

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΤΙΤΛΟΥ ΣΠΟΥΔΩΝ
στη ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΚΑΙ ΧΕΡΣΑΙΩΝ
ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

**ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΗΣ ΒΕΝΘΙΚΗΣ
ΜΑΚΡΟΠΑΝΙΔΑΣ ΤΩΝ ΚΑΡΚΙΝΟΕΙΔΩΝ
ΣΤΗ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑ ΤΗΣ ΓΙΑΛΟΒΑΣ**

ΜΑΡΙΑ ΝΑΛΕΤΑΚΗ

Υπεύθυνος καθηγητής: Αναστάσιος Ελευθερίου
Υπεύθυνος ερευνητής: Δρόσος Κουτσούμπας

Ηράκλειο, 2001



*Στους γονείς μου, Μιχάλη και Νίκη,
που με βοήθησαν να φτάσω μέχρι εδώ...*

**“Absence of evidence
is not
evidence of absence”**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΑΝΤΙ ΠΡΟΛΟΓΟΥ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2. ΥΛΙΚΑ–ΜΕΘΟΔΟΙ	9
2.1. Περιοχή μελέτης.....	9
2.2. Δειγματοληψία.....	9
2.3. Επεξεργασία δειγμάτων.....	11
2.4. Ανάλυση δεδομένων.....	12
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	14
3.1. Σύνθεση και πυκνότητα ειδών.....	14
3.2. Ανάλυση Cluster και MDS.....	23
3.3. Δείκτες ποικιλότητας.....	31
3.4. Συσχέτιση βιοτικών και αβιοτικών παραμέτρων.....	39
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	44

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Αντί προλόγου...

Ευχαριστώ πολύ τον καθηγητή του Πανεπιστημίου Κρήτης κ. Αναστάσιο Ελευθερίου, ο οποίος μου έδωσε την ευκαιρία να πραγματοποιήσω την εργασία αυτή στα πλαίσια του μεταπτυχιακού κύκλου σπουδών «Διαχείριση Θαλάσσιων και Χερσαίων Βιολογικών Πόρων». Επίσης, ευχαριστώ τον ερευνητή του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης Δρα Δρόσο Κουτσούμπα που μου ανέθεσε την παρούσα μεταπτυχιακή εργασία και μου εμπιστεύτηκε μέρος του ερευνητικού του προγράμματος, καθώς και τον ερευνητή Δρα Χρήστο Αρβανιτίδη, ο οποίος με βοήθησε σε όλη την πορεία ολοκλήρωσης της εργασίας μου.

Ευχαριστώ τους ερευνητές του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης Δρα Κωνσταντίνο Ντούνα και κα. Βάντα Πλαϊτή για τη βοήθεια που μου παρείχαν στην αναγνώριση και ταυτοποίηση των ειδών, καθώς και για τις εύστοχες παρατηρήσεις τους.

Ακόμα, θα πρέπει να ευχαριστήσω την Ελένη Χατζηγιάννη για την καθοδήγηση και τις υποδείξεις της στα πρώτα στάδια της επεξεργασίας των δειγμάτων, καθώς και τον Στράτο Τσολίσο για την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε σε όλο το διάστημα παραμονής μου στο Εργαστήριο Βενθικής Οικολογίας.

Άφησα για το τέλος την αναφορά στη φίλη και συνάδελφο Ελένη Ορνεράκη, η συνεργασία με την οποία ήταν ιδανική. Την ευχαριστώ πολύ για την ανάλαφρη ατμόσφαιρα και το γέλιο, που έκαναν τις ώρες εργασίας μας να περνάνε πιο ευχάριστα.

Ιούνιος, 2001

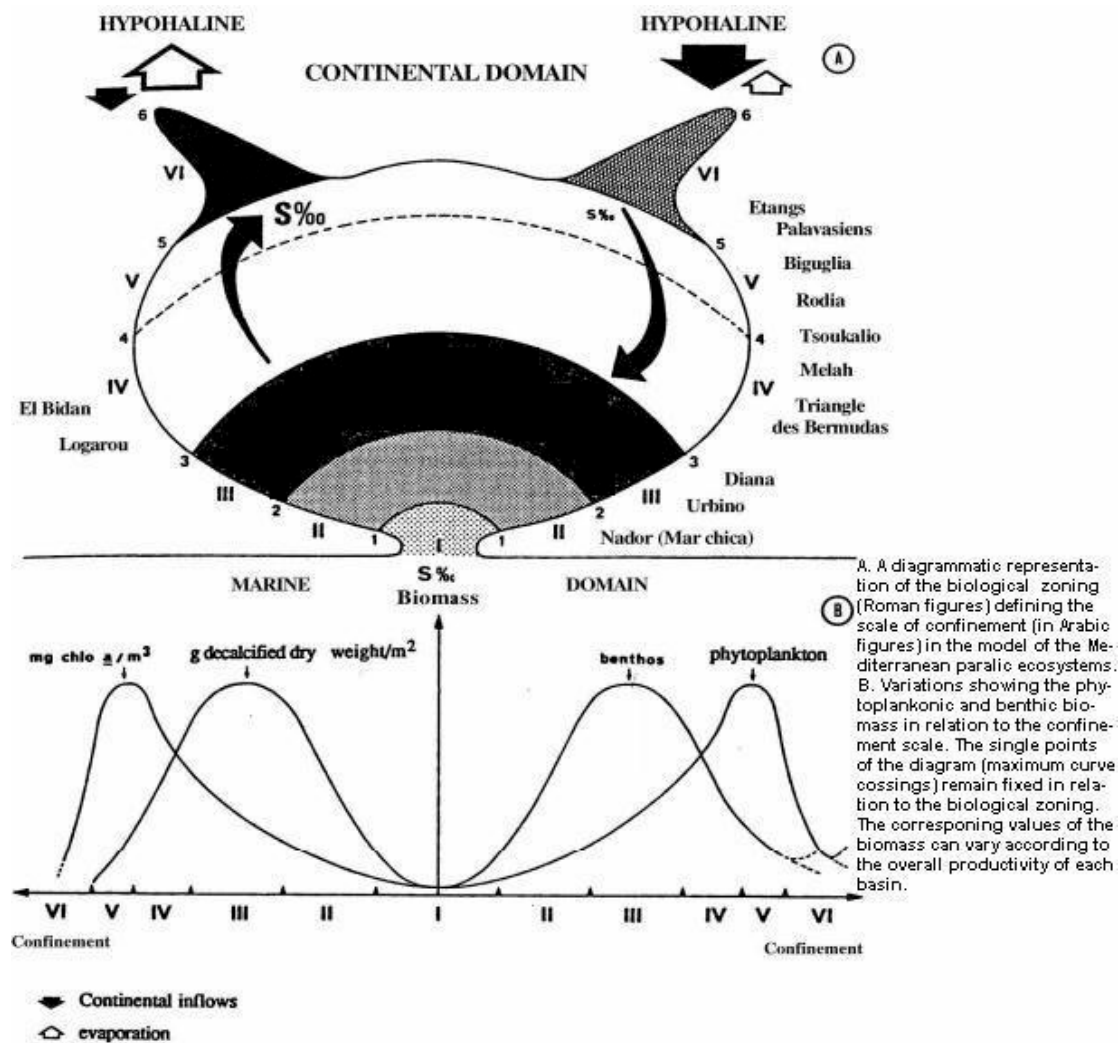
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα παράκτια λιμνοθαλάσσια οικοσυστήματα ορίζονται σαν περιοχές με σχετικά αβαθή νερά, που έχουν πλήρως ή μερικώς απομονωθεί από τη θάλασσα μέσω συνεχούς απόθεσης υλικών από τη δράση των κυμάτων (Bird, 1994). Είναι συστήματα δυναμικά, αυτόνομα, με υψηλές δυνατότητες παραγωγικότητας και θεωρούνται εξαιρετικά απρόβλεπτα (Barnes, 1980). Τυγχάνουν μάλιστα ιδιαίτερου οικολογικού ενδιαφέροντος, τόσο εξαιτίας της ποικιλότητας πανίδας και χλωρίδας όσο και εξαιτίας του γεγονότος ότι αποτελούν σημαντικές πηγές τροφής (εκμετάλλευση λιμνοθαλασσών για υδατοκαλλιέργειες).

Έχει βρεθεί ότι σε γενικές γραμμές η σύνθεση της πανίδας (όπως επίσης και της χλωρίδας) της λιμνοθάλασσας διαφοροποιείται τοπικά και η διαφοροποίηση αυτή σχετίζεται με το βαθμό επικοινωνίας μια περιοχής με τη θάλασσα, την τιμή της αλατότητας και την κοκκομετρική σύσταση του υποστρώματος (Ντούνας & Κουτσούμπας, 1996). Αυτό έχει παρατηρηθεί τόσο στη λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας (Koutsoubas *et al*, 1997b; 1999), όσο και σε άλλα Μεσογειακά λιμνοθαλάσσια οικοσυστήματα (Guelorget & Perthuisot, 1992) και ενισχύει τη θέση ότι ο κυριότερος παράγοντας που επηρεάζει τους πληθυσμούς πανίδας και χλωρίδας στη στήλη του νερού και στο ίζημα είναι ο παράγοντας του «περιορισμού» (confinement), του οποίου η επίδραση αυξάνεται ανάλογα με την απόσταση επικοινωνίας μια περιοχής από το θαλάσσιο χώρο.

Σύμφωνα με το σχέδιο ζώνωσης των Guelorget & Perthuisot (1992), η λιμνοθάλασσα χωρίζεται σε περιοχές, ανάλογα με την απόσταση από τις πηγές εισόδου γλυκού νερού και το κανάλι επικοινωνίας με τη θάλασσα (Εικ. 1). Τα θαλασσινά είδη δίθυρων μαλακίων και εχινοδέρμων κυριαρχούν στη περιοχή κοντά στην έξοδο προς τη θάλασσα (Ζώνη I), ενώ στα όρια επικοινωνίας του καναλιού επικοινωνίας με τη θάλασσα και του κυρίου σώματος της θάλασσας εμφανίζεται μια ζώνη επίσης με θαλασσινά είδη καρκινοειδών, θρυμματοφάγων πολυχαίτων, δίθυρων μαλακίων και εχινοδέρμων (Ζώνη II). Στο κύριο τμήμα της λιμνοθάλασσας κυριαρχούν είδη τόσο του θαλάσσιου όσο και του παραλικού χώρου, όπως δίθυρα μαλάκια, γαστερόποδα, πολύχαιτα και κάποια καρκινοειδή (Ζώνη III). Οι Ζώνες IV και V καλύπτουν το μεγαλύτερο τμήμα της λιμνοθάλασσας και χαρακτηρίζονται αποκλειστικά από είδη του παραλικού χώρου. Τέλος, η Ζώνη VI αντιστοιχεί στο πιο απομακρυσμένο τμήμα της λιμνοθάλασσας και εμφανίζει έναν υπέραλο και έναν

υπόαλο πόλο. Στον υπέραλο πόλο (περιοχές με υψηλή αλατότητα) εμφανίζονται λάρβες των ατόμων της οικογένειας Chironomidae, ενώ στον υπόαλο πόλο (περιοχές με πολύ χαμηλή αλατότητα λόγω εισόδου γλυκού νερού από κοντινές πηγές) εμφανίζονται χαρακτηριστικοί εκπρόσωποι πανίδας του γλυκού νερού.



Εικόνα 1: Σχέδιο ζώνωσης των λιμνοθαλασσών σύμφωνα με τους Guelorget & Perthuisot (1992)

Εφαρμόζοντας το παραπάνω μοντέλο περιορισμού, ο Barnes (1994) εκτιμά ότι εμφανίζονται τρεις κυρίως κατηγορίες μακροβενθικής πανίδας: μια αμιγώς θαλάσσια ομάδα κοντά στο σημείο επικοινωνίας με το θαλασσινό περιβάλλον, μια ομάδα καθαρά του γλυκού νερού κοντά στο χερσαίο κομμάτι και τις εισροές του γλυκού

νερού, καθώς και μια τυπικά λιμνοθάλασσια (ή παραλική) ομάδα, μεταξύ των δυο πρώτων.

Τα παράκτια αυτά περιβάλλοντα εμφανίζουν μεγάλες και συχνές διακυμάνσεις στις αβιοτικές παραμέτρους, κάτι που επηρεάζει σημαντικά την κατανομή και το μέγεθος των οργανισμών -και υπό αυτήν την έννοια μπορούν να χαρακτηρισθούν ως ενδαιτήματα «φυσιολογικής περιβαλλοντικής πίεσης» (Barnes, 1980).

Γενικά, οι πληθυσμοί των μακροβενθικών κοινωνιών στις λιμνοθάλασσες παρουσιάζουν έντονες ποιοτικές αλλά και ποσοτικές μεταβολές, τόσο κατά τη διάρκεια ενός έτους όσο και περισσοτέρων. Οι αιτίες των μεταβολών αυτών είναι πολλαπλές και μπορεί να προέρχονται από διάφορους και ποικίλους παράγοντες.

Η κατανομή και η δυναμική των μακροβενθικών πληθυσμών στις λιμνοθάλασσες επηρεάζονται παρά πολύ από τις διακυμάνσεις στις τιμές των φυσικοχημικών παραγόντων, οι οποίοι με τη σειρά τους επηρεάζονται από τη μίξη των νερών διαφορετικής αλατότητας που δημιουργούν οι εισροές του θαλασσινού νερού στη λιμνοθάλασσα (Amanieu and Lasserre, 1982).

Σε ορισμένες περιπτώσεις η αλλαγή στις αβιοτικές παραμέτρους είναι πολύ μεγάλη και μπορεί να οδηγήσει στη λεγόμενη «δυστροφική κρίση», η οποία χαρακτηρίζεται από χαμηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου στη στήλη του νερού και αρνητικές τιμές δυναμικού οξειδοαναγωγής στο ίζημα, καθώς και από υψηλές τιμές αλατότητας. Η ακραία αυτή φυσιολογική διαταραχή καταλήγει συχνά στον άμεσο και πλήρη καταβολισμό της βιομάζας των πρωτογενών και δευτερογενών καταναλωτών, αλλά το οικοσύστημα ανακάμπει αμέσως μόλις η κρίση περάσει. Πάντως οι κρίσεις αυτές γενικά θεωρούνται σαν φυσιολογική αντίδραση του λιμνοθαλάσσιου ενδαιτήματος σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες (αύξηση του οργανικού υλικού, ο καταβολισμός του οποίου οδηγεί σε ανοξικές συνθήκες) και έχει μεγάλη σημασία για την επαναφορά της οικολογικής ισορροπίας στο σύστημα (Nicolaidou *et al*, 1988; Cammete, 1992; Guelorget & Pertuisot, 1992).

Οι δυστροφικές κρίσεις στη λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας παρατηρούνται κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου (τέλος καλοκαιριού – αρχές φθινοπώρου) και είναι χαρακτηριστικό και άλλων λιμνοθαλασσών της Μεσογείου (Amanieu, 1977; Gravina *et al*, 1989; Guelorget & Perthuisot, 1992; Arias & Drake, 1994; Lardicci *et al*, 1997). Οι κρίσεις αυτές είναι αποτέλεσμα κυρίως του ευτροφισμού που παρατηρείται στα συγκεκριμένα οικοσυστήματα (Corazza & Ceccherelli, 1990; Pugnetti *et al*, 1991) και έχουν σοβαρές επιπτώσεις για τους βενθικούς οργανισμούς (Δακτυλιοσκώληκες,

Μαλάκια και Καρκινοειδή) και κατ' επέκταση για τους ιχθυοπληθυσμούς που ζουν και αναπαράγονται μέσα στη λιμνοθάλασσα.

Οι παράκτιες λιμνοθάλασσες της Μεσογείου ανάλογα με τα ιδιαίτερα μορφολογικά χαρακτηριστικά, τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες και τις επιφορτίσεις των θρεπτικών που δέχονται από την περιφερειακή λεκάνη απορροής είναι συνήθως ευτροφικές (Bellan, 1987; Carrada *et al*, 1988) και η λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας δεν αποτελεί εξαίρεση (Διακοβασίλης, 1981). Τα αποτελέσματα του ευτροφισμού φαίνεται να είναι περισσότερο έντονα σε αβαθείς λιμνοθάλασσες, όπου τα αλόφιλα μακροφύκη εμφανίζουν την άνθηση νωρίς την άνοιξη, γεγονός που έχει σαν συνέπεια τη μεγάλης κλίμακας συσσώρευση οργανικών καταλοίπων, τα οποία αποικοδομούνται ταχύτατα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (Pugnetti *et al*, 1991; Viaroli, 1991).

Η λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας χαρακτηρίζεται γενικά ως υπέραλη -τουλάχιστον για το μεγαλύτερο διάστημα του έτους- και ο βασικός λόγος για την κατάσταση αυτή είναι το γεγονός ότι οι παροχές γλυκών νερών στη λιμνοθάλασσα είναι ιδιαίτερα περιορισμένες και προέρχονται από δύο μόνο κανάλια επικοινωνίας με τον περιβάλλοντα υδροβιότοπο, στο ανατολικό τμήμα της (Εικ. 2). Τα κανάλια αυτά είναι συνεχώς ανοικτά από το Φεβρουάριο 1999 (τεχνική παρέμβαση που έγινε στα πλαίσια του προγράμματος LIFE-Nature), εξασφαλίζοντας έτσι συνεχή παροχή στη λιμνοθάλασσα για το μεγαλύτερο μέρος του έτους.

Στην περιοχή εισροής γλυκού νερού δημιουργούνται ευτροφικά φαινόμενα που οφείλονται στα ινώδη χλωροφύκη (μακροφύκη) κατά τους μήνες Ιανουάριο-Φεβρουάριο, όταν δηλαδή υπάρχει αυξημένη παροχή νιτρικών αλάτων. Τα μακροφύκη αυτά υπεραναπτύσσονται και μεγάλο μέρος τους πεθαίνει το καλοκαίρι, οπότε αρχίζει η αποικοδόμησή τους, αερόβια στην αρχή και αναερόβια στη συνέχεια, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ανοξικών καταστάσεων στη στήλη του νερού.

Οι δυστροφικές κρίσεις έχουν σαν αποτέλεσμα σε ορισμένες περιοχές της λιμνοθάλασσας (και κυρίως στο εσωτερικό της τμήμα) να εμφανίζονται “αζωικές ζώνες”. Στο παρελθόν έχει παρατηρηθεί επανάκαμψη του οικοσυστήματος μετά από παρόμοιες τέτοιες κρίσεις και επαναποικισμός με οργανισμούς, των εσωτερικών περιοχών της λιμνοθάλασσας (Koutsoubas *et al*, 1997; Dounas *et al*, 1998; Arvanitidis *et al*, 1999), κάτι που αποτελεί ένδειξη ότι οι οργανισμοί που ζουν στη λιμνοθάλασσα είναι προσαρμοσμένοι στις αντίξοες συνθήκες του συστήματος.

Μεταβολές στην ποικιλότητα της μακροβενθικής πανίδας μπορούν επίσης να προκληθούν εξαιτίας χημικής ρύπανσης ή ευτροφισμού και τέτοιες έχουν αναφερθεί σε αρκετές λιμνοθάλασσες και ενδιαιτήματα λιμνοθαλάσσιου τύπου σε παγκόσμια κλίμακα, περιλαμβανομένης και της Μεσογείου (McLusky *et al*, 1980; Nixon, 1982; Walker & Mossa, 1982; Zabi, 1982; Kelly & Naguib, 1984; Toews & Ishak, 1984; Bauder *et al*, 1988; Perez-Ruzafa *et al*, 1989; Reizopoulou *et al*, 1996). Οι μεταβολές μπορεί ακόμα να προέρχονται και από διάφορες επιδράσεις αρκετών ανθρώπινων δραστηριοτήτων στις περιοχές αυτές (λιμάνια, βιομηχανικά και αστικά κέντρα, απόβλητα, ρύπανση νερών κλπ), οι οποίες έχουν πολλές φορές σοβαρές επιπτώσεις στη μακροβενθική βιοκοινότητα, με μη αναστρέψιμα αποτελέσματα (Barnes, 1991; Lardicci *et al*, 1997).

Ένα τέτοιο επεισόδιο ρύπανσης έγινε η αφορμή έναρξης περιβαλλοντικής μελέτης στη λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας, στην περιοχή της Πύλου. Συγκεκριμένα, τον Οκτώβριο του 1993 το πετρελαιοφόρο πλοίο «ΙΛΙΑΣ» προσέκρουσε στα βράχια της νησίδας Σφακτηρίας ρυπαίνοντας τον κόλπο του Ναυαρίνου και τη λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας με 74.000 γαλόνια αργού πετρελαίου (Yando, 1993), γεγονός που προκάλεσε εκτεταμένη θνησιμότητα ψαριών και το θάνατο αρκετών βενθικών ασπόνδυλων οργανισμών (Παπουτσόγλου, 1993). Η περιοχή αυτή είναι μεγάλης οικολογικής σημασίας, γιατί η λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας θεωρείται ως ένα οικοσύστημα με μεγάλη βιοποικιλότητα όσον αφορά στην υδρόβια πανίδα. Κατατάσσεται ανάμεσα στις δέκα κυριότερες λιμνοθάλασσες της Ελλάδας (Ananiadis, 1984), έχει χαρακτηριστεί σαν μία από τις πιο σημαντικές περιοχές ορνιθοπανίδας στην Ευρώπη (Grimlet and Jones, 1989), ενώ θεωρείται επίσης σημαντική και από άποψη ιχθυοπαραγωγής (Buonfiglio and Rucci, 1986).

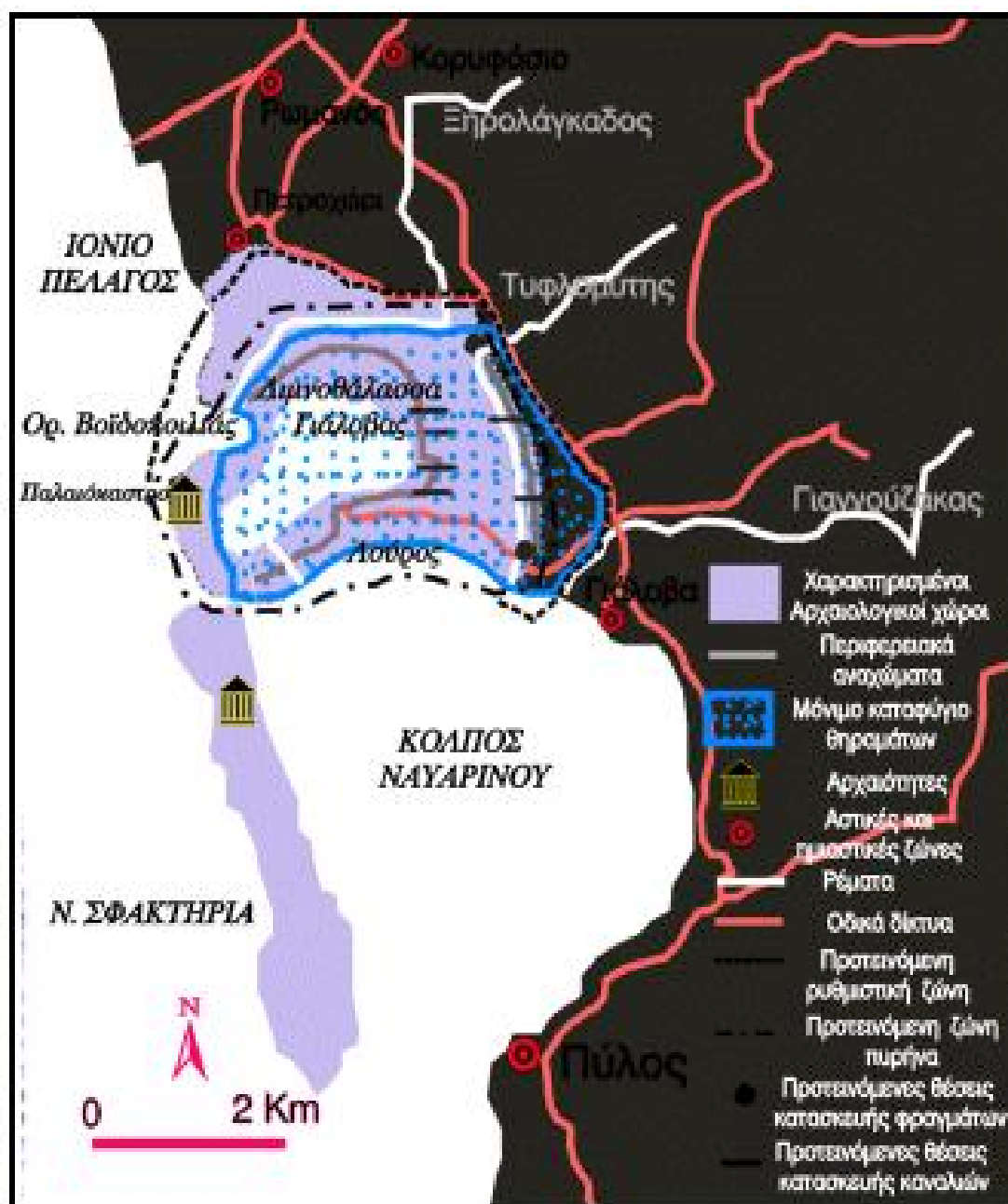
Η εκτεταμένη επιστημονική έρευνα που άρχισε στη λιμνοθάλασσα περίπου είκοσι μήνες μετά από το επεισόδιο της ρύπανσης έδειξε ότι η επίδραση της τελευταίας δεν είχε μεγάλη διάρκεια και δεν ήταν αρκετά σοβαρή ώστε να διαταράξει ολοσχερώς την ποικιλότητα της μακροπανίδας (Ντούνας και Κουτσούμπας, 1996; Dounas *et al*, 1998; Koutsoubas *et al*, 1999), παρόλο που σχετικές έρευνες που έχουν γίνει για τις βιολογικές επιπτώσεις της ρύπανσης από πετρελαιοειδή σε μακροβενθικές κοινότητες έχουν δείξει ότι εκτός από την αρχική οξεία επίδραση υπάρχει και μια μακροπρόθεσμη επίδραση. Μάλιστα, η διαταραχή μπορεί να επιμείνει για πολλά χρόνια αφού οι άμεσες τοξικές επιπτώσεις του πετρελαίου θα έχουν πλέον εξαφανιστεί (Elmgren *et al*, 1983; Clark, 1989).

Συγκεκριμένα για τη λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας, οι τιμές των n-αλκανίων στο ίζημα και στα δίθυρα μαλάκια την περίοδο 1995-96 κυμαίνονταν μεταξύ των τιμών που είχαν αναφερθεί από άλλες παράκτιες περιοχές της Μεσογείου χωρίς ρύπανση (Koutsoubas *et al*, 1999), ενώ οι συγκεντρώσεις των αρωματικών υδρογονανθράκων τόσο στο ίζημα όσο και στους οργανισμούς ήταν χαμηλές σε σχέση με άλλες περιοχές. Η έρευνα κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η προέλευση των υδρογονανθράκων που βρέθηκαν δε θα μπορούσε ν' αποδοθεί στην πετρελαιοκηλίδα του «Ιλιάς».

Το τελευταίο δε θα πρέπει να παραξενεύει, μια και έχει παρατηρηθεί και σε άλλες περιπτώσεις όπου είχαμε παρόμοια συμβάντα ρύπανσης σε ανοικτά παράκτια οικοσυστήματα (Boehm *et al*, 1982). Ο συνδυασμός της παρουσίας θρεπτικών, φωτός, αυξημένης θερμοκρασίας και διαθεσιμότητας οξυγόνου στις παράκτιες ζώνες καθώς και ο τύπος του ιζήματος οδηγεί σε υψηλούς ρυθμούς βιοδιάσπασης, τόσο βακτηριακής όσο και φωτοχημικής (Botello & Marco, 1982). Έτσι, είναι πολύ πιθανό οι περισσότεροι από τους αρωματικούς υδρογονάνθρακες που εισέβαλαν στη λιμνοθάλασσα να διασπάστηκαν αρκετά γρήγορα, ώστε να μην προκαλέσουν σοβαρή διαταραχή στο οικοσύστημα (Ντούνας και Κουτσούμπας, 1996).

Κάτι που είναι επίσης πολύ πιθανό και μπορεί να εξηγήσει το γιατί δεν προκλήθηκε μεγάλης έκτασης διαταραχή στο οικοσύστημα είναι το γεγονός ότι στη λιμνοθάλασσα είχε ήδη επιδράσει μια δυστροφική κρίση, η οποία είχε οδηγήσει στην εξαφάνιση των περισσότερων ατόμων της βενθικής πανίδας. Έτσι, η επίδραση της πετρελαιοκηλίδας θα μπορούσε να θεωρηθεί σαν μια επιπλέον περιβαλλοντική πίεση στο ήδη φυσιολογικώς διαταραγμένο περιβάλλον (Koutsoubas *et al*, 1999).

Παρά το γεγονός ότι η παροχή γλυκού νερού στη λιμνοθάλασσα από τα κανάλια είναι μικρή, η εισροή νερού δημιουργεί συνθήκες μίξης των νερών της λιμνοθάλασσας, με ευνοϊκές επιπτώσεις στους οργανισμούς των μακροβενθικών και πλαγκτονικών ειδών. Σε ό,τι αφορά τον αριθμό των ειδών της μακροβενθικής πανίδας, την πυκνότητα και την ποικιλότητα, οι τιμές τους βρέθηκαν να είναι πολύ υψηλές σε παλαιότερη έρευνα, γεγονός που κατατάσσει τη λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας ανάμεσα στις πιο πλούσιες λιμνοθάλασσες της Μεσογείου και τη χαρακτηρίζει σαν οικοσύστημα με αρκετά μεγάλη βιοποικιλότητα, παρά το μικρό της μέγεθος και το βάθος (Dounas *et al*, 1998).



Εικόνα 2: Περιοχή μελέτης

Στην παρούσα εργασία μελετάται η ομάδα των καρκινοειδών του μακροβένθους της λιμνοθάλασσας της Γιάλοβας, καθώς και η δομή και η δυναμική της βενθικής αυτής ταξοκοινωνίας για την περίοδο 1998–1999.

Αρχικά γίνεται μια περιγραφή των ταξοκοινωνιών και στη συνέχεια ακολουθεί μια σύγκριση μεταξύ αυτών, τόσο χωρικά (στους διάφορους σταθμούς μελέτης από το υπόαλο μέχρι το υπέραλο περιβάλλον), όσο και χρονικά (στις διάφορες εποχές δειγματοληψίας). Τέλος, διερευνάται η ύπαρξη τυχόν περιβαλλοντικής πίεσης στις ταξοκοινωνίες αυτές και γίνεται μια προσπάθεια να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα σχετικά με το αν η τυχόν διαφοροποίηση της δομής της βιοκοινωνίας των καρκινοειδών σχετίζεται ή όχι με την αύξηση της παροχής γλυκού νερού στη λιμνοθάλασσα.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Περιοχή μελέτης

Η λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας βρίσκεται στη βόρεια πλευρά του κόλπου του Ναυαρίνου, στο Ιόνιο πέλαγος (Εικ. 2), έχει συνολική έκταση 2500 m², ενώ το μέγιστο βάθος της είναι 1m. Η λιμνοθάλασσα επικοινωνεί με τον κόλπο του Ναυαρίνου μέσω ενός καναλιού μήκους 100 m, πλάτους 10 m και βάθους 1,2 m (Koutsoumbas *et al*, 1999).

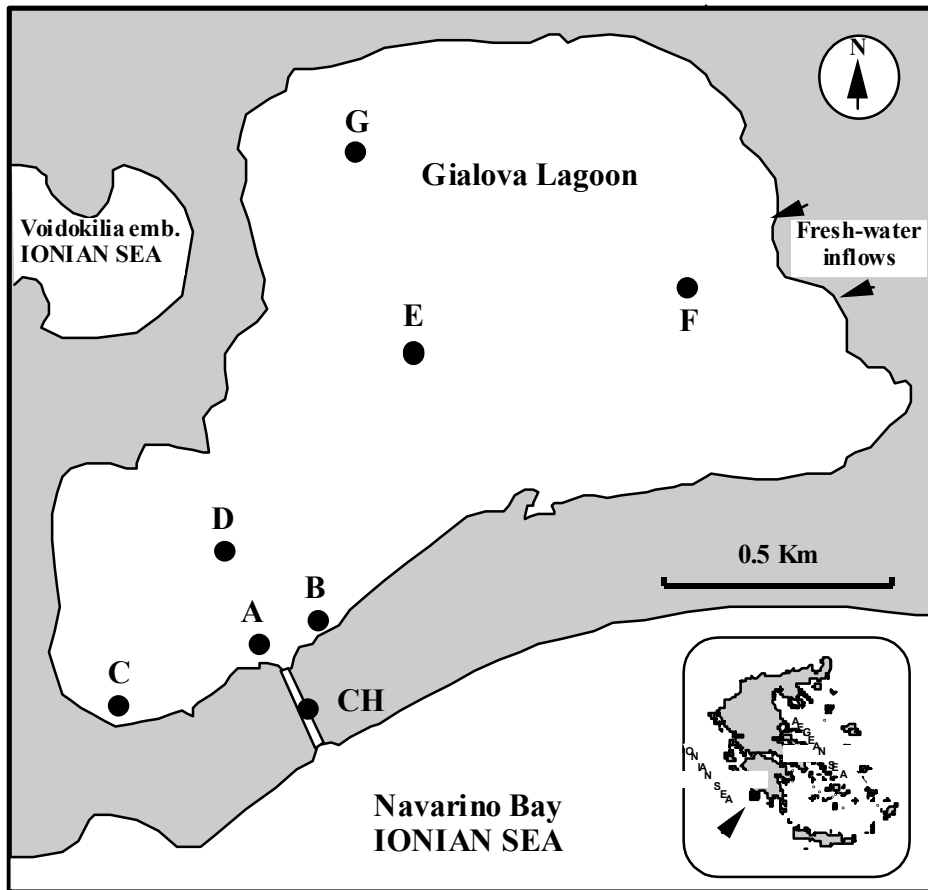
2.2. Δειγματοληψία

Οι δειγματοληψίες του βένθους έγιναν με τη χρήση χειροκίνητου δειγματολήπτη van Veen, σε εποχική βάση. Η συνολική επιφάνεια της αρπάγης ήταν 0,1 m², ενώ το βάθος εισχώρησής του στο ίζημα περίπου 40 cm. Η επιλογή του συγκεκριμένου δειγματολήπτη έγινε γιατί είναι κατάλληλος όχι μόνο για ιλυώδη, αλλά και για αμμώδη υποστρώματα (τύπους που συναντάμε στη λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας), είναι σχετικά ελαφρύς και κλείνει εύκολα στο βάθος αυτό, ενώ παράλληλα δεν παρατηρούνται απώλειες της ενδοπανίδας.

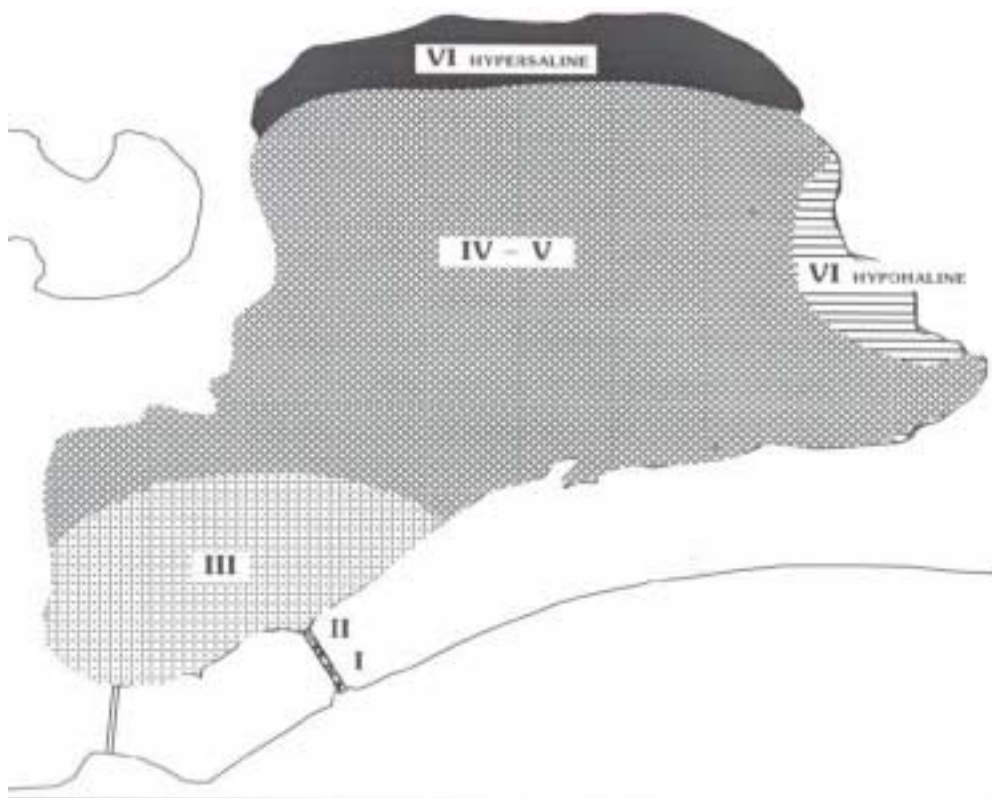
Συνολικά έγιναν πέντε διαφορετικές εποχιακές δειγματοληψίες που περιελάμβαναν τους μήνες Ιούνιο 1998, Σεπτέμβριο 1998, Φεβρουάριο 1999, Μάιο 1999 και Οκτώβριο 1999.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η σύνθεση της πανίδας και χλωρίδας της λιμνοθάλασσας σχετίζεται με το βαθμό επικοινωνίας με τη θάλασσα, με την τιμή της αλατότητας και την κοκκομετρική σύσταση του υποστρώματος. Για το λόγο αυτό τα δείγματα ιζήματος για πανιδική ανάλυση ελήφθησαν από οκτώ περιοχές - σταθμούς (Εικ. 3), που κάλυπταν όλες τις ζώνες που παρατηρούνται στα λιμνοθαλάσσια οικοσυστήματα σύμφωνα με το σχέδιο ζώνωσης κατά Guelorget & Perthuisot (Εικ. 4), δηλαδή από την περιοχή επικοινωνίας με τη θάλασσα (κόλπος Ναυαρίνου) μέχρι τον υπόαλο / υπέραλο πόλο της λιμνοθάλασσας.

Σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας ελήφθησαν τρεις δειγματοληπτικές μονάδες (replicate units) συνολικής επιφάνειας 0,3 m², οι οποίες ελήφθησαν τυχαία ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος μιας υποκειμενικής δειγματοληψίας.



Εικόνα 3: Χάρτης απεικόνισης δειγματοληπτικών σταθμών στη λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας



Εικόνα 4: Εφαρμογή του σχεδίου ζώνωσης κατά Guelorget & Perthuisot (1992) στη λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας (Ντούνας & Κουτσούμπας, 1996)

2.3. Επεξεργασία δειγμάτων

Για τον αρχικό διαχωρισμό ιζήματος - πανίδας τα δείγματα κοσκινίστηκαν στο πεδίο με κόσκινα διαμέτρου 0,5 mm και το υλικό που απέμεινε στο κόσκινο αποθηκεύτηκε σε μαρκαρισμένα πλαστικά δοχεία με διάλυμα ρυθμισμένης φορμόλης 10 % (buffered formalin) μέχρι την επεξεργασία τους στο εργαστήριο βενθικής οικολογίας του Ι.ΘΑ.ΒΙ.Κ.

Η αρχική επεξεργασία των δειγμάτων περιελάμβανε:

α) χρώση με προσθήκη διαλύματος Rose Bengal για περισσότερο από 48 ώρες, ώστε να χρωσθούν επαρκώς οι ζωικοί οργανισμοί και να μπορούν εύκολα να διαχωριστούν από το ίζημα.

β) διαλογή των οργανισμών (sorting) από τα δείγματα ιζήματος και διαχωρισμός τους σε ομάδες (Μαλάκια, Πολύχαιτα, Καρκινοειδή και διάφορα).

Το επόμενο βήμα ήταν ο διαχωρισμός των ατόμων σε κατώτερες ταξινομικές κατηγορίες και αργότερα ο προσδιορισμός τους σε επίπεδο είδους, όπου αυτό ήταν δυνατό με τη βοήθεια της υπάρχουσας βιβλιογραφίας. Ακολούθησε η μέτρηση των ατόμων σε κάθε δείγμα.

2.4. Ανάλυση δεδομένων

Η ανάλυση της δομής και της δυναμικής των βιοκοινωνιών της βενθικής μακροπανίδας εκτιμήθηκαν με την ανάλυση της σύνθεσης των ειδών, την πυκνότητα (αριθμός ατόμων / m²) και την ποικιλότητά τους και η επεξεργασία έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος PRIMER v. 5.2 (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research). Η πυκνότητα εκτιμήθηκε από το μέσο όρο των τιμών της αφθονίας κάθε είδους σε κάθε δείγμα και σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας, ενώ η ποικιλότητα εκτιμήθηκε με βάση τον αριθμό των ειδών και την πυκνότητα των ατόμων σε κάθε σταθμό, ανά εποχή.

Για τον προσδιορισμό ζωνών στις περιοχές της λιμνοθάλασσας από τις οποίες συλλέγονταν τα δείγματα εφαρμόστηκε η ανάλυση ομαδοποίησης (Cluster analysis) και η μη παραμετρική πολυδιάστατη κλιμάκωση (non-metric Multidimensional Scaling ή MDS) από τις μεθόδους πολυμεταβλητής ανάλυσης (Multivariate analysis) (Field *et al*, 1982; Clarke, 1993, για αναθεώρηση των μεθόδων). Για την εφαρμογή των δύο αυτών μεθόδων τα δεδομένα της πανίδας μετασχηματίστηκαν ως προς την παρουσία/απουσία ειδών (Presence/Absence) και ο δείκτης πανιδικής συγγένειας των σταθμών που χρησιμοποιήθηκε (με βάση τη σύνθεση και την πυκνότητα των ειδών σε κάθε σταθμό) ήταν αυτός του Steinhous (μέχρι πρόσφατα γνωστός ως Bray-Curtis, Legendre & Legendre, 1998). Ο στατιστικός έλεγχος της ομαδοποίησης των σταθμών βασίστηκε στην επίσης παραμετρική δοκιμασία του ANOSIM (Analysis Of Similarities) (Clarke & Green, 1998).

Για την ανάλυση της ποικιλότητας και των προτύπων κατανομής των ειδών χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης Margalef (d), ο δείκτης ομοιόμορφης κατανομής Pielou (J'), καθώς και ο δείκτης ποικιλότητας Shannon-Wiener.

- Ο δείκτης Margalef (Magurran, 1988) εκφράζει τον αριθμό των ειδών σε έναν ορισμένο αριθμό ατόμων και η εξίσωση δίνεται από τον τύπο:

$$d = \frac{S-1}{\log_{10} N}$$

όπου S είναι ο αριθμός των ειδών και N ο αριθμός των ατόμων του δείγματος.

- Ο δείκτης Pielou (Pielou, 1969) εκφράζει το βαθμό ομοιομορφίας της κατανομής των ατόμων στα διαφορετικά είδη και δίνεται από τον τύπο:

$$J' = \frac{H'}{\log_{10} S}$$

όπου H' είναι ο δείκτης Shannon-Wiener και S ο αριθμός των ειδών

- Ο δείκτης Shannon-Wiener (Shannon & Weaver, 1949) εκφράζει τον αριθμό των ειδών, καθώς και το βαθμό ομοιομορφίας της κατανομής των ατόμων στα διάφορα είδη και δίνεται από τον τύπο:

$$H' = -\sum p_i \log_{10} p_i$$

όπου p είναι η σχετική αφθονία ενός είδους i στο δείγμα.

Η ανάλυση των δεδομένων περιελάμβανε τέλος τη συσχέτιση του προτύπου κατανομής των μακροβενθικών οργανισμών που προέκυψε από την εφαρμογή των μεθόδων της πολυμεταβλητής ανάλυσης, με τις περιβαλλοντικές παραμέτρους. Η συσχέτιση αυτή έγινε με τη βοήθεια του αρμονικού συντελεστή του Spearman (BIOENV analysis, Clarke & Ainsworth, 1993).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

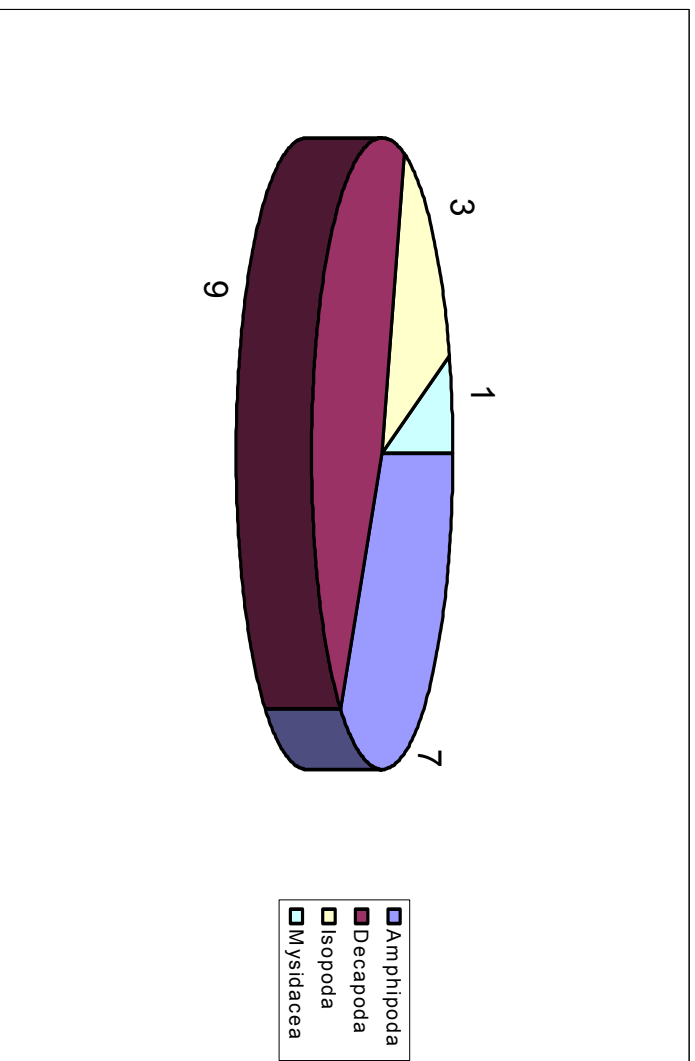
3.1. Σύνθεση και πυκνότητα ειδών

Ο συνολικός αριθμός των ειδών των καρκινοειδών που βρέθηκαν στη λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας κατά τις πιο πάνω δειγματοληψίες ανέρχεται στα 20 είδη (3937 άτομα), τα οποία παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 1, ταξινομημένα ανάλογα με την τάξη στην οποία ανήκουν. Αναγνωρίστηκαν είδη που ανήκουν σε 4 τάξεις της κλάσης των Καρκινοειδών και συγκεκριμένα στα Αμφίποδα, στα Δεκάποδα, στα Ισόποδα και στα Μυσιδώδη. Η παραπάνω σειρά αναφοράς των τάξεων ακολουθεί τη σειρά κατάταξής τους ανάλογα με την αφθονία ατόμων. Όσον αφορά στην κατάταξη ανάλογα με τον αριθμό των ειδών, τότε αυτή αλλάζει, με τα περισσότερα είδη ν' ανήκουν στα Δεκάποδα (9 είδη) και τα λιγότερα στα Μυσιδώδη (1 είδος), ενώ από τα Αμφίποδα και τα Ισόποδα αναγνωρίστηκαν 7 και 3 είδη, αντίστοιχα (Εικ 5). Αξιοσημείωτο είναι ότι σε όλες τις εποχές –εκτός του Σεπτεμβρίου- και σε όλους τους σταθμούς κυριαρχούν τα Αμφίποδα Καρκινοειδή (Εικ. 6–11) με επικρατέστερο είδος το *Microdeutopus gryllotalpa*, εκτός από τους σταθμούς D και E όπου φαίνεται να επικρατεί, στο σύνολο των εποχών, το *Gammarus insensibilis* (Παράρτημα, Πίνακας 6).

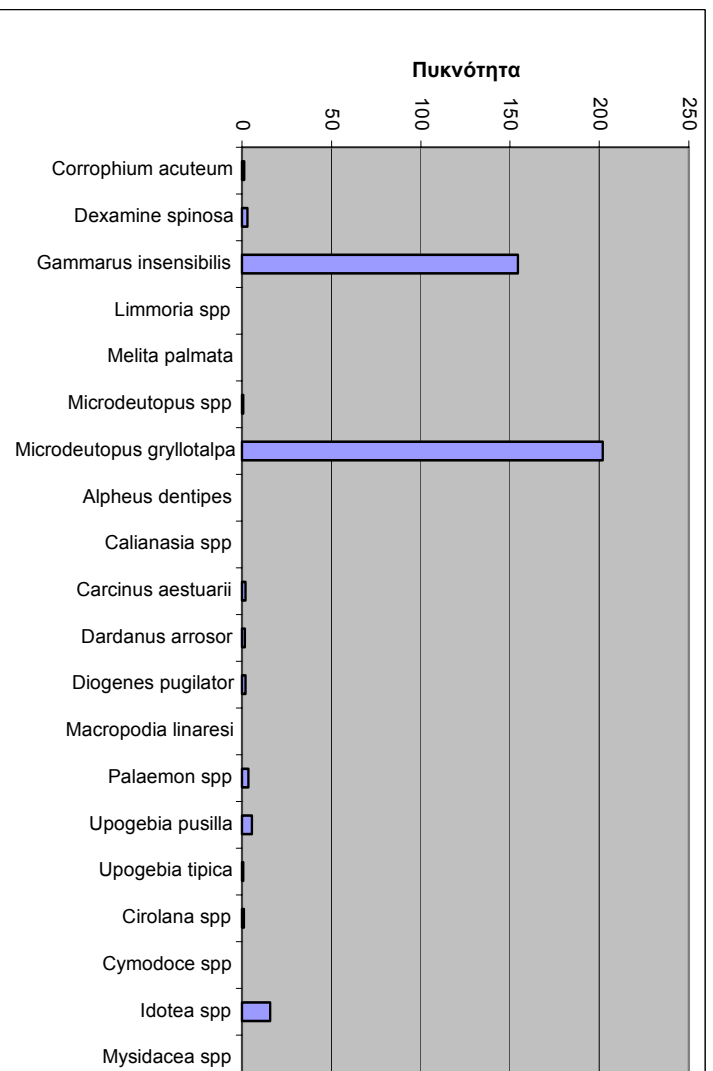
Από το σύνολο των ειδών, τρία είδη ήταν παρόντα και στις 5 εποχές δειγματοληψίας και αυτά ήταν τα *Carcinus aestuarii*, *Microdeutopus gryllotalpa* και *Upogebia pusilla*.

Πίνακας 1: Σύνθεση πανίδας καρκινοειδών που βρέθηκαν στη λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας, κατά την περίοδο Ιούνιος 98-Οκτώβριος 99

Amphipoda	Decapoda	Isopoda	Mysidacea
Corophium acutum (Chevreux, 1908)	Alpheus dentipes (Guerin, 1832)	Idotea spp	Mysidacea spp
Dexamine spinosa (Montagu, 1813)	Upogebia pusilla (Petagna, 1792)	Cymodoce spp	
Gammarus insensibilis (Stock, 1966)	Upogebia tipica (Nardo, 1869)	Cirolana spp	
Limmoria spp	Palaemon spp		
Melita palmata (Montagu, 1804)	Calianasia spp		
Microdeutopus spp	Carcinus aestuarii (Nardo, 1847)		
Microdeutopus gryllotalpa (Costa, 1853)	Dardanus arrosor (Herbst, 1796)		
	Diogenes pugilator (Roux, 1829)		
	Macropodia linaresi (Forest & Zariquiey Alvarez, 1964)		

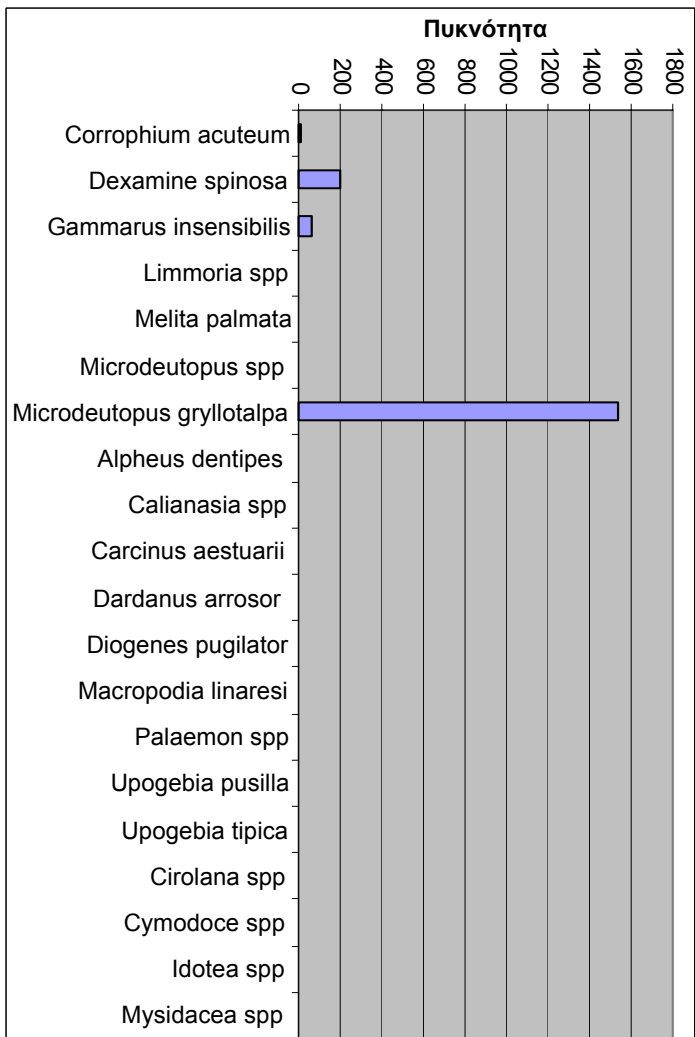


Εικόνα 5: Αριθμός ειδών καρκινοειδών ανά τάξη, στη λιμνοθάλασσα της Τιάλιαβας

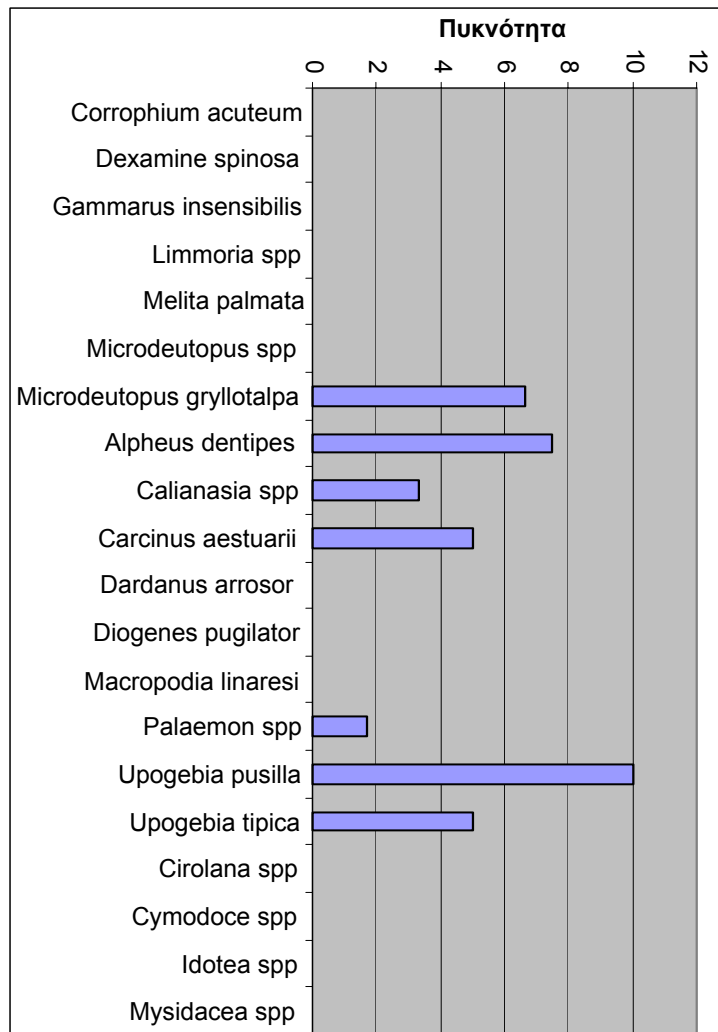


Εικόνα 6: Μέση πυκνότητα ατόμων κάθε είδους για το μήνα Ιούνιο

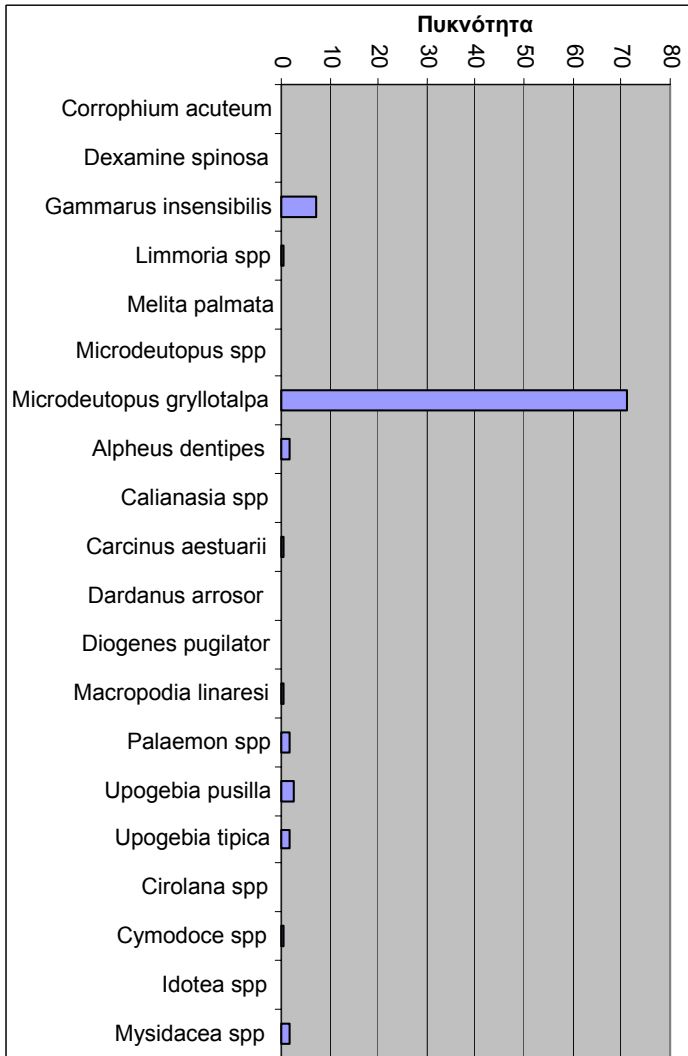
Εικόνα 8: Μέση πυκνότητα ατόμων κάθε είδους για το μήνα Φεβρουάριο



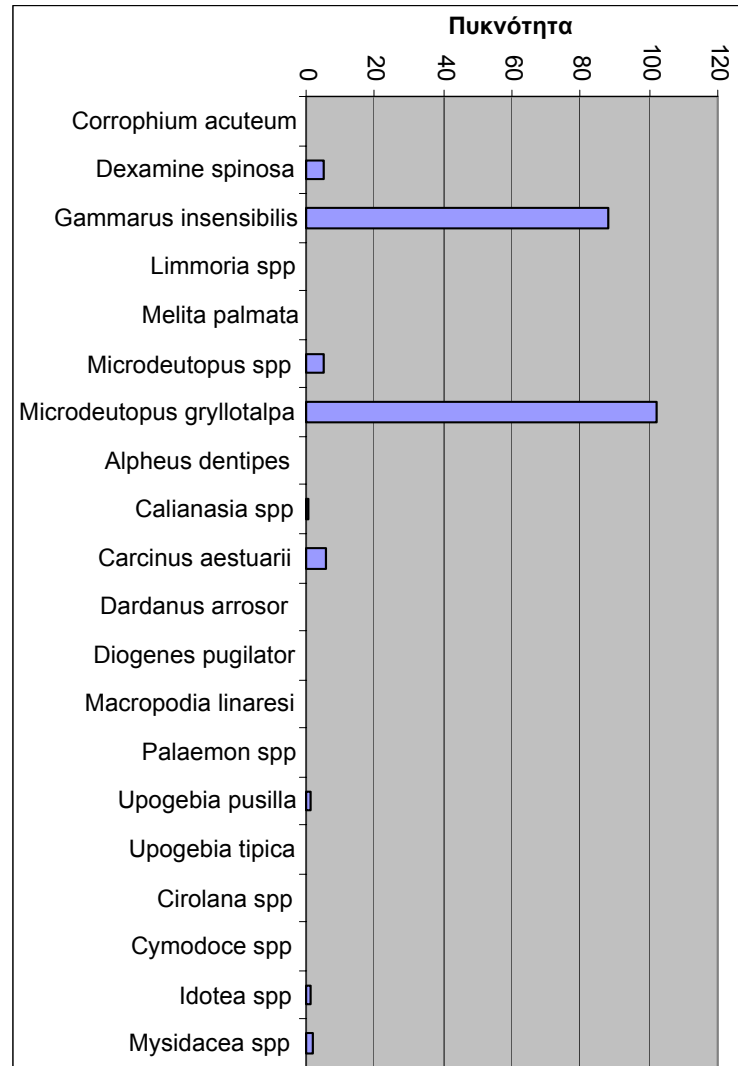
Εικόνα 7: Μέση πυκνότητα ατόμων κάθε είδους για το μήνα Σεπτέμβριο

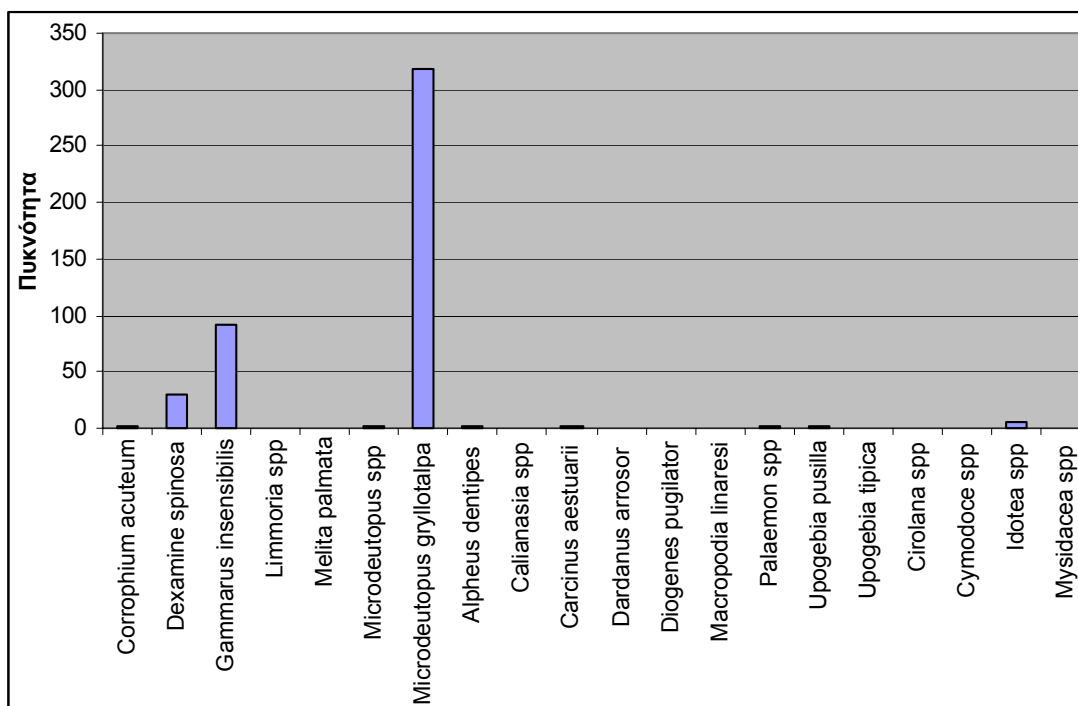


Εικόνα 10: Μέση πυκνότητα ατόμων κάθε είδους για το μήνα Οκτώβριο



Εικόνα 9: Μέση πυκνότητα ατόμων κάθε είδους για το μήνα Μάιο





Εικόνα 11: Μέση πυκνότητα ατόμων κάθε είδους στο σύνολο των 5 δειγματοληψιών

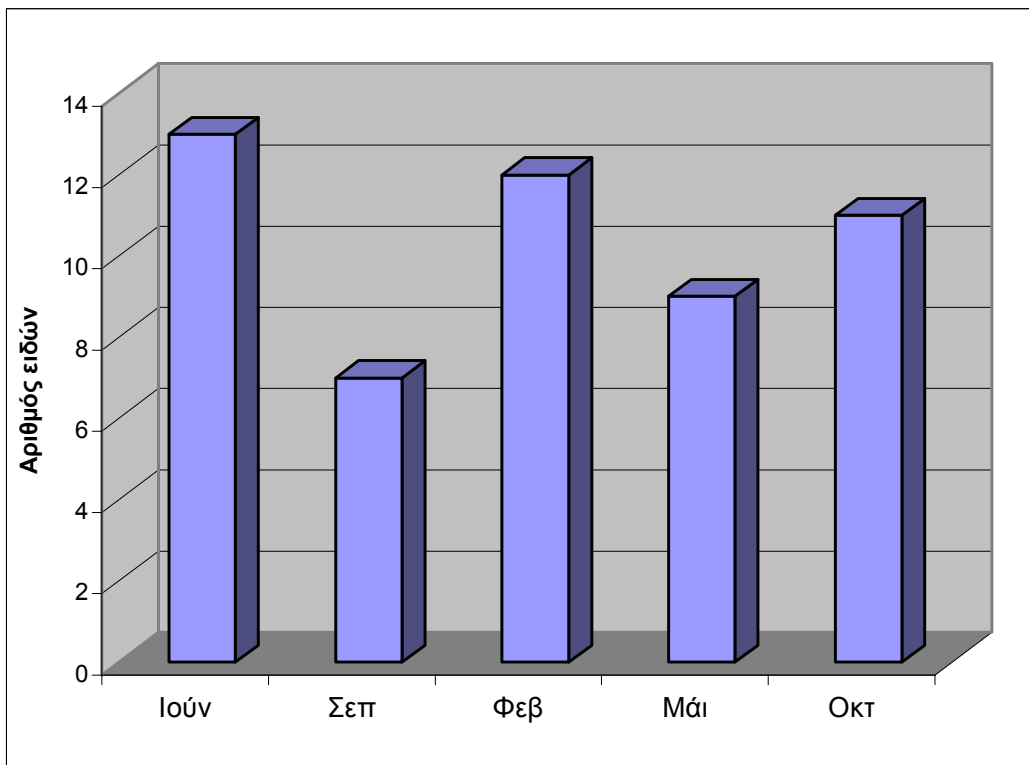
Στην Εικ. 12 φαίνεται ο συνολικός αριθμός των ειδών που βρέθηκαν σε κάθε εποχή, ενώ στην Εικ. 14 παρουσιάζεται αναλυτικά το σύνολο των ειδών σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας, ανεξαρτήτως εποχής.

Παρατηρείται ότι από τον Ιούνιο μέχρι τον Σεπτέμβριο υπάρχει μια σημαντική μείωση στον αριθμό των ειδών (από 13 σε 7), των οποίων ο αριθμός και πάλι αυξάνεται μέχρι το Φεβρουάριο (12 είδη). Το μήνα Μάιο ο αριθμός μειώνεται και πάλι (9 είδη), αλλά διατηρείται σε επίπεδα μεγαλύτερα από εκείνα του Σεπτεμβρίου. Κατά τη δειγματοληπτική εποχή του Οκτωβρίου ο αριθμός των ειδών είναι και πάλι αυξημένος και ανέρχεται στα 11 είδη. Αντίθετα από τα παραπάνω, ο αριθμός των ατόμων είναι υψηλότερος κατά την περίοδο του Φεβρουαρίου, εμφανίζεται αρκετά μειωμένος τον Ιούνιο και το Μάιο, ενώ μειώνεται ακόμα περισσότερο τον Οκτώβριο (Εικ. 13).

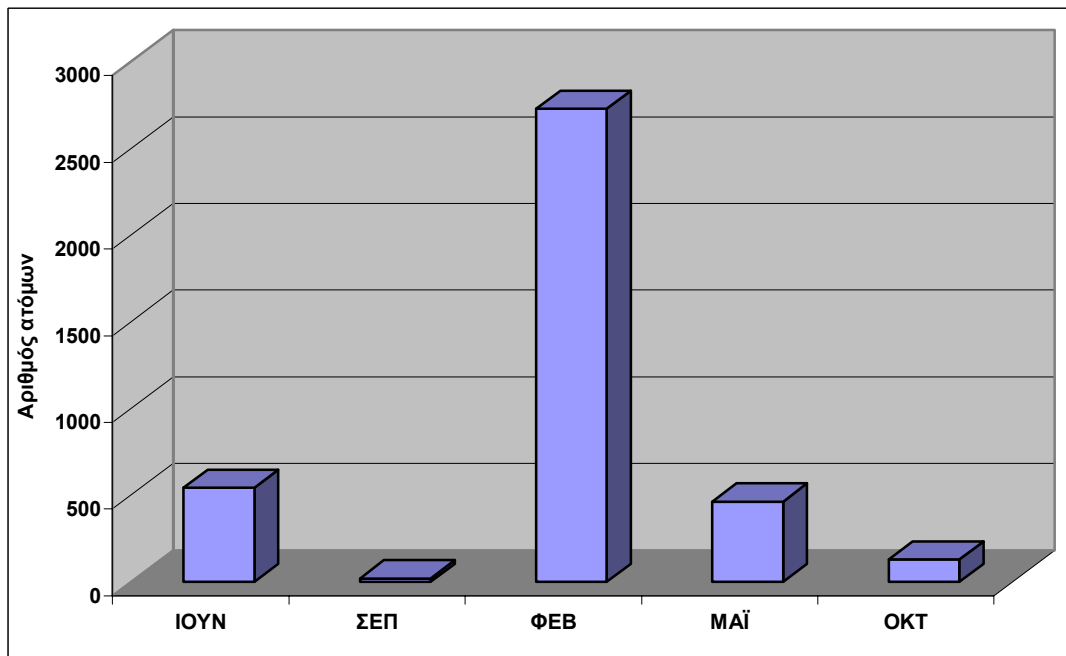
Όσον αφορά στους σταθμούς δειγματοληψίας, φαίνεται να υπάρχει μια διακύμανση στον αριθμό των ειδών. Οι σταθμοί με τα περισσότερα είδη (εκτός από το κανάλι, όπου υπάρχουν 18 είδη) είναι οι Α και C, όπου προσδιορίστηκαν 13 και 10 είδη αντίστοιχα, ενώ ο σταθμός με τα λιγότερα είδη εμφανίζεται να είναι ο σταθμός

F, με μόλις 4 είδη. Αναλυτικά ο αριθμός των ειδών σε κάθε σταθμό για κάθε εποχή παρουσιάζεται στο γράφημα της Εικ. 16. Αυτό που αξίζει εδώ να αναφερθεί είναι ότι τον Ιούνιο ισχύουν τα γενικά πρότυπα που ισχύουν στο σύνολο των δειγματοληπτικών περιόδων, δηλαδή οι σταθμοί A και C είναι οι περιοχές όπου παρατηρούνται τα περισσότερα είδη, ενώ τον Σεπτέμβριο υπάρχουν είδη μόνο στο σταθμό A και μάλιστα σε πολύ μικρότερο αριθμό (2 είδη από 8 που υπήρχαν τον Ιούνιο). Το Φεβρουάριο, περισσότερα είδη υπάρχουν στους σταθμούς C και D (5 και 6 είδη, αντίστοιχα) σε σχέση με τους σταθμούς A και B (4 και 3 είδη), ενώ δεν υπάρχουν καθόλου άτομα στους σταθμούς E, F και G. Κατά την περίοδο του Μαΐου, ο σταθμός A είναι αυτός που έχει τα περισσότερα είδη (8) σε σχέση με τους υπόλοιπους σταθμούς, στους οποίους η κατανομή των ειδών είναι παρόμοια (3 ή 4 είδη), ενώ κατά την περίοδο του Οκτωβρίου οι σταθμοί A και G έχουν από 2 και 3 είδη αντίστοιχα, από τον σταθμό E απουσιάζουν εντελώς και οι υπόλοιποι σταθμοί έχουν από 1 είδος. Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα είδη που εμφανίζονται σε όλους τους σταθμούς είναι τα *Gammarus insensibilis* και *Microdeutopus gryllotalpa*.

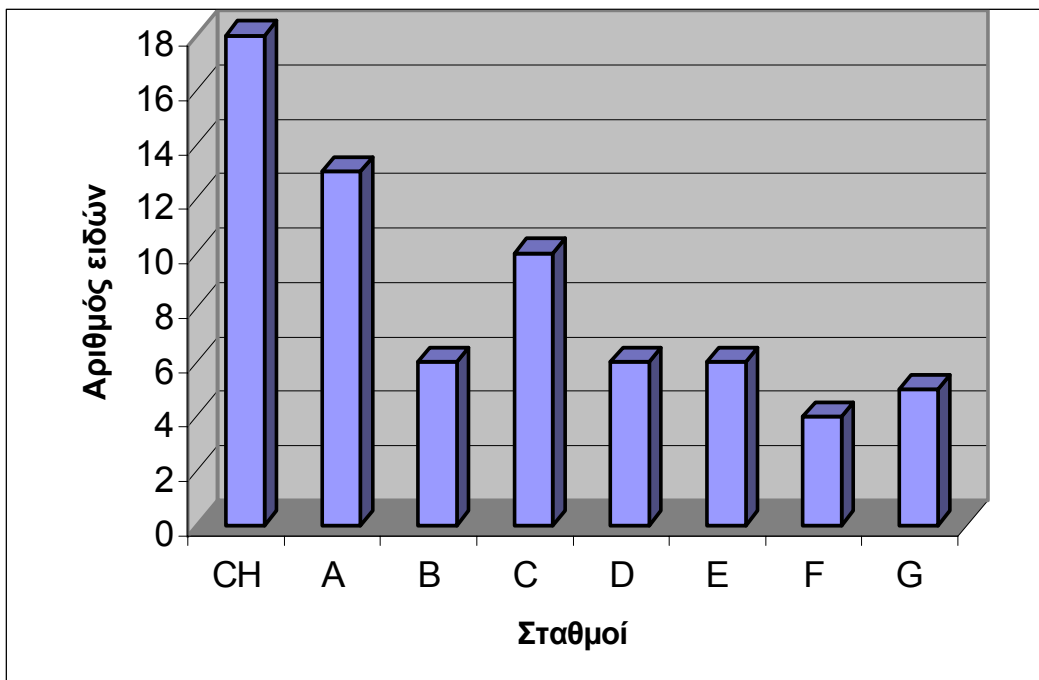
Αν εξεταστεί ο αριθμός των ατόμων στους διάφορους σταθμούς δειγματοληψίας (Εικ. 15), παρατηρείται ότι τα πρότυπα αλλάζουν εντελώς, μια και ο σταθμός F είναι τώρα αυτός ο οποίος έχει τα περισσότερα άτομα. Ακολουθεί ο σταθμός στο κανάλι, όπου ο αριθμός των ατόμων μειώνεται σχεδόν στο μισό και ο σταθμός G λίγο πιο κάτω. Οι σταθμοί A, B και C βρίσκονται στα ίδια, χαμηλά επίπεδα, ενώ στο τέλος της κλίμακας κατατάσσονται οι σταθμοί D και E, με πολύ μικρό αριθμό ατόμων.



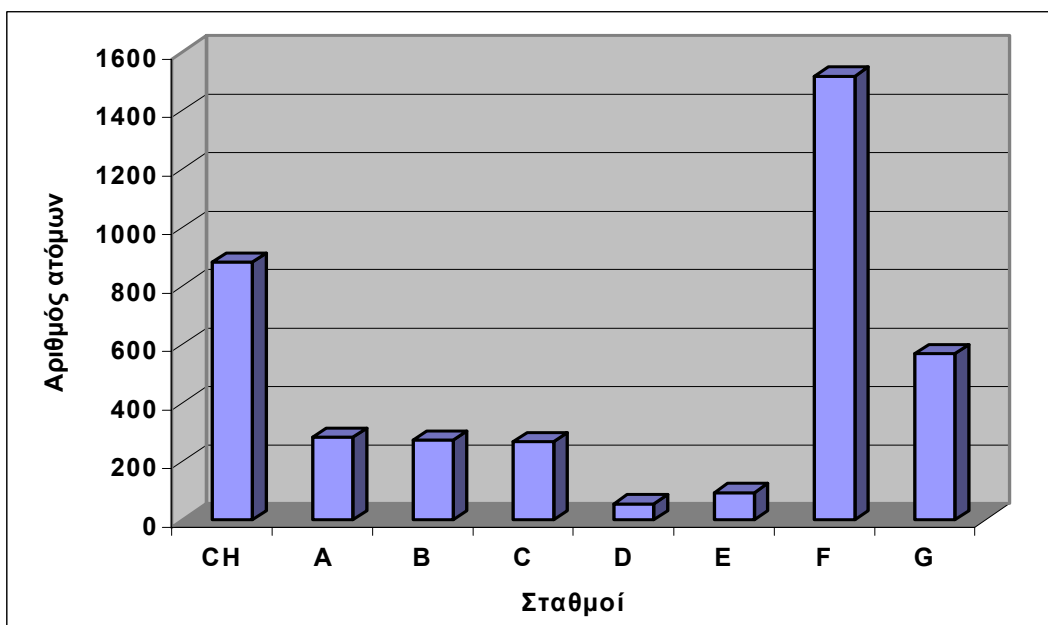
Εικόνα 12: Συνολικός αριθμός ειδών σε κάθε εποχή δειγματοληψίας



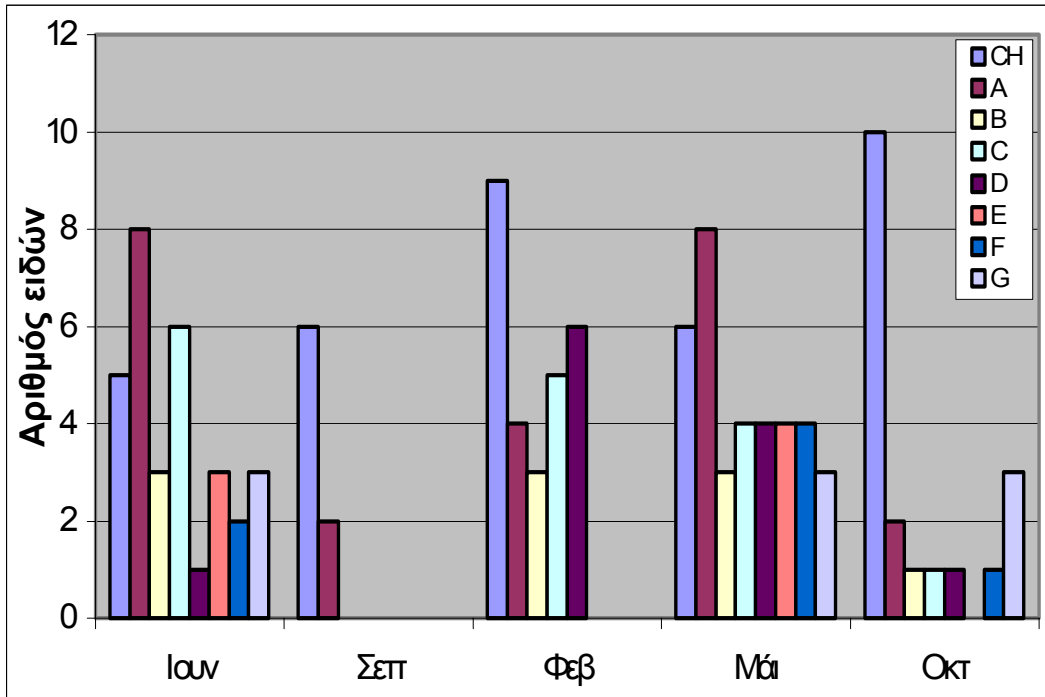
Εικόνα 13: Συνολικός αριθμός ατόμων σε κάθε εποχή δειγματοληψίας



Εικόνα 14: Συνολικός αριθμός ειδών σε κάθε σταθμό, στο σύνολο των δειγματοληπτικών εποχών



Εικόνα 15: Συνολικός αριθμός ατόμων σε κάθε σταθμό, στο σύνολο των δειγματοληπτικών περιόδων



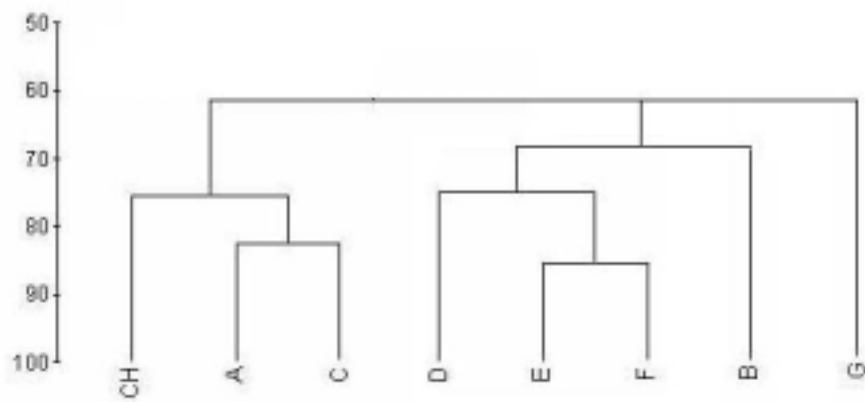
Εικόνα 16: Αριθμός ειδών ανά σταθμό σε κάθε εποχή

3.2. Πολυμεταβλητή ανάλυση

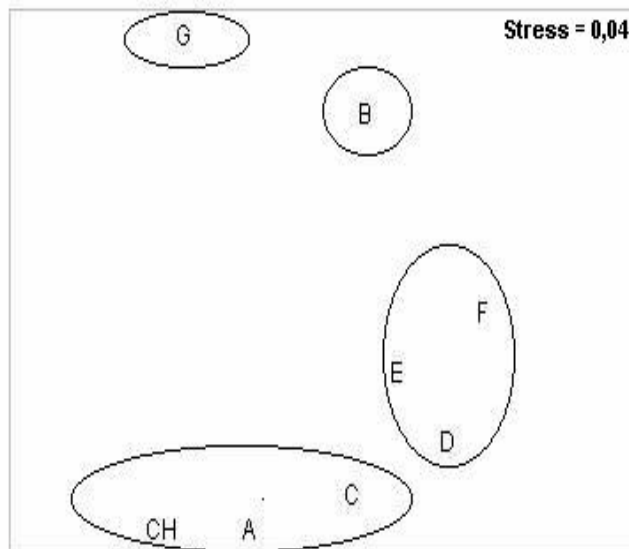
Από την επεξεργασία των τιμών πυκνότητας με το πρόγραμμα PRIMER και την εφαρμογή της ανάλυσης ομαδοποίησης (Cluster) και της μη παραμετρικής μεθόδου MDS προκύπτουν αντίστοιχα τα δενδρογράμματα και τα διαγράμματα δύο διαστάσεων που παρουσιάζονται στις Εικ. 17-26, για το σύνολο των εποχών δειγματοληψίας καθώς και για κάθε εποχή χωριστά, εκτός από την περίοδο του Σεπτεμβρίου 1999 όπου συλλέχθηκαν άτομα μόνο από δύο σταθμούς (A και Channel).

Από την εφαρμογή της Cluster και της MDS στο σύνολο των δειγματοληπτικών περιόδων (μέσος όρος πυκνότητας των δειγμάτων) φαίνεται ότι οι σταθμοί διακρίνονται σε τέσσερις ομάδες (Εικ. 17-18), οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους στατιστικώς σημαντικά (ANOSIM: $R=0,919$, $p<0,04$). Από τις ομάδες αυτές η πρώτη περιλαμβάνει τους σταθμούς CH, A και C, η δεύτερη τους σταθμούς D, E και F, ενώ οι άλλες δύο τους σταθμούς B και G, αντίστοιχα. Η πρώτη ομάδα διαφοροποιείται από τις υπόλοιπες εξαιτίας της παρουσίας ειδών που δεν υπάρχουν στους σταθμούς των άλλων ομάδων. Τα είδη αυτά είναι τα *Macropodia linaresi*, *Palaemon sp.*, *Urogebia pusilla*, *Urogebia tipica*, *Limmoria sp.*, *Melita palmata*, *Cirolana sp.* και *Cymodoce sp.* Για τη δεύτερη -όπως και για την τρίτη- ομάδα δεν υπάρχουν πολύ χαρακτηριστικά στοιχεία που να τη διαφοροποιούν από τις υπόλοιπες, εκτός από το γεγονός ότι η αφθονία των ατόμων του είδους *Gammarus insensibilis* είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από εκείνη των άλλων σταθμών για το ίδιο είδος, ενώ επίσης απουσιάζουν και από τους τρεις σταθμούς της ομάδας αρκετά είδη που περιέχονται στις άλλες ομάδες. Στην τρίτη ομάδα επικρατεί με μεγάλες αφθονίες (σε σχέση με τις άλλες ομάδες) το είδος *Microdeutopus gryllotalpa*, ενώ σε ό,τι αφορά την τέταρτη ομάδα, είναι χαρακτηριστική η απουσία των ειδών *Dexamine spinosa* και *Idotea sp.*, τα οποία υπάρχουν και στις τρεις άλλες ομάδες.

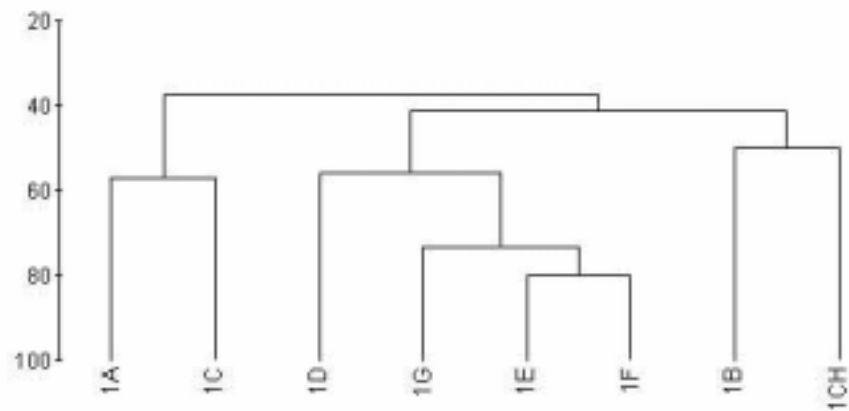
Κατά τον μήνα Ιούνιο (Εικ. 19-20), οι σταθμοί διακρίνονται σε τέσσερις ομάδες, οι οποίες επίσης διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους (ANOSIM: $R=0,8$, $p<0,1$). Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει τους σταθμούς CH και B, η δεύτερη τους σταθμούς A και C, η τρίτη το σταθμό D και η τέταρτη τους σταθμούς E, F και G. Η πρώτη ομάδα διαφοροποιείται από τις υπόλοιπες εξαιτίας της παρουσίας των ειδών *Carcinus aestuarii* και *Dardanus arrosor*, τα οποία δε συναντώνται στις άλλες ομάδες, ενώ είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι η αφθονία του είδους *Gammarus insensibilis* είναι κατά πολύ μικρότερη από την αφθονία του είδους αυτού στις άλλες



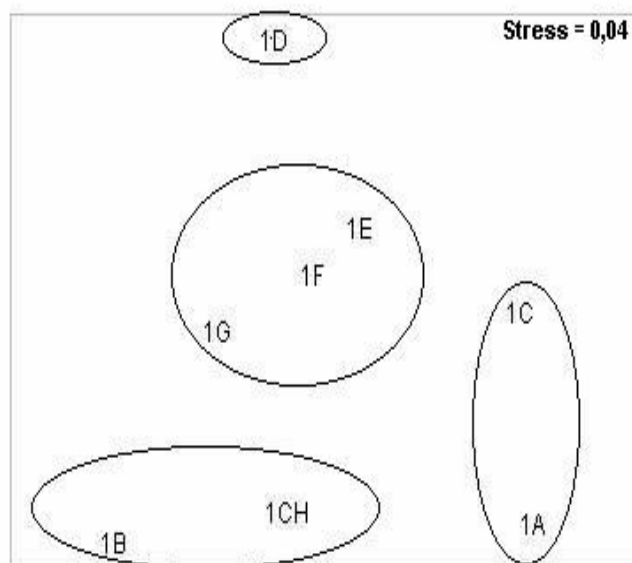
Εικόνα 17: Δενδρόγραμμα ομαδοποίησης των σταθμών στο σύνολο των δειγματοληπτικών περιόδων



Εικόνα 18: MDS διάγραμμα στο σύνολο των δειγματοληπτικών περιόδων



Εικόνα 19: Δενδρόγραμμα ομαδοποίησης των σταθμών για το μήνα Ιούνιο

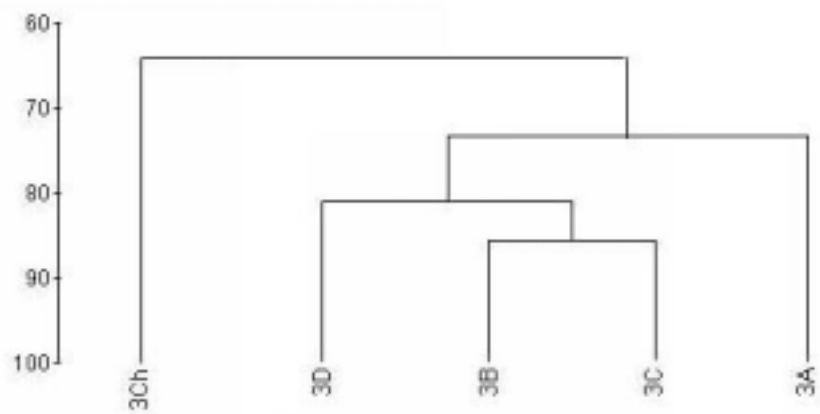


Εικόνα 20: MDS διάγραμμα για το μήνα Ιούνιο

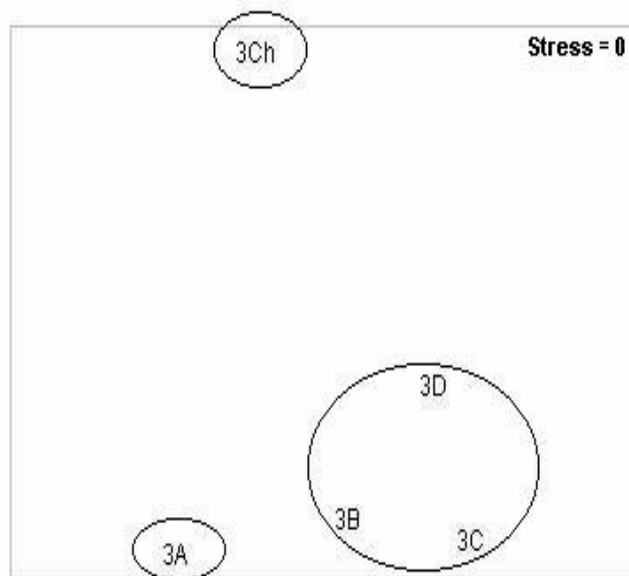
ομάδες. Η διαφοροποίηση της δεύτερης ομάδας από τις υπόλοιπες οφείλεται στην παρουσία των ειδών *Corophium acutum*, *Dexamine spinosa*, *Microdeutopus sp.*, *Cirolana sp.*, *Palaemon sp.* και *Urogebia tipica*, τα οποία απουσιάζουν εντελώς από τις άλλες ομάδες. Για την τρίτη ομάδα χαρακτηριστική είναι η παντελής απουσία του είδους *Microdeutopus gryllotalpa*, το οποίο όμως βρίσκεται σε μεγάλη αφθονία στην τέταρτη ομάδα, κάτι που αποτελεί και τον κυριότερο παράγοντα διαφοροποίησής της από τις υπόλοιπες ομάδες.

Για την περίοδο του Φεβρουαρίου (Εικ. 21-22) οι σταθμοί μπορούν να διακριθούν σε τρεις ομάδες, η διάκριση όμως αυτή δεν είναι στατιστικώς σημαντική ($p=0,1$). Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει το σταθμό στο κανάλι και διαφοροποιείται από τις υπόλοιπες εξαιτίας της αποκλειστικής παρουσίας των ειδών *Melita palmata*, *Urogebia pusilla*, *Idotea sp.* και Mysidacea sp., της μεγάλης αφθονίας του είδους *Dexamine spinosa*, καθώς και εξαιτίας της πλήρους απουσίας του *Microdeutopus sp.*, που υπάρχει σε όλες τις άλλες ομάδες. Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει το σταθμό Α και η διαφοροποίηση οφείλεται στην πολύ μικρή αφθονία του είδους *Dexamine spinosa*, καθώς και στην απουσία των ειδών *Corophium acutum* και *Gammarus insensibilis*. Τέλος, οι σταθμοί Β, C και D ομαδοποιούνται χωριστά από τους άλλους εξαιτίας της αποκλειστικής παρουσίας σε αυτούς των ειδών *Alpheus dentipes*, *Carcinus aestuarii* και *Palaemon sp.*

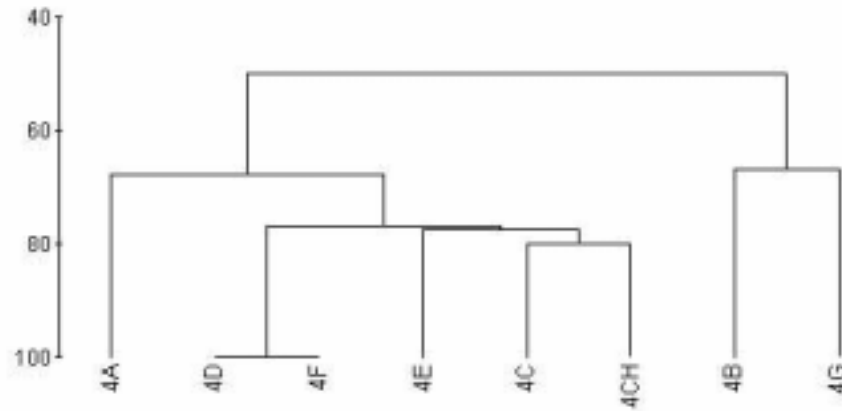
Η Cluster και η MDS μέθοδοι έδειξαν ότι για τη δειγματοληπτική περίοδο του Μαΐου οι σταθμοί χωρίζονται σε δύο ομάδες (Εικ. 23-24), αποτέλεσμα που σύμφωνα με το ANOSIM test είναι στατιστικά σημαντικό ($R=1$, $p<0,05$). Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει τους σταθμούς CH, A, C, D, E και F, ενώ η δεύτερη ομάδα τους σταθμούς Β και G. Αυτό που φαίνεται να διαφοροποιεί τις δύο ομάδες είναι η παρουσία κάποιων ειδών στην πρώτη ομάδα, τα οποία απουσιάζουν από τη δεύτερη. Τα είδη αυτά είναι τα *Dexamine spinosa*, *Microdeutopus sp.*, *Carcinus aestuarii*, *Urogebia pusilla* και Mysidacea sp. Επίσης, στη δεύτερη ομάδα είναι χαρακτηριστικός ο μεγάλος αριθμός των ατόμων του είδους *Microdeutopus gryllotalpa*, πάντα σε σχέση με τα άτομα του είδους αυτού που συλλέχθηκαν από τους σταθμούς της πρώτης ομάδας.



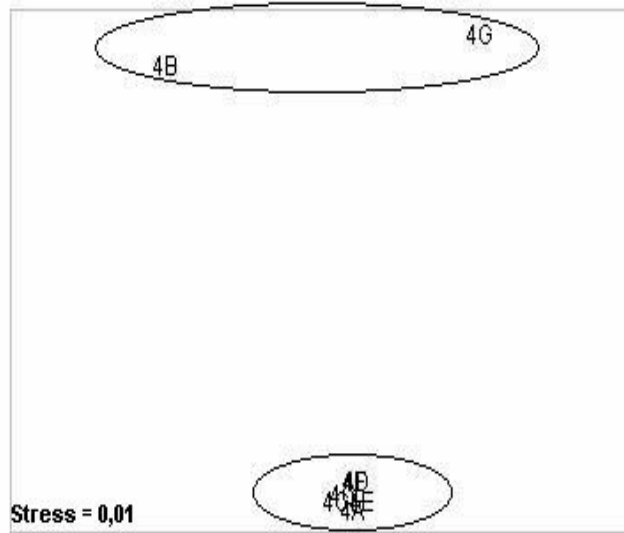
Εικόνα 21: Δενδρόγραμμα ομαδοποίησης των σταθμών για το μήνα Φεβρουάριο



Εικόνα 22: MDS διάγραμμα για το μήνα Φεβρουάριο

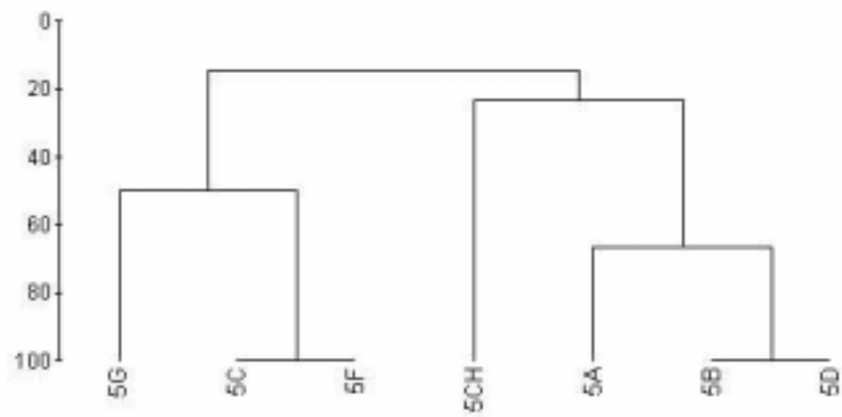


Εικόνα 23: Δενδρόγραμμα ομαδοποίησης των σταθμών για το μήνα Μάιο

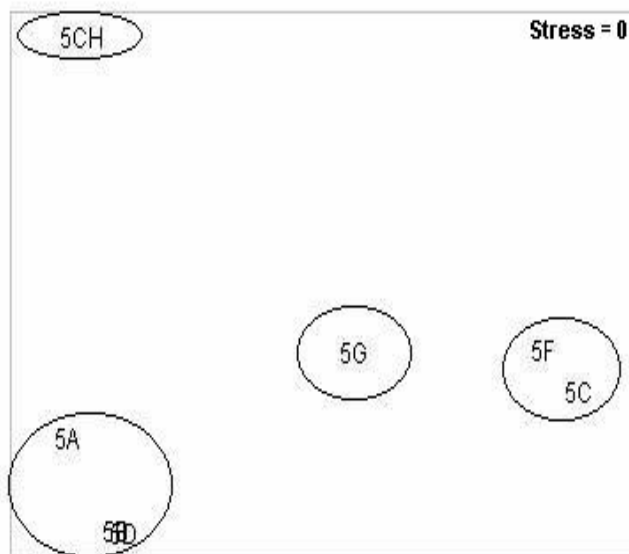


Εικόνα 24: MDS διάγραμμα για το μήνα Μάιο

Η τελευταία περίοδος είναι αυτή του Οκτωβρίου και όπως φαίνεται από το δενδρόγραμμα που προέκυψε από την ανάλυση Cluster (Εικ. 25) αλλά και από το διάγραμμα που έδωσε η εφαρμογή της μεθόδου MDS (Εικ. 26), οι σταθμοί διακρίνονται σε τέσσερις ομάδες και σύμφωνα με το ANOSIM test το αποτέλεσμα είναι στατιστικά σημαντικό ($R=1$, $p<0,05$). Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει το σταθμό στο κανάλι (CH), η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει τους σταθμούς A, B και D, η τρίτη ομάδα τους σταθμούς C και F, ενώ η τέταρτη ομάδα το σταθμό G. Η παρουσία αποκλειστικά κάποιων ειδών στο κανάλι είναι αυτό που διαφοροποιεί το σταθμό αυτό από τις άλλες ομάδες σταθμών. Τα είδη αυτά είναι τα: *Carcinus aestuarii*, *Macropodia linearesi*, *Palaemon sp.*, *Upogebia pusilla*, *Upogebia tipica*, *Limmoria sp.* και *Cymodoce sp.* Οι σταθμοί A, B και D της δεύτερης ομάδας εμφανίζουν αυξημένο αριθμό ατόμων *Microdeutopus gryllotalpa* σε σχέση με τις άλλες ομάδες, ενώ αυτό το είδος απουσιάζει εντελώς από τους σταθμούς της τρίτης ομάδας, οι οποίοι όμως περιέχουν και οι δύο άτομα του είδους *Gammarus insensibilis*, το οποίο συναντάται πάλι μόνο στην τέταρτη ομάδα (G). Στην τελευταία αυτή ομάδα, το *G. insensibilis* βρίσκεται σε πολύ μεγαλύτερη αφθονία απ' ό,τι στους σταθμούς της τρίτης ομάδας, ενώ παράλληλα εμφανίζεται και αυξημένος αριθμός ατόμων του είδους Mysidacea, τουλάχιστο σε σχέση με το κανάλι, όπου είναι ο μοναδικός άλλος σταθμός που συναντάται το είδος αυτό κατά την περίοδο του Οκτωβρίου.



Εικόνα 25: Δενδρόγραμμα ομαδοποίησης των σταθμών για το μήνα Οκτώβριο



Εικόνα 26: MDS διάγραμμα για το μήνα Οκτώβριο

3.3. Δείκτες ποικιλότητας

Από την επεξεργασία των δειγμάτων για την εύρεση των δεικτών ποικιλότητας προέκυψαν τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στους Πίνακες 2-7, για όλες τις περιόδους δειγματοληψίας, καθώς και για το σύνολο των εποχών. Οι δείκτες των Margalef (d) και Pielou (J') δείχνουν την αφθονία των ειδών και την ομοιόμορφη κατανομή τους αντίστοιχα, ενώ ο δείκτης Shannon-Wiener (H') δείχνει τόσο την ποικιλότητα όσο και την κατανομή που εμφανίζουν τα είδη στα δείγματα. Σε ό,τι αφορά τους δείκτες Margalef και Pielou, όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή τους τόσο μεγαλύτερη είναι και η ποικιλότητα του δείγματος, ενώ διαφορετική είναι η περίπτωση του δείκτη Shannon-Wiener, σύμφωνα με τον οποίο τιμή πλησιέστερη στο 1 υποδηλώνει πιο ομοιόμορφη κατανομή των ειδών στο δείγμα.

Πίνακας 2: Δείκτες αφθονίας ειδών, ομοιόμορφης κατανομής και ποικιλότητας της πανίδας των καρκινοειδών για την περίοδο του Ιουνίου

ΣΤΑΘΜΟΣ	S	N	d	J'	H' (log10)
1CH	5	205	0,75	0,56	0,39
1A	8	250	1,26	0,66	0,60
1B	3	33	0,57	0,72	0,34
1C	6	490	0,80	0,61	0,47
1D	1	480	0	-	0
1E	3	1090	0,28	0,78	0,37
1F	2	410	0,16	0,65	0,19
1G	3	190	0,38	0,71	0,34

Πίνακας 3: Δείκτες αφθονίας ειδών, ομοιόμορφης κατανομής και ποικιλότητας της πανίδας των καρκινοειδών για την περίοδο του Σεπτεμβρίου

ΣΤΑΘΜΟΣ	S	N	d	J'	H' (log10)
2CH	6	53	1,25	0,96	0,74
2A	2	25	0,31	0,97	0,29

Πίνακας 4: Δείκτες αφθονίας ειδών, ομοιόμορφης κατανομής και ποικιλότητας της πανίδας των καρκινοειδών για την περίοδο του Φεβρουαρίου

ΣΤΑΘΜΟΣ	S	N	d	J'	H' (log10)
---------	---	---	---	----	------------

3CH	9	4392	0,95	0,24	0,23
3A	4	1359	0,41	0,11	7,08E-2
3B	3	2384	0,25	0,22	0,10
3C	5	403	0,66	0,71	0,50
3D	6	549	0,79	0,64	0,49

Πίνακας 5: Δείκτες αφθονίας ειδών, ομοιόμορφης κατανομής και ποικιλότητας της πανίδας των καρκινοειδών για την περίοδο του Μαΐου

ΣΤΑΘΜΟΣ	S	N	d	J'	H' (log10)
4CH	6	365	0,84	0,48	0,37
4A	8	213	1,30	0,73	0,66
4B	3	496	0,32	0,39	0,18
4C	4	70	0,70	0,64	0,38
4D	4	186	0,57	0,68	0,41
4E	4	163	0,58	0,30	0,18
4F	4	40	0,81	0,70	0,42
4G	3	160	0,39	0,66	0,31

Πίνακας 6: Δείκτες αφθονίας ειδών, ομοιόμορφης κατανομής και ποικιλότητας της πανίδας των καρκινοειδών για την περίοδο του Οκτωβρίου

ΣΤΑΘΜΟΣ	S	N	d	J'	H' (log10)
5CH	10	226	1,66	0,49	0,49
5A	2	205	0,18	0,28	8,46E-2
5B	1	70	0	-	0
5C	1	10	0	-	0
5D	1	40	0	-	0
5F	1	10	0	-	0
5G	3	70	0,47	0,91	0,43

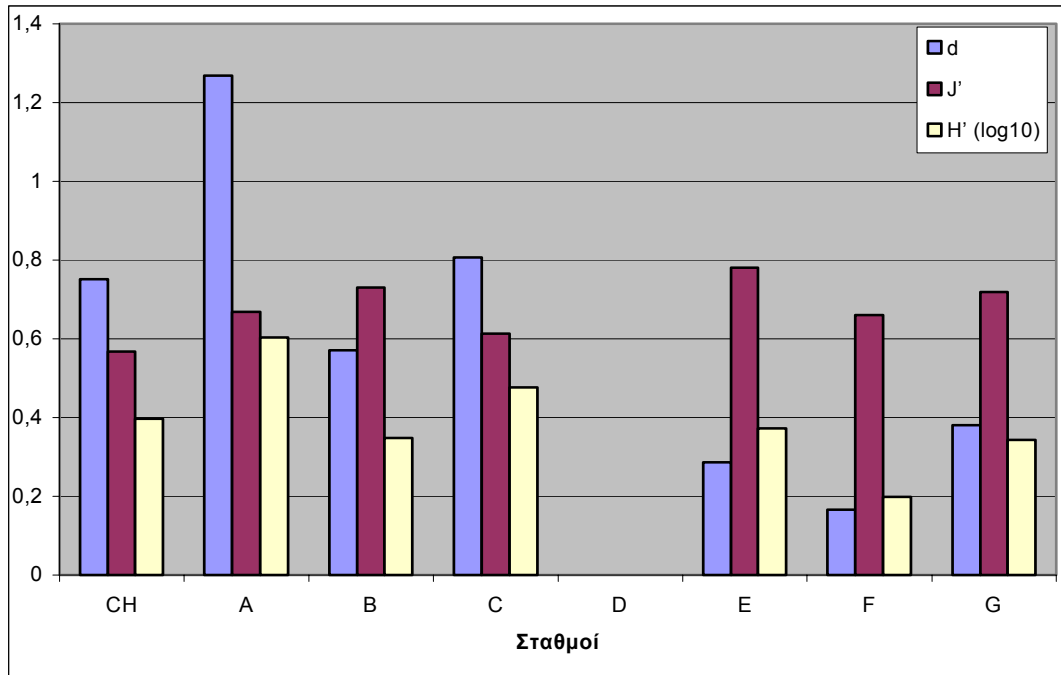
Πίνακας 7: Δείκτες αφθονίας ειδών, ομοιόμορφης κατανομής και ποικιλότητας της πανίδας των καρκινοειδών για το σύνολο των δειγματοληπτικών περιόδων

ΣΤΑΘΜΟΣ	S	N	d	J'	H' (log10)
CH	18	1048	2,44	0,29	0,37
A	13	410	1,99	0,27	0,31
B	6	746	0,75	0,18	0,14
C	10	243	0,63	0,56	0,56
D	6	314	0,86	0,63	0,49
E	6	627	0,77	0,50	0,39
F	4	153	0,59	0,47	0,28
G	5	140	0,80	0,54	0,38

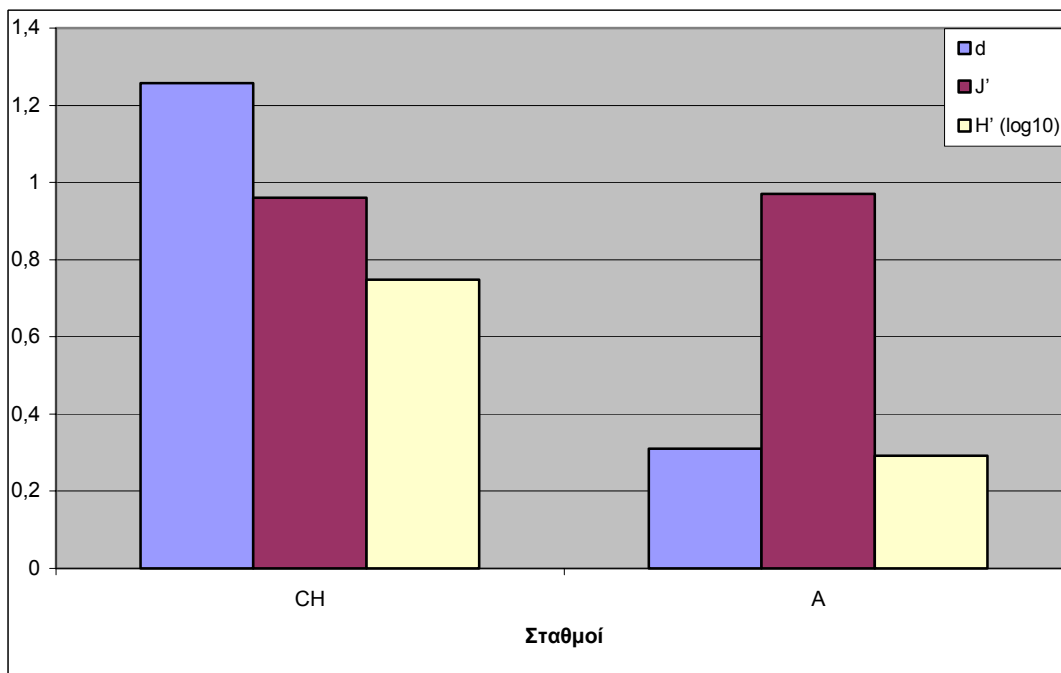
Κατά την περίοδο του Ιουνίου (Πίν. 2, Εικ. 27), ο δείκτης Margalef εμφανίζει τη μεγαλύτερη τιμή στο σταθμό A, η τιμή του μειώνεται σχεδόν στο μισό στους σταθμούς CH, B και C, έχει μηδενική τιμή στο σταθμό D (1 μόνο είδος), ενώ κυμαίνεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα στους σταθμούς E και F, για να παρουσιάσει

στη συνέχεια μια μικρή αύξηση στο σταθμό G. Το μήνα Σεπτέμβριο (Πίν. 3, Εικ. 28) ο δείκτης εμφανίζει μεγαλύτερη τιμή στο κανάλι (σταθμός CH), ενώ παρουσιάζει δραστική μείωση στο σταθμό A. Κατά την περίοδο του Φεβρουαρίου (Πίν. 4, Εικ. 29) η τιμή του δείκτη είναι πολύ υψηλή στο κανάλι, μειώνεται διαδοχικά στους σταθμούς A και B για να αυξηθεί και πάλι στους σταθμούς C και D, σε επίπεδα μεγαλύτερα απ' ό,τι στους A και B. Μάλιστα, η τιμή του δείκτη στο σταθμό D είναι λίγο μικρότερη από την τιμή στο σταθμό του καναλιού. Ο δείκτης Margalef για την περίοδο του Μαΐου (Πίν.15, Εικ. 30) παρουσιάζει διαδοχικές αυξομειώσεις από το κανάλι προς το εσωτερικό της λιμνοθάλασσας. Αυτό που διαπιστώνεται είναι μια αύξηση της τιμής του δείκτη από το σταθμό CH στο σταθμό A, ενώ κατά την μετάβαση από τον A στο B παρατηρείται δραστική μείωση αυτής. Η τιμή αυξάνεται και πάλι στο σταθμό C, δε μειώνεται σημαντικά στους σταθμούς D και E, στους οποίους κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα, ενώ αυξάνεται και πάλι στο σταθμό F, για να μειωθεί στη συνέχεια αρκετά στο σταθμό G. Στην περίοδο του Οκτωβρίου (Πίν. 6, Εικ. 31) ο δείκτης μειώνεται δραστικά κατά τη μετάβαση από το κανάλι στο σταθμό A, η ποικιλότητα είναι μηδενική στους σταθμούς B, C, D και F (1 είδος σε κάθε σταθμό), ενώ αυξάνεται και πάλι στο σταθμό G. Αν συγκριθούν οι τιμές που παίρνει ο δείκτης Margalef σε κάθε σταθμό στο σύνολο των περιόδων (Πίν. 7, Εικ. 32) διαπιστώνεται ότι η τιμή του είναι μεγαλύτερη στο κανάλι, στη συνέχεια παρουσιάζει μια μικρή μείωση στο σταθμό A και μια πιο δραστική μείωση στο σταθμό B, για ν' αυξηθεί και πάλι σημαντικά στο σταθμό C. Ακολουθεί σημαντική μείωση της τιμής του δείκτη στο σταθμό D και από εκεί και πέρα παρατηρούνται διαδοχικές αυξομειώσεις, όχι όμως μεγάλου εύρους, με αποτέλεσμα οι τιμές να κυμαίνονται περίπου στα ίδια επίπεδα με αυτή του σταθμού B.

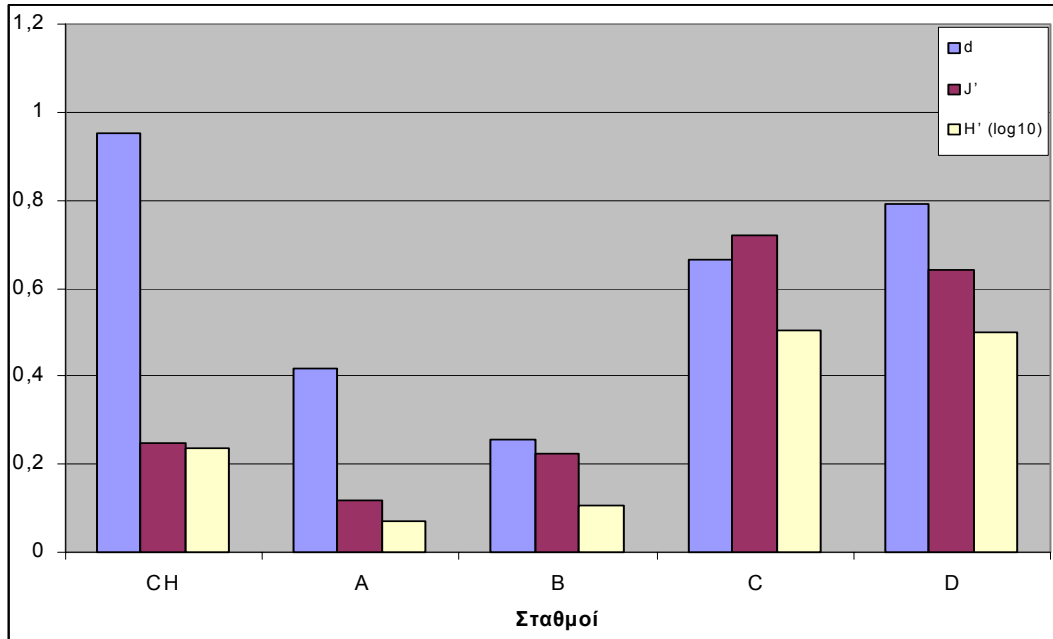
Σε ό,τι αφορά τον δείκτη Pielou στις διάφορες εποχές, παρατηρείται ότι για το μήνα Ιούνιο (Πίν. 2, Εικ 27) η μέγιστη τιμή του δείκτη εμφανίζεται στο σταθμό E και η μικρότερη στο σταθμό CH, χωρίς όμως να υπάρχουν σημαντικές διαφορές, τόσο μεταξύ αυτών των δύο όσο και μεταξύ των υπόλοιπων σταθμών. Η κατανομή των ειδών είναι ίδια στους δύο σταθμούς όπου είχαμε άτομα κατά το μήνα Σεπτέμβριο (CH και A) και μάλιστα ο δείκτης παίρνει σχεδόν τη μέγιστη τιμή της ομοιόμορφης



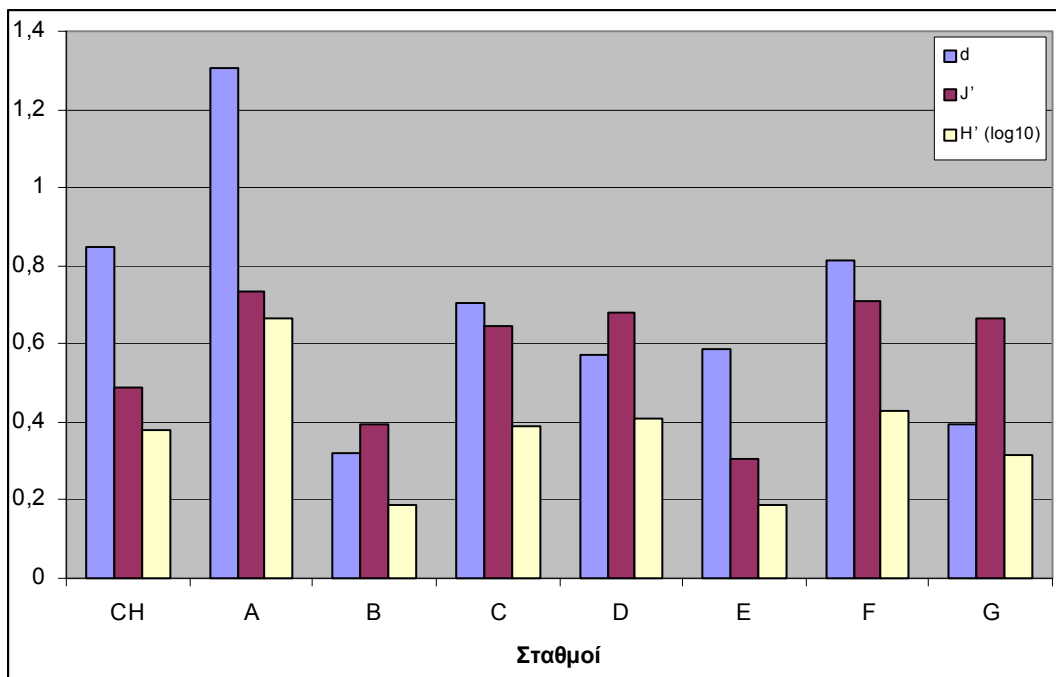
Εικόνα_27: Δείκτες αφθονίας ειδών, ομοιόμορφης κατανομής και ποικιλότητας για την περίοδο του Ιουνίου



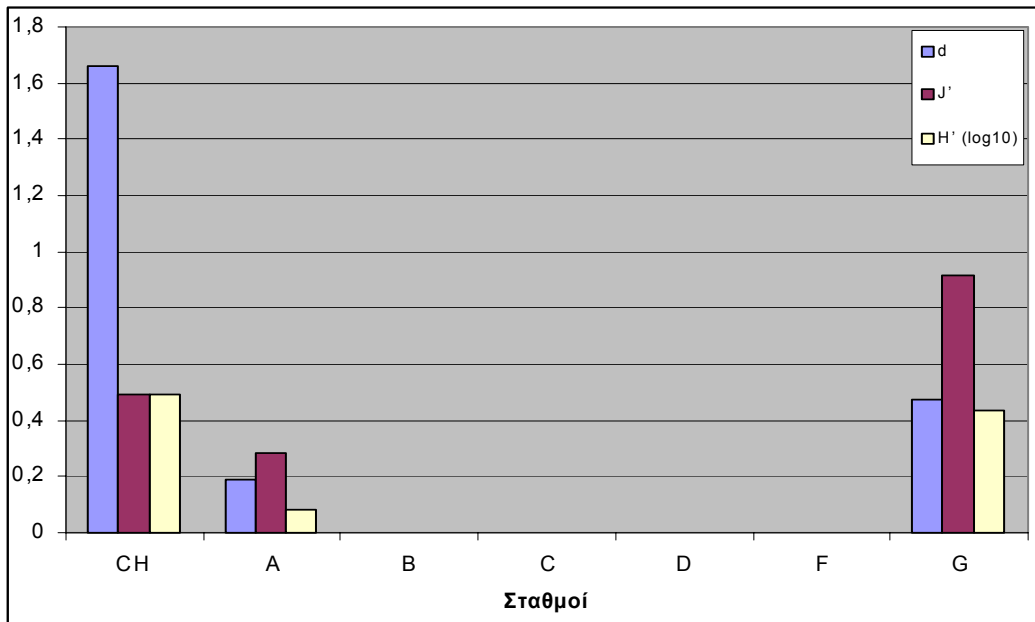
Εικόνα_28: Δείκτες αφθονίας ειδών, ομοιόμορφης κατανομής και ποικιλότητας για την περίοδο του Σεπτεμβρίου



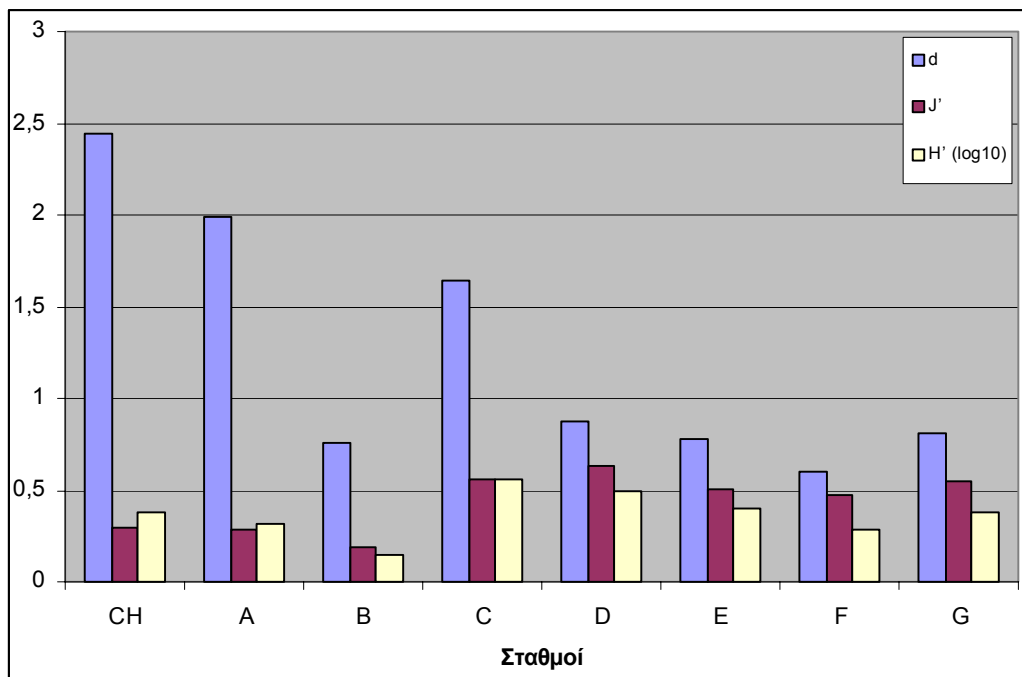
Εικόνα 29: Δείκτες αφθονίας ειδών, ομοιόμορφης κατανομής και ποικιλότητας για την περίοδο του Φεβρουαρίου



Εικόνα 30: Δείκτες αφθονίας ειδών, ομοιόμορφης κατανομής και ποικιλότητας για την περίοδο του Μαΐου



Εικόνα 31: Δείκτες αφθονίας ειδών, ομοιόμορφης κατανομής και ποικιλότητας για την περίοδο του Οκτωβρίου



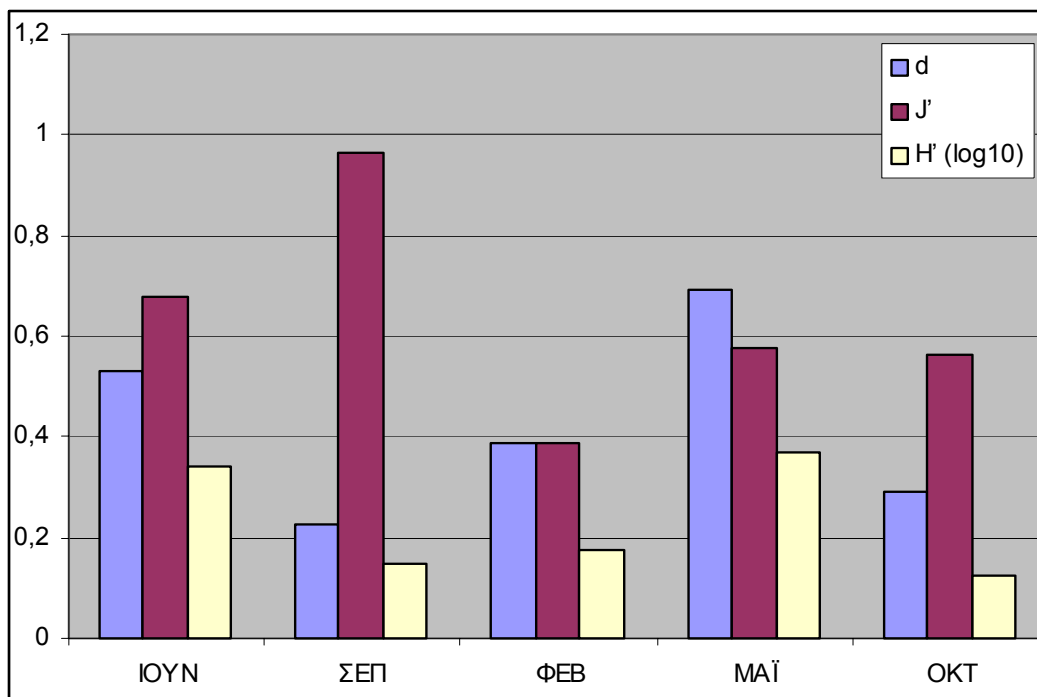
Εικόνα 32: Δείκτες αφθονίας ειδών, ομοιόμορφης κατανομής και ποικιλότητας στους σταθμούς, στο σύνολο των δειγματοληπτικών περιόδων

κατανομής (Πίν. 3, Εικ. 28). Το παραπάνω πρότυπο αλλάζει στην περίοδο του Φεβρουαρίου (Πίν. 4, Εικ. 29), όπου οι ελάχιστες τιμές του δείκτη παρατηρούνται στους σταθμούς CH, A και B, ενώ στους σταθμούς C και D οι τιμές αυξάνονται σε υψηλά επίπεδα. Κατά την περίοδο του Μαΐου (Πίν. 5, Εικ. 30) εμφανίζονται μέσες τιμές ομοιόμορφης κατανομής στους σταθμούς A, C, D, F και G, ενώ όσον αφορά στους σταθμούς CH, B και E, η τιμή του δείκτη είναι αρκετά χαμηλή. Για τον Οκτώβριο (Πίν. 6, Εικ. 31) παρατηρείται μέγιστη ομοιόμορφη κατανομή στο σταθμό G, η οποία μειώνεται στο σταθμό CH και ακόμα περισσότερο στο σταθμό A. Η κατανομή των ειδών στους διάφορους σταθμούς στο σύνολο των εποχών (Πίν. 7, Εικ. 32) παρουσιάζει ελάχιστες τιμές στους σταθμούς CH, A και B, ενώ κυμαίνεται σε μεσαία επίπεδα στους υπόλοιπους σταθμούς, με τη μεγαλύτερη τιμή (0.6329) να εμφανίζεται στο σταθμό D.

Σύμφωνα με το δείκτη Shannon-Wiener, η ποικιλότητα κατά το μήνα Ιούνιο παρουσιάζει διαδοχικές αυξομειώσεις κατά τη μετάβαση από το κανάλι προς το εσωτερικό της λιμνοθάλασσας (Πίν. 2, Εικ. 27). Έτσι, αυξάνεται από το σταθμό του καναλιού προς το σταθμό A (όπου παρατηρείται και η μεγαλύτερη τιμή γι' αυτήν την περίοδο), μειώνεται από τον A στον B και αυξάνει και πάλι στον C, για να μειωθεί στον E (στο σταθμό D εμφανίζεται μηδενική ποικιλότητα, λόγω της ύπαρξης ενός μόνο είδους). Στο σταθμό F η ποικιλότητα μειώνεται ακόμα περισσότερο, σημειώνοντας την ελάχιστη τιμή (αν εξαιρεθεί η τιμή που παρατηρείται στο σταθμό D) και στη συνέχεια αυξάνεται ξανά στον G. Το Σεπτέμβριο μειώνεται δραστικά κατά τη μετάβαση από το κανάλι στο σταθμό A (Πίν. 3, Εικ. 28), όπως συμβαίνει και το Φεβρουάριο, όπου ο A είναι αυτός που εμφανίζει τη μικρότερη ποικιλότητα (Πίν. 4, Εικ. 29). Η τιμή διατηρείται επίσης χαμηλή και στους σταθμούς CH και B, ενώ εμφανώς μεγαλύτερη ποικιλότητα παρουσιάζουν οι σταθμοί C και D. Κατά την περίοδο του Μαΐου ο δείκτης ακολουθεί γενικά το πρότυπο του Ιουνίου (Πίν. 5, Εικ. 30), με τη διαφορά ότι ο σταθμός D δεν εμφανίζει μηδενική ποικιλότητα, αλλά ελαφρώς μεγαλύτερη από αυτήν του σταθμού C, όπως επίσης και η ποικιλότητα του σταθμού F είναι μεγαλύτερη και όχι μικρότερη από αυτήν των E και G. Τέλος, κατά την περίοδο του Οκτωβρίου (Πίν. 6, Εικ. 31) ο δείκτης κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα στους σταθμούς CH και G, ενώ εμφανίζεται σαφώς μειωμένος στο σταθμό A. Στο σύνολο των δειγματοληπτικών περιόδων ο δείκτης ακολουθεί το πρότυπο του γραφήματος της Εικ. 32, όπου παρατηρείται ότι η ποικιλότητα μειώνεται από τους σταθμούς CH και A προς το σταθμό B, στη συνέχεια αυξάνεται στο σταθμό C σε

επίπεδα πολύ υψηλότερα ακόμα και από εκείνα που παρατηρούνται στο κανάλι και μειώνεται διαδοχικά στους σταθμούς D, E και F, για ν' αυξηθεί και πάλι στο σταθμό G.

Από την παρατήρηση των τιμών που παίρνουν οι δείκτες στο σύνολο των περιόδων και ανεξαρτήτως σταθμών δειγματοληψίας (Εικ. 33), διαπιστώνεται ότι η μεγαλύτερη ποικιλότητα ειδών εμφανίζεται κατά την περίοδο του Μαΐου και η μικρότερη –όπως είναι φυσικό– κατά την περίοδο του Σεπτεμβρίου, όπου παρατηρείται και η υψηλότερη τιμή ομοιόμορφης κατανομής. Η ομοιόμορφη κατανομή βρίσκεται στα ίδια περίπου επίπεδα τον Οκτώβριο και τον Μάιο, η τιμή της αυξάνεται ελαφρά την περίοδο του Ιουνίου, ενώ εμφανίζεται δραστικά μειωμένη το Φεβρουάριο.



Εικόνα 33: Δείκτες αφθονίας ειδών, ομοιόμορφης κατανομής και ποικιλότητας, στο σύνολο των δειγματοληπτικών περιόδων.

3.4. Συσχέτιση βιοτικών και αβιοτικών παραμέτρων

Οι τιμές των αβιοτικών παραμέτρων σε κάθε δειγματοληπτικό σταθμό στη λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας στο διάστημα από τον Ιούνιο 1998 μέχρι και τον Οκτώβριο 1999 παρουσιάζονται στους Πίνακες 8-12, ενώ στον Πίνακα 13 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των παραμέτρων αυτών στο σύνολο των δειγματοληπτικών περιόδων. Να σημειωθεί εδώ ότι στις αβιοτικές παραμέτρους, εκτός από τις φυσικοχημικές ιδιότητες της στήλης του νερού και του ιζήματος, περιλαμβάνεται και η απόσταση κάθε σταθμού από το κανάλι επικοινωνίας με τη θάλασσα (distance).

Από την επεξεργασία των δεδομένων της πανίδας με το πρόγραμμα PRIMER και την εφαρμογή της ανάλυσης BIOENV για τη συσχέτιση των περιβαλλοντικών παραμέτρων με το πρότυπο διανομής της πυκνότητας των μακροβενθικών ειδών των καρκινοειδών στη λιμνοθάλασσα προκύπτουν τα αποτελέσματα που δίνονται στον Πίνακα 14. Η ανάλυση BIOENV δεν μπόρεσε να εφαρμοστεί για το μήνα Σεπτέμβριο, εξαιτίας της ύπαρξης ατόμων σε δυο μονάχα σταθμούς.

Πίνακας 8: Τιμές αβιοτικών παραμέτρων στους σταθμούς δειγματοληψίας την περίοδο του Ιουνίου

	1A	1B	1C	1D	1E	1F	1G	1Ch
Temp	28	29	32	29	30	30,2	32	27
Sal	37	38	38	38	47	47	50	38
Depth	22	18	52	62	55	51	53	80
DisO2	8,6	7,4	4,7	6	6,2	5	5,6	8,2
O2Sat	112	109	65	90	94	73	80	111
PH	7,9	8	8,05	7,9	7,8	7,8	7,75	7,94
Redox	178	122	128	98	18	83	68	278
POC	7,95	3,855	29,39	28,39	30	32,44	30,30	36,21
Chl a	13,57	10,79	22,61	11,85	15,50	20,93	15,93	5,29
Phaeop	18,78	9,17	65,26	37,88	43,66	52,21	33,18	8,78
CPE	32,36	19,97	87,87	49,74	59,16	73,14	49,11	14,08
NH4	1,31	0,68	2,59	0,32	7,84	5,72	1,17	0,16
NO3	5,08	3,54	0,70	0,83	1,28	0,26	0,40	2,16
NO2	0,84	0	1,05	0,84	0,46	1,05	0,21	0,37
PO4	0,05	0,08	0,06	0,04	0,08	0,08	0,03	0,06
SiO2	6,11	5,55	20,45	8,02	32,76	40,57	31,47	4,80
Dist	30	125	300	350	700	1400	1200	0

Πίνακας 9: Τιμές αβιοτικών παραμέτρων στους σταθμούς δειγματοληψίας την περίοδο του Σεπτεμβρίου

	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2Ch
Temp	27	30	27,5	27,5	30	28	28	29
Sal	37	42	40	53	57	56	62	40
Depth	22	18	52	62	55	51	53	80
DisO2	6,1	8	3,2	4,5	3,2	2,1	6,1	4,3
O2Sat	105	141	67	66	57	37	110	75
PH	8,43	8,62	8,35	8,41	8,47	8,56	8,92	8,32
Redox	88	-2	-22	-22	-122	-102	168	-2
POC	9,52	8,77	4,57	22,43	33,79	35,42	30,51	34,41
Chl a	13,49	7,73	16,83	23,17	9,57	35,58	18,71	20,11
Phaeop	24,50	10,45	19,25	64,92	53,29	56,17	53,17	35,53
CPE	37,99	18,19	36,08	88,10	62,86	91,76	71,89	55,64
NH4	1,07	1,87	1,10	1,09	0,66	6,35	0,1	1,72
NO3	3,34	1,97	0,88	1,24	1,39	0,86	1,75	1,25
NO2	1,03	0,13	0,59	0,69	0,13	0,23	0,08	0,53
PO4	0,21	0,20	0,18	0,25	0,05	0,06	0,07	0,18
SiO2	54,27	54,45	62,64	63,99	14,76	8,01	43,2	15,3
Dist	30	125	300	350	700	1400	1200	0

Πίνακας 10: Τιμές αβιοτικών παραμέτρων στους σταθμούς δειγματοληψίας την περίοδο του Φεβρουαρίου

	3A	3B	3C	3D	3E	3F	3G	3Ch
Temp	12	13,5	14	14,5	13	12,5	13,5	13,5
Sal	25	24	23	26	25	21	25	29
Depth	22	18	52	62	55	51	53	80
DisO2	9,6	9,5	12,7	8,6	9,2	6,4	8,9	8,9
O2Sat	93	95	140	94	95	82	94	99
PH	8,35	8,54	8,54	8,51	8,64	8,55	8,64	8,48
Redox	139	159	172	120	-81	58	-29	-62
POC	4736	2803	36222	32905	29735	36698	37574	24288
Chl a	1,92	1,51	7,35	2,72	9,32	9,23	7,16	2,45
Phaeop	4,92	2,95	30,12	32,29	36,49	27,2	32,21	29,67
CPE	6,84	4,46	37,47	35,01	45,81	36,43	39,37	32,12
NH4	8,54	9,28	9,36	10,11	9,37	12,10	8,11	2,33
NO3	0,36	0,44	0,55	0,23	1,05	0,53	0,21	1,13
NO2	9,42	4,71	4,08	4,86	11,50	8,53	4,63	3,3
PO4	0,08	0,04	0,06	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07
SiO2	12,42	10,53	7,92	7,56	8,37	13,50	7,83	8,5
Dist	30	125	300	350	700	1400	1200	0

Πίνακας 11: Τιμές αβιοτικών παραμέτρων στους σταθμούς δειγματοληψίας την περίοδο του Μαΐου

	4A	4B	4C	4D	4E	4F	4G	4Ch
Temp	22	25	25	24	24	25,5	26,7	26
Sal	30	27	34	32	27	21	29	36
Depth	22	18	52	62	55	51	53	80
DisO2	8,8	12	5,9	4,9	8	8,9	8,8	9,2
O2Sat	130	175	85	76	118	125	129	134
PH	8,03	8,35	8,22	7,87	8,57	8,97	8,92	8,17
Redox	-8	16	291	76	-110	-87	-36	-114
POC	5,11	3,73	27,43	33,37	45,34	31,28	29,69	34,54
Chl a	2,83	2,36	8,29	4,90	29,13	19,14	10,19	19,05
Phaeop	5,27	3,15	39,85	39,27	70,17	42,01	22,88	44,53
CPE	8,11	5,51	48,14	44,17	99,31	61,15	33,08	63,59
NH4	6,89	1,45	5,24	5,0304	2,59	2,87	1,10	0,224
NO3	0	0	0,16	0,14	0,08	0,06	0,04	0
NO2	11,92	6,88	12,80	73,12	12,70	7,12	8,62	12,53
PO4	0,06	0,11	0,15	0,22	0,09	0,12	0,06	0,03
SiO2	38,16	35,1	36,81	22,68	42,93	36,63	30,06	3,6
Dist	30	125	300	350	700	1400	1200	0

Πίνακας 12: Τιμές αβιοτικών παραμέτρων στους σταθμούς δειγματοληψίας την περίοδο του Οκτωβρίου

	5A	5B	5C	5D	5E	5F	5G	5Ch
Temp	23,5	24	20	21	21	24,5	20,5	23,5
Sal	45	48	50	44	56	46	57	47
Depth	22	18	52	62	55	51	53	80
DisO2	6	7,1	2,6	5,1	6,3	6,7	6,7	7,8
O2Sat	88	113	44	78	94	105	101	116
PH	8,17	8,18	8,49	8,1	8,13	8,14	8,3	8,24
Redox	153	381	-106	-29	-82	-140	-106	-90
POC	4,92	3,34	24,62	30,96	30,96	25,66	25,42	19,52
Chl a	1,99	8,64	8,01	10,33	24,22	15,61	9,81	11,86
Phaeop	6,42	10,54	46,73	38,30	54,96	52,55	43,92	33,40
CPE	8,42	19,19	54,75	48,63	79,19	68,17	53,74	45,26
NH4	0,38	0,22	0,51	1,88	1,02	1,53	0,54	0,60
NO3	0,42	0,25	0,15	0,11	0,19	0,76	0,21	0
NO2	2,78	2,84	10,99	4,35	8,27	4,83	8,85	0,55
PO4	0,1	0,10	0,11	0,09	0,06	0,24	0,11	0,14
SiO2	3,33	8,05	9,45	9,49	22,27	108,22	34,45	16,92
Dist	30	125	300	350	700	1400	1200	0

Πίνακας 13: Μέσες τιμές αβιοτικών παραμέτρων στη λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας στο σύνολο των δειγματοληπτικών περιόδων

	A	B	C	D	E	F	G	Ch
Temp	22,5	24,3	23,7	23,2	23,6	24,14	24,14	23,45
Sal	34,8	35,8	37	38,6	42,4	38,2	44,6	39,27
Depth	22	18	52	62	55	51	53	80
DisO2	7,82	8,8	5,82	5,82	6,58	5,82	7,22	7,32
O2Sat	105,6	126,6	80,2	80,8	91,6	84,4	102,8	103,18
PH	8,176	8,33	8,33	8,15	8,322	8,40	8,50	8,24
Redox	110	135,2	92,6	48,6	-75,4	-37,6	13	4,36
POC	952,72	564,50	7261,58	6603,94	5975,04	7364,60	7538,03	4436,22
Chl a	6,76	6,21	12,62	10,59	17,552	20,10	12,36	10,56
Phaeop	11,98	7,25	40,24	42,53	51,71	46,03	37,07	27,99
CPE	18,74	13,46	52,86	53,13	69,26	66,13	49,44	38,56
NH4	3,64	2,70	3,76	3,68	4,29	5,71	2,20	0,97
NO3	1,84	1,24	0,48	0,51	0,79	0,49	0,52	0,70
NO2	5,19	2,91	5,90	16,77	6,61	4,35	4,47	3,61
PO4	0,1	0,108	0,11	0,13	0,06	0,116	0,06	0,10
SiO2	22,85	22,73	27,45	22,350	24,22	41,38	29,39	9,10
Dist	30	125	300	350	700	1400	1200	0

Σημείωση. Οι μονάδες για τις αβιοτικές παραμέτρους που αναφέρονται στους παραπάνω πίνακες είναι οι εξής: Temp=°C, Salinity=ppt, Depth=cm, Dissolved O₂=mg/lit, O₂ Saturation=%, Redox=mV, POC=mg/gr, Chl-a=mg/gr, Phaeopigments=mg/gr, CPE=mg/gr, NH₄=μM, NO₃=μM, NO₂=μM, PO₄=μM, SiO₂=μM, Distance=m

Οι υψηλότερες τιμές του αρμονικού συντελεστή συσχέτισης ρ_w που προέκυψαν από την ανάλυση της BIOENV αφορούν τις περιόδους του Ιουνίου, του Φεβρουαρίου και του Οκτωβρίου και βρέθηκαν να είναι μεγαλύτερες από την τιμή 0,5, κάτι που δείχνει θετική συσχέτιση ανάμεσα στο πολυμεταβλητό πρότυπο διανομής της βενθικής μακροπανίδας των καρκινοειδών και το συνδυασμό των αβιοτικών παραμέτρων. Αντίθετα, κατά την περίοδο του Μαΐου και στο σύνολο των περιόδων η συσχέτιση κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα (<0,5).

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 14, η περίοδος του Οκτωβρίου είναι αυτή κατά την οποία υπάρχουν περισσότερες παράμετροι συσχετισμένες με το πρότυπο διανομής της πυκνότητας (4), ενώ οι λιγότερες (1) παρατηρούνται το Μάιο (συγκέντρωση των πυριτικών αλάτων) και στο σύνολο των εποχών (απόσταση από το κανάλι).

Κατά την περίοδο του Ιουνίου, η υψηλότερη τιμή του αρμονικού συντελεστή συσχέτισης βρέθηκε να είναι ανάμεσα στο πρότυπο διανομής της πυκνότητας των

ειδών και τριών παραμέτρων, της συγκέντρωσης των φαιοχρωστικών στο ίζημα και των νιτρικών και νιτρωδών αλάτων στη στήλη του νερού. Οι ανάλογες παράμετροι για την περίοδο του Φεβρουαρίου είναι επίσης η συγκέντρωση των φαιοχρωστικών στο ίζημα καθώς και η συγκέντρωση των φωσφορικών αλάτων στη στήλη του νερού, ενώ για τον Οκτώβριο οι υψηλότερες τιμές του αρμονικού συντελεστή αφορούν τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου, τη συγκέντρωση των νιτρωδών και πυριτικών αλάτων στη στήλη του νερού, καθώς και την απόσταση από το κανάλι επικοινωνίας με τη θάλασσα.

Πίνακας 14: Αποτελέσματα από την εφαρμογή της ανάλυσης BIOENV για την ανίχνευση των περιβαλλοντικών παραμέτρων που συσχετίζονται με το πρότυπο διανομής της πυκνότητας των μακροβενθικών ειδών των καρκινοειδών.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	ρ_w
Jun98										+			+	+				0,636
Sep98																		-
Feb99										+					+			0,662
May99																+		0,256
Oct99				+										+		+	+	0,575
AVERAGE																	+	0,397

Σημείωση. 1-17: Περιβαλλοντικές παράμετροι. 1: Θερμοκρασία ιζήματος, 2: Αλατότητα, 3: Βάθος, 4: Συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου, 5: Ποσοστό κορεσμένου οξυγόνου, 6: PH, 7: Οξειδοαναγωγικό δυναμικό (Redox potential), 8: Συγκέντρωση σωματιδιακού οργανικού άνθρακα στο ίζημα (POC), 9: Συγκέντρωση χλωροφύλλης-α στο ίζημα (Chl-a), 10: Συγκέντρωση φαιοχρωστικών στο ίζημα, 11: Ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών (CPE), 12: Συγκέντρωση αμμωνιακών αλάτων στη στήλη του νερού, 13: Συγκέντρωση νιτρικών αλάτων στη στήλη του νερού, 14: Συγκέντρωση νιτρωδών αλάτων στη στήλη του νερού, 15: Συγκέντρωση φωσφορικών αλάτων στη στήλη του νερού, 16: Συγκέντρωση πυριτικών αλάτων στη στήλη του νερού, 17: Απόσταση από το κανάλι επικοινωνίας με τον κόλπο του Ναβαρίνου. AVERAGE: Μέσος όρος τιμών πυκνότητας ατόμων από τις 5 δειγματοληπτικές προσπάθειες ανά σταθμό.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, συνολικά βρέθηκαν 20 διαφορετικά είδη που ανήκουν στην ομάδα των καρκινοειδών, δηλαδή 5 λιγότερα από αυτά που είχαν προσδιοριστεί στην προηγούμενη περίοδο δειγματοληψιών 1995-96 (Ντούνας & Κουτσούμπας, 1996), αλλά παρατηρήθηκαν επίσης και αντικαταστάσεις ειδών. Ορισμένα από τα είδη που βρέθηκαν δεν είχαν προσδιοριστεί σε παλαιότερες δειγματοληψίες, ενώ άλλα που είχαν βρεθεί παλαιότερα στη λιμνοθάλασσα φαίνεται τώρα να εκλείπουν. Πιο συγκεκριμένα, τα είδη *Echinogammarus sp.*, *Erichthonius punctatus*, *Gammarus aeculcauda*, *G. crinicornis*, *G. subtypicus*, *Microdeutopus bifidus*, *M. chelifera*, *Orchestia cavimana*, *Perioculodes longimanus*, *Cumacea sp.*, *Liocarcinus sp.*, *Processa sp.*, *Upogebia littoralis*, *Eurydice sp.* και *Sphaeroma sp.* είχαν προσδιοριστεί στις δειγματοληψίες που έλαβαν μέρος κατά την περίοδο 1995-1996, αλλά η παρουσία τους δε σημειώθηκε κατά την πιο πρόσφατη δειγματοληπτική περίοδο. Από την άλλη πλευρά, τα είδη *Limmoria sp.*, *Melita palmata*, *Calianasia sp.*, *Dardanus arrosor*, *Macropodia linaresi*, *Upogebia pusilla*, *U. tipica*, *Cirolana sp.*, *Cymodoce sp.* και *Mysidacea sp.* δεν είχαν προσδιοριστεί στις παλαιότερες δειγματοληψίες.

Οι αντικαταστάσεις που παρατηρήθηκαν στα είδη είναι πιθανό να οφείλονται στο μόνιμο εμπλουτισμό της λιμνοθάλασσας με γλυκά νερά, γεγονός που προξένησε αλλαγές στους περιβαλλοντικούς παράγοντες που ελέγχουν την εξάπλωση των ειδών της βενθικής μακροπανίδας των καρκινοειδών. Ένας δεύτερος παράγοντας -και ίσως ο πιο σημαντικός- είναι το διάστημα στο οποίο συμβαίνει η δυστροφική κρίση, το οποίο «επιλέγει» τα είδη που επαναποικίζουν τη λιμνοθάλασσα, ανάλογα με τον κύκλο ζωής τους.

Αυτό που αξίζει να σημειωθεί εδώ είναι ότι ενώ κατά τις παλαιότερες δειγματοληψίες ο αριθμός των ειδών των Καρκινοειδών ήταν σταθερός (8 είδη) σε κάθε εποχή - με εξαίρεση το καλοκαίρι όπου είχαν παρατηρηθεί τα περισσότερα είδη (17), ο αριθμός των ειδών σε αυτές τις δειγματοληψίες εμφανίζεται γενικά αυξημένος ανά εποχή.

Πιο συγκεκριμένα, ο αριθμός των ειδών παρουσιάζει μια διακύμανση στο σύνολο των 5 δειγματοληπτικών περιόδων. Από τον Ιούνιο (όπου είναι η περίοδος με τα περισσότερα είδη) μέχρι το Σεπτέμβριο (ο οποίος είναι ο μήνας όπου παρατηρούνται

τα λιγότερα είδη) μειώνεται η ποικιλότητα σχεδόν στο μισό, ενώ το Φεβρουάριο αυξάνεται και πάλι στα ίδια περίπου επίπεδα και μάλιστα ο αριθμός των ατόμων εμφανίζει και το μέγιστο της τιμής του. Αυτό σημαίνει ότι το Σεπτέμβριο έχει ήδη προηγηθεί η δυστροφική κρίση, της οποίας μάλιστα η περίοδος εμφάνισης έχει μετατοπιστεί σε σχέση με προηγούμενες χρονιές και δεν παρατηρείται πλέον στις αρχές του φθινοπώρου, αλλά στα μέσα του καλοκαιριού. Το τελευταίο συμπεραίνεται από το γεγονός ότι κατά τη δειγματοληψία του Οκτωβρίου ο αριθμός των ειδών εμφανίζεται σαφώς μεγαλύτερος από αυτόν του Σεπτεμβρίου και παρόλο που ο αριθμός των ατόμων δεν είναι ακόμα πολύ υψηλός, η βιοποικιλότητα βρίσκεται σε παρόμοια επίπεδα με αυτά του Ιουνίου και Φεβρουαρίου, κάτι που σημαίνει ότι τα είδη που δεν κατορθώνουν να επιβιώσουν κατά τη διάρκεια της κρίσης επανεποικίζουν τη λιμνοθάλασσα μόλις η κρίση περάσει. Αυτό έρχεται σε συμφωνία και με τα αποτελέσματα άλλων ερευνητών σε παλαιότερες δειγματοληψίες στη Γιάλοβα, όπου υπήρξε επιτυχής επαναποίκηση των ειδών στη λιμνοθάλασσα μετά το τέλος της δυστροφικής κρίσης (Koutsoubas *et al*, 1997; Dounas *et al*, 1998; Arvanitidis *et al*, 1999).

Από τα αποτελέσματα παρατηρείται ότι τα είδη που κατόρθωσαν να επιβιώσουν ανήκαν στα Δεκάποδα, με μόνη εξαίρεση το Αμφίποδο *Microdeutopus gryllotalpa*, το οποίο άλλωστε φαίνεται να είναι και το είδος που κυριαρχεί στη λιμνοθάλασσα. Γενικά, παρόλο που στα Δεκάποδα Καρκινοειδή παρατηρείται μεγαλύτερη ποικιλομορφία από εκείνη των άλλων ομάδων, τα Αμφίποδα Καρκινοειδή εμφανίζουν τη μεγαλύτερη πυκνότητα ατόμων σε σχέση με τις υπόλοιπες ταξινομικές ομάδες που προσδιορίστηκαν, και κυρίως τα είδη *M. gryllotalpa* και *G. insensibilis* είναι αυτά που εμφανίζουν τη μεγαλύτερη αφθονία.

Τα Αμφίποδα θεωρούνται γενικά σημαντική ομάδα στα βενθικά οικοσυστήματα και παίζουν σπουδαίο ρόλο στη σταθερότητα του υποστρώματος και στη δομή των βενθικών βιοκοινωνιών (Mills, 1969), καθώς και στα βενθικά τροφικά πλέγματα (Fenchel, 1970; Brook, 1977; Robertson & Mann, 1980). Το γεγονός ότι η αφθονία των παραπάνω ειδών μειώνεται το Σεπτέμβριο ίσως να οφείλεται στο ότι τη συγκεκριμένη περίοδο και μάλιστα στους μοναδικούς δύο σταθμούς απ' όπου συλλέχθηκαν άτομα (CH, A) κυριαρχούν τα Δεκάποδα Καρκινοειδή, τα οποία εμφανίζονται ανθεκτικότερα είδη κατά τη δυστροφική κρίση και τα οποία αποτελούν θηρευτικά είδη για τα Αμφίποδα (Karakiri & Nicolaidou, 1987).

Εντύπωση προκαλεί το γεγονός ότι παρά τις διακυμάνσεις τους από σταθμό σε σταθμό, τα είδη *Carcinus aestuarii*, *Upogebia pusilla* και *Microdeutopus gryllotalpa* ήταν παρόντα και στις 5 δειγματοληπτικές περιόδους. Ειδικά για το τελευταίο είδος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η ανάπτυξή του ευνοείται σε συνθήκες ευτροφισμού και αποτελεί ενδεικτικό είδος αυξημένης αλατότητας και συσσώρευσης οργανικού υλικού, χαρακτηριστικά και τα δύο του οικοσυστήματος της Γιάλοβας.

Σε ό,τι αφορά τον αριθμό των ειδών στους σταθμούς δειγματοληψίας διαπιστώνεται ότι παρά τις διάφορες εποχικές διακυμάνσεις υπάρχει γενικά μια μείωση των ειδών κατά την απομάκρυνση από το κανάλι επικοινωνίας με τον κόλπο του Ναυαρίνου και τη μετάβαση προς το εσωτερικό της λιμνοθάλασσας. Ταυτόχρονα όμως, παρατηρείται ότι ο αριθμός των ατόμων ακολουθεί μία σχεδόν αντιστρόφως ανάλογη πορεία, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγαλύτερη αφθονία ατόμων στο σταθμό F, κοντά δηλαδή στις πηγές εισροής γλυκού νερού στη λιμνοθάλασσα, γεγονός που διαφέρει σημαντικά από τα ευρήματα παλαιότερων ερευνών στη λιμνοθάλασσα (Ντούνας & Κουτσούμπας, 1996) και παράλληλα απέχει από την άποψη των Guelorget και Perthuisot (1992), σύμφωνα με την οποία αναμένεται σαφής μείωση της πυκνότητας των ασπονδύλων έως και εξαφάνιση της βενθικής μακροπανίδας σε περιοχές που γειτνιάζουν με τις πηγές εμπλουτισμού της λιμνοθάλασσας με γλυκό νερό.

Αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι στους σταθμούς που βρίσκονται στο εσωτερικό της λιμνοθάλασσας παρατηρούνται ζώνες από τις οποίες απουσιάζουν τα Καρκινοειδή κατά την περίοδο της δυστροφικής κρίσης, δηλαδή περιοχές που επικοινωνούν με είδη τα οποία δεν μπορούν να επιβιώσουν σε ακραίες περιβαλλοντικές πιέσεις όπως είναι η ανοξία.

Το γεγονός πάντως ότι ο αριθμός των ειδών των καρκινοειδών δεν παρουσιάζει σημαντικές διαφορές σε σχέση με τον αντίστοιχο της παλαιότερης έρευνας που είχε λάβει μέρος στη λιμνοθάλασσα υποδηλώνει ότι στο οικοσύστημα της Γιάλοβας δεν παρατηρούνται ενδείξεις υποβάθμισης από ανθρωπογενείς επιδράσεις, έχοντας υπόψη ότι τα καρκινοειδή αποτελούν την πρώτη, κατά σειρά, ταξονομική ομάδα που εξαφανίζεται όταν αυξάνεται η ρυπογόνα επίδραση στο περιβάλλον (Pearson & Rosenberg, 1978).

Οι ομαδοποιήσεις των σταθμών στις διάφορες εποχές δειγματοληψίας δε δείχνουν να ακολουθούν κάποια συγκεκριμένα πρότυπα. Το μόνο που μπορεί ίσως να παρατηρηθεί είναι η τάση κάποιων σταθμών να ομαδοποιούνται μαζί με κάποιους

άλλους σε συγκεκριμένες περιόδους, καθώς και η τάση κάποιοι σταθμοί να αποτελούν ξεχωριστές ομάδες, ή να μην ομαδοποιούνται μαζί με άλλους σταθμούς. Η πρώτη περίπτωση ισχύει γενικά για τους σταθμούς που βρίσκονται προς το εξωτερικό της λιμνοθάλασσας, ενώ η δεύτερη περίπτωση ισχύει ως επί το πλείστον για τον σταθμό G.

Αν ληφθούν υπόψη τα αποτελέσματα των ομαδοποιήσεων στο σύνολο των εποχών, βλέπουμε ότι υπάρχει ένα πρότυπο κατά το οποίο οι σταθμοί προς το εξωτερικό τμήμα της λιμνοθάλασσας ομαδοποιούνται μαζί, ξεχωριστά από τους σταθμούς που βρίσκονται προς το εσωτερικό της λιμνοθάλασσας. Το ίδιο πρότυπο ακολουθείται σε γενικές γραμμές και κατά την περίοδο του Ιουνίου. Όμως, κατά τα άλλα παρατηρείται γενικά μια εποχιακή μετατόπιση των σταθμών από τη μια ομάδα στην άλλη, καθώς και ομαδοποίηση σταθμών που βρίσκονται κοντά στο κανάλι επικοινωνίας με σταθμούς που βρίσκονται στο εσωτερικό της λιμνοθάλασσας, γεγονός που δεν επιτρέπει να ορισθούν σαφείς ζώνες περιορισμού, τουλάχιστον για τα είδη της βενθικής μακροπανίδας των καρκινοειδών.

Οι αναλύσεις των δειγμάτων για τους δείκτες ποικιλομορφίας τόσο στους διάφορους σταθμούς όσο και στις διάφορες εποχές υποδεικνύουν ένα πρότυπο, σύμφωνα με το οποίο η ποικιλότητα των ειδών μειώνεται κατά τη μετάβαση από το κανάλι επικοινωνίας προς το εσωτερικό της λιμνοθάλασσας και από την άνοιξη προς το φθινόπωρο, αντίστοιχα. Στην τελευταία περίπτωση, η ποικιλότητα αρχίζει πάλι ν' αυξάνεται από το φθινόπωρο και μετά, αφού δηλαδή σταματήσουν οι επιδράσεις της δυστροφικής κρίσης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το καλοκαίρι η ποικιλότητα είναι πολύ μειωμένη στους σταθμούς που βρίσκονται στο εσωτερικό της λιμνοθάλασσας και δεν παρουσιάζει αύξηση, παρά μόνο μετά το χειμώνα, όταν δηλαδή αυξάνεται εξαιτίας της βροχόπτωσης η εισροή θρεπτικών ουσιών στη λιμνοθάλασσα μέσω των καναλιών γλυκού νερού.

Τα πρότυπα της ομοιόμορφης κατανομής διαφέρουν από τα παραπάνω, τόσο σε χωρική όσο και σε χρονική κλίμακα. Έτσι, οι σταθμοί στο εσωτερικό της λιμνοθάλασσας εμφανίζεται να έχουν μια μέση ομοιόμορφη κατανομή, η οποία μειώνεται αρκετά στους σταθμούς που βρίσκονται κοντά στο κανάλι –πιθανόν εξαιτίας του δυσανάλογα μεγάλου αριθμού ατόμων του είδους *Microdeutopus gryllotalpa*, σε σχέση με τον αριθμό των ατόμων που ανήκουν στα υπόλοιπα είδη. Σε επίπεδο εποχών παρατηρείται ότι η τιμή της ομοιόμορφης κατανομής μειώνεται πολύ το χειμώνα και αυτό μάλλον οφείλεται στη μεγάλη αφθονία των ατόμων που

υπάρχουν, το αντίθετο δηλαδή από το Σεπτέμβριο, όπου παρατηρείται το μέγιστο της τιμής.

Η συσχέτιση της πυκνότητας των ειδών με τους αβιοτικούς παράγοντες της λιμνοθάλασσας σε κάθε εποχή έδειξε ότι οι περιβαλλοντικές παράμετροι που επηρεάζουν το πρότυπο κατανομής των ειδών είναι η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου, των νιτρικών, νιτρωδών, φωσφορικών και πυριτικών αλάτων στη στήλη του νερού, η συγκέντρωση των φαιοχρωστικών στο ίζημα και η απόσταση από το κανάλι. Από αυτές, η συγκέντρωση των νιτρωδών αλάτων και των φαιοχρωστικών φαίνεται να είναι οι σημαντικότερες, μια και εμφανίζονται θετικά συσχετισμένες με περισσότερες από μία περιόδους.

Η μειωμένη συγκέντρωση των φωσφορικών αλάτων κατά το Φεβρουάριο υποδηλώνει αυξημένες τιμές οξειδοαναγωγικού -και ιδιαίτερα για τη λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας τα φωσφορικά φαίνεται να αποτελούν καλύτερο δείκτη ανοξίας απ' ό,τι η διαθεσιμότητα του οξυγόνου (Argvanitidis *et al*, 1999). Το γεγονός αυτό μπορεί να δικαιολογήσει κατά μέρος και την παρουσία του μεγάλου αριθμού ατόμων αυτής της περιόδου, ενώ η μειωμένη συγκέντρωση των φαιοχρωστικών που παρατηρείται δείχνει ότι δεν έχουν επιδράσει ακόμα τα αποτελέσματα της άνθησης που εμφανίζεται στα μακροφύκη.

Η συγκέντρωση των φαιοχρωστικών φαίνεται να είναι θετικά συσχετισμένη και τον Ιούνιο, μόνο που αυτή τη φορά η τιμή της είναι σημαντικά αυξημένη. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει την παρουσία μεγάλων ποσοτήτων νεκρής οργανικής ύλης η οποία προέρχεται από το θάνατο των μακροφυκών, η άνθηση των οποίων τοποθετείται κάποια στιγμή στο τέλος της χειμερινής περιόδου. Η συγκέντρωση των φαιοχρωστικών ουσιών χρησιμοποιείται ως διαγνωστικό στοιχείο του συστήματος, γιατί πέρα από το περιεχόμενο της νεκρής οργανικής ύλης δίνει ενδείξεις για την πορεία της διαδικασίας της βόσκησης (Mantoura & Llewellyn, 1983). Το τελευταίο, μαζί με το γεγονός ότι και η συγκέντρωση κάποιων θρεπτικών (NO_3) είναι θετικά συσχετισμένη με την περίοδο αυτή, εξηγεί ίσως το μέγιστο της ποικιλομορφίας που εμφανίζεται την περίοδο του Ιουνίου.

Τον Οκτώβριο, όταν τα αποτελέσματα της δυστροφικής κρίσης αρχίζουν να εξαφανίζονται, η αύξηση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου φαίνεται ότι παίζει καθοριστικό παράγοντα στην έναρξη της επαναποίκησης των ειδών στη λιμνοθάλασσα, αφού σ' αυτήν την περίοδο εμφανίζονται περισσότερα είδη απ' ό,τι υπήρχαν στην αντίστοιχη δειγματοληψία του Σεπτεμβρίου. Οι υπόλοιπες

περιβαλλοντικές παράμετροι που δρουν συνεργιστικά για το παραπάνω είναι η συγκέντρωση των φαιοχρωστικών, καθώς και οι συγκεντρώσεις κάποιων θρεπτικών αλάτων (και κυρίως των πυριτικών και των νιτρωδών), οι οποίες εμφανίζονται αρκετά αυξημένες σε σχέση με τις υπόλοιπες περιόδους. Η απόσταση από το κανάλι, που εμφανίζεται επίσης θετικά συσχετισμένη με αυτήν την περίοδο, υποδηλώνει ότι στο εσωτερικό της λιμνοθάλασσας, όπου οι συνθήκες δεν είναι ακόμα πολύ ευνοϊκές, η επαναποίκιση των ειδών προχωρεί με πιο αργό ρυθμό απ' ό,τι στις περιοχές που βρίσκονται κοντά στο κανάλι επικοινωνίας.

Η έλλειψη επαρκούς πληροφορίας και το γεγονός ότι στο παρελθόν δεν έγινε κάποια εκτεταμένη έρευνα πάνω στη συγκεκριμένη μακροβενθική ομάδα της λιμνοθάλασσας όπως συνέβη με τις άλλες ομάδες του μακροβένθους (Πολύχαιτα, Μαλάκια) δεν επιτρέπει να προχωρήσουμε σε μεγάλης έκτασης συμπεράσματα σχετικά με τη διαφοροποίηση που τυχόν έχει υποστεί η ταξοκοινωνία των Καρκινοειδών στη Γιάλοβα από την περίοδο του ατυχήματος του «Ιλιάς» μέχρι και σήμερα.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα μελέτη είναι τα εξής:

1. Ο αριθμός των ειδών των Καρκινοειδών στη λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας δεν έχει αλλάξει σημαντικά σε σχέση με την προηγούμενη δειγματοληπτική περίοδο (1995-96), αλλά έχουν σημειωθεί αλλαγές στη σύνθεση των ειδών. Αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι έχει μετατοπιστεί χρονικά η περίοδος στην οποία συμβαίνει η δυστροφική κρίση (με αποτέλεσμα τα είδη που επαναποικίζουν τη λιμνοθάλασσα να «επιλέγονται», ανάλογα με τον κύκλο ζωής τους), ή μπορεί να οφείλεται στο μόνιμο εμπλουτισμό της λιμνοθάλασσας με γλυκά νερά. Σε περίπτωση που συμβαίνει αυτό, τότε σημαίνει ότι η αλλαγή που έγινε στο οικοσύστημα της λιμνοθάλασσας αλλάζει εμμέσως τα χαρακτηριστικά της ταξοκοινωνίας των Καρκινοειδών.
2. Τα Δεκάποδα εμφανίζουν αυξημένη ποικιλομορφία σε σχέση με τις υπόλοιπες ομάδες, ενώ τα Αμφίποδα κυριαρχούν σε αφθονία ατόμων. Από τα τελευταία, το είδος *Microdeutopus gryllotalpa*, χαρακτηριστικό ευτροφικών και υπέραιων συστημάτων, είναι αυτό που φαίνεται να κυριαρχεί στη λιμνοθάλασσα.
3. Το γεγονός ότι η ποικιλότητα διατηρείται στα ίδια επίπεδα με εκείνα προηγούμενων ερευνών αποτελεί ένδειξη ότι το μόνιμο άνοιγμα των καναλιών εισόδου γλυκού νερού δεν έχει οδηγήσει σε υποβάθμιση του συστήματος.

4. Η ποικιλότητα παρουσιάζει διακυμάνσεις από σταθμό σε σταθμό, αλλά γενικά παρατηρείται μείωση του αριθμού των ειδών όσο απομακρυνόμαστε από το κανάλι.
5. Το πρότυπο κατανομής της πυκνότητας παρουσιάζει επίσης διακυμάνσεις, τόσο σε επίπεδο εποχών όσο και σε επίπεδο σταθμών, αλλά γενικά παρατηρείται μια αύξηση της πυκνότητας στους σταθμούς που γειτνιάζουν με τις περιοχές εισροής του γλυκού νερού.
6. Αυτό το τελευταίο ίσως να δικαιολογεί και το γεγονός ότι τα όρια του κοινοκλινούς (coenocline) δεν είναι σταθερά, αλλά παρουσιάζουν μεγάλη μεταβλητότητα από εποχή σε εποχή –όπως έδειξε η εφαρμογή των μεθόδων της πολυμεταβλητής ανάλυσης- με αποτέλεσμα οι ζώνες του «περιορισμού» να μην ακολουθούν κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο όσον αφορά στα Καρκινοειδή.
7. Σε ό,τι αφορά τη δυστροφική κρίση που παρατηρείται στη λιμνοθάλασσα, φαίνεται ότι υπάρχει μια χρονική μετατόπιση στην περίοδο που αυτή λαμβάνει μέρος. Αυτό μπορεί να οφείλεται ίσως στην αλλαγή κάποιων περιβαλλοντικών παραμέτρων εξαιτίας του μόνιμου εμπλουτισμού με γλυκά νερά, με αποτέλεσμα η δυστροφική κρίση να εμφανίζεται νωρίτερα. Το γεγονός πάντως είναι ότι, όπως και στο παρελθόν, η κρίση δε φαίνεται να επηρεάζει μόνιμα την ποικιλότητα των Καρκινοειδών, αφού μετά το τέλος αυτής παρατηρείται σταδιακός επαναποικισμός των ειδών στο οικοσύστημα.
8. Ο αριθμός των περιβαλλοντικών παραγόντων που βρέθηκαν να συσχετίζονται με το πρότυπο της κατανομής των καρκινοειδών είναι σχετικά μικρός και αυτό ίσως να οφείλεται στο ότι το τελευταίο επηρεάζεται περισσότερο από διάφορες άλλες παραμέτρους, οι οποίες έχουν να κάνουν με τη δυναμική των πληθυσμών των κυρίαρχων ειδών.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Albrecht, G.H. (1980). "Multivariate Analysis and the Study of Form, with Special Reference to Canonical Variate Analysis". *Amer. Zool.*, **20**: 679-693.
- Amanieu, M., Guelorget, O. & Michel, P. (1977). "Richesse et diversité de la macrofaune benthique d'une lagune littorale Méditerranée". *Vie et Milieu*, **27**: 85-109.
- Amanieu, M. & Lasserre, G. (1982). "Organisation et évolution des peuplements lagunaires" in Les Lagunes Côtières, special volume of *Océanologica Acta*, pp 201-213, ed. P. Lasserre and H. Postma.
- Ananiadis, C. (1984). "Quelques aspects du problème d'aménagement des pêcheries des lagunes et des étangs côtières de Grèce" in Management of coastal lagoon fisheries, General Fisheries Council for the Mediterranean, Studies and Reviews, Vol. 2, pp 477-520. Ed. J.M. Kapetsky and G. Lassere.
- Arias, A.M. & Drake, P. (1994). "Structure and production of the benthic macroinvertebrate community in a shallow lagoon in the Bay of Cadiz". *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **115**: 151-167.
- Arvanitidis, C., Koutsoubas, D., Dounas, C. & Eleftheriou, A. (1999). "Annelid fauna of a Mediterranean lagoon (Gialova Lagoon, southwest Greece): community structure in a severe fluctuating environment". *J. Mar. Biol. Ass.*, **79**: 849-856.
- Barnes, R.S.K. (1980). "Coastal lagoons. The natural history of a neglected habitat", Cambridge studies in modern Biology: 1. Cambridge University Press.
- Barnes, R.S.K. (1991). "European estuaries and lagoons: a personal overview of problems and possibilities for conservation and management". *Aquat. Conserv.: Mar. Fresh. Ecos.*, **1**: 79-87.
- Barnes, R.S.K. (1994). "A critical appraisal of the application of Guelorget and Perthuisot's concepts of the paralic ecosystem and confinement to macrotidal Europe". *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **38**: 41-48.
- Baudet, J., Cruet, Y. & Maillard, Y. (1987). "Évolution historique des gestions hydrauliques dans les Marais 'Breton-Vendéen': Conséquences hydrologiques et biologiques". *Bull. Ecol.*, **18(4)**: 439-455.
- Bellan, G. (1987). "Ecologie littorale Méditerranéenne", Proc. Colloque International, Marseille – Luminy (France), *Bulletin d'écologie*, **18**.

- Bird, E.C.F. (1994). "Physical setting and Geomorphology of Coastal Lagoons" in Coastal Lagoon Processes, pp 9-39, Ed. B. Kjerfve, Elsevier Oceanography Series, 60.
- Boehm, P.D., Barak, J.E., Fiest, D.L. & Elskus, A.A. (1982). "A chemical investigation of the transport and fate of petroleum hydrocarbons in littoral and benthic ecosystems: the Tsesis oil spill". *Mar. Env. Res.*, **6**: 57-66.
- Botello, A.V. & Marco, S.A. (1982). "Oil pollution and the carbon isotope ratio in organisms and recent sediments of coastal lagoons in the Gulf of Mexico" in Les Lagunes Côtieres, special volume of *Océanologica Acta*, pp 55-62, ed. P. Lasserre and H. Postma
- Brook, I. M. (1977). "Trophic relationships in a seagrass community (*Thalassia testudinum*) in Card Sound, Florida. Fish diets in relation to macrobenthic and cryptic faunal abundance". *Trans. Am. Fish. Soc.*, **106**: 219-229.
- Buonfiglio, G. & Rucci, N. (1986). "Mediterranean Regional Aquaculture Project", Mission to Greece Report (Feb. 24th - 2nd March), FAO Technical Report
- Cammete, P. (1992). "Bacterial communities in coastal lagoons. An overview". *Vie et Milieu*, **42**: 111-123.
- Carrada, C.G., Cicogna F. & Fresi E. (1988). "Coastal lagoons: research and management", CLEM pubblicazioni.
- Clark, R.B. (1989). "Marine Pollution", 2nd ed., Claredon Press.
- Clarke, K.R. (1993). "Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure". *Australian Journal of Ecology*, **18**: 117-143.
- Clarke, K.R. & Ainsworth, M. (1993). "A method of linking multivariate community structure to environmental variables". *Marine Ecology Progress Series*, **92**: 205-219.
- Clarke, K.R. & R.H. Green. (1988). "Statistical design and analysis for a "biological effects" study". *Marine Ecology Progress Series*, **46**: 213-226.
- Corazza, C. & Ceccherelli V.U. (1990). "Un nuovo approccio alla valutazione degli effetti di disturbo sulle comunità macrobenthiche lagunari". *Ambiente Risore Salute*, **104**: 119-122.
- Διακοβασίλης, Β.Μ. (1981). "Φυσικοχημικές και βιολογικές πληροφορίες για τη λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας, ΑΤΕ, Τμήμα Υδατοκαλιγείων.

- Dounas, C., Koutsoubas, D., Arvanitidis, C., Petihakis, G. Drummond, L. & Eleftheriou, A. (1998). "Biodiversity and the impact of anthropogenic activities in Mediterranean lagoons: the case of Gialova lagoon, SW Greece". *Oealia*, **24**: 77-91.
- Elmgren, R., Hansson, S., Larsson, U., Sundelin, B. & Boehm, P.D. (1983). "The "Tsesis" Oil Spill: Acute and Long-Term Impact on the Benthos". *Mar. Biol.*, **73**: 51-65.
- Fenchel, T. (1970). "Studies on the decomposition of organic detritus derived from the turtle grass *Thalassia testudinum*". *Limnol. Oceanogr.*, **15**: 14-20.
- Field, J.G., Clarke, K.R. & Warwick, R.M. (1982). "A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns". *Marine Ecology Progress Series*, **8**: 37-52.
- Gravina, M.F., Ardizzone, G.D., Scaletta, F. & Chimenz, P. (1989). "Descriptive analysis and classification of benthic communities in some mediterranean coastal lagoons (central Italy), PSZNI". *Mar. Ecol.*, **10**: 141-166.
- Grimlet, R.F.A. & Jones, T.A. (1989). "Important Bird Areas in Europe. International Council of Bird Preservation (ICBP)", Technical Publication, 9. International and Waterfowl and Wetland Research Bureau (IWRB).
- Guelorget, O. & Perthuisot, J.P. (1992). "Paralic ecosystems. Biological organization and functioning". *Vie et Milieu*, **42(2)**: 215 – 251.
- James, F.C. & McCulloch, C.E. (1990). "Multivariate analysis in ecology and systematics: Panacea or Pandora's box?". *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, **21**: 129-166.
- Karakiri, M. & Nicolaidou, A. (1987). "Population studies on the Amphipoda of Mazoma Lagoon (Greece)". *Helgoländer Meeresunters*, **41**: 453-464.
- Kelly, M. & Naguib, M. (1984). "Eutrophication in coastal marine areas and lagoons: a case study of 'Lac de Tunis'". *Unesco Rep. Mar. Sc.*, **29**.
- Koutsoubas, D., Arvanitidis, C., Dounas, C. & Drummond, L. (1997). "Community structure and dynamics of the molluscan fauna in a Mediterranean lagoon (Gialova lagoon, SW Greece)"
- Koutsoubas, D., Dounas, C., Petihakis, G., Arvanitidis, C., Triantafyllou, G., Dafnomili, E. & Zivanovic, S. (1997b). "Dynamic changes of physico-chemical parameters in Gialova lagoon, Ionian Sea", Proceedings of the 5th National Symposium on Oceanography and Fisheries, Kavala, 15-18 April 1997.

- Koutsoubas, D., Dounas, C., Arvanitidis, C., Kornilios, S., Petihakis, G., Triantafyllou, G. & Eleftheriou, A. (1999). "Macrobenthic community structure and disturbance assessment in a Mediterranean lagoon (Gialova lagoon, Ionian Sea)", ICES Symposium Marine Benthos Dynamics.
- Lardicci, C., Rossi, F. & Castelli, A. (1997). "Analysis of macrozoobenthic community structure after severe dystrophic crises in a Mediterranean coastal lagoon". *Mar. Pollut. Bull*, **34**: 536-547.
- Legendre, P. & Legendre, L. (1998). "Numerical Ecology", *Developments in Environmental Modelling, Elsevier.*, **20**: x - 853.
- Magurran, A.E. (1988). "Ecological diversity and its measurement", Croom Helm, London.
- Mantura, R.F.C. & Llewellyn, C.A. (1983). "The rapid determination of Algal chlorophyll and carotenoid pigments and their breakdown products in natural waters by reverse-phase high-performance liquid chromatography". *Anal. Chim. Acta*, **151**: 297-314.
- McLusky, D.S., Teare, M. & Phizacklea, P. (1980). "Effects of domestic and industrial pollution on distribution and abundance of aquatic oligochaetes in the Forth estuary". *Helgol. Meeres.*, **33**: 384-392.
- Mills, E. L. (1969). "The community concept in marine zoology, with comments on continua and instability in some marine communities: A review". *J. Fish. Res. Bd Can.*, **26**: 1415-1428.
- Nicolaidou, A., Bourgoutzani, F., Zenetos, A., Guelorget, O. & Perthuisot, J. P. (1988). "Distribution of molluscs and polychaetes in coastal lagoons in Greece". *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **26**: 337-350.
- Nixon, S.W. (1982). "Nutrient Dynamics, primary production and fishery yields of lagoons" in *Les Lagunes Côtieres*, special volume of *Océanologica Acta*, pp 357-381, ed. P. Lasserre and H. Postma.
- Ντούνας Κ. & Κουτσούμπας Δ. (1996). "Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων: Ρύπανση από Πετρελαιοειδή της θαλάσσιας περιοχής του Κόλπου του Ναυαρίνου και της Λιμνοθάλασσας της Γιάλοβας", Τεχνική αναφορά, Υπουργείο Γεωργίας, Αθήνα.
- Παποντσόγλου, Σ. (1993). "Περιβαλλοντική μελέτη της επίδρασης ρύπανσης από πετρελαιοκηλίδα στη λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας", Τεχνική Αναφορά, Τμήμα Υδατ/γειών, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Pearson, T.H. & Rosenberg, R. (1978). "Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution to marine environment". *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, **16**: 229-311.

- *Perez-Ruzafa, A., Ros, J., Marcos, C., Ballester, R. & Perez-Ruzafa, I. (1989). "Distribution and biomass of the macrophyte beds in a hypersaline coastal lagoon (The Mar Menor, SE Spain), and its recent evolution following major environmental changes" in International Workshop on Posidonia Beds, Fr., 2, pp 49-62, Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E. & Gravez V. (eds), GIS Posidonia Publ.*
- Pielou, E.C. (1969). "Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession". *J. Theor. Biol.*, **10**: 370-383.
- Pimentel, R.A. (1981). "A comparative study of data and ordination techniques based on a hybrid swarm of sand verbenas (*Abronia* Juss.)". *Syst. Zool.*, **30**: 250-267.
- Pugnetti, A., Viaroli, P. & Ferrari, I. (1991). "Processes leading to dystrophy in a Po River Delta lagoon (Sacca di Goro): phytoplankton-macroalgae interactions", *Sci. Total Envir.*
- Reizopoulou, S. Thessalou-Legaki, M. & Nicolaidou, A. (1996). "Assessment of disturbance in Mediterranean lagoons: an evaluation of methods". *Mar. Biol.*, **12**: 189-197.
- Robertson, J. & Mann, K.H. (1980). "The role of isopods and amphipods in the initial fragmentation of eelgrass detritus in Nova Scotia, Canada". *Mar. Biol.*, **59**: 63-69.
- Shannon, C.E. & Weaver, N. (1949). "The mathematical theory of communication", Univ. of Illinois Press, Urbana.
- Toews, D.R., & Ishak, M.M. (1984). "Fishery transformation on lake Manzala, a brackish water Egyptian Delta lake in response to anthropological and environmental factors during the period 1920-80" in KAPETSKY J.M. & LASSERE G. (eds): Management of coastal lagoon fisheries. General Fisheries Council for the Mediterranean, Studies and Reviews, pp 341-402.
- *Viaroli, P. (1992). "Eutrophication of the Po Delta lagoons: evolution and prospects for restoration" in Managing Mediterranean Wetlands and their Birds (for the year 2000 and beyond). Proceeding of an IWRB International Symposium, Grado, Italy, February 1991. IWRB Spec. Public. No 20 pp.159-164.*
- Walker, H.J. & Mossa, J. (1982). "Effects of artificial structures on coastal lagoon processes and forms" in Les Lagunes Côtieres, special volume of *Océanologica Acta*, pp 191-198, ed. P. Lasserre and H. Postma.
- Warwick, R.M. & Clarke, K.R. (1991). "A comparison of some methods for analysing changes in benthic community structure". *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **71**: 225-244.

- Yando, F. (1993). "Tanker spills 74.000 gallons of crude oil off Greek coast; captain arrested for refusing pilot". *Oil Spill Intelligence Report*, **16**: 1-2.
- Zabi, S.G. (1982). "Les peuplements benthiques lagunaires liés à la pollution en zone urbaine d' Abidjan (Côte d' Ivoire)" in Les Lagunes Côtières, special volume of *Océanologica Acta*, pp 441-455, ed. P. Lasserre and H. Postma.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

