταξινομικών ομάδων τις χρονιές 2006 και 2009 στις δύο λεκάνες. Οι περισσότερες ομάδες δεν έδειξαν να συσχετίζονται με τις περιβαλλοντικές παραμέτρους, εκτός από τους νηματώδεις (πίνακας 3.1.7.). Θετική συσχέτιση παρουσίασαν οι νηματώδεις με σχεδόν όλες τις περιβαλλοντικές παραμέτρους που εξετάστηκαν και αρνητική είχαν μόνο με το λόγο χλωροφύλλη α/CPE. Εξαιρέση αποτελεί, επίσης, η αρνητική συσχέτιση που παρουσιάστηκε ανάμεσα στις ομάδες των ολιγόχαιτων και των κινόρυγχων με τον λόγο της χλωροφύλλης α/CPE.

Πίνακας 3.1.7. Συντελεστής συσχέτισης R του Spearman μεταξύ των περιβαλλοντικών παραγόντων και των συνολικών αφθονιών των ταξινομικών ομάδων στους σταθμούς των δύο λεκανών και για τις δύο χρονιές. Με "*" το $p < 0,05$ και "***" το $p < 0,01$ απεικονίζονται οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις.

Ταξινομικές Ομάδες	Χλωροφύλλη α	Φαιοχρωσικά	CPE	Χλωροφυλλ. α/ CPE	Οργανικός άνθρακας	Βάθος
Νηματώδεις	0,775**	0,736**	0,731**	-0,769**	0,786**	0,922**
Κωπήποδα	-0,303	-0,375	-0,361	0,367	-0,121	-0,173
Ναυτίλοι Κωπηπόδων	-0,095	-0,179	-0,117	0,061	0,000	-0,352
Πολύχαιτοι	-0,211	-0,363	-0,321	0,330	-0,175	0,008
Ολιγόχαιτοι	0,271	0,271	0,311	-0,650*	0,217	0,291
Ακάρεα	-0,042	0,030	0,081	-0,148	-0,048	-0,012
Κινόρυγχα	0,285	0,342	0,342	-0,627*	0,114	0,371
Μαλάκια	0,386	0,463	0,463	-0,463	0,154	0,039
Τροχόζωα	0,206	0,261	0,261	-0,100	0,301	0,006
Βραδύποροι	-0,306	-0,245	-0,245	-0,017	-0,367	0,070

Στη συνέχεια εφαρμόστηκε ο συντελεστής συσχέτισης R του Spearman (πίνακας 3.18) ανάμεσα στις συνολικές αφθονίες των μειοπανιδικών ομάδων και του CPE για τις διαφορετικές χρονιές (1993, 1998, 1999, 2006, 2009) στη λεκάνη της Ιεράπετρας. Το CPE συσχετίστηκε θετικά με τα κωπήποδα και αρνητικά με τα τροχόζωα και τα ακάρεα.

Ταξινομικές Ομάδες	CPE
Νηματώδεις	-0,349
Κωπήποδα	0,541 ^{**}
Ναύπλιοι κωπήποδων	0,288
Πολύχαιτα	0,355
Κινόρυνγα	0,167
Ολιγόχαιτα	-0,363
Τροχόζωα	-0,439 [*]
Βραδύπορα	-0,078
Ακάρεα	-0,490 [*]
Στροβ. Πλατυελμινθες	0,221
Οστρακώδη	0,287

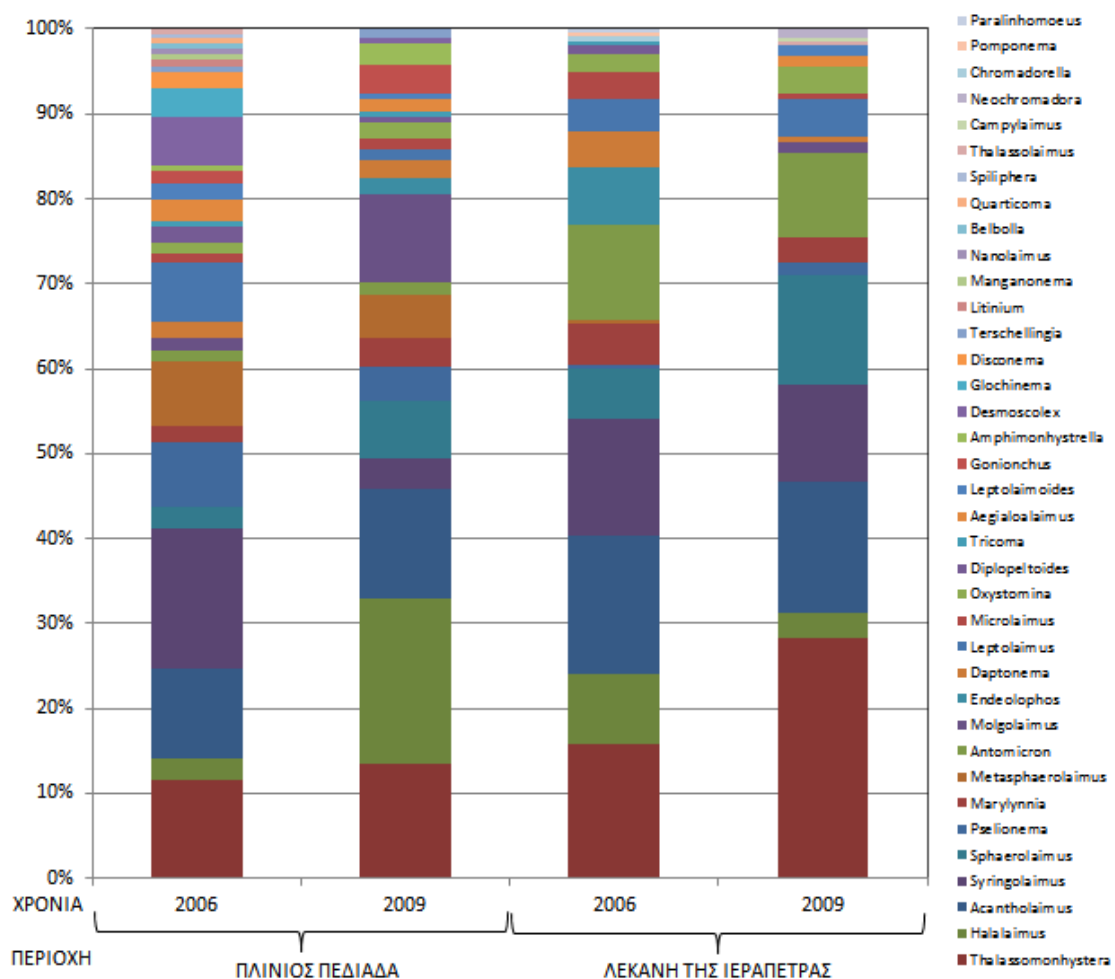
Πίνακας 3.1.8. Συντελεστής συσχέτισης R του Spearman μεταξύ του CPE και των συνολικών αφθονιών των ταξινομικών ομάδων στην λεκάνη της Ιεράπετρας για τις διαφορετικές χρονιές. Με "*" το $p < 0,05$ και "***" το $p < 0,01$ απεικονίζονται οι στατιστικά σημαντικές σχέσεις.

3.1.3. Βιοκοινότητες νηματωδών

3.1.3.1. Δομή

Προσδιορίστηκαν, συνολικά, 737 άτομα νηματωδών μέχρι το επίπεδο του γένους, κατανεμήθηκαν σε 19 οικογένειες και 37 διαφορετικά γένη νηματωδών. Από το σύνολο των ατόμων που προσδιορίστηκαν 8 γένη (*Thalassomonhystera*, *Acantholaimus*, *Syringolaimus*, *Halalaimus*, *Antomicron*, *Sphaerolaimus*, *Metasphaerolaimus*, *Molgolaimus*) συνιστούν το 70% περίπου της συνολικής αφθονίας, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό αποτελείται από τα υπόλοιπα 29 γένη.

Την χρονιά 2006 στην Πλίνιο πεδιάδα (σχήμα 3.1.14) βρέθηκαν 31 γένη και τα γένη με τα μεγαλύτερα ποσοστά παρουσίας ήταν τα *Syringolaimus* (17%), *Thalassomonhystera* (12%), *Acantholaimus* (11%) και *Metasphaerolaimus* (8%). Το 2009 στην ίδια λεκάνη παρουσιάστηκαν 23 γένη νηματωδών και το κυρίαρχα ήταν τα *Halalaimus* (20%), *Thalassomonhystera* (14%), *Acantholaimus* (13%), και *Molgolaimus sp.* (10%). Στη λεκάνη της Ιεράπετρας την χρονιά 2006 εμφανίστηκαν λιγότερα γένη (19) και τα πιο άφθονα ήταν τα εξής: *Thalassomonhystera* (16%), *Acantholaimus* (16%), *Syringolaimus* (14%) και *Antomicron* (14%). Η χρονιά 2009 στην ίδια λεκάνη είχε παρόμοιο αριθμό γενών (18) και κυρίαρχησε το γένος *Thalassomonhystera* (28%). Τα γένη *Acantholaimus* (16%), *Sphaerolaimus* (13%) και *Syringolaimus* (11%) ακολούθησαν.

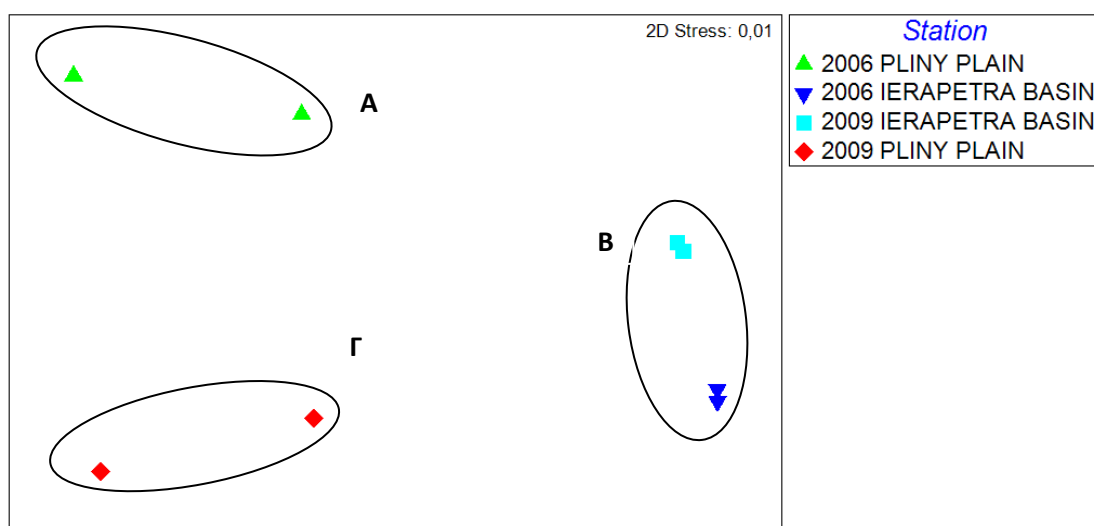


Σχήμα 3.1.14. Διάγραμμα με την μέση ποσοστιαία (%) συμμετοχή των νηματωδών στο επίπεδο του γένους τις χρονιές 2006 και 2009 στις δύο λεκάνες.

Τα γένη *Thalassomonhystera*, *Acantholaimus* και *Syringolaimus* εμφανίζονται σχεδόν σε όλους τους σταθμούς ανάμεσα στα πιο άφθονα. Εντυπωσιακό είναι το ποσοστό του γένους *Thalassomonhystera* το 2009 στην Ιεράπετρα. Το γένος *Halalaimus* εμφανίζεται σε όλους του σταθμούς αλλά με πολύ μικρό ποσοστό, εκτός από το 2006 στην Πλίνιο πεδιάδα όπου κυριαρχεί. Τα γένοσ *Antomicron* εμφανίζει αυξημένα ποσοστά στην λεκάνη της Ιεράπετρας. Ο αριθμός των γενών είναι αυξημένος το 2006 στην Πλίνιο πεδιάδα και μειώνεται το 2009. Η Ιεράπετρα έχει λιγότερα γένη σε σχέση με την άλλη λεκάνη, όμως οι δύο χρονιές δεν έχουν διαφορά.

3.1.3.2. Πολυπαραγοντικές αναλύσεις

Στα παραπάνω δεδομένα εφαρμόστηκε η μέθοδος MDS (σχήμα 3.1.15) και είχε πάρα πολύ κάλο επίπεδο αξιοπιστίας (stress:0,01). Παρατηρείται ότι σχηματίζονται τρεις ομάδες, οι οποίες είναι όμοιες με τις ομάδες που σχηματίστηκαν με την εφαρμογή της ίδιας μεθόδου στη συνολική αφθονία των ταξινομικών ομάδων. Πιο συγκεκριμένα, η ομάδα (Α) περιλαμβάνει τα δείγματα από τη λεκάνη του Πλίνιου για την χρονιά 2006, ενώ στην ομάδα (Γ) συγκαταλέγεται ο ίδιος σταθμός για την άλλη χρονιά. Στην ομάδα (Β) περικλείονται οι σταθμοί στην άλλη λεκάνη και για τις δύο χρονιές. Η μέθοδο ανάλυσης ομοιότητας (ANOSIM) εφαρμόστηκε στα παραπάνω δεδομένα και έδειξε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά (R: 0,89 και επίπεδο σημαντικότητας 1%).

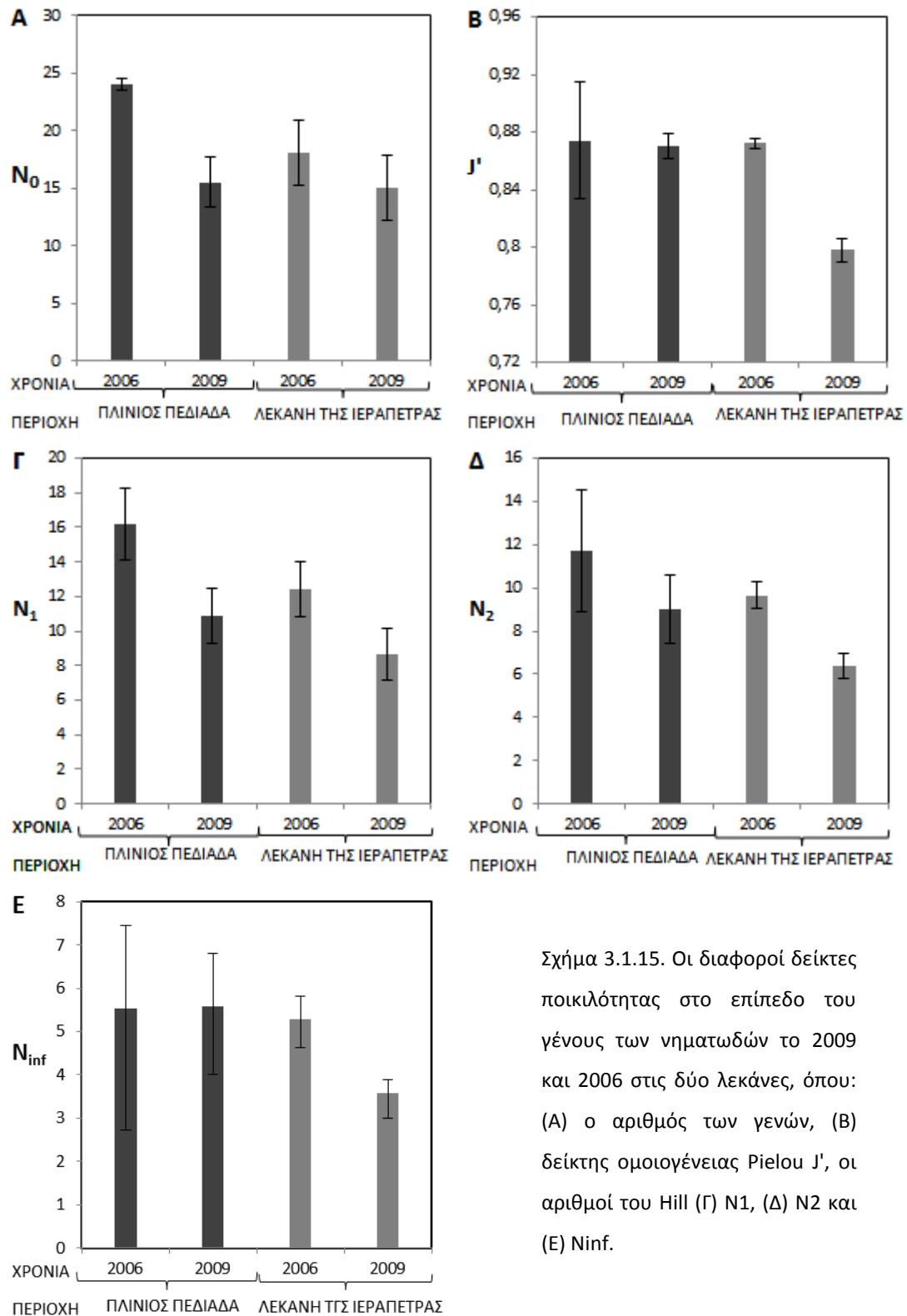


Σχήμα 3.1.15. Διάγραμμα MDS για τα γένη των νηματωδών τις χρονιές 2006 και 2009 στις δύο λεκάνες. Στα δεδομένα εφαρμόστηκε μετασχηματισμός $\log(x+1)$.

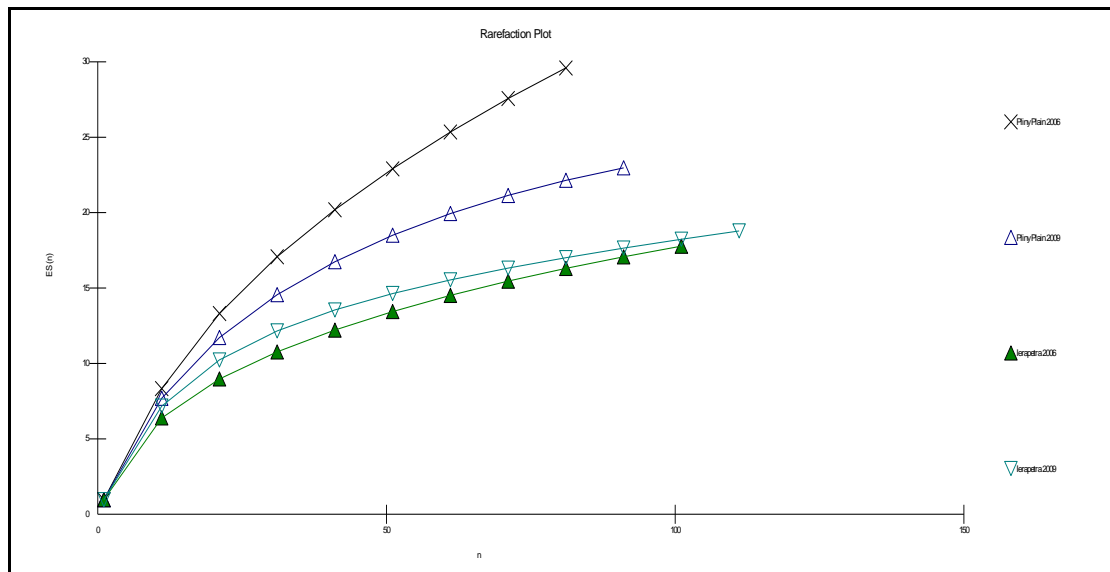
3.1.3.3. Πρότυπα ποικιλότητας

Η σύγκριση των δεικτών ποικιλότητας, οι οποίοι υπολογίστηκαν με βάση το γένος των νηματωδών στις δύο λεκάνες για τις δύο χρονιές, απεικονίζονται στο σχήμα 3.1.15. Γενικά, η χρονιά 2006 και στις δύο λεκάνες εμφανίζει μεγαλύτερη ποικιλότητα σε σχέση με το 2009. Η λεκάνη της Ιεράπετρας έχει μικρότερη ποικιλότητα σε σχέση με την άλλη λεκάνη. Στο σχήμα 3.1.16 παρατηρούνται παρόμοια αποτελέσματα. Και στις δύο λεκάνες ανάμεσα στις χρονιές δεν

παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά για κανένα από τους δείκτες (T-test, $p > 0,05$). Οι δύο λεκάνες διέφεραν στατιστικά μόνο όσον αφορά τους αριθμούς του Hill N_0 και N_1 (T-test, $p < 0,05$), ενώ ο δείκτης ομοιογένειας Ριελου J' και οι άλλοι αριθμοί του Hill (N_2 και N_{inf}), δεν εμφάνισαν καμία στατιστικά σημαντική διαφορά (T-test, $p > 0,05$).



Σχήμα 3.1.15. Οι διαφοροί δείκτες ποικιλότητας στο επίπεδο του γένους των νηματωδών το 2009 και 2006 στις δύο λεκάνες, όπου: (Α) ο αριθμός των γενών, (Β) δείκτης ομοιογένειας Ριελου J' , οι αριθμοί του Hill (Γ) N_1 , (Δ) N_2 και (Ε) N_{inf} .



Σχήμα 3.1.16. Διαγράμματα καμπυλών με την μέθοδο rarefraction το 2009 και 2006 στις δύο λεκάνες.

3.1.3.4. Συσχετίσεις

Ο συντελεστής συσχέτισης R του Spearman (πίνακας 3.1.9) εφαρμόστηκε μεταξύ των δεικτών ποικιλότητας, των χαρακτηριστικών γενών και των περιβαλλοντικών παραμέτρων τις χρονιές 2006 και 2009 και για τις δύο λεκάνες. Τα 8 γένη που εξετάστηκαν ήταν αυτά που συνέστησαν το 70% της συνολικής αφθονίας (*Thalassomonhystera*, *Acantholaimus*, *Syringolaimus*, *Halalaimus*, *Antomicron*, *Sphaerolaimus*, *Metasphaerolaimus*, *Molgolaimus*). Οι περιβαλλοντικοί παράμετροι που συμμετείχαν στην ανάλυση ήταν οι χλωροφυλλούχες χρωστικές (χλωροφύλλη α, φαιοχρωστικές, CPE, ο λόγος χλωροφύλλη α/CPE), ο οργανικός άνθρακας και το βάθος, ενώ χρησιμοποιήθηκαν οι δείκτες ποικιλότητας που παρουσιάστηκαν παραπάνω.

Τα γένη έδειξαν να συσχετίζονται με τις περιβαλλοντικές παραμέτρους, εκτός από τα γένη *Syringolaimus* και *Molgolaimus* που δεν εμφάνισαν καμία συσχέτιση. Ειδικότερα, τα γένη *Acantholaimus*, *Thalassomonhystera*, *Sphaerolaimus* και *Antomicron* συσχετίζονται θετικά με όλες σχεδόν τις παραμέτρους με το λόγο χλωροφύλλης α/ CPE να αποτελεί εξαίρεση. Το γένος *Metasphaerolaimus* εμφάνισε παρόμοιο πρότυπο συσχέτισης με τα παραπάνω είδη με την διαφορά ότι η

συσχέτιση ήταν αρνητική. Με τον λόγο χλωροφύλλης α/CPE συσχετίζεται αρνητικά μόνο το γένος *Halalaimus*.

Πίνακας 3.1.9. Συντελεστής συσχέτισης R του Spearman μεταξύ των διαφόρων περιβαλλοντικών παραμέτρων, των χαρακτηριστικότερων γενών των νηματωδών και των δεικτών ποικιλότητας στους σταθμούς των δύο λεκανών και για τις δύο χρονιές. Με "*" το $p < 0,05$ και "**" το $p < 0,01$ απεικονίζονται οι στατιστικά σημαντικές σχέσεις.

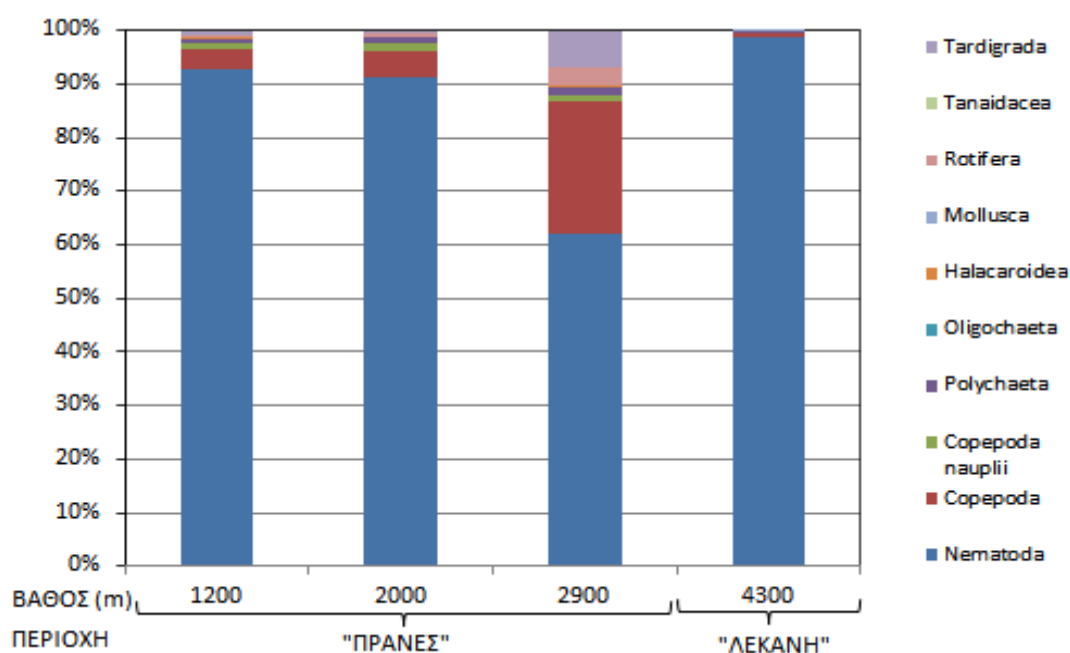
		Χλωροφύλλη α	Φαιοχρωστικά	CPE	Χλωρ. α/CPE	Οργανικός Άνθρακας	Βάθος
Γένη	<i>Acantholaimus</i>	0,735*	0,735*	0,735*	0,735*	-0,518	0,880**
	<i>Thalassomonhystera</i>	0,868**	0,868**	0,868**	0,868**	-0,337	0,916**
	<i>Syringolaimus</i>	0,337	0,337	0,337	0,554	-0,265	0,554
	<i>Sphaerolaimus</i>	0,952**	0,952**	0,952**	0,880**	-0,301	0,807*
	<i>Antomicron</i>	0,759*	0,759*	0,759*	0,783*	-0,205	0,711*
	<i>Molgolaimus</i>	-0,148	-0,148	-0,148	-0,222	-0,172	-0,271
	<i>Metasphaerolaimus</i>	-0,840**	-0,840**	-0,840**	-0,741*	0,296	-0,889**
	<i>Halalaimus</i>	0,313	0,313	0,313	0,096	-0,843**	0,410
Δείκτες ποικιλότητας	N_0	-0,726*	-0,726*	-0,726*	-0,579	0,567	-0,823*
	J	-0,481	-0,481	-0,481	-0,361	-0,144	-0,433
	N_1	-0,880**	-0,880**	-0,880**	-0,735*	0,349	-0,855**
	N_2	-0,638	-0,638	-0,638	-0,494	0,156	-0,662
	N_{inf}	-0,482	-0,481	-0,482	-0,361	-0,145	-0,434

Ο δείκτης J' και οι αριθμοί του HILL N_2 και N_{inf} δεν έδειξαν να συσχετίζονται με καμία περιβαλλοντική παράμετρο. Οι αριθμοί του HILL N_0 και N_1 παρουσιάζουν αρνητική συσχέτιση με το βάθος και τις χλωροφυλλούχες χρωστικές, εκτός από τον λόγο χλωροφύλλης α/ CPE. Ο οργανικός άνθρακας συσχίζεται αρνητικά μόνο με τον αριθμό HILL N_1 .

3.2. Σύγκριση της μειοπανίδας σε διαφορετικά βάθη

3.2.1. Κατανομή της αφθονίας των μειοπανιδικών τάξεων

Στα πρηνή της λεκάνης της Ιεράπετρας εξετάστηκαν τρία διαφορετικά βάθη (1200 m, 2000 m, 2900 m) και συγκρίθηκαν με ένα σταθμό μέσα στη λεκάνη (4300 m) (σχήμα 3.2.1.). Η ταξινομική ομάδα των νηματωδών ήταν η πιο άφθονη με ποσοστό παρουσίας πάνω από 60%. Το μικρότερο ποσοστό συμμετοχή τους (62%)



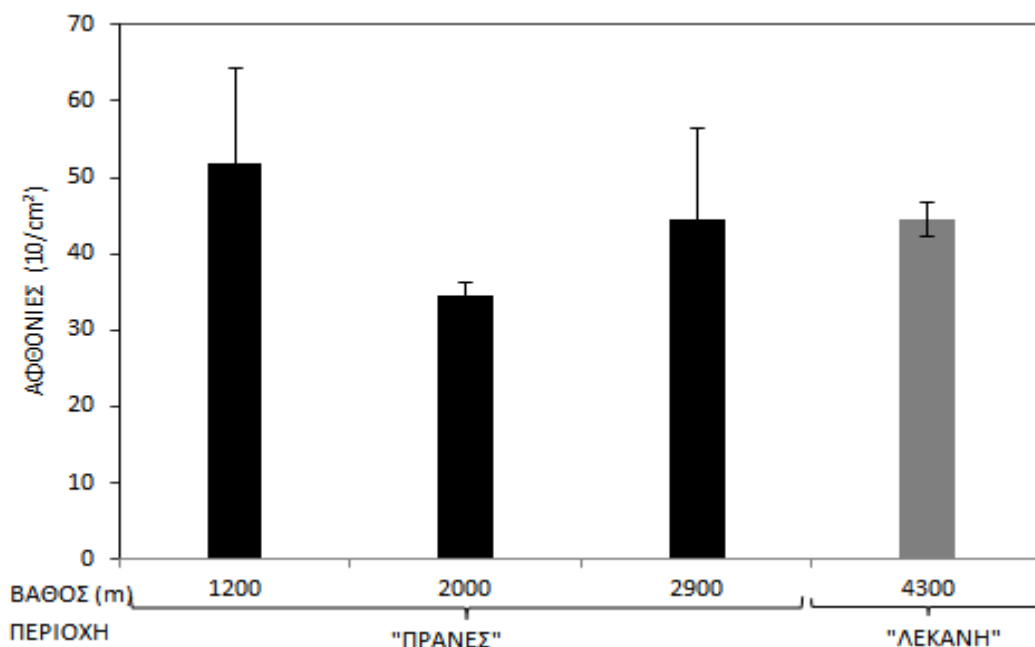
Σχήμα 3.2.1. Η μέση ποσοστιαία (%) συμμετοχή των κύριων ταξινομικών ομάδων των μειοπανιδικών οργανισμών σε τρία διαφορετικά βάθη στα πρηνή και σε έναν σταθμό μέσα στη λεκάνη.

βρέθηκε στο σταθμό των 2900 m, ενώ κυριάρχησε με ποσοστό 95% στο σταθμό μέσα στη λεκάνη.

Η επόμενη πιο άφθονη ομάδα ήταν τα αρπακτικοειδή κωπήποδα, τόσο τα ενήλικα όσο και οι ναυπλιοί τους. Σε αντίθεση με του νηματώδεις, τα κωπήποδα παρουσίασαν το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής (26%) στα 2900 m και το μικρότερο (3%) στα 4300 m.

Όλες οι άλλες ταξινομικές ομάδες βρέθηκαν σε πολύ μικρούς αριθμούς, και για αυτό το λόγο αναφέρονται μόνο επιγραμματικά. Ανάμεσα σε αυτές τις ομάδες συγκαταλέγονται οι πολύχαιτοι, τα ακάρεια και οι ολιγόχαιτοι, τα τροχόζωα και τα

βραδύπορα με ποσοστό παρουσίας γύρω στο 1% σε όλους τους σταθμούς. Μόνη εξαίρεση είναι οι ομάδες των τροχόζων και των βραδύπορων, που είχαν ελαφρώς αυξημένιστο σταθμό παρουσία με ποσοστά (6%) και (3%) αντίστοιχα.



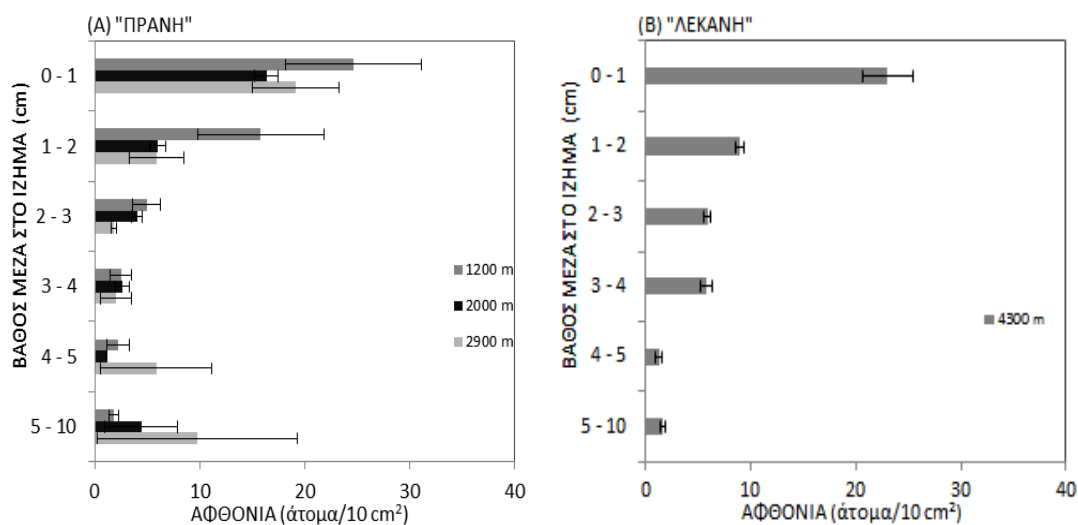
Σχήμα 3.2.2. Η διακύμανση της συνολικής αφθονίας των μειοπανιδικών οργανισμών ανά 10cm² επιφάνειας σε τρία διαφορετικά βάθη στα πρανή και σε ένα σταθμό μέσα στη λεκάνη.

Η συνολική αφθονία των μειοπανιδικών οργανισμών για τους προαναφερόμενους σταθμούς δίνεται στο σχήμα 3.2.2. Παρατηρήθηκε ότι ο σταθμός των 1200 m είχε τη μεγαλύτερη αφθονία (52 άτομα/cm²), ενώ ο σταθμός μέσα τη λεκάνη είχε τη μικρότερη (33 άτομα/cm²). Η αφθονία στα 2000 m (35 άτομα/cm²) κυμάνθηκε στα ίδια επίπεδα με τον σταθμό με τη μικρότερη αφθονία. Οι σταθμοί δεν έδειξε να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους ούτε ως προς συνολική αφθονία των ταξινομικών ομάδων ούτε κάποια συγκεκριμένη ομάδα (ANOVA, $p > 0,05$).

3.2.1.1. Κατακόρυφη κατανομή της αφθονίας των μειοπανιδικών ταξινομικών ομάδων μέσα στο ιζημα.

Στην εικόνα 3.2.4. εμφανίζεται η κατακόρυφη κατανομή της αφθονίας των μειοπανιδικών ομάδων στα διάφορα στρώματα του ιζήματος. Στο πρώτο εκατοστό

του επιφανειακού στρώματος συγκεντρώθηκε γύρω στο 47% της συνολικής αφθονίας.



Εικόνα 3.2.4. Η διακύμανση της συνολικής αφθονίας των μειοπανιδικών ομάδων ανά 10cm² επιφάνειας στα διάφορα στρώματα του ιζήματος: (Α) για τα τρία διαφορετικά βάθη στα πρανή της λεκάνης και (Β) για το σταθμό μέσα στη λεκάνη.

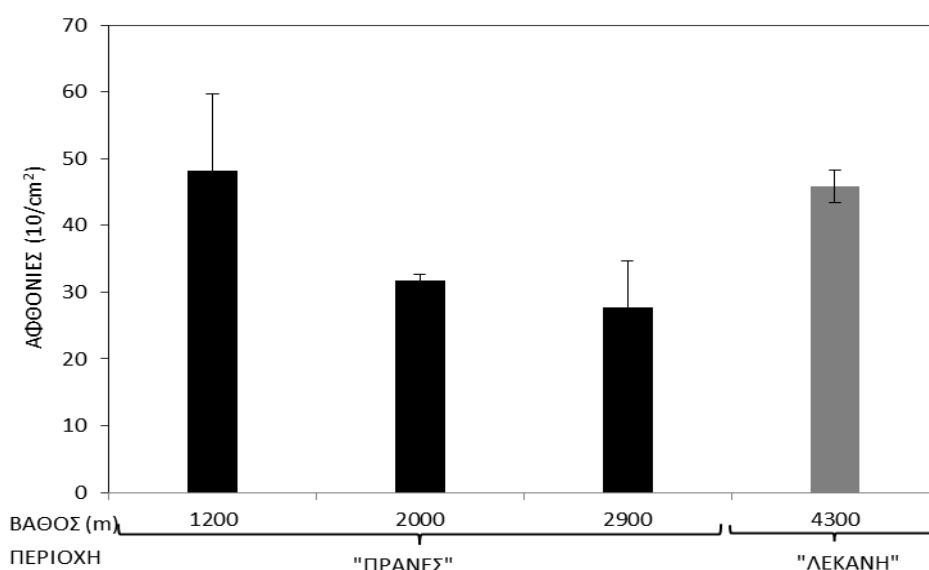
Στο επόμενο εκατοστό του ιζήματος (1-2 cm) τα ποσοστά παρουσίας ήταν λίγο διαφοροποιημένα ανάμεσα στους σταθμούς, δηλαδή στα 1200 m οι οργανισμοί είχαν το μεγαλύτερο ποσοστό παρουσίας με 33 % και οι υπόλοιποι κυμάνθηκαν από 13 % στο σταθμό των 2000 m μέχρι 19 % μέσα στην λεκάνη. Τα τελευταία πέντε εκατοστά παρουσιάζονται ενοποιημένα, επειδή κατά την διαδικασία της δειγματοληψίας πάρθηκαν όλα μαζί. Στο σταθμό των 2900 m εντύπωση προκαλεί η αύξηση της αφθονίας στο πέμπτο εκατοστό και στο στρώμα 5-10 cm και έχουν σημαντική διαφορά από τα ίδια στρώματα των άλλων σταθμών. Η στατιστική ανάλυση (πίνακας 3.2.1) έδειξε ότι η διαφορά ανάμεσα στα διάφορα εκατοστά ήταν σημαντική στατιστικά (two way-ANOVA, $p < 0,001$). Η κατακόρυφη κατανομή της αφθονίας δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στους σταθμούς.

Πίνακας 3.2.1. Αποτελέσματα 2 way-ANOVA για τη κατακόρυφη κατανομή της συνολικής μειοπανιδικής αφθονίας σε συνάρτηση με το βάθος.

Παράγοντες	df	Ms	F	p-value
Βάθος	3	0,037	0,439	ns
Κατακόρυφη κατανομή	5	1,143	13,688	< 0,001
Βάθος * Κατακόρυφη κατανομή	15	0,057	0,687	ns

3.2.1.2. Οριζόντια κατανομή της αφθονίας της ομάδας νηματωδών

Γενικά, παρατηρήθηκε ότι η αφθονία της ομάδας των νηματωδών μειώνεται όσο αυξάνεται το βάθος στο πρανές (σχήμα 3.2.3), όμως αυξάνεται στο σταθμό μέσα στην λεκάνη (46 άτομα/cm²) στα επίπεδα του σταθμού των 1200 m (48 άτομα/cm²). Ο συγκεκριμένος σταθμός εμφανίζει τη μεγαλύτερη αφθονία στους νηματώδεις, όπως έγινε και με τη συνολική αφθονία των ταξινομικών ομάδων. Στο βαθύτερο σταθμό στα πρανή παρουσιάστηκε η μικρότερη (28 άτομα/cm²). Οι σταθμοί δεν διέφεραν στατιστικά (ANOVA, p >0,05).

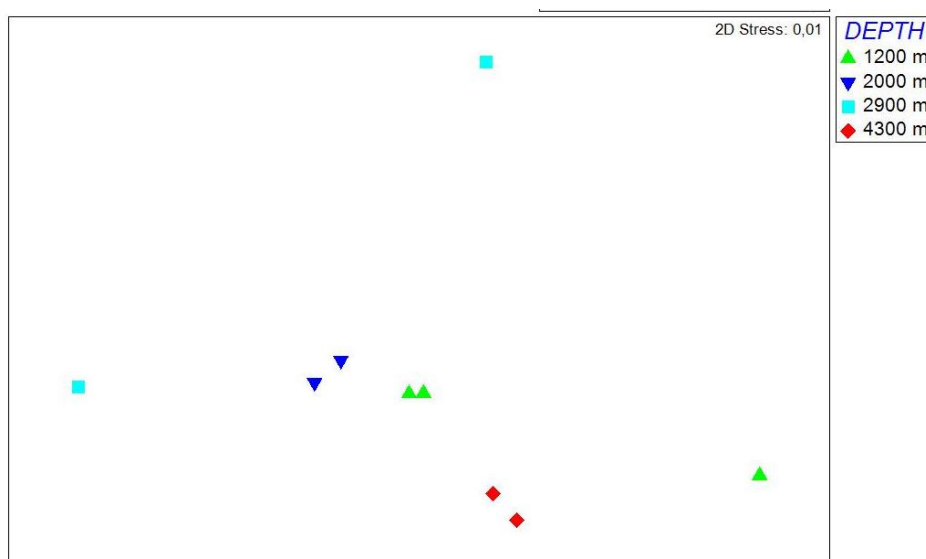


Σχήμα 3.2.3. Η διακύμανση της αφθονίας των νηματωδών ανά 10cm² επιφάνειας στα τρία διαφορετικά βάθη στα πρανή της λεκάνης και σε ένα σταθμό μέσα στη λεκάνη.

3.2.1.3. Πολυπαραγοντικές Αναλύσεις

Στην συνολική αφθονία των μειοπανιδικών οργανισμών εφαρμόστηκε η μέθοδος "MDS" (εικόνα 3.2.5.). Το αποτέλεσμα της μεθόδου, η οποία είχε παρά πολύ καλό επίπεδο αξιοπιστίας (stress: 0,01), δεν έδειξε κάποια σαφή ομαδοποίηση, οπότε χρησιμοποιήθηκε η ομαδοποίηση βάση των σταθμών. Η

εφαρμογή της μεθόδου ανάλυση ομοιότητας (ANOSIM) έδειξε ότι η ομαδοποίηση δεν είναι σημαντική (R: 0,2 και επίπεδο σημαντικότητας 13,9%).



Σχήμα 3.2.5. Διάγραμμα MDS για το σύνολο των μειοπανιδικών στα τρία διαφορετικά βάθη (1200 , 2000 m, 2900 m) στα πρνή της λεκάνης και μέσα την λεκάνη (4300 m). Στα δεδομένα εφαρμόστηκε μετασχηματισμός $\log(x+1)$.

3.2.2. Βιοκοινότητες

3.2.2.1 Δομή

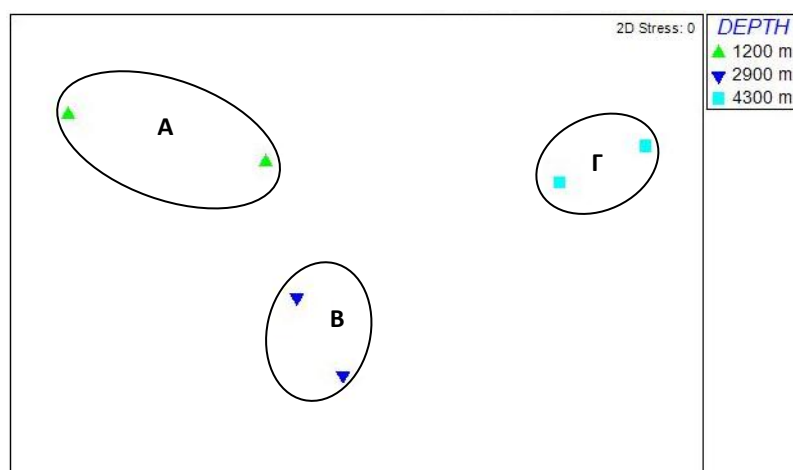
Προσδιορίστηκαν συνολικά 588 άτομα μέχρι το επίπεδο του γένους στους σταθμούς με βάθος 1200 m και 2900 m στο πρνή της λεκάνης και στο σταθμό μέσα στην λεκάνη στα 4300 m. Στην ανάλυση δεν συμπεριλήφθηκε ο σταθμός των 2000 m, επειδή δεν ήταν επαρκεί τα χρονικά περιθώρια για την ανάλυση του σε αυτό το επίπεδο. Τα άτομα αυτά κατανεμήθηκαν σε 22 οικογένειες και 55 διαφορετικά γένη νηματωδών. Περίπου το 55% της συνολικής αφθονίας των νηματωδών συνίσταται από 6 γένη (*Thalassomonhystera*, *Acantholaimus*, *Halalaimus*, *Metasphaerolaimus*, *Sphaerolaimus*, *Syringolaimus*), ενώ το υπόλοιπο ποσοστό καταλαμβάνεται από τα άλλα 47 γένη.

Στο σταθμό των 1200 m (σχήμα 3.2.6.) βρέθηκαν 45 γένη και τα γένη με τα υψηλότερα ποσοστά ήταν τα *Thalassomonhystera* (11%), *Acantholaimus* (10%),

Παρατηρείται ότι ο αριθμός των γενών είναι ο μεγαλύτερος στο ρηχό σταθμό και μειώνεται όσο αυξάνεται το βάθος μέχρι να φτάσει σχεδόν στο ένα τρίτο των γενών στο σταθμό μέσα στην λεκάνη. Το γένος *Thalassomonhystera* βρίσκεται ανάμεσα στα κυρίαρχα σε όλους τους σταθμούς και τα ποσοστά παρουσίας του σχεδόν διπλασιάζονται στο πιο βαθύ σταθμό. Οι δύο σταθμοί που βρίσκονται στα πρανή της λεκάνης αν και έχουν διαφορετικό αριθμό γενών, δείχνει ότι τα κυρίαρχα γένη είναι παρόμοια αλλά συμμετέχουν με διαφορετικά ποσοστά, ενώ ο σταθμός μέσα στην λεκάνη διαφοροποιείται ως προς τα κυρίαρχα γένη.

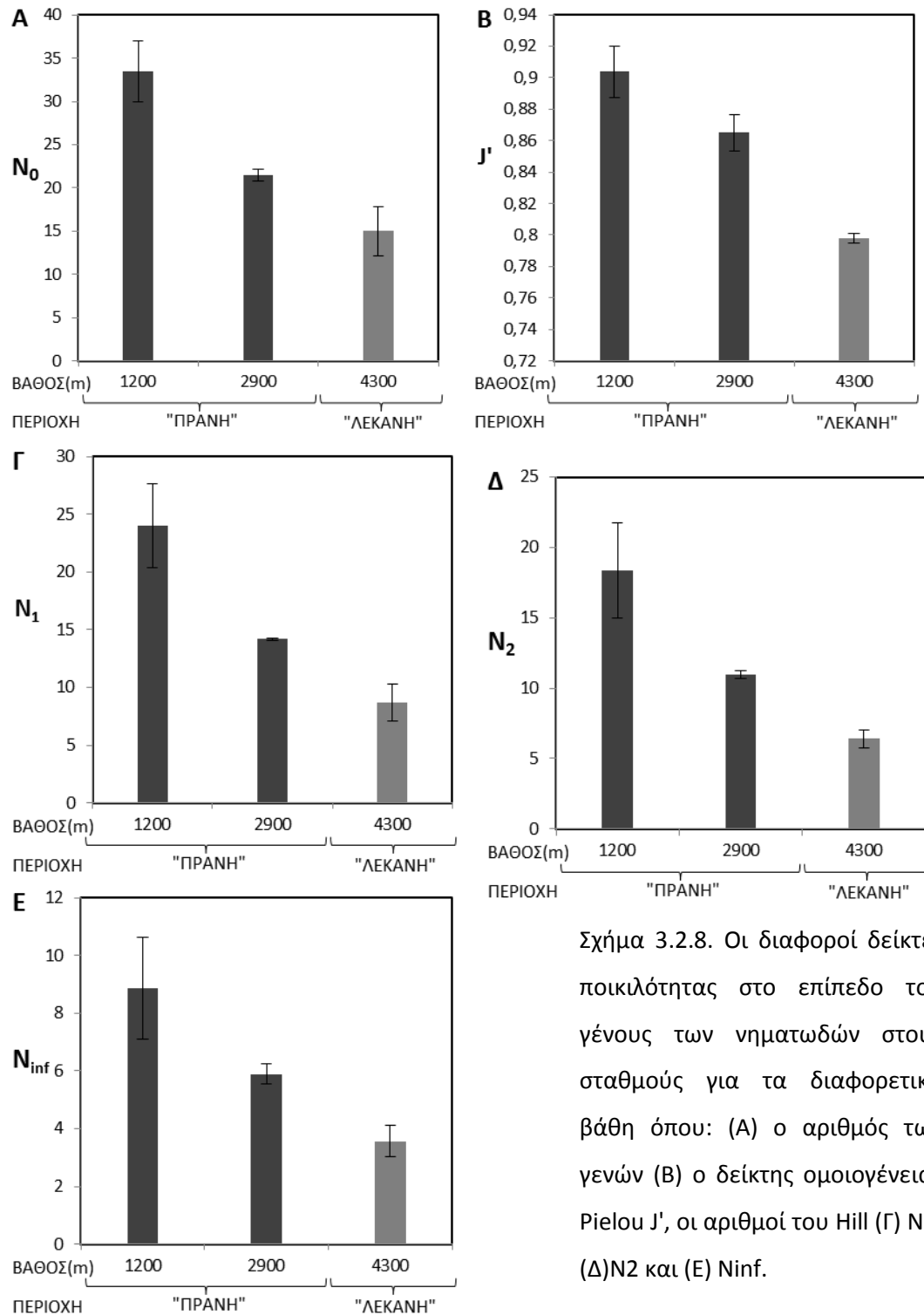
3.2.2.2 Πολυπαραγοντικές αναλύσεις

Στο διάγραμμα του σχήματος 3.2.7. απεικονίζεται η μέθοδος πολυδιάστατης διευθέτησης (MDS) των παραπάνω δεδομένων. Η μέθοδος είχε πάρα πολύ καλό επίπεδο αξιοπιστίας (stress: 0) και παρατηρείται ότι σχηματίζονται τρεις ομάδες. Στην μία ομάδα (A) ανήκουν τα δείγματα από τον σταθμό που βρίσκεται στα 1200 m, ενώ στις άλλες δύο (B) και (Γ) περιλαμβάνονται τα δείγματα από τους σταθμούς των 2900 m και 4300 m αντίστοιχα. Στα δεδομένα, που περιγράφηκαν παραπάνω, έγινε η ανάλυση ομοιότητας (ANOSIM), και έδειξε ότι υπάρχει ομοιότητα (R: 0,94 και επίπεδο σημαντικότητας 6,7 %).



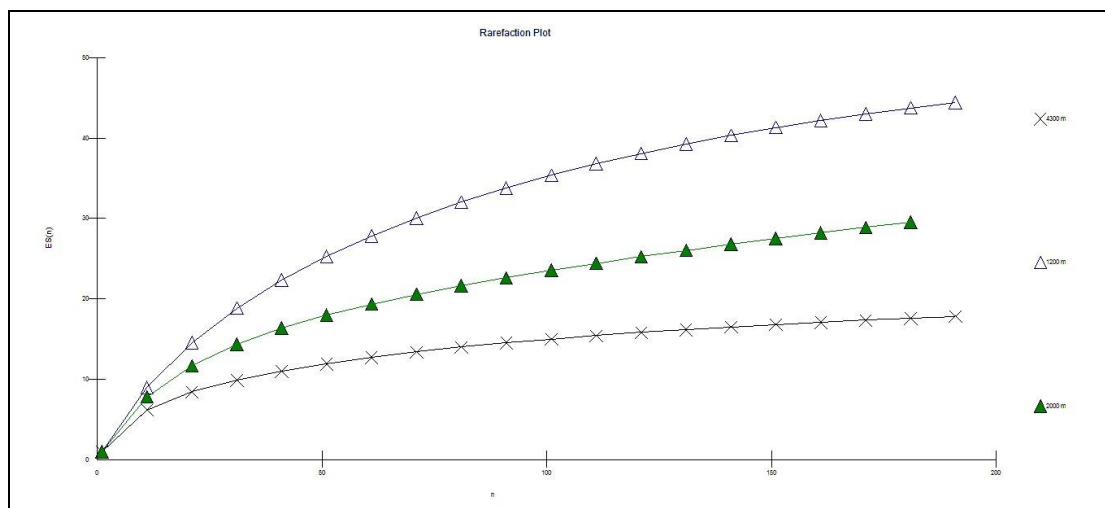
Σχήμα 3.2.7. Διάγραμμα MDS των γενών των νηματωδών σε δύο διαφορετικά βάθη (1200 m, 2900 m) στα πρανή της λεκάνης και μέσα την λεκάνη (4300 m). Στα δεδομένα δεν εφαρμόστηκε μετασχηματισμός $\log(x+1)$.

3.2.2.3 Πρότυπα Ποικιλότητας



Σχήμα 3.2.8. Οι διαφοροί δείκτες ποικιλότητας στο επίπεδο του γένους των νηματωδών στους σταθμούς για τα διαφορετικά βάθη όπου: (Α) ο αριθμός των γενών (Β) ο δείκτης ομοιογένειας Pielou J' , οι αριθμοί του Hill (Γ) N_1 , (Δ) N_2 και (Ε) N_{inf} .

Στο σχήμα 3.2.8. δίνονται ο δείκτες βιοποικιλότητας, οι οποίοι υπολογίστηκαν με βάση το γένος των νηματωδών. Μεγαλύτερη ποικιλότητα εμφανίζει ο σταθμός που βρίσκεται στα 1200 m, ενώ την μικρότερη ο σταθμός που είναι μέσα στην λεκάνη. Παρόμοιο αποτέλεσμα παρατηρήθηκαν στο σχήμα 3.2.9. Γενικά, δεν βρέθηκε να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στους δείκτες ποικιλότητας ανάμεσα στους διάφορους σταθμούς (ANOVA, $p > 0,05$).



Σχήμα 3.2.9. Διαγράμματα καμπυλών με την μέθοδο rarefraction σε δύο διαφορετικά βάθη (1200 m, 2900 m) στα πρανή της λεκάνης και μέσα την λεκάνη (4300 m).

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1. Περιβαλλοντικοί Παράμετροι

Ο οργανικός άνθρακας δεν παρουσίασε σημαντικές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στις δύο χρονιές στη λεκάνη της Ιεράπετρας και στη λεκάνη του Πλίνιου. Σε αντίθεση, οι χλωροφυλλούχες φάνηκε ότι την χρονιά 2006 είχαν πολύ πιο μικρές τιμές από την χρονιά 2009 και στις δύο λεκάνες. Συγκρίνοντας την λεκάνη της Ιεράπετρας και την Πλίνιο πεδιάδα παρατηρήθηκε ότι η πρώτη είχε πιο αυξημένες τιμές των περιβαλλοντικών παραμέτρων σε σχέση με την δεύτερη. Όσον αφορά την κατακόρυφη κατανομή μέσα στο ίζημα και οι δύο παράμετροι μειώνονται όσο αυξάνεται το βάθος. Η μείωση αυτή γίνεται πιο φανερή στις συγκεντρώσεις του CPE.

Παρακολουθώντας τη λεκάνη της Ιεράπετρας σε μεγαλύτερη χρονική κλίμακα γίνεται φανερό ότι σε γενικές γραμμές χαρακτηρίζεται από χαμηλή διαθεσιμότητα τροφής. Ωστόσο, μια σημαντική αύξηση περίπου δύο τάξεις μεγέθους παρατηρήθηκε στις τιμές του CPE το 1993 (22,7 μg/g). Οι τιμές του CPE φαίνεται να μειώνονται σταδιακά κατά την διάρκεια του χρόνου μέχρι να φτάσουν τη φυσιολογική τους τιμή περίπου 1,3 μg/g το 2006.

Οι χλωροφυλλούχες χρωστικές και ο οργανικός άνθρακας αποτελούν δείκτες για την διαθεσιμότητα της τροφής. Εντούτοις, οι χλωροφυλλούχες χρωστικές δείχνουν την ποσότητα του οργανικού άνθρακα που προέρχεται από την πρωτογενή παραγωγή και θεωρούνται καλύτερος δείκτης για την τροφή (Barnes & Hughes 1982), ενώ ο οργανικός άνθρακας δεν είναι πολύ αντιπροσωπευτικός δείκτης, επειδή περιέχει συστατικά που δεν είναι άμεσα διαθέσιμα στους βενθικούς οργανισμούς (Tselupidis & Lampadariou 2004).

4.2. Μειοπανιδικές Αφθονίες και περιβαλλοντικοί παράμετροι

Η συνολική αφθονία των μειοπανιδικών οργανισμών της υπό μελέτης περιοχής συμβαδίζει με αποτελέσματα ερευνών που έχουν γίνει στο βαθύαλο οικοσύστημα της ανατολικής Μεσογείου (Danovaro et al., 1995a,b; Danovaro et al.,

2000, Lampadariou & Tselepides, 2000; Tselepides & Lampadariou, 2004; Tselepides et al., 2004; Lampadariou & Tselepides, 2006; Gambi & Danovaro 2006, Lampadariou et al., 2009). Οι τιμές της συνολικής αφθονίας κυμαίνονται από 18 άτομα/10 cm² έως 158 άτομα/10 cm² και είναι πολύ μικρότερες σε σχέση με άλλες βαθιές θάλασσες. Η αφθονία στην βαθιά θάλασσα του ανατολικού Ατλαντικού είναι 2 με 3 φορές μεγαλύτερη (Vinx et al., 1994). Αυτό ισχύει και για τις αβυσσικές περιοχές του Ειρηνικού (Shirayama, 1984). Επίσης, τα επίπεδα των μειοβενθικών αφθονιών είναι υψηλότερα σε βαθύαλα οικοσυστήματα της δυτικής Μεσόγειου και συγκεκριμένα στον κόλπο των Λεόντων (de Bonève et al., 1990; Danovaro et al., 1999) και στην Κορσική (Soertaert et al., 1991). Επιπλέον, η Ελληνική και η Πλίνιος τάφρος (3744-4617 m βάθος) δεν ακολουθούν το γενικό πρότυπο που ισχύει στην Ανατολική Μεσόγειο, αφού η αφθονία των μειοπανιδικών οργανισμών είναι υψηλή σε σχέση με της γειτονικές αβυσσικές περιοχές (<3000 m βάθος) (Tselepides and Lampadariou, 2004).

Συγκρίνοντας την αφθονία των μειοπανιδικών ομάδων τις χρονιές 2006 και 2009 για τις λεκάνες της Ιεράπετρας και του Πλίνιου παρατηρήθηκε ότι οι μειοβενθικές αφθονίες δεν διαφοροποιούνται μεταξύ τους. Επίσης, οι συγκεντρώσεις του οργανικού άνθρακα δεν διέφεραν μεταξύ των χρονιών. Σε αντίθεση οι χλωροφυλλούχες χρωστικές ήταν πιο αυξημένες την χρονιά 2009 από το 2006 και στις δύο λεκάνες. Οι πανιδικές αφθονίες και βιομάζα είναι στενά συνδεδεμένες με την ποσότητα και την ποιότητα του οργανικού υλικού (Pfannkunche, 1985 Soertaert et al. 1991, 1997, Danovaro et al., 2000). Οι Tselepides & Lampadariou (2004) μελέτησαν της μειοβενθικές συνευρέσεις σε ιζήματα των βαθύαλων και αβυσσικών οικοσυστημάτων της ανατολικής Μεσογείου. Σχεδόν σε όλες τις περιοχές οι μειοβενθικές αφθονίες παρουσίασαν παρόμοιο πρότυπο με της χλωροφυλλούχες χρωστικές, εκτός από τον σταθμό στην Πλίνιο τάφρο. Η Πλίνιος και η Ελληνική τάφρος βρέθηκαν να λειτουργούν ως παγίδες της οργανικής ύλης, υποστηρίζοντας έτσι μειοπανιδικές αφθονίες παρόμοιες με αυτές που απαντώνται σε μικτότερα βάθη. Επίσης συντηρούν μικροβιακή δραστηριότητα που μπορεί να ξεπεράσει αυτές των αβυσσικών πεδιάδων (Boetius et al., 1996).

Από το 1987 πραγματοποιούνται μακροπρόθεσμες μελέτες των αβυσικών βενθικών κοινοτήτων στην λεκάνη της Ιεράπετρας, που βρίσκεται στα νότια της Κρήτης (4300 m βάθος). Γενικά, η Ανατολική Μεσόγειος είναι μία από τις πιο ολιγοτροφικές περιοχές των ωκεάνιων συστημάτων (Krom et al., 1991; Tselepidis et al., 2000α), το οποίο υποδεικνύεται από τις χαμηλές συγκέντρωσης του CPE. Εξετάζοντας τι διαφορετικές χρονικές στιγμές για πάνω από μία δεκαετία γίνεται αντιληπτή η ενδεικτική χαμηλή αφθονία των μειοβενθικών οργανισμών. Εξαιρέση αποτέλεσε το 1993, όπου υπήρξε ιδιαίτερα σημαντική αύξηση των αφθονιών. Επίσης, την χρονιά αυτή παρατηρήθηκαν ασυνήθιστα αυξημένες τιμές του CPE. Όπως έχει παρατηρηθεί οι υδρολογικές αλλαγές στην ανατολική Μεσόγειο προκάλεσαν αύξηση των θρεπτικών στα στρώματα στην βαθιά θάλασσα της Λεβαντίνης (Roether et al., 1996; Theocharis et al., 1999). Σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες η αυξημένη ροή θρεπτικών προκάλεσε αλλαγές στην αφθονία και την σύνθεση τόσο των μειοβενθικών συναθροίσεων (Tselepidis & Lampadariou, 2004; Lampadariou et al., 2009) όσο των πλαγκτονικών και μακροβενθικών συνευρέσεων (Weikert et al., 2001; Kröncke et al., 2003).

Οι μειοπανιδικοί οργανισμοί όταν εξετάστηκαν ως προς την βαθυμετρική τους κατανομή έδειξαν ότι δεν ακολουθούν το γενικό πρότυπο της μείωσης των αφθονιών όσο αυξάνετε το βάθος μέσα στο νερό. Ειδικότερα, στη βαθυμετρική διατομή (1200 m, 2000 m, 2900 m και 4300 m) στα πρηνή της λεκάνη της Ιεράπετρας η συνολική αφθονία των μειοπανιδικών οργανισμών δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά. Επιπλέον, η Πλίνιος (2900 m) πεδιάδα είχε πιο μειωμένη αφθονία σε σχέση με τη λεκάνη της Ιεράπετρας. Ο οργανικός άνθρακας και οι χλωροφυλλούχες χρωστικές παρουσίασαν παρόμοιο πρότυπο με αυτό της αφθονία των νηματωδών. Ο στατιστικός έλεγχος έδειξε ότι οι λεκάνες διαφέρουν ως προς την αφθονία της μειοπανίδας και ως προς τις περιβαλλοντικές παραμέτρους.

Γενικό χαρακτηριστικό του μειοβένθους είναι η μείωση της συνολικής αφθονίας του συναρτήσει του βάθους (Thiel, 1983; Tietjen, 1992, Vincx et al., 1994). Στην Μεσόγειο φαίνεται ότι ισχύει το πρότυπο αυτό (Soetaert et al., 1991; de Bonvè et al., 1990). Στο Κρητικό Πέλαγος βρέθηκαν παρόμοιο αποτελέσματα (Tselepidis &

Lampadariou, 2000; Lampadariou, 2001). Στο Βόρειο Αιγαίο Πέλαγος, από την άλλη, παρατηρήθηκαν, αντικρουόμενα αποτελέσματα, αφού οι αφθονίες παρέμεναν σταθερές από το επίπεδο της υφαλοκρηπίδας μέχρι το βαθύτερο σημείο της λεκάνης (Lampadariou, 2001). Αποκλίσεις από το γενικό κανόνα έχουν παρατηρηθεί σε περιοχές που χαρακτηρίζονται ως «κέντρα» συσσώρευσης οργανικών υλικών, στις οποίες το CPE και οι μειοβενθικές αφθονίες παρουσιάζουν μέγιστο στις τιμές τους στα μεσαία βάθη της ηπειρωτικής κατωφέρειας. Μία από αυτές είναι η περιοχή ανάβλυσης στη βοριοδυτική Αφρική (Thiel, 1978; 1983) και η περιοχή SEEP έξω από Νέα Αγγλία (Rowe et al., 1988; Kemp, 1994).

Η λεκάνη της Ιεράπετρας θεωρείται ως μια περιοχή συσσώρευσης του οργανικού υλικού (Masclé et al., 1986). Οι περιοχές αυτές εμφανίζουν αυξημένη αφθονία σε σχέση με γειτονικές περιοχές του ίδιου βάθους. Η διαφορά ανάμεσα στις τιμές των περιβαλλοντικών παραμέτρων στις δύο λεκάνες θα μπορούσε να αποδοθεί σε αυτό το γεγονός. Όσον αφορά την μειοπανίδα, η διαθεσιμότητα της τροφής φαίνεται ότι είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που επηρεάζουν την αφθονία και την κατανομή της (Thiel, 1983; Gooday et al., 1992; Danovaro et al., 2000; Soltwedel, 2000). Οι μειοπανιδικές αφθονίες φαίνεται να επηρεάζονται από της μεταβολές του οργανικού άνθρακα και των χλωροφυλλούχων χρωστικών, όταν συγκρίνονται οι δύο λεκάνες. Ίσως για αυτό το λόγο η λεκάνη της Ιεράπετρας έχει μεγαλύτερη αφθονία σε σχέση με την Πλίνιο πεδιάδα και δεν ισχύει το γενικό βαθυμετρικό πρότυπο.

4.3. Κατακόρυφη Κατανομή της αφθονίας των μειοπανιδικών ομάδων

Οι περισσότερες μειοπανιδικές ομάδες δεν είχαν ούτε μεγάλες αφθονίες ούτε ήταν σημαντική η παρουσία τους στις μειοβενθικές συναθροίσεις και η πλειοψηφία των ατόμων τους περιορίστηκε στο πρώτο επιφανειακό στρώμα. Αντίθετα, η κυρίαρχη ομάδα των νηματωδών διείσδυσε πιο βαθιά στο ίζημα. Οι Lampadariou et al. (2009) βρήκαν παρόμοια αποτελέσματα εξετάζοντας δείγματα από την περιοχή της Ιεράπετρας και του Αιγαίου Πελάγους.

Οι μειοβενθικοί οργανισμοί συγκεντρώνονται στα πρώτα εκατοστά του ιζήματος (Heip et al., 1985; Shirayama, 1984; Soetaert et al., 1991) και στην συνέχεια μειώνονται, εκθετικά, στα βαθύτερα στρώματα (Ott et al., 1991). Στην ανατολική Μεσόγειο, η αφθονία και η βιομάζα της μειοπανίδας της βαθιάς θάλασσας γενικά μειώνεται απότομα με την αύξηση του βάθους μέσα στο ίζημα (Danovaro et al., 1995; 2000, Tselepides et al, 2000). Το πρότυπο αυτό φάνηκε να επιβεβαιώνεται, αφού το 50% των ατόμων εντοπίζεται στο πρώτο εκατοστό και στην συνέχεια μειώνεται. Η κατανομή των τιμών του CPE και του οργανικού άνθρακα μέσα στο ίζημα ακλουθεί αυτήν των αφθονιών της μειοπανίδας. Ενδιαφέρον αποτελεί και το γεγονός ότι το πρότυπο των τιμών του CPE ήταν παρόμοιο με αυτό της αφθονίας. Ο Lampradariou et al. (2009) παρατήρησε κάτι ανάλογο, όταν σύγκρινε τη κάθετη κατανομή της μειοπανίδας και με το κατακόρυφο προφίλ των φαιοχρωστικών και της βακτηριακής πυκνότητας.

Η διείδυση των μειοπανιδικών οργανισμών μέσα στο ίζημα επηρεάζεται κυρίως από την διαθεσιμότητα της οργανικής ύλης και του οξυγόνου. (Thiel, 1983; Shirayama, 1984b; Danovaro et al., 1995; Vanreusel et al., 1995). Το δυναμικό οξειδοαναγωγής δεν έδειξε να επηρεάζει την κατακόρυφη κατανομή στο Βόρειο και Νότιο Αιγαίο Πέλαγος ή στη λεκάνη της Ιεράπετρας (Lampradariou, 2009) και έχει παρατηρηθεί ότι στο Κρητικό Πέλαγος το ίζημα οξυγονώνεται καλά μέχρι τα 10-12 εκατοστά βάθος (Tselepides & Eleftheriou 1992). Οι Lamdshead et al. (1995) υποστήριξαν ότι πιο σημαντικός παράγοντας είναι η διείδυση της τροφής στο ίζημα παρά του οξυγόνου.

4.4. Δομή της Βιοκοινότητας και Ποικιλότητα

Η βιοποικιλότητα είναι σημαντικό στοιχείο στις βενθικές κοινότητες της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας και της βαθιάς θάλασσας και συνδέεται με μία σειρά οικοσυστημικών λειτουργιών (Danovaro et al., 2008) Μέχρι τώρα λίγα είναι γνωστά για την ποικιλότητα των νηματωδών στην βαθιά θάλασσα της Μεσογείου. Λίγες είναι οι εργασίες που έχουν γίνει και περιορίζονται σε λίγες περιοχές στη Δυτική Μεσόγειο (Vitiello, 1976; Vivier, 1978; Soetaert et al., 1991b) και στο Αιγαίο

Πέλαγος (Lampadariou 2001, Lampadariou & Tselepides 2006). Πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι στη βαθειά και στη αβυσσική ζώνη ο αριθμός των ειδών και των γενών είναι παρομοίως μεταξύ της Μεσογείου και του Ατλαντικού (Danovaro et al., 2000). Επιπλέον, στο Αιγαίο Πέλαγος παρατηρήθηκε ότι η αφθονία είναι σε ίδια επίπεδα με αυτά του Ειρηνικού και του Ανταλτικού (Lampadariou & Tselepides, 2006).

Τα επικρατέστερα γένη που παρατηρήθηκαν στις περισσότερες περιπτώσεις ήταν τα *Thalassomonhystera*, *Acantholaimus*, *Halalaimus*, και *Syringolaimus*. Στο νότιο Αιγαίο τα κυρίαρχα γένη ήταν τα ίδια (Lampadariou & Tselepides, 2006). Οι Vanreusel et al. (2010) διατύπωσαν ότι τα γένη *Thalassomonhystera*, *Acantholaimus*, *Halalaimus* είναι κυρίαρχα σε αβυσσικά περιβάλλοντα. Σημαντικό στοιχείο είναι ότι ορισμένα κυρίαρχα γένη παρουσίασαν συσχέτιση με τους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Η μικρή ποικιλότητα στη λεκάνη της Ιεράπετρας την χρονιά 2009 ίσως θα μπορούσε να αποδοθεί στην κυριαρχία του *Thalassomonhystera* sp. (περίπου 30%).

Η ποικιλότητα των νηματωδών των υπό μελέτη περιοχών έδειξε ότι μειώνεται όσο αυξάνει το βάθος. Πιο συγκεκριμένα στο ρηχότερο σταθμό των 1200 m παρουσιάστηκε η μεγαλύτερη ποικιλότητα, η οποία μειωνόταν μέχρι την λεκάνη. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με παρόμοια που βρέθηκαν στην Μεσόγειο (Danovaro et al., 2008). Επίσης, η Πλίνιος πεδιάδα είχε μεγαλύτερη ποικιλότητα σε σχέση με την λεκάνη της Ιεράπετρας, ενώ βρέθηκε αρνητική συσχέτιση ανάμεσα στους αριθμούς του Hill N_0 , N_1 και το βάθος. Βάση ενός γενικευμένου πρότυπου της θαλάσσιας βιοποικιλότητας, ο αριθμός των ειδών αυξάνεται με τη αύξηση του βάθους μέχρι ένα μέγιστο αριθμό στα μέσα της ηπειρωτικής κατωφέρειας (περίπου στα 2000 m) και από το σημείο αυτό και μετά μειώνεται (Rex, 1981; Levin et al., 2001). Ωστόσο, άλλοι υποστηρίζουν ότι τα πρότυπα ποικιλότητας των νηματωδών μπορούν είτε να αυξηθούν είτε να μειωθούν με την αύξηση του βάθους και εξαρτώνται από το σύστημα που μελετάται (Bianchelli et al., 2009) και κυρίως από τα τοπογραφικά και οικολογικά χαρακτηριστικά (Danovaro et al., 2010).

Αξίζει να σημειωθεί το γεγονός ότι η χρονιά 2009 είχε μικρότερη ποικιλότητα σε σχέση με το 2006. Ενδιαφέρον είναι, επίσης, ότι τα πρότυπα της ποικιλότητας, όταν συγκρίθηκαν οι δύο λεκάνες και οι δύο χρονιές είναι αντίστροφα από τα

πρότυπα που παρουσιάστηκαν στις χλωροφυλλούχες χρωστικές, οι οποίες δείχνουν αρνητική συσχέτιση με τους αριθμούς του Hill N_0 και N_1 , και στη συνολική αφθονία των μειοπανιδικών ομάδων. Σε αντίθεση, οι Lampadariou & Tselepides (2006) σημείωσαν ότι οι νηματώδεις της βαθιάς θάλασσας τείνουν να συσχετίζονται θετικά με την διαθεσιμότητα της τροφής, όπως για παράδειγμα στο βόρειο Αιγαίο, που είχε μεγαλύτερη παραγωγικότητα και μεγαλύτερες τιμές ποικιλότητας από ότι το νότιο Αιγαίο.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Σε μικρή χρονική κλίμακα (χρονιές 2006 – 2009) δεν παρουσιάστηκαν μεταβολές στις μειοβενθικές αφθονίες στις δύο περιοχές μελέτης (Πλίνιο πεδιάδα και λεκάνη της Ιεράπετρας).
2. Σε μεγάλη χρονική κλίμακα (1993 – 2009) παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στις μειοβενθικές αφθονίες οι οποίες συνδέονται με αύξηση στις τιμές του CPE λόγω μεταβολών στα υδρολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής.
3. Για τον ίδιο λόγο, δεν παρουσιάστηκαν διαφοροποιήσεις ανάμεσα στους σταθμούς της διατομής στα πρηνή της λεκάνης της Ιεράπετρας (βάθη από 1200 έως 4300 m), γεγονός το οποίο έρχεται σε αντίθεση με τη συνήθη μείωση της αφθονίας του μειοβένθους με το βάθος.
4. Η βιοποικιλότητα των νηματωδών τη χρονιά 2006 είχε μεγαλύτερη ποικιλότητα από το 2009 και φάνηκε ότι μειώνεται όσο αυξάνει το βάθος.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΦΙΑ

- Austen M.C. & Warwick R.M., (1989). Comparison of univariate and multivariate aspects of estuarine meiobenthic community structure. *Estuar Coast Shelf Sci*, 29:23-42.
- Azov Y., (1986). Seasonal patterns of phytoplankton productivity and abundance in nearshore oligotrophic waters of the Levant Basin (Mediterranean). *J. Plankton Res.*, 8: 41–53.
- Barnes R.S.K. & Hughes R.N, (1982). *An Introduction to Marine Ecology*. Blackwell Science Publications, Oxford.
- Bethoux J.P., Gentili B., Morin P., Piere N. & Ruiz-Pino C., (1999). The Mediterranean Sea: a miniature ocean for climatic and environmental studies and a key for a climatic functioning of the North Atlantic. *Progr. Oceanogr.* 44, 131–146 .
- Bethoux J.P., Gentili B., Raunet B. & Tailliez D., (1990). Warming trend in the western Mediterranean deep water. *Nature* 347, 660–662.
- Bianchelli S., Gambi C., Zeppilli D. & Danovaro R. (2009). Metazoan meiofauna in deep-sea canyons and adjacent open slopes: A large-scale comparison with focus on the rare taxa. *Deep Sea Res I*, 57: 420–433.
- Billett D. S. M., & Rice, A. L. (2001). The BENGAL programme: introduction and review. *Progress in Oceanography*, 50:13–25.
- Billett D.S.M., Bett B.J., Reid W.D.K., Boorman B. & Priede, M., (2009). Long-term change in the abyssal NE Atlantic: The ‘Amperima Event’ revisited. *Deep Sea Research Part II*.
- Blanchard A.L., Feder H.M. & Hoberg M.K. (2010). Temporal variability of benthic communities in an 877 Alaskan glacial fjord, 1971–2007. *Marine Environmental Research*, 69: 95-107.
- Boetius A., Scheibe S., Tselepides A. & Thiel H., (1996). Microbial biomass and activities in deep sea sediments of the Eastern Mediterranean: trenches are benthic hotspots. *Deep-Sea Research I*, 43: 1439-1460.
- Byers S.C., Mills E.L. & Stewart P.L., (1978). A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments with suggestions for a standard method. *Hydrobiologia*, 58:43-47.
- Danovaro R., Company J.B., Corinaldesi C., D’Onghia G., Galil B., Gambi C., Gooday A., Lampadariou N., Luna G.A., Morigi C., Olu k., Plymenakou P., Ramirez-Llodra E., Sabbatini A., Sarda F., Siduet M. & Tselepides A., (2010). Deep-Sea Biodiversity in the

- Mediterranean Sea: The Known, the Unknown, and the Unknowable. *Plos one.*, 5(8):e11832.
- Danovaro R., Dell'Anno A. & Pusceddu A., (2004). Biodiversity response to climate change in a warm deep sea. *Ecology Letters*, 7: 821–828.
- Danovaro R., Della Croce N., Eleftheriou A., Fabiano M., Papadopoulou N., Smith C. & Tselepidis A. (1995a). Meiofauna of the deep Eastern Mediterranean Sea: distribution and abundance in relation to bacterial biomass, organic matter composition and other environmental factors. *Prog Oceanog* 36:329-341.
- Danovaro R., Dinet A., Duineveld G. & Tselepidis A. (1999). Benthic response to particulate fluxes in different trophic environments: a comparison between the Gulf of Lions-Catalan Sea (western Mediterranean) and the Cretan sea (eastern Mediterranean). *Progr. Oceanogr.*, 44: 287-312.
- Danovaro R., Fabiano M., Albertelli G., Della Croce N., (1995b). Vertical distribution of meiofauna in bathyal sediments of the eastern Mediterranean Sea: relationship with labile organic matter and bacterial biomasses. *Marine Ecology*, 16:103–116.
- Danovaro R., Gambi C., Lampadariou N. & Tselepidis A., (2008). Deep-sea nematode biodiversity in the Mediterranean basin: testing for longitudinal, bathymetric and energetic gradients. *Ecography* 31: 231-244.
- Danovaro R., Tselepidis A., Otegui A. & Della Croce N., (2000). Dynamics of meiofaunal assemblages on the continental shelf and deep-sea sediments of the Cretan Sea (NE Mediterranean): relationships with seasonal changes in food supply. *Progress in Oceanography*, 46:367–400.
- Danovaro R., Marralle D, Della Croce N., Parodi P. & Fabiano M., (1999). Biochemical composition of sedimentary organic matter and bacterial distribution in the Aegean Sea: trophic state and pelagic–benthic coupling. *J. Sea Res.*, 42: 117-129.
- Danovaro R., Dell'Anno A., Fabiano M., Pusceddu A. & Tselepidis A., (2001). Deep-sea ecosystem response to climate changes: the eastern Mediterranean case study. *Trends Ecol. Evol.*, 16:505–510.
- 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.
- De Bovée F., Guidi L.D & Soyer J., (1990). Quantitative distribution of deep-sea meiobenthos in the northwestern Mediterranean (Gulf of Lions). *Cont. Shelf Res.*, 10:1123-1145.

- De Jonge V.N. & Bouwman L.A., (1977). A simple density separation technique for quantitative isolation of meiobenthos using the Colloidal silica Ludox-TM. *Mar Biol*, 42:143-148.
- Dinet A., (1976). Etude quantitative du meiobenthos dans le secteur nord de la mer Egee. *Acta Adriatica*, 18:83-88.
- Dujardin F., (1845). Histoire naturelle de Helminthes ou vers intestinaux. Roret Ed, Paris.
- Galeron J., Sibuet M., Vanreusel A., Mackenzie K., Gooday A. J., Dinet A. & Wolff G. A (2001). Temporal patterns among meiofauna and macrofauna taxa related to changes in sediment geochemistry at an abyssal NE Atlantic site. *Progress in Oceanography*, 50(1-4):303-324.
- Gambi C. & Danovaro R., (2006). A multiple-scale analysis of metazoan meiofaunal distribution in the deep Mediterranean Sea. *Deep-Sea Research*, 53:1117–1134.
- Giere O., (2009). *Meiobenthology. The microscopic fauna in aquatic sediments*. Springer-Verlag, Berlin.
- Giere O., Conway N.M., Gastrock G. & Schmidt C., (1991) "Regulation" of gutless annelid ecology by endosymbiotic bacteria. *Mar Ecol Prog Ser* 68:287-299
- Glover A. & Smith G.R., (2003). The deep-sea floor ecosystem: current status and prospects of anthropogenic change by the year 2025. *Environmental Conservation*. 30 (3): 219–241.
- Glover A.G., Gooday A.J., Bailey D.M., Chevaldonee P., Colaco A., Copley J., Cuvelier D., et al., (2010). Temporal change in deep-sea benthic ecosystems: A Review of the evidence from recent time-series studies. *Advances in Marine Biology*, 58: 1-95.
- Gooday A.J. & Turley C.M., (1990). Responses by benthic organisms to input of organic material to the ocean floor: a review. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A* 331:119–138.
- Gooday A. J. (2002). Biological Responses to Seasonally Varying Fluxes of Organic Matter to the Ocean Floor: A Review. *Journal of Oceanography* Volume 58, Number 22 pp305-332.
- Heip C., Vincx M. & Vranken G., (1985). The ecology of marine nematodes. *Oceanogr Mar Biol Annu Rev*, 23:399-489.
- Higgins, R. & Thiel H., (1988). *Introduction to the study of meiofauna*. Smithsonian Institution Press.
- Hurlbert S.H., (1971) The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology* 52:577-586

- Kemp P. F., (1994). Microbial carbon utilization on the continental shelf and slope during the SEEP-II experiment. *Deep-Sea Research I*, 41: 563-581.
- Kennedy A. & Jacody C., (1999). Biological indicators of marine environment health: Meiofauna –,a neglected benthic component? *Environmental Monitoring and Assessment*, 54 (1): 47-68.
- Kisseleva M. & Tchukhtchin V. D., (1965). Certain data on the quantitative development of the macro- and Pacific in relation of environmental factors. *Oceanologica Acta*, 7:113–121.
- Kisseleva M., (1963). La distribution quantitative et qualitative du benthos dans la mer Egée. *Tr. Sevastop. Biol. Stn.*, 16: 192-200.
- Kitazato H., Shirayama Y., Nakatsuka T., Fujiwara S., Shimanaga M., Kato Y., Okada Y., Kanda J., Yamaoka A., Masuzawa T. & Suzuki K., (2000). Seasonal phytodetritus deposition and responses of bathyal benthic foraminiferal populations from 'Project Sagami 1996-1999. *Marine Micropaleontology* 40, 135-149.
- Kitazato, H., Shirayama, Y., Nakatsuka, T., Fujiwara, S., Shimanaga, M., Kato, Y., Okada, Y., Kanda, J., Yamaoka, A., Masuzawa, T. & Suzuki, K. (2000). Seasonal phytodetritus deposition and responses of bathyal benthic foraminiferal populations in Sagami Bay, Japan: preliminary results from "Project Sagami 1996-1999. *Marine Micropaleontology* 40, 135-149.
- Kowalevsky A., (1901). Les Hedyliides edutes anatomiques *Memoires de l'Academie des Sciences St Petersburg (Sciences Mathematiques Physique Naturelle)* 112:1-32.
- Krom M.D, Kress N., Brenner S. & Gordon L.I., (1991). Phosphorus limitation of primary productivity in the eastern Mediterranean. *Limnol. Oceanogr.*, 36(3):424–432.
- Kroncke I., Turkey A. & Fiege D. (2003). Macrofauna communities in the Eastern Mediterranean deep sea. *Mar. Ecol.*, 24:193-216.
- Kroncke I., Turkey, M. & Fiege D., (2003). Macrofauna communities in the Eastern Mediterranean deep sea. *Marine Ecology-Pubblicazioni Della Stazione Zoologica Di Napoli I.* 24, 193-216.
- Lamshead P.D. & Boucher G., (2003). Marine nematode deep-sea biodiversity – hyperdiverse or hype? *Journal of Biogeography*, 30 (4) :475–485
- Lamshead P.J.D., Ferrero T., & Wolf G.A., (1995). Comparison of the Vertical Distribution of Nematodes from Two Contrasting Abyssal Sites in the Northeast Atlantic Subject to Different Seasonal Inputs of Phytodetritus. *Int. Revueges. Hydrobiol.*, 80 (2):327-331.

- Lamshead P. J. D., Tietjen J., Ferrero T. & Jensen P., (2000). Latitudinal diversity gradients in the deep-sea with special reference to North Atlantic nematodes. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 194: 159-167.
- Lampadariou N. & Tselepides A., (2006). Spatial variability of meiofaunal communities at areas of contrasting depth and productivity in the Aegean Sea (NE Mediterranean). *Progress in Oceanography*, 69:19–36.
- Lampadariou N., (2001). Study of the meiobenthic ecosystem of the Aegean Sea with a special emphasis on nematodes. PhD Thesis, University of Crete, Heraklion.
- Lampadariou N., Austen M.C., Robertson N. & Vlachonis G., (1997). Analysis of meiobenthic community structure in relation to pollution and disturbance in Iraklion harbour, Greece. *Vie Milieu*, 47:9-24.
- Lampadariou N., Tselepides A. & Hatziyanni E., (2009). Deep-sea meiofaunal and foraminiferal communities along a gradient of primary productivity in the eastern Mediterranean Sea. *Scientia Marina*, 73(2): 337-345.
- Lampadariou, N. & Tselepides, A., 2000. Deep-sea meiofauna from the Aegean Sea (eastern Mediterranean): spatial variability. *Proceedings of the Sixth Hellenic Symposium on Oceanography and Fisheries, Chios, Greece, 23–26 May*, pp. 270–274.
- Larkin K.E., Ruhl HA, et al. (2010). Benthic biology time-series in the deep sea: indicators of change. In: Hall J, Harrison DE and Stammer D (eds.). *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society*. Noordwijk, The Netherlands ESA Special publication. 2: 18.
- Lascaratou A., Roether W., Nittis K. & Klein B., (1999). Recent changes in deep water formation and spreading in the eastern Mediterranean Sea: a review. *Prog. Oceanogr.*, 44:5–36.
- Lejeune C., Chevaldonné P., Pergent-Martini C., Boudouresque C.F. & Pérez T. (2010). Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea. *Trends in Ecology and Evolution*, 25 (4).
- Levin L.A., Etter R.J., Rex M.A., Gooday A.J., Smith C.R., et al. (2001). Environmental influences on regional deep-sea species diversity. *Annu Rev Ecol Syst* 32: 51–93.
- Lorenzen C. & Jeffrey J., (1980). Determination of chlorophyll in sea water. *Technical Papers in Marine Science*, vol. 35, UNESCO.
- Mare M.F., (1942). A study of a marine benthic community with special reference to the micro-organisms. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, 25:517-554.

- Mascle J., Le Cleac'h A. & Jongsma D., (1986). The eastern Hellenic margin from Crete to Rhodes: an example of progressive collision. *Marine Geology* 73: 145–168.
- McArthur V.E., Koutsoubas D., Lampadariou N. & Dounas C., (2000). The meiofaunal community structure of a Mediterranean lagoon (Gialova lagoon, Ionian Sea). *Helgol. Mar. Res.*, 54:7-17
- Mokievsky V.O., Udalov A.A. & Azovsky A.I., (2004), On the quantitative distribution of meiobenthos on the shelf of the World Ocean. *Oceanology*, 44(1):99–109.
- Mokievsky V.O., Udalov A.A. & Azovsky A.I., (2007). Quantitative distribution of meiobenthos in deep-water zones of the World Ocean. *Oceanology*, 47(6):797–813.
- Monard A., (1928). Les harpacticoides marins de Banyuls. *Arch. Zool. Exp. Gen.*, 67:259-443.
- Ohga, T., and Kitazato, H., (1997) Seasonal changes in bathyal foraminiferal populations in response to the flux of organic matter (Sagami Bay, Japan). *Terra Nova* 9, 33-37.
- Ott J.A., Novak R., Schiemer F., Hentschel U., Nebelsick M., Polz M., (1991). Tackling the sulfide gradient: a novel strategy involving marine nematodes and chemoautotrophic Ectosymbionts. *Mar, Ecol.*, 12:261-279,
- Papadopoulou K.N., Karakassis I. & Otegui A., (1998). Harbour meiofaunal communities and organic enrichment effects. *Fresenius Environmental Bulletin*, 7:34-41.
- Parsons T. R., Maita Y. & Lalli C. M., (1984). A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press, Oxford, 173 pp.
- Platt H.M. & Warwick R.M. (1983). Freelifing marine nematodes. Part I. British Enoplids. *Synopses of the British Fauna (New Series)*, vol. 28, Cambridge University Press.
- Poinar G.O.Jr., (1983). *The natural History of Nematodes*. Prentice Hall, Inc.
- Psarra S., Tselepides A. & Ignatiades L., (2000). Primary productivity in the oligotrophic Cretan Sea (NE Mediterranean): seasonal and interannual variability. *Prog. Oceanogr.*, 46: 187-204.
- Rex S., Gambi C., Zeppilli D. & Danovaro R. (2009). Metazoan meiofauna in deep-sea canyons and adjacent open slopes: A large-scale comparison with focus on the rare taxa. *Deep Sea Res I* 57: 420–433.
- Roether W., Klein B., Manca B.B., Theocharis A. & Kioroglou S., (2007). Transient Eastern Mediterranean deep waters in response to the massive dense-water output of the Aegean Sea in the 1990s. *Progress in Oceanography*, 74:540–571.
- Roether W., Manc B.B., Klein B., Bregant D., Georgopoulos D., Beitzel V., Kocacevic V. & Luchetta A., (1996). Recent changes in eastern Mediterranean Deep Waters. *Science*, 271:333-335.

- Rowe M., Finke J., Sziceti R. & Klein G., (1988). Characterization of the serological response in man to the latent membrane protein and the six nuclear antigens encoded by Epstein-Barr virus. *Journal of General Virology*, 69:1217-1228.
- Ruhl, H.A., Ellena, J.A., Smith, K.L., Jr., 2008. Connections between climate, food limitation, and carbon cycling in abyssal sediment communities, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 105: 17006–17011.
- Schroeder K., Ribotti A., Borghini M., Sorgente R., Perlilli A. & Gasparini G.P., (2008). An extensive western Mediterranean deep water renewal between 2004 and 2006. *Geophys. Res. Lett.*, 35: L18605.
- Shirayama Y. & Kojima S. (1994). Abundance of deep-sea meiobenthos off Sanriku, Northeastern Japan. *J. Oceanogr.*, 50:109–117.
- Shirayama Y., (1984). The abundance of deep sea meiobenthos in the western Pacific in relation to environmental factors. *Oceanol Acta* 7:113-121
- Simberloff D (1972) Properties of the rarefaction diversity measurement. *American Naturalist* 106:414-418
- Smith C.R., De Leo F.C., Bernardino A.F., Sweetman A.K. & Martinez Arbizu, P., (2008). Abyssal food limitation, ecosystem structure and climate change. *Trends in Ecology and Evolution* 23, 518-528.
- Smith C.S., Levin L.A., Koslow A., Tyler A. & Clover A. (2008). The near future of the deep seafloor ecosystems. *Aquatic Ecosystems: Trends and Global Prospects*, 334-351.
- Smith K.L. & Druffel E.R.M., (1998). Long time-series monitoring of an abyssal site in the NE Pacific: an introduction. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 1137 (45):573-586.
- Snelgrove P.V.R. and Smith, C.R. (2002). A riot of species in an environmental calm: the paradox of the species-rich deep sea. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 40, 311-342.
- Snelgrove, P.V.R. (1999). Getting to the bottom of marine biodiversity: Sedimentary habitats. *Bioscience* 49, 129–138.
- Soetaert K, Heip C, Vincx M., (1991) The meiobenthos along a Mediterranean Deep sea transect off Calvi (Corsica) and in Adjacent Canyon. *PSZN I: Mar Ecol* 12:227-242
- Soetaert K., Heip C. & Vincx M., (1991b) Diversity of nematode assemblages along a Mediterranean deep-sea transect. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 75: 275-282.
- Soetaert K., Vanaverbeke J., Heip C., Herman P., Middelburg J., Sandee A. & Duinevelds G., (1997). Nematode distribution in ocean margin sediments of the Goban Spur

- (northeast Atlantic) in relation to sediment geochemistry. *Deep-Sea Research I*, 44 (9-10): 1671-1683.
- Soltwedel T., Bauerfeind E., Bergmann M., Budaeva N., Hoste E., Jaeckisch, N., von Juterzenka K., Matthiessen J., Mokievsky V., Nöthig E.-M., Quéric N.-V., Sablotny B., Sauter E., Schewe I., Urban-Malinga B., Wegner J., Wlodarska-Kowalczyk M. and Klages M., (2005). HAUSGARTEN: Multidisciplinary Investigations at a Deep-Sea, Long-Term Observatory in the Arctic Ocean. *Oceanography*, 18: 47-61.
- Soltwedel T., Mokievsky V. & Schewe I., (2000). Benthic activity and biomass on the Yermak Plateau and in adjacent deep-sea regions northwest of Svålbard. *Deep-Sea Research I*, 47: 1761-1785.
- Steinberg D., Carlson G., Bates N., Johnson R., Michaels A. & Knap A., (2001). Overview of the US JGOFS Bermuda Atlantic Time-series Study (BATS): a decade-scale look at ocean biology and biogeochemistry. *Deep-Sea Research II*, 48: 1405-1447.
- Theocharis A., Nittis K., Kontoyiannis H., Papageorgiou E. & Balopoulos E., (1999). Climatic changes in the Aegean Sea influence the Eastern Mediterranean thermohaline circulation (1986–1997). *Geophysical Research Letters*, 26 (11):1617–1620.
- Thiel H., (1983) Meiobenthos and nanobenthos of the deep sea. In: Rowe GT (ed) *Deep-Sea Biology*. New York, Wiley, p 167-230
- Thiermann F., Windoffer R. & Giere O., (1994). Selected meiofauna around shallow water hydrothermal vents off Milos (Greece): Ecological and ultrastructural aspects. *Vie Milieu*, 44:215-226.
- Tietjen J.H., (1992). Abundance and biomass of metazoan meiobenthos in the deep sea. In: Rowe GT, Pariente V (eds): *Deep-sea food chains and the global carbon cycle*. Kluwer Academic Publishers, p 45-62
- Tselepides A. & Eleftheriou A. (1992). South Aegean (Eastern Mediterranean) continental slope benthos: macrofaunal-environmental relationships. In: Rowe G, Pariente V (eds): *Deep-Sea food chains and the global carbon cycle*. Kluwer Acad. Publ., p 139-156.
- Tselepides A., Papadopoulou N., Podaras D., Plaiti W. & Koutsoubas D. (2000b). Macrobenthic community structure over the continental margin of Crete (South Aegean Sea, NE Mediterranean). *Progress in Oceanography*, 46:2-4.
- Tselepides A., Zervakis V., Polychronaki T., Danovaro R. & Chronis G. (2000a). Distribution of nutrients and particulate organic matter in relation to the prevailing hydrographic features of the Cretan Sea (NE Mediterranean). *Prog. Oceanogr.*, 46 (2–4):113–142.

- Tselepidis, A. & Lampadariou, N. (2004). Deep-sea meiofaunal community structure in the Eastern Mediterranean: are trenches benthic hotspots? *Deep-Sea Research I* 51: 833–847.
- 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.
- Vanreusel A., Vincx M., Schram D. & Gansbeke, D., (1995). On the vertical distribution of the metazoan meiofauna in shelf break and upper slope habitats of the NE Atlantic. *Internationale Revue der gesamte Hydrobiologie*, 80:313–326.
- Vargas-Yanez M., Jesús García M., Salat J., García-Martínez M.C, Pascual J. & Moya F., (2008). Warming trends and decadal variability in the Western Mediterranean shelf. *Glob. Planet. Change*, 63: 177–184.
- Vincx M., Bett B.J., Dinet A., Ferrero T., Gooday A.J., Lamshead P.J.D., Pfannkuche O., Soltwedel T. & Vanreusel A., (1994) .Meiobenthos of the deep northeast Atlantic. *Advances in Marine Biology*, 30:2–88.
- Vitiello P., (1976). Peuplements de nematodes marins des fonds envasés de Provence. II. Fonds detritiques envasés et vases bathyales. *Annales de l, Inst. Oceanographiques*, 52: 283-311.
- Vivier M.H., (1978). Influence d'un déversement industriel profond sur la nematofaune (Canyon de Cassidaigne, Méditerranée). *Tethys* 8: 307-321.
- Warwick R. M., Platt H. M. & Somerfield P. J., (1998). 'Freeliving marine nematodes. Part III. Monhysterids. Synopses of the British Fauna (New Series).' *The Estuarine and Coastal Sciences Association*, 58.
- Weikert H., Koppelman R. & Wiegatz S., (2001). Evidence of episodic changes in deep-sea mesozooplankton abundance and composition in the Levantine Sea (Eastern Mediterranean). *J. Mar. Syst.*, 30:221-239.
- Wigham, B.D., Hudson, I.R., Billett, D.S.M., & Wolff, G.A., (2003). Is long-term change in the abyssal Northeast Atlantic driven by qualitative changes in export flux? Evidence from selective feeding in deep-sea holothurians. *Progress in Oceanography* 59, 409-441.

Woods D.R. & Tietjen J.H., (1985). Horizontal and vertical distribution of meiofauna in the Venezuela basin. *Marine Geology*68, 233–241.

Yentsch C.S. & Menzel D.W., (1963). A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence. *Deep-Sea Res*, 10:221-231.