

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

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Επίδραση του ολοθούριου *Holothuria tubulosa* στη μείωση του
οργανικού φορτίου από την εκτροφή ψαριών σε πλωτούς
ιχθυοκλωβούς»**

Δημοσθένης Ζαΐρης

ΒΟΛΟΣ 2016

**«Επίδραση του ολοθούριου *Holothuria tubulosa* στη μείωση του οργανικού
φορτίου από την εκτροφή ψαριών σε πλωτούς ιχθυοκλωβούς»**

Διμελής Εξεταστική Επιτροπή

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

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους τους ανθρώπους που συνέβαλλαν στο να φέρω εις πέρας την παρούσα Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, τον Επίκουρο Καθηγητή 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 το μέλος της εξεταστικής μου επιτροπής τον Καθηγητή κ. Δημήτριο Βαφείδη για τις πολύτιμες επισημάνσεις του.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την υποψήφια διδάκτορα του τμήματος κα Ραφαηλία Συβρή για την άμεση και πολύτιμη βοήθεια της κατά τη διεξαγωγή του πειράματος.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένεια μου για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία έγινε με σκοπό την εκτίμηση της επίδρασης του ολοθούριου *Holothuria tubulosa* στη μείωση του οργανικού φορτίου από την εκτροφή ψαριών σε πλωτούς ιχθυοκλωβούς. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού επιλέχθηκαν δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες που είναι εγκατεστημένες στον Παρασητικό κόλπο (Μηλίνα και Νηές) όπου και πραγματοποιήθηκε εποχική έρευνα. Σε κάθε μονάδα έγιναν δύο δειγματοληψίες σε διάστημα ενός μήνα. Η αρχική δειγματοληψία έγινε το Σεπτέμβριο και η τελική τον Οκτώβριο του 2015.

Στον πυθμένα κάτω από τους ιχθυοκλωβούς της κάθε μονάδας τοποθετήθηκαν πέντε ειδικοί κλωβοί. Ο κάθε ειδικός κλωβός αποτελούνταν από δύο ίσα τμήματα. Στο ένα τμήμα τοποθετήθηκαν ολοθούρια του είδους *H. tubulosa* (5 άτομα), ενώ το άλλο χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας. Στα σημεία πόντισης των ειδικών κλωβών καταγράφηκαν οι φυσικοχημικές παράμετροι του νερού και ελήφθησαν δείγματα ιζήματος για τον προσδιορισμό της κοκκομετρικής σύστασης, καθώς επίσης και για τον υπολογισμό του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα που καταναλώθηκε από τα ολοθούρια.

Η κοκκομετρική ανάλυση έδειξε ότι η σύσταση του ιζήματος τόσο στη Μηλίνα όσο και στις Νηές αποτελείται κυρίως από άμμο με ποσοστά 91,44%, και 91,28%, αντίστοιχα.

Το μέσο ποσοστό μείωσης του οργανικού υλικού ήταν 50,95% ($\pm 18,97$) στη Μηλίνα και 188,91% ($\pm 95,11$) στις Νηές, ενώ το μέσο ποσοστό μείωσης του οργανικού άνθρακα ήταν 40,63% ($\pm 18,97$) και 115,60% ($\pm 91,46$), αντίστοιχα.

Η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA), έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές στα ποσοστά τόσο του οργανικού υλικού όσο και του

οργανικού άνθρακα μεταξύ των ειδικών κλωβών με και χωρίς ολοθούρια και στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες.

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έδειξαν ότι τα ολοθούρια *H. tubulosa* συμβάλουν σημαντικά στη μείωση του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα. Με βάση τα παραπάνω καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το είδος *H. tubulosa* θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως ένα φυσικό διαχειριστικό μέσο για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων των ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων στο υπόστρωμα.

Λέξεις κλειδιά: ιχθυοκαλλιέργειες, περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ολοθούρια, κατανάλωση ιζήματος, Παγασητικός κόλπος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΣΕΛΙΔΕΣ	i-iii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1. Παγασητικός κόλπος	5
1.1.1. Μορφή και διαστάσεις του κόλπου	5
1.1.2. Λεκάνες απορροής	6
1.1.3. Σύσταση του πυθμένα	7
1.2. Αβιοτικοί παράγοντες	8
1.2.1. Θερμοκρασία - Αλατότητα	8
1.2.2. Άνεμοι - Κλίμα	9
1.2.3. Θαλάσσια ρεύματα	10
1.2.4. Περιεκτικότητα σε οξυγόνο	11
1.2.5. Συγκεντρώσεις ιόντων	11
1.3. Βιοτικό περιβάλλον	12
1.4. Υδατοκαλλιέργειες	13
1.5. Επιπτώσεις υδατοκαλλιεργείων στο περιβάλλον	15
1.6. Ολοθούρια	17
1.6.1. Το είδος <i>Holothuria tubulosa</i>	18
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	21
2.1. Περιοχή έρευνας	21
2.2. Έρευνα στο πεδίο	23
2.3. Καταγραφή φυσικοχημικών παραμέτρων	25
2.4. Συλλογή και επεξεργασία δειγμάτων	26
2.5. Προσδιορισμός κοκκομετρικής σύστασης	26
2.6. Προσδιορισμός οργανικού υλικού	28
2.7. Προσδιορισμός οργανικού άνθρακα	29
2.8. Υπολογισμοί	30
2.9. Στατιστική ανάλυση	30
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	31
3.1. Φυσικοχημικές παράμετροι	31
3.2. Κοκκομετρική σύσταση	39

3.3. Επιβίωση ολοθουρίων.....	41
3.4. Οργανικό υλικό	42
3.5. Οργανικός άνθρακας.....	47
3.6. Στατιστική ανάλυση	52
4. ΣΥΣΗΤΗΣΗ.....	53
4.1. Φυσικοχημικές παράμετροι.....	53
4.2. Κοκκομετρική σύσταση.....	54
4.3. Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας	54
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	58
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	59
ABSTRACT	64

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Παγασητικός κόλπος

1.1.1. Μορφή και διαστάσεις του κόλπου

Ο Παγασητικός κόλπος είναι μια αβαθής, ημίκλειστη και σχεδόν κυκλική θαλάσσια περιοχή του δυτικού Αιγαίου Πελάγους με έκταση 672.5 km. Επικοινωνεί με το Αιγαίο Πέλαγος μέσω του διαύλου του τρικεριού (πλάτους 5.9 km και βάθους 88 m) και νοτιοανατολικά με τον Ευβοϊκό κόλπο, μέσω του διαύλου των Ωρεών. Γεωλογικά ανήκει στην πελαγική ζώνη (Μουντράκης 1985).

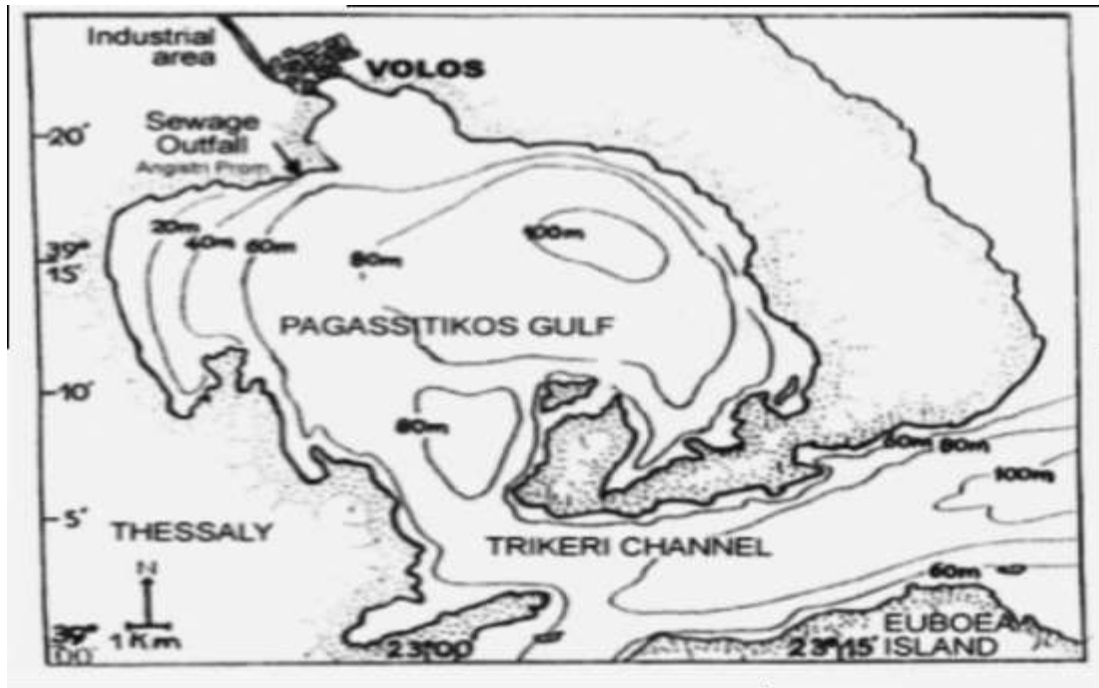


Εικόνα 1.1. Γεωγραφικός χάρτης του Ν. Μαγνησίας.

(http://www.pelionweb.gr/el/pliories/xartes/xartis_piliou/)

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 που εξομαλύνουν το ανάγλυφο της ξηράς (Θεοδώρου

και συν. 1997). Στις ανατολικές και νότιες ακτές, καθώς και στις ακτές γύρω από το στενό του Τρίκερι το ανάγλυφο είναι απότομο. Ο πυθμένας παρουσιάζει ομαλή κλίση από τα δυτικά προς τα ανατολικά και από την ισοβαθή των 80 m σχηματίζεται μια λεκάνη, με πυθμένα σχεδόν οριζόντιο και μέγιστο βάθος 102 m (Θεοδώρου και συν. 1997).



Εικόνα 1.2. Βαθυμετρικός χάρτης του Παγασητικού κόλπου (ΕΚΘΕ 1993).

Στα νότια του κόλπου, κοντά στον διάυλο του Τρίκερι, παρατηρείται μια ελάττωση του βάθους στα 76 m περίπου, γεγονός που δείχνει ότι κατά τις περιόδους χαμηλής στάθμης της θάλασσας, στην κεντρική περιοχή του Παγασητικού σχηματιζόταν μια λίμνη (ΙΓΜΕ 1991). Στον διάυλο του Τρίκερι, η κλίση του πυθμένα είναι ομαλή και αυξάνει από την νότια προς την απότομη βόρεια πλευρά (Koutsouveli & Galanakis 1990).

1.1.2. Λεκάνες απορροής

Τρεις είναι οι λεκάνες απορροής των χείμαρρων που επηρεάζουν τον Παγασητικό κόλπο:

Α' περιοχή: Οι λεκάνες απορροής Κραυσίδωνα και Ξηριά Βόλου, που καταλήγουν στον όρμο του Βόλου και η λεκάνη απορροής του Άναυρου.

Β' περιοχή: Οι λεκάνες των παράκτιων ρευμάτων της χερσονήσου του Πηλίου, που εκβάλλουν στον Παγασητικό. Περιλαμβάνει τη δυτική πλευρά του Πηλίου, από την περιοχή της Αγριάς έως τη Μηλίνα και το Τρίκερι.

Γ' περιοχή: Οι λεκάνες απορροής των χειμάρρων Ν. Αγκιάλου, Αλμυρού και Σούρπης που εκβάλλουν στους όρμους Αλμυρού-Σούρπης.

1.1.3. Σύσταση του πυθμένα

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 βορειοδυτικό τμήμα (περιοχή Αλμυρού) και το ανατολικό τμήμα της εισόδου του κόλπου (περιοχή Τρίκερι), τα οποία καλύπτονται με άμμο (Περισοράτης 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 θαλάσσιων 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 (Περισοράτης και συν. 1993).

1.2. Αβιοτικοί παράγοντες

Ορισμένα από τα στοιχεία για τις μεταβλητές θερμοκρασίας, αλατότητας, οξυγόνου, θρεπτικών αλάτων, φυτοπλαγκτού και ζωοπλαγκτού που αναφέρονται παρακάτω ελήφθησαν από μετρήσεις του Εθνικού Κέντρου Θαλασσίων Μελετών (ΕΚΘΕ 1993).

1.2.1. Θερμοκρασία - 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 καλοκαίρι το επιφανειακό στρώμα εκτείνεται από 0 έως 10 m (πάχος 10 m) και το ενδιάμεσο από 10 m έως 40 m (πάχος 30 m).

Η θερμοκρασία του νερού μεταβάλλεται εποχικά. Στον Πίνακα 1.1 δίνονται οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας στα διάφορα στρώματα.

Πίνακας 1.1. Μέγιστες και ελάχιστες τιμές της θερμοκρασίας του νερού στο Παγασητικό κόλπο.

Θερμοκρασία (°C)	Ελάχιστη	Μέγιστη
Επιφανειακά στρώματα	12,0 Χειμώνας	25,5 Καλοκαίρι
Ενδιάμεσα στρώματα	11,5 Χειμώνας	24,0 Καλοκαίρι
Βάθος > 50 m	10,0 Άνοιξη	15,0 Φθινόπωρο

Η αλατότητα στο επιφανειακό στρώμα κυμαίνεται από 36.5 ‰ το καλοκαίρι, 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 παρουσιάζει χαμηλότερη αλατότητα σε σύγκριση με την ανατολική και το διάυλο του Τρίκερι, κυρίως κατά τη βροχερή περίοδο του έτους. Αυτό οφείλεται στις εισροές γλυκών υδάτων των χειμάρρων των περιοχών Αλμυρού και Σούρπης (Gabrielidis & Theocharis 1978, Theocharis & Laskaratos 1985).

1.2.2. Άνεμοι - Κλίμα

Γενικά η περιοχή του Παγασητικού κόλπου δε 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%) (Στοιχεία EMY). 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>).

1.2.3. Θαλάσσια ρεύματα

Μετρήσεις ρευμάτων που έγιναν στον Παγασητικό κόλπο το καλοκαίρι και το φθινόπωρο του 1976 έδειξαν, γενικά, μικρές ταχύτητες ρευμάτωσης (Voutsinou-Taliadouri & Balopoulos 1989). Στον Πίνακα 1.2 δίνονται οι ταχύτητες στο ανατολικό και δυτικό τμήμα του κόλπου.

Πίνακας 1.2. Ταχύτητες θαλασσιών ρευμάτων (μέση και μέγιστη ταχύτητα) στον Παγασητικό κόλπο (Voutsinou-Taliadouri & Balopoulos 1989).

Ταχύτητα(cm/s)	Ανατολικό τμήμα		Δυτικό τμήμα	
	Μέση	Μέγιστη	Μέση	Μέγιστη
Επιφάνεια	10	38	6	29
Πυθμένας	6	32	5	24

Η ανανέωση των νερών του Παγασητικού για το στρώμα του πυθμένα πραγματοποιείται με την είσοδο των νερών από το Αιγαίο Πέλαγος, κατά μήκος της ανατολικής ακτής του κόλπου, ακολουθώντας αριστερόστροφη πορεία. Το πυθμενικό στρώμα εξέρχεται από τη δυτική πλευρά της εισόδου του κόλπου (Gabrielidis & Theocharis 1978, Γεωργόπουλος & Θεοχάρης 1983, 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.

1.2.4. Περιεκτικότητα σε οξυγόνο

Οι επιφανειακές συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου 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 (ΕΚΘΕ 1993).

1.2.5. Συγκεντρώσεις ιόντων

Οι συγκεντρώσεις των αμμωνιακών, νιτρωδών, νιτρικών, φωσφορικών και πυριτικών αλάτων παρουσιάζουν εποχικές διακυμάνσεις και διαφέρουν από έτος σε έτος. Οι συγκεντρώσεις αυτές περιορίστηκαν αρκετά στον όρμο του Βόλου, με εξαίρεση των πυριτικών, μετά τη λειτουργία του συστήματος επεξεργασίας και αποβολής λυμάτων (1987). Τα βαρέα μεταλλικά ιόντα (Cd, Cu, Pb, Zn) κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα (Papachristou & Haritonidis 1992). Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις εντοπίζονται στα νερά του Ξηριά του Βόλου, ο οποίος κατά καιρούς μεταφέρει λύματα από τη βιομηχανική περιοχή του Βόλου. Το αιωρούμενο σωματιδιακό υλικό στον Παγασητικό έχει μικρές

σχετικά συγκεντρώσεις και αυτό αποδεικνύει ότι ο Παγασητικός, σε σχέση με άλλους κόλπους (Θερμαϊκός, Σαρωνικός) έχει χαρακτηριστικά ανοιχτής θάλασσας. Αυξημένες τιμές παρατηρούνται στον πυθμένα του λιμανιού του Βόλου, όπου η διαφάνεια του νερού περιορίζεται στα 8-16 m (Γεωργόπουλος & Θεοχάρης 1983).

1.3. Βιοτικό περιβάλλον

Η πρωτογενής παραγωγή και το φυτοπλαγκτόν εμφανίζουν παρόμοιες τιμές 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 ολιγοτροφικό, 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 χαρακτηρίζεται από υψηλή σχετική αφθονία ειδών (Papachristou & Haritonidis 1992). Η βελτίωση τόσο της ποσοτικής όσο και της ποιοτικής σύνθεσης του φυτοπλαγκτού στον εσωτερικό κόλπο του Βόλου 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 σε βακτήρια, κυανοβακτήρια και μικροζωοπλαγκτόν είναι παρόμοιες με άλλες ολιγοτροφικές 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) κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα, ειδικά σε σύγκριση με άλλους κλειστούς κόλπους.

Όσον αφορά το ζωοβένθος, παρατηρούνται συνθήκες ευτροφισμού στην περιοχή του λιμανιού του Βόλου, καθώς και χαμηλή βιοποικιλότητα στην κεντρική περιοχή του κόλπου (ANEM 2001).

1.4. Υδατοκαλλιέργειες

Υδατοκαλλιέργεια είναι η εκτροφή υδρόβιων ζωικών οργανισμών, μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνονται τα ψάρια, τα μαλάκια, τα καρκινοειδή αλλά και η καλλιέργεια υδρόβιων φυτικών οργανισμών όπως φύκη, άλγη κ.α, σε φυσικό ή ελεγχόμενο θαλάσσιο περιβάλλον ή σε εσωτερικά νερά. (ΥΠΑΑΤ 2014).

Η Υδατοκαλλιέργεια μπορεί να πάρει πολλές μορφές. Ανάλογα με το περιβάλλον εκτροφής διακρίνεται σε θαλάσσια υδατοκαλλιέργεια και υδατοκαλλιέργεια γλυκού νερού. Ανάλογα με τους διαφορετικούς τύπους εκτροφής διακρίνεται σε εκτατική, ημιεντατική και εντατική. (ΥΠΑΑΤ 2014).

Σε σχέση με τα εκτρεφόμενα είδη ή τα τμήματα παραγωγής, η υδατοκαλλιέργεια διακρίνεται σε: Ιχθυοκαλλιέργεια, Οστρακοκαλλιέργεια, Εκτροφή καρκινοειδών και Καλλιέργεια υδρόβιων φυτών (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2012).

Μια ποιοτική υδατοκαλλιέργεια μπορεί να δώσει άριστα προϊόντα με σεβασμό τόσο στο περιβάλλον όσο και στις συνθήκες διαβίωσης των εκτρεφόμενων οργανισμών. Η υδατοκαλλιέργεια επιβαρύνει ελάχιστα το περιβάλλον όταν βασίζεται στη βιώσιμη χρήση των φυσικών πόρων, λαμβάνει υπόψη την υγεία και την ευζωία των εκτρεφόμενων

οργανισμών, μειώνει την ρύπανση με εναλλακτικές πρακτικές (Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2013).

Η υδατοκαλλιέργεια είναι απαραίτητη για να αντιμετωπιστεί η αυξανόμενη ζήτηση σε ψάρια και άλλα θαλάσσια προϊόντα και πλέον μετέχει με περισσότερο από το ένα τρίτο στην συνολική παραγωγή των αλιευτικών προϊόντων. Είναι μια πολύ σημαντική πηγή βιώσιμης οικονομικής ανάπτυξης και απασχόλησης σε αγροτικές και παράκτιες περιοχές που επηρεάζονται άμεσα από τα προβλήματα της μείωσης των πόρων (Μήλιου 2008).

Ένας άλλος παράγοντας που ωθεί τη ζήτηση σε ψάρια είναι η ολοένα και πιο διαδεδομένη άποψη ότι τα ψάρια είναι μια εξαιρετική τροφή, πλούσια σε πρωτεΐνες, βιταμίνες και ιχνοστοιχεία (Μήλιου 2008).

Η μετάβαση από την αλιεία στην εντατική εκτροφή θεωρείται "επαναστατική", διότι χάρη αυτής της δραστηριότητας μπορεί να καλυφθεί η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για ψάρια, γεφυρώνοντας το χάσμα που η παραδοσιακή αλιεία δεν είναι πλέον σε θέση να καλύψει, λόγω της υπερεκμετάλλευσης των θαλάσσιων πόρων.

Η ισχύς του κλάδου αυξάνεται περισσότερο και μπορεί να αυξηθεί επιπλέον αν προστεθούν και νέα είδη ψαριών και οστρακοειδών στην εκτροφή. Αυτό θα επιτρέψει μια διαφοροποίηση στην προσφορά και κατά συνέπεια μια ευρύτερη επιλογή στους καταναλωτές που είναι όλο και πιο απαιτητικοί. Η υδατοκαλλιέργεια θεωρείται και ως οδηγός στην εφαρμογή νέων τεχνολογιών που εφαρμόζονται στην εκτροφή και που δρουν ως τεχνολογικοί ενισχυτές για τον τομέα (ΕΠΑΛ 2014-2020).

1.5. 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. 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 εκτροφής ή της καλλιέργειας νέων ειδών σε κλειστούς χώρους συμβαίνουν διαφυγές ατόμων. Κάθε νέο άτομο που διαφεύγει μπορεί να επιβιώσει, να διασταυρωθεί με συγγενές ενδημικό είδος και να δημιουργήσει υβρίδια. Με αυτόν τον τρόπο αλλοιώνεται το γενετικό υλικό και η σύνθεση του πληθυσμού των ειδών με απροσδιόριστες συνέπειες (IUCN 2007).

II. Αντιβιοτικά και χημικά κατάλοιπα

Πολύ συχνά, οι ιχθυοκαλλιεργητές για να συντηρήσουν ή να καθαρίσουν τις εγκαταστάσεις, να αποφύγουν παρασιτικά και λοιμώδη νοσήματα, να απωθήσουν θηρευτές ή και ακόμα να ελέγξουν την ανάπτυξη φυκών και ανώτερων φυτών, χρησιμοποιούν χημικές ουσίες (π.χ. πράσινο του μαλαχίτη, φορμόλη, υαμίνη, οι χλωραμίνες, οξυτετρακυλίνη, κυανό του μεθυλενίου, υποχλωριώδη άλατα, κ.α.) και σκευάσματα, τα οποία χρησιμοποιούνται από παλιά στη γεωργία (Κουσούρης και συν. 1995).

III. Ασθένειες

Σε συνθήκες εκτροφής, η συχνότητα και η ένταση εμφάνισης ασθενειών είναι μεγαλύτερη από ότι στους άγριους ιχθυοπληθυσμούς, λόγω αυξημένης πυκνότητας και

μεγάλης έκθεσης σε στρεσογόνους παράγοντες. Ως εκ τούτου, υπάρχουν οι ευνοϊκές προϋποθέσεις για την μετάδοση των ασθενειών αυτών σε άγρια άτομα του ίδιου ή συγγενικού είδους. Οι πιο γνωστές ασθένειες στην ιχθυοκαλλιεργητική δραστηριότητα, ως αποτέλεσμα της μεταφοράς τους σε άγριους ιχθυοπληθυσμούς είναι:

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

IV. Ίζημα

Η εκτροφή ψαριών σε ιχθυοκλωβούς ενισχύει σημαντικά τα ποσοστά της οργανικής ύλης στο ίζημα από τις απώλειες της τροφής και τα περιττώματα των εκτρεφόμενων οργανισμών. Αν η θέση και η μορφή της μονάδας παρεμποδίζει την μετακίνηση των υδάτινων μαζών σε σημαντικό βαθμό, τότε παρατηρείται συνεχής συσσώρευση οργανικής ύλης στον πυθμένα της περιοχής με αποτέλεσμα (McDougall & Black 1999):

- την επικράτηση αναγωγικών και ανοξικών συνθηκών στο ίζημα και
- τη μείωση της βενθικής βιοποικιλότητας κάτω από τους ιχθυοκλωβούς.

V. Ανανέωση νερού

Οι θαλάσσιες υδατοκαλλιέργειες με τις κατασκευές που είναι βυθισμένες μέσα στην υδάτινη στήλη, (ιχθυοκλωβοί, συστήματα αγκίστρωσης, κ.α) έχει αποδειχτεί ότι μεταβάλλουν το ρυθμό κίνησης και ανανέωσης των υδάτινων μαζών, όπως και την ταχύτητα και το ρυθμό καθίζησης και ιζηματοποίησης των αιωρούμενων στερεών.

1.6. Ολοθούρια

Τα ολοθούρια, γνωστά με την κοινή ονομασία «αγγούρια της θάλασσας», ανήκουν στα ασπόνδυλα και ταξινομικά κατατάσσονται στο φύλο Εχινόδερμα, μαζί με τους αχινούς, τους αστερίες, τους οφίουρους και τα κρινοειδή. Σε αντίθεση, όμως, με τις υπόλοιπες κλάσεις των Εχινοδέρμων, έχουν σχήμα επίμηκες, κυλινδρικό, με αμφίπλευρη συμμετρία, μυώδες σώμα με παχιά επιδερμίδα και φέρουν μικρούς δερμικούς σκληρίτες (Calki et al. 2004, Purcell et al. 2012).

Πρόκειται για θαλάσσιους οργανισμούς με παγκόσμια εξάπλωση, που απαντούν από την υποπαραλιακή ζώνη μέχρι και την αβυσσαία (Purcell et al. 2012, Costa et al. 2014). Η συντριπτική πλειοψηφία των ειδών συγκαταλέγεται στους βενθικούς οργανισμούς (Roberts et al. 2000).

Απαντώνται τόσο σε σκληρό, όσο και σε μαλακό υπόστρωμα. Ορισμένα είδη ζουν σε βραχώδεις πυθμένες ή κοραλλιογενείς υφάλους, η πλειοψηφία όμως απαντάται σε μαλακό υπόστρωμα, σε αμμώδεις (Purcell et al. 2012), άμμο-ιλυώδεις και ιλυώδεις πυθμένες (Calki et al. 2004).

Στην πλειοψηφία τους, τα ολοθούρια είναι ιζηματοφάγοι οργανισμοί (Roberts et al. 2000) που τρέφονται καταναλώνοντας ίζημα και κατακρατώντας τα θρεπτικά σωματίδια που περιέχονται σε αυτό (Mezali & Soualili 2013), τους μικροοργανισμούς, το μειοβένθος και τα κατάλοιπα φυτικής και ζωικής προέλευσης (Moriarty 1982, Amon & Herndl 1991, Mezali & Soualili 2013, Costa et al. 2014). Θεωρούνται ιδανικοί οργανισμοί για τη μελέτη της ανακύκλωσης του οργανικού υλικού (Isgoren-Emiroglu & Gunay 2007a, Costa et al. 2014), λόγω της ικανότητας τους να ξεχωρίζουν πλούσια οργανικά σωματίδια που υπάρχουν στο ίζημα (Hudson et al. 2005, Slater et al. 2011, Mezali & Soualili 2013).

Τα περισσότερα είδη ολοθουρίων είναι γονοχωριστικά. Η αναπαραγωγή τους είναι εγγενής και συνήθως ακολουθεί ετήσιο κύκλο. Η γονιμοποίηση πραγματοποιείται με την απελευθέρωση των γαμετών από τα δύο φύλα στην υδάτινη στήλη (Purcell et al. 2012).

Μέχρι σήμερα έχουν περιγραφεί περίπου 1,150 είδη ολοθουρίων. Από αυτά, 53 είδη έχουν αναφερθεί στη Μεσόγειο. Ειδικότερα στις ελληνικές θάλασσες απαντώνται 34 είδη, που ανήκουν σε 17 γένη (Koukouras & Sinis 1981, Pancucci-Papadopoulou 1996), με το *Holothuria tubulosa* (Gmelin 1788) να αποτελεί ένα από τα πιο κοινά είδη στο Αιγαίο (Kazanidis et al. 2010, Antoniadou & Vafidis 2011, Kazanidis et al. 2014).

1.6.1. Το είδος *Holothuria tubulosa*

Το *H. tubulosa* (Gmelin 1788) αποτελεί ένα από τα πιο κοινά είδη ολοθουρίων στις ακτές του Ατλαντικού και της Μεσογείου (Koukouras et al. 2007, Kazanidis et al. 2010).

Η συστηματική του κατάταξη έχει ως εξής:

Φύλο: Echinodermata

Κλάση: Holothurioidea

Τάξη: Aspidochirota

Οικογένεια: Holothuriidae

Γένος: *Holothuria*

Είδος: *tubulosa*

Απαντάται σε διάφορους τύπους υποστρώματος από ρηγά νερά (< 10 m) (Koukouras & Sinis 1981), μέχρι και σε βάθος 100 m, σχηματίζοντας συχνά πυκνούς

πληθυσμούς σε λειμώνες Ποσειδωνίας (Bulteel et al. 1992, Coulon & Jangoux 1993 Kazanidis et al. 2010, Costa et al. 2014).

Είναι επιβενθικός ιζηματοφάγος οργανισμός (Εικ. 1.3) που τρέφεται με οργανικά θρύμματα και μικροοργανισμούς (Massin & Jangoux 1976, Coulon & Jangoux 1993).

Το *H. tubulosa* έχει ένα σημαντικό οικολογικό ρόλο. Λόγω της διατροφικής του συμπεριφοράς, συμβάλει στην αναμόχλευση του ιζήματος (Meysman et al. 2006, MacTavish et al. 2012), σταθεροποιεί τη βακτηριακή κοινότητα στο ιζημα (Amon & Herndl 1991, Coulon & Jangoux 1993) και μετατρέπει τα κατάλοιπα (detritus) σε αζωτούχες ενώσεις, ενισχύοντας έτσι την πρωτογενή παραγωγή (Isgoren-Emiroglu & Gunay 2007b).



Εικόνα 1.3. Το είδος *H. tubulosa*

Το *H. tubulosa* είναι γονοχωριστικό είδος και δεν παρουσιάζει εξωτερικό φυλετικό διμορφισμό. Ο διαχωρισμός του φύλου γίνεται από την εμφάνιση και το χρώμα των γονάδων (Despalatovic et al. 2004).

Σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη στον Παγασητικό κόλπο (Kazanidis et al. 2014) η αναπαραγωγή του είδους ακολουθεί ετήσιο κύκλο και η απελευθέρωση των γαμετών πραγματοποιείται τους θερινούς μήνες.

Η πληθυσμιακή πυκνότητα του είδους στον Παγασητικό κόλπο, από έρευνα που διεξήχθη το 2007 ήταν $9,93 \pm 3,28$ άτομα/100 m² (~0,1 άτομα/m²), κυρίως σε βάθη 6-8 m (Kazanidis et al. 2010). Θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως αραιή σε σύγκριση με άλλες έρευνες. Κατά τους Coulon & Jangoux (1993) σε λειμώνες Ποσειδωνίας, στον κόλπο της Νάπολης, η πληθυσμιακή πυκνότητα του είδους ήταν 3,77 άτομα/m² σε παρόμοια βάθη. Σε άλλες έρευνες έχουν αναφερθεί πυκνότητες με εύρος μεταξύ 0,17-0,34 άτομα/m² σε διάφορα υποστρώματα (Gustato et al. 1982).

Το *H. tubulosa* είναι εδώδιμο, αλιεύεται στη Μεσόγειο και εξάγεται από διάφορες χώρες, για κατανάλωση ή χρησιμοποιείται ως δόλωμα (Tortonese & Vadon 1987). Στο Αιγαίο αποτελεί είδος εμπορικής εκμετάλλευσης. Από ορισμένες περιοχές της Τουρκίας (Cakli et al. 2004) εξάγεται ως κατεψυγμένο ή αποξηραμένο σε χώρες της Άπω Ανατολής (Aydin 2008, Kazanidis et al. 2014), ενώ στην Ελλάδα μεταποιείται και χρησιμοποιείται ως δόλωμα στην αλιεία με παραγάδι (Kazanidis et al. 2010, Antoniadou & Vafidis 2011). Η υπεραλίευση του είδους αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα στην Τουρκία με αποτέλεσμα τη μείωση του φυσικού πληθυσμού, κυρίως στο νοτιοανατολικό Αιγαίο (Vafidis et al. 2008, Kazanidis et al. 2014, Gunay et al. 2015).

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Περιοχή έρευνας

Σε δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες που είναι εγκατεστημένες στον Παγασητικό κόλπο (Εικ. 2.1), πραγματοποιήθηκε έρευνα **με σκοπό** την εκτίμηση της συμβολής του είδους *H. tubulosa* στην ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων στο υπόστρωμα. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε εποχικά στις δυο μονάδες εκτροφής τσιπούρας και λαβρακιού που βρίσκονται στη Μηλίνα (Εικ. 2.2) και στις Νηές (Εικ. 2.3). Σε κάθε μονάδα έγιναν δύο δειγματοληψίες, μια αρχική το Σεπτέμβριο και μια τελική ένα μήνα αργότερα.



Εικόνα 2.1. Χάρτης με τις θέσεις εγκατάστασης των δύο μονάδων στον Παγασητικό κόλπο (<http://www.imagesofgreece.co.uk/pelionmap1.html>)



Εικόνα 2.2. Πλωτοί ιχθυοκλωβοί της μονάδας εκτροφής στη Μηλίνα.



Εικόνα 2.3. Πλωτοί ιχθυοκλωβοί της μονάδας εκτροφής στις Νηές.

Για την επίτευξη του σκοπού της έρευνας έλαβε χώρα:

- Καταγραφή φυσικοχημικών παραμέτρων
- Συλλογή δειγμάτων ιζήματος
- Εργαστηριακές αναλύσεις ιζήματος για τον προσδιορισμό της κοκκομετρικής σύστασης, του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα.

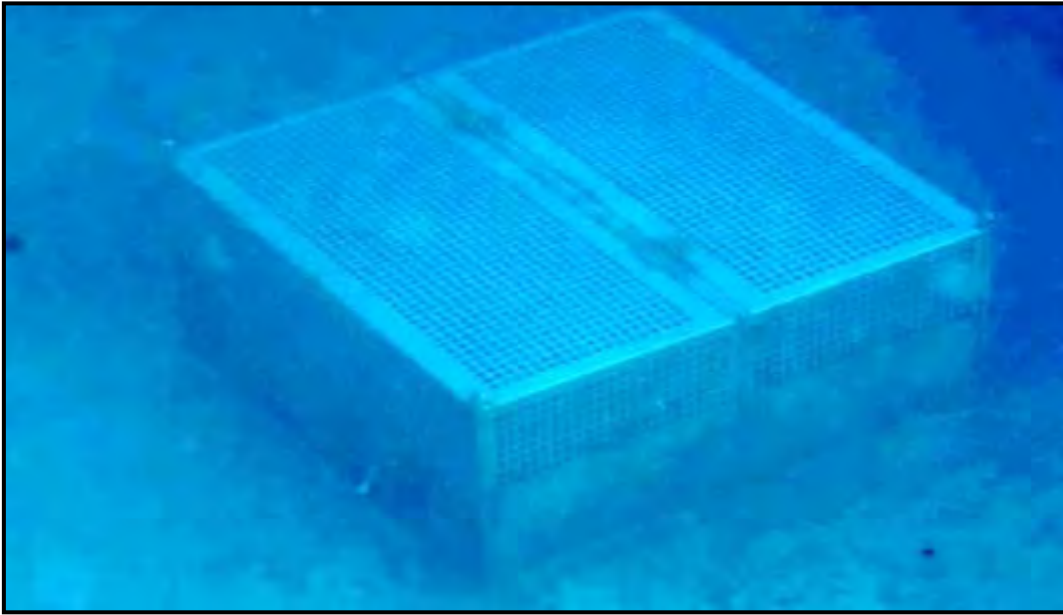
2.2. Έρευνα στο πεδίο

Η έρευνα πεδίου περιλάμβανε την τοποθέτηση ολοθουρίων σε ειδικά κατασκευασμένους κλωβούς στον πυθμένα, κάτω από τους πλωτούς ιχθυοκλωβούς των δύο μονάδων εκτροφής, έτσι ώστε να υπολογισθεί το ποσοστό της οργανικής ύλης που καταναλώνεται από αυτά.

Σε κάθε μονάδα εκτροφής τοποθετήθηκαν σταυροειδώς πέντε ειδικοί κλωβοί, τέσσερις στα άκρα και ένας στο κέντρο (Α-Ε). Ο κάθε κλωβός επιφάνειας 1m² και διαστάσεων 1,0×1,0×0,5 m (Μ×Π×Υ) ήταν χωρισμένος σε δύο τμήματα (Εικ. 2.4). Στο ένα τμήμα τοποθετήθηκαν ολοθούρια του είδους *H. tubulosa* (5 άτομα) ενώ το άλλο χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας (χωρίς ολοθούρια).

Η κατασκευή του ειδικού κλωβού έγινε από ανοξείδωτη λαμαρίνα πάχους 1,5 mm, ώστε να είναι ανθεκτική στη διάβρωση από τα άλατα του νερού. Το επάνω μέρος του κάθε ειδικού κλωβού ήταν διάτρητο με άνοιγμα ματιού διαμέτρου 10 mm ώστε να διαπερνούν τα προϊόντα μεταβολισμού των ψαριών και η διαφυγούσα τροφή, ενώ το κάτω μέρος ήταν ανοιχτό ώστε να τοποθετηθούν τα ολοθούρια στον πυθμένα και να ληφθούν δείγματα ιζήματος για τον προσδιορισμό του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα.

Τα ολοθούρια που τοποθετήθηκαν στους ειδικούς κλωβούς συλλέχθηκαν από το φυσικό τους περιβάλλον με αυτόνομη κατάδυση. Πριν την τοποθέτησή τους παρέμειναν για 48 ώρες σε ασιτία, σε λεκάνες με θαλασσινό νερό ώστε να αδειάσει το περιεχόμενο του πεπετικού τους σωλήνα (Εικ. 2.5).



Εικόνα 2.4. Κλωβός τοποθέτησης των ολοθουρίων στον πυθμένα κάτω από τους πλωτούς ιχθυοκλωβούς της μονάδας εκτροφής στη Μηλίνα.



Εικόνα 2.5. Ολοθούρια του είδους *Holothuria tubulosa* αμέσως μετά τη συλλογή τους από τη μονάδα εκτροφής στη Μηλίνα.

2.3. Καταγραφή φυσικοχημικών παραμέτρων

Στα σημεία πόντισης των ειδικών κλωβών, κάτω από τους πλωτούς ιχθυοκλωβούς των δυο μονάδων εκτροφής, καταγράφηκαν οι φυσικοχημικές παράμετροι του νερού. Η καταγραφή πραγματοποιήθηκε με τη χρήση συνεχούς καταγραφέα CTD. Μετρήθηκαν η θερμοκρασία, η αλατότητα, το διαλυμένο οξυγόνο, η ενεργός οξύτητα (pH), το οξειδοαναγωγικό δυναμικό (Redox) και η χλωροφύλλη-α (Chl-a) σε όλη την υδάτινη στήλη (Εικ. 2.6).



Εικόνα 2.6. Συνεχής καταγραφέας (CTD) φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού (SEABIRD-19plus).

2.4. Συλλογή και επεξεργασία δειγμάτων

Για τον προσδιορισμό του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα λήφθηκαν από κάθε μονάδα εκτροφής 60 δείγματα ιζήματος (30 αρχικά και 30 τελικά), σε διάστημα ενός μήνα. Ειδικότερα, συλλέχθηκαν έξι δείγματα από τον κάθε ειδικό κλωβό, τρία επαναληπτικά από τα ολοθούρια και τρία από τον μάρτυρα. Όλα τα δείγματα συλλέχθηκαν με αυτόνομη κατάδυση. Μετά τη συλλογή τους από το πεδίο τα δείγματα καταψύχθηκαν στους $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ μέχρι την ανάλυση τους στο εργαστήριο.

Τα κατεψυγμένα δείγματα ιζήματος τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο για 15 λεπτά και έπειτα αποξηράνθηκαν σε κλίβανο στους 70°C για 24 ώρες. Τα αποξηραμένα μέχρι ξηρού βάρους δείγματα χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της κοκκομετρικής σύστασης (Bouyoucos 1962), ενώ για τον προσδιορισμό του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα, τα δείγματα, μετά την ξήρανση κοσκινίστηκαν με κόσκινο διαμέτρου 0,5 mm και λειοτριβήθηκαν σε πορσελάνινο γουδί (Byers et. al. 1978).

2.5. Προσδιορισμός κοκκομετρικής σύστασης

Η κοκκομετρική σύσταση αποτελεί μια από τις πιο βασικές παραμέτρους της εδαφολογικής ανάλυσης και προσδιορίζει τις σχετικές ποσότητες (%) της άμμου (2-0,05 mm), της ιλύος (0,05-0,002 mm) και της αργίλου (<0,002 mm). Ο προσδιορισμός της κοκκομετρικής σύστασης του ιζήματος έγινε σύμφωνα με τη μέθοδο Bouyoucos (1962).

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στη διαφορετική ταχύτητα με την οποία καθιζάνουν τα διαφορετικής διαμέτρου σωματίδια σε υδατικό διάλυμα στο οποίο έχει προστεθεί διάλυμα διασποράς. Τα μεγαλύτερης διαμέτρου κλάσματα καθιζάνουν ταχύτερα από τα μικρότερης διαμέτρου.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε έχει ως εξής:

Συγκεκριμένη ποσότητα ξηρού δείγματος (40-100 g) τοποθετήθηκε σε δοχείο ηλεκτρικού αναδευτήρα και προστέθηκαν 50 ml εξα-μεταφοσφορικού νατρίου (διάλυμα διασποράς). Μετά από 12 ώρες προστέθηκε απεσταγμένο νερό μέχρι τα 250 ml και το αιώρημα αναδευτήκε στη μέγιστη ταχύτητα για 5 λεπτά. Στη συνέχεια, το αιώρημα μεταφέρθηκε σε κύλινδρο μηχανικής ανάλυσης και προστέθηκε απεσταγμένο νερό μέχρι τα 1.130 ml. Μετά από ανάδευση και με το πέρας 40 δευτερολέπτων μετρήθηκαν η πυκνότητα (M_{40s}) με τη χρήση υδρόμετρου και η θερμοκρασία με τη χρήση ηλεκτρονικού θερμόμετρου. Μετά από 2 ώρες έγιναν οι ίδιες μετρήσεις πυκνότητας (M_{2h}) και θερμοκρασίας.

Ακολούθησε η μετατροπή των ενδείξεων πυκνότητας M_{40s} και M_{2h} σε g/l με τη χρήση πινάκων και τα ποσοστά της άμμου, της ιλύος, και της αργίλου υπολογίσθηκαν από τους τύπους:

$$S (\%) = 100 - M_{40s}$$

$$C (\%) = M_{2h}$$

$$Si (\%) = S (\%) + C (\%)$$

όπου:

$S (\%) =$ το ποσοστό της άμμου

$C (\%) =$ το ποσοστό της αργίλου

$Si (\%) =$ το ποσοστό της ιλύος

$M_{40s} =$ η ένδειξη του υδρόμετρου μετά από 40 δευτερόλεπτα

$M_{2h} =$ η ένδειξη του υδρόμετρου μετά από 2 ώρες

2.6. Προσδιορισμός οργανικού υλικού

Το ποσοστό του περιεχόμενου οργανικού υλικού στο ίζημα υπολογίσθηκε από την διαφορά βάρους πριν και μετά την καύση του δείγματος (Byers et. al. 1978).

Συγκεκριμένη ποσότητα λειοτριβημένων δειγμάτων (5 g) τοποθετήθηκε σε κλίβανο (Nabertherm) στους 500°C για 4 ώρες, σε προζυγισμένες πορσελάνινες κάψες (Εικ. 2.7). Μετά την καύση τα δείγματα επαναζυγίσθηκαν.

Το ποσοστό του περιεχόμενου οργανικού υλικού στο ίζημα υπολογίσθηκε από τον τύπο:

$$OM\% = \frac{W_s - W_a}{W_s - W_c} \times 100$$

όπου:

W_s = το βάρος του δείγματος με το βάρος της κάψας (g)

W_a = το βάρος του αποτεφρωμένου δείγματος με το βάρος της κάψας (g)

W_c = το βάρος της κάψας (g)



Εικόνα 2.7. Δείγματα ιζήματος σε κλίβανο (Nabertherm)

2.7. Προσδιορισμός οργανικού άνθρακα

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό του οργανικού άνθρακα στο ίζημα στηρίζεται στην υγρή οξείδωση των οργανικών ουσιών με διχρωμικό κάλιο και πυκνό θειικό οξύ (Gaudette et al. 1974).

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε έχει ως εξής:

Συγκεκριμένη ποσότητα λειοτριβημένων δειγμάτων (0,5 gr) τοποθετήθηκε σε κωνικές φιάλες 250 ml και προστέθηκαν με τη χρήση πιπέτας, 10 ml διχρωμικού καλίου ($K_2CR_2O_7$) και 20 ml θειικού οξέος (H_2SO_4). Μετά από 30 λεπτά προστέθηκαν 10 ml φωσφορικού οξέος (H_3PO_4), 0,2 g φθοριούχου νατρίου (NaF) και 15 σταγόνες δείκτη φερροΐνης ($C_{36}H_{24}FeN_6O_4S$). Στη συνέχεια έγινε ογκομέτρηση των δειγμάτων και ενός τυφλού με διάλυμα εναμμώνιου σιδήρου $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ υπό καθεστώς συνεχούς ανάδευσης. Η αλλαγή χρώματος τόσο του τυφλού, όσο και των δειγμάτων από ελαιοπράσινο σε σκούρο κόκκινο, καταδείκνυε το τελικό σημείο της αντίδρασης.

Το ποσοστό του περιεχόμενου οργανικού άνθρακα στο ίζημα υπολογίστηκε από τον τύπο:

$$OC\% = V \times \left(1 - \frac{T}{S}\right) \times 0,003 \times N \times \frac{100}{W}$$

όπου:

V= ο όγκος του διχρωμικού καλίου που προστέθηκε στο δείγμα (ml)

T= ο όγκος του εναμμώνιου σιδήρου που καταναλώθηκε για την ογκομέτρηση του δείγματος (ml)

S= ο όγκος του εναμμώνιου σιδήρου που καταναλώθηκε για την ογκομέτρηση του τυφλού (ml)

N= η κανονικότητα του διχρωμικού καλίου

W= το βάρος του δείγματος (g)

2.8. Υπολογισμοί

Η διαφορά του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα στο ίζημα των ειδικών κλωβών με και χωρίς ολοθούρια (ολοθούρια & μάρτυρας), υπολογίσθηκε από την αφαίρεση τελικού-αρχικού ποσοστού.

Το ποσοστό μείωσης του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα στο ίζημα των ειδικών κλωβών με και χωρίς ολοθούρια (ολοθούρια & μάρτυρας), υπολογίσθηκε από τον τύπο:

$$R(\%) = \frac{(C_2 - C_1) - (H_2 - H_1)}{C_2 - C_1} \times 100$$

όπου:

C_2 = το τελικό ποσοστό ΟΥ ή ΟΑ στο μάρτυρα

C_1 = το αρχικό ποσοστό ΟΥ ή ΟΑ στο μάρτυρα

H_2 = το τελικό ποσοστό ΟΥ ή ΟΑ στα ολοθούρια

H_1 = το αρχικό ποσοστό ΟΥ ή ΟΑ στα ολοθούρια

2.9. Στατιστική ανάλυση

Για τη στατιστική σύγκριση του περιεχόμενου οργανικού υλικού και οργανικού άνθρακα στο ίζημα (τελικό-αρχικό) μεταξύ των κλωβών με και χωρίς ολοθούρια στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες, χρησιμοποιήθηκε η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA) (Zar 1984). Η στατιστική ανάλυση έγινε με τη χρήση του λογισμικού προγράμματος MINITAB.

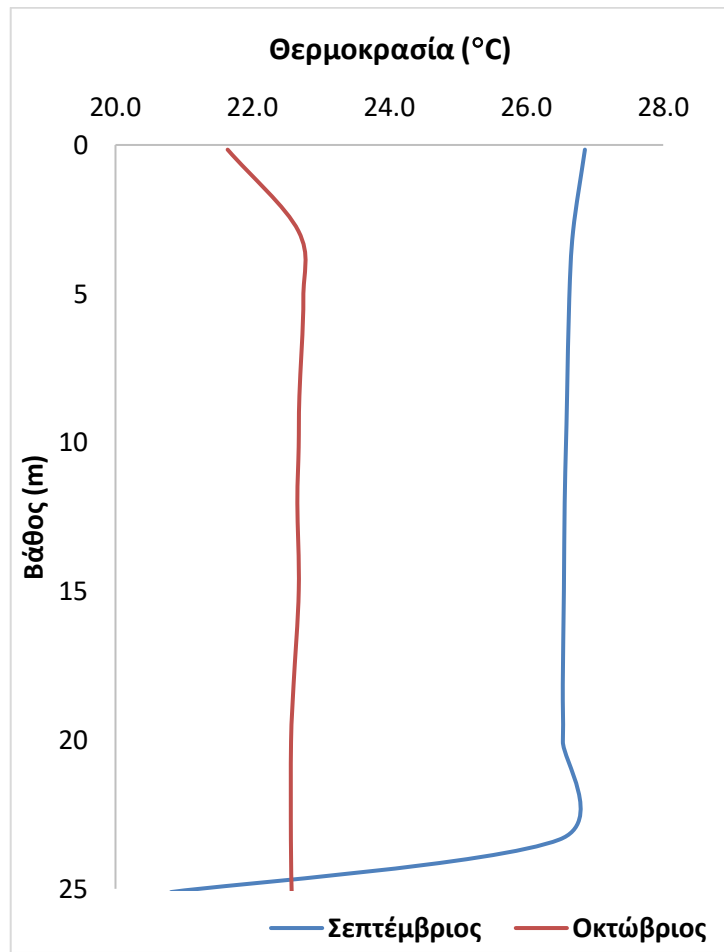
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Φυσικοχημικές παράμετροι

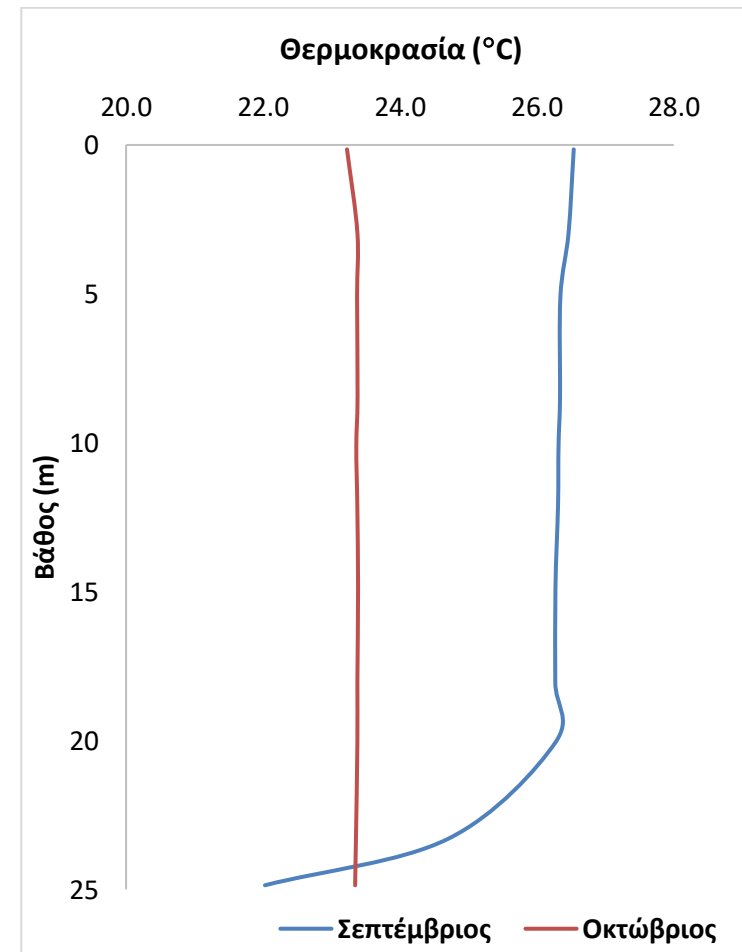
Η διακύμανση των φυσικοχημικών παραμέτρων στην υδάτινη στήλη στα σημεία πόντισης των ειδικών κλωβών στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες δίνεται στον Πίνακα 3.1 και στα Σχήματα 3.1-3.6.

Πίνακας 3.1. Διακύμανση των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού στα σημεία πόντισης των ειδικών κλωβών στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες (Μ.Τ.: Μέση τιμή, Τ.Α.: Τυπική Απόκλιση).

Παράμετρος	Μηλίνα		Νηές	
	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος
Θερμοκρασία (°C)				
Εύρος τιμών	20,81-26,86	21,64-22,74	22,03-26,54	23,23-23,39
Μ.Τ.±Τ.Α.	26,08±1,75	22,55±0,31	25,81±1,35	23,36±0,05
Αλατότητα (psu)				
Εύρος τιμών	35,62-37,15	36,42-36,86	35,08-37,04	33,98-35,95
Μ.Τ.±Τ.Α.	36,17±0,38	36,58±0,15	36,04±0,44	35,74±0,59
Διαλυμένο οξυγόνο (mg/l)				
Εύρος τιμών	3,58-5,18	3,58-4,86	3,87-5,20	3,19-4,24
Μ.Τ.±Τ.Α.	4,34±0,51	4,19±0,48	4,42±0,46	3,68±0,27
Ενεργός οξύτητα (pH)				
Εύρος τιμών	7,23-7,49	7,69-7,73	7,43-7,63	7,04-7,23
Μ.Τ.±Τ.Α.	7,38±0,08	7,71±0,01	7,55±0,07	7,15±0,06
Οξειδοαναγωγικό δυναμικό (mV)				
Εύρος τιμών	52,13-82,45	80,03-91,22	81,58-89,35	39,76-67,03
Μ.Τ.±Τ.Α.	74,39±8,27	87,87±2,90	85,45±2,32	58,34±7,48
Χλωροφύλλη-α (mg/m³)				
Εύρος τιμών	0,67-2,84	0,72-1,99	0,47-1,98	0,69-1,14
Μ.Τ.±Τ.Α.	1,61±0,64	1,28±0,35	0,91±0,49	1,02±0,12

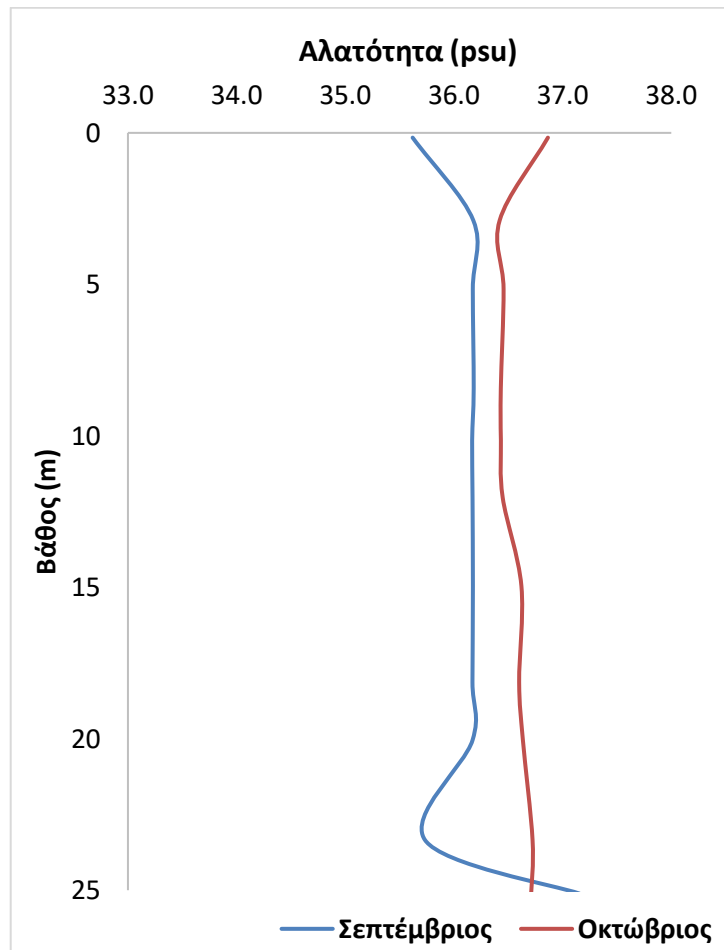


(α)

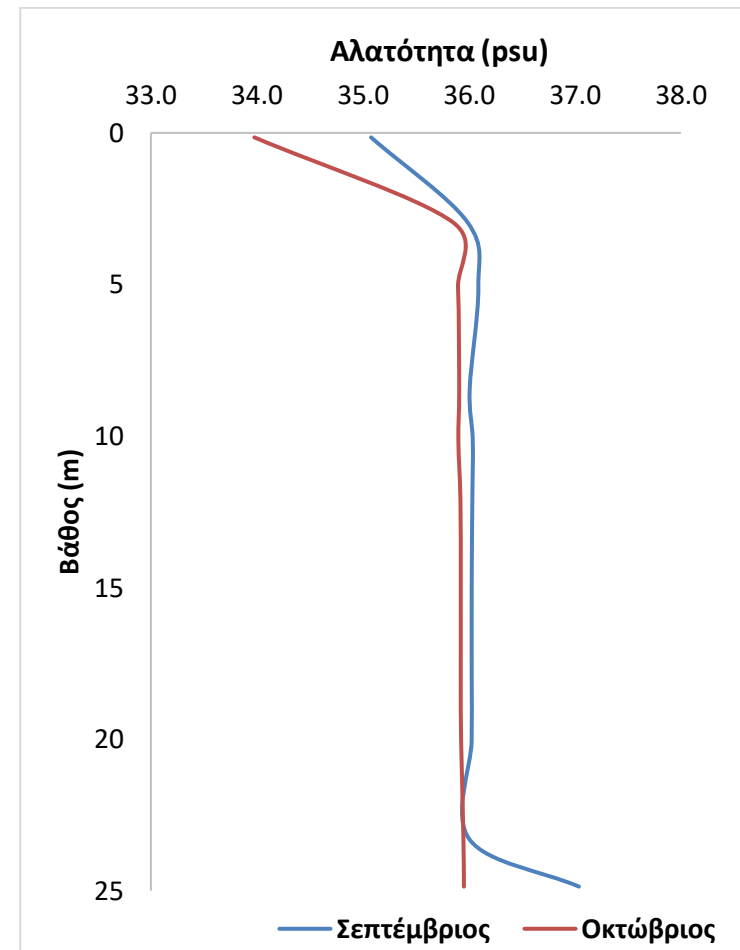


(β)

Σχήμα 3.1. Διακύμανση της θερμοκρασίας στα σημεία πόντισης των ειδικών κλωβών στη Μηλίνα (α) και στις Νηές (β).

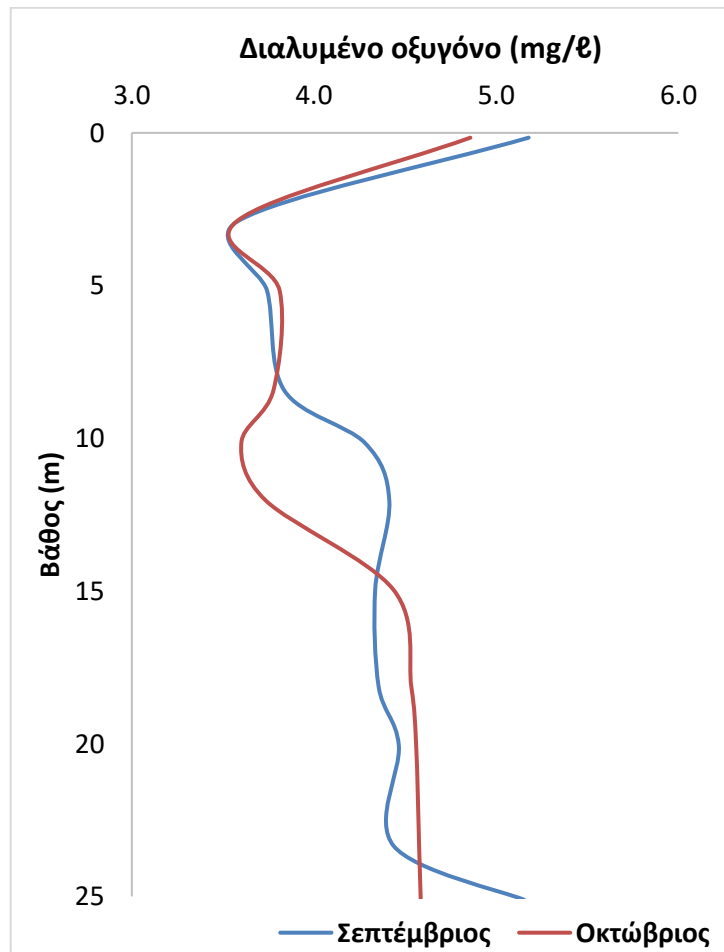


(α)

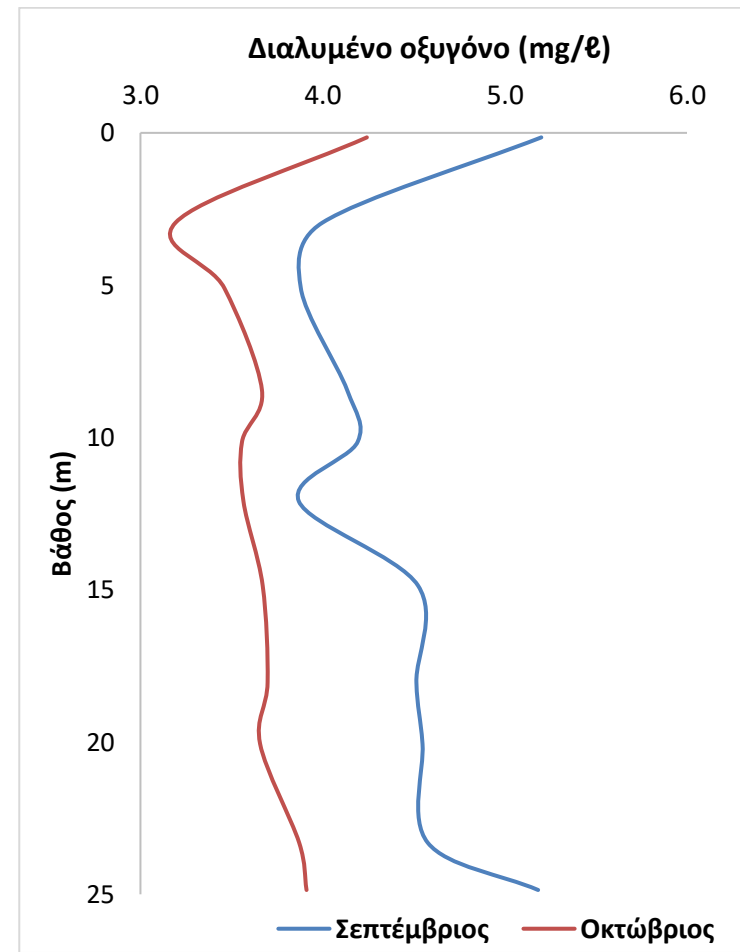


(β)

Σχήμα 3.2. Διακύμανση της αλατότητας στα σημεία πόντισης των ειδικών κλωβών στη Μηλίνα (α) και στις Νηές (β).

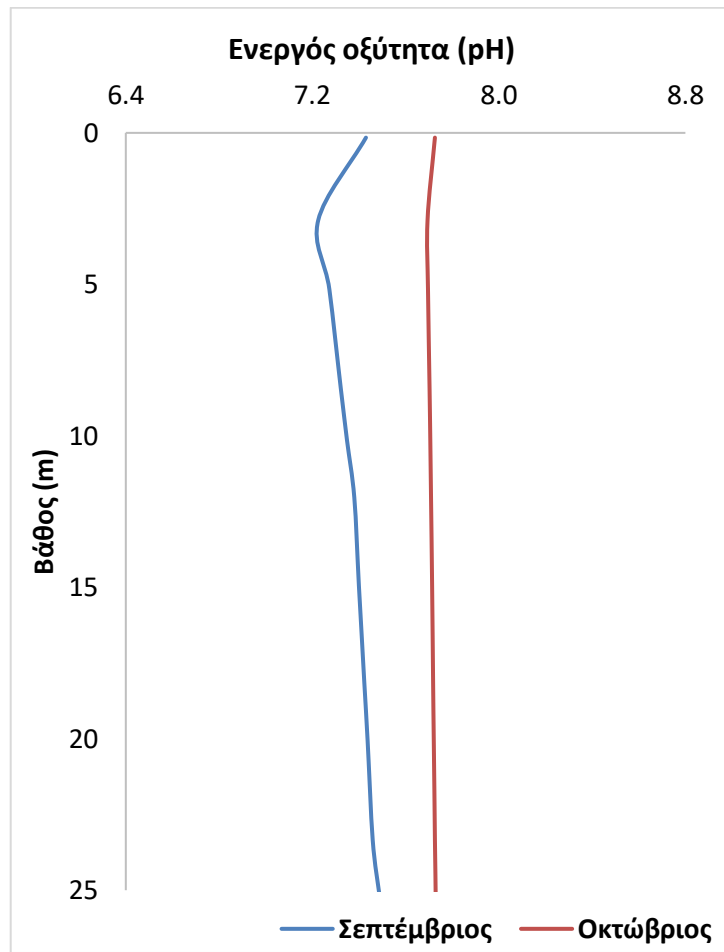


(α)

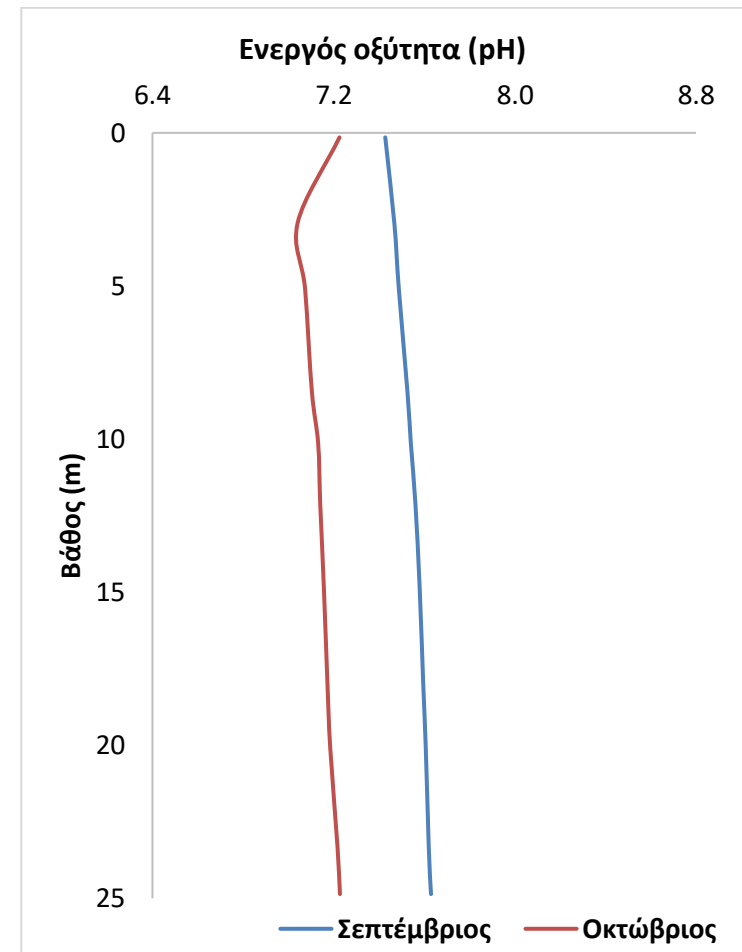


(β)

Σχήμα 3.3. Διακύμανση του διαλυμένου οξυγόνου στα σημεία πόντισης των ειδικών κλωβών στη Μηλίνα (α) και στις Νηές (β).

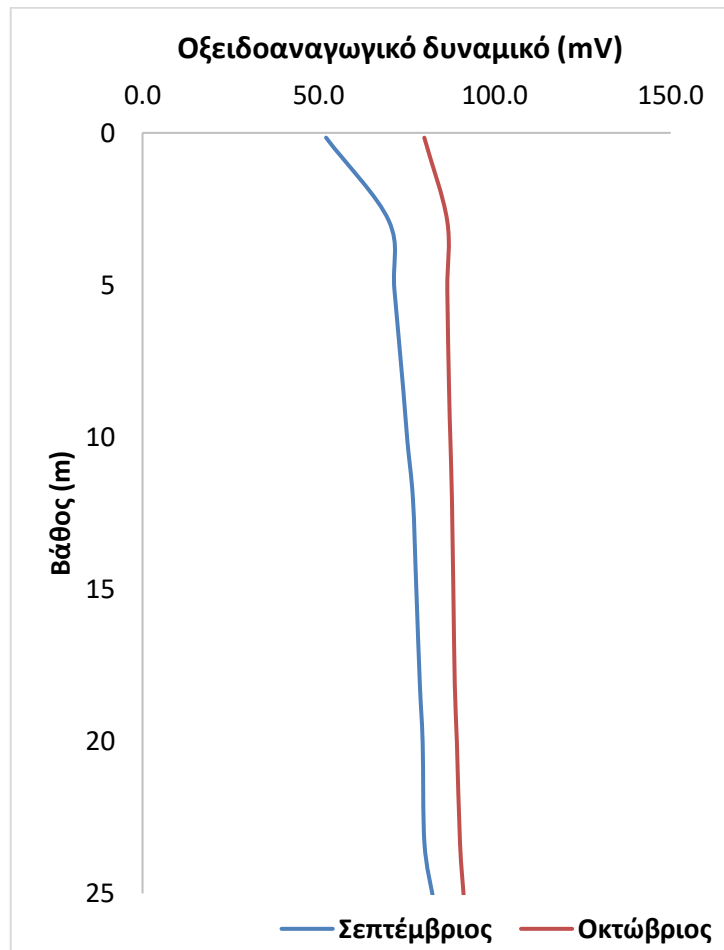


(α)

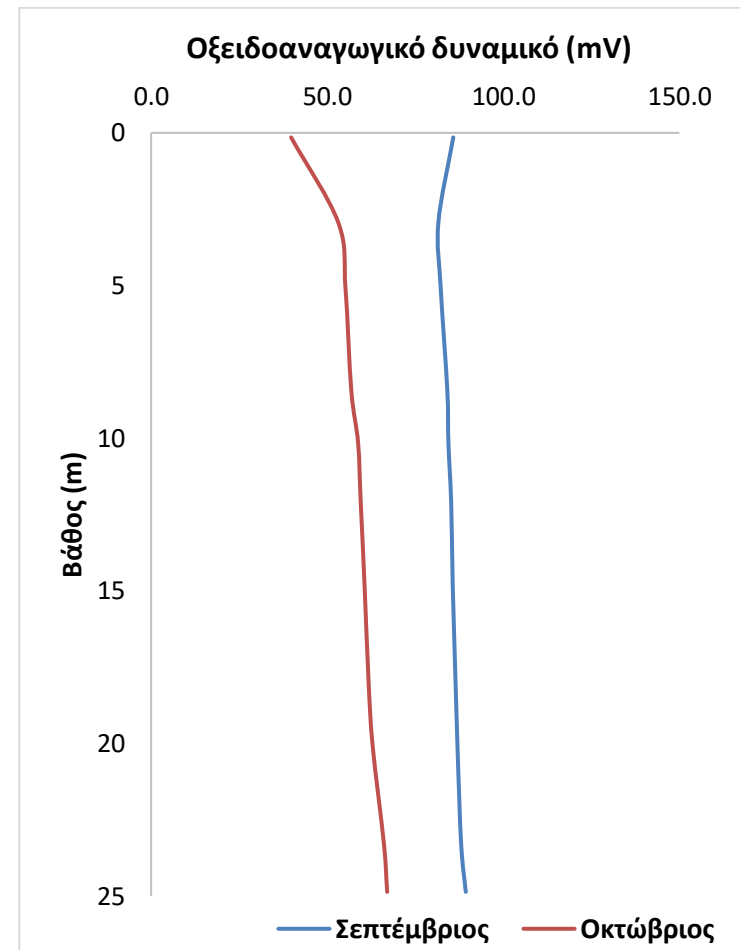


(β)

Σχήμα 3.4. Διακύμανση της ενεργού οξύτητας (pH) στα σημεία πόντισης των ειδικών κλωβών στη Μηλίνα (α) και στις Νηές (β).

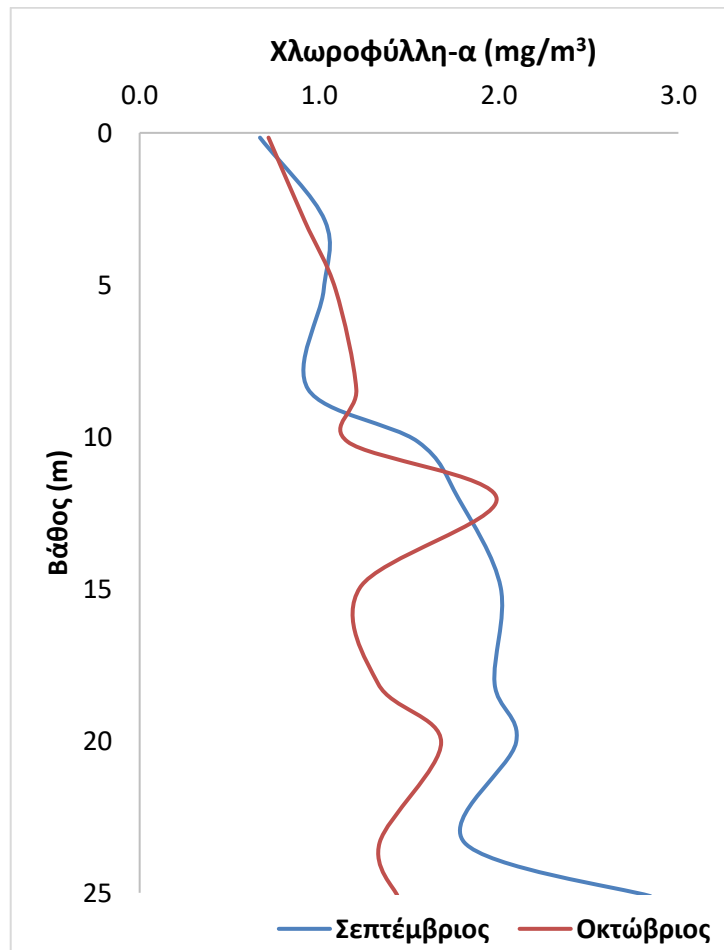


(α)

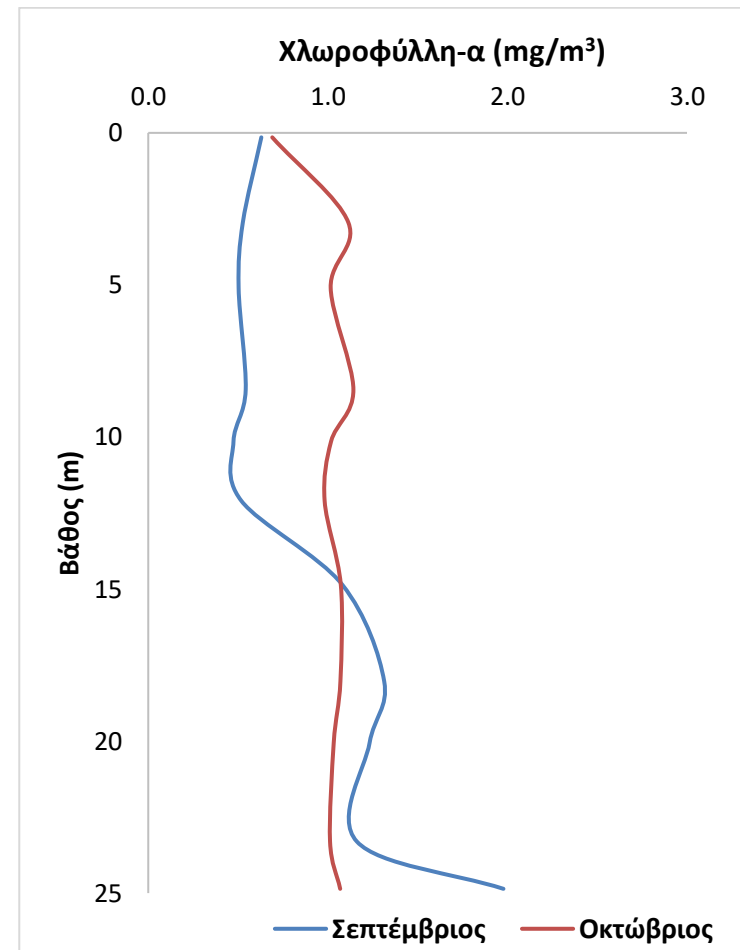


(β)

Σχήμα 3.5. Διακύμανση του οξειδοαναγωγικού δυναμικού (Redox) στα σημεία πόντισης των ειδικών κλωβών στη Μηλίνα (α) και στις Νηές (β).



(α)



(β)

Σχήμα 3.6. Διακύμανση της χλωροφύλλης-α στα σημεία πόντισης των ειδικών κλωβών στη Μηλίνα (α) και στις Νηές (β).

Η θερμοκρασία κυμάνθηκε μεταξύ 20,81-26,86 °C στη Μηλίνα και 22,03-26,54 °C στις Νηές (Πιν. 3.1). Οι υψηλότερες θερμοκρασίες καταγράφηκαν το Σεπτέμβριο και στις δυο μονάδες με εξαίρεση τα βάθη 23-25 m (Σχ. 3.1).

Η αλατότητα κυμάνθηκε μεταξύ 35,62-37,15 psu στη Μηλίνα και 33,98-37,04 psu στις Νηές (Πιν. 3.1). Οι υψηλότερες τιμές αλατότητας καταγράφηκαν το Σεπτέμβριο σε βάθος 25 m και στις δυο μονάδες (Σχ. 3.2).

Το διαλυμένο οξυγόνο κυμάνθηκε μεταξύ 3,58-5,18 mg/ℓ στη Μηλίνα και 3,19-5,20 mg/ℓ στις Νηές (Πιν. 3.1). Το διαλυμένο οξυγόνο ήταν υψηλότερο το Σεπτέμβριο και στις δυο μονάδες με εξαίρεση τα βάθη 15-23 m στη Μηλίνα (Σχ. 3.3).

Η ενεργός οξύτητα (pH) κυμάνθηκε μεταξύ 7,23-7,73 στη Μηλίνα και 7,04-7,63 στις Νηές (Πιν. 3.1). Οι υψηλότερες τιμές καταγράφηκαν στη Μηλίνα τον Οκτώβριο σε βάθος 25 m και στις Νηές το Σεπτέμβριο σε ίδιο βάθος. Οι χαμηλότερες τιμές καταγράφηκαν σε βάθη 0-3 m και στις δυο μονάδες (Σχ. 3.4).

Το οξειδοαναγωγικό δυναμικό κυμάνθηκε μεταξύ 52,13-91,22 mV στη Μηλίνα και 39,76-89,35 mV στις Νηές (Πιν. 3.1). Ομοίως με την ενεργό οξύτητα οι υψηλότερες τιμές καταγράφηκαν στη Μηλίνα τον Οκτώβριο και στις Νηές το Σεπτέμβριο σε βάθος 25 m. Οι χαμηλότερες τιμές καταγράφηκαν σε βάθη 0-3 m και στις δυο μονάδες (Σχ. 3.5).

Η χλωροφύλλη-α κυμάνθηκε μεταξύ 0,67-2,84 mg/m³ στη Μηλίνα και 0,47-1,98 mg/m³ στις Νηές (Πιν. 3.1). Οι υψηλότερες τιμές καταγράφηκαν το Σεπτέμβριο σε βάθος 25 m και στις δυο μονάδες (Σχ. 3.6).

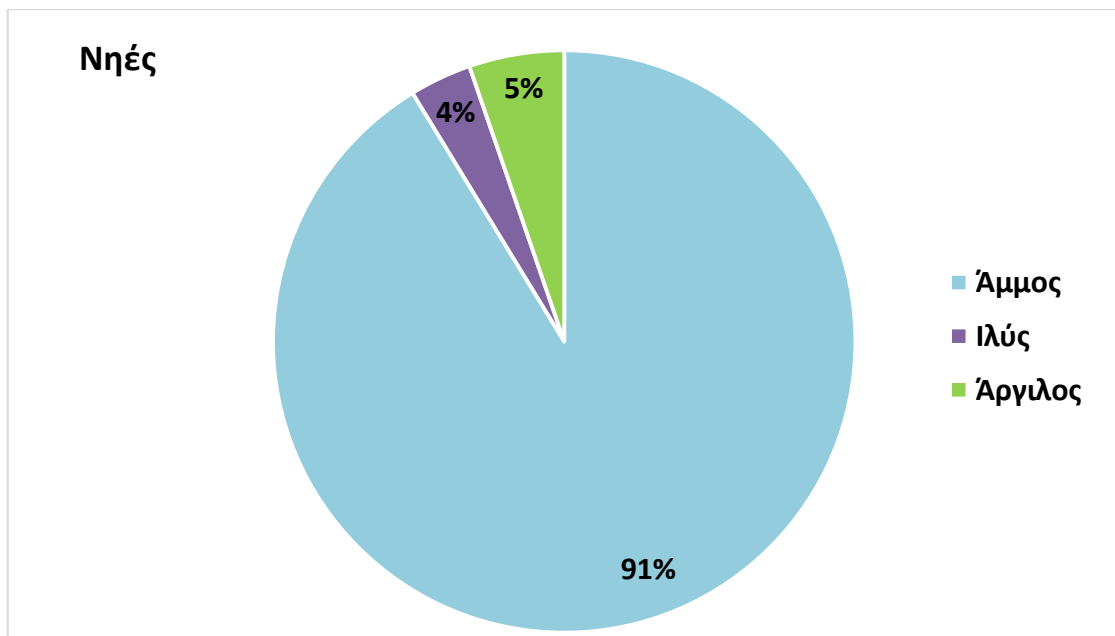
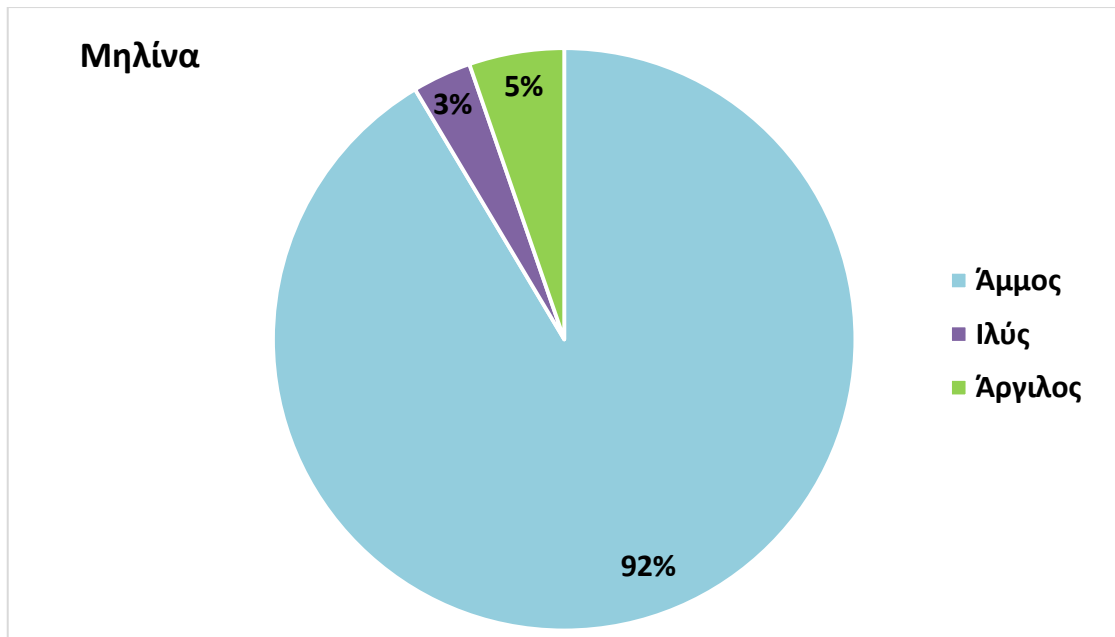
3.2. Κοκκομετρική σύσταση

Η Κοκκομετρική σύσταση του ιζήματος των δυο ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων, μέσα στους ειδικούς κλωβούς δίνεται στον Πίνακα 3.4 και στο Σχήμα 3.7.

Πίνακας 3.4. Κοκκομετρική σύσταση του ιζήματος μέσα στους ειδικούς κλωβούς στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες.

Περιοχή	Άμμος (%)	Ιλύς (%)	Άργιλος (%)
Μηλίνα	91,44	3,28	5,28
Νηές	91,28	3,44	5,28

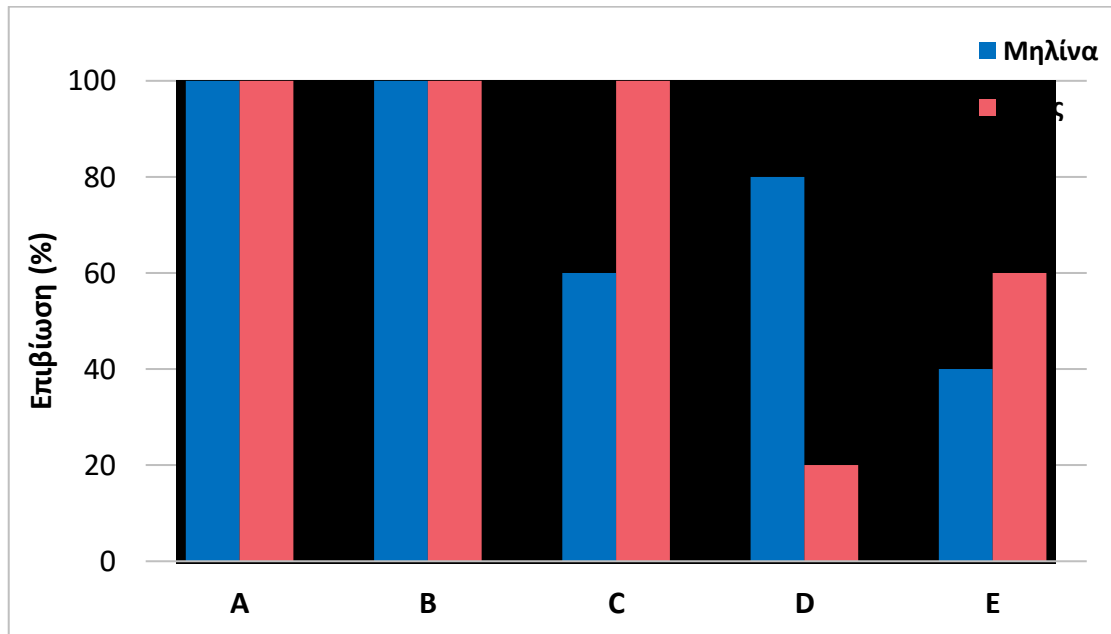
Η κοκκομετρική ανάλυση έδειξε ότι η σύσταση του ιζήματος στη Μηλίνα αποτελείται από 91,44% άμμο, 3,28% ιλύ και 5,28% άργιλο και στις Νηές από 91,28% άμμο, 3,44% ιλύ και 5,28% άργιλο (Πιν. 3.4, Σχ. 3.7).



Σχήμα 3.7. Διαγράμματα με την κοκκομετρική σύσταση του ιζήματος των ειδικών κλωβών στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες.

3.3. Επιβίωση ολοθουρίων

Στο σχήμα 3.8 δίνεται το ποσοστό επιβίωσης των ολοθουρίων στους ειδικούς κλωβούς στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες.



Σχήμα 3.8. Ποσοστό επιβίωσης των ολοθουρίων στους πέντε ειδικούς κλωβούς (A-E) στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες.

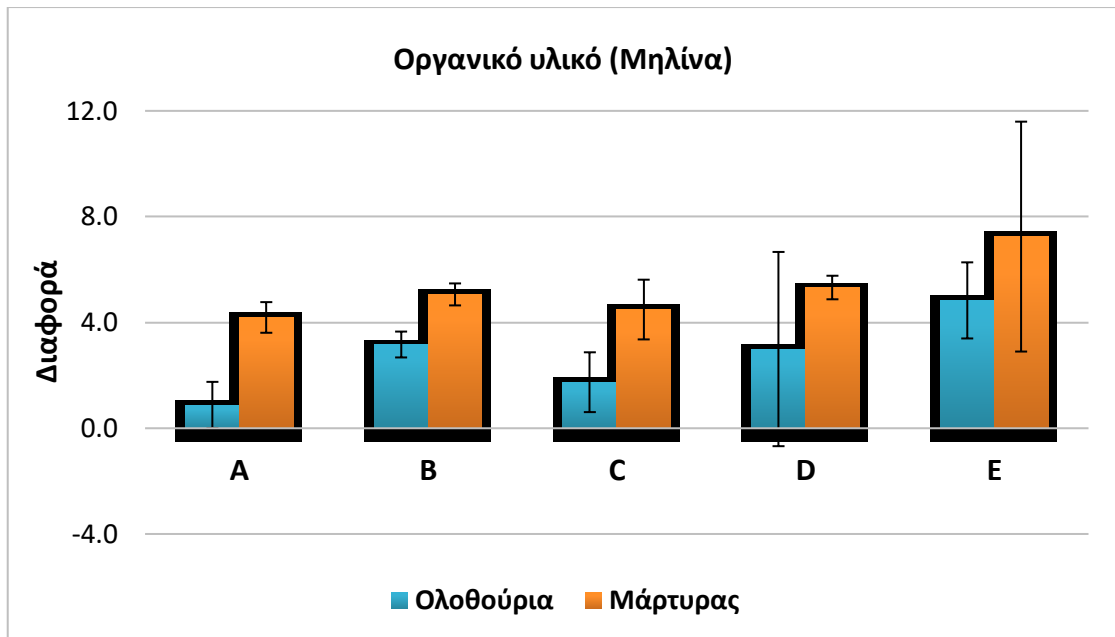
Το ποσοστό επιβίωσης των ολοθουρίων κυμάνθηκε μεταξύ 40-100% στη Μηλίνα και 20-100% στις Νηές (Σχ. 3.8). Το μέσο ποσοστό επιβίωσης των ολοθουρίων ήταν 76% και στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες. Στη Μηλίνα στους κλωβούς C, D και E βρέθηκαν 3, 4 και 2 ζωντανά ολοθούρια, ενώ στις Νηές στους κλωβούς D και E βρέθηκαν 1 και 3, αντίστοιχα.

3.4. Οργανικό υλικό

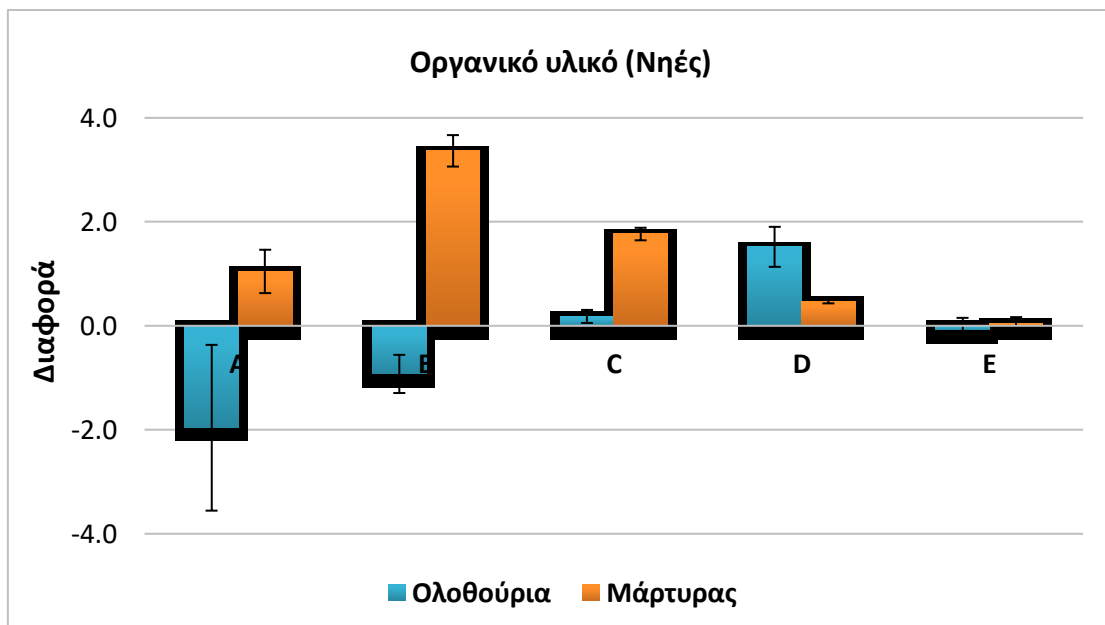
Στον Πίνακα 3.5 δίνονται το εύρος, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση του αρχικού και τελικού ποσοστού του οργανικού υλικού, στο ίζημα των ειδικών κλωβών με και χωρίς ολοθούρια (ολοθούρια & μάρτυρας) στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες. Στα σχήματα 3.9 και 3.10 δίνεται η διαφορά του οργανικού υλικού (τελικό-αρχικό) στο ίζημα των ειδικών κλωβών με και χωρίς ολοθούρια στη Μηλίνα και στις Νηές, αντίστοιχα. Στα σχήματα 3.11 και 3.12 δίνεται το ποσοστό μείωσης του οργανικού υλικού στο ίζημα των ειδικών κλωβών στη Μηλίνα και στις Νηές, αντίστοιχα. Στο σχήμα 3.13 δίνεται το μέσο ποσοστό μείωσης του οργανικού υλικού στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες.

Πίνακας 3.5. Εύρος, μέση τιμή (Μ.Τ.) & τυπική απόκλιση (Τ.Α.) του ποσοστού του οργανικού υλικού στο ίζημα των ειδικών κλωβών με και χωρίς ολοθούρια στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες.

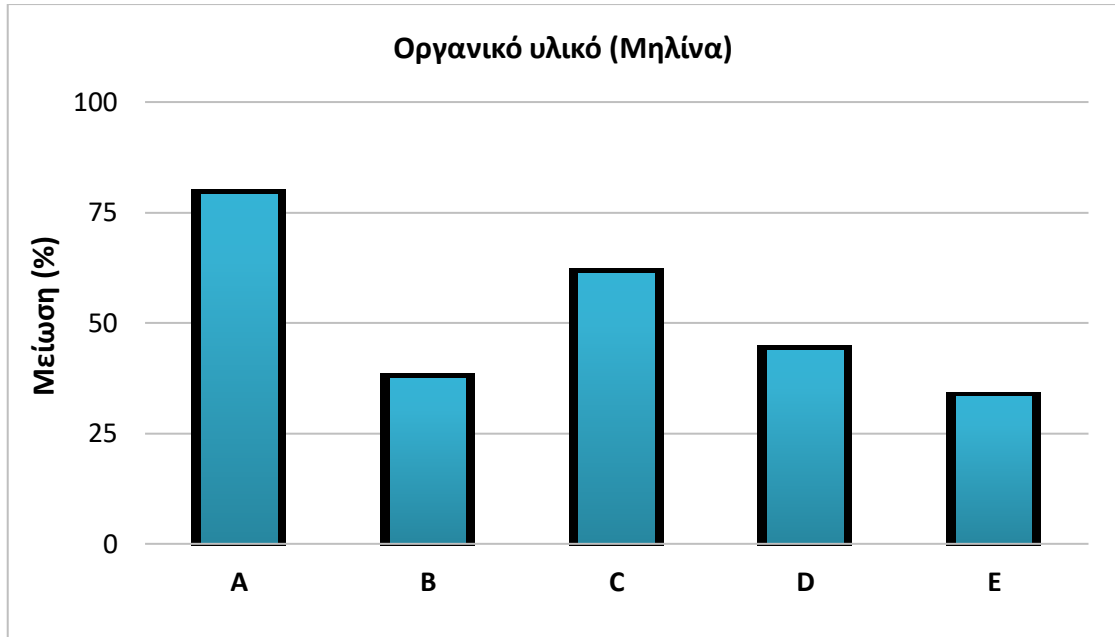
Οργανικό υλικό (%)	Ολοθούρια		Μάρτυρας	
	Αρχικό	Τελικό	Αρχικό	Τελικό
Μηλίνα				
Εύρος	2,92-4,42	3,82-11,72	2,92-4,78	5,82-14,47
Μ.Τ.±Τ.Α.	3,54±0,43	6,26±2,42	3,67±0,48	8,92±2,29
Νηές				
Εύρος	3,12-7,52	3,16-5,66	3,04-5,46	3,46-8,26
Μ.Τ.±Τ.Α.	4,39±1,33	4,14±0,67	4,09±0,78	5,43±1,58



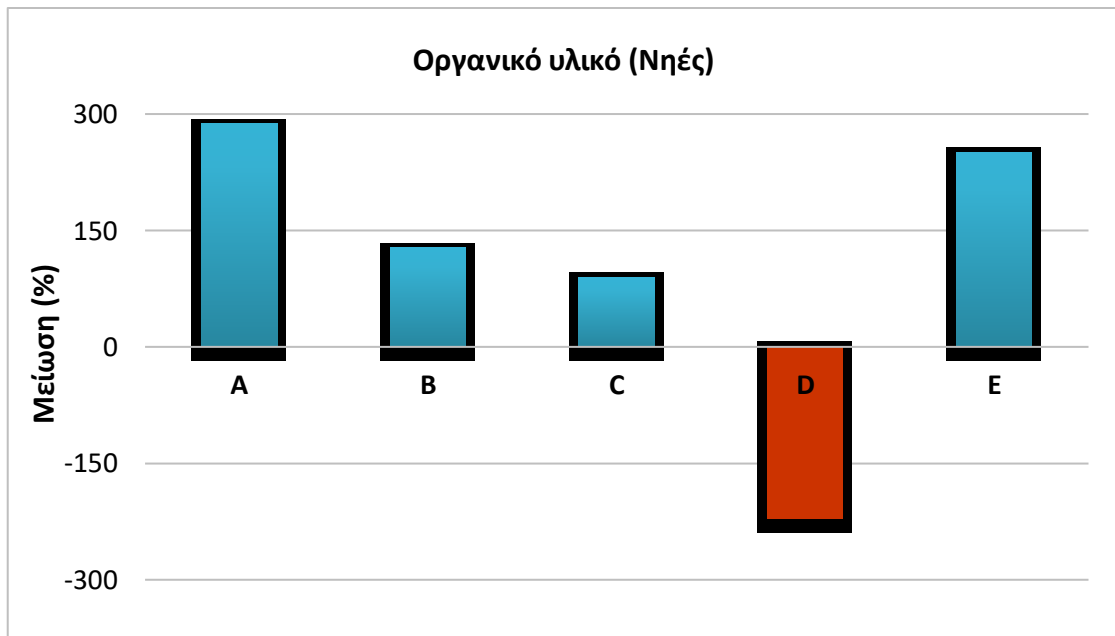
Σχήμα 3.9. Διαφορά του οργανικού υλικού (τελικό-αρχικό) στο ίζημα των πέντε ειδικών κλωβών (A-E) με και χωρίς ολοθούρια στη Μηλίνα.



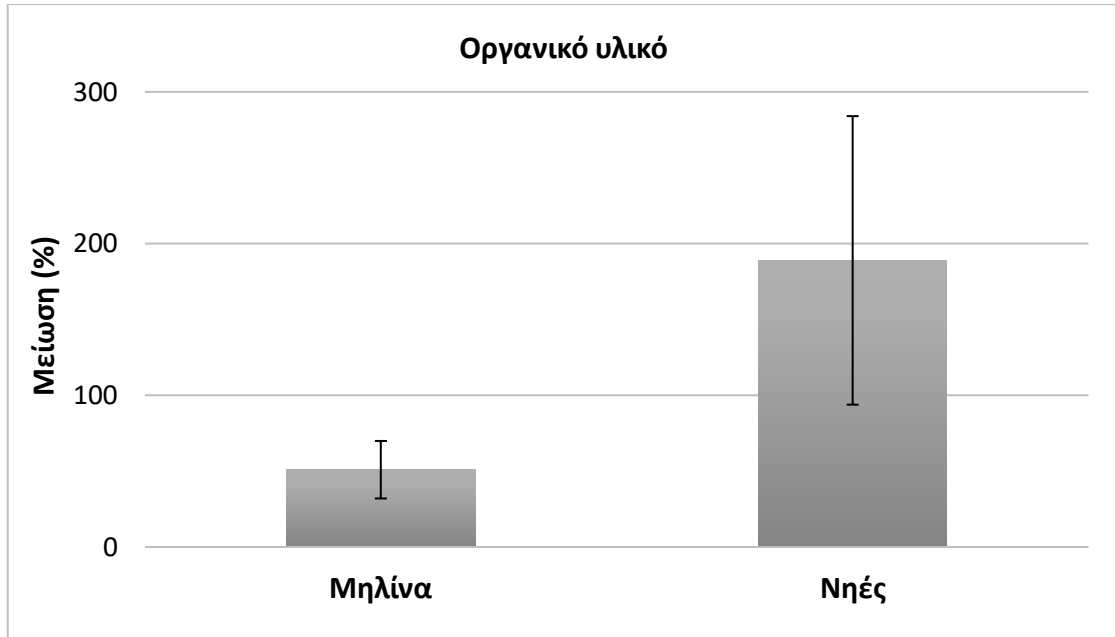
Σχήμα 3.10. Διαφορά του οργανικού υλικού (τελικό-αρχικό) στο ίζημα των πέντε ειδικών κλωβών (A-E) με και χωρίς ολοθούρια στις Νηές.



Σχήμα 3.11. Ποσοστό μείωσης του οργανικού υλικού στο ίζημα των πέντε ειδικών κλωβών (A-E) στη Μηλίνα.



Σχήμα 3.12. Ποσοστό μείωσης του οργανικού υλικού στο ίζημα των πέντε ειδικών κλωβών (A-E) στις Νηές.



Σχήμα 3.13. Μέσο ποσοστό μείωσης του οργανικού υλικού στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες.

Το ποσοστό του οργανικού υλικού στη Μηλίνα κυμάνθηκε μεταξύ 2,92-14,47%, ενώ στις Νηές μεταξύ 3,12-8,26%. Το αρχικό ποσοστό του οργανικού υλικού στους ειδικούς κλωβούς με τα ολοθούρια ήταν 3,54% ($\pm 0,43$) και στους μάρτυρες 3,67% ($\pm 0,48$) στη Μηλίνα, ενώ στις Νηές ήταν 4,39% ($\pm 1,33$) και 4,09% ($\pm 0,78$), αντίστοιχα (Πιν. 3.5).

Στη Μηλίνα το τελικό ποσοστό του οργανικού υλικού στους ειδικούς κλωβούς με τα ολοθούρια κυμάνθηκε μεταξύ 3,82-11,72% και στους μάρτυρες 5,82-14,47%, ενώ στις Νηές κυμάνθηκε μεταξύ 3,16-5,66% και 3,46-8,26%, αντίστοιχα (Πιν. 3.5).

Στη Μηλίνα η διαφορά του οργανικού υλικού κυμάνθηκε μεταξύ 0,88-4,83% στους κλωβούς με τα ολοθούρια και 4,19-7,25% στους μάρτυρες (Σχ. 3.9), ενώ στις Νηές κυμάνθηκε μεταξύ -1,96-1,52% και 0,05-3,37%, αντίστοιχα (Σχ. 3.10). Στις Νηές η διαφορά στους ειδικούς κλωβούς με τα ολοθούρια Α, Β και Ε ήταν αρνητική με ποσοστά -1,96, -0,93 και -0,08%, αντίστοιχα (Σχ. 3.10). Από το διάγραμμα προκύπτει ότι τα ολοθούρια στους κλωβούς αυτούς κατανάλωσαν μεγαλύτερο ποσοστό οργανικού υλικού από αυτό που αποτέθηκε κατά τη διάρκεια του μήνα.

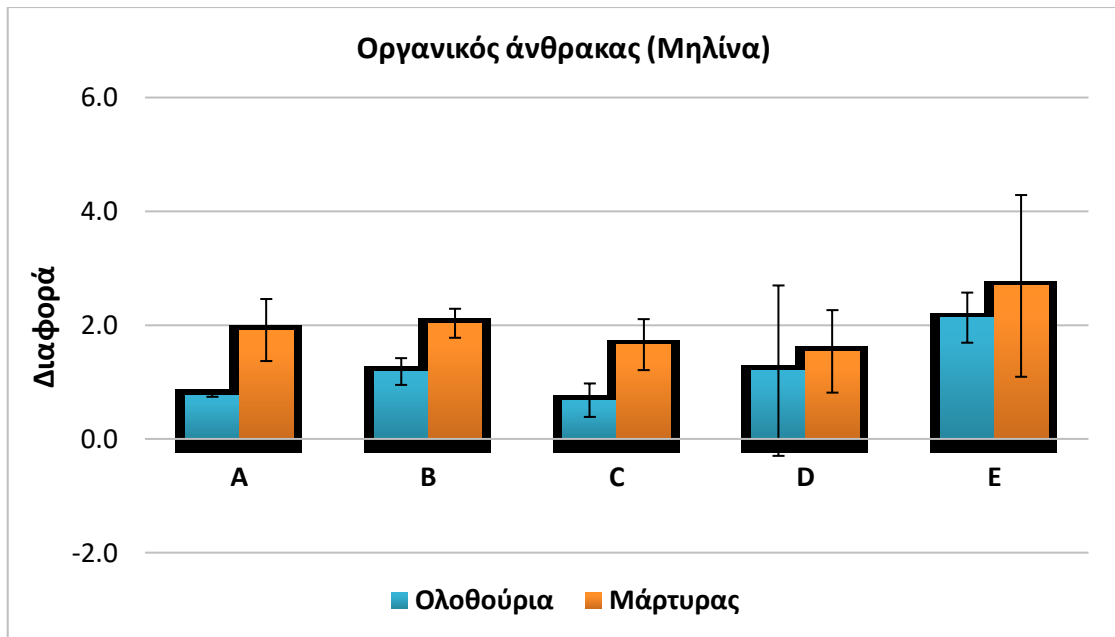
Το ποσοστό μείωσης του οργανικού υλικού κυμάνθηκε μεταξύ 33,29-79,01% στη Μηλίνα. Το υψηλότερο ποσοστό καταγράφηκε στον ειδικό κλωβό Α, ενώ το χαμηλότερο στον Ε (Σχ. 3.11). Στις Νηές το ποσοστό μείωσης του οργανικού υλικού κυμάνθηκε μεταξύ 89,81-287,38%. Το υψηλότερο ποσοστό καταγράφηκε στον ειδικό κλωβό Α, ενώ το χαμηλότερο στον C. Από τους υπολογισμούς εξαιρέθηκε ο ειδικός κλωβός D (Σχ. 3.12). Το μέσο ποσοστό μείωσης του οργανικού υλικού ήταν $50,95 \pm 18,97\%$ στη Μηλίνα και $188,91 \pm 95,11\%$ στις Νηές (Σχ. 3.13).

3.5. Οργανικός άνθρακας

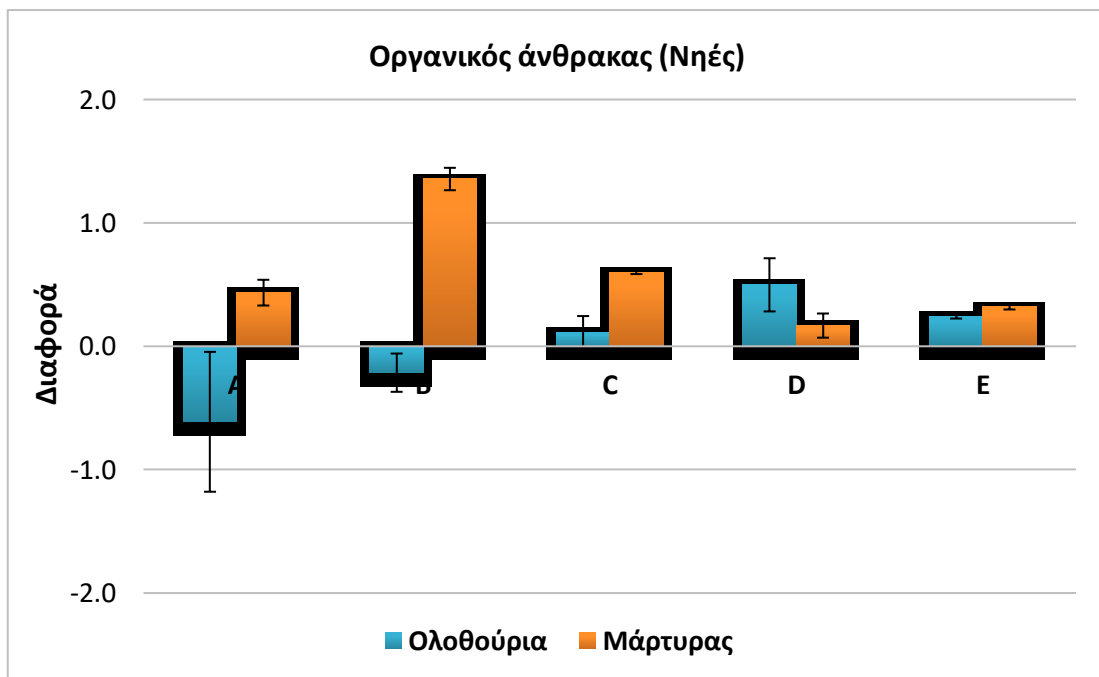
Στον Πίνακα 3.6 δίνονται το εύρος, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση του αρχικού και τελικού ποσοστού του οργανικού άνθρακα στο ίζημα των ειδικών κλωβών με και χωρίς ολοθούρια (ολοθούρια & μάρτυρας) στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες. Στα σχήματα 3.14 και 3.15 δίνεται η διαφορά του οργανικού άνθρακα (τελικό-αρχικό) στο ίζημα των ειδικών κλωβών με και χωρίς ολοθούρια στη Μηλίνα και στις Νηές, αντίστοιχα. Στα σχήματα 3.16 και 3.17 δίνεται το ποσοστό μείωσης του οργανικού άνθρακα στο ίζημα των ειδικών κλωβών στη Μηλίνα και στις Νηές, αντίστοιχα. Στο σχήμα 3.18 δίνεται το μέσο ποσοστό μείωσης του οργανικού άνθρακα στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες.

Πίνακας 3.6. Εύρος, μέση τιμή (Μ.Τ.) & τυπική απόκλιση (Τ.Α.) του ποσοστού του οργανικού άνθρακα στο ίζημα των ειδικών κλωβών με και χωρίς ολοθούρια στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες.

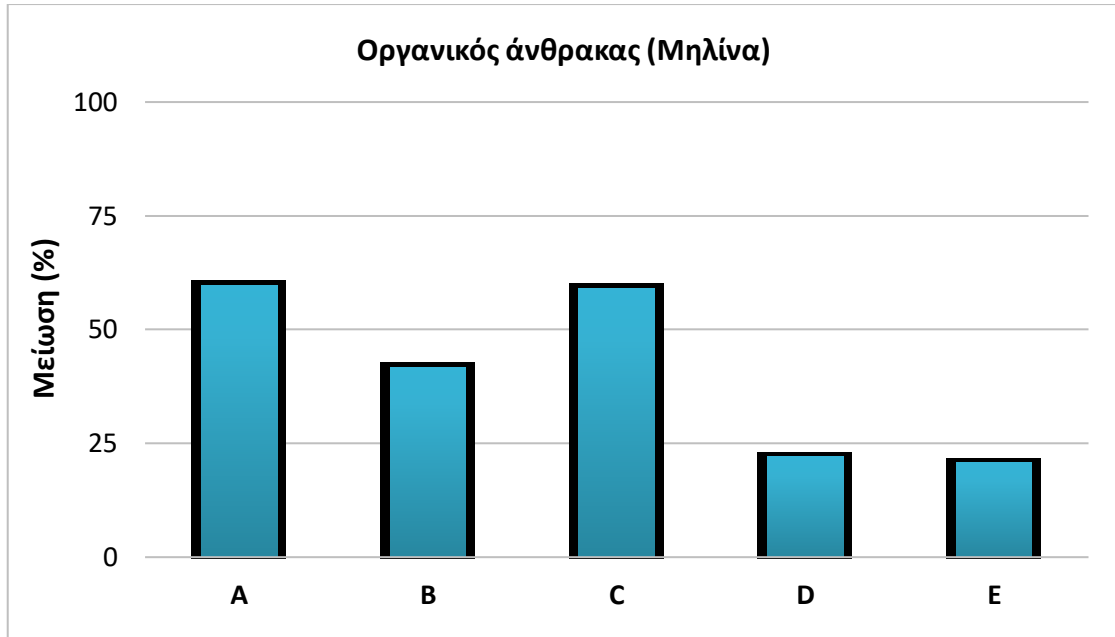
Οργανικός άνθρακας (%)	Ολοθούρια		Μάρτυρας	
	Αρχικό	Τελικό	Αρχικό	Τελικό
Μηλίνα				
Εύρος τιμών	0,36-1,28	0,84-4,24	0,48-1,42	1,51-4,65
Μ.Τ.±Τ.Α.	0,72±0,22	1,92±0,97	0,78±0,23	2,74±0,93
Νηές				
Εύρος τιμών	0,48-2,05	0,51-1,47	0,53-1,42	0,69-2,43
Μ.Τ.±Τ.Α.	0,91±0,48	0,92±0,26	0,83±0,28	1,41±0,57



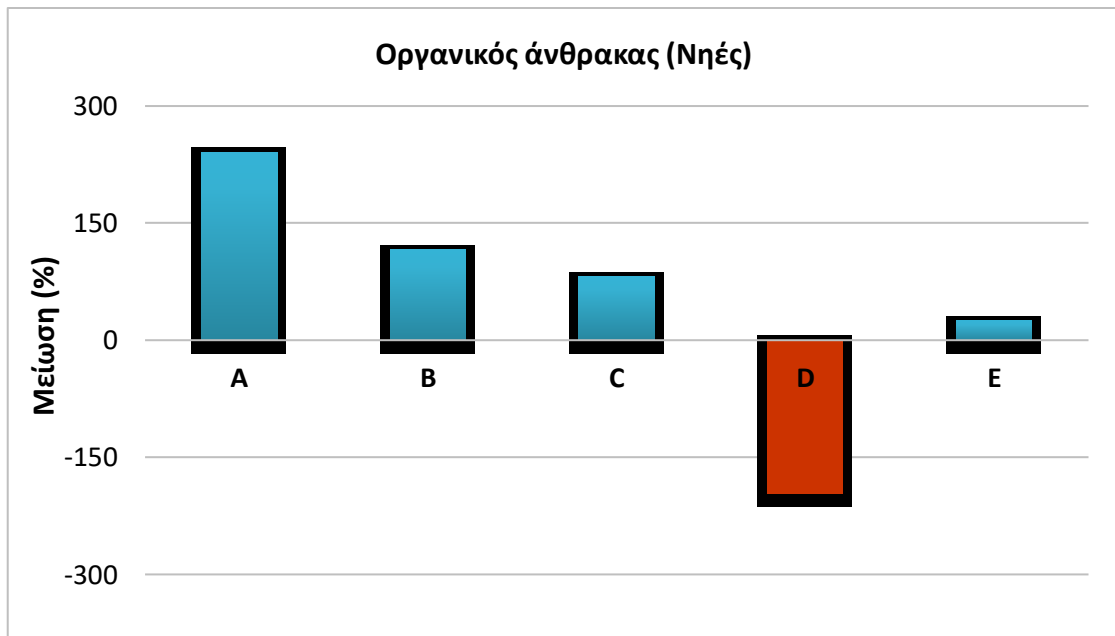
Σχήμα 3.14. Διαφορά του οργανικού άνθρακα (τελικό-αρχικό) στο ίζημα των πέντε ειδικών κλωβών (A-E) με και χωρίς ολοθούρια στη Μηλίνα.



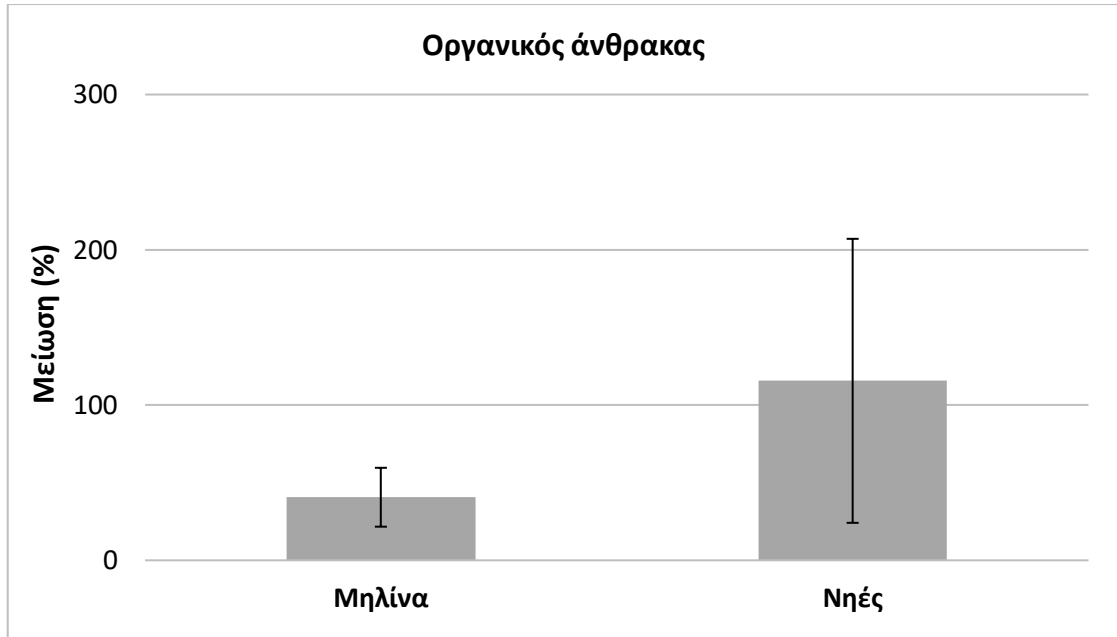
Σχήμα 3.15. Διαφορά του οργανικού άνθρακα (τελικό-αρχικό) στο ίζημα των πέντε ειδικών κλωβών (A-E) με και χωρίς ολοθούρια στις Νηές.



Σχήμα 3.16. Ποσοστό μείωσης του οργανικού άνθρακα στο ίζημα των πέντε ειδικών κλωβών (A-E) στη Μηλίνα.



Σχήμα 3.17. Ποσοστό μείωσης του οργανικού άνθρακα στο ίζημα των πέντε ειδικών κλωβών (A-E) στις Νηές.



Σχήμα 3.18. Μέσο ποσοστό μείωσης του οργανικού άνθρακα στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες.

Το ποσοστό του οργανικού άνθρακα στη Μηλίνα κυμάνθηκε μεταξύ 0,36-4,65%, ενώ στις Νηές μεταξύ 0,48-2,43%. Το αρχικό ποσοστό του οργανικού άνθρακα στους ειδικούς κλωβούς με τα ολοθούρια ήταν 0,72% ($\pm 0,22$) και στους μάρτυρες 0,78% ($\pm 0,23$) στη Μηλίνα, ενώ στις Νηές τα ποσοστά ήταν 0,91 ($\pm 0,48$) και 0,83% ($\pm 0,28$), αντίστοιχα (Πιν. 3.6).

Στη Μηλίνα το τελικό ποσοστό του οργανικού άνθρακα στους ειδικούς κλωβούς με τα ολοθούρια κυμάνθηκε μεταξύ 0,84-4,24% και στους μάρτυρες 1,51-4,65%, ενώ στις Νηές κυμάνθηκε μεταξύ 0,51-1,47% και 0,69-2,43%, αντίστοιχα (Πιν. 3.6).

Στη Μηλίνα η διαφορά του οργανικού άνθρακα κυμάνθηκε μεταξύ 0,68-2,13% στους ειδικούς κλωβούς με τα ολοθούρια και 1,54-2,69% στους μάρτυρες (Σχ. 3.14), ενώ στις Νηές κυμάνθηκε μεταξύ -0,61-0,50% και 0,17-1,36%, αντίστοιχα. Στις Νηές η διαφορά στους ειδικούς κλωβούς με τα ολοθούρια Α και Β ήταν αρνητική με ποσοστά -0,61, και -0,21%, αντίστοιχα (Σχ. 3.15). Από το διάγραμμα προκύπτει ότι τα ολοθούρια στους κλωβούς αυτούς κατανάλωσαν μεγαλύτερο ποσοστό οργανικού άνθρακα από αυτό που αποτέθηκε κατά τη διάρκεια του μήνα.

Το ποσοστό μείωσης του οργανικού άνθρακα κυμάνθηκε μεταξύ 20,75-59,64% στη Μηλίνα. Το υψηλότερο ποσοστό καταγράφηκε στον ειδικό κλωβό Α, ενώ το χαμηλότερο στον Ε (Σχ. 3.16). Στις Νηές το ποσοστό μείωσης του οργανικού άνθρακα κυμάνθηκε μεταξύ 24,69-240,69%. Το υψηλότερο ποσοστό καταγράφηκε στον ειδικό κλωβό Α, ενώ το χαμηλότερο στον Ε. Από τους υπολογισμούς εξαιρέθηκε ο ειδικός κλωβός D (Σχ. 3.17). Το μέσο ποσοστό μείωσης του οργανικού άνθρακα ήταν $40,63 \pm 18,97\%$ στη Μηλίνα και $115,60 \pm 91,46\%$ στις Νηές (Σχ. 3.18).

3.6. Στατιστική ανάλυση

Στον Πίνακα 3.7 δίνεται η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA) του περιεχόμενου οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα (τελικό-αρχικό) στο ίζημα μεταξύ των ειδικών κλωβών με και χωρίς ολοθούρια στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες.

Πίνακας 3.7. Σύγκριση του περιεχόμενου οργανικού υλικού και οργανικού άνθρακα στο ίζημα μεταξύ των ειδικών κλωβών (ολοθούρια & μάρτυρας) στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες (d.f.: Βαθμοί ελευθερίας, F: Λόγος, P level: Επίπεδο σημαντικότητας).

Μεταβλητή	(d.f.)	Ειδικός Κλωβός	
		F	P level
Οργανικό υλικό (%)			
Μηλίνα	9	8,70	*
Νηές	7	7,06	*
Οργανικός άνθρακας (%)			
Μηλίνα	9	5,61	*
Νηές	7	6,99	*

* $p < 0,05$

Η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA) έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές στα ποσοστά τόσο του οργανικού υλικού όσο και του οργανικού άνθρακα μεταξύ των ειδικών κλωβών με και χωρίς ολοθούρια και στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες (Πιν. 3.7).

Για τη στατιστική σύγκριση του περιεχόμενου οργανικού υλικού και οργανικού άνθρακα στις Νηές, εξαιρέθηκε ο ειδικός κλωβός D διότι δεν καταγράφηκε μείωση (Πιν. 3.7).

4. ΣΥΣΗΤΗΣΗ

4.1. Φυσικοχημικές παράμετροι

Η διακύμανση της θερμοκρασίας ήταν παρόμοια στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες. Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες καταγράφηκαν τον Οκτώβριο όπως ήταν αναμενόμενο.

Η διακύμανση της αλατότητας, όπως και της θερμοκρασίας ήταν παρόμοια στις δυο μονάδες. Η αλατότητα κυμάνθηκε μεταξύ 35,62-37,15 psu στη Μηλίνα και 33,98-37,04 psu στις Νηές. Οι Neofitou & Kliaoudatos (2008), σε έρευνα που διεξήχθη στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες διαπίστωσαν ότι κατά την εποχή του φθινοπώρου η αλατότητα κυμάνθηκε μεταξύ 37,10-37,70 psu στη Μηλίνα και 37,20-37,50 psu στις Νηές. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έδειξαν ότι η αλατότητα ήταν χαμηλότερη και στις δυο μονάδες.

Το διαλυμένο οξυγόνο ήταν $4,26 \pm 0,49$ mg/ℓ στη Μηλίνα και $4,05 \pm 0,53$ mg/ℓ στις Νηές. Κατά τους Neofitou & Kliaoudatos (2008), το διαλυμένο οξυγόνο την εποχή του φθινοπώρου ήταν $5,48 \pm 0,07$ mg/ℓ στη Μηλίνα και $5,31 \pm 0,08$ mg/ℓ στις Νηές. Συγκριτικά με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας ήταν υψηλότερο και στις δυο μονάδες. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στη θερμοκρασία ή στη ρευμάτωση.

Η ενεργός οξύτητα ήταν $7,55 \pm 0,18$ στη Μηλίνα και $7,35 \pm 0,21$ στις Νηές. Σε σύγκριση με τα αποτελέσματα των Neofitou & Kliaoudatos (2008), οι τιμές ήταν χαμηλότερες. Οι τιμές της ενεργού οξύτητας κυμάνθηκαν εντός των βέλτιστων ορίων διαβίωσης των εκτρεφόμενων ψαριών (Poxton & Allouse 1982).

Η διακύμανση του οξειδοαναγωγικού δυναμικού ήταν παρόμοια με της ενεργού οξύτητας και στις δυο μονάδες. Οι υψηλότερες τιμές καταγράφηκαν στη Μηλίνα τον Οκτώβριο και στις Νηές το Σεπτέμβριο σε βάθος 25 m, ενώ οι χαμηλότερες τιμές καταγράφηκαν σε βάθη 0-3 m και στις δυο μονάδες.

Οι υψηλότερες τιμές της χλωροφύλλης-α καταγράφηκαν το Σεπτέμβριο σε βάθος 25 m και στις δυο μονάδες.

4.2. Κοκκομετρική σύσταση

Η κοκκομετρική ανάλυση έδειξε ότι το ίζημα των ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων, στα σημεία πόντισης των ειδικών κλωβών, είναι παρόμοιας σύστασης και αποτελείται κυρίως από άμμο. Η σύσταση του ιζήματος στη Μηλίνα αποτελείται από 91,44% άμμο, 3,28% ιλύ και 5,28% άργιλο και στις Νηές από 91,28% άμμο, 3,44% ιλύ και 5,28% άργιλο. Με βάση τη σχετική αναλογία των κλασμάτων άμμου, ιλύος και αργίλου το ίζημα των δυο μονάδων είναι αμμώδες. Σύμφωνα με τους Mezali & Soualili (2013) το ολοθούριο *H. tubulosa* είναι ιδιαίτερα επιλεκτικό είδος που τρέφεται καταναλώνοντας αμμώδες ίζημα (0,06-2 mm).

4.3. Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας

Το αρχικό ποσοστό του οργανικού υλικού στους ειδικούς κλωβούς με τα ολοθούρια ήταν παρόμοιο με τους μάρτυρες στη Μηλίνα, ενώ στις Νηές το ποσοστό στα ολοθούρια ήταν ελάχιστα υψηλότερο. Το τελικό ποσοστό του οργανικού υλικού στους ειδικούς κλωβούς με τα ολοθούρια ήταν χαμηλότερο σε σχέση με τους μάρτυρες και στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες.

Τόσο στη Μηλίνα όσο και στις Νηές, η διαφορά του οργανικού υλικού (τελικό-αρχικό) ήταν χαμηλότερη στους ειδικούς κλωβούς με τα ολοθούρια σε σχέση με τους μάρτυρες. Από τα διαγράμματα προκύπτει ότι τα ολοθούρια αφαίρεσαν μεγάλη ποσότητα οργανικού υλικού, ενώ σε ορισμένους κλωβούς (A & B στις Νηές) η κατανάλωση ξεπέρασε το 100%. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι τα ολοθούρια στους

κλωβούς αυτούς κατανάλωσαν το σύνολο του οργανικού υλικού που αποτέθηκε κατά τη διάρκεια του μήνα, καθώς και ένα ποσοστό της αρχικής ποσότητας.

Στη Μηλίνα το ποσοστό μείωσης του οργανικού υλικού κυμάνθηκε μεταξύ 33,29-79,01%. Το υψηλότερο ποσοστό καταγράφηκε στον ειδικό κλωβό Α, ενώ το χαμηλότερο στον Ε. Αξίζει να σημειωθεί ότι στον ειδικό κλωβό Ε όπου καταγράφηκε και το χαμηλότερο ποσοστό μείωσης βρέθηκαν μόνο δυο ζωντανά ολοθούρια από τα πέντε που αρχικά είχαν τοποθετηθεί. Στις Νηές το ποσοστό μείωσης του οργανικού υλικού κυμάνθηκε μεταξύ 89,81-287,38%. Στον ειδικό κλωβό D δεν καταγράφηκε μείωση στο ποσοστό του οργανικού υλικού. Αυτό οφείλεται στις απώλειες των ολοθουρίων στο συγκεκριμένο κλωβό κατά τη διάρκεια του μήνα, αφού η θνησιμότητα έφτασε στο 80%. Το μέσο ποσοστό μείωσης του οργανικού υλικού ήταν 50,95% στη Μηλίνα και 188,91% στις Νηές. Οι Nikolaou et al. (2015) σε προκαταρκτική έρευνα που διεξήχθη στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες την άνοιξη, διαπίστωσαν ότι το μέσο ποσοστό μείωσης του οργανικού υλικού ήταν 40,42% στη Μηλίνα και 38,77% στις Νηές. Συγκριτικά με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας το ποσοστό μείωσης του οργανικού υλικού είναι πολύ χαμηλότερο στις Νηές.

Το αρχικό ποσοστό του οργανικού άνθρακα στους ειδικούς κλωβούς με τα ολοθούρια ήταν παρόμοιο με τους μάρτυρες τόσο στη Μηλίνα, όσο και στις Νηές. Όπως παρατηρήθηκε και στο οργανικό υλικό, το τελικό ποσοστό του οργανικού άνθρακα στους ειδικούς κλωβούς με τα ολοθούρια ήταν χαμηλότερο σε σχέση με τους μάρτυρες και στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες.

Στη Μηλίνα, το ποσοστό μείωσης του οργανικού άνθρακα κυμάνθηκε μεταξύ 20,75-59,64%. Ομοίως με το οργανικό υλικό, το υψηλότερο ποσοστό καταγράφηκε στον ειδικό κλωβό Α, ενώ το χαμηλότερο στον Ε. Στις Νηές, το ποσοστό μείωσης του οργανικού άνθρακα κυμάνθηκε μεταξύ 24,69-240,69%. Το υψηλότερο ποσοστό

καταγράφηκε στον ειδικό κλωβό Β, ενώ το χαμηλότερο στον Ε. Στον ειδικό κλωβό D δεν καταγράφηκε μείωση στο ποσοστό του οργανικού άνθρακα. Αυτό όπως αναφέρεται ανωτέρω οφείλεται στις απώλειες των ολοθουρίων στο συγκεκριμένο κλωβό. Το μέσο ποσοστό μείωσης του οργανικού άνθρακα ήταν 40,63% στη Μηλίνα και 115,60% στις Νηές. Κατά τους Nikolaou et al. (2015) την εποχή της άνοιξης το μέσο ποσοστό μείωσης του οργανικού άνθρακα ήταν λίγο υψηλότερο στη Μηλίνα (56,80%) και πολύ χαμηλότερο στις Νηές (42,28%).

Τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας έδειξαν ότι τα ολοθούρια του είδους *H. tubulosa* συμβάλουν σε σημαντικό βαθμό στη μείωση του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα. Η μεγάλη διαφορά που καταγράφεται στα ποσοστά μείωσης του οργανικού φορτίου μεταξύ των δυο περιοχών έρευνας, οφείλεται κατά κύριο λόγο στη διαφορετική ποσότητα απόθεσης αυτού κατά τη διάρκεια του ενός μήνα που διήρκησε η έρευνα. Στην περιοχή της Μηλίνας η ποσότητα του οργανικού φορτίου που αποτέθηκε ήταν πολύ μικρότερη σε σχέση με τις Νηές. Αυτό πιθανό να οφείλεται στο διαφορετικό μέγεθος των εκτρεφόμενων ψαριών που υπήρχαν στους ιχθυοκλωβούς κάτω από τους οποίους τοποθετήθηκαν οι ειδικοί κλωβοί ή και στην ταχύτητα ρευμάτωσης που επικρατεί στις περιοχές αυτές και διασκορπίζει το οργανικό φορτίο σε διαφορετικές αποστάσεις.

Οι Coulon and Jangoux (1993), αναφέρουν ότι μεγάλα άτομα του είδους *H. tubulosa* λόγω της διατροφικής τους συμπεριφοράς μπορούν να καταναλώσουν περισσότερο από 17 Kg ξηρού βάρους ιζήματος/έτος. Σύμφωνα με τους Costa et al. (2014), τα ολοθούρια *H. tubulosa* μπορούν να καταναλώσουν από 30% μέχρι και 100% από τα θρύμματα που παράγονται σε λειμώνες Ποσειδωνίας. Κατά τους Isgoren-Epiroglu & Gunay (2007b), το συγκεκριμένο είδος ολοθουρίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με εκτροφή ψαριών (πολυκαλλιέργεια), καθώς

συμβάλει όχι μόνο στη μείωση του οργανικού φορτίου αλλά και στη βελτίωση της ποιότητας του νερού.

Με βάση την ανάλυση των αποτελεσμάτων καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το είδος *H. tubulosa* θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως ένα φυσικό διαχειριστικό μέσο για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων των ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων στο υπόστρωμα.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Τα ποσοστά του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα είναι σημαντικά χαμηλότερα στους ειδικούς κλωβούς με ολοθούρια σε σύγκριση με τους μάρτυρες και στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες.
- Στατιστικά σημαντικές είναι οι διαφορές στα ποσοστά του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα μεταξύ των ειδικών κλωβών με και χωρίς ολοθούρια και στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες, σύμφωνα με την μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA).
- Το μέσο ποσοστό επιβίωσης των ολοθουρίων είναι υψηλό (76%) στις δυο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες.
- Το ολοθούριο *H. tubulosa* συμβάλει σημαντικά στη μείωση του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα.
- Το είδος *H. tubulosa* θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως ένα φυσικό διαχειριστικό μέσο για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων των ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων στο υπόστρωμα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

- ANEM (2001) Ανάπτυξη πολιτικής για την αειφόρο διαχείριση του Παρασητικού Κόλπου. Αποτελέσματα έρευνας μέσω του προγράμματος ΕΠΠΕ II. Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων. Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Μαγνησίας, Αναπτυξιακή Εταιρεία Μαγνησίας.
- Γεωργόπουλος Δ., Θεοχάρης Α. (1983) Υδρολογία της περιοχής του Παρασητικού κόλπου. Τεχνική Έκθεση Εθνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών, σελ. 5-33.
- Γκότση-Σκρέτα Ο. (1993) Φυτοπλαγκτονικές βιοκοινωνίες και χλωροφύλλη-α στον Παρασητικό κόλπο. Ωκεανογραφική Μελέτη Παρασητικού κόλπου. Τεχνική Έκθεση Εθνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών, σελ. 57-71.
- ΕΚΘΕ (1993) Ωκεανογραφική Μελέτη του Παρασητικού κόλπου κατά Σεπτέμβριο 1992. Τεχνική Έκθεση Εθνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών, 91 σελ.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2013) Στρατηγικές κατευθυντήριες γραμμές για τη βιώσιμη ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας στην Ε.Ε., 15 σελ.
- Θεοδώρου Α.Ι., Παναγιωτάκη Α., Μπουλαδάκη Α., Πνευματικός Η. (1997) Οικολογική κατάσταση του Παρασητικού κόλπου και δυνατότητες χρήσεις παράκτιων περιοχών του για εκτροφή ιχθύων. Επιθεώρηση Ζωοτεχνικής Επιστήμης. 23:29-49.
- Κλαουδάτος Σ., Κλαουδάτος Δ. (2012) Καλλιέργειες φυτικών και εκτροφές υδρόβιων ζωικών οργανισμών. Εκδόσεις Προπομπός, Αθήνα, 478 σελ.
- Κουσούρης Θ.Σ., Φώτης Γ., Κονίδης Α. (1995) Περιβάλλον και υδατοκαλλιέργεια, η αμφίδρομη σχέση των επιπτώσεων. Αθήνα, 187 σελ.
- Λασκαράτος Α., Θεοχάρης Α. (1984) Συμβολή στη μελέτη της φυσικής Ωκεανογραφίας του Παρασητικού κόλπου. Πρακτικά 1^{ου} Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, σελ. 50-55.
- Μήλιου Ε. (2008) Βιολογική υδατοκαλλιέργεια, Προοπτικές ανάπτυξης. Πανεπιστημιακές παραδόσεις. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Μουντράκης Δ. (1985) Γεωλογία της Ελλάδας. University studio press, 207 σελ.
- Μπαλόπουλος Ε., Παπαγεωργίου Ε., Χαραλαμπάκης Α., Παπαδόπουλος Β. (1987) Μετρήσεις θαλασσίων ρευμάτων στο δυτικό Αιγαίο Πέλαγος: Παρασητικός κόλπος. Πρακτικά 2^{ου} Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, σελ. 282-293.
- Περισοράτης Κ., Ζαχαράκης Π., Ανδρινόπουλος Α. (1993) Ιζηματολογία των επιφανειακών ιζημάτων του Παρασητικού κόλπου και του διαύλου του Τρικεριού (Αιγαίο Πέλαγος). Τεχνική Έκθεση ΙΓΜΕ.

ΥΠΑΑΤ (2014) Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. Γενική Διεύθυνση Αλιείας, Διεύθυνση Υδατοκαλλιεργειών και Εσωτερικών Υδάτων. Πολυετές εθνικό σχέδιο για την ανάπτυξη βιώσιμης υδατοκαλλιέργειας. Αθήνα, 53 σελ.

Φριλίγκος Ν., Ψυλλίδου Ρ., Χατζηγεωργίου Ε. (1990) Η κατάσταση ευτροφισμού στον Παγασητικό κόλπο. Τεχνική Έκθεση Εθνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών, σελ. 63-78.

Διεθνής βιβλιογραφία

Amon R.M.W., Herndl G.J. (1991) Deposit feeding and sediment: I. Interrelationship between *Holothuria tubulosa* (Holothuroidea, Echinodermata) and the sediment microbial community. *Marine Ecology*, 12:163-174.

Antoniadou C., Vafidis D. (2011) Population structure of the traditionally exploited holothurian *Holothuria tubulosa* in the south Aegean Sea. *Cahiers de biologie marine*, 52:171-175.

Aydin M. (2008) The commercial sea cucumber fishery in Turkey. *SPC Beche de Mer Information Bulletin*, 28:40-41.

Bouyoucos G.J. (1962) Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal*, 54:464-465.

Bulteel P., Jangoux M., Coulon P. (1992) Biometry, bathymetric distribution, and reproductive cycle of the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in Mediterranean seagrass beds. *Marine Ecology*, 13:53-62.

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.

Cakli S., Cadun A., Kisla D., Dincer T. (2004) Determination of quality characteristics of *Holothuria tubulosa*, (Gmelin, 1788) in Turkish Sea (Aegean Region) depending on sun drying process step used in Turkey. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 13:69-78.

Costa V., Mazzola A., Vizzini S. (2014) *Holothuria tubulosa* Gmelin 1791 (Holothuroidea, Echinodermata) enhances organic matter recycling in *Posidonia oceanica* meadows. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 461:226-232.

Coulon P., Jangoux M. (1993) Feeding rate and sediment reworking by the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in a Mediterranean seagrass bed off Ischia Island, Italy. *Marine Ecology Progress Series*, 92:201-204.

Despalatovic M., Grubelic I., Simunovic A., Antolic B., Zuljevic A. (2004) Reproductive biology of the holothurian *Holothuria tubulosa* (Echinodermata)

in the Adriatic Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 84:409-414.

- Friligos N. (1988) Nutrient enrichment and circulation of water masses in the Pagasitikos Gulf (Aegean Sea). *Oceanologica Acta* In: Minas H.J., Nival P. (eds) *Océanographie pélagique méditerranéenne*. Montrouge, France, p. 111-122.
- Gabrielidis G.P., Theocharis A.C. (1978) Physical and chemical characteristics of Pagassitikos gulf. *Thalassographica*, 2:135-153.
- Gaudette H.E., Flight W.R., Toner L., Floger D.W. (1974) An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments. *Journal of Sedimentary Research* 44:249-253.
- Gunay D., Emiroglu D., Tolon T., Ozden O., Saygi H. (2015) Growth and Survival Rate of Juvenile Sea Cucumbers (*Holothuria tubulosa*, Gmelin, 1788) at Various Temperatures. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 15:539-547.
- Gustato, G., Villari, A., Del Gaudio, S., Pedata, P., 1982. Ulteriori dati sulla distribuzione di *Holothuria tubulosa*, *Holothuria polii* e *Holothuria stellati* nel Golfo di Napoli. *Bolletino della Societa' dei Naturalisti in Napoli*, 91:1-14.
- Hudson I.R., Wigham B.D., Solan M., Rosenberg R. (2005) Feeding behaviour of deepsea dwelling holothurians: inferences from a laboratory investigation of shallow fjordic species. *Journal of Marine Systems*, 57: 201-218.
- Isgoren-Emiroglu D., Gunay D. (2007a) The effect of sea cucumber *Holothuria tubulosa* (G. 1788) on nutrient and organic matter contents of bottom sediment of oligotrophic and hypereutrophic shores. *Fresenius Environmental Bulletin*, 16:290-294.
- Isgoren-Emiroglu D., Gunay D. (2007b) The effect of sea cucumber *Holothuria tubulosa* (G., 1788) on nutrient and sediment of Aegean Sea shores. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10:586-589.
- IUCN (2007) *Guide for the Sustainable Development of Mediterranean Aquaculture: Interaction between Aquaculture and the Environment*. IUCN, Gland, Switzerland and Malaga, Spain.
- Kazanidis G., Antoniadou C., Lolas A.P., Neofitou N., Vafidis D., Chintiroglou C., Neofitou C. (2010) Population dynamics and reproduction of *Holothuria tubulosa* (Holothuroidea: Echinodermata) in the Aegean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90:895-901.
- Kazanidis G., Lolas A.P., Vafidis D. (2014) Reproductive cycle of the traditionally exploited sea cucumber *Holothuria tubulosa* (Holothuroidea: Aspidochirotida) in Pagasitikos Gulf, western Aegean Sea, Greece. *Turkish Journal of Zoology*, 38:306-315.

- Koukouras A., Sinis A. (1981) Benthic fauna of the North Aegean Sea II. Crinoidea and Holothuroidea (Echinodermata). *Vie et Milieu*, 31:271-281.
- Koukouras A., Sinis A., Bobori D., Kazantzidis S., Kitsos M. (2007) The echinoderm (Deuterostomia) fauna of the Aegean Sea and comparison with those of the neighbouring seas. *Journal of Biological Research*, 7:67-92.
- Koutsouvelis A., Galanakis D. (1990) Les mouvements tectoniques autour du golfe Pagassitikos du Pliocène au Récent. Rapport Commission Internationale de la Mer Méditerranée, 32(1):102.
- MacTavish T., Stenton-Dozey J., Vopel K., Savage C. (2012) Deposit-feeding sea cucumbers enhance mineralization and nutrient cycling in organically-enriched coastal sediments. *PloS one* 7:e50031.
- Massin C., Jangoux M. (1976) Observations ecologiques sur *Holothuria tubulosa*, *H. poli* et *H. forskali* (Echinodermata-Holothuroidea) et comportement alimentaire de *H. tubulosa*. *Cahiers de Biologie Marine*, 17:45-59.
- McDougall N., Black K.D. (1999) Determining sediment properties around a marine cage farm using acoustic ground discrimination: RoxAnn™. *Aquaculture Research*, 30:451-458.
- Meysman F.J., Middelburg J.J., Heip C.H. (2006) Bioturbation: a fresh look at Darwin's last idea. *Trends in Ecology & Evolution*, 21:688-695.
- Mezali K., Soualili D.L. (2013) The ability of holothurians to select sediment particles and organic matter. *SPC Beche de Mer Information Bulletin*, 33:38-43.
- Moriarty D.J.W. (1982) Feeding of *Holothuria atra* and *Stichopus chloronotus* on bacteria, organic carbon and organic nitrogen in sediments of the Great Barrier Reef. *Australian Journal of Marine and Freshwater Resources*, 33:255-263.
- 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.
- Nikolaou M., Neofitou N., Lolas A., Syvri R., Tziantziou L. (2015) A preliminary study on the impact of feeding activity of sea cucumber (*Holothuria tubulosa*) on fish farm depositions. *Cutting Edge Science in Aquaculture*. Aquaculture 2015. Montpellier, France, 23-26 August.
- Pancucci-Papadopoulou M.A., 1996. Fauna Graeciae VI: The Echinodermata of Greece. Hellenic Zoological Society, Athens.
- Papachristou E., Haritonidis S. (1992) Present status of eutrophication in Pagasitikos Gulf, Magnesia, Greece. I. Biological indicators - pollution sources. *Fresenius Environmental Bulletin*, 1:506-510.

- Poxton M.G., Allouse S.B. (1982) Water quality criteria for marine fisheries. *Aquaculture Engineering*, 1:153-191.
- Purcell S.W., Samyn Y., Conand C. (2012) Commercially important sea cucumbers of the world, *FAO Species Catalogue for Fishery Purposes No. 6*, FAO Rome, p. 212.
- Roberts D., Gebruk A., Levin V., Manship B.A. (2000) Feeding and digestive strategies in deposit-feeding holothurians. In: Gibson R.N., Barnes M. (eds) *Oceanography Marine Biology Annual Review*, 38:257-310.
- Slater M.J., Jeffs A.G., Sewell M.A. (2011) Organically selective movement and deposit-feeding in juvenile sea cucumber, *Australostichopus mollis* determined in situ and in the laboratory. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 409:315-323.
- Theocharis A., Laskaratos A. (1985) Water type formation and spreading in Pagassitikos gulf (NW Aegean). *Rapport Commission Internationale de la Mer Méditerranée*, 29(3):37-38
- Tortonese E., Vadon C. (1987) Oursins et Holothuries. In: Fischer W., Bouchon M.L., Schneider M. (eds) *Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche (révision I) - Méditerranée et Mer Noire. Zone de pêche 37*. FAO Rome, p. 743-760.
- Vafidis D., Tsagridis A., Chintiroglou C., Stamatis N., Antoniadou C. (2008) Fisheries, processing and trade of the South Aegean holothurian stocks. Ministry of Agricultural Development and Food, Operational Programme for Greek fisheries for the period 2000-2006, Final Technical Report, Greece, p. 83.
- 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.
- Zar J.H. (1984) *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey, p 718.

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

(<http://diocles.civil.duth.gr/links/home/database/magnisia/pr36ge.pdf>).

(<http://www.imagesofgreece.co.uk/pelionmap1.html>)

(http://www.pelionweb.gr/el/plirofories/xartes/xartis_piliou/)

ABSTRACT

The aim of this study was to assess the effect of sea cucumber *Holothuria tubulosa* on organic load reduction from fish farming operation.

Two marine fish farms were examined. The first is situated at the southeast and the second at the southwest part of Pagasitikos gulf. Two seasonal samplings were carried out (September & October 2015) at both fish farms.

At each fish farm 5 experimental cages were placed on the substrate under the net pens. Each experimental cage was separated in two equal parts. Five individuals of *H. tubulosa* were placed in one part of each experimental cage, while the other one was used as control. Vertical profiles of physicochemical characteristics were measured at each farm. Furthermore, sediment samples were collected for analysis of granulometric composition and for the estimation of organic matter and organic carbon consumption by sea cucumbers.

The grain-size analysis showed that the sediment of both farms was mainly composed of sand, with percentages (91,44%, in Milina and 91,28% in Nies). The reduction of organic matter was 50,95% ($\pm 18,97$) in Milina and 188,91% ($\pm 95,11$) in Nies, while the reduction of organic carbon was 40,63% ($\pm 18,97$) and 115,60% ($\pm 91,46$), respectively.

The one-way ANOVA indicated significant differences for organic matter and organic carbon proportions between the cages with holothurians and control for both studied farms.

According to the results of this study the main conclusion is that the feeding activity of *Holothuria tubulosa* seemed to reduce the total organic matter and organic carbon concentrations of the fish farm biodeposits, demonstrating their potential as an important organic-reducing component.

Keywords: fish farming, environmental effects, sea cucumbers, deposit feeding, Pagasitikos gulf.