

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ**  
**ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Περιβαλλοντικές επιπτώσεις εκτροφής ιχθύων σε πλωτούς  
ιχθυοκλωβούς στην περιοχή της Μηλίνας (Παγασητικός κόλπος)»**

**ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΘΕΟΔΟΣΙΟΣ**  
**ΚΥΡΙΑΚΟΥ ΚΥΡΙΑΚΟΣ**  
**ΠΑΠΑΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ ΖΗΣΗΣ**

**ΒΟΛΟΣ 2015**

**«Περιβαλλοντικές επιπτώσεις εκτροφής ιχθύων σε πλωτούς ιχθυοκλωβούς στην  
περιοχή της Μηλίνας (Παγασητικός κόλπος)»**

### **Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

- **Νικόλαος Νεοφύτου**, Επίκουρος Καθηγητής, Υδατοκαλλιέργειες και Περιβάλλον, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Επιβλέπων**.
- **Δημήτριος Βαφειδης**, Καθηγητής, Βιοποικιλότητα των Θαλάσσιων Βενθικών Ασπονδύλων και Άμεση - Έμμεση Χρησιμότητά τους, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.
- **Παναγιώτα Παναγιωτάκη**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Υδατοκαλλιέργειες, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ειλικρινείς μας ευχαριστίες σε όλους τους ανθρώπους που συνέβαλλαν στο να φέρουμε εις πέρας την παρούσα Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία.

Ιδιαίτερα θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, τον κ. Νικόλαο Νεοφύτου για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του, τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μας, αποτελούμενη από τους κ. Δημήτριο Βαφείδη και κ. Παναγιώτα Παναγιωτάκη, για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την καθοδήγησή τους καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της εργασίας.

Τέλος, θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στις οικογένειες μας και στην Επιστημονικό Συνεργάτη κα Ραφαηλία Συβρή για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών  
μας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία έγινε με σκοπό την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων εκτροφής ιχθύων στην περιοχή της Μηλίνας, στον Παγασητικό κόλπο.

Για την επίτευξη του σκοπού αυτού επιλέχθηκαν δυο δειγματοληπτικοί σταθμοί, από τους οποίους πάρθηκαν δείγματα νερού για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των θρεπτικών αλάτων, καθώς και δείγματα ιζήματος για τον προσδιορισμό της κοκκομετρικής σύστασης, του οργανικού υλικού, του οργανικού άνθρακα και του μακροζωοβένθους.

Η συγκέντρωση των θρεπτικών αλάτων είναι μεγαλύτερη στο σταθμό εκτροφής συγκριτικά με το σταθμό ελέγχου. Η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA) έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση των αμμωνιακών και των νιτρικών μεταξύ των σταθμών.

Η κοκκομετρική ανάλυση έδειξε ότι το ίζημα των δυο δειγματοληπτικών σταθμών αποτελείται κυρίως από άμμο. Στο σταθμό εκτροφής το ποσοστό άμμου είναι 82,7%, ενώ στο σταθμό ελέγχου είναι 83,2%.

Τα ποσοστά του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα είναι υψηλότερα στο σταθμό εκτροφής συγκριτικά με το σταθμό ελέγχου. Στατιστικά σημαντικές είναι οι διαφορές στα ποσοστά του οργανικού υλικού μεταξύ των σταθμών, σύμφωνα με την μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης.

Οι υψηλότερες τιμές όλων των παραμέτρων του μακροζωοβένθους καταγράφονται στο σταθμό ελέγχου. Ο σταθμός ελέγχου παρουσιάζει μεγαλύτερη αφθονία και ποικιλομορφία ειδών και είναι πιο ομοιογενής όσον αφορά τη μακροζωοβενθική του σύσταση, σε σχέση με το σταθμό εκτροφής.

Τα γαστερόποδα αποτελούν την επικρατέστερη βενθική ομάδα στο σύνολο των ειδών, ακολουθούμενα από τα δίθυρα. Όσον αφορά τον αριθμό των ατόμων, τα γαστερόποδα αποτελούν την επικρατέστερη ομάδα στο σταθμό εκτροφής, ενώ στο σταθμό ελέγχου επικρατούν τα δίθυρα.

Ο συνολικός αριθμός των ατόμων που αναγνωρίστηκε είναι 1.450, τα οποία ανήκουν σε 75 είδη. Επικρατέστερο είδος είναι το δίθυρο *Papillicardium papillosum*, του οποίου το ποσοστό εμφάνισης στο σταθμό ελέγχου φθάνει το 24,46%. Στο σταθμό εκτροφής επικρατέστερο είδος είναι το γαστερόποδο *Bittium reticulatum* με ποσοστό 28,57%.

Σύμφωνα με την ανάλυση ομοιότητας των μακροζωοβενθικών ειδών (SIMPER), η ανομοιότητα των σταθμών εκτροφής και ελέγχου φθάνει σε ποσοστό 47,33% και οφείλεται κυρίως στην παρουσία των γαστερόποδων *B. reticulatum* και *Bittium submamillatum*, και του δίθυρου *P. papillosum*.

Η ανάλυση ομοιότητας της σύστασης των μακροζωοβενθικών οργανισμών (ANOSIM) έδειξε ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγματοληπτικών σταθμών. Από την ομαδοποίηση των σταθμών της περιοχής έρευνας με βάση το βαθμό συγγένειας του μακροζωοβένθους, προκύπτει ένας σαφής διαχωρισμός του σταθμού της εκτροφής, από το σταθμό ελέγχου.

Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές που βρέθηκαν στους δείκτες αφθονίας, ομοιομορφίας και ποικιλότητας μεταξύ των σταθμών εκτροφής και ελέγχου πιθανό να οφείλονται στον ήπιας μορφής οργανικό εμπλουτισμό του ιζήματος, από την εκτροφή των ιχθύων.

**Λέξεις κλειδιά:** Παγασητικός κόλπος, εκτροφή ιχθύων, περιβάλλον, θρεπτικά άλατα, μακροζωοβένθος

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	1
1.1. Παγασητικός κόλπος .....	1
1.1.1. Αβιοτικοί παράγοντες .....	3
1.1.2. Θερμοκρασία και αλατότητα .....	3
1.1.3. Άνεμοι - Κλίμα .....	5
1.1.4. Θαλάσσια ρεύματα .....	5
1.1.5. Διαλυμένο οξυγόνο.....	6
1.1.6. Θρεπτικά άλατα .....	7
1.1.7. Βιοτικό Περιβάλλον.....	7
1.1.8. Ευτροφισμός στον Παγασητικό κόλπο .....	8
1.2. Γενικά για τις υδατοκαλλιέργειες.....	9
1.2.1 Η υδατοκαλλιέργεια στην Ευρώπη.....	11
1.3. Επιπτώσεις υδατοκαλλιεργειών στο περιβάλλον .....	14
<b>2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b> .....	21
2.1. Γενικά .....	21
2.2. Σταθμοί δειγματοληψίας.....	21
2.3. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά .....	22
2.4. Θρεπτικά άλατα .....	22
2.5. Κοκκομετρική ανάλυση.....	24
2.6. Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας.....	24
2.7. Μακροζωοβένθος.....	25
2.8. Στατιστική ανάλυση .....	28



<b>3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b> .....	29
3.1. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά .....	29
3.2. Θρεπτικά άλατα .....	34
3.3. Κοκκομετρική ανάλυση.....	39
3.4. Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας.....	41
3.5. Μακροζωοβένθος .....	45
<b>4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b> .....	63
4.1. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά .....	63
4.2. Θρεπτικά άλατα .....	63
4.3. Κοκκομετρική ανάλυση.....	65
4.2. Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας.....	66
4.3. Μακροζωοβένθος .....	65
<b>5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	70
<b>6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	70
<b>7. ABSTRACT</b> .....	76
<b>8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b> .....	78

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Παγασητικός κόλπος

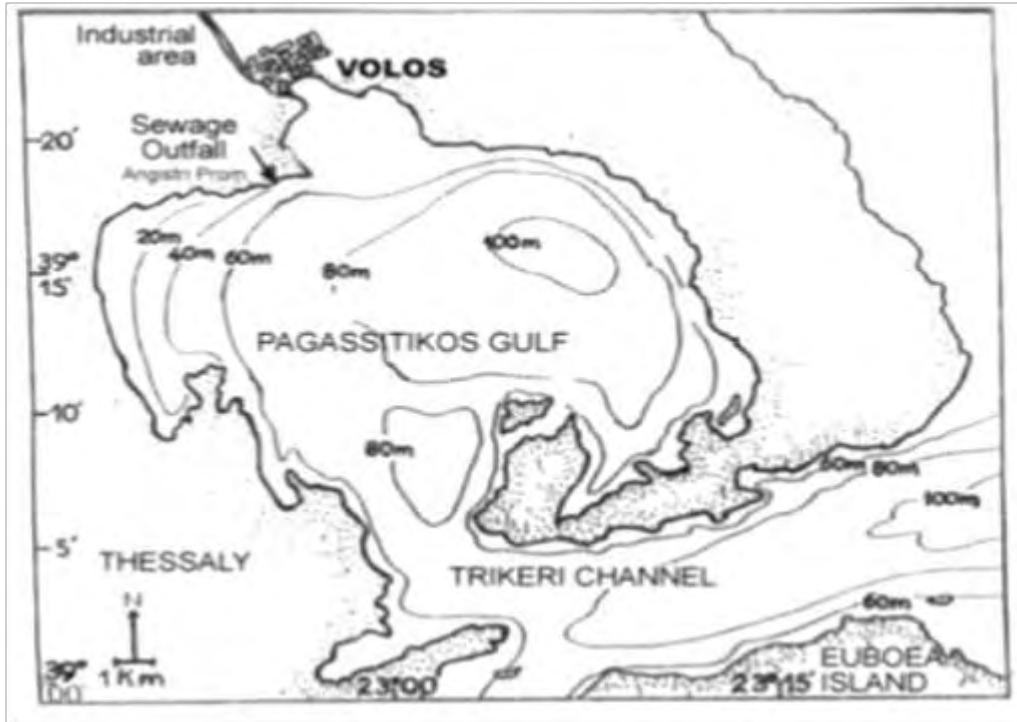
Ο Παγασητικός Κόλπος είναι μια αβαθής, ημίκλειστη και σχεδόν κυκλική θαλάσσια περιοχή του Δυτικού Αιγαίου Πελάγους, με έκταση 672.5 km<sup>2</sup>. Επικοινωνεί με το Αιγαίο Πέλαγος μέσω του διαύλου του Τρικεριού (πλάτους 5.9 km & βάθους 88 m) και Ν.Α. με τον Β. Ευβοϊκό κόλπο, μέσω του διαύλου των Ωρεών (Εικ. 1.1).



**Εικόνα 1.1.** Γεωγραφικός χάρτης Ν. Μαγνησίας  
(<http://geografia.comxa.com/Greece/Magnisias/Magnisias.htm>).

Η ακτογραμμή παρουσιάζει πολλές εγκοιλώσεις, οι μεγαλύτερες από τις οποίες σχηματίζουν τους όρμους του Βόλου και του Αλμυρού. Στο Δυτικό και Βόρειο τμήμα του κόλπου εκβάλλουν μικρά ποτάμια (χειμάρροι), που εξομαλύνουν το ανάγλυφο της

ξηράς. Στις ανατολικές και νότιες ακτές, καθώς και στις ακτές γύρω από το στενό του Τρικεριού το ανάγλυφο είναι απότομο (Εικ. 1.2).



**Εικόνα 1.2.** Βαθυμετρικός χάρτης του Παγασητικού κόλπου (Ε.Κ.Θ.Ε. 1993).

Στον Παγασητικό κόλπο επικρατούν τα λεπτόκοκκα ιζήματα, που προέρχονται από τους μικρότερους ή μεγαλύτερους ποταμούς που εκβάλλουν στον κόλπο. Είναι πηλούχοι άργιλοι και αργιλούχοι πηλοί, ενώ οι ενότητες της πηλούχου άμμου και αμμούχου πηλού απαντώνται μόνο στην περιφέρεια του κόλπου. Στο μεγαλύτερο μέρος του κόλπου, ο πυθμένας είναι καλυμμένος με ιλύ, εκτός από το Β.Δ. τμήμα (περιοχή Αλμυρού) και το ανατολικό τμήμα της εισόδου του κόλπου (περιοχή Τρικεριού), τα οποία καλύπτονται με άμμο (Περισσράκης και συν. 1993). Γενικά, οι περιεκτικότητες σε οργανικό άνθρακα στα ιζήματα της περιοχής, είναι υψηλές. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στην επικράτηση των ιλυωδών ιζημάτων, που ευνοούν την προσρόφηση του οργανικού άνθρακα, σε αντίθεση με τα αμμώδη υποστρώματα. Το πάχος των

ολοκαινικών ιζημάτων είναι μέγιστο (έως 7 m) στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα, όπου αυτά είναι σύμφωνα με τα υποκείμενα στρώματα, γεγονός που δείχνει ότι η ιζηματογένεση ήταν συνεχής. Η δομή του υποστρώματος παίζει σπουδαίο ρόλο στη δημιουργία και ανάπτυξη των κοινωνιών των θαλασσιών φανερογάμων και των μακροφυκών. Έχουμε μεταβολές στη σύνθεση των κοινωνιών, όταν μεταβάλλεται το υπόστρωμα. Οι μεταβολές στο θαλάσσιο οικοσύστημα έχουν ως τελικό αποτέλεσμα να μεταβάλλεται η σύνθεση της θαλάσσιας χλωρίδας και στη συνέχεια της πανίδας.

### **1.1.1. Αβιοτικοί παράγοντες**

Ορισμένα από τα στοιχεία για τις μεταβλητές θερμοκρασία, αλατότητα, περιεκτικότητα σε οξυγόνο, θρεπτικά άλατα, φυτοπλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν, ελήφθησαν από μετρήσεις του Εθνικού Κέντρου Θαλασσιών Μελετών (ΕΚΘΕ 1986-1990 & 1993) και της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ περίοδος 1970-1990).

### **1.1.2. Θερμοκρασία και αλατότητα**

Η υδάτινη στήλη του Παγασητικού κόλπου διακρίνεται σε τρία στρώματα τα οποία ανάλογα με την εποχή χαρακτηρίζονται από διαφορετικά πάχη:

- επιφανειακό (10 - 30 m περίπου)
- ενδιάμεσο (20 – 40 m περίπου) και
- βαθύ (> 50 m).

Κατά το χειμώνα η στήλη εμφανίζεται πλήρως ομογενοποιημένη, ενώ κατά τις άλλες εποχές είναι εμφανής ο σχηματισμός του θερμοκλινούς και του αλοκλινούς, στην

περιοχή του ενδιάμεσου στρώματος. Κατά το θέρος το επιφανειακό στρώμα εκτείνεται από 0 έως 10 m (πάχος 10 m) και το ενδιάμεσο από περίπου 10 m έως 40 m (πάχος 30 m). Στον Πίνακα 1.1 καταγράφονται οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας στα διάφορα στρώματα και για διάφορες εποχές.

**Πίνακας 1.1.** Εποχικές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του νερού του Παγασητικού κόλπου.

	<b>Ελάχιστη</b>	<b>Μέγιστη</b>
<b>Επιφανειακά στρώματα</b>	12°C Χειμώνας	25.5°C Θέρος
<b>Ενδιάμεσα στρώματα</b>	11.5°C	24°C
<b>Βάθος &gt; 50 m</b>	10°C Άνοιξη	15°C Φθινόπωρο

Η αλατότητα στο επιφανειακό στρώμα κυμαίνεται από 36.5‰ το θέρος, έως 38‰ το χειμώνα, με το ενδιάμεσο να παρουσιάζει μια μικρή αύξηση με το βάθος, που δεν υπερβαίνει το 1‰ στις αντίστοιχες εποχές. Στα βαθύτερα στρώματα, η αλατότητα μεταβάλλεται με το βάθος (αλοκλινές), αλλά και με την εποχή. Το Χειμώνα και την Άνοιξη το αλοκλινές είναι σχεδόν ανύπαρκτο. Γενικά, η ανατολική λεκάνη του κόλπου παρουσιάζει υψηλότερες τιμές αλατότητας, κατά τους περισσότερους μήνες του έτους και ιδιαίτερα το χειμώνα, ενώ η δυτική, χαμηλότερη αλατότητα σε σύγκριση με την ανατολική, κυρίως κατά τη βροχερή περίοδο του έτους. Το γεγονός αυτό αποδίδεται από τους Theocharis & Laskaratos (1985), στις εισροές γλυκών υδάτων των χειμάρρων των περιοχών Αλμυρού και Σούρπης.

### 1.1.3. Άνεμοι - Κλίμα

Γενικά η περιοχή του Παγασητικού κόλπου δεν διακρίνεται για τους ισχυρούς ανέμους. Συχνότεροι είναι οι βόρειοι άνεμοι (32.7%) και ακολουθούν οι νότιοι (19.4%). Σημαντικό είναι επίσης το ποσοστό άπνοιας (24.2%). Το κλίμα του νομού Μαγνησίας διαφέρει ανάλογα με την περιοχή, το υψόμετρο και την απόσταση από τη θάλασσα. Στα παράλια του νομού, είναι μεσογειακό, με διαφορά θερμοκρασίας ψυχρότερου και θερμότερου μήνα μικρότερη των 20°C και μέση θερμοκρασία 16.4°C. Ο θερμότερος μήνας είναι ο Ιούλιος και ο ψυχρότερος ο Ιανουάριος. (<http://diocles.civil.duth.gr/links/home/database/magnisia/pr36ge.pdf>).

### 1.1.4. Θαλάσσια ρεύματα

Μετρήσεις ρευμάτων που έγιναν στον Παγασητικό κόλπο το καλοκαίρι και το Φθινόπωρο του 1976 έδειξαν γενικά, μικρές ταχύτητες (<40 cm/s), (Voutsinou-Taliadouri & Baloroulos 1989). Στο ανατολικό και δυτικό τμήμα του κόλπου οι τιμές που βρέθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.2.

**Πίνακας 1.2.** Ταχύτητες θαλασσίων ρευμάτων (μέση και μέγιστη ταχύτητα) στον Παγασητικό κόλπο (Voutsinou-Taliadouri & Baloroulos 1989).

	Ανατολικό τμήμα		Δυτικό τμήμα	
	Μέση	Μέγιστη	Μέση	Μέγιστη
<b>Επιφάνεια</b>	10cm/s	38cm/s	6cm/s	29cm/s

<b>Πυθμένας</b>	6cm/s	32cm/s	5cm/s	24cm/s
-----------------	-------	--------	-------	--------

Η ανανέωση των νερών του Παγασητικού πραγματοποιείται, για το στρώμα του πυθμένα, με την είσοδο των νερών από το Αιγαίο Πέλαγος κατά μήκος της ανατολικής ακτής του κόλπου και, ακολουθώντας αριστερόστροφη πορεία, το πυθμενικό στρώμα εξέρχεται από τη δυτική πλευρά της εισόδου του κόλπου (Λασκαράτος & Θεοχάρης 1984). Στο ανώτερο στρώμα η ροή φαίνεται να έχει την αντίθετη φορά (Μπαλόπουλος και συν. 1987). Η ανανέωση των νερών του κόλπου γίνεται κατά προσέγγιση εντός 6 μηνών (Θεοδώρου και συν. 1997), ενώ η ανανέωση του πυθμενικού στρώματος στην ανατολική λεκάνη, που έχει τα μεγαλύτερα βάθη, είναι πιο αργή (Gabrielidis & Theoharis 1978). Παρατηρούνται, επίσης, επιφανειακά ρεύματα με μικρά μεγέθη ταχυτήτων, γεγονός που οφείλεται στην ύπαρξη ασθενών ανέμων:

- α) παρουσία αντικυκλώνα στον Ανατολικό Παγασητικό,
- β) παρουσία κυκλώνα στον Κεντρικό-Δυτικό Παγασητικό.

### **1.1.5. Διαλυμένο οξυγόνο**

Οι επιφανειακές συγκεντρώσεις του διαλυμένου  $O_2$  παρουσιάζουν ετήσια διακύμανση μεταξύ 4.5 mg/l και 6.0 mg/l και πλησιάζουν τις τιμές κορεσμού σε όλο το έτος. Χαμηλότερες τιμές παρατηρούνται στα βαθύτερα στρώματα. Παρατηρείται ότι στα επιφανειακά στρώματα οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις οξυγόνου εμφανίζονται κατά την ψυχρή περίοδο του έτους.

Ο πυθμένας παρουσιάζει ομαλή κλίση από τα δυτικά προς τα ανατολικά ( $0.40^\circ$ ), και από την ισοβαθή των 80 m σχηματίζεται μία λεκάνη, με πυθμένα σχεδόν οριζόντιο (κλίση  $0.12^\circ$ ) και μέγιστο βάθος 102 m (Θεοδώρου και συν. 1997).

### **1.1.6. Θρεπτικά άλατα**

Ο Παγασητικός κόλπος παρουσιάζει διπλάσια συγκέντρωση ανόργανου αζώτου κυρίως αμμωνιακών και νιτρωδών και τριπλάσια συγκέντρωση πυριτικών σε σύγκριση με το Αιγαίο (Friligos 1987). Γενικά η συγκέντρωση των θρεπτικών είναι υψηλότερη σε βάθη 50 - 100 m και χαμηλότερη σε βάθη 0 - 50 m (Στεργίου 1991).

### **1.1.7. Βιοτικό περιβάλλον**

Η πρωτογενής παραγωγή και το φυτοπλαγκτόν απαντούν σε παρόμοια κατάσταση με άλλες παράκτιες περιοχές της χώρας, αλλά και με περιοχές του ανοιχτού Αιγαίου. Στην περιοχή του λιμανιού του Βόλου, οι υψηλότερες τιμές φυτοπλαγκτού φανερώνουν ανθρωπογενή επίδραση. Γενικά, το οικοσύστημα του Παγασητικού θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως oligοτροφικό, με ευτροφικές τάσεις στην περιοχή του κόλπου του Βόλου (Friligos 1988). Παρουσιάζει μαζί με τον Ευβοϊκό και τον ανατολικό Θερμαϊκό κόλπο το μικρότερο βαθμό ευτροφισμού, έναντι άλλων κόλπων (Σαρωνικού, Ελευσίνας, Θεσσαλονίκης), με βάση τη συγκέντρωση θρεπτικών αλάτων (Φριλίγκος και συν. 1990).

Η χλωρίδα του κόλπου μπορεί να χαρακτηριστεί ως μάλλον πλούσια (Papachristou & Haritonidis 1992). Επιβεβαιώνεται η βελτίωση τόσο της ποσοτικής όσο και της ποιοτικής σύνθεσης του φυτοπλαγκτού στην περιοχή της εκβολής του αγωγού του βιολογικού καθαρισμού και γενικά στον εσωτερικό κόλπο του Βόλου, σε σχέση με προηγούμενες εργασίες, γεγονός που αποδίδεται στη λειτουργία του



βιολογικού καθαρισμού, από το 1987 και μετά. Οι συγκεντρώσεις των διαφόρων ειδών φυτοπλαγκτού παρουσιάζουν τοπικές και χρονικές μεταβολές (Γκότση-Σκρέτα 1993). Οι τιμές που καταγράφηκαν σε βακτήρια, κυανοβακτήρια και μικροζωοπλαγκτόν, είναι παρόμοιες με άλλες oligοτροφικές περιοχές της Μεσογείου. Οι τιμές για το μεσοζωοπλαγκτόν είναι παρόμοιες με αυτές άλλων παρακτίων περιοχών και κόλπων του Ελλαδικού χώρου, και υπάρχει διαφοροποίηση της ποσότητας και της σύνθεσης τόσο στο χώρο όσο και στο χρόνο. Οι τιμές των φυτικών χρωστικών (έκφραση της βενθικής πρωτογενούς παραγωγής του ιζήματος) κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα, ειδικά σε σύγκριση με άλλους κλειστούς κόλπους. Βρέθηκε μικρή αφθονία θαλασσιών μακροφυκών και γενικά η σύνθεση των βενθικών φυτοκοινωνιών αντανάκλα την απουσία ανθρωπογενούς όχλησης στο μεγαλύτερο μέρος του κόλπου. Όσον αφορά το ζωοβένθος, παρατηρήθηκαν συνθήκες ευτροφισμού στην περιοχή του λιμανιού του Βόλου, καθώς και χαμηλή βιοποικιλότητα στην κεντρική περιοχή του κόλπου. (Αποτελέσματα έρευνας μέσω του προγράμματος ΕΠΠΕ II «Ανάπτυξη πολιτικής για την αειφόρο διαχείριση του Παγασητικού κόλπου» σε συνεργασία ΥΠΕΧΩΔΕ, Ε.Ε., Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Μαγνησίας (NAM), Αναπτυξιακής Εταιρείας Μαγνησίας (ANEM 2001).

#### **1.1.8. Ευτροφισμός στον Παγασητικό κόλπο**

Παρόλα τα χαρακτηριστικά του παράκτιου oligοτροφικού συστήματος που εμφανίζει ο Παγασητικός, παρουσιάζει, περιστασιακά, φαινόμενα έντονης «άνθησης» φυτοπλαγκτού.

Αυτά εκδηλώνονται σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων. Τότε επιβαρύνεται ο κόλπος με υψηλές ποσότητες θρεπτικών αλάτων, κυρίως νιτρικών, προερχομένων τόσο

από την εκροή πλημμυρικών νερών από τη λεκάνη απορροής της Κάρλας, όσο και από τις εκπλύσεις εδαφών της πεδιάδας του Αλμυρού. Τα θρεπτικά αυτά σε συνθήκες θερμοαλατικής στρωμάτωσης και ασθενούς κυκλοφορίας ρευμάτων στον κόλπο, είναι δυνατόν να οδηγήσουν στην εμφάνιση πλαγκτονικής άνθησης γλοιωδών αφρών (mucilage events). Φαινόμενα ευτροφισμού και μεγάλη φυτοπλαγκτονική συγκέντρωση στο όρμο του Βόλου παρατηρήθηκαν τον Ιούλιο 1987 (ερυθρά παλίρροια) (Friligos & Gotsis-Skreta 1989) και το Μάιο 1989 (πλαγκτονική άνθηση) (Theodorou 1995). Σημειώνεται ότι τα ακραία φαινόμενα ευτροφισμού δεν οφείλονται σε κάποια χρόνια δυσλειτουργία του οικοσυστήματος, αλλά σε συγκυρία τυχαίων παραγόντων.

## 1.2. Γενικά για τις υδατοκαλλιέργειες

Με τον όρο «υδατοκαλλιέργειες» χαρακτηρίζεται το σύνολο των δραστηριοτήτων που αποβλέπουν στην παραγωγή υδρόβιων ζωικών και φυτικών οργανισμών (π.χ. μαλακόστρακα, οστρακοειδή, μακροφύκη) που καταναλώνονται από τον άνθρωπο. Οι δραστηριότητες αυτές έχουν τους ίδιους στόχους με τη γεωργία και, κατά συνέπεια, διέπονται από τις ίδιες βασικές αρχές. Εν τούτοις, η διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι διεξάγονται σε ένα τελείως διαφορετικό περιβάλλον, το οποίο είναι άμεσα ελεγχόμενο σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας (από την αναπαραγωγή έως την ανάπτυξη) (Παπουτσόγλου 1997).

Η υδατοκαλλιέργεια αποτελεί κλάδο της αλιευτικής παραγωγής, η οποία όμως διαχωρίζεται από την απλή συλλεκτική αλιεία, βάσει τριών χαρακτηριστικών της. Το πρώτο χαρακτηριστικό είναι ότι η διαδικασία της ιχθυοκαλλιέργειας στηρίζεται στην τεχνητή παραγωγή γόνου (μικρό ψάρι, βάρους  $\leq 10$  γρ.), γεγονός που συντελεί στον περιορισμό της απώλειας γόνου που υπάρχει στο φυσικό περιβάλλον. Δεύτερον, με την

ιχθυοκαλλιέργεια επιτυγχάνεται υψηλή απόδοση ανά τετραγωνικό μέτρο υδάτινης επιφάνειας, σε σχέση με το φυσικό περιβάλλον ανάπτυξης των ειδών και τρίτον, η παραγωγική διαδικασία απαιτεί ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό (π.χ. ιχθυολόγους, βιολόγους), διότι απαιτείται συστηματική παρακολούθηση και επίβλεψη των εκτρεφόμενων ειδών, ώστε να επιτυγχάνεται η πρόληψη δημιουργίας συνθηκών που θα μπορούσαν να αποβούν επιζήμια για την παραγωγή (IOBE 2007).

Αναμφίβολα ο σημαντικότερος λόγος ύπαρξης των υδατοκαλλιεργειών στη σημερινή εποχή είναι εκείνος που αφορά στην παραγωγή τροφίμων για τον άνθρωπο (Σχ. 1.1.). Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό αν λάβει κάποιος υπόψη του ότι οι συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες του αλματωδώς πολλαπλασιαζόμενου πληθυσμού της γης, σε πρωτεΐνες, σε συνάρτηση με το γεγονός ότι οι δυνατότητες της αλιείας για μεγαλύτερη ετήσια παραγωγή έχουν προσεγγίσει πλέον τα μέγιστα όρια της. Επιπρόσθετα, η εξαιρετικά υψηλή παραγωγικότητα και αποδοτικότητα των υδατοκαλλιεργειών και η



**Σχήμα 1.1.** Χρονική μεταβολή της παγκόσμιας κατανάλωσης ιχθυήρων σε συνάρτηση με τους σκοπούς κατανάλωσης τους και την παγκόσμια αύξηση του πληθυσμού (FAO 2012).

παραγωγή προϊόντων με πρωτεΐνες υψηλής βιολογικής αξίας και παράλληλα χαμηλού κόστους, τις καθιστούν εξαιρετικά σημαντικές στη συνεισφορά τους στο διατροφικό πρόβλημα της ανθρωπότητας.

Σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας του ΟΗΕ (FAO 2012), από τους 148 εκατομμύρια τόνους παγκόσμιας ιχθυοπαραγωγής (υδατοκαλλιέργεια και αλιεία) το 2010, οι 128 εκατομμύρια τόνοι χρησιμοποιήθηκαν για τη διατροφή του ανθρώπου, ενώ προκαταρκτικά δεδομένα για το 2011 δείχνουν αύξηση της παραγωγής στους 154 εκατομμύρια τόνους, εκ των οποίων οι 131 εκ. τόνοι προορίζονται ως τροφή (Πιν. 1.3). Επίσης, την πεντηκονταετία 1960-2009, η παγκόσμια κατά κεφαλή φαινόμενη κατανάλωση αλιευτικών προϊόντων ανέβηκε από τα 9,9 κιλά στα 18,4 κιλά, και αναμένεται να φτάσει μέχρι τα 18,9 κιλά το 2010. (Πιν. 1.3, Σχ. 1.2).

**Πίνακας 1.3.** Παγκόσμια παραγωγή αλιείας και υδατοκαλλιιεργειών (σε τόνους) και η αξιοποίησή της (FAO 2008, 2010, 2012).

<b>Παραγωγή (τόνοι)</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Αλιεία	90,0	90,3	89,7	89,6	988,6	90,4
Υδατοκαλλιέργεια	137,3	140,2	142,6	145,3	148,5	154,0
<b>Αξιοποίηση</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Ανθρώπινη Κατανάλωση	114,3	117,3	119,7	123,6	128,3	130,8
Άλλες χρήσεις	23,0	23,0	22,9	21,8	20,2	23,2

### 1.2.1. Η υδατοκαλλιέργεια στην Ευρώπη

Η υδατοκαλλιέργεια είναι μια σημαντική δραστηριότητα σε αρκετές ευρωπαϊκές περιφέρειες. Η παραγωγή υδατοκαλλιέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης, της τάξης του 1,3 εκατομμυρίου τόνων και αξίας περίπου 3,2 δισεκατομμυρίων ευρώ (Πιν. 1.4), αντιπροσωπεύει το 20,4 % του συνολικού όγκου της παραγωγής της αλιείας στην Ε.Ε. Το μερίδιό της στην παγκόσμια παραγωγή υδατοκαλλιέργειας ανέρχεται σε 2,3 % ως προς τον όγκο και σε 4 % ως προς την αξία.

**Πίνακας 1.4.** Παραγωγή υδατοκαλλιεργειών ανά χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (<http://ec.europa.eu/fisheries>).

Χώρες	Παραγωγή (τόνοι)	Ποσοστό	Αξία (χιλιάδες €)	Ποσοστό
<b>BE</b>	576	0,04 %	4.035	0,12 %
<b>BG</b>	7.912	0,61 %	19.513	0,60 %
<b>CZ</b>	20.071	1,54 %	39.267	1,21 %
<b>DK</b>	34.131	2,62 %	88.240	2,72 %
<b>DE</b>	39.957	3,07 %	94.240	2,90 %
<b>EE</b>	654	0,05 %	2.235	0,07 %
<b>IE</b>	47.212	3,63 %	104.271	3,21 %
<b>EL</b>	121.971	9,37 %	397.791	12,25 %
<b>ES</b>	268.565	20,63 %	396.739	12,22 %
<b>FR</b>	236.438	18,16 %	697.965	21,50 %
<b>IT</b>	162.325	12,47 %	474.863	14,63 %
<b>CY</b>	3.356	0,26 %	16.464	0,51 %
<b>LV</b>	517	0,04 %	1.115	0,03 %
<b>LT</b>	3.428	0,26 %	6.655	0,21 %
<b>HU</b>	14.171	1,09 %	26.495	0,82 %
<b>MT</b>	5.619	0,43 %	47.057	1,45 %
<b>NL</b>	55.561	4,27 %	84.109	2,59 %
<b>AT</b>	2.141	0,16 %	13.879	0,43 %
<b>PL</b>	36.503	2,80 %	76.373	2,35 %
<b>PT</b>	6.727	0,52 %	34.064	1,05 %
<b>RO</b>	13.131	1,01 %	16.990	0,52 %

<b>SI</b>	1.308	0,10 %	3.069	0,09 %
<b>SK</b>	823	0,06 %	1.766	0,05 %
<b>FI</b>	13.627	1,05 %	39.582	1,22 %
<b>SE</b>	8.540	0,66 %	18.436	0,57 %

● **Μαλάκια και Μαλακόστρακα**

● **Ψάρια της θάλασσας**  
(συμπεριλαμβανομένου του σολομού και της εκτρεφόμενης σε θαλασσινό νερό πέστροφας)

● **Ιχθύες γλυκού νερού**  
(συμπεριλαμβανομένης της πέστροφας και του χελιού που εκτρέφονται σε γλυκό νερό)

<b>UK</b>	196.603	15,10 %	540.741	16,66 %
<b>EU-27</b>	<b>1.301.866</b>	<b>100,00 %</b>	<b>3.245.953</b>	<b>100,00 %</b>

Σε ευρωπαϊκή κλίμακα, τα μαλάκια και τα μαλακόστρακα αποτελούν το σημαντικότερο είδος υδατοκαλλιέργειας, αντιπροσωπεύοντας το 50% του συνόλου της παραγόμενης ποσότητας των υδατοκαλλιεργειών ζωικής προέλευσης για το έτος 2009



(Σχ.1.2).

**Σχήμα 1.2.** Παραγωγή υδατοκαλλιέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης ανά τύπο προϊόντων, ως ποσοστό επί του συνόλου του όγκου, για το έτος 2009 (<http://ec.europa.eu/fisheries>).

Σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία της ευρωπαϊκής ένωσης, ιδιαίτερα αξιοσημείωτο είναι ότι μεταξύ των εκτρεφόμενων υδρόβιων οργανισμών στον ευρωπαϊκό χώρο, η μεγαλύτερη παραγόμενη ποσότητα αντιπροσωπεύεται από το μύδι της μεσογείου (315.571 τόνοι). Εν τούτοις, η αξία της είναι 3 φορές μικρότερη

συγκριτικά με την αντίστοιχη της ιριδίζουσας πέστροφας, η οποία αποτελεί τον πιο κερδοφόρο είδος υδατοκαλλιέργειας (<http://ec.europa.eu/fisheries>).

Σχετικά με τον Ελληνικό χώρο, η χώρα μας κατέχει ηγετική θέση στην ιχθυοκαλλιέργεια τσιπούρας και λαβρακιού, ενώ στους σημαντικούς παραγωγούς περιλαμβάνονται η Τουρκία, η Ισπανία και η Ιταλία. Η συνολική παραγωγή τσιπούρας και λαβρακιού στις μεσογειακές χώρες έφθασε σύμφωνα με εκτιμήσεις, στους 253.000 τόνους το 2010 (61% τσιπούρα και 39% λαβράκι).

Η Ελλάδα, με εκτιμώμενη παραγωγή 123.000 τόνους το 2010 (40.000 τόνοι λαβράκι και 83.000 τόνοι τσιπούρα) και μέσο ετήσιο ρυθμό μεγέθυνσης της παραγωγής της τάξης του 7,4% από το 2000 μέχρι το 2009, αποτελεί τον σημαντικότερο παραγωγό τσιπούρας-λαβρακιού σε διεθνές επίπεδο, με μερίδιο 48,6% επί της συνολικής παραγωγής.

Εν κατακλείδι, πρέπει να σημειωθεί πως η υδατοκαλλιέργεια αποτελεί για την Ελλάδα σημαντικό τομέα της πρωτογενούς παραγωγής. Το εκτεταμένο μήκος και η μορφολογία της ελληνικής ακτογραμμής, σχηματίζουν ένα μεγάλο αριθμό προστατευόμενων περιοχών και κόλπων, καθώς επίσης και η ύπαρξη πολυάριθμων νησιών και το ήπιο κλίμα, παρέχουν τις ιδανικές συνθήκες για όλες τις μορφές εκτροφής των θαλάσσιων οργανισμών. Το γεγονός αυτό ενισχύεται επιπρόσθετα και από το ότι η χώρα παρουσιάζει έλλειμμα αλιευτικών προϊόντων. Η αλιεία γενικά αντιπροσωπεύει μόνο το 3% του ακαθάριστου γεωργικού μας προϊόντος και μόνο το 18% των αναγκών των Ελλήνων σε πρωτεΐνες ζωικής προέλευσης.

### **1.3. Επιπτώσεις υδατοκαλλιεργειών στο περιβάλλον**

Η εντυπωσιακή ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών τα τελευταία χρόνια έχει προκαλέσει έντονο προβληματισμό στους κατοίκους των παράκτιων περιοχών όσον αφορά την επίδρασή τους στο περιβάλλον. Το γεγονός αυτό εντείνεται και από την ταυτόχρονη αρνητική δημοσιότητα, η οποία ως επί τον πλείστον πυροδοτείται από διαμάχες με άλλους χρήστες της παράκτιας ζώνης (A.P.C.S.A 2009).

Σύμφωνα με την πρόσφατη βιβλιογραφική ανασκόπηση των Wildish et al. (2004) οι αρνητικές επιπτώσεις της ανάπτυξης των υδατοκαλλιεργειών στο υδάτινο περιβάλλον είναι οι εξής:

#### **I. Εισαγωγή νέων ειδών-Γενετική ρύπανση:**

Η σημαντικότερη επίδραση από την εισαγωγή νέου είδους σε μια περιοχή, είναι οι αλληλεπιδράσεις του είδους με τους ενδημικούς πληθυσμούς φυτών και ζώων. Ακόμα και στην περίπτωση της καλλιέργειας νέων ειδών σε κλειστούς χώρους συμβαίνουν διαφυγές ατόμων. Κάθε νέο άτομο που διαφεύγει μπορεί να επιβιώσει, να διασταυρωθεί με συγγενές ντόπιο είδος και να αναπαραχθεί έτσι υβρίδιο με επιτυχία. Με αυτόν τον τρόπο αλλοιώνεται η γενετική κατάσταση και η σύνθεση των τοπικών πληθυσμών με απροσδιόριστες συνέπειες (IUCN 2007). Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι εισαγωγές σολομοειδών που ήταν ο κύριος λόγος για την εξαφάνισή τους από διάφορες χώρες του κόσμου (π.χ. Περού, Νέα Ζηλανδία, Αυστραλία και Καναδάς) (Κουσούρης 1995).

#### **II. Μεταφορά νοσημάτων:**

Σε συνθήκες εκτροφής η συχνότητα και η ένταση εμφάνισης ασθενειών είναι μεγαλύτερη από ότι στους άγριους ιχθυοπληθυσμούς λόγω μεγάλου συνωστισμού και μεγάλης έκθεσης σε στρεσογόνους παράγοντες. Ως εκ τούτου υπάρχουν οι ευνοϊκές προϋποθέσεις για την μετάδοση των ασθενειών αυτών σε άγρια άτομα του ιδίου ή



συγγενικού είδους. Οι πιο γνωστές ασθένειες κατά την Κεντούρη (2006) στην ιχθυοκαλλιεργητική δραστηριότητα, ως αποτέλεσμα της μεταφοράς τους σε νέους ιχθυοπληθυσμούς είναι:

- η θαλάσσια ψείρα από μονάδα εκτροφής σολομών σε *Salvelinus alpinus*
- η *Gyrodactylus salaris* από εκτρεφόμενα ψάρια Βαλτικής σε άγριους σολομούς Νορβηγίας,
- η *Aeromonas salmonicida* από εκτρεφόμενα ψάρια Σκωτίας σε άγριους σολομούς Νορβηγίας.

### **III. Αντιβιοτικά και χημικά κατάλοιπα:**

Πολύ συχνά, οι ιχθυοκαλλιεργητές για να συντηρήσουν ή να καθαρίσουν τις εγκαταστάσεις, να αποφύγουν παρασιτικά και λοιμώδη νοσήματα, να αποθήσουν θηρευτές ή και ακόμα να ελέγξουν την ανάπτυξη φυκών και ανώτερων φυτών, χρησιμοποιούν χημικές ουσίες (π.χ. το πράσινο του μαλαχίτη, η φορμόλη, η υαμίνη, οι χλωραμίνες, η οξυτετρακυλίνη, το κυανό του μεθυλενίου, υποχλωριώδη άλατα, κ.α.) και σκευάσματα, τα οποία χρησιμοποιούνται από παλιά στη γεωργία. Σύμφωνα με την πλειονότητα των ερευνών, οι επιπτώσεις από την χρήση των ουσιών αυτών είναι μικρές στις χερσαίες δεξαμενές, ενώ ιδιαίτερα οξυμένες είναι στους ιχθυοκλωβούς. (Κουσούρης και συν. 1995).

### **IV. Υποβάθμιση οικοτόπων:**

Αρκετές μελέτες την τελευταία δεκαετία (Delgado et al. 1999, Pergent et al. 1999, Holmer et al. 2003), υποστηρίζουν ότι οι πλέον σημαντικές και ανησυχητικές για το περιβάλλον επιδράσεις των υδατοκαλλιεργειών αφορούν στην υποβάθμιση των οικοτόπων που σχετίζονται με την παρουσία λιβαδιών Ποσειδωνίας (*Posidonia oceanica*). Τα λιβάδια της *Posidonia oceanica* αποτελούν το χαρακτηριστικότερο και

σημαντικότερο Μεσογειακό θαλάσσιο οικοσύστημα. Γι' αυτό, η διατήρηση και η προστασία των λιβαδιών της *Posidonia oceanica* θεωρείται σημαντική όχι μόνο για την οικονομία και την οικολογία της περιοχής αλλά και για την ίδια την επιβίωση των κατοίκων της Μεσογείου (Αποστολάκη και συν. 2009).

#### **V. Συστατικά των αποβλήτων και η δυναμική των απωλειών τους:**

Το μεγαλύτερο ποσοστό των αποβλήτων των ιχθυοκαλλιεργειών περιλαμβάνει οργανικό άνθρακα, και τα συστατικά του αζώτου. Τόσο οι απώλειες της τροφής όσο και τα περιττώματα επειδή είναι πυκνότερα του θαλασσινού νερού καθιζάνουν προς το ίζημα του πυθμένα. Το γεγονός αυτό συντελεί, τα σωματιδιακής προέλευσης συστατικά μαζί με εκείνα που προέρχονται από φυσικές αιτίες, να επηρεάζουν σημαντικά τη χημεία των ιζημάτων και την οικολογία των βενθικών οργανισμών στην περιοχή της ιχθυοτροφικής εγκατάστασης (McDougall & Black 1999, Karakassis et al. 2006).

Μια αξιοσημείωτη δυνητική επίπτωση των απορροών των αζωτούχων ενώσεων από τις μονάδες υδατοκαλλιεργειών στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι η ανάπτυξη του φαινομένου του ευτροφισμού. Όπως είναι γνωστό, οι ενώσεις του αζώτου (κυρίως η αμμώνια, τα νιτρώδη και τα νιτρικά θρεπτικά άλατα) (Dugdale 1967) λειτουργούν σαν «λίπασμα» στον θαλάσσιο χώρο, το οποίο μπορεί να συμβάλλει στην ταχεία ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού, το οποίο με τη σειρά του συντελεί στη μείωση του διαθέσιμου διαλυμένου οξυγόνου και στη σκίαση των νερών.

Σε αντίθεση με τα ανώτερα, η καλλιέργεια σε ιχθυοκλωβούς ενισχύει σημαντικά την παραγωγή οργανικής ύλης από την σκόνη της τροφής, τις απώλειες της τροφής και τα περιττώματα των ψαριών. Αν η θέση και η μορφή (αριθμός, τύπων και διαστάσεων κλωβών) της μονάδας παρεμποδίζει την μετακίνηση των υδάτινων μαζών σε σημαντικό

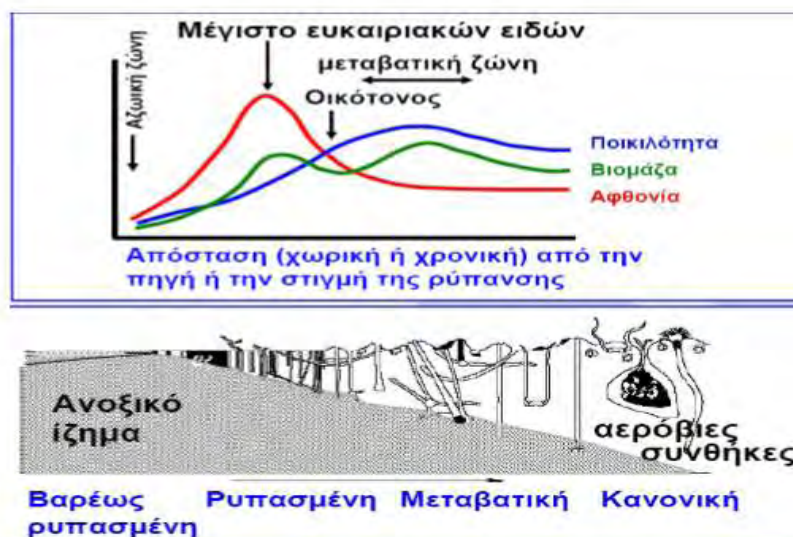
βαθμό, τότε παρατηρείται συνεχής συσσώρευση οργανικής ύλης στον πυθμένα της περιοχής με αποτέλεσμα:

- να επικρατούν αναγωγικές συνθήκες στο ίζημα,
- να επαναδιαλυτοποιούνται τα θρεπτικά και άλλα συστατικά στο νερό,
- να επιτυγχάνονται οι ρυθμοί της πρωτογενούς παραγωγικότητας
- να μειώνεται η βενθική βιοποικιλότητα κάτω από τους ιχθυοκλωβούς.

Πιο συγκεκριμένα, η εικόνα που παρουσιάζεται είναι σε μεγάλο βαθμό παρόμοια με εκείνη που έχει περιγραφεί από τους Pearson & Rosenberg (1978) γενικά για τον οργανικό εμπλουτισμό (Σχ. 1.3). Ακριβώς κάτω από τους κλωβούς, όταν ο ρυθμός καθίζησης των οργανικών υπολειμμάτων είναι υψηλός, η πανίδα μπορεί και να εξαφανιστεί εντελώς, αφήνοντας μια αζωική ζώνη (Heilskov & Holmer 2001), όπου κυριαρχούν τα αναερόβια βακτήρια. Ακολουθεί μια ζώνη με χαμηλή ποικιλότητα ειδών, η οποία κυριαρχείται από λίγα και μικρού μεγέθους ευκαιριακά είδη πολυχαίτων. Τα είδη αυτά έχουν αναπαραγωγικά και αναπτυξιακά χαρακτηριστικά που τους παρέχουν το πλεονέκτημα της εκμετάλλευσης οικοθέσεων που προκύπτουν από ξαφνικές περιβαλλοντικές αλλαγές, με κύριο εκπρόσωπο το είδος *Capitella capitata* (είδη r-επιλογής).

Αυξανόμενης της απόστασης από τους κλωβούς, αυξάνεται και η ποικιλότητα, με την προσθήκη και λιγότερο ανθεκτικών στη ρύπανση ειδών (είδη k-επιλογής) (Heilskov & Holmer 2001). Τέλος σε μεγάλη απόσταση από τις ιχθυοκαλλιέργειες τα ιζήματα επανέρχονται στην «κανονική» τους κατάσταση με αυξημένη βενθική ποικιλότητα (οργανισμοί με ευρύ φάσμα μεγεθών και εκπροσώπους από διάφορες ταξινομικές ομάδες) και φυσιολογικές για την περιοχή συνθήκες οξυγόνωσης. Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι η απόκριση της βενθικής πανίδας στον οργανικό

εμπλουτισμό εξαρτάται από τα βιολογικά γνωρίσματα των οργανισμών. Διαφορετικά είδη ενεργοποιούνται με διαφορετικά πρότυπα σημαντικά για τη ρύθμιση των συστημάτων. Κάθε πρότυπο συχνά συνδέεται με ιδιαίτερα γνωρίσματα του είδους (Norling et al. 2007).



**Σχήμα 1.3.** Μοντέλο διαδοχής του μακροβένθου συναρτήσει της απόστασης από την πηγή του οργανικού εμπλουτισμού (Pearson & Rosenberg 1978) (A) Διάγραμμα μεταβολής των κυριότερων παραμέτρων της βιοκοινότητας (B) Απεικόνιση των κυριότερων ζωνών διαδοχής.

## VI. Ανανέωση νερού

Οι παράκτιες και θαλάσσιες υδατοκαλλιέργειες οστράκων και ψαριών με τα συστήματα των περιφράξεων και των κλωβών έχουν αποδειχτεί ότι μεταβάλλουν τους φυσικούς ρυθμούς μετακίνησης και ανανέωσης των υδάτινων μαζών, όπως και την ταχύτητα και τον ρυθμό ανανέωσης των υδάτινων μαζών, όπως και την ταχύτητα και τον ρυθμό καθίζησης και ιζηματοποίησης ουσιών και αιωρούμενων στερεών. Πολλές φορές, η παρεμπόδιση στη μετακίνηση των φερτών υλικών στις παράκτιες περιοχές

εξαιτίας μιας οστρακαλλιέργειας είναι τέτοια που οι εγκαταστάσεις είτε εγκαταλείφθηκαν από επιχωματώσεις είτε μεταφέρθηκαν προς την ανοιχτή θάλασσα.

Ειδικότερα, οι καλλιέργειες οστράκων που βασίζονται στην εκμετάλλευση του πυθμένα μπορεί να προκαλέσουν οριζόντιες επικαλύψεις του ιζήματος που όμως έχουν μικρή σημασία για την καλλιέργεια. Αντίθετα εφαρμογές τύπου « bouchot» (κρεβατίνες) όπου η καλλιέργεια των οστράκων στηρίζεται σε δοκάρια βυθισμένα στον πυθμένα σε πολύ μεγάλους αριθμούς προκάλεσαν σε αρκετές περιοχές την αύξηση της επικάλυψης του ιζήματος ανάμεσα στους δοκούς, ενώ παρατηρείται συχνά επαναιώρηση των σωματιδίων των φερτών υλικών του πυθμένα εξαιτίας ρευμάτων ή παλίρροιας (Pillay 1990). Παράλληλα με τις επιχωματώσεις φερτών υλικών και ιδιαίτερα άμμου, παρατηρείται και καθίζηση της οργανικής ύλης, η οποία κατά την αποικοδόμησή της από τα αερόβια βακτήρια προκαλεί την κατανάλωση οξυγόνου και την αύξηση του υδρόθειου (Σιγάλα και συν. 2009), συνθήκες πολύ σημαντικές για την ποιότητα των νερών σε ρηχές περιοχές.

## 2. ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1. Γενικά

Στην περιοχή της Μηλίνας του νομού Μαγνησίας, στη μονάδα εκτροφής τσιπούρας (*Sparus aurata*) και λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*) «ΥΔΡΟΒΙΟΣ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ Ε.Π.Ε.», πραγματοποιήθηκε έρευνα με **σκοπό** την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της στην περιοχή.

Για την επίτευξη του σκοπού αυτού έλαβε χώρα:

- Καταγραφή φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων του νερού.
- Συλλογή δειγμάτων νερού για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των θρεπτικών αλάτων.
- Συλλογή δειγμάτων ιζήματος για τον προσδιορισμό της κοκκομετρικής σύστασης, του οργανικού υλικού, του οργανικού άνθρακα και του μακροζωοβένθους.

Όλα τα δείγματα πάρθηκαν κατά τη χειμερινή περίοδο.

### 2.2. Σταθμοί δειγματοληψίας

Για τη διεξαγωγή της έρευνας επιλέχθηκαν δυο δειγματοληπτικοί σταθμοί. Ο πρώτος βρισκόταν στο κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών της μονάδας εκτροφής (S1), και ο δεύτερος (S2) σε απόσταση 500 m από τον πρώτο. Ο σταθμός S1 επιλέχθηκε ως κύριος σταθμός μετρήσεων και ο S2 ως σταθμός ελέγχου.

Η επιλογή του σταθμού ελέγχου έγινε με σκοπό τη σύγκριση της περιοχής που είναι εγκατεστημένη η μονάδα εκτροφής, με εκείνη που βρίσκεται σε μια απόσταση και

σύμφωνα με τη βιβλιογραφία δεν επηρεάζεται από αυτή (Karakassis et al. 2000, Brooks et al. 2003).



**Εικόνα 2.2.** Η μελετούμενη μονάδα εκτροφής με τους σταθμούς δειγματοληψίας S1 και S2

### **2.3. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά**

Στους δυο δειγματοληπτικούς σταθμούς (S1 & S2), μετρήθηκαν η θερμοκρασία, η αλατότητα, το διαλυμένο οξυγόνο, η ενεργός οξύτητα (pH), το οξειδοαναγωγικό δυναμικό (Redox) και η χλωροφύλλη-α (Chl-α) με συνεχή καταγραφέα CTD (SEA-BIRD - 19plus).

### **2.4. Θρεπτικά άλατα**

Για τον προσδιορισμό των θρεπτικών αλάτων (αμμωνιακά, νιτρώδη, νιτρικά, φωσφορικά και πυριτικά), συλλέχθηκαν από κάθε σταθμό δείγματα νερού, από την επιφάνεια, τα 5, 10, και τα 20 m. Από κάθε σταθμό πάρθηκαν τρία επαναληπτικά δείγματα νερού (σύνολο 24 δείγματα). Τα δείγματα συλλέχθηκαν με δειγματολήπτη νερού LIMNOS (1,4 l), τοποθετήθηκαν σε πλαστικά δοχεία και αφού διηθήθηκαν με φίλτρα GF/F (47mm), καταψύχθηκαν στους -20°C μέχρι την ανάλυση τους στο εργαστήριο. Ο προσδιορισμός των θρεπτικών αλάτων έγινε σε φασματοφωτόμετρο (SHIMADZU UV-1800) σύμφωνα με τις μεθόδους που περιγράφονται παρακάτω.

**Αμμωνία:** Για τον προσδιορισμό της αμμωνίας προστέθηκαν στο δείγμα νερού συγκεκριμένες ποσότητες αντιδραστηρίων φαινόλης, νιτροπρωσσικού νατρίου και οξειδωτικού διαλύματος. Στη συνέχεια το δείγμα τοποθετήθηκε σε σκοτεινό χώρο (ώστε να αποφευχθεί η έκθεση του στην ηλιακή ακτινοβολία), σε θερμοκρασία δωματίου και μετά από μία ώρα μετρήθηκε η απορρόφηση στα 640 nm (Strickland & Parsons 1972).

**Νιτρώδη:** Για τον προσδιορισμό των νιτρωδών προστέθηκαν στο δείγμα νερού συγκεκριμένες ποσότητες αντιδραστηρίων σουλφαμιλαμιδίου και N-(1-ναφθυλ)-αιθυλενοδιαμίνης. Στη συνέχεια το δείγμα αφέθηκε για 10 min σε θερμοκρασία δωματίου και μετρήθηκε η απορρόφηση στα 540 nm (Strickland & Parsons 1972).

**Νιτρικά:** Για τον προσδιορισμό των νιτρικών αλάτων προστέθηκε στο δείγμα νερού συγκεκριμένη ποσότητα υδροχλωρικού οξέος και στη συνέχεια μετρήθηκε η απορρόφηση στα 220 nm. Ως πρότυπο διάλυμα χρησιμοποιήθηκε νιτρικό κάλιο (KNO<sub>3</sub>) συγκέντρωσης 2 mg l<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub>-N (APHA 1980).

**Φωσφορικά:** Για τον προσδιορισμό των φωσφορικών αλάτων προστέθηκε στο δείγμα νερού συγκεκριμένη ποσότητα ενός μεικτού αντιδραστηρίου για τον



σηματισμό ενός μολυβδο-φωσφορικού οξέος το οποίο στη συνέχεια σχημάτισε ένα μπλε χρωματισμένο σύμπλεγμα μολυβδαινίου και προσδιορίστηκε φασματοφωτομετρικά στα 882nm (Parsons et al. 1984).

**Πυριτικά:** Για τον προσδιορισμό των πυριτικών αλάτων, προστέθηκε στο δείγμα νερού συγκεκριμένη ποσότητα μολυβδενικού διαλύματος. Στη συνέχεια προστέθηκε ένα αναγωγικό διάλυμα, που περιείχε θειική π-μεθυλ-αμινοφαινόλη και οξαλικό οξύ. Η απορρόφηση του δείγματος μετρήθηκε στα 810 nm έναντι συνθετικού θαλασσινού νερού (Parsons et al. 1984).

## **2.5. Κοκκομετρική ανάλυση**

Η κοκκομετρική σύσταση αποτελεί μια από τις πιο βασικές παραμέτρους της εδαφολογικής ανάλυσης και προσδιορίζει τις σχετικές ποσοότητες (%) της άμμου, της ύλος και της αργίλου. Για τον προσδιορισμό της κοκκομετρικής σύστασης του ιζήματος συλλέχθηκαν τρία δείγματα ιζήματος από τον κάθε σταθμό, με τη χρήση δειγματολήπτη τύπου Van Veen (σύνολο 6 δείγματα). Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικά δοχεία και στη συνέχεια καταψύχθηκαν στους -20°C μέχρι την ανάλυσή τους στο εργαστήριο. Ο προσδιορισμός της κοκκομετρικής σύστασης έγινε σύμφωνα με τη μέθοδο Bouyoucou (1962).

## **2.6. Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας**

Για τον προσδιορισμό του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα στο ίζημα συλλέχθηκαν τρία επαναληπτικά δείγματα ιζήματος από κάθε σταθμό (σύνολο 6 δείγματα). Η συλλογή των δειγμάτων έγινε με πλαστική σύριγγα εσωτερικής διαμέτρου

2,6 cm, από επιφανειακό ίζημα που συλλέχθηκε με δειγματολήπτη τύπου Van Veen. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικά φιαλίδια και καταψύχθηκαν στους  $-20^{\circ}\text{C}$  μέχρι την ανάλυση τους στο εργαστήριο.

Το κατεψυγμένο ίζημα τοποθετήθηκε σε υδατόλουτρο για 15 min και στη συνέχεια αποξηράνθηκε σε κλίβανο στους  $70^{\circ}\text{C}$  για 24 ώρες, εντός πορσελάνινης κάψας. Το αποξηραμένο μέχρι ξηρού βάρους ίζημα κοσκινίστηκε με κόσκινο διαμέτρου 0,5 mm. Στη συνέχεια λειοτριβήθηκε και κοσκινίστηκε με κόσκινο διαμέτρου 0,212 mm. Συγκεκριμένη ποσότητα ιζήματος (5 g) τοποθετήθηκε σε κλίβανο στους  $500^{\circ}\text{C}$  για 4 ώρες, σε προζυγισμένη και ελεύθερη οργανικών υλικών πορσελάνινη κάψα. Το ποσοστό του περιεχόμενου οργανικού υλικού στο ίζημα προσδιορίστηκε από τη διαφορά βάρους πριν και μετά την καύση (Byers et. al. 1978).

Συγκεκριμένη ποσότητα ιζήματος (0,5 g) χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση του ποσοστού του οργανικού άνθρακα. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στηρίζεται στην υγρή οξείδωση των οργανικών ουσιών με διχρωμικό κάλιο (Walkey & Black 1934).

## **2.7. Μακροζωοβένθος**

Για τον προσδιορισμό του μακροζωοβένθους συλλέχθηκαν τρία επαναληπτικά δείγματα ιζήματος από κάθε σταθμό (σύνολο 6 δείγματα). Η συλλογή των δειγμάτων έγινε με τη χρήση δειγματολήπτη τύπου Van Veen (επιφάνειας  $0,25\text{m}^2$ ).

Τα δείγματα αφού ξεπλύθηκαν με θαλασσινό νερό κοσκινίστηκαν με κόσκινο διαμέτρου 0,5 mm (Bachelet 1990), τοποθετήθηκαν σε πλαστικά δοχεία με διάλυμα φορμόλης συγκέντρωσης 10% (Fauchald 1977) και στη συνέχεια μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο.

Ακολούθησε η διαδικασία της ταξινόμησης των οργανισμών κάθε δείγματος στις εξής ομάδες: γαστερόποδα, δίθυρα, πολύχαιτοι, καρκινοειδή, Εχινόδερμα και σωληνοειδή.

Ο προσδιορισμός των οργανισμών έγινε στο χαμηλότερο δυνατό ταξινομικό επίπεδο με τη χρήση οπτικών στερεοσκοπίων (Olympus SZX9) και διαφόρων έγκυρων ταξινομικών κλειδών (Day 1967a, b, D' Angelo & Gargiullo 1978, Fauchald 1977, Riedl 1963, 2011).

Προκειμένου να εκτιμηθεί η επίδραση της εκτροφής των ιχθύων στο μακροζωοβένθος υπολογίσθηκαν: ο αριθμός των ειδών (S), ο αριθμός των ατόμων (N) και οι δείκτες: αφθονίας (d), ποικιλότητας (H') και ομοιομορφίας (J').

Για τον υπολογισμό της αφθονίας των ειδών χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης d του Margalef (1957):

$$d = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Όπου: S = ο αριθμός των ειδών του δείγματος

N = ο αριθμός των ατόμων του δείγματος

Για την εκτίμηση της ποικιλότητας χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης ποικιλότητας H' των Shannon-Wiener (Shannon & Weaver 1949) που υπολογίζεται από τον τύπο:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \log_2 p_i$$

Όπου: p<sub>i</sub> = η σχετική αφθονία ενός είδους σε ένα συγκεκριμένο δείγμα μιας κοινότητας.

s = ο αριθμός των ειδών του δείγματος

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Όπου:  $n_i$  = ο αριθμός ατόμων του  $i$  είδους

$N$  = ο αριθμός ατόμων του δείγματος

Ο δείκτης αυτός εξαρτάται όχι μόνο από τον αριθμό των ειδών και των ατόμων, αλλά και από την ομοιόμορφη κατανομή των ατόμων ανάμεσα στα είδη (Sanders 1968). Ο δείκτης μεγαλώνει όσο αυξάνει ο αριθμός των ειδών και όσο πιο ομοιόμορφη είναι η κατανομή των ατόμων (Edwards et al. 1972), ενώ είναι ανεξάρτητος από το μέγεθος και την επιφάνεια του δείγματος (Sanders 1968).

Για τον υπολογισμό της ομοιόμορφης κατανομής των ατόμων ανάμεσα στα είδη χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης ομοιομορφίας  $J'$  (Pielou 1969):

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} = \frac{H'}{H' \log_2 S}$$

Όπου:  $H'$  = η ποικιλότητα όπως υπολογίστηκε από τον τύπο των Shannon-Weaver.

$H'_{max}$  = η θεωρητική μέγιστη τιμή του  $H'$  την οποία θα είχε το δείγμα, αν τα άτομα ήταν ομοιόμορφα κατανεμημένα μεταξύ των ειδών.

Για να μειωθεί το σφάλμα από τις διαφορές της αφθονίας μεταξύ των επικρατέστερων και σπάνιων ειδών έγινε μετατροπή των τιμών της αφθονίας με τη βοήθεια της τετραγωνικής ρίζας (Field et al. 1982). Για τον προσδιορισμό των μακροζωοβενθικών ειδών που ευθύνονται για την ανομοιότητα μεταξύ των δειγματοληπτικών σταθμών έγινε η ανάλυση του ποσοστού ομοιότητας των ειδών

(SIMPER) (Clarke & Gorley 2001). Με τη χρήση του δείκτη ομοιότητας των Bray & Curtis (1957), έγινε η ανάλυση ομοιότητας της σύστασης των μακροζωοβενθικών οργανισμών μεταξύ των σταθμών. Στη συνέχεια ακολούθησε η απεικόνιση της ιεράρχησης των επικρατέστερων ειδών, με βάση το βαθμό συγγένειας του μακροζωοβένθου, με την κατασκευή δένδρογραμμάτων (Field et al. 1982). Επίσης κατασκευάστηκε διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των ειδών (Dominance plot), σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναφέρεται από τον Warwick (1986).

Όλοι οι υπολογισμοί έγιναν με τη χρήση του λογισμικού προγράμματος PRIMER (v. 5.1.2).

## **2.8. Στατιστική ανάλυση**

Για τη στατιστική σύγκριση της συγκέντρωσης των θρεπτικών αλάτων στην υδάτινη στήλη, του ποσοστού του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα στο ίζημα, καθώς και των διαφόρων παραμέτρων του μακροζωοβένθου μεταξύ των δειγματοληπτικών σταθμών χρησιμοποιήθηκε η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA), (Zar 1984). Η στατιστική ανάλυση έγινε με τη χρήση του λογισμικού προγράμματος MINITAB.

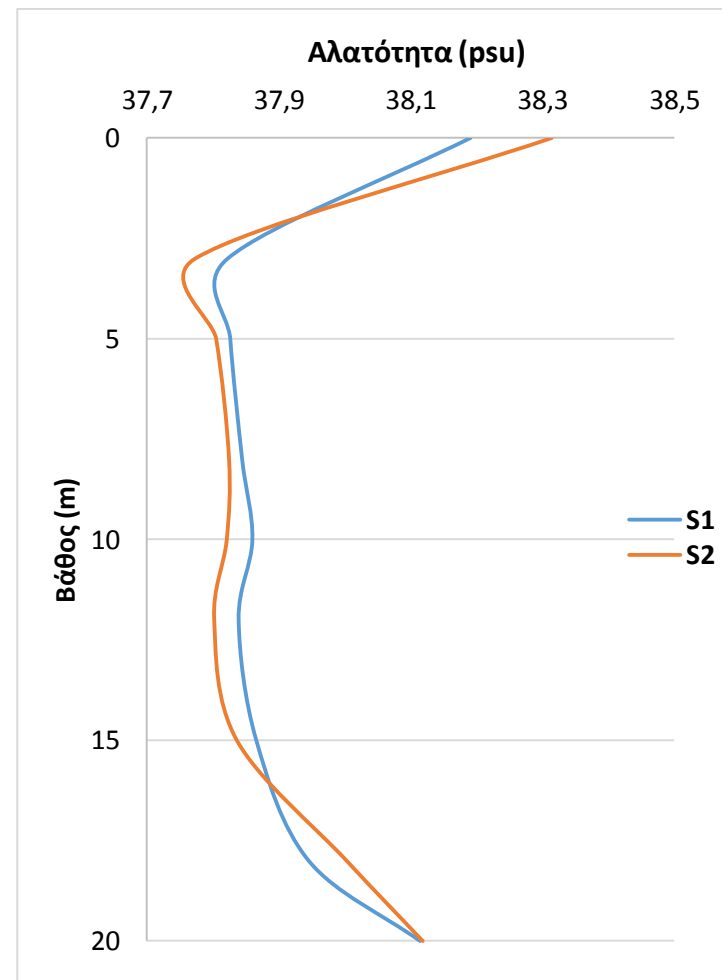
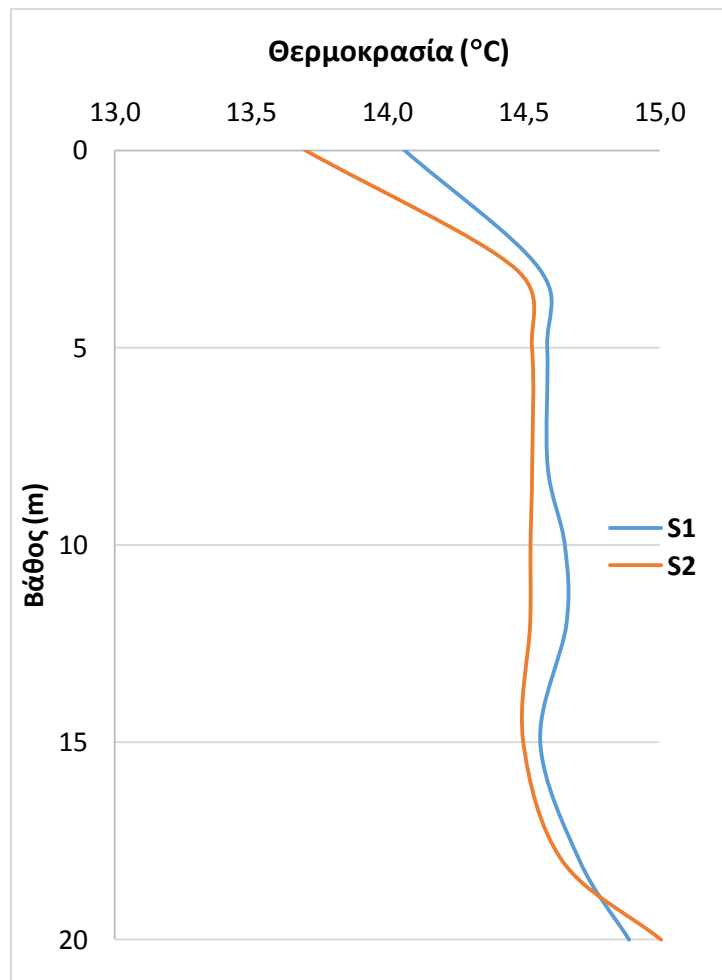
### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.1. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά

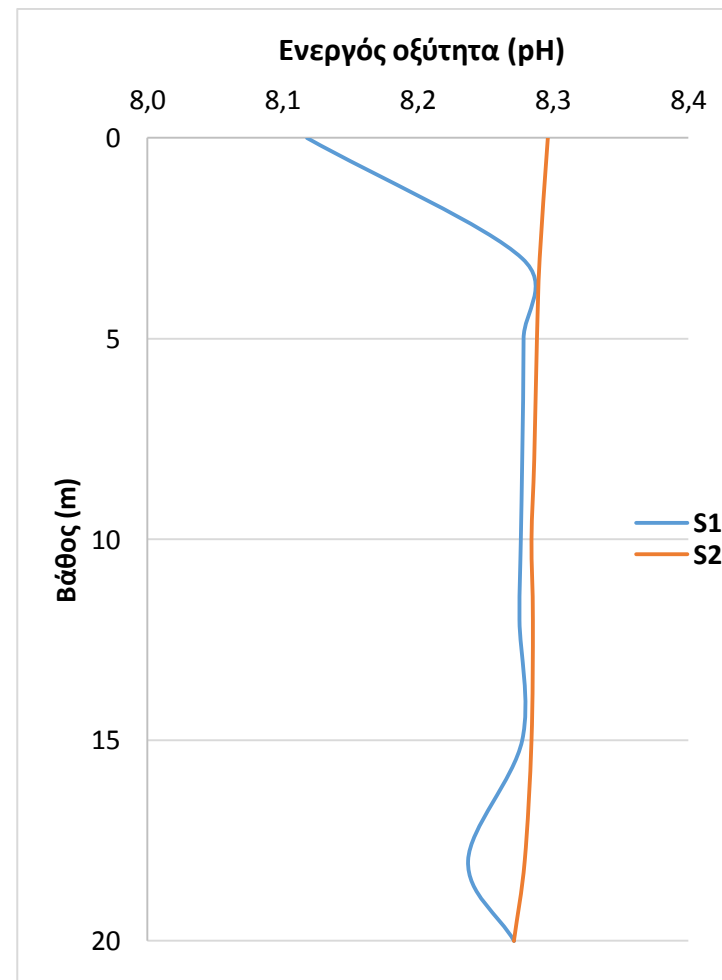
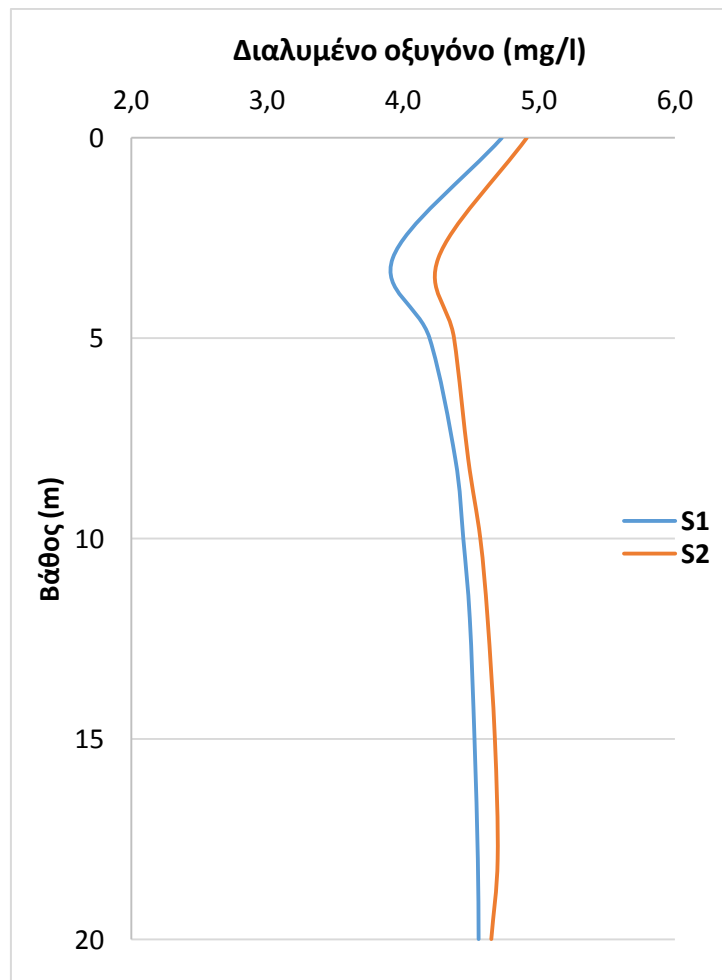
Η διακύμανση των φυσικοχημικών παραμέτρων στην υδάτινη στήλη στους δυο δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας δίνεται στον Πίνακα 3.1 και στα Σχήματα 3.1-3.3.

**Πίνακας 3.1.** Διακύμανση φυσικοχημικών παραμέτρων στην υδάτινη στήλη στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας.

Παράμετρος	Σταθμοί	
	S1	S2
<b>Θερμοκρασία (°C)</b>		
Εύρος τιμών	14,06-14,89	13,70-15,01
M.T. ± T.Σ.	14,58 ± 0,07	14,49 ± 0,11
<b>Αλατότητα (psu)</b>		
Εύρος τιμών	37,82-38,19	37,77-38,31
M.T. ± T.Σ.	37,92 ± 0,05	37,92 ± 0,06
<b>Διαλυμένο οξυγόνο (mg/l)</b>		
Εύρος τιμών	3,93-4,73	4,26-4,91
M.T. ± T.Σ.	4,42 ± 0,08	4,58 ± 0,06
<b>Ενεργός οξύτητα (pH)</b>		
Εύρος τιμών	8,12-8,28	8,27-8,30
M.T. ± T.Σ.	8,25 ± 0,02	8,28 ± 0,002
<b>Οξειδοαναγωγικό δυναμικό (mV)</b>		
Εύρος τιμών	105,40-108,09	100,23-101,29
M.T. ± T.Σ.	105,83 ± 0,29	100,56 ± 0,10
<b>Χλωροφύλλη-α (mg/m<sup>3</sup>)</b>		
Εύρος τιμών	1,02-4,78	1,04-4,79
M.T. ± T.Σ.	3,23 ± 0,37	2,91 ± 0,43

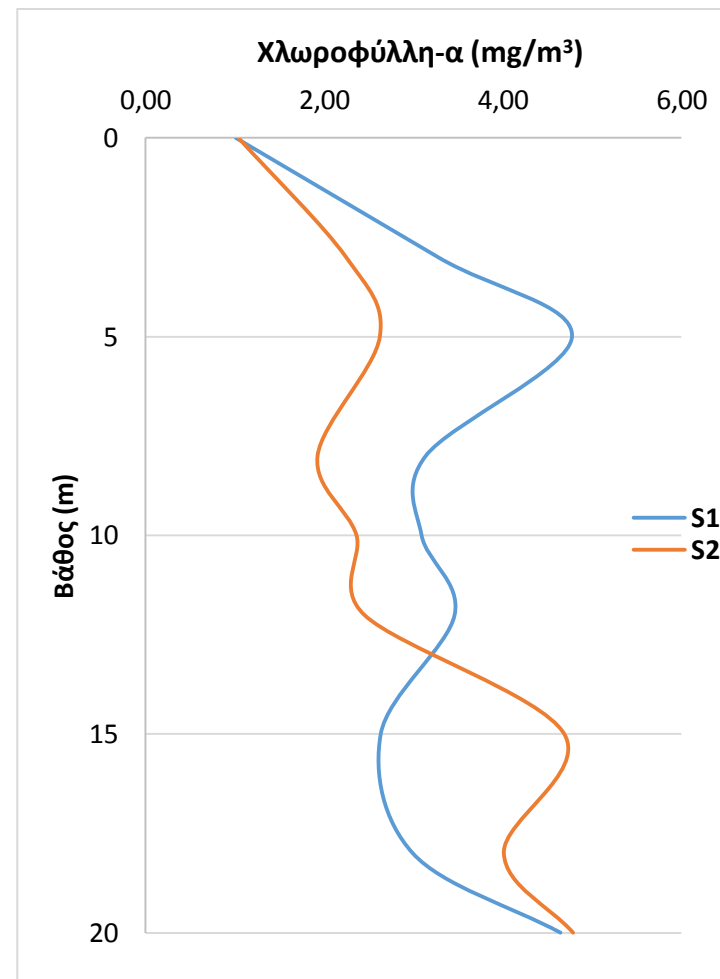
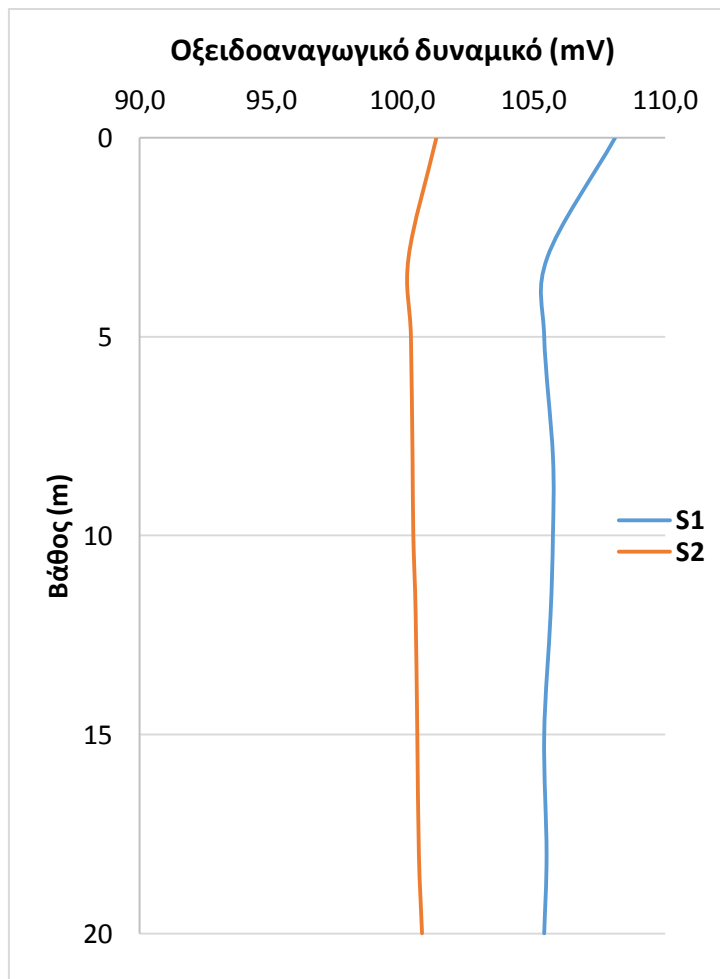


**Σχήμα 3.1.** Διακύμανση της θερμοκρασίας και της αλατότητας στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας.



**Σχήμα 3.2.** Διακύμανση του διαλυμένου οξυγόνου και της ενεργού οξύτητας στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας.





**Σχήμα 3.3.** Διακύμανση του οξειδοαναγωγικού δυναμικού και της χλωροφύλλης-α στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας.

Η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 14,06-14,89°C στο σταθμό S1 και μεταξύ 13,70-15,01°C στο σταθμό S2. Η υψηλότερη καταγράφεται στο σταθμό S2 σε βάθος 20 m και η χαμηλότερη στην επιφάνεια του ίδιου σταθμού (Πιν. 3.1, Σχ. 3.1).

Η αλατότητα κυμαίνεται μεταξύ 37,82-38,19 psu στο σταθμό S1 και μεταξύ 37,77-38,31 psu στο σταθμό S2. Η υψηλότερη καταγράφεται στην επιφάνεια του σταθμού S2 και η χαμηλότερη σε βάθος 3 m στον ίδιο σταθμό (Πιν. 3.1, Σχ. 3.1).

Το διαλυμένο οξυγόνο κυμαίνεται μεταξύ 3,93-4,73 mg/l στο σταθμό S1 και μεταξύ 4,26-4,91 mg/l στο σταθμό S2. Η υψηλότερη τιμή καταγράφεται στην επιφάνεια του σταθμού S2 και η χαμηλότερη σε βάθος 3 m στο σταθμό S1 (Πιν. 3.1, Σχ. 3.2).

Η ενεργός οξύτητα (pH) κυμαίνεται μεταξύ 8,12-8,28 στο σταθμό S1 και μεταξύ 8,27-8,30 στο σταθμό S2. Η υψηλότερη τιμή καταγράφεται στην επιφάνεια του σταθμού S2 και η χαμηλότερη στην επιφάνεια του σταθμού S1 (Πιν. 3.1, Σχ. 3.2).

Το οξειδοαναγωγικό δυναμικό κυμαίνεται μεταξύ 105,40-108,09 στο σταθμό S1 και μεταξύ 100,23-101,29 στο σταθμό S2. Η υψηλότερη τιμή καταγράφεται στην επιφάνεια του σταθμού S1 και η χαμηλότερη σε βάθος 3 m στο σταθμό S2 (Πιν. 3.1, Σχ. 3.3).

Η χλωροφύλλη-α κυμαίνεται μεταξύ 1,02-4,78 mg/m<sup>3</sup> στο σταθμό S1 και μεταξύ 1,04-4,79 mg/m<sup>3</sup> στο σταθμό S2. Η υψηλότερη τιμή καταγράφεται στο σταθμό S2 σε βάθος 20 m και η χαμηλότερη στην επιφάνεια του σταθμού S1 (Πιν. 3.1, Σχ. 3.3).

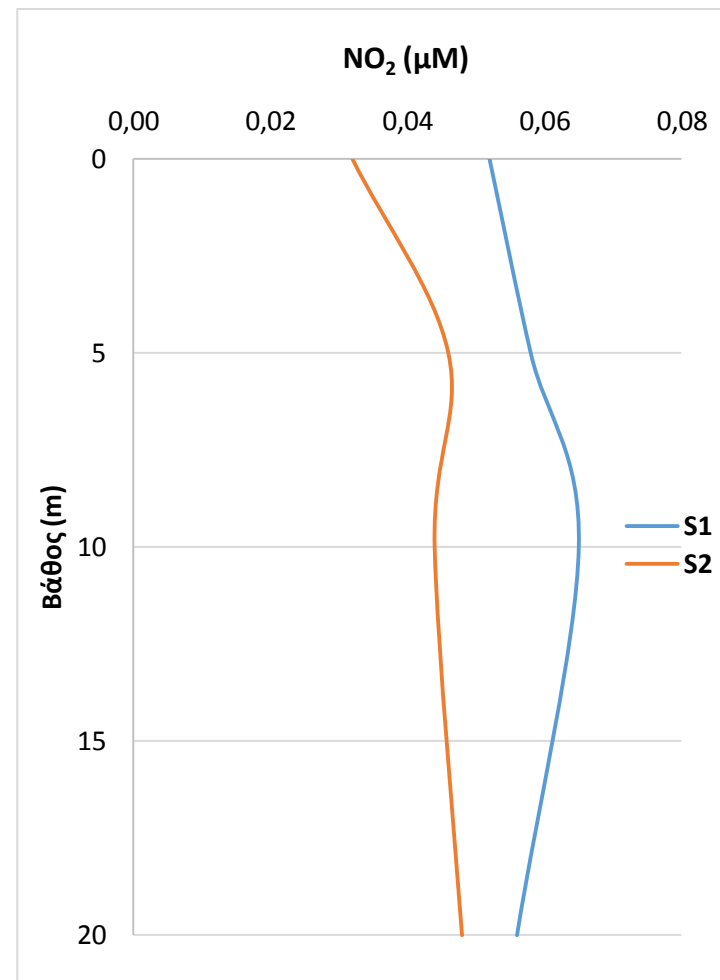
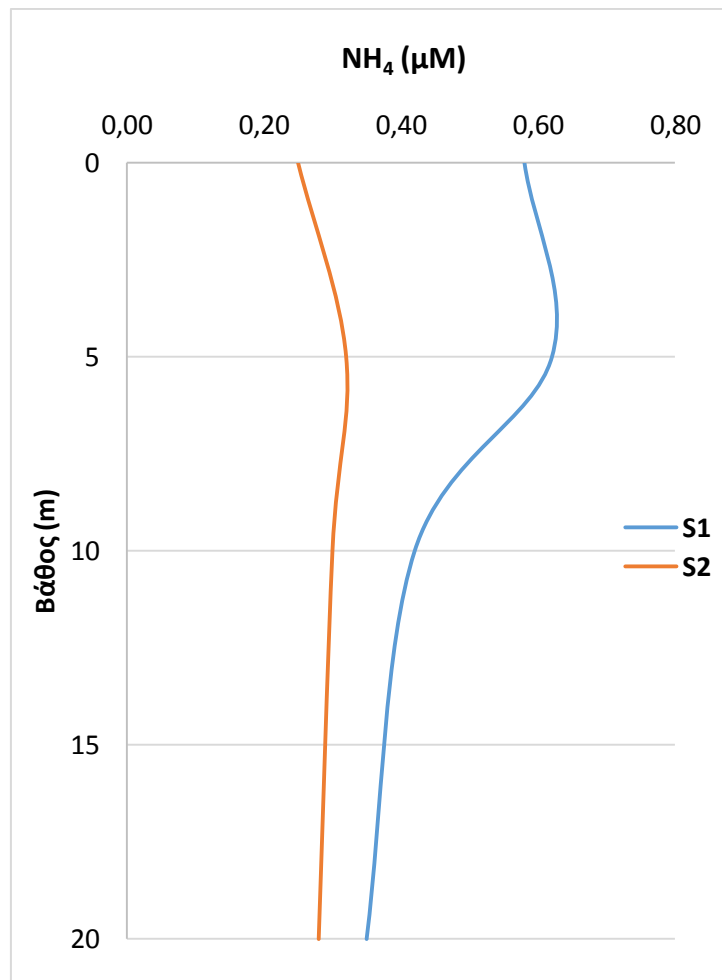
### 3.2. Θρεπτικά άλατα

Η διακύμανση των θρεπτικών αλάτων στην υδάτινη στήλη στους δυο δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας δίνεται στον Πίνακα 3.2 και στα Σχήματα 3.4-3.6.

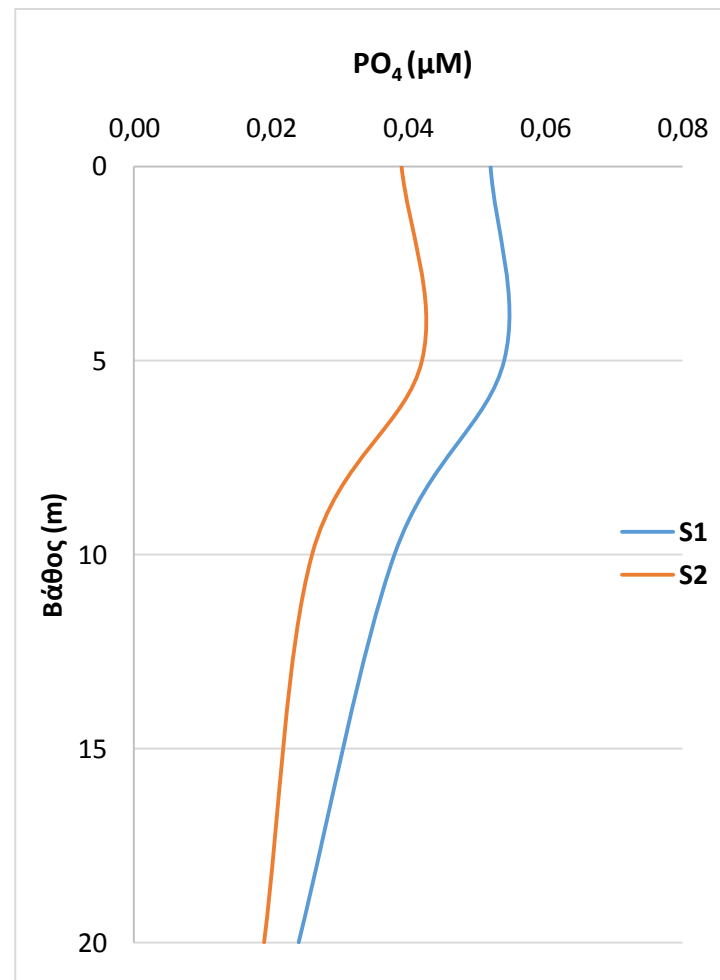
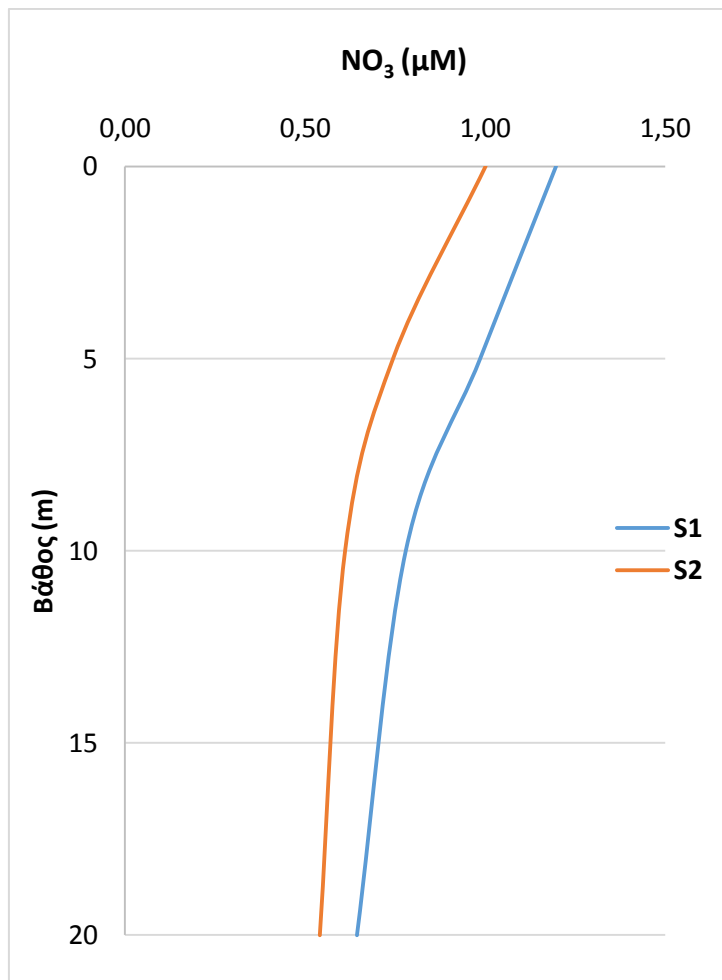
Στον Πίνακα 3.3 δίνεται η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA) της συγκέντρωσης των θρεπτικών αλάτων του νερού μεταξύ των δειγματοληπτικών σταθμών.

**Πίνακας 3.2.** Διακύμανση της συγκέντρωσης των θρεπτικών αλάτων στην υδάτινη στήλη στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας.

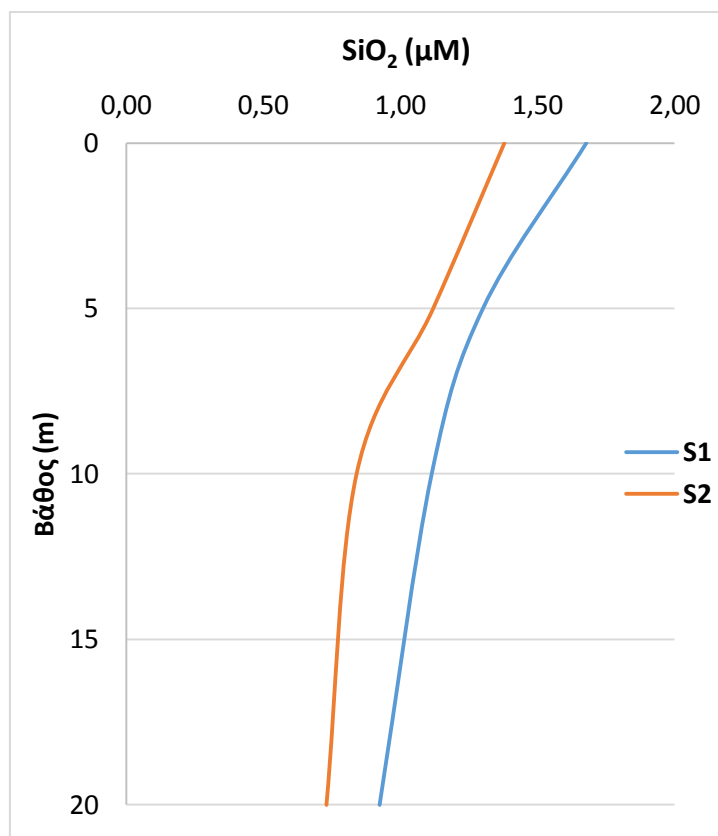
Παράμετρος	Σταθμοί	
	S1	S2
<b>Αμμωνιακά (NH<sub>4</sub>)</b>		
Εύρος τιμών	0,35-0,62	0,25-0,32
Μ.Τ. ± Τ.Σ.	0,49 ± 0,06	0,29 ± 0,02
<b>Νιτρώδη (NO<sub>2</sub>)</b>		
Εύρος τιμών	0,05-0,07	0,03-0,05
Μ.Τ. ± Τ.Σ.	0,06 ± 0,003	0,04 ± 0,004
<b>Νιτρικά (NO<sub>3</sub>)</b>		
Εύρος τιμών	0,64-1,20	0,54-1,00
Μ.Τ. ± Τ.Σ.	0,90 ± 0,12	0,73 ± 0,10
<b>Φωσφορικά (PO<sub>4</sub>)</b>		
Εύρος τιμών	0,02-0,05	0,02-0,04
Μ.Τ. ± Τ.Σ.	0,04 ± 0,007	0,03 ± 0,005
<b>Πυριτικά (SiO<sub>2</sub>)</b>		
Εύρος τιμών	0,92-1,68	0,73-1,38
Μ.Τ. ± Τ.Σ.	1,25 ± 0,16	1,02 ± 0,15



**Σχήμα 3.4.** Διακύμανση της συγκέντρωσης των αμμωνιακών (NH<sub>4</sub>) και των νιτρωδών (NO<sub>2</sub>) στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας.



**Σχήμα 3.5.** Διακύμανση της συγκέντρωσης των νιτρικών (NO<sub>3</sub>) και των φωσφορικών (PO<sub>4</sub>) στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας.



**Σχήμα 3.6.** Διακύμανση της συγκέντρωσης των πυριτικών ( $\text{SiO}_2$ ) στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας.

**Πίνακας 3.3.** Σύγκριση της συγκέντρωσης των θρεπτικών αλάτων μεταξύ των δειγματοληπτικών σταθμών της περιοχής έρευνας (F: Λόγος, P level: Επίπεδο σημαντικότητας).

Μεταβλητή	Βαθμοί ελευθερίας (d.f.)	Σταθμός	
		F	P Level
Αμμωνιακά ( $\text{NH}_4$ )	23	9,67	*
Νιτρώδη ( $\text{NO}_2$ )	23	11,45	*
Νιτρικά ( $\text{NO}_3$ )	23	1,26	ΜΣ
Φωσφορικά ( $\text{PO}_4$ )	23	1,41	ΜΣ
Πυριτικά ( $\text{SiO}_2$ )	23	1,97	ΜΣ

\*  $P < 0,05$ , ΜΣ Μη Σημαντικό

Η συγκέντρωση των αμμωνιακών ( $\text{NH}_4$ ) κυμαίνεται μεταξύ 0,35-0,62  $\mu\text{M}$  στο σταθμό S1, και μεταξύ 0,25-0,41  $\mu\text{M}$  στο σταθμό S2. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση καταγράφεται στο σταθμό S1 σε βάθος 5 m και η μικρότερη στην επιφάνεια του σταθμού S2 (Πιν. 3.2, Σχ. 3.4).

Η συγκέντρωση των νιτρικών ( $\text{NO}_2$ ) κυμαίνεται μεταξύ 0,05-0,07  $\mu\text{M}$  στο σταθμό S1, και μεταξύ 0,03-0,06  $\mu\text{M}$  στο σταθμό S2. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση καταγράφεται στο σταθμό S1 σε βάθος 10 m και η μικρότερη στην επιφάνεια του σταθμού S2 (Πιν. 3.2, Σχ. 3.4).

Η συγκέντρωση των νιτρικών ( $\text{NO}_3$ ) κυμαίνεται μεταξύ 0,64-1,20  $\mu\text{M}$  στο σταθμό S1, και μεταξύ 0,54-1,00  $\mu\text{M}$  στο σταθμό S2. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση καταγράφεται στην επιφάνεια του σταθμού S1 και η μικρότερη στο σταθμό S2 σε βάθος 20 m (Πιν. 3.2, Σχ. 3.5).

Η συγκέντρωση των φωσφορικών ( $\text{PO}_4$ ) κυμαίνεται μεταξύ 0,02-0,04  $\mu\text{M}$  στο σταθμό S1, και μεταξύ 0,02-0,05  $\mu\text{M}$  στο σταθμό S2. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση καταγράφεται στο σταθμό S1 σε βάθος 5 m και η μικρότερη στο σταθμό S2 σε βάθος 20 m (Πιν. 3.2, Σχ. 3.5).

Η συγκέντρωση των πυριτικών ( $\text{SiO}_2$ ) κυμαίνεται μεταξύ 0,92-1,68  $\mu\text{M}$  στο σταθμό S1, και μεταξύ 0,73-1,45  $\mu\text{M}$  στο σταθμό S2. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση καταγράφεται στην επιφάνεια του σταθμού S1 και η μικρότερη στο σταθμό S2 σε βάθος 20 m (Πιν. 3.2, Σχ. 3.6).

Η μεγαλύτερη συγκέντρωση των θρεπτικών αλάτων καταγράφεται στο σταθμό S1 (Πιν. 3.2, Σχ. 3.4-3.6). Η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA) έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές για τα αμμωνιακά και τα νιτρικά μεταξύ των σταθμών (Πιν. 3.3).

### 3.3. Κοκκομετρική σύσταση

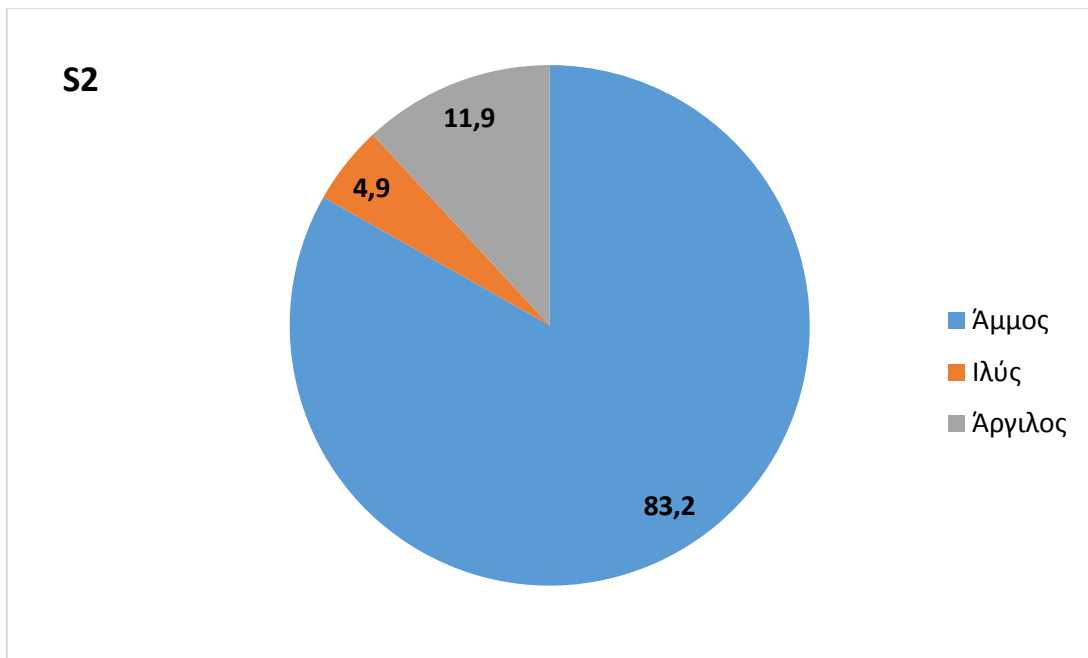
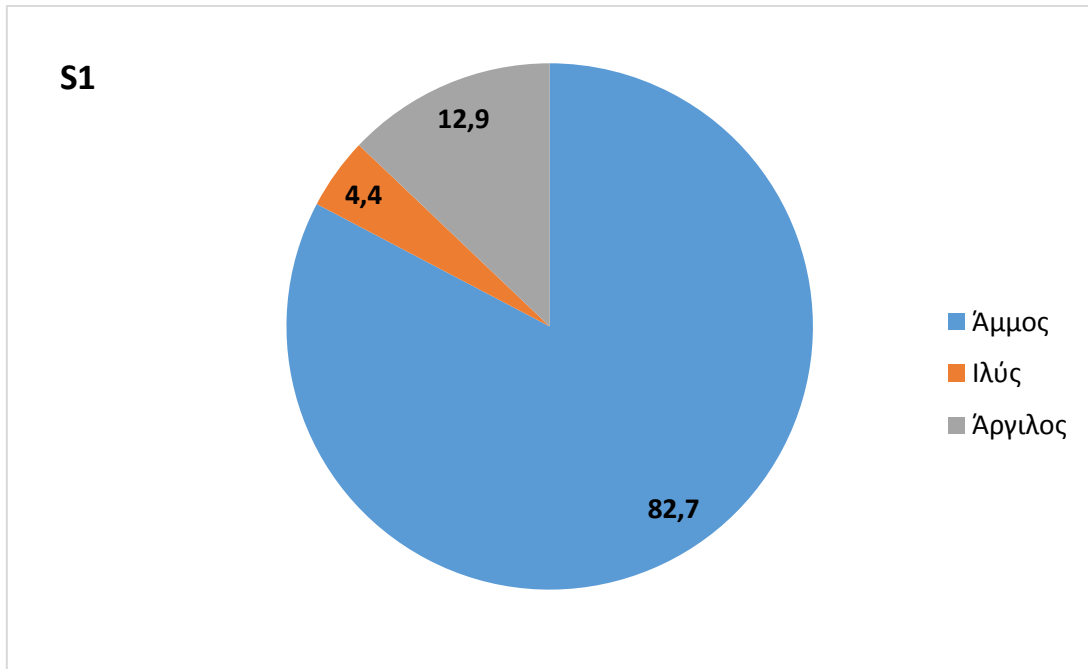
Η Κοκκομετρική σύσταση του ιζήματος των δυο δειγματοληπτικών σταθμών της περιοχής έρευνας δίνεται στον Πίνακα 3.4 και στο Σχήμα 3.7.

**Πίνακας 3.4.** Κοκκομετρική σύσταση του ιζήματος των δειγματοληπτικών σταθμών της περιοχής έρευνας.

Σταθμός	Άμμος (%)	ΐλύς (%)	Άργιλος (%)
S1	82,7	4,4	12,9
S2	83,2	4,9	11,9

Η κοκκομετρική ανάλυση έδειξε ότι η σύσταση του ιζήματος του σταθμού S1 αποτελείται από 82,7% άμμο, 4,4% ιλύ και 12,9% άργιλο και του σταθμού S2 από 83,2% άμμο, 4,9% ιλύ και 11,9% άργιλο (Πιν. 3.4, Σχ. 3.7).





**Σχήμα 3.7.** Κοκκομετρική σύσταση του ιζήματος των δυο δειγματοληπτικών σταθμών.

### 3.4. Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας

Το ποσοστό του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα, καθώς και ο λόγος του οργανικού άνθρακα προς το οργανικό υλικό, στο ίζημα των δυο δειγματοληπτικών σταθμών της περιοχής έρευνας δίνεται στον Πίνακα 3.5 και στα Σχήματα 3.8-3.10.

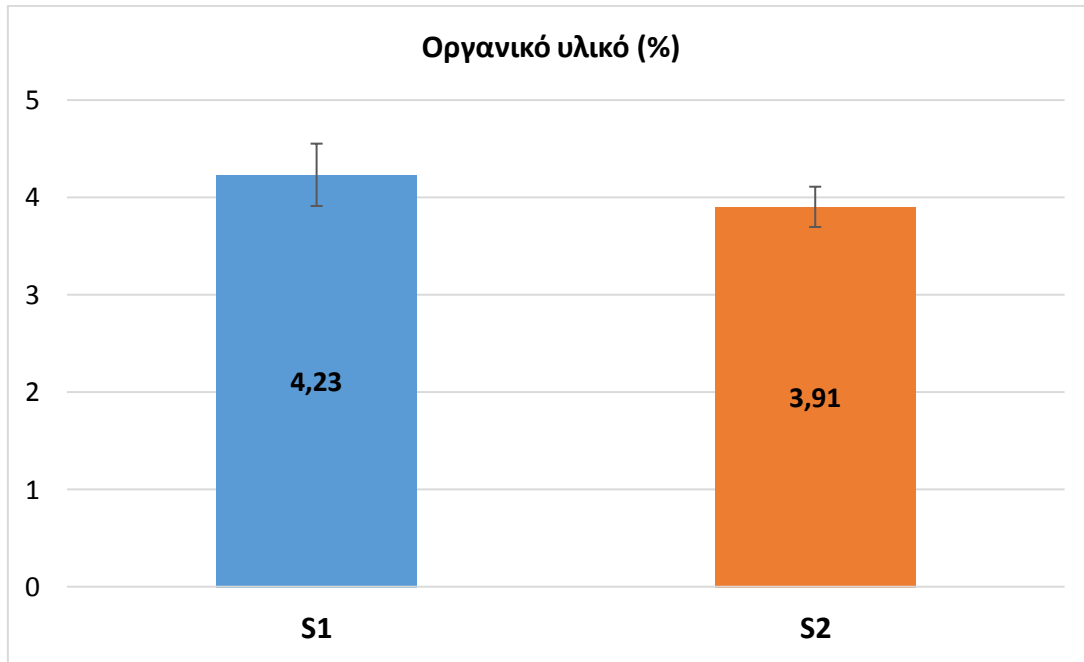
Στον Πίνακα 3.6 δίνεται η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA) του περιεχόμενου οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα στο ίζημα μεταξύ των δειγματοληπτικών σταθμών.

Το ποσοστό του οργανικού υλικού κυμαίνεται μεταξύ 3,85-4,68 στο σταθμό S1 και μεταξύ 3,60-4,24 στο σταθμό S2 (Πιν. 3.5, Σχ. 3.8). Το ποσοστό του οργανικού άνθρακα κυμαίνεται μεταξύ 0,74-1,01 στο σταθμό S1 και μεταξύ 0,67-0,93 στο σταθμό S2 (Πιν. 3.5, Σχ. 3.9). Τα υψηλότερα ποσοστά τόσο του οργανικού υλικού, όσο και του οργανικού άνθρακα καταγράφονται στο σταθμό S1 (Σχ. 3.8, 3.9).

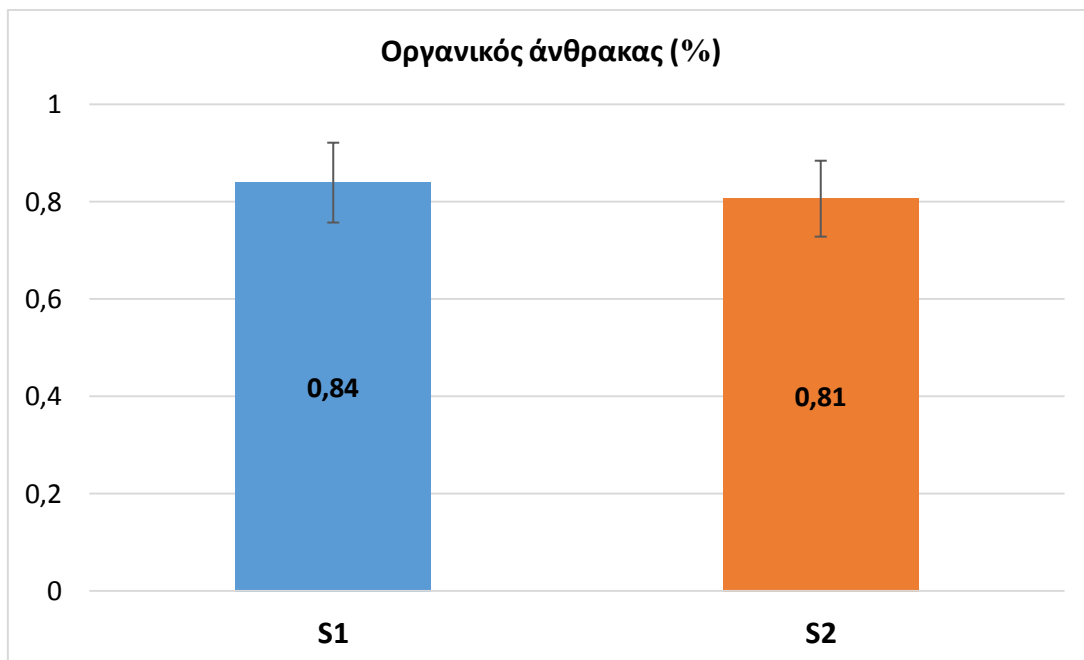
Ο λόγος του οργανικού άνθρακα προς το οργανικό υλικό κυμαίνεται μεταξύ 0,17-0,22 στο σταθμό S1 και μεταξύ 0,18-0,24 στο σταθμό S2. Το υψηλότερο ποσοστό του οργανικού άνθρακα έναντι του οργανικού υλικού καταγράφεται στο σταθμό S2 (Πιν. 3.5, Σχ. 3.10). Η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA) έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές στα ποσοστά του οργανικού υλικού μεταξύ των σταθμών, ενώ για τα ποσοστά του οργανικού άνθρακα έδειξε στατιστικά μη σημαντικές διαφορές (Πιν. 3.6).

**Πίνακας 3.5.** Διακύμανση του οργανικού υλικού (ΟΥ) και του οργανικού άνθρακα (ΟΑ) και ο λόγος αυτών, στο ίζημα των δειγματοληπτικών σταθμών της περιοχής έρευνας (Μ.Τ.: Μέση τιμή, Τ.Σ.: Τυπικό σφάλμα).

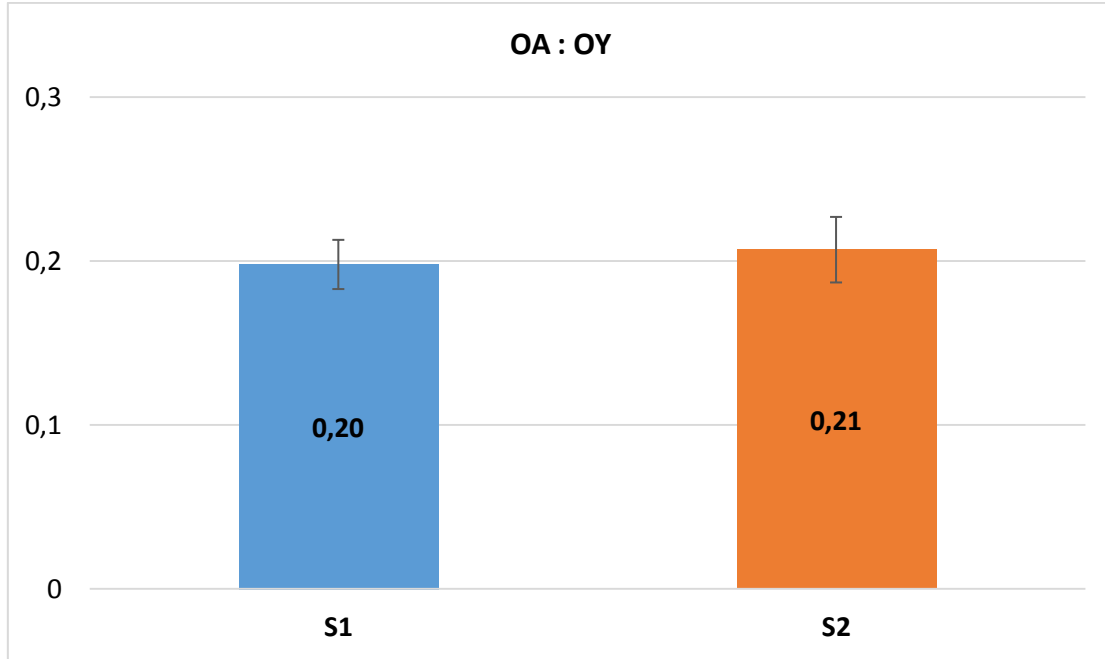
Παράμετρος	Σταθμοί	
	S1	S2
<b>Οργανικό υλικό (%)</b>		
Εύρος τιμών	3,85-4,68	3,60-4,24
Μ.Τ. ± Τ.Σ.	4,23 ± 0,32	3,91 ± 0,21
<b>Οργανικός άνθρακας (%)</b>		
Εύρος τιμών	0,74-1,01	0,67-0,93
Μ.Τ. ± Τ.Σ.	0,84 ± 0,08	0,81 ± 0,08
<b>ΟΑ:ΟΥ</b>		
Εύρος τιμών	0,17-0,22	0,18-0,24
Μ.Τ. ± Τ.Σ.	0,20 ± 0,02	0,21 ± 0,02



**Σχήμα 3.8.** Ποσοστό οργανικού υλικού (%) στο ίζημα των δειγματοληπτικών σταθμών της περιοχής έρευνας.



**Σχήμα 3.9.** Ποσοστό οργανικού άνθρακα (%) στο ίζημα των δειγματοληπτικών σταθμών της περιοχής έρευνας.



**Σχήμα 3.10.** Λόγος του οργανικού άνθρακα (OA) προς το οργανικό υλικό (OY) στο ίζημα των δειγματοληπτικών σταθμών της περιοχής έρευνας.

**Πίνακας 3.6.** Σύγκριση του περιεχόμενου οργανικού υλικού και οργανικού άνθρακα στο ίζημα μεταξύ των δειγματοληπτικών σταθμών της περιοχής έρευνας (F: Λόγος, P level: Επίπεδο σημαντικότητας).

Μεταβλητή	Βαθμοί ελευθερίας (d.f.)	Σταθμός	
		F	P Level
Οργανικό υλικό (%)	5	6,70	*
Οργανικός άνθρακας (%)	5	0,74	ΜΣ

\* P < 0,05, ΜΣ Μη Σημαντικό

### 3.5. Μακροζωοβένθος

Στον Πίνακα 3.7 και στα Σχήματα 3.11-3.15 δίνονται οι παράμετροι του μακροζωοβένθους στους δυο δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας. Οι παράμετροι που εκτιμήθηκαν σε κάθε σταθμό είναι: ο αριθμός των ειδών (S), ο αριθμός των ατόμων (N), ο δείκτης αφθονίας των ειδών (d), ο δείκτης ποικιλότητας (H') και ο δείκτης ομοιομορφίας (J').

Στα Σχήματα 3.16-3.19 δίνεται η εκατοστιαία κατανομή του συνόλου του αριθμού των ειδών και του αριθμού των ατόμων ανά ομάδα σε κάθε σταθμό.

Στον Πίνακα 3.8 αναφέρονται όλα τα μακροζωοβενθικά είδη που βρέθηκαν στους δυο δειγματοληπτικούς σταθμούς με το ποσοστό εμφάνισης τους (%). Στον Πίνακα 3.9 δίνεται ο μέσος όρος του ποσοστού εμφάνισης των μακροζωοβενθικών ειδών που καταλαμβάνουν ποσοστό μεγαλύτερο του 1% της συνολικής αφθονίας στον κάθε σταθμό.

Στον Πίνακα 3.10 δίνεται η μέση αφθονία ( $m^2$ ) των κυριότερων μακροζωοβενθικών ειδών που ευθύνονται για την ανομοιότητα μεταξύ των σταθμών S1 και S2, καθώς επίσης και το ποσοστό ανομοιότητας (%).

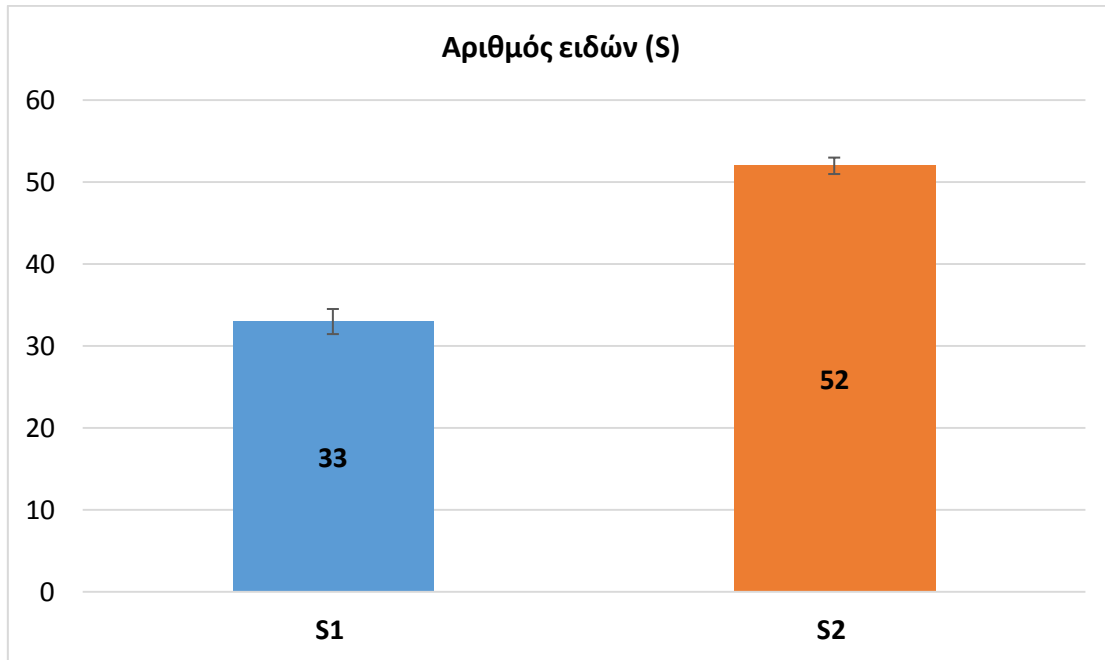
Στα σχήματα 3.20 και 3.21 δίνονται τα δενδρογράμματα ομαδοποίησης των μακροζωοβενθικών ειδών που καταλαμβάνουν ποσοστό μεγαλύτερο του 1% της συνολικής αφθονίας για τους σταθμούς S1 και S2.

Στο σχήμα 3.22 δίνεται το διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών στους σταθμούς S1 και S2.

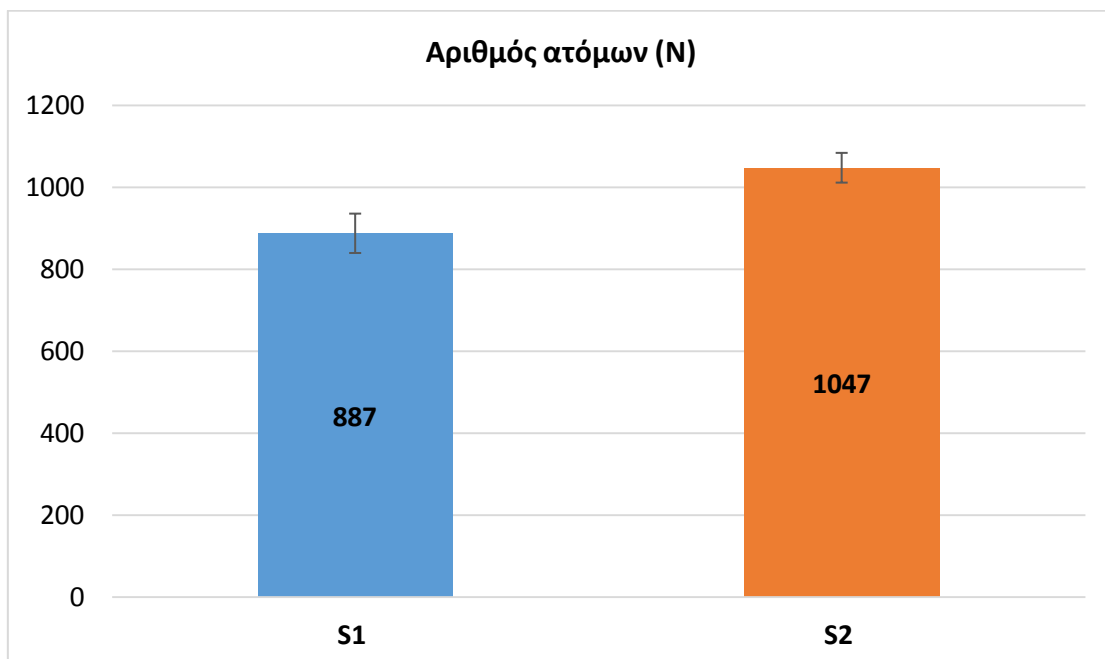
Στον Πίνακα 3.11 δίνεται η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA) των διαφόρων παραμέτρων του μακροζωοβένθους μεταξύ των δειγματοληπτικών σταθμών.

**Πίνακας 3.7.** Διακύμανση των παραμέτρων του μακροζωοβένθους στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας (Μ.Τ.: Μέση τιμή, Τ.Σ.: Τυπικό σφάλμα).

Παράμετρος	Σταθμοί	
	S1	S2
<b>Αριθμός ειδών (S)</b>		
Εύρος τιμών	31-34	51-53
Μ.Τ. ± Τ.Σ.	33 ± 0,88	52 ± 0,58
<b>Αριθμός ατόμων (N)</b>		
Εύρος τιμών	840-936	1020-1088
Μ.Τ. ± Τ.Σ.	887 ± 27,70	1047 ± 21,00
<b>Δείκτης αφθονίας ειδών (d)</b>		
Εύρος τιμών	4,42-4,90	7,15-7,49
Μ.Τ. ± Τ.Σ.	4,67 ± 0,14	7,34 ± 0,10
<b>Δείκτης ποικιλότητας (H')</b>		
Εύρος τιμών	2,26-2,56	3,01-3,24
Μ.Τ. ± Τ.Σ.	2,39 ± 0,09	3,13 ± 0,07
<b>Δείκτης ομοιομορφίας (J')</b>		
Εύρος τιμών	0,66-0,73	0,76-0,82
Μ.Τ. ± Τ.Σ.	0,69 ± 0,02	0,79 ± 0,16

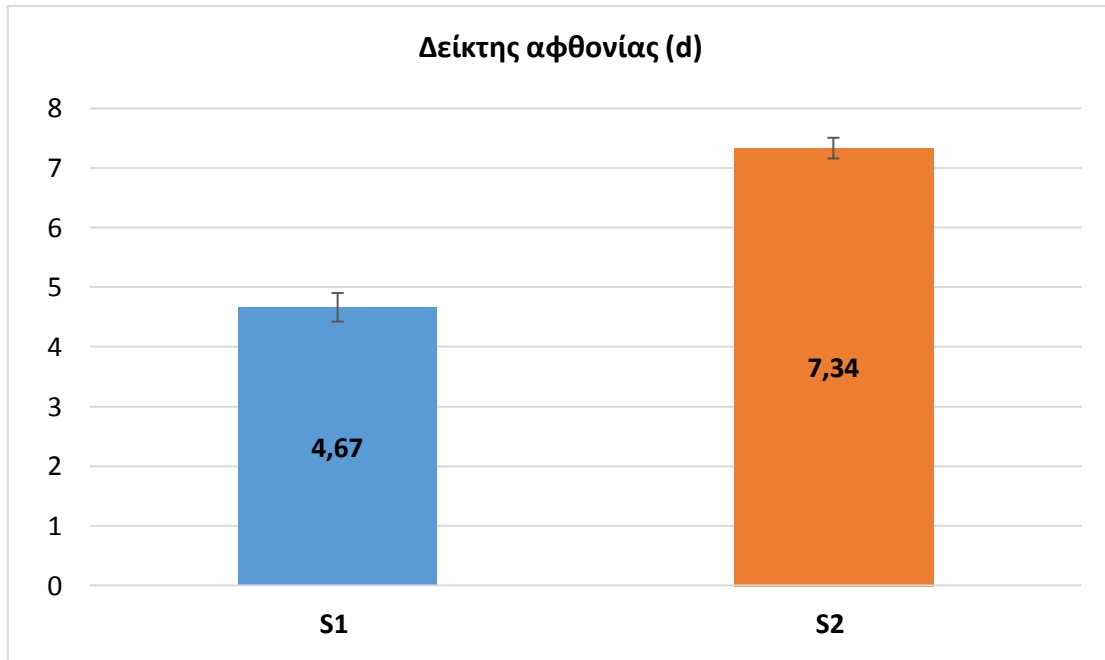


**Σχήμα 3.11.** Αριθμός ειδών (S) του μακροζωοβένθους στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας.

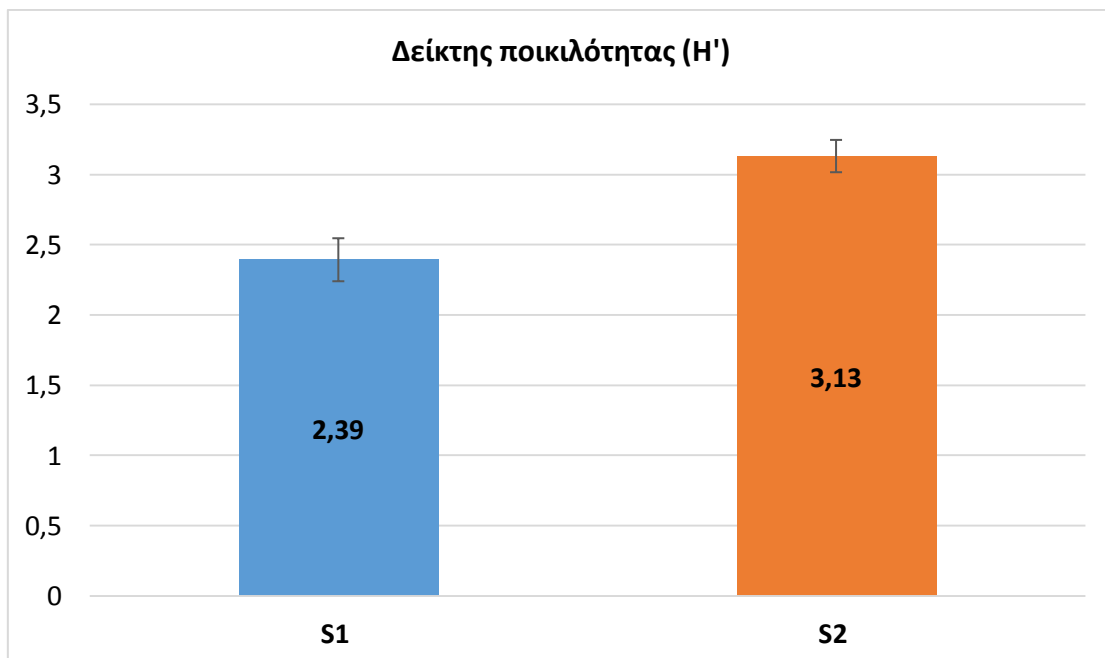


**Σχήμα 3.12.** Αριθμός ατόμων (N) του μακροζωοβένθους στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας.

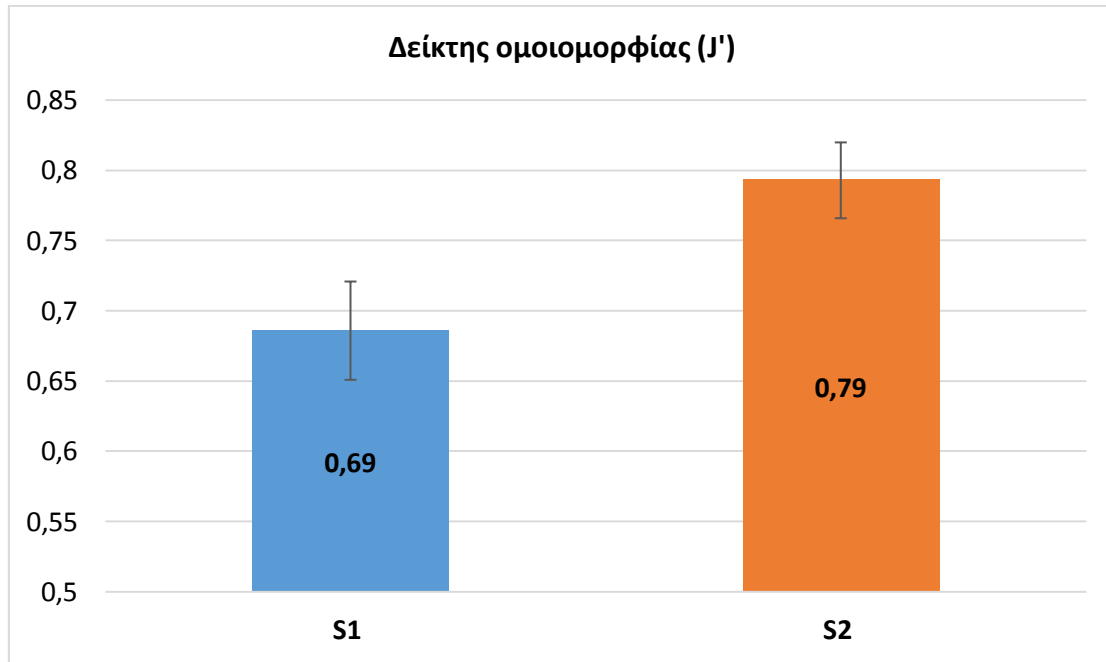




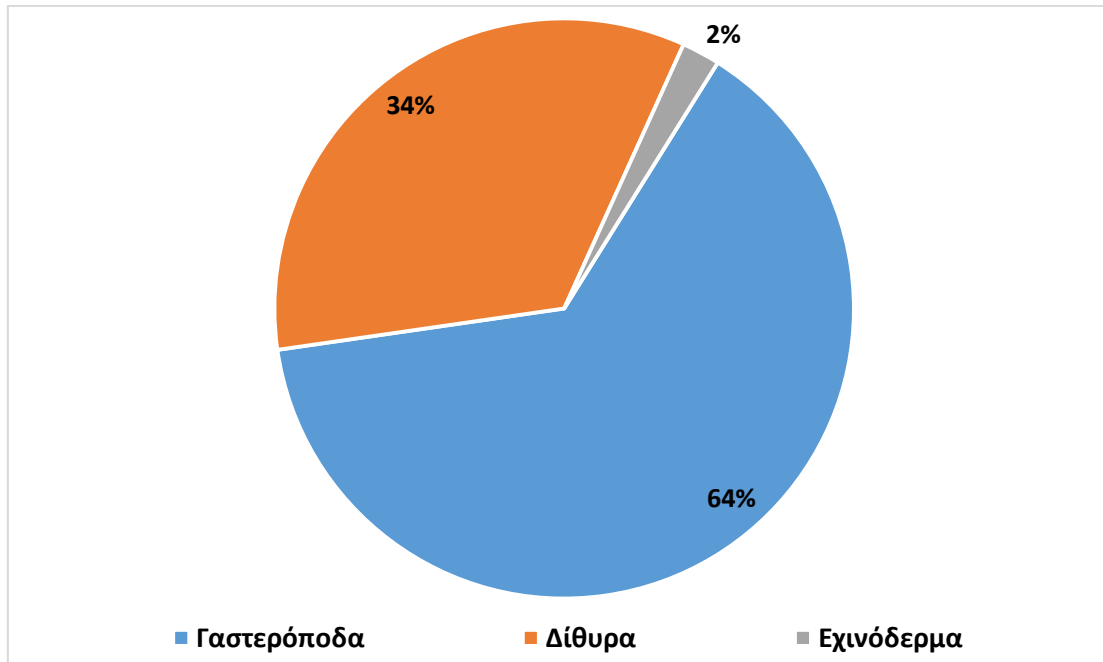
**Σχήμα 3.13.** Δείκτης αφθονίας των ειδών (d) του μακροζωοβένθους στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας.



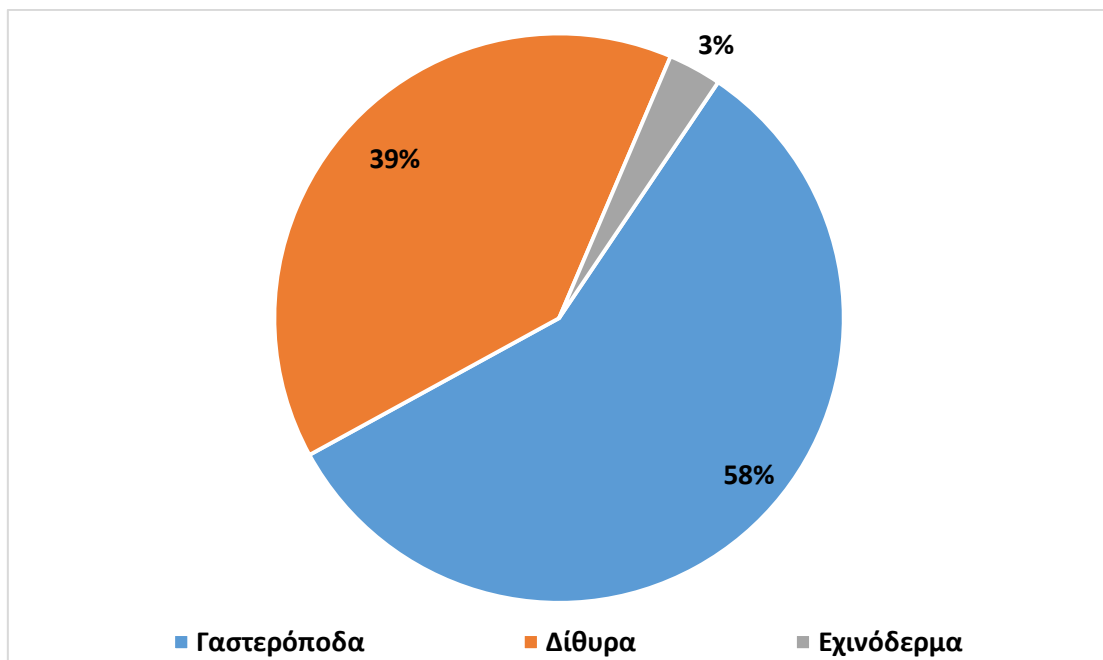
**Σχήμα 3.14.** Δείκτης ποικιλότητας (H') του μακροζωοβένθους στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας.



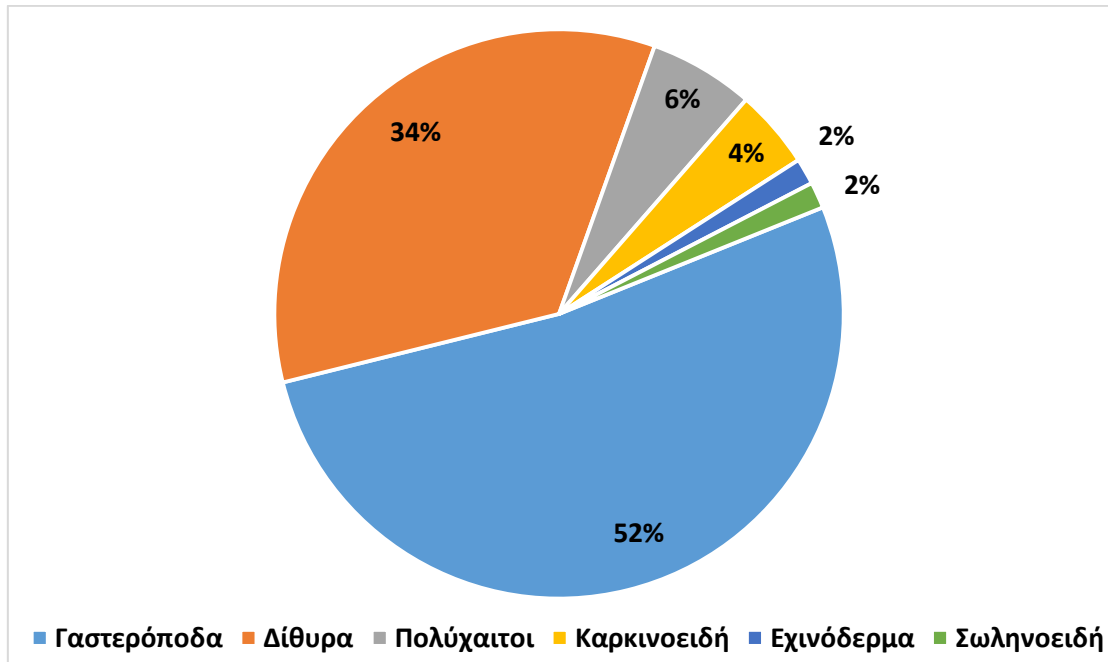
**Σχήμα 3.15.** Δείκτης ομοιομορφίας (J) του μακροζωοβένθους στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας.



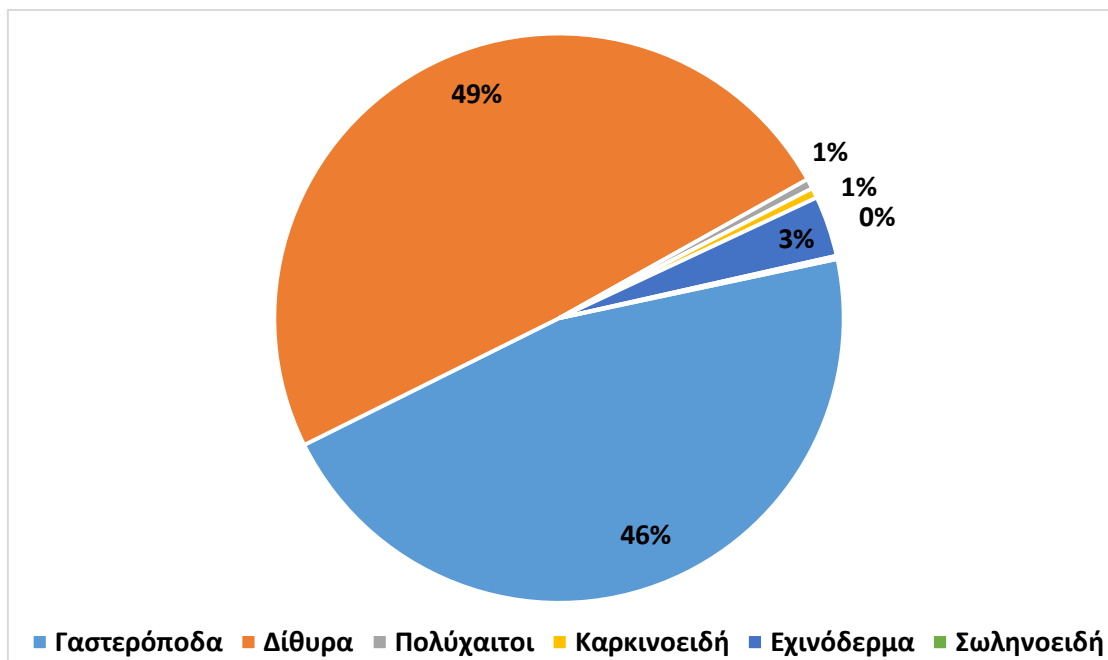
**Σχήμα 3.16.** Εκατοστιαία κατανομή του συνόλου του αριθμού των ειδών ανά ομάδα στο σταθμό S1.



**Σχήμα 3.17.** Εκατοστιαία κατανομή του συνόλου του αριθμού των ατόμων ανά ομάδα στο σταθμό S1.



**Σχήμα 3.18.** Εκατοστιαία κατανομή του συνόλου του αριθμού των ειδών ανά ομάδα στο σταθμό S2.



**Σχήμα 3.19.** Εκατοστιαία κατανομή του συνόλου του αριθμού των ατόμων ανά ομάδα στο σταθμό S2.

**Πίνακας 3.8.** Μακροζωοβενθικά είδη των δειγματοληπτικών σταθμών της περιοχής έρευνας με το μέσο όρο του ποσοστού εμφάνισης τους (%) (Γ: Γαστερόποδα, Δ: Δίθυρα, Π: Πολύχαιτοι, Κ: Καρκινοειδή, Ε: Εχινόδερμα, Σ: Σωληνοειδή).

Είδος	Κλάση	Ποσοστό εμφάνισης (%)	
		S1	S2
<i>Alvania cancellata</i> (da Costa 1778)	Γ	1,20	0,38
<i>Alvania cimex</i> (Linnaeus 1758)	Γ	2,11	0,76
<i>Alvania geryonia</i> (Nardo 1847)	Γ	0,15	0,25
<i>Alvania testae</i> (Aradas & Maggiore 1844)	Γ	0,00	0,51
<i>Arca tetragona</i> (Poli 1795)	Δ	1,20	0,76
<i>Barbatia barbata</i> (Linnaeus 1758)	Δ	0,30	0,25
<i>Bittium latreillii</i> (Payraudeau 1826)	Γ	10,38	5,99
<i>Bittium reticulatum</i> (da Costa 1778)	Γ	28,57	7,39
<i>Bittium submamillatum</i> (de Rayneval 1854)	Γ	0,00	7,90
<i>Caecum auriculatum</i> (de Folin 1868)	Γ	0,15	0,38
<i>Cardium</i> sp. (Linnaeus 1758)	Δ	0,75	0,00
<i>Cerithiopsis</i> sp. (Forbes & Hanley 1850)	Γ	0,15	0,38
<i>Chrysallida</i> sp. (Carpenter 1856)	Γ	0,00	0,13
<i>Cirolana</i> sp. (Leach 1818)	Κ	0,00	0,13
<i>Clanculus corallinus</i> (Gmelin 1791)	Γ	0,30	0,51
<i>Clausinella fasciata</i> (da Costa 1778)	Δ	0,00	0,25
<i>Corbula gibba</i> (Olivi 1792)	Δ	0,00	0,89
<i>Crisilla semistriata</i> (Montagu 1808)	Γ	0,45	0,00
<i>Ctena decussata</i> (O.G. Costa 1829)	Δ	0,45	0,89
<i>Cylichna cylindracea</i> (Pennant 1777)	Γ	0,15	0,25
<i>Dosinia exoleta</i> (Linnaeus 1758)	Δ	8,72	1,78
<i>Echinocyamus pusillus</i> (O.F. Müller 1776)	Ε	2,56	3,57
<i>Epitonium clathrus</i> (Linnaeus 1758)	Γ	0,15	0,25
<i>Eteone syphonodonta</i> (Delle Chiaje 1822)	Π	0,00	0,13
<i>Eulimella acicula</i> (Philippi 1836)	Γ	0,60	1,91

Είδος	Κλάση	Ποσοστό εμφάνισης (%)	
		S1	S2
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje 1825)	Π	0,00	0,13
<i>Folinella excavata</i> (Phillippi 1836)	Γ	1,50	0,64
<i>Gammarus</i> sp. (Fabricius 1775)	Κ	0,00	0,25
<i>Glycymeris glycymeris</i> (Linnaeus 1758)	Δ	0,75	0,13
<i>Goniada maculata</i> (Örsted 1843)	Π	0,00	0,13
<i>Hiatella arctica</i> (Linnaeus 1767)	Δ	0,60	0,64
<i>Jujubinus exasperatus</i> (Pennant 1777)	Γ	0,45	0,64
<i>Kellia suborbicularis</i> (Montagu 1803)	Δ	0,00	0,13
<i>Leucothoe</i> sp. (Leach 1814)	Κ	0,00	0,13
<i>Loripinus fragilis</i> (Phillippi 1836)	Δ	0,15	0,25
<i>Lucinella divaricata</i> (Linnaeus 1758)	Δ	0,60	0,64
<i>Mangelia costulata</i> (Risso 1826)	Γ	0,15	1,40
<i>Mangelia stosiciana</i> (Brusina 1869)	Γ	0,45	0,00
<i>Mangelia taeniata</i> (Deshayes 1835)	Γ	0,15	0,25
<i>Manzonina crassa</i> (Kanmacher 1798)	Γ	0,60	0,00
<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Edwards 1833)	Π	0,00	0,13
<i>Melanella</i> sp. (Bowdich 1822)	Γ	0,45	0,00
<i>Mimachlamys varia</i> (Linnaeus 1758)	Δ	0,15	1,66
<i>Monophorus perversus</i> (Linnaeus 1758)	Γ	0,60	0,51
<i>Myrtea spinifera</i> (Montagu 1803)	Δ	0,00	4,71
<i>Mytilus galloprovincialis</i> (Lamarck 1819)	Δ	1,80	0,00
<i>Natica</i> sp. (Scopoli 1777)	Γ	0,15	2,55
<i>Nucula nucleus</i> (Linnaeus 1758)	Δ	0,00	2,80
<i>Odostomia acuta</i> (Jeffreys 1848)	Γ	0,45	4,08
<i>Papillicardium papillosum</i> (Poli 1791)	Δ	23,76	24,46
<i>Peringiella elegans</i> (Locard 1892)	Γ	0,00	0,13
<i>Pitar</i> sp. (Römer 1857)	Δ	0,30	0,00
<i>Pusillina inconspicua</i> (Alder 1844)	Γ	0,45	0,64

Είδος	Κλάση	Ποσοστό εμφάνισης (%)	
		S1	S2
<i>Pusillina lineolata</i> (Michaud 1830)	Γ	2,26	0,51
<i>Pusillina munda</i> (Monterosato 1884)	Γ	0,60	0,51
<i>Ringicula auriculata</i> (Ménard 1811)	Γ	0,00	0,13
<i>Rissoa similis</i> (Scacchi 1836)	Γ	2,41	0,38
<i>Saccella commutata</i> (Philippi 1844)	Δ	0,00	1,91
<i>Scrobicularia plana</i> (da Costa 1778)	Δ	0,00	0,25
<i>Sipunculus nudus</i> (Linnaeus 1766)	Σ	0,00	0,13
<i>Smaragdia souverbiana</i> (Montrouzier 1863)	Γ	0,15	0,25
<i>Solecortus strigilatus</i> (Linnaeus 1758)	Δ	0,15	0,00
<i>Sorgenfreispira brachystoma</i> (Philippi 1844)	Γ	0,00	2,80
<i>Spisula subtruncata</i> (da Costa 1778)	Δ	0,00	2,29
<i>Striarca lactea</i> (Linnaeus 1758)	Δ	0,60	0,13
<i>Tellina pulchella</i> (Lamarck 1818)	Δ	0,60	0,51
<i>Tellina tenuis</i> (da Costa 1778)	Δ	0,45	1,27
<i>Timoclea ovata</i> (Pennant 1777)	Δ	0,00	2,17
<i>Tornus subcarinatus</i> (Montagu 1803)	Γ	0,00	0,13
<i>Trophonopsis muricata</i> (Montagu 1803)	Γ	0,00	0,51
<i>Turbonilla jeffreysii</i> (Jeffreys 1848)	Γ	0,15	0,25
<i>Turbonilla lactea</i> (Linnaeus 1758)	Γ	0,75	1,02
<i>Turritella communis</i> (Risso 1826)	Γ	0,00	1,53
<i>Turritella</i> sp. (Lamarck 1799)	Γ	0,00	0,13
<i>Venus casina</i> (Linnaeus 1758)	Δ	0,00	0,51

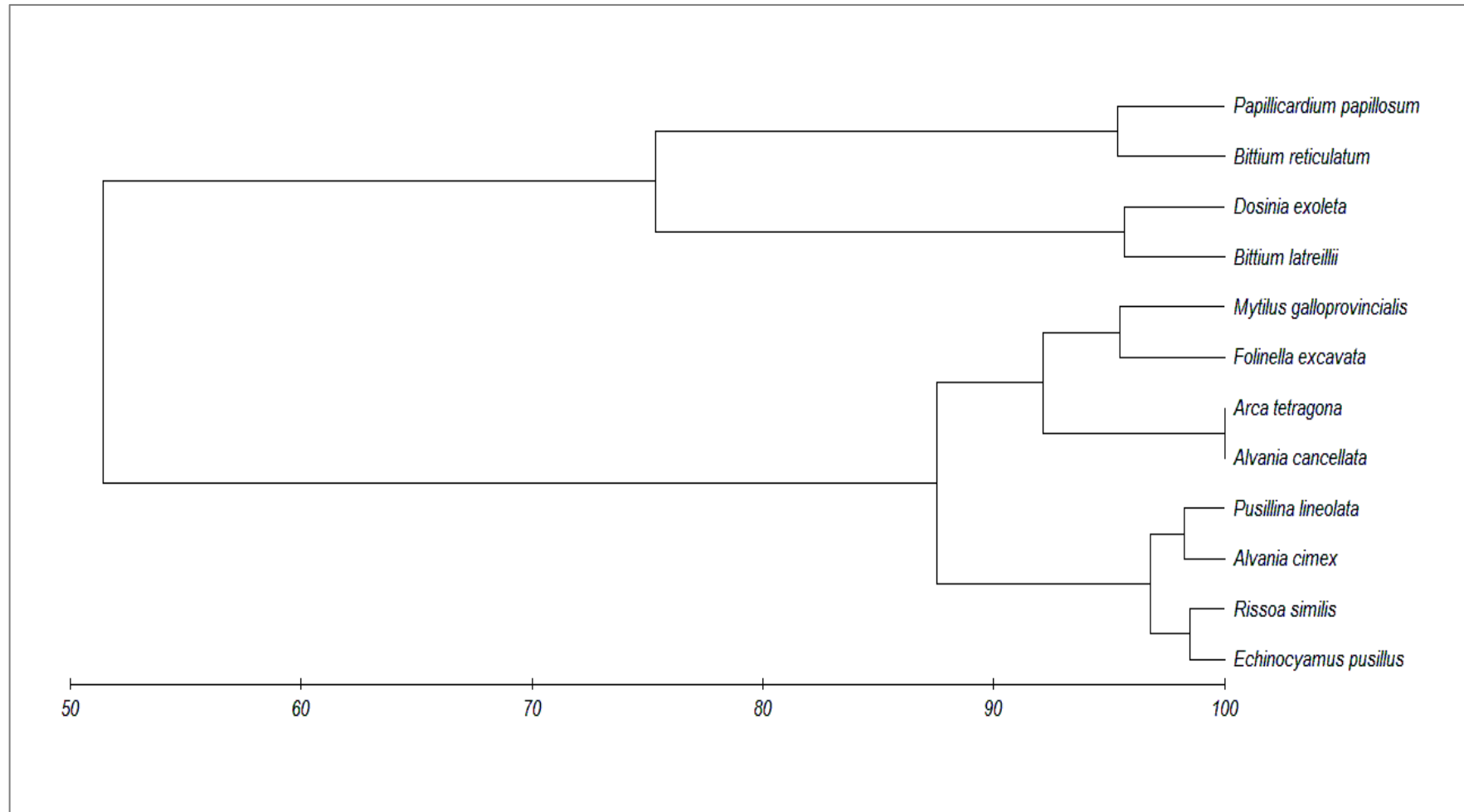
**Πίνακας 3.9.** Μέσος όρος ποσοστού εμφάνισης (%) των μακροζωοβενθικών ειδών που καταλαμβάνουν ποσοστό μεγαλύτερο του 1% της συνολικής αφθονίας στους δυο σταθμούς, ταξινομημένων κατά φθίνουσα σειρά, (Γ: Γαστερόποδα, Δ: Δίθυρα, Ε: Εχινοειδή, +: ποσοστό εμφάνισης <1%).

Είδος	Τάξη	Ποσοστό εμφάνισης (%)	
		S1	S2
<i>Papillicardium papillosum</i>	Δ	24	25
<i>Bittium reticulatum</i>	Γ	29	7
<i>Bittium latreillii</i>	Γ	10	6
<i>Dosinia exoleta</i>	Δ	9	2
<i>Bittium submamillatum</i>	Γ	0	8
<i>Echinocyamus pusillus</i>	Ε	3	4
<i>Myrtea spinifera</i>	Δ	0	5
<i>Odostomia acuta</i>	Γ	+	4
<i>Alvania cimex</i>	Γ	2	+
<i>Nucula nucleus</i>	Δ	0	3
<i>Sorgenfreispira brachystoma</i>	Γ	0	3
<i>Rissoa similis</i>	Γ	2	+
<i>Pusillina lineolata</i>	Γ	2	+
<i>Natica</i> sp.	Γ	+	3
<i>Spisula subtruncata</i>	Δ	0	2
<i>Timoclea ovata</i>	Δ	0	2

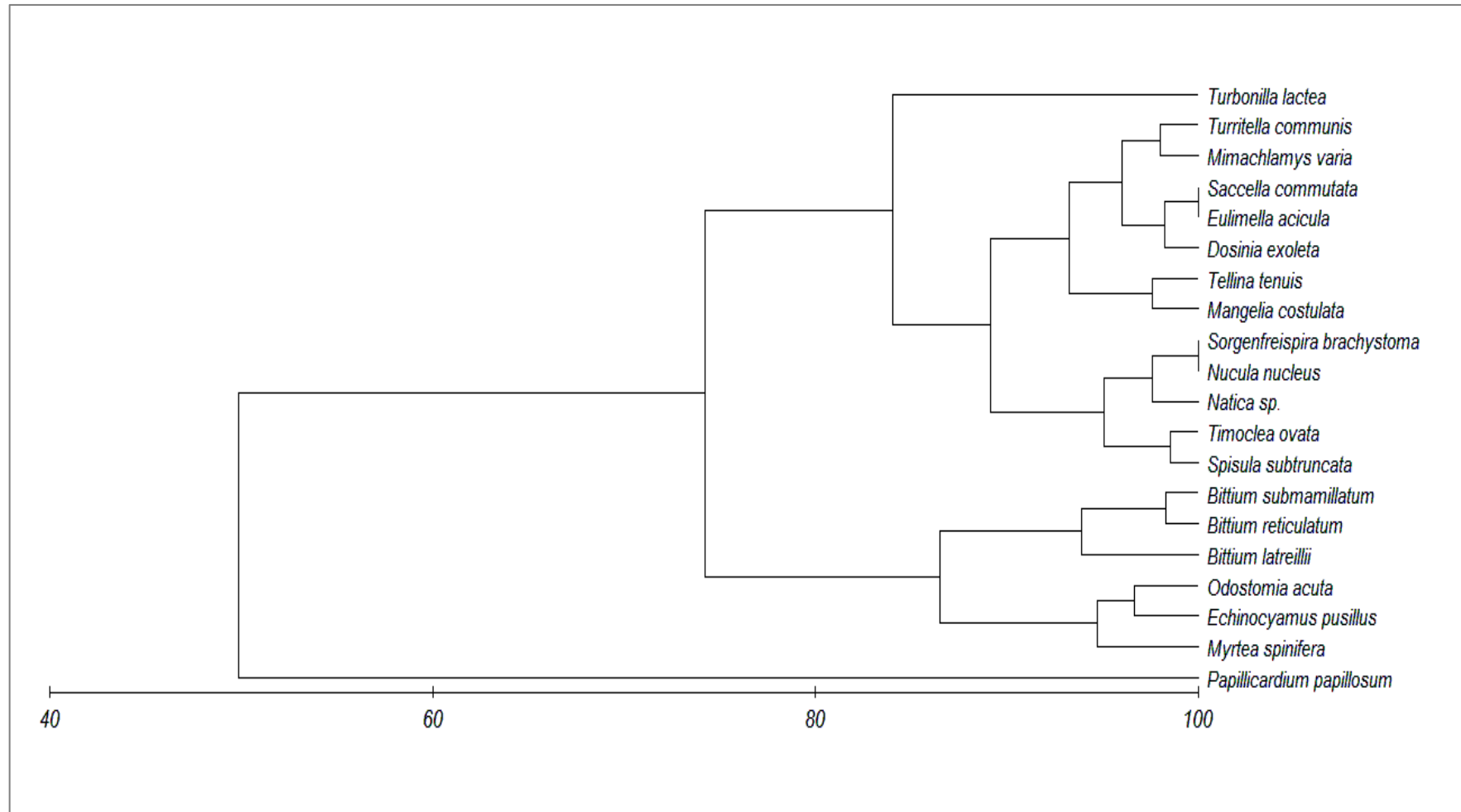


**Πίνακας 3.10.** Μέση αφθονία (άτομα/m<sup>2</sup>) των κυριότερων μακροζωοβενθικών ειδών που ευθύνονται για την ανομοιότητα των δυο σταθμών, με το ποσοστό ανομοιότητας (%).

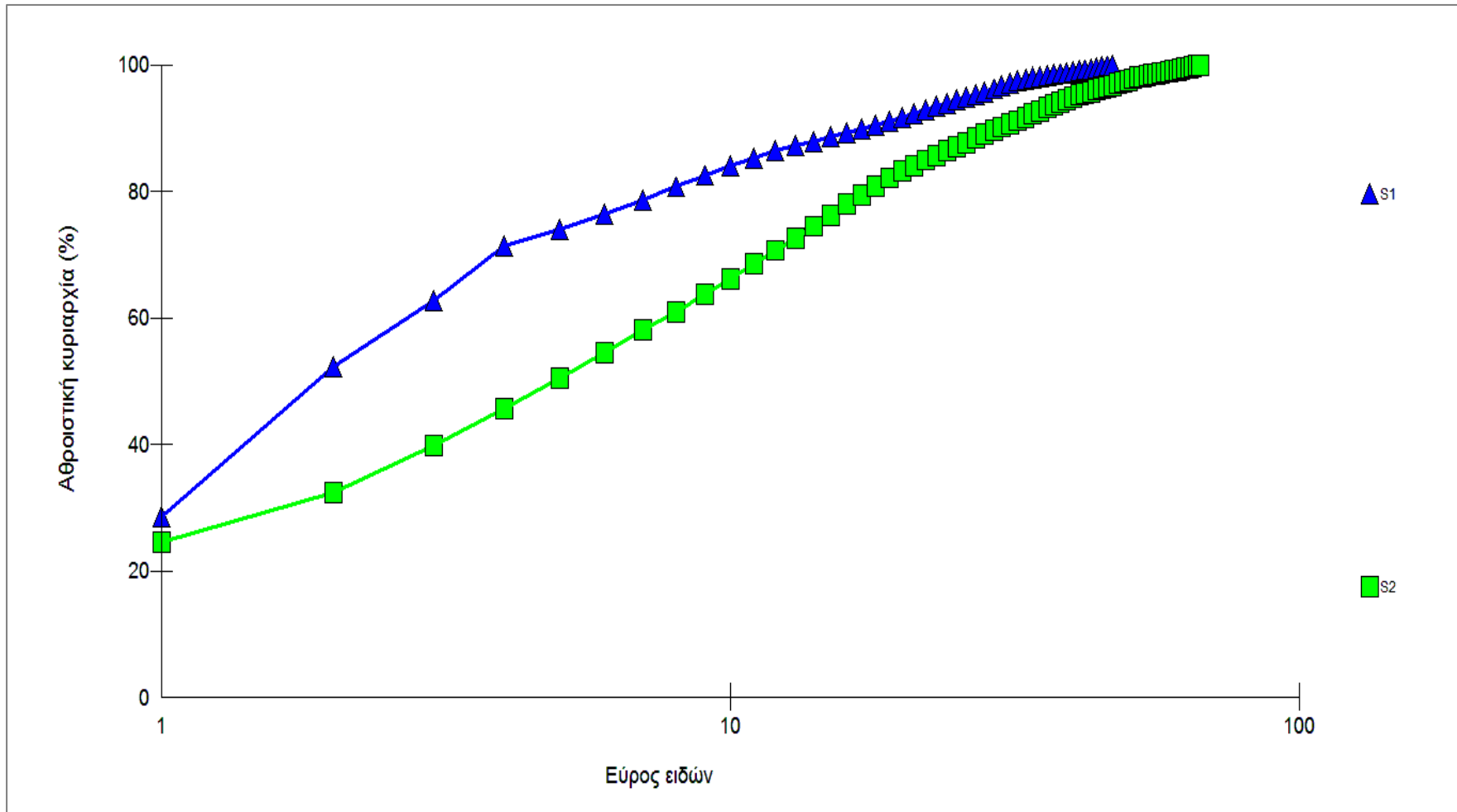
Είδος	Μέση αφθονία (άτομα/m <sup>2</sup> )		Ανομοιότητα
	S1	S2	47,33%
<i>Bittium reticulatum</i>	253	77	11,28
<i>Bittium submamillatum</i>	0	83	5,31
<i>Papillicardium papillosum</i>	211	256	4,79
<i>Dosinia exoleta</i>	77	19	3,76
<i>Myrtea spinifera</i>	0	49	3,16
<i>Odostomia acuta</i>	4	43	2,47
<i>Bittium latreillii</i>	92	63	1,88
<i>Sorgenfreispira brachystoma</i>	0	29	1,87
<i>Nucula nucleus</i>	0	29	1,87
<i>Natica</i> sp.	1	27	1,62
<i>Spisula subtruncata</i>	0	24	1,54
<i>Timoclea ovata</i>	0	23	1,45
<i>Saccella commutata</i>	0	20	1,28
<i>Rissoa similis</i>	21	4	1,12



**Σχήμα 3.20.** Δενδρόγραμμα ομαδοποίησης των μακροζωοβενθικών ειδών που καταλαμβάνουν ποσοστό μεγαλύτερο του 1% της συνολικής αφθονίας στο σταθμό S1.



**Σχήμα 3.21.** Δενδρόγραμμα ομαδοποίησης των μακροζωοβενθικών ειδών που καταλαμβάνουν ποσοστό μεγαλύτερο του 1% της συνολικής αφθονίας στο σταθμό S2.



Σχήμα 3.22. Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών στους δυο δειγματοληπτικούς σταθμούς.

**Πίνακας 3.11.** Σύγκριση των παραμέτρων του μακροζωοβένθους μεταξύ των δειγματοληπτικών σταθμών της περιοχής έρευνας (F: Λόγος, P level: Επίπεδο σημαντικότητας).

Μεταβλητή	Βαθμοί ελευθερίας (d.f.)	Σταθμός	
		F	P Level
Αριθμός ειδών (S)	5	336,40	**
Αριθμός ατόμων (N)	5	21,18	**
Δείκτης αφθονίας ειδών (d)	5	244,59	**
Δείκτης ποικιλότητας (H')	5	44,88	**
Δείκτης ομοιομορφίας (J')	5	17,05	*

\*  $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$

Ο αριθμός των ειδών (S) κυμαίνεται μεταξύ 31-34 στο σταθμό S1, και μεταξύ 51-53 στο σταθμό S2. Ο μεγαλύτερος αριθμός των ειδών καταγράφεται στο σταθμό S2 (Πιν. 3.7, Σχ. 3.11).

Ο αριθμός των ατόμων (N) κυμαίνεται μεταξύ 840-936 άτομα/m<sup>2</sup> στο σταθμό S1, και μεταξύ 1020-1088 άτομα/m<sup>2</sup> στο σταθμό S2. Ο μεγαλύτερος αριθμός των ατόμων καταγράφεται στο σταθμό S2 (Πιν. 3.7, Σχ. 3.12).

Ο δείκτης αφθονίας των ειδών (d) κυμαίνεται μεταξύ 4,42-4,90 στο σταθμό S1, και μεταξύ 7,15-7,49 στο σταθμό S2 (Σχ. 3.13). Ο δείκτης ποικιλότητας (H') κυμαίνεται μεταξύ 2,26-2,56 στο σταθμό S1 και μεταξύ 3,01-3,24 στο σταθμό S2 (Σχ. 3.14). Ο δείκτης ομοιομορφίας (J') κυμαίνεται μεταξύ 0,66-0,73 στο σταθμό S1 και μεταξύ 0,76-0,82 στο σταθμό S2 (Σχ. 3.15). Οι υψηλότερες τιμές των δεικτών αφθονίας, ποικιλότητας και ομοιομορφίας καταγράφονται στο σταθμό S2 (Πιν. 3.7, Σχ. 3.13-3.15).

Τα γαστερόποδα αποτελούν την επικρατέστερη βενθική ομάδα στο σύνολο των ειδών, στο σταθμό S1 με ποσοστό 64% και ακολουθούν τα δίθυρα και τα Εχινόδερμα με ποσοστά 34% και 2%, αντίστοιχα (Σχ. 3.16). Στο σταθμό S2 επικρατούν τα γαστερόποδα με ποσοστό 52% και ακολουθούν τα δίθυρα και οι πολύχαιτοι με ποσοστά 34% και 6%, αντίστοιχα (Σχ. 3.18).

Όσον αφορά τον αριθμό των ατόμων, τα γαστερόποδα αποτελούν την επικρατέστερη ομάδα στο σταθμό S1 με ποσοστό 58% και ακολουθούν τα δίθυρα με ποσοστό 39% (Σχ. 3.17), ενώ στο σταθμό S2 επικρατούν τα δίθυρα με ποσοστό 49% και τα γαστερόποδα με 46% (Σχ. 3.19).

Ο συνολικός αριθμός των ατόμων που αναγνωρίστηκε είναι 1.450, τα οποία ανήκουν σε 75 είδη (Πιν. 3.8). Τα επικρατέστερα έναντι των υπολοίπων είδη με

ποσοστό εμφάνισης μεγαλύτερο του 1% της συνολικής αφθονίας στους δυο σταθμούς είναι 16. Από αυτά, εννέα ανήκουν στα γαστερόποδα, έξι στα δίθυρα και ένα στα εχινοειδή. Από τα επικρατέστερα είδη δέκα είναι κοινά και στους δυο σταθμούς (Πιν. 3.9). Επικρατέστερο είδος είναι το δίθυρο *Papillicardium papillosum*, του οποίου το ποσοστό εμφάνισης στο σταθμό S1 φθάνει το 23,76% ενώ στο σταθμό S2 φθάνει το 24,46%. Το δεύτερο επικρατέστερο είδος είναι το γαστερόποδο *Bittium reticulatum* του οποίου το ποσοστό εμφάνισης στο σταθμό S1 φθάνει το 28,57% ενώ στο σταθμό S2 φθάνει το 7,39%.

Η ανάλυση ομοιότητας των μακροζωοβενθικών ειδών (SIMPER) έδειξε ότι η ανομοιότητα μεταξύ των σταθμών S1 και S2 φθάνει σε ποσοστό το 47,33% (Πιν. 3.10).

Από την ομαδοποίηση των επικρατέστερων μακροζωοβενθικών ειδών στο σταθμό S1 προκύπτουν δύο κύριες ομάδες. Στην πρώτη ομάδα περιλαμβάνονται τέσσερα είδη, τα οποία συγκροτούνται σε δυο υποομάδες και στη δεύτερη οκτώ είδη με ποσοστό ομοιότητας 87,55% (Σχ. 3.20). Η ομαδοποίηση των επικρατέστερων μακροζωοβενθικών ειδών στο σταθμό S2 διαχωρίζει ένα είδος από όλα τα υπόλοιπα τα οποία περιλαμβάνονται σε υποομάδες με ποσοστό ομοιότητας 74,25% (Σχ. 3.21).

Η ανάλυση ομοιότητας της σύστασης των μακροζωοβενθικών οργανισμών (ANOSIM) έδειξε ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγματοληπτικών σταθμών ( $R:1, P>0.05$ ).

Το διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών δείχνει ένα διαχωρισμό των δυο σταθμών με το σταθμό S2 να εμφανίζει μικρότερη αθροιστική κυριαρχία (Σχ. 3.22).

Η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA) μεταξύ των σταθμών, έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές για όλες τις παραμέτρους του μακροζωοβένθους (Πιν. 3.11).



## **4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

### **4.1. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά**

Η διακύμανση της θερμοκρασίας και της αλατότητας είναι παρόμοια και στους δυο σταθμούς. Η μέγιστη θερμοκρασία καταγράφεται σε βάθος 20 m και η μικρότερη στην επιφάνεια. Παρατηρείται ότι η αλατότητα αυξάνεται με την αύξηση του βάθους (3-20 m).

Οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου είναι υψηλότερες στο σταθμό ελέγχου συγκριτικά με το σταθμό εκτροφής σε όλα τα βάθη, με τη μέγιστη τιμή να καταγράφεται στην επιφάνεια.

Η ενεργός οξύτητα είναι σχεδόν σταθερή και στους δυο σταθμούς στα βάθη 3-15

Οι τιμές του οξειδοαναγωγικού δυναμικού είναι υψηλότερες στο σταθμό εκτροφής συγκριτικά με το σταθμό ελέγχου σε όλα τα βάθη, με τη μέγιστη τιμή να καταγράφεται στην επιφάνεια.

Οι τιμές της χλωροφύλλης-α στο σταθμό εκτροφής είναι υψηλότερες συγκριτικά με το σταθμό εκτροφής στα βάθη 3-12 m και χαμηλότερες στα 15-20 m. Η μέγιστη τιμή χλωροφύλλης-α καταγράφεται στο σταθμό ελέγχου σε βάθος 20 m, ενώ στο σταθμό εκτροφής σε βάθος 5 m. Η μικρότερη τιμή καταγράφεται στην επιφάνεια και στους δυο σταθμούς.

### **4.2. Θρεπτικά άλατα**

Η μεγαλύτερη συγκέντρωση όλων των θρεπτικών αλάτων καταγράφεται στο σταθμό εκτροφής. Η συγκέντρωση των αμμωνιακών είναι μεγαλύτερη στο σταθμό εκτροφής συγκριτικά με το σταθμό ελέγχου, με τη μέγιστη τιμή να καταγράφεται σε

βάθος 5 m. Παρατηρείται και στους δυο σταθμούς ότι η συγκέντρωση μειώνεται με την αύξηση του βάθους. Η μέγιστη τιμή των νιτρωδών καταγράφεται στο σταθμό εκτροφής σε βάθος 10 m και η μικρότερη στην επιφάνεια του σταθμού ελέγχου.

Η κατανομή των νιτρικών, των φωσφορικών και των πυριτικών είναι παρόμοια και στους δυο σταθμούς. Η συγκέντρωση των νιτρικών και των πυριτικών είναι μεγαλύτερη στην επιφάνεια και μειώνεται όσο το βάθος αυξάνεται. Η μέγιστη συγκέντρωση των φωσφορικών καταγράφεται σε βάθος 5 m και η μικρότερη σε βάθος 20 m.

Σύμφωνα με την μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA), στατιστικά σημαντικές είναι οι διαφορές των αμμωνιακών και των νιτρωδών μεταξύ των σταθμών.

Τα ανωτέρω αποτελέσματα είναι σύμφωνα με τα αποτελέσματα ανάλογης έρευνας που διεξήχθη στον Παγασητικό κόλπο. Οι Neofitou & Kladatos (2008) διαπίστωσαν ότι οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων ήταν υψηλότερες στο σταθμό εκτροφής συγκριτικά με το σταθμό ελέγχου με στατιστικά σημαντικές διαφορές των αμμωνιακών και των νιτρωδών μεταξύ των σταθμών.

#### **4.3. Κοκκομετρική ανάλυση**

Η κοκκομετρική ανάλυση έδειξε ότι το ίζημα των δυο δειγματοληπτικών σταθμών είναι παρόμοιας σύστασης και αποτελείται κυρίως από άμμο. Στο σταθμό της εκτροφής το ποσοστό άμμου είναι 82,7%, ενώ στο σταθμό ελέγχου είναι 83,2%. Με βάση τη σχετική αναλογία των κλασμάτων άμμου, ιλύος και αργίλου το ίζημα των δυο σταθμών είναι πηλοαμμώδες (Shepard 1954).

#### **4.4. Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας**

Τα ποσοστά τόσο του οργανικού υλικού, όσο και του οργανικού άνθρακα είναι υψηλότερα στο σταθμό της εκτροφής συγκριτικά με το σταθμό ελέγχου. Η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές στα ποσοστά του οργανικού υλικού μεταξύ των σταθμών.

Ο λόγος του οργανικού άνθρακα προς το οργανικό υλικό παρέμεινε σχεδόν σταθερός. Το ποσοστό οργανικού υλικού 3,6-4,7% συνδυάζεται με το ποσοστό οργανικού άνθρακα 0,7-1% και στους δυο σταθμούς. Το ποσοστό του οργανικού άνθρακα έναντι του οργανικού υλικού είναι υψηλότερο στο σταθμό ελέγχου, με μικρή διαφορά συγκριτικά με το σταθμό εκτροφής.

Τα ανωτέρω αποτελέσματα είναι σύμφωνα με τα αποτελέσματα άλλων ανάλογων ερευνών. Οι Neofitou et al. (2010), σε έρευνα που διεξήχθη σε δυο περιοχές του Παγασητικού κόλπου, διαπίστωσαν ότι τα ποσοστά οργανικού υλικού και οργανικού άνθρακα ήταν υψηλότερα στο σταθμό εκτροφής συγκριτικά με το σταθμό ελέγχου, με στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Συγκριτικά με άλλες περιοχές που είναι εγκατεστημένες μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας τα ποσοστά οργανικού υλικού και οργανικού άνθρακα στο ίζημα των σταθμών της περιοχής έρευνας μπορούν να χαρακτηριστούν ως χαμηλά (Karakassis et al. 2000, Yucel-Gier et al. 2007, Neofitou et al. 2010).

#### **4.5. Μακροζωοβένθος**

Οι υψηλότερες τιμές όλων των παραμέτρων του μακροζωοβένθους καταγράφονται στο σταθμό ελέγχου.

Στο σταθμό ελέγχου καταγράφονται 52 είδη, ενώ στο σταθμό εκτροφής 32 είδη. Όσον αφορά τον αριθμό των ατόμων στο σταθμό ελέγχου καταγράφονται 1047 άτομα/m<sup>2</sup>, ενώ στο σταθμό εκτροφής 887 άτομα/m<sup>2</sup>. Η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές για τον αριθμό των ειδών και των ατόμων μεταξύ των σταθμών.

Από έρευνα που διεξήχθη στον Παγασητικό κόλπο από τους Bogdanos & Satsmadjis (1983), σε 39 διαφορετικούς σταθμούς αναγνωρίστηκαν 353 μακροζωοβενθικά είδη. Οι πολύχαιτοι αποτέλεσαν την επικρατέστερη βενθική ομάδα στο σύνολο των ειδών (56%), ακολουθούμενοι τα καρκινοειδή (16%), τα μαλάκια (14%), και τα Εχινόδερμα (6%). Στην παρούσα έρευνα το μεγαλύτερο ποσοστό των 75 μακροζωοβενθικών ειδών που αναγνωρίστηκε ανήκει στην ομάδα των μαλάκιων (88%) (γαστερόποδα 52%, δίθυρα 36%) και ακολουθούν οι πολύχαιτοι (5%), τα καρκινοειδή (4%) τα Εχινόδερμα (2%) και τα σωληνοειδή (1%).

Τα γαστερόποδα αποτελούν την επικρατέστερη βενθική ομάδα στο σταθμό εκτροφής, ως προς τον αριθμό των ατόμων, με ποσοστό 58% το οποίο οφείλεται κυρίως στην παρουσία του είδους *Bittium reticulatum*. Στο σταθμό ελέγχου επικρατούν τα δίθυρα με ποσοστό 49% το οποίο οφείλεται κυρίως στην παρουσία του είδους *Papillicardium papillosum*.

Τα επικρατέστερα είδη με ποσοστό εμφάνισης μεγαλύτερο του 1% της συνολικής αφθονίας στους δυο σταθμούς είναι 16. Από αυτά, δέκα είναι κοινά και στους δυο σταθμούς. Επικρατέστερο είδος είναι το δίθυρο *P. papillosum*, με ποσοστό εμφάνισης 23,76% στο σταθμό εκτροφής και 24,46% στο σταθμό ελέγχου. Το δεύτερο

επικρατέστερο είδος είναι το γαστερόποδο *B. reticulatum* με ποσοστό εμφάνισης 28,57% στο σταθμό εκτροφής και 7,39% στο σταθμό ελέγχου. Ακολουθούν τα είδη *Bittium latreillii*, *Dosinia exoleta*, *Echinocyamus pusillus*, *Odostomia acuta* και *Alvania cimex*.

Σύμφωνα με την ανάλυση SIMPER η ανομοιότητα των σταθμών εκτροφής και ελέγχου φθάνει σε ποσοστό 47,33% και οφείλεται κυρίως στην παρουσία των γαστερόποδων *B. reticulatum* και *Bittium submamillatum*, και του δίθυρου *P. papillosum*.

Κατά τους Neofitou *et al.* (2010) η ανομοιότητα μεταξύ των σταθμών εκτροφής και ελέγχου στον Παγασητικό κόλπο, οφείλεται κυρίως στην παρουσία πολύχαιτων. Ένα κοινό είδος της παρούσας έρευνας με την ανωτέρω είναι το δίθυρο *Corbula gibba*.

Η ομαδοποίηση των επικρατέστερων μακροζωοβενθικών ειδών στο σταθμό εκτροφής έδειξε ότι τα είδη *P. Papillosum*, *B. reticulatum*, *B. latreillii*, και *D. exoleta* αποτελούν μια μεγάλη ομάδα. Αυτό συμβαίνει καθώς τα είδη αυτά είναι επικρατέστερα στο σταθμό με ποσοστό εμφάνισης μεγαλύτερο από 8,5%, γεγονός που τα διαχωρίζει από τα υπόλοιπα είδη που έχουν ποσοστό μικρότερο από 2,5%. Η αντίστοιχη ομαδοποίηση στο σταθμό ελέγχου διαχωρίζει το επικρατέστερο είδος από τα υπόλοιπα, τα οποία συγκροτούνται σε υποομάδες που σχετίζονται σαφώς με το ποσοστό εμφάνισης τους.

Από το διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των ειδών προκύπτει ένας σαφής διαχωρισμός των δυο σταθμών με τον σταθμό ελέγχου να εμφανίζει μικρότερη αθροιστική κυριαρχία.

Ο σταθμός ελέγχου παρουσιάζει μεγαλύτερη ποικιλομορφία ειδών και είναι πιο ομοιογενής όσον αφορά τη μακροζωοβενθική του σύσταση, σε σχέση με το σταθμό

εκτροφής. Η στατιστική ανάλυση έδειξε σημαντικές διαφορές στους δείκτες αφθονίας, ποικιλότητας και ομοιομορφίας μεταξύ των σταθμών.

Αυτά συμφωνούν με τις στατιστικά σημαντικές διαφορές στα ποσοστά του οργανικού υλικού στο ίζημα μεταξύ των σταθμών εκτροφής και ελέγχου. Σύμφωνα με τους Pearson & Rosenberg (1978), η διαφοροποίηση των παραμέτρων του μακροζωοβένθους οφείλεται στον ήπιας μορφής οργανικό εμπλουτισμό του ιζήματος.

Τα ανωτέρω αποτελέσματα είναι σύμφωνα με ανάλογες έρευνες που έχουν διεξαχθεί σε άλλες περιοχές. Οι Kliaoudatos et al. (2006), σε έρευνα που διεξήχθη σε περιοχή της Χίου διαπίστωσαν ότι οι δείκτες αφθονίας, ομοιομορφίας και ποικιλότητας ήταν υψηλότεροι στο σταθμό ελέγχου συγκριτικά με τους σταθμούς εκτροφής.

Οι Neofitou et al. (2010), διαπίστωσαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στους δείκτες αφθονίας, ομοιομορφίας και ποικιλότητας μεταξύ των σταθμών εκτροφής και ελέγχου σε δυο περιοχές του Παγασητικού κόλπου.

Σε σύγκριση με άλλες περιοχές οι τιμές των παραμέτρων του μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής έρευνας είναι χαμηλότερες (Kliaoudatos et al. 2006, Yucel-Gier et al. 2007, Neofitou et al. 2010).

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η συγκέντρωση των θρεπτικών αλάτων είναι μεγαλύτερη στο σταθμό εκτροφής συγκριτικά με το σταθμό ελέγχου.
- Τα ποσοστά του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα είναι υψηλότερα στο σταθμό εκτροφής συγκριτικά με το σταθμό ελέγχου.
- Στατιστικά σημαντικές είναι οι διαφορές στα ποσοστά του οργανικού υλικού μεταξύ των σταθμών, σύμφωνα με την μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA)
- Οι τιμές όλων των παραμέτρων του μακροζωοβένθους είναι υψηλότερες στο σταθμό ελέγχου συγκριτικά με το σταθμό εκτροφής.
- Δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγματοληπτικών σταθμών σύμφωνα με την ανάλυση ομοιότητας της σύστασης των μακροζωοβενθικών οργανισμών (ANOSIM).
- Ο σταθμός ελέγχου παρουσιάζει μεγαλύτερη αφθονία και ποικιλομορφία ειδών και είναι πιο ομοιογενής όσον αφορά τη μακροζωοβενθική του σύσταση, σε σχέση με το σταθμό εκτροφής.
- Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές που βρέθηκαν στους δείκτες αφθονίας, ομοιομορφίας και ποικιλότητας μεταξύ των σταθμών εκτροφής και ελέγχου πιθανό να οφείλονται στον ήπιας μορφής οργανικό εμπλουτισμό του ιζήματος, από την εκτροφή των ιχθύων.

## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική Βιβλιογραφία

- A.P.C. S.A. (2009) Μελέτη Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (Ε.Π.Χ.Σ.Α.Α.) για τις Υδατοκαλλιέργειες.
- Αποστολάκη, Ε.Θ., Holmer M., Marbà N., Καρακάσης Ι. (2009) Επίπτωση των ιχθυοκαλλιεργειών στη δημογραφία και τη βιογεωχημεία του ιζήματος σε λειμώνες *Posidonia oceanica*, Τόμος ΙΙ, (1119-1123). Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συμποσίου «Ωκεανογραφία και Αλιεία», Πάτρα 13 Μαΐου -16 Μαΐου 2009. Πάτρα.
- Γεωργόπουλος Δ., Θεοχάρης Α. (1983) Υδρολογία της περιοχής του Παγασητικού κόλπου. Τεχνική Έκθεση Εθνικού Κέντρου Θαλασσίων Μελετών, σελ. 5-33.
- ΕΚΘΕ (1993) Ωκεανογραφική Μελέτη του Παγασητικού κόλπου κατά Σεπτέμβριο 1992. σελ. 91.
- Θεοδώρου Α.Ι., Βαρσάκης Σ. (1996) Εκτίμηση κλιματολογικών θερμικών ανταλλαγών στην επιφάνεια του Αιγαίου Πελάγους. Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας. Αθήνα 1996, σελ. 105-110.
- Κότση-Σκρέτα Ο. (1993) Φυτογπλακτονικές βιοκοινωνίες και χλωροφύλλη α στον Παγασητικό κόλπο. Ωκεανογραφική Μελέτη Παγασητικού κόλπου κατά Σεπτέμβριο 1992. Τεχνική Έκθεση Εθνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών, σελ. 57-71.
- Κουμουνδούρος Γ. (2011) Καρκινοειδή μορφολογία και ανατομία δεκαπόδου καρκινοειδούς Εργαστηριακές ασκήσεις του μαθήματος «Εισαγωγή στη Ζωολογία» Τμήμα Βιολογίας Πανεπιστήμιο Κρήτης.
- Κουσούρης Θ.Σ., Φώτης Γ., Κονίδης Α. (1995) Περιβάλλον και υδατοκαλλιέργεια, η αμφίδρομη σχέση των επιπτώσεων. Αγροτική Τράπεζα Ελλάδας, Αθήνα.
- Παπαηλίας Θ. (1996) Υδατοκαλλιέργειες, υφιστάμενη κατάσταση και προοπτικές (1980-1996). Αγροτική Τράπεζα Ελλάδος, Αθήνα.
- Παπουτσόγλου Ε. (1997) Εισαγωγή στις Υδατοκαλλιέργειες. Σταμούλης, Αθήνα.
- Παυλίδης Μ. (2003) Βένθος Άσκηση 4η. Εργαστηριακές ασκήσεις του μαθήματος Θαλάσσια Βιολογία Τμήμα Βιολογίας Πανεπιστήμιο Κρήτης.



- Περισοράκης Κ., Ζαχαράκης Π., Ανδρινόπουλος Α. (1993) Ιζηματολογία των επιφανειακών ιζημάτων του Παγασητικού κόλπου και του διαύλου του Τρικεριού (Δ. Αιγαίο Πέλαγος). Τεχνική έκθεση του ΙΓΜΕ.
- Σιγάλα Κ., Παπαγεωργίου Ν., Καρακάσης Ι. (2009) Επιπτώσεις των ιχθυοκαλλιεργειών σε έναν αβαθή κλειστό κόλπο στη δυτική Ελλάδα (Αστακός). Τόμος II, (1107-1112). Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συμποσίου «Ωκεανογραφία και Αλιεία», Πάτρα 13 Μαΐου -16 Μαΐου 2009. Πάτρα.
- Στεργίου Κ.Ι. (1991) Τα οικοσυστήματα του Ευβοϊκού και Παγασητικού κόλπου. Εθνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών. Αλιευτικά Νέα, 123:57-67.
- Συμεωνίδης Ο.Χ. (2010) Διερεύνηση μεθόδων εντατικής καλλιέργειας λεπιδοβράγχιων (Δίθυρα μαλάκια). Διδακτορική Διατριβή. Κτηνιατρική Σχολή, Τομέας Ζωικής Παραγωγής, Ιχθυολογίας, Οικολογίας και Προστασίας Περιβάλλοντος.
- Φριλίγκος Ν., Ψυλλίδου Ρ., Χατζηγεωργίου Ε. (1990) Η κατάσταση ευτροφισμού στον Παγασητικό κόλπο. Τεχνική Έκθεση ΕΚΘΕ, 1986-1990, σελ. 63-78.

**Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία**

- APHA, A. WPCF. (1980) Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association.
- Bachelet G. (1990) The choice of a sieving mesh size in the quantitative assessment of marine macrobenthos: a necessary compromise between aims and constraints. *Marine Environmental Research*, 30:21-35.
- Bouyoucos G.J. (1962) Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal*, 54:464-465.
- Brandis D., Storch V., Türkay M. (2000) Taxonomy and zoogeography of the freshwater crabs of Europe, North Africa and the Middle East (Crustacea, Decapoda, Potamidae). *Senckenbergiana biologica*, 80:5-56.
- Bogdanos C., Satsmadjis J. (1983) The macrozoobenthos of an Aegean embayment. *Thalassographica* 6:77-105.
- Bray J.R., Curtis J.T. (1957) An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27:325-349.
- Brooks K.M., Stierns A.R., Mahneken C.V.W., Blackburn D.B. (2003) Chemical and biological remediation of the benthos near Atlantic salmon farms. *Aquaculture*, 219:355-377.
- Byers S.C., Mills E.L., Stewart L. (1978) A comparison of methods for determining organic carbon in marine sediments, with suggestion for a standard method. *Hydrobiologia*, 58:43-47.
- D'Angelo G., Gargiullo S. (1978) Guida alle conchiglie Mediterranee. Conoscerle cercarle collezionarle. Fabbri, Milano, p 224.
- Day J.H. (1967a) A monograph on the polychaeta of southern Africa Part I. Errantia. Trustees of the British Museum (Natural History), London, 656:1-458.
- Day J.H. (1967b) A monograph on the polychaeta of southern Africa Part II. Sedentaria. Trustees of the British Museum (Natural History), London, 656:459-878.
- Delgado O., Ruiz J., Perez M., Romero J., Ballesteros E. (1999) Effects of fish farming on seagrass (*Posidonia oceanica*) in a Mediterranean bay: seagrass decline after organic loading cessation. *Oceanologica Acta*, 22:109-117.
- Dugdale R.C. (1967) Nutrient limitation in the sea: dynamics, identification and significance. *Limnology and Oceanography*, 12:685-695.

- Edwards R.W., Benson-Evans K., Learner M.A., Williams P., Williams R. (1972) A biological survey of the River Taff. *Journal of the Institute of Water Pollution Control*, 71:144-166.
- FAO (1998) *The State of Food and Agriculture 1998*.
- FAO (2006) *State of world aquaculture 2006*. Rome, p 134.
- FAO (2008) *Challenges for Sustainable Land Management (SLM) for Food Security in Africa*.
- FAO (2010) *The state of world fisheries and aquaculture 2010*. Rome, p 197.
- FAO (2012) *The state of world fisheries and aquaculture 2012*. Rome, p 209.
- Fauchald K. (1977) The polychaete worms. Definitions and keys to the orders, families and genera. *Natural History Museum of Los Angeles County. Science Series*, 28:1-198.
- Fauchald K., Jumars P.A. (1979) The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. *Oceanography and Marine Biology - An Annual Review*, 17:193-284.
- Field J.G., Clarke K.R., Warwick R.M. (1982) A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series*, 8:37-52.
- Friligos N. (1987) Eutrophication assessment in Greek coastal waters. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 15:185-196.
- Friligos N. (1988) Nutrient enrichment and circulation of water masses in the Pagasitikos Gulf (Aegean Sea). *Oceanologica Acta*, 111-122.
- Friligos N., Gotsis-Skretas O. (1989) Eutrophication and red tide in Aegean coastal waters. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 24:171-180.
- Heilskov A.C., Holmer M. (2001) Effects of benthic fauna on organic matter mineralization in fish-farm sediments: importance of size and abundance. *ICES Journal of Marine Science*, 58:427-434.
- Holmer M., Duarte C.M., Heilskov A., Olesen B., Terrados J. (2003) Biogeochemical conditions in sediments enriched by organic matter from net-pen fish farms in the Bolinao area, Philippines. *Marine Pollution Bulletin*, 46:1470-1479.
- IUCN (2007) *Guide for the Sustainable Development of Mediterranean Aquaculture: Interaction between Aquaculture and the Environment*. IUCN, Gland, Switzerland and Malaga, Spain.

- Karakassis I., Tsapakis M., Hatziyanni E., Papadopoulou K.N., Plaiti W. (2000) Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas. *Journal of Marine Science*, 57:1462-1471.
- Karakassis I., Machias A., Pitta P., Papadopoulou K.N., Smith C.J., Apostolaki E.T., Giannoulaki M., Koutsoubas D., Somarakis S. (2006) Cross-community congruence of patterns in a marine ecosystem: Do the parts reflect the whole?, *Marine Ecology Progress Series*, 310:47-54.
- Klaoudatos S.D., Klaoudatos D.S., Smith J., Bogdanos K., Papageorgiou E. (2006) Assessment of site specific benthic impact of floating cage farming in the eastern Hios island, Eastern Aegean Sea, Greece. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 338:96-111.
- Margalef R. (1957) La teoria de information en ecologia. *Memorias de la Real Academia de Ciencias Artes Barcelona*, 32:373-449. Information theory in ecology. *General Systems*, 3:36-71.
- McDougall N., Black K.D. (1999) Determining sediment properties around a marine cage farm using acoustic ground discrimination: RoxAnn™. *Aquaculture Research*, 30:451-458.
- Neofitou N., Klaoudatos S. (2008) Effect of fish farming on the water column nutrient concentration in a semi-enclosed gulf of the Eastern Mediterranean. *Aquaculture Research*, 39:482-490.
- Neofitou N., Vafidis D., Klaoudatos S. (2010) Spatial and temporal effects of fish farming on benthic community structure in a semi-enclosed gulf of the Eastern Mediterranean. *Aquaculture Environment Interactions*, 1:95-105.
- Norling K., Rosenberg R., Hulth S., Gremare A., Bonsdorff E. (2007) Importance of functional biodiversity and species-specific traits of benthic fauna for ecosystem functions in marine sediments. *Marine Ecology Progress Series*, 332:11-23.
- Papachristou E., Haritonidis S. (1992) Present status of eutrophication in Pagassitikos Gulf, Magnesia, Greece. I. Biological indicators – pollution sources. *Fresenius Environmental Bulletin, Switzerland*, 1:506-510.
- Parsons T.R., Maita Y., Lalli C.M. (1984) A manual of chemical and biological methods for sea water analysis. Pergamon Oxford, p 173.
- Pearson T.H., Rosenberg R. (1978) Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography Marine Biology Annual Review*, 16:229-311.
- Pergent G., Mendez S., Pergent-Martini C., Pasqualini V. (1999) Preliminary data on the impact of fish farming facilities on *Posidonia oceanica* meadows in the Mediterranean. *Oceanologica Acta*, 22:95-107.

- Pielou E.C. (1969) An introduction to mathematical ecology. Wiley, New York, p 286.
- Pillay T.V.R. (1990) Aquaculture: Principles and Practices, Blackwell, London, p 576.
- Riedl R. (1963) Fauna und Flora der Adria. Ein Systematischer Meeresführer für Biologen und Naturfreunde. Germany, p. 639.
- Riedl R. (2011) Fauna und Flora des Mittelmeeres. Gebundene Ausgabe, p 836.
- Rouse G.W., Pleijel F. (2001) Polychaetes. New York: Oxford University Press, p 354.
- Sanders H.L. (1968) Marine benthic diversity: a comparative study. The American Naturalist, 102:243-282.
- Shannon C.E., Weaver W. (1949) The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana and Chicago, p 125.
- Shepard F.P. (1954) Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. Journal of Sedimentary Petrology, 24:151-158.
- Strickland J.D.H., Parsons T.R. (1972) A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada, p 311.
- Theodorou A.J. (1995) Ecological monitoring studies for Volos Sea Outfall (Pagassitikos Gulf, Western Aegean Sea). Water Science and Technology. 32:273-280.
- Yucel-Gier G., Kucuksezgin F., Kocak F. (2007) Effects of fish farming on nutrients and benthic community structure in the Eastern Aegean (Turkey). Aquaculture Research, 38:256-267.
- Voutsinou-Taliadouri F., Balopoulos E.T. (1989) Geochemical and water flow features in a semiclosed embayment of the Western Aegean Sea (Pagassitikos gulf, Greece) and physical oceanographic and geochemical conditions in Thermaikos bay (Northwestern Aegean). Water Science and Technology, 21:1881-1886.
- Walkley A., Black I.A. (1934) An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, 37:29-38.
- Warwick R.M. (1986) A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. Marine Biology, 92:557-562.

Zar J.H. (1984) Biostatistical analysis. Prentice Hall, New Jersey, p 718.

## Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

Clarke K.R., Gorley R.N. (2001) PRIMER v5: User manual/tutorial. PRIMER-E, Plymouth, UK.

[http://animalbiodiversitybiol263.weebly.com/uploads/2/2/1/5/22154302/class\\_2013\\_lab\\_-\\_echinoderms\\_-\\_fish.pdf](http://animalbiodiversitybiol263.weebly.com/uploads/2/2/1/5/22154302/class_2013_lab_-_echinoderms_-_fish.pdf).

<http://ec.europa.eu/fisheries>

<http://geografia.comxa.com/Greece/Magnisias/Magnisias.htm>

<http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg320y/Molluska.htm>.

[http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg320y\\_lab/askhseis/binder10.pdf](http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg320y_lab/askhseis/binder10.pdf).

<http://www.marinespecies.org/>

[http://www2.biology.uoc.gr/courses/BIO459\\_Benthic\\_Ecology/documents/BEC\\_LectureFD.pdf](http://www2.biology.uoc.gr/courses/BIO459_Benthic_Ecology/documents/BEC_LectureFD.pdf).

[www2.biology.uoc.gr/courses/BIO102\\_zoologia/.../18%20Lecture.pdf](http://www2.biology.uoc.gr/courses/BIO102_zoologia/.../18%20Lecture.pdf).

[http://www2.biology.uoc.gr/courses/BIO102\\_zoologia/For%20website/17%20Lecture.pdf](http://www2.biology.uoc.gr/courses/BIO102_zoologia/For%20website/17%20Lecture.pdf).

## 7. ABSTRACT

The aim of the present study was the evaluation of the environmental impact arising from the fish farming in Milina, in Pagasitikos gulf.

In order to achieve this goal two sampling stations were selected. At each station water samples were collected for nutrient analysis and sediment samples for analysis of granulometric composition, organic matter, organic carbon and benthic community parameters.

The concentration of nutrients was higher at farm station in comparison with the control station. The one-way analysis of variance (ANOVA) indicated significant differences between stations for ammonium and nitrite.

The grain-size analysis showed that the sediment of the two sampling stations was mainly composed of sand. At the farm station the percentage of sand was 82,7% whilst at the control station was 83,2%.

The percentages of organic matter and organic carbon were higher at farm station in comparison with the control station. The ANOVA analysis indicated significant differences between stations for organic matter.

Benthic community parameters were higher at control station.

Gastropods were the dominant benthic group followed by bivalvia. Gastropods accounted the largest proportion of the total abundance at farm station, whilst at control station the largest proportion accounted the bivalvia.

A total number of 1.450 individuals, belonging to 75 species were identified. The bivalve *Papillicardium papillosum* was the most dominant species reaching 24,46% of the total abundance at control station. The most dominant species at farm station was the gastropod *Bittium reticulatum* reaching 28,57% of the total abundance.



According to SIMPER analysis the dissimilarity between farm and control stations reached 47,33% and the species mainly responsible for this were the gastropods *B. reticulatum*, *Bittium submamillatum* and the bivalve *P. papillosum*.

The statistically significant differences detected in species richness, evenness and diversity indexes between stations maybe caused by organic enrichment of sediment from fish farming.

Key words: Pagasitikos gulf, fish farming, environment, nutrients, macrofauna

# **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

**ΜΑΛΑΚΙΑ****ΓΑΣΤΕΡΟΠΟΔΑ****CAECIDAE**

*Caecum auriculatum* (de Folin 1868)

**CERITHIIDAE**

*Bittium latreillii* (Payraudeau 1826)

*Bittium reticulatum* (da Costa 1778)

*Bittium submamillatum* (de Rayneval & Ponzi 1854)

**CERITHIOPSIDAE**

*Cerithiopsis* sp. (Forbes & Hanley 1850)

**CYLICHNIDAE**

*Cylichna cylindracea* (Pennant 1777)

**EPITONIIDAE**

*Epitonium clathrus* (Linnaeus 1758)

**EULIMIDAE**

*Melanella* sp. (Bowdich 1822)

**MANGELIIDAE**

*Mangelia costulata* (Risso 1826)

*Mangelia stosiciana* (Brusina 1869)

*Mangelia taeniata* (Deshayes 1835)

*Sorgenfreispira brachystoma* (Philippi 1844)

**MURICIDAE**

*Trophonopsis muricata* (Montagu 1803)

**NATICIDAE**

*Natica* sp. (Scopoli 1777)

**NERITIDAE**

*Smaragdia souverbiana* (Montrouzier in Souverbie & Montrouzier 1863)

**PYRAMIDELLIDAE**

*Chrysallida* sp. (Carpenter 1856)

*Eulimella acicula* (Philippi 1836)

*Folinella excavata* (Philippi 1836)

*Odostomia acuta* (Jeffreys 1848)

*Turbonilla jeffreysii* (Jeffreys 1848)

*Turbonilla lactea* (Linnaeus 1758)

**RINGICULIDAE**

*Ringicula auriculata* (Ménard de la Groye 1811)

**RISSOIDAE**

*Alvania cancellata* (da Costa 1778)

*Alvania cimex* (Linnaeus 1758)

*Alvania geryonia* (Nardo 1847)

*Alvania testae* (Aradas & Maggiore 1844)

*Crisilla semistriata* (Montagu 1808)

*Manzonia crassa* (Kanmacher 1798)

*Peringiella elegans* (Locard 1892)

*Pusillina inconspicua* (Alder 1844)

*Pusillina lineolata* (Michaud 1830)

*Pusillina munda* (Monterosato 1884)

*Rissoa similis* (Scacchi 1836)

#### **TORNIDAE**

*Tornus subcarinatus* (Montagu 1803)

#### **TRIPHORIDAE**

*Monophorus perversus* (Linnaeus 1758)

#### **TROCHIDAE**

*Clanculus corallinus* (Gmelin 1791)

*Jujubinus exasperatus* (Pennant 1777)

#### **TURITELLIDAE**

*Turritella communis* (Risso 1826)

*Turritella* sp. (Lamarck 1799)

### **ΑΙΘΥΡΑ**

#### **ARCIDAE**

*Arca tetragona* (Poli 1795)

*Barbatia barbata* (Linnaeus 1758)

#### **CARDIIDAE**

*Cardium* sp. (Linnaeus 1758)

*Papillicardium papillosum* (Poli 1791)

#### **CORBULIDAE**

*Corbula gibba* (Olivi 1792)

#### **GLYCYMERIDIDAE**

*Glycymeris glycymeris* (Linnaeus 1758)

#### **HIATELLIDAE**

*Hiatella arctica* (Linnaeus 1767)

#### **KELLIIDAE**

*Kellia suborbicularis* (Montagu 1803)

#### **LUCINIDAE**

*Ctena decussata* (O.G. Costa 1829)

*Loripinus fragilis* (Philippi 1836)

*Lucinella divaricata* (Linnaeus 1758)

*Myrtea spinifera* (Montagu 1803)

#### **MACTRIDAE**

*Spisula subtruncata* (da Costa 1778)

#### **MYTILIDAE**

*Mytilus galloprovincialis* (Lamarck 1819)

#### **NOETIIDAE**

*Striarca lactea* (Linnaeus 1758)

#### **NUCULANIDAE**

*Saccella commutata* (Philippi 1844)

#### **NUCULIDAE**

*Nucula nucleus* (Linnaeus 1758)

#### **PECTINIDAE**

*Mimachlamys varia* (Linnaeus 1758)

#### **SEMELIDAE**

*Scrobicularia plana* (da Costa 1778)

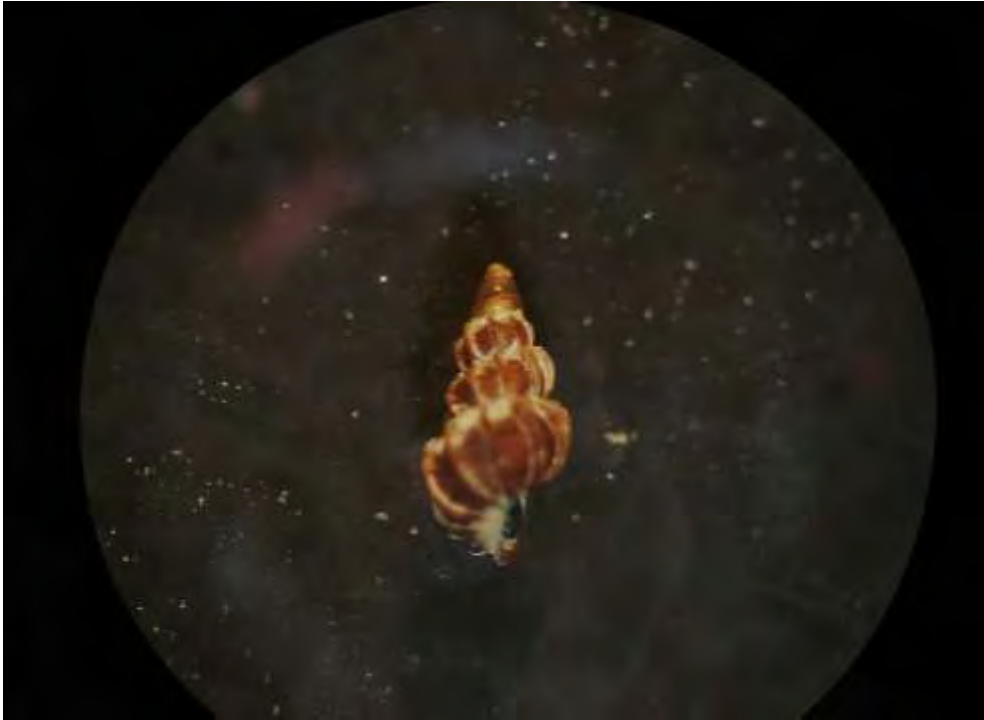
**SOLECURTIDAE***Solecurtus strigilatus* (Linnaeus 1758)**TELLINIDAE***Tellina pulchella* (Lamarck 1818)*Tellina tenuis* (da Costa 1778)**VENERIDAE***Clausinella fasciata* (da Costa 1778)*Pitar* sp. (Römer 1857)*Timoclea ovata* (Pennant 1777)*Venus casina* (Linnaeus 1758)**ΠΟΛΥΧΑΙΤΟΙ****EUNICIDAE***Eunice vittata* (Delle Chiaje 1825)*Marphysa bellii* (Audouin & Milne-Edwards 1833)**GONIADIDAE***Goniada maculata* (Örsted 1843)**PHYLLODOCIDAE***Eteone syphonodonta* (Delle Chiaje 1822)**ΚΑΡΚΙΝΟΕΙΔΗ****ΑΜΦΙΠΟΔΑ****GAMMARIDAE***Gammarus* sp.**LEUCOTHOIDAE***Leucothoe* sp.**ΙΣΟΠΟΔΑ****CIROLANIDAE***Cirolana* sp.**ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΗ****SIPUNCULIDAE***Sipunculus nudus* (Linnaeus 1766)**ΕΧΙΝΟΔΕΡΜΑ****ECHINOCYAMIDAE***Echinocyamus pusillus* (Müller 1776)



**Εικόνα 1.** *Alvania testae*



**Εικόνα 2.** *Bittium reticulatum*



**Εικόνα 3.** *Epitonium clathrus*



**Εικόνα 4.** *Eulimella acicula*

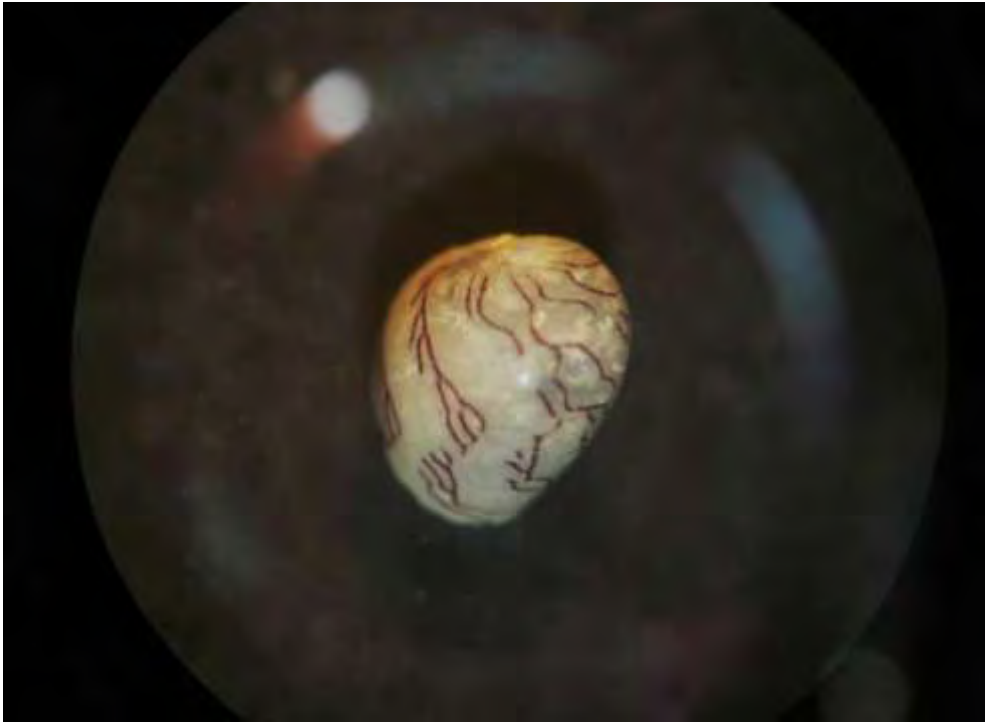


**Εικόνα 5.** *Folinella excavata*



**Εικόνα 6.** *Manzonina crassa*





**Εικόνα 7.** *Smaragdia souverbiana*



**Εικόνα 8.** *Turbonilla lactea*



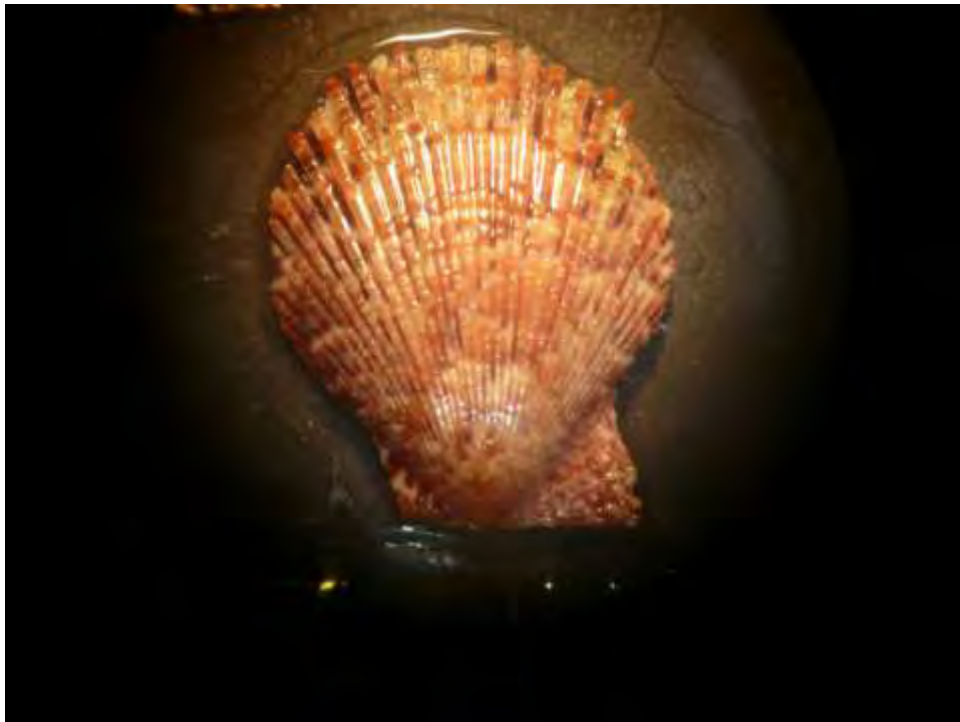
**Εικόνα 9.** *Arca tetragona*



**Εικόνα 10.** *Corbula gibba*



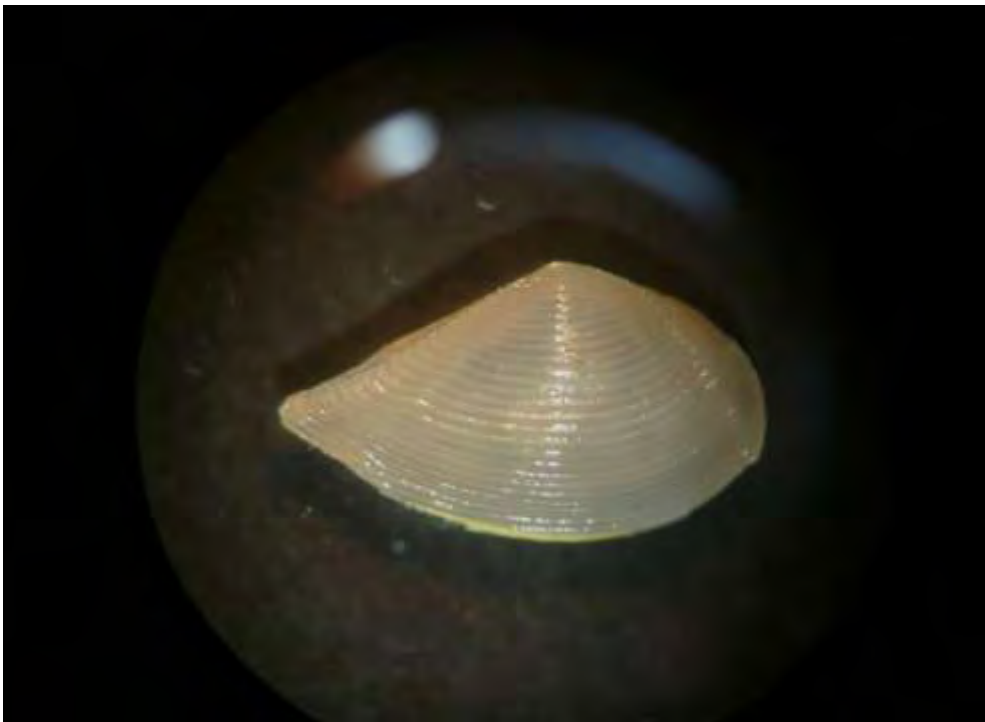
**Εικόνα 11.** *Hiatella arctica*



**Εικόνα 12.** *Mimachlamys varia*



**Εικόνα 13.** *Myrtea spinifera*



**Εικόνα 14.** *Saccella commutata*



**Εικόνα 15.** *Goniada maculata*



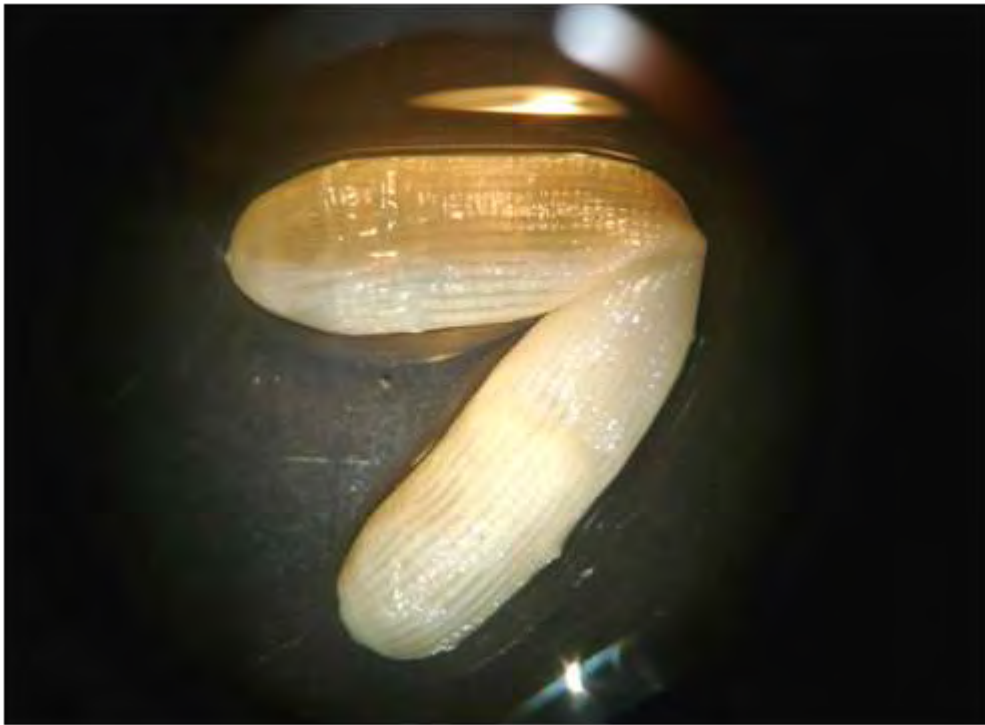
**Εικόνα 16.** *Marphysa bellii*



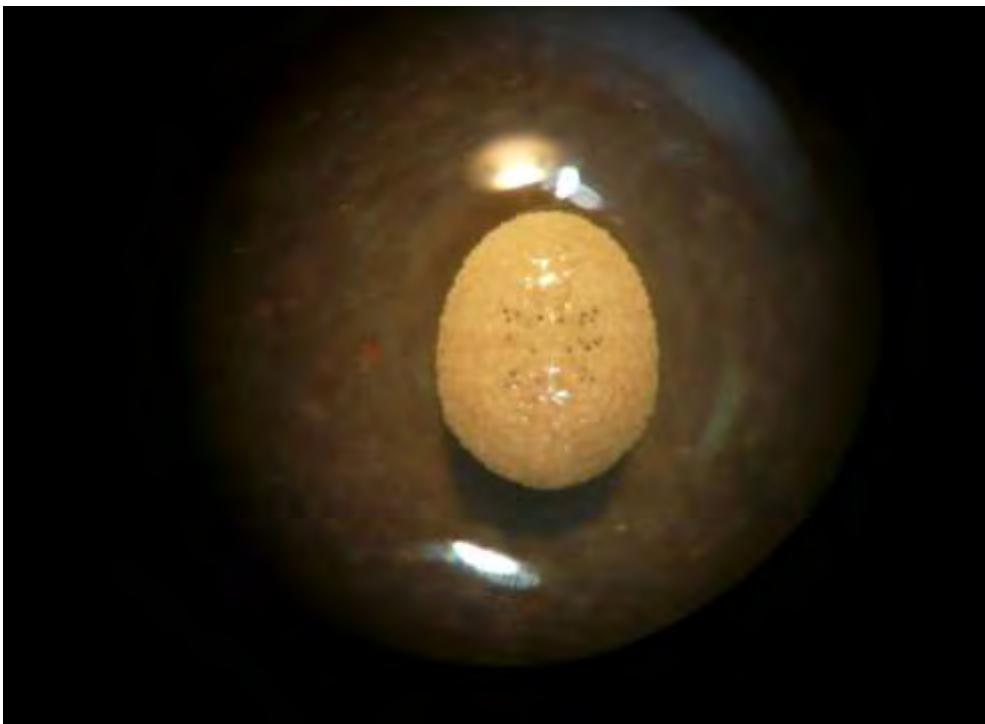
**Εικόνα 17.** *Cirolana* sp.



**Εικόνα 18.** *Leucothoe* sp.



**Εικόνα 19.** *Sipunculus nudus*



**Εικόνα 20.** *Echinocyamus pusillus*