

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ 1994

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΕΚΤΡΕΦΟΜΕΝΩΝ
ΜΥΔΙΩΝ (*MYTILUS GALLOPROVINCIALIS*) ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ
ΤΗΝ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ
ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΦΟΡΕΑΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΡΓΟΥ:

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

1998

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

Συντονιστής του Προγράμματος, Επιστημονικός υπεύθυνος:

Στυλιανός Κιλικίδης, Καθηγητής, Διευθυντής Εργαστηρίου Οικολογίας και
Προστασίας Περιβάλλοντος, Τμήματος Κτηνιατρικής,
Α.Π.Θ..

Υπεύθυνοι για την ποιότητα του θαλάσσιου περιβάλλοντος:

Αθανάσιος Καμαριανός, αναπληρωτής καθηγητής Εργαστηρίου Οικολογίας και
Προστασίας Περιβάλλοντος, Τμήματος Κτηνιατρικής,
Α.Π.Θ..

Ξάνθιπος Καραμανλής, επίκουρος καθηγητής Εργαστηρίου Οικολογίας και
Προστασίας Περιβάλλοντος, Τμήματος Κτηνιατρικής,
Α.Π.Θ..

Υπεύθυνος για την ανάπτυξη των μυδιών:

Γεώργιος Φώτης, αναπληρωτής καθηγητής, Διευθυντής Εργαστηρίου Ιχθυολογίας,
Ιχθυοπαθολογίας, Τμήματος Κτηνιατρικής Α.Π.Θ..

Στην ερευνητική ομάδα συμμετείχαν επίσης στον τομέα της ρευματομετρίας οι:

Ιωάννης Κρεστενίτης, αναπληρωτής καθηγητής Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών,
Α.Π.Θ..

Κώστας Μπαρμπόπουλος, Πολιτικός Μηχανικός.

Νέοι εκπαιδευόμενοι ερευνητές:

Κώστας Κατσούλης, Χημικός Μηχανικός

Ειρήνη Γαβριηλίδου, Γεωπόνος

Αθηνά Πνευματικάτου, Οικονομολόγος

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε τους μυδοκαλλιεργητές κ.κ. Απόστολο Γιάντζη και Γεώργιο
Καραδερμιτζόγλου για τη βοήθειά τους κατά τη διάρκεια της έρευνας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	σελίδα
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ	ii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	iii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ	5
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	7
Α. Επιλογή της περιοχής του πειραματισμού	7
Β. Επιλογή συστήματος εκτροφής	8
Γ. Έλεγχος του θαλάσσιου περιβάλλοντος	9
Ι. Ρευματομετρία	9
ΙΙ. Κλιματολογικά	11
ΙΙΙ. Προσδιορισμός ποιότητας και τροφικής κατάστασης θαλάσσιου περιβάλλοντος.	11
Δ. Περιγραφή πειραματισμού για τον προσδιορισμό της βέλτιστης πυκνότητας μυδιών ανά δικτυωτό σάκο.	13
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ	15
Α. Ρευματομετρία	15
Β. Κλιματολογικά	20
Γ. Προσδιορισμός ποιότητας και τροφικής κατάστασης θαλάσσιου περιβάλλοντος	20
Δ. Τροφική κατάσταση υδάτινου περιβάλλοντος	38
Ε. Προσδιορισμός βέλτιστης πυκνότητας μυδιών ανά δικτυωτό σάκο.	41
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	48
ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	49
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	50

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η οστρακοκαλλιέργεια, και ειδικότερα η μυδοκαλλιέργεια, μπορεί να χαρακτηριστεί από οικονομικής απόψεως, ως μία ιδανικού τύπου καλλιέργεια καθότι το κόστος παραγωγής είναι μικρό, το παραγόμενο προϊόν χειρίζεται εύκολα και υπάρχει ζήτηση τόσο στην εσωτερική αγορά της Ελλάδας όσο και στην ευρύτερη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Κατά την τελευταία δεκαετία έχει παρουσιαστεί στη χώρα μας αλματώδης ανάπτυξη του τομέα των μυδοκαλλιεργειών. Η παραγωγή μυδιών στην συνεχώς αυξάνεται όπως φαίνεται από τα στατιστικά στοιχεία της Αγροτικής Τράπεζας, (Α.Τ.Ε., 1995)· το 1994 η παραγωγή έφτασε τους 19.057 τόνους, έναντι 16.700 τόνους το 1993 και 13.670 τόνους το 1992. Εξάλλου σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα στοιχεία της Διεύθυνσης Αλιείας η χώρα μας παράγει συνολικά 21.000 τόνους μυδιών, (Μαραγιάννη, 1996). Από την ποσότητα αυτή το 70-80 % εξάγεται κυρίως στην Ιταλία. Η αντίστοιχη παραγωγή σε άλλες χώρες όπως Ισπανία, Γαλλία, Ιταλία, Ολλανδία και Ιρλανδία είναι 200.000, 60.000, 140.000, 100.000 και 15.000 τόνοι μυδιών αντίστοιχα. (Παναγιωτίδης, 1996).

Ειδικότερα στην ευρύτερη περιοχή του Θερμαϊκού κόλπου, σύμφωνα με στοιχεία των Διευθύνσεων Αλιείας των Νομών Θεσσαλονίκης, Ημαθίας, και Πιερίας, υπάρχουν συνολικά 296 μονάδες. Από αυτές οι 155 (146 στη Δυτική και 9 στην Ανατολική) βρίσκονται στο Νομό Θεσσαλονίκης, οι 89 στο νομό Ημαθίας και 52 στο Νομό Πιερίας (Φώτης, 1996).

Ο νομός Πιερίας, έχει να επιδείξει έντονη δραστηριότητα όσον αφορά τον τομέα των μυδοκαλλιεργειών. Συγκεκριμένα οι μυδοκαλλιέργειες αναπτύχθηκαν στο Βόρειο τμήμα των ακτών της Πιερίας, από Μεθώνη μέχρι Αλυκές Κίτρους, όπου οι επικρατούσες συνθήκες, φυσικοχημικές και κλιματικές, είναι ευνοϊκές ενώ παρουσιάζεται και σημαντική ποικιλότητα στους φυτοπλαγκτονικούς οργανισμούς (Μαραγιάννη, 1996). Η ανάπτυξη των μυδοκαλλιεργειών έχει πραγματοποιηθεί σε μία θαλάσσια ζώνη, η οποία έχει καθοριστεί μετά τη σύμφωνη γνώμη των συναρμοδίων υπηρεσιών και η οποία εκτείνεται παράλληλα προς την ακτή (από Μεθώνη προς Αλυκές Κίτρους) σε απόσταση από 500 μέχρι 1200 μέτρα από την ακτή. Στην περιοχή αυτή η συνολική κατεχόμενη έκταση των μυδοκαλλιεργειών (52-55 μονάδες) είναι 1.377 στρέμματα με δηλωθείσα παραγωγή στη διεύθυνση αλιείας για το 1995 3.375 τόνοι επίσημα (7.000 τόνοι ανεπίσημα) συνολικής αξίας 309.000.000 περίπου δραχμών.

Από όσα προαναφέρθηκαν γίνεται κατανοητό ότι ο θαλάσσιος αυτός χώρος, λόγω του ιδανικού υδάτινου περιβάλλοντος και της υψηλής τροφικής ικανότητας που οφείλεται σε σημαντικό βαθμό στην είσοδο κυρίως ποσοτήτων γλυκών νερών και θρεπτικών ουσιών από

τους ποταμούς Γαλλικό, Αξιό, Λουδία και Αλιάκμονα, παρουσιάζει σημαντικό ενδιαφέρον για τη σύγχρονη καλλιέργεια του μυδιού (Φώτης, 1996).

Το μύδι ανήκει στα δίθυρα μαλάκια. Εξαιτίας της περιεκτικότητας της σάρκας του σε λευκώματα, αποτελεί σημαντική πηγή τροφής τόσο για άλλους υδρόβιους οργανισμούς όσο και για τον άνθρωπο. Είναι ευρύαλο, ευρύθερμο και γονοχωριστικό είδος, η ανάπτυξη του οποίου καθορίζεται από μία αλληλεπίδραση ενδογενών κληρονομικών χαρακτηριστικών καθώς και εξωγενών επιδράσεων από το υδάτινο περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται.

Από τους εξωγενείς παράγοντες, την μεγαλύτερη σημασία έχει η διαθεσιμότητα της τροφής (Figueras, 1989) καθώς και το είδος της, που λαμβάνεται χάρη στην λειτουργική ικανότητά του μυδιού να φιλτράρει το νερό. Είναι χαρακτηριστικό πως ένα μύδι μπορεί να φιλτράρει 3-5 λίτρα νερό την ώρα. Η τοποθέτηση των μυδιών σε μεγάλες πυκνότητες μέσα στους ειδικούς δικτυωτούς σάκους (κάλτσες), στις μυδοκαλλιέργειες, μπορεί ν' αποτελέσει περιοριστικό παράγοντα στην πρόσληψη της τροφής. Σύμφωνα με τον ίδιο συγγραφέα διάφοροι οργανισμοί (π.χ. παράσιτα) που κάθονται πάνω στα μύδια, μπορούν επίσης, να επιβραδύνουν την ανάπτυξη τους καθώς είναι ανταγωνιστές του χώρου και της τροφής.

Σημαντικότερος επίσης εξωγενής παράγοντας στην ανάπτυξη του μυδιού είναι η ποιότητα του υδάτινου περιβάλλοντος και κυρίως η τροφική του κατάσταση. Η θερμοκρασία του νερού, στην οποία τα όρια αντοχής του κυμαίνονται από 10 - 26 βαθμούς Κελσίου ή το διαλυμένο οξυγόνο, η τιμή του οποίου δε θα πρέπει να βρίσκεται κάτω από 5 mg O₂ / lt. καθώς και η αλατότητα, που μπορεί να κυμαίνεται από 22 έως και 42 ‰, (Φώτης, 1996) αποτελούν βασικές παραμέτρους που προκαθορίζουν την καταλληλότητα των θαλάσσιων περιοχών για την ανάπτυξη μυδοκαλλιεργειών.

Το *Mytilus galloprovincialis* είναι το ενδογενές είδος μυδιού της Ελλάδος. Το είδος αυτό προτιμάει νερό στο οποίο υπάρχει αιωρούμενη ιλύ από εκροές ποταμών. Η άριστη αλατότητα για την ανάπτυξη του είναι 26‰, ενώ η πλέον ευνοϊκή θερμοκρασία είναι μεταξύ 10-20°C. Ακόμα, για την ανάπτυξη του προτιμάται το ημίφως ενώ η σκιά είναι δυσμενής παράγοντας ανάπτυξης, (Ι.Ω.Κ.Α.Ε., 1996). Το εμπορεύσιμο μέγεθος του αρχίζει μετά τα 50-60 mm. Το είδος αυτό στην Ισπανία μεγαλώνει κατά 80-90 mm σε 12-18 μήνες, (Gosling, 1992).

Η σχέση των μυδοκαλλιεργειών και της ποιότητας του υδάτινου χώρου ανάπτυξής τους είναι αμφίδρομη. Η αποβολή περιττωμάτων και ψευδοπεριττωμάτων από τα μύδια συντελεί στην πιθανή ρύπανση του υδάτινου περιβάλλοντος και σε ορισμένες περιπτώσεις μυδοκαλλιεργειών (π.χ. πλωτοί δικτυωτοί σάκοι, long line) το μέγεθος των μονάδων αποτελεί ίσως εμπόδιο στη μετακίνηση των θαλάσσιων ρευμάτων και ως εκτούτου την αδυναμία ανα-

νέωσης του νερού και την απομάκρυνση των ρύπων.

Οι Dame and Dankers (1988), από τις μετρήσεις μετακίνησης φυτοπλαγκτού κατά μήκος μιας κρεβατίνας (bed) μυδιών, παρατήρησαν διακύμανση στην πυκνότητα του φυτοπλαγκτού και διαπίστωσαν απελευθέρωση νιτρωδών, νιτρικών, και αμμωνίου (με πιο σταθερές τις ροές αμμωνίου), ενώ επίσης φάνηκε ότι υπήρχε μικρή τάση απελευθέρωσης ορθοφωσφορικών στο νερό. Σύμφωνα επίσης με τον Bayne (1976), τα μύδια *M. edulis*, αποβάλλουν αμμώνιο με κάποια ποσότητα ουρίας και αμινοξέων.

Σημαντική απελευθέρωση ιόντων αμμωνίου από τις μυδοκαλλιέργειες παρατήρησαν και οι Asmus and Asmus (1991), ενώ αντίθετα οι Kaspar et al. (1985), δε βρήκαν σημαντικές διαφορές στη σύσταση των αβιοτικών συστατικών του νερού ανάμεσα σε δύο περιοχές (μυδοκαλλιέργειας και αναφοράς), γεγονός το οποίο αποδόθηκε στην πιθανή επίδραση δυνατών παλιρροιακών ρευμάτων.

Σε άλλη μελέτη, οι Grenz et al (1991), παρατήρησαν κοντά στο ίζημα και κάτω από τις μυδοκαλλιέργειες σταθερή γραμμική αύξηση των ιόντων αμμωνίου και φωσφορικών, μείωση των νιτρικών ενώ τα νιτρώδη παρέμειναν σταθερά.

Ο Kuenzler (1961), διαπίστωσε ότι στα ιζήματα υπήρχε ποσότητα φωσφορικών η οποία απελευθερώθηκε ως αποτέλεσμα της βακτηριακής αποσύνθεσης οργανικού υλικού. Στη Νέα Ζηλανδία οι Kaspar et al. (1985), μετρώντας ποσότητες οργανικού αζώτου στο ίζημα κάτω από μυδοκαλλιέργεια τύπου «κρεβατίνας» και σε περιοχή εκτός μυδοκαλλιεργειών βρήκαν ότι το οργανικό άζωτο ήταν σε υψηλότερες συγκεντρώσεις στη μυδοκαλλιέργεια από ότι στην περιοχή αναφοράς. Στην ίδια μελέτη διαπίστωσε υψηλές συγκεντρώσεις οργανικού υλικού κάτω από τη μυδοκαλλιέργεια, το οποίο αποδόθηκε στη βιοαπόθεση των μυδιών.

Οι Dahlback and Gunnarsson (1981), διαπίστωσαν υψηλούς ρυθμούς απόθεσης οργανικού υλικού και μάλιστα οι ρυθμοί δημιουργίας ιζήματος ήταν 1,7 φορές μεγαλύτεροι από ότι σε μία περιοχή εκτός μυδοκαλλιεργειών. Οι Grenz et al. (1991) έδειξε ότι οι συγκεντρώσεις οργανικού υλικού, εκφρασμένες ως οργανικός άνθρακας σε ποσοστό ξηρού υλικού φτάνουν το $1,89\% \pm 0.26$ στην περιοχή κάτω από τη μυδοκαλλιέργεια και $0.73 \pm 0.46\%$ σε περιοχή εκτός μυδοκαλλιεργειας. Στο συμπέρασμα της απόθεσης οργανικού άνθρακα κάτω από μυδοκαλλιέργεια αλλά με μικρότερους ρυθμούς κατέληξαν και οι Cabanas et al. (1979).

Στον κόλπο του Fos κοντά στη Μασσαλία, οι Barranquet et al. (1996), έδειξαν ότι μυδοκαλλιέργειες με *M. galloprovincialis*, έντονης πυκνότητας, δημιουργούν προϋποθέσεις

γρήγορου ρυθμού απόθεσης οργανικού υλικού στο ίζημα.. Στα ίδια συμπεράσματα κατέληξαν και οι Tenore et al. (1982) καθώς και οι Dahlback και Gunnarsson (1981), οι οποίοι παρατήρησαν υψηλούς ρυθμούς απόθεσης οργανικού υλικού στο ίζημα κάτω από μυδοκαλλιέργεια.

Οι Frechette και Bourget (1985), συμπέραναν ότι οι μυδοκαλλιέργειες μείωσαν τις συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α στο βενθικό υπόστρωμα και ότι αυτή η μείωση ήταν ικανή να μειώσει την ανάπτυξη των μυδιών. Συγκεκριμένα με τη μείωση της χλωροφύλλης, οι ρυθμοί φωτοσύνθεσης μειώνονται. Έτσι το πλούσιο σε οργανικό υλικό, ίζημα, καταναλώνει σημαντικές ποσότητες οξυγόνου, ενώ τα μύδια αδυνατούν να βρεθούν στις βέλτιστες συνθήκες ανάπτυξης τους λόγω της έλλειψης οξυγόνου. Σε ότι αφορά το ρυθμό κατανάλωσης του οξυγόνου στο ίζημα, οι Kaspar et al. (1985), διαπίστωσαν ότι στον χώρο κάτω από τη μυδοκαλλιέργεια ο ρυθμός κατανάλωσης ήταν μεγαλύτερος από ότι στην περιοχή αναφοράς. Στο συμπέρασμα της έλλειψης οξυγόνου στο ίζημα κατέληξε και ο Barranquet (1994), γεγονός που απέδωσε στην έντονη πυκνότητα των μυδοκαλλιεργειών.

Σύμφωνα με τους Asmus and Asmus (1991), οι μυδοκαλλιέργειες φιλτράροντας νερό λαμβάνουν σημαντικές ποσότητες φυτοπλαγκτού. Μάλιστα όσο πιο μεγάλες είναι οι ποσότητες του φυτοπλαγκτού, τόσο υψηλότερη γίνεται η πρόσληψη του φυτοπλαγκτού από τις μυδοκαλλιέργειες. Οι Wright et al. (1982), παρατήρησαν σημαντική μετακίνηση φυτοπλαγκτού στο νερό, καθώς αυτό περνούσε κατά μήκος της μυδοκαλλιέργειας (κρεβατίνα).

Στο Logy Bay - Newfoundland, οι Navarro και Thompson (1997), παρατήρησαν σημαντικούς ρυθμούς βιοαπόθεσης περιττωμάτων και ψευδοπεριττωμάτων από το μύδι *Modiolus modiolus* οι οποίοι συσχετίστηκαν σημαντικά με τις φάσεις της ανοιξιάτικης έκρηξης Διατόμων. Η υψηλότερη τιμή για το ρυθμό βιοαπόθεσης συνέπεσε με την μέγιστη τιμή της χλωροφύλλης-α και τα ψευδοπεριττώματα παράχθηκαν μόνο κατά τη διάρκεια της έκρηξης.

Οι Nicholls και Hopkins (1993), παρατήρησαν σε περιοχές με zebra mussels σημαντικές μεταβολές σε φορτία φωσφόρου (συγκεκριμένα μειώσεις) μετά από μείωση του φυτοπλαγκτού.

Ο Schulte (1975), συσχέτισε τους ρυθμούς φιλτραρίσματος του *M. edulis* (Ιταλία) με τη θερμοκρασία. Η επίδραση της θερμοκρασίας στο φιλτράρισμα του νερού ήταν μεγαλύτερη μεταξύ 5 έως 15 °C και 25 έως 30 °C. Μια αύξηση της θερμοκρασίας από 15 σε 25 °C οδήγησε σε μία μόνο μικρή αύξηση στο ρυθμό του φιλτραρίσματος. Στους 5 και 30 °C ο ρυθμός φιλτραρίσματος έπεσε σε πολύ χαμηλές τιμές 350 και 100 ml/ώρα (δεδομένου ότι έ-

να μύδι μπορεί να φιλτράρει 3-5 λίτρα την ώρα).

Οι Klerks et al. (1996), παρατήρησαν ότι η δημιουργία υψηλών πυκνοτήτων πληθυσμού του zebra mussel οδήγησε σε μία σταθερή αύξηση στη ροή του σωματιδιακού υλικού από τη στήλη του νερού στο βένθος. Η βιοαπόθεση ξεπέρασε τη φυσική δημιουργία του ιζήματος κατά 50%, ενώ εξαιρετικά υψηλοί ρυθμοί βιοαπόθεσης μετρήθηκαν σε περιοχές υψηλής θολερότητας, που σήμαινε αύξηση του οργανικού περιεχομένου του ιζήματος.

ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα αλλά και διεθνώς παρατηρείται μία σημαντική αλλαγή νοοτροπίας σε ότι αφορά τον τρόπο εκμετάλλευσης των μυδοκαλλιεργειών. Οι παραγωγοί οδηγούνται σε μεθόδους που στόχο έχουν την εντατικοποίηση των μυδοκαλλιεργειών, την αύξηση της παραγωγικότητας και τη βελτίωση της παραγωγής. Μία τέτοια μέθοδος είναι η αύξηση της στρεμματικής απόδοσης μέσω της αύξησης της πυκνότητας του πληθυσμού ανά δικτυωτό σάκο (κάλτσα). Η αύξηση όμως αυτή του πληθυσμού ανά δικτυωτό σάκο συντελεί πολλές φορές στη μη σωστή διατροφή των μυδιών που βρίσκονται στο κέντρο του σάκου. Το γεγονός αυτό αποτελεί πιθανότατα την αιτία θανάτου των μυδιών στο εσωτερικό της «κάλτσας» με σημαντική απώλεια στη συνολική παραγωγή. Σκοπός του προγράμματος αυτού ήταν να διερευνηθούν και να διαπιστωθούν τα προβλήματα που ανακύπτουν από την παραπάνω παραγωγική δραστηριότητα.

Άμεσος στόχος του προγράμματος ήταν η εκτίμηση των απωλειών των παραγομένων μυδιών καθώς και του ρυθμού ανάπτυξής τους σε συνάρτηση με τον χρόνο και την εφαρμόζομενη τεχνολογία εκτροφής (εκτροφή μυδιών σε πλωτές σειρές με δικτυωτούς σάκους). Άλλοι παράλληλοι στόχοι αλλά εξίσου σημαντικοί υπήρξαν αυτοί που σχετίζονται με τη μεταβολή της ποιότητας του θαλασσινού νερού εξαιτίας της εκτροφής. Έτσι για το σκοπό αυτό διερευνήθηκαν οι μεταβολές που προέκυψαν στις παραμέτρους ποιότητας του θαλασσινού νερού και καταβλήθηκε προσπάθεια να εκτιμηθεί ο βαθμός επίδρασης της μεταβολής αυτής στο ρυθμό ανάπτυξης των μυδιών. Η επιδείνωση εξάλλου της ποιότητας του νερού εξαιτίας της δραστηριότητας των μυδιών υπήρξε ένας ακόμη στόχος του προγράμματος.

Παράλληλα, με μετρήσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού (φυσικοχημικές παράμετροι) και των ρευμάτων της περιοχής, θα διαπιστωθεί ο βαθμός επίδρασης του περιβάλλοντος στη μυδοκαλλιέργεια και το αντίθετο, με σκοπό τόσο την προστασία του περιβάλλοντος όσο και της εκτροφής.

Τέλος η εκπαίδευση μέσω του προγράμματος νέων επιστημόνων σε θέματα διαχείρισης μυδοκαλλιεργειών και προστασίας περιβάλλοντος, η οποία θα δώσει τη δυνατότητα μελλοντικής στελέχωσης των συναφών επιχειρήσεων με επιστήμονες ικανούς στην επίλυση των προβλημάτων και βελτίωση της παραγωγής, απετέλεσε έναν ακόμη από τους στόχους του προγράμματος.

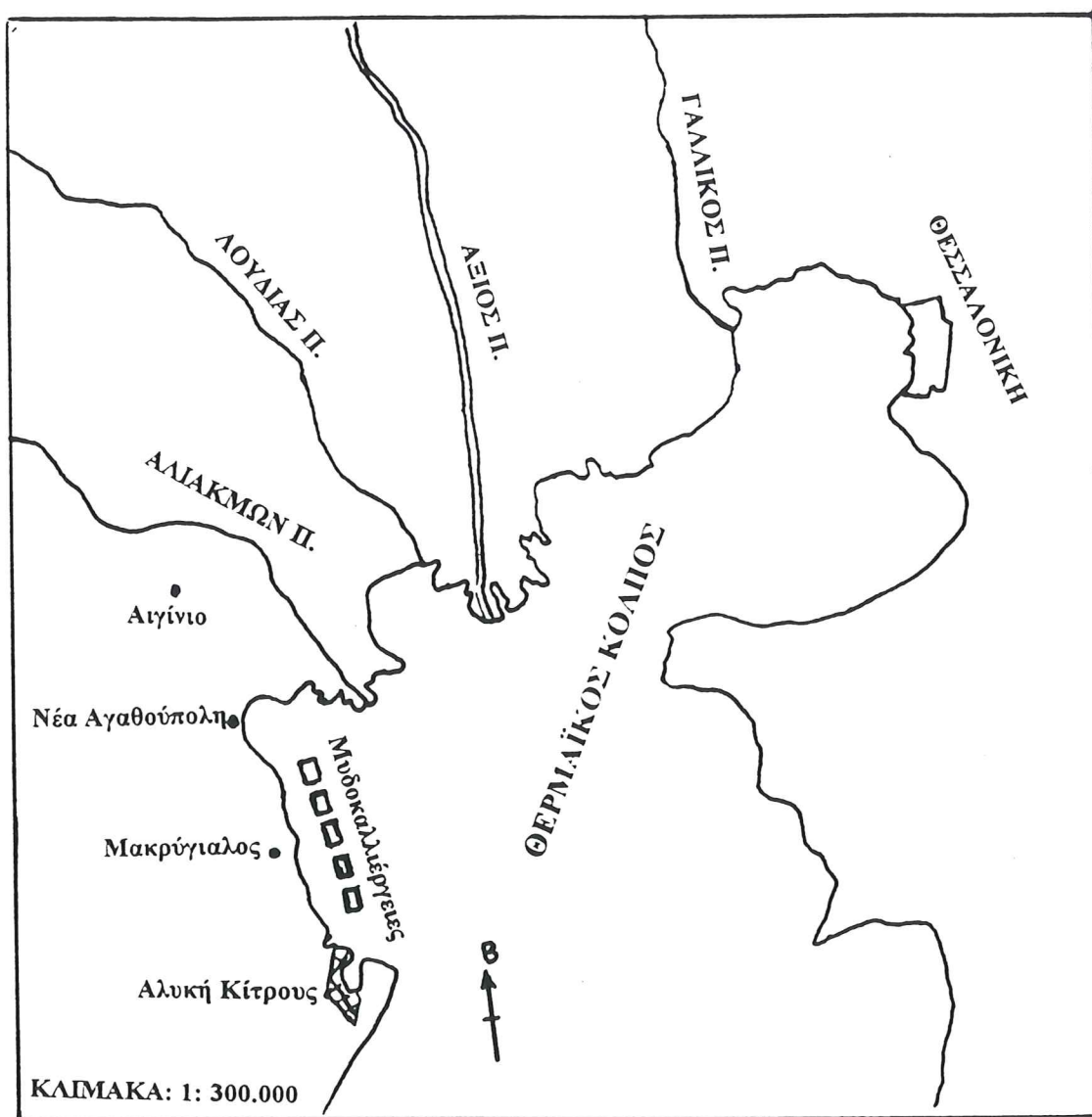
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την επίτευξη του σκοπού και των στόχων του προγράμματος ακολουθήθηκε η παρακάτω μεθοδολογία:

- α) επιλογή περιοχής πειραματισμού.
- β) επιλογή συστήματος εκτροφής μυδιών, με σκοπό τον προσδιορισμό της βέλτιστης ανάπτυξής τους.
- γ) επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας ελέγχου του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Α. Επιλογή της περιοχής πειραματισμού.

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στην περιοχή του Μακρύγιαλου Πιερίας, (σχήμα 1).



Σχήμα 1. Χάρτης του Θερμαϊκού κόλπου με την περιοχή των μυδοκαλλιεργειών όπου πραγματοποιήθηκε η έρευνα.

Οι ακτές της Πιερίας είναι περιοχές κατάλληλες για την εγκατάσταση μυδοκαλλιέργειών κυρίως λόγω της εισροής γλυκέων υδάτων από τους παρακείμενους ποταμούς. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, κατά τα τελευταία χρόνια, στην ευρύτερη περιοχή έχει δημιουργηθεί μεγάλος αριθμός μονάδων μυδοκαλλιέργειας.

B. Επιλογή συστήματος εκτροφής μυδιών.

Στις περισσότερες περιπτώσεις οι μονάδες αυτές είναι τοποθετημένες κατά τρόπο παράλληλο μεταξύ τους, έτσι ώστε στον θαλάσσιο χώρο ανάμεσα στην ακτή και την ανοικτή θάλασσα, να βρίσκονται δύο ή και τρεις μυδοκαλλιέργειες. Για τις ανάγκες του προγράμματος επιλέχθηκε μονάδα σε τέτοια θέση, ώστε η λειτουργία της να είναι κατά το δυνατόν «ανεξάρτητη» από τις παρακείμενες μυδοκαλλιέργειες.

Η μυδοκαλλιέργεια που επιλέχθηκε, ήταν του τύπου «long line» (πλωτοί σε σειρές δικτυωτοί σάκοι), και καταλάμβανε θαλάσσια έκταση 10 στρεμμάτων, σε απόσταση περίπου 400 μέτρων από την ακτή, με βάθος που κυμαινόταν από 10 έως 14 μέτρα, (εικόνες 1 & 2). Η απόσταση μεταξύ των σειρών της καλλιέργειας ήταν 5-7 μέτρα, η ηλικία της τα 4 χρόνια, ενώ η παραγωγικότητά της ανά σειρά απέδιδε περίπου 15 τόνους μύδια.



Εικόνα 1. Η επιλεγείσα μυδοκαλλιέργεια τύπου «long line».

Γ. Έλεγχος του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Για τις ανάγκες του προγράμματος και ιδιαίτερα για τον έλεγχο της ποιότητας του θαλάσσιου περιβάλλοντος χρησιμοποιήθηκαν κατάλληλες μέθοδοι ρευματομετρίας, λήφθηκαν υπόψη οι κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής και προσδιορίστηκαν, με τις ενδεδειγμένες μεθόδους όλες εκείνες οι παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα και την τροφική κατάσταση του θαλάσσιου περιβάλλοντος.



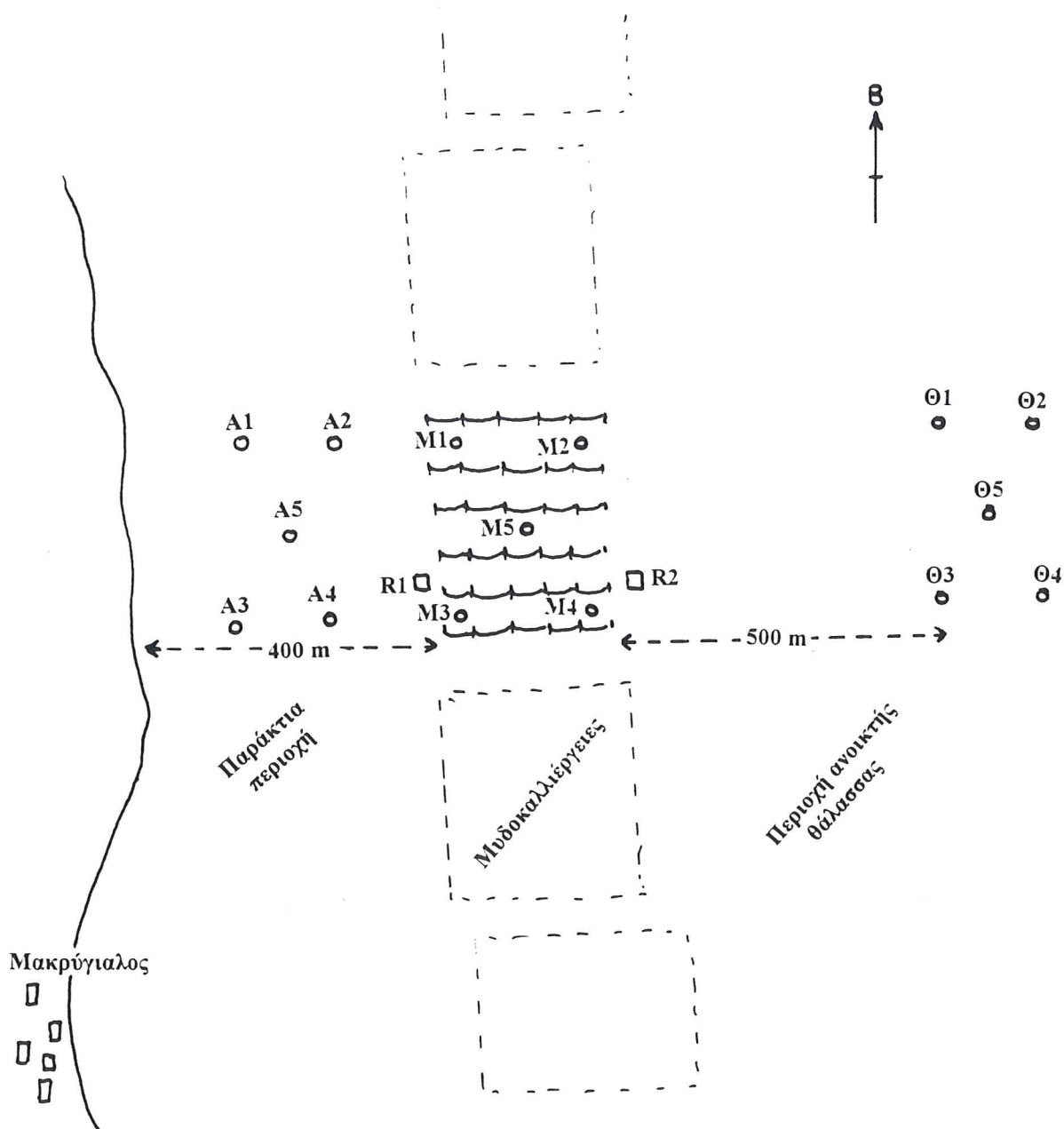
Εικόνα 2. Σειρά δικτυωτών σάκων (κάλτσες) στη μυδοκαλλιέργεια του πειραματισμού.

I. Ρευματομετρία.

Κατά τη διάρκεια των μηνών της καλοκαιρινής περιόδου του 1997 έγιναν στις μυδοκαλλιέργειες της περιοχής Μακρυγιάλου Πιερίας μετρήσεις των ρευμάτων της περιοχής. Ο σκοπός των μετρήσεων ήταν η διερεύνηση του ρόλου που διαδραματίζουν οι μυδοκαλλιέργειες ως ένα φυσικό εμπόδιο στην παράκτια κίνηση των ρευμάτων της περιοχής, και κατά πόσο διαφέρουν οι κινήσεις της θαλάσσιας μάζας που βρίσκεται έξω και μέσα στις μυδοκαλλιέργειες.

Οι μετρήσεις αυτές έγιναν με τη χρήση δύο ρευματογράφων της εταιρείας AANDERAA. Είναι Νορβηγικής κατασκευής και ανήκουν στο εργαστήριο της Παράκτιας Μηχανικής του Τομέα Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής σχολής του Α.Π.Θ. Οι ρευματογράφοι ποντίστηκαν στις 21

Ιουνίου του 1997 σε βάθος 2 περίπου μέτρων και παρέμειναν στη θάλασσα για 3 περίπου μήνες. Ο ένας τοποθετήθηκε εσωτερικά ανάμεσα στις μυδοκαλλιέργειες και την ακτή και ο άλλος έξω από τις μυδοκαλλιέργειες, (σχήμα 2). Δούλεψαν επιτυχώς μόνο για τις πρώτες 40



Σχήμα 2. Διάταξη της μυδοκαλλιέργειας που μελετήθηκε, με τα σημεία δειγματοληψίας (A, M, Θ) και τα σημεία πόντισης των ρευματογράφων (R1, R2).

ημέρες της παρουσίας τους στη θάλασσα λόγω της επικάλυψής τους σιγά-σιγά με οργανισμούς της θάλασσας που δεν επέτρεψαν στη συνέχεια τη σωστή λειτουργία τους. Συνολικά έγιναν περίπου 9000 καταγραφές καθώς τα όργανα ήταν ρυθμισμένα να μετράνε ανά 10 λεπτά. Αφού βγήκαν από τη θάλασσα, οι μαγνητικές ταινίες διαβάστηκαν με τη χρήση ενός ειδικού συστήματος (Tape Reader) που έκανε καταγραφή σε ψηφιακή μορφή των τιμών που είχαν καταγράψει οι ρευματογράφοι. Οι αρχικές αυτές τιμές που απετέλεσαν τις πρωτογενείς καταγραφές, μετασχηματίστηκαν σύμφωνα με τη βαθμονόμηση του κάθε οργάνου και μας έδωσαν τις τιμές ταχύτητας και διεύθυνσης των ρευμάτων.

II. Κλιματολογικά στοιχεία.

Τα κλιματολογικά στοιχεία που λήφθηκαν υπόψη, ήταν η μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα και το μέσο μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης. Τόσο οι θερμοκρασίες που επικρατούσαν στην περιοχή της μελέτης όσο και το ύψος της βροχόπτωσης αποτέλεσαν σημαντικούς παράγοντες που επέδρασαν στην ποιότητα και την τροφική κατάσταση του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από το Ινστιτούτο Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας του Α.Π.Θ., (1998).

III. Προσδιορισμός ποιότητας και τροφικής κατάστασης θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Σε ότι αφορά τον προσδιορισμό της ποιότητας και της τροφικής κατάστασης του θαλάσσιου περιβάλλοντος, η ερευνητική φάση περιελάμβανε τόσο επιτόπιες μετρήσεις όσο και δειγματοληψίες νερού και ιζήματος. Κατά το χρονικό διάστημα από τον Μάρτιο '97 έως και τον Φεβρουάριο '98 έγιναν 10 δειγματοληψίες στην επιφάνεια και στον πυθμένα τριών (3) περιοχών - σταθμών. Οι σταθμοί αυτοί ήταν: η θαλάσσια περιοχή μεταξύ ακτογραμμής και μυδοκαλλιέργειας που χαρακτηρίστηκε με τον κωδικό «Ακτή», η θαλάσσια περιοχή που κατέλαμβανε η μυδοκαλλιέργεια η οποία χαρακτηρίστηκε ως «Μυδοκαλλιέργεια» και τέλος η ανοικτή, μετά τη μυδοκαλλιέργεια θαλάσσια περιοχή που χαρακτηρίστηκε ως «Θάλασσα». Για κάθε σταθμό ο αριθμός των δειγμάτων σε κάθε δειγματοληψία ήταν πέντε τόσο για την επιφάνεια όσο και για τον πυθμένα (σχήμα 2).

Οι επιτόπιες μετρήσεις αφορούσαν τον προσδιορισμό του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου, τη θερμοκρασία του νερού και το PH του. Οι μετρήσεις του διαλυμένου οξυγόνου και της θερμοκρασίας πραγματοποιούνταν ανά 2 μέτρα βάθους προκειμένου να σχηματιστεί το προφίλ των σημαντικών αυτών παραμέτρων στο νερό. Για τον προσδιορισμό του διαλυμένου

στο νερό οξυγόνου και της θερμοκρασίας του νερού χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικό οξυγονόμετρο τύπου YSI Model 51B και για το pH πεχάμετρο τύπου WTW PH90.

Τα δείγματα νερού και ιζήματος μεταφέρονταν στο Εργαστήριο Οικολογίας και Προστασίας Περιβάλλοντος του Τμήματος Κτηνιατρικής Α.Π.Θ όπου αναλύονταν για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των παραμέτρων που χαρακτηρίζαν την ποιότητα και την τροφική κατάσταση των θαλάσσιων περιοχών που μελετήθηκαν.

Τα θρεπτικά συστατικά προσδιορίστηκαν με φασματοφωτομετρικές μεθόδους, μετά από κατάλληλη επεξεργασία. Για τους προσδιορισμούς αυτούς χρησιμοποιήθηκε φασματοφωτόμετρο ορατού-υπεριώδους του τύπου SHIMADZU UV-160A. Συγκεκριμένα, για τον προσδιορισμό του αζώτου υπό μορφή νιτρικών και νιτρωδών επιλέχθηκε η μέθοδος των Strickland and Parsons (1968) σύμφωνα με την οποία τα νιτρώδη μετρώνται φασματοφωτομετρικά, μετά τον σχηματισμό ερυθρού συμπλόκου τους, ενώ τα νιτρικά με την ίδια διαδικασία αφού πρώτα αναχθούν σε νιτρώδη ιόντα με τη διέλευσή τους από στήλη καδμίου.

Τα ιόντα αμμωνίου προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο του Koroleff (1972) σύμφωνα με την οποία σχηματίζεται μπλε χρώμα της ινδοφαινόλης από την αντίδραση φαινόλης με υποχλωριώδες νάτριο. Τα φωσφορικά προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο του Koroleff (1972a), η οποία βασίζεται στην αντίδραση των ιόντων με οξίνο μολυβδαινικό αντιδραστήριο και τον σχηματισμό συμπλόκου κυανού χρώματος. Για τον προσδιορισμό της χλωροφύλλης-α, επιλέχθηκε η μέθοδος του H.M.S.O. (1983), όπου έπειτα από διήθηση δείγματος νερού όγκου 1 λίτρου, και εκχύλιση του φίλτρου με ποσότητα μεθανόλης στους 65-70 °C, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α εκτιμάται φασματοφωτομετρικά στα 665 nm.

Για τον υπολογισμό του BOD₅ χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι της APHA (1989), ενώ για τον προσδιορισμό του ολικού σωματιδιακού άνθρακα (POC) επιλέχθηκε η μέθοδος των Strickland and Parsons (1968) σύμφωνα με την οποία γίνεται υγρή οξείδωση του άνθρακα από διχρωμικό οξύ. Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας (%) του ιζήματος σε οργανικά έγινε με καύση του δείγματος στους 550 °C ύστερα από ξήρανση στους 105 °C.

Τέλος για να προσδιοριστεί η αλατότητα χρησιμοποιήθηκε φορητό όργανο μέτρησης αλατότητας ATAGO S/Mill salinity 0-100%.

Για τη **στατιστική ανάλυση** των αποτελεσμάτων του πειραματισμού χρησιμοποιήθηκαν τόσο παραμετρικές όσο και μη παραμετρικές μεθοδολογίες. Ειδικότερα χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση των διακυμάνσεων (ANOVA) ως προς τους παράγοντες " απόσταση" (Ακτή, μυδοκαλλιέργεια, θάλασσα), " βάθος" (Επιφάνεια και Πυθμένας) και "χρόνος" (10 δειγματο-

ληψίες). Η ομοιογένεια των διακυμάνσεων, προϋπόθεση της παραμετρικής ανάλυσης, ελέγχθηκε με το Levene Test. Στις περιπτώσεις που διαπιστώθηκε σημαντική διαφορά χρησιμοποιήθηκε ο έλεγχος πολλαπλού εύρους του Duncan για τον εντοπισμό της ακριβούς θέσης των διαφορών. Στις περιπτώσεις ετερογένειας έγιναν οι κατάλληλοι μετασχηματισμοί (log, ln, SQRT) των στοιχείων και όπου δεν απέδωσαν, κρίθηκε απαραίτητο για την ανάλυση να χρησιμοποιηθούν οι μη παραμετρικοί έλεγχοι του Kruskal-Wallis και του Mann-Whitney (Κάτος, 1984).

Δ. Περιγραφή πειραματισμού για τον προσδιορισμό της βέλτιστης πυκνότητας μυδιών ανά δικτυωτό σάκο.

Ο πειραματισμός για τον προσδιορισμό της βέλτιστης πυκνότητας μυδιών ανά δικτυωτό σάκο, διήρκησε 10 μήνες και συγκεκριμένα από τον Ιούνιο του 1997 μέχρι και το Μάρτιο του 1998. Πραγματοποιήθηκε σε σύστημα εκτροφής μυδιών τύπου Long Line, στην περιοχή του Μακρύγιαλου Πιερίας, ενώ οι μετρήσεις των παραμέτρων ανάπτυξης πραγματοποιούνταν στο εργαστήριο Ιχθυολογίας-Ιχθυοπαθολογίας του Α.Π.Θ.

Για τον πειραματισμό χρησιμοποιήθηκαν 4000 άτομα γόνου μυδιών, που συλλέχθηκαν από την ίδια θαλάσσια περιοχή. Τα άτομα αυτά ήταν αρχικού μήκους $3,24 \pm 0,23$ cm. Τα άτομα χωρίστηκαν σε 8 ομάδες με ίσο αριθμό ατόμων (500 άτομα). Στην συνέχεια τοποθετήθηκαν σε 8 κάλτσες. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκαν οι οκτώ πειραματικές ομάδες, ήτοι:

- 1A, με πυκνότητα 30 άτομα/10 cm "κάλτσας", η οποία καθαριζόταν
- 2A, με πυκνότητα 38 άτομα/10 cm "κάλτσας", η οποία καθαριζόταν
- 3A, με πυκνότητα 43 άτομα/10 cm "κάλτσας", η οποία καθαριζόταν
- 4A, με πυκνότητα 55 άτομα/10 cm "κάλτσας", η οποία καθαριζόταν
- 1B, με πυκνότητα 30 άτομα/10 cm "κάλτσας", η οποία δεν καθαριζόταν
- 2B, με πυκνότητα 38 άτομα/10 cm "κάλτσας", η οποία δεν καθαριζόταν
- 3B, με πυκνότητα 43 άτομα/10 cm "κάλτσας", η οποία δεν καθαριζόταν
- 4B, με πυκνότητα 55 άτομα/10 cm "κάλτσας", η οποία δεν καθαριζόταν

Οι κάλτσες τοποθετήθηκαν στην συνέχεια σε εκτροφή μυδιών, σε απόσταση μεταξύ τους 30 cm. Το βάθος της θάλασσας στο σημείο τοποθέτησης ήταν περίπου 10 m και οι κάλτσες απείχαν από τον πυθμένα τουλάχιστον κατά 6 m.

Ο σκοπός του πειραματισμού ήταν η μελέτη της επίδρασης της πυκνότητας με την ο-

ποία τοποθετήθηκαν τα μύδια στις παραμέτρους ανάπτυξης που εξετάζονταν, όταν ο παράγοντας "καθάρισμα" παραμένει σταθερός και η επίδραση του παράγοντα "καθάρισμα" στις παραμέτρους ανάπτυξης που εξετάζονταν, όταν η πυκνότητα με την οποία τοποθετήθηκαν τα μύδια είναι σταθερή.

Για τον σκοπό αυτό σε τακτά χρονικά διαστήματα γίνονταν δειγματοληψία προκειμένου να εξεταστούν συγκεκριμένες παράμετροι ανάπτυξης. Αυτές ήταν το ολικό βάρος του μυδιού, το ολικό μήκος του μυδιού, το ζωντανό βάρος (βάρος σάρκας) του μυδιού και το βάρος του κελύφους. Συνολικά έγιναν 10 δειγματοληψίες και μετρήθηκαν ατομικά 1823 άτομα. Το δείγμα των μυδιών λαμβάνονταν πάντοτε από το κάτω μέρος της κάλτσας, κόβοντας σε κάθε δειγματοληψία μέρος αυτής, ώστε το δείγμα να αποτελείται από άτομα τόσο του εσωτερικού όσο και του εξωτερικού μέρους της κάλτσας. Στην πρώτη δειγματοληψία ο αριθμός των ατόμων του δείγματος ήταν 10 μύδια, στην δεύτερη 30, στην τελευταία 50 και στις υπόλοιπες 20.

Σε κάθε δειγματοληψία γινόταν καθαρισμός με νερό και με το χέρι, όπου ήταν προσκολλημένοι οργανισμοί, στις ομάδες 1B, 2B, 3B και 4B.

Μετά την τελευταία δειγματοληψία τα αποτελέσματα αναλύθηκαν στατιστικά. Για την στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση διακυμάνσεων δύο παραγόντων (ANOVA, 2-way analysis) ως προς τους παράγοντες "πυκνότητα" και "πλύσιμο". Στις περιπτώσεις που διαπιστώθηκε σημαντική αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων εφαρμόστηκε ο έλεγχος t-test για την επιμέρους διερεύνηση των διαφορών. Σε όλες τις περιπτώσεις το επίπεδο σημαντικότητας που εξετάσαμε ήταν $\alpha=5\%$.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

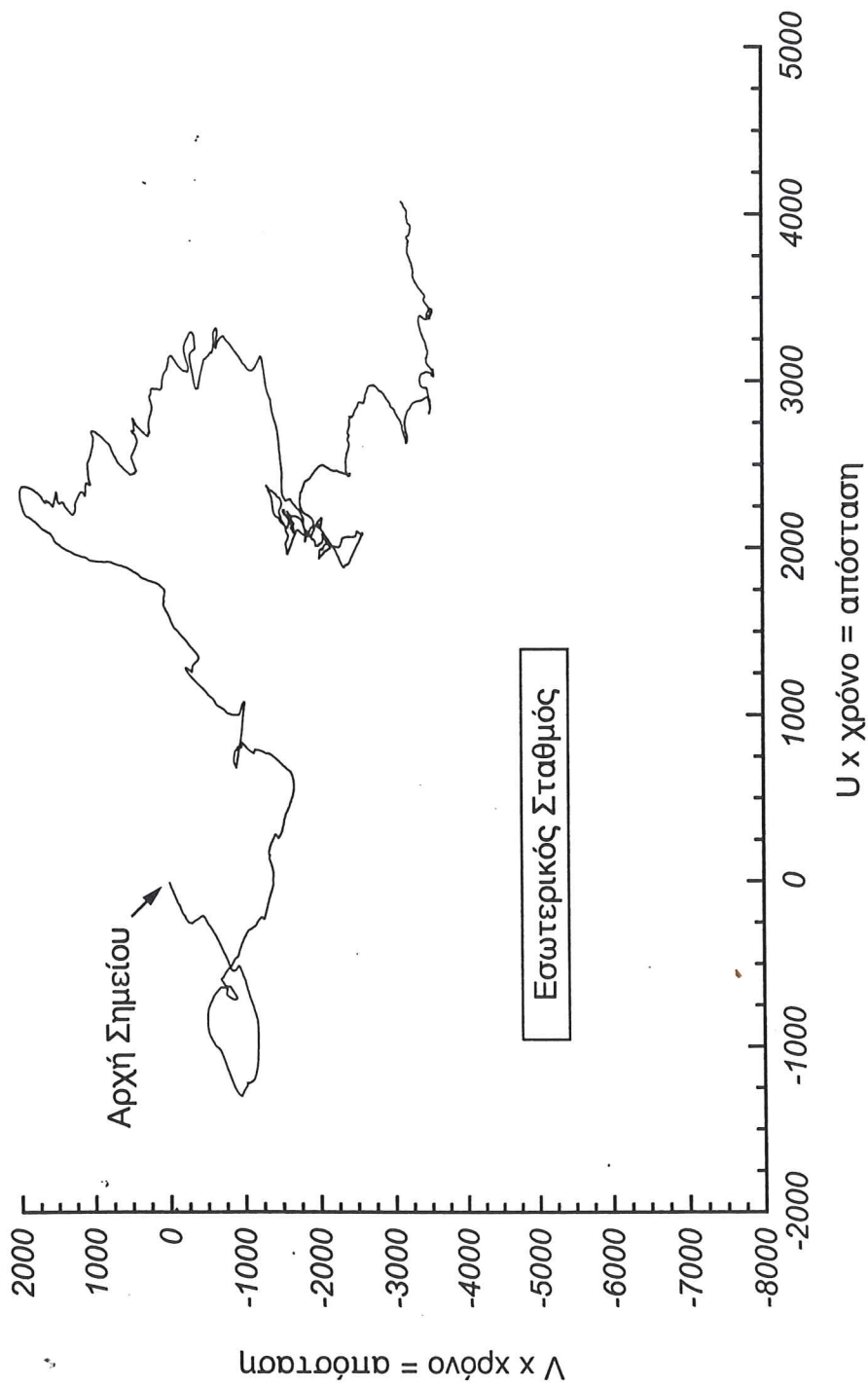
Τα αποτελέσματα μαζί με τη συζήτηση που παραθέτονται στο κεφάλαιο αυτό αφορούν στη ρευματομετρία, στις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούσαν στην περιοχή καθώς και εκείνα που σχετίζονται με την ποιότητα του νερού και τον ρυθμό ανάπτυξης των μυδιών.

A. Ρευματομετρία.

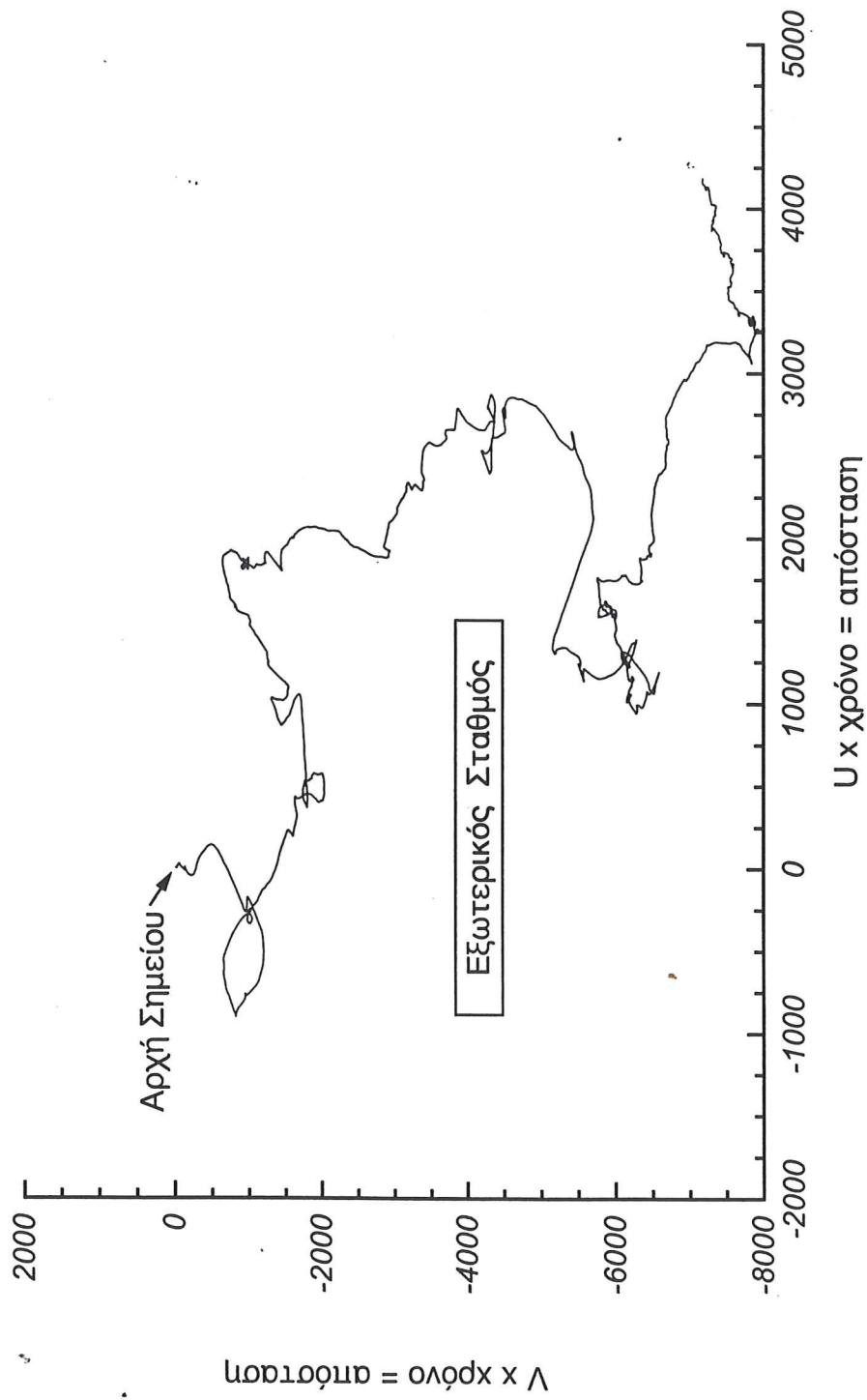
Μικρές μόνο διαφορές στις ταχύτητες των ρευμάτων διαπιστώθηκαν μεταξύ της παράκτια περιοχής (έσω σταθμός) και εκείνης της ανοικτής θάλασσας. Στον έξω σταθμό οι ταχύτητες είναι σε μέγεθος μεγαλύτερες από αυτές του έσω. Ένα σημαντικό στοιχείο είναι ότι στον έσω σταθμό όταν η κίνηση γίνεται παράλληλα προς την ακτή τότε αυτή δεν είναι έντονη διότι περιορίζεται από την παρουσία των μυδοκαλλιεργείων. Δηλαδή όταν στον εξωτερικό σταθμό υπάρχει κίνηση παράλληλα προς την ακτή, στον εσωτερικό εμφανίζεται εξασθενημένη, αποτέλεσμα της κάθετης προς την ακτή διάταξης των σειρών των μυδοκαλλιεργείων.

Όταν όμως τα ρεύματα έχουν διεύθυνση κάθετα προς την ακτή οι ταχύτητες δε διαφέρουν, πράγμα που σημαίνει ότι οι μυδοκαλλιέργειες επηρεάζουν περισσότερο την παράλληλη προς την ακτή κίνηση, (σχήματα 3, 4 και 5). Από τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι είναι δυνατή η διασπορά των οργανικών περιττωμάτων και ψευδοπεριττωμάτων προς τη θάλασσα, γεγονός που διαπιστώθηκε και από την αυξημένη περιεκτικότητα σε οργανικά στα ιζήματα της θάλασσας και πολύ λιγότερο προς την ακτή.

Τέλος να σημειωθεί ότι κατά τη χρονική αυτή περίοδο των μετρήσεων, η κύρια κίνηση στον εξωτερικό σταθμό ήταν N-NA ενώ στον εσωτερικό NA. (σχήμα 6).

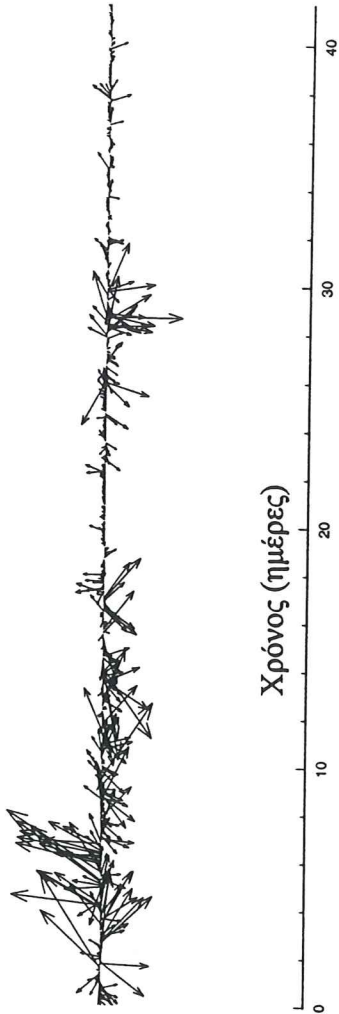


Σχήμα 3. Κίνηση των ρευμάτων στον εσωτερικό σταθμό (R1) της μυδοκαλλιέργειας.

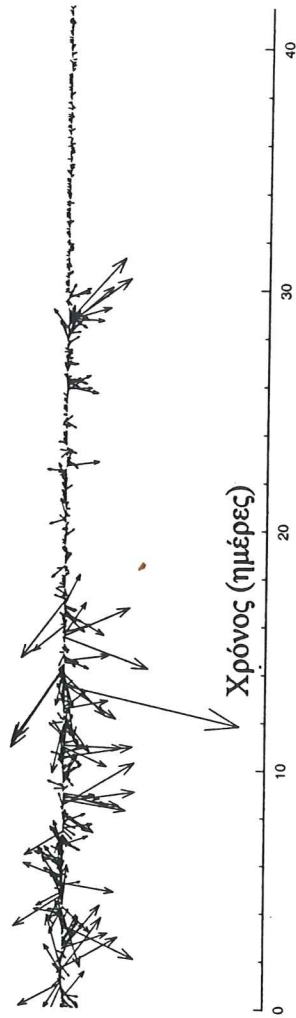


Σχήμα 4. Κίνηση των ρευμάτων στον εξωτερικό σταθμό (R2) της μυδοκαλλιέργειας.

Μέσα Σημείο

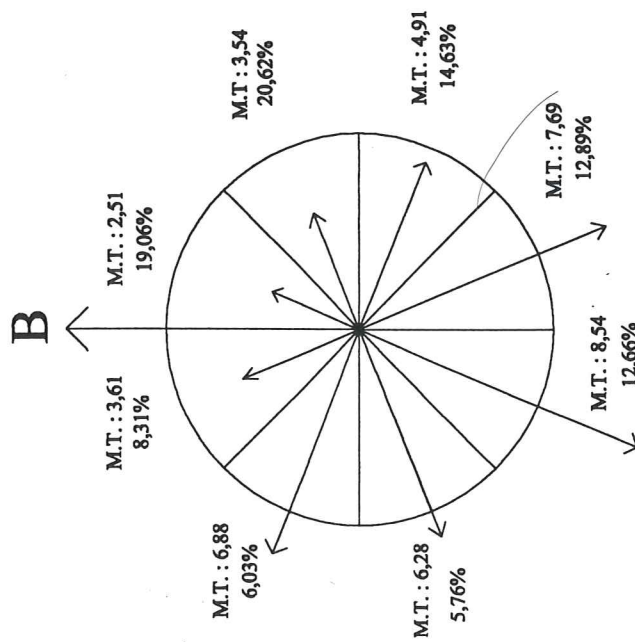


Έξω Σημείο

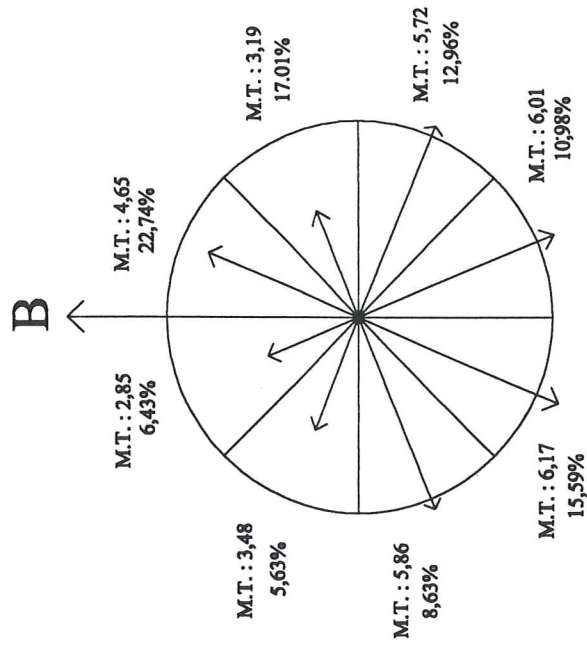


Σχήμα 5. Κατεύθυνση και ένταση των ρευμάτων στη διάρκεια των ρευματομετρήσεων.

ΕΞΩ ΣΗΜΕΙΟ



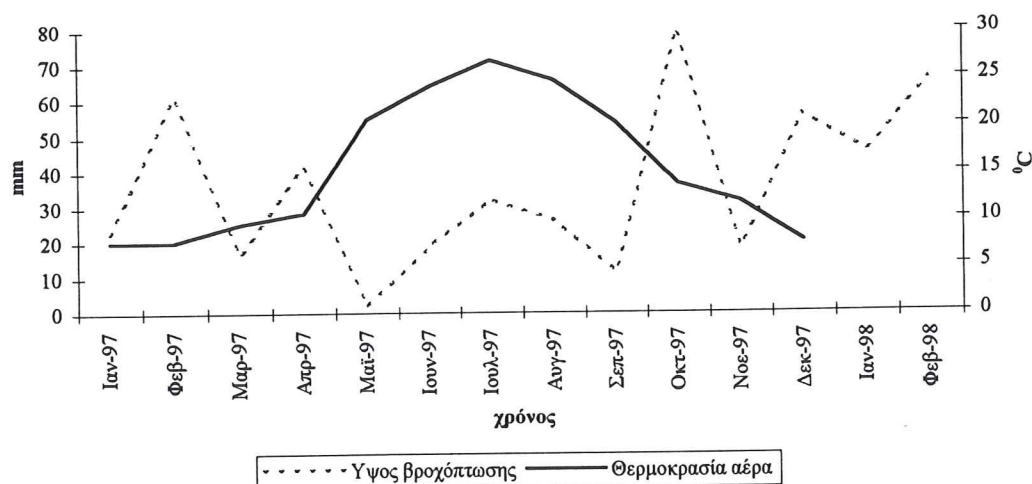
ΜΕΣΑ ΣΗΜΕΙΟ



Σχήμα 6. Μέσες ταχύτητες σε cm/sec και ποσοστιαία αναλογία κατεύθυνσης των ρευμάτων που μετρήθηκαν από τους ρευματογράφους στη διάρκεια της έρευνας.

Β. Κλιματολογικά

Στο σχήμα 7, δίνονται η μέση μηνιαία θερμοκρασία και το μέσο ύψος βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια της έρευνας, (Ινστιτούτο Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Α.Π.Θ., 1998). Οι αυξημένες βροχοπτώσεις κατά τον Οκτώβριο 97 οδήγησαν στις εισροές μεγάλων ποσοτήτων γλυκού νερού και θρεπτικών ουσιών στην περιοχή των μυδοκαλλιέργειών, κατά τους αμέσως επόμενους μήνες (βλ. αλατότητα & θρεπτικά).



Σχήμα 7. Μέση μηνιαία θερμοκρασία και μέσο ύψος βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια της έρευνας, (Ινστιτούτο Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Α.Π.Θ., 1998).

Γ. Προσδιορισμός ποιότητας και τροφικής κατάστασης του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Η παράθεση των αποτελεσμάτων των φυσικοχημικών παραμέτρων που προσδιορίστηκαν στα νερά και η συζήτησή τους, αφορά τη σύγκριση των μέσων τιμών (με ταυτόχρονη αναφορά στο τυπικό σφάλμα του μέσου), μεταξύ, της μυδοκαλλιέργειας, της πλησιέστερης (ακτή) και της απώτερης (θάλασσα) υδάτινης περιοχής. Οι μέσοι, το τυπικό σφάλμα των μέσων, οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές για κάθε παράμετρο δίνονται στον πίνακα 1. Ταυτόχρονα δίνονται υπό μορφή γραφικής παράστασης οι διαχρονικές μεταβολές των φυσικοχημικών παραμέτρων για κάθε σημείο δειγματοληψίας.

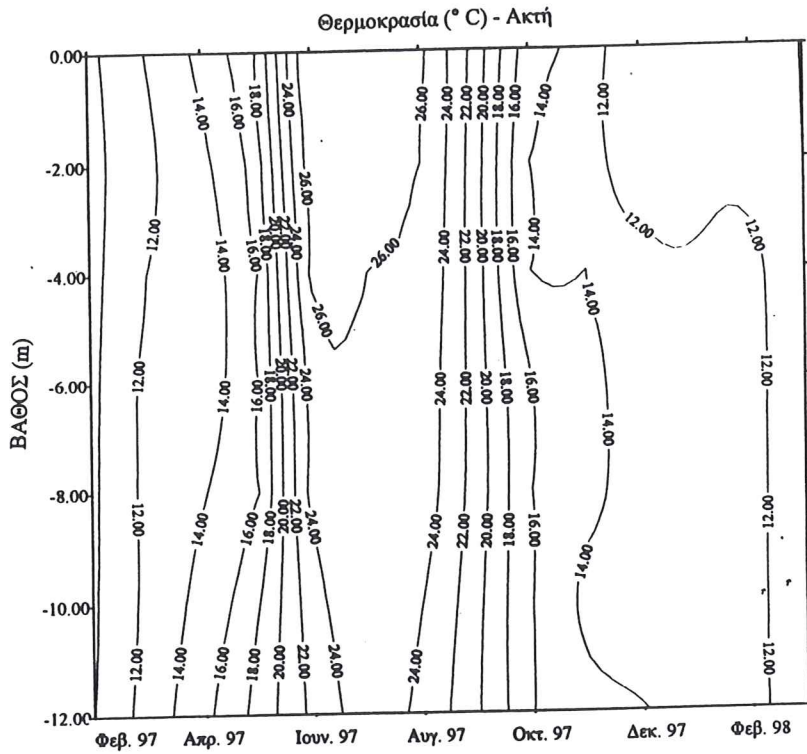
Η **θερμοκρασία** των νερών κυμάνθηκε κατά το χρονικό διάστημα του πειραματισμού από 10 έως 26 °C ανάλογα με την εποχή. Στα σχήματα 8, 9 & 10 δίνονται τα διαγράμματα των ισόθερμων καμπυλών (profile) σε συνάρτηση με το χρόνο στις τρεις περιοχές δειγματοληψιών. Όπως φαίνεται από τα σχήματα δεν διαπιστώθηκε θερμική στρωμάτωση, το δε εύρος διακύμανσης των θερμοκρασιών μέχρι τα 10 m κρίνεται ικανοποιητικό για την ανάπτυξη των μυδιών. Οι ελαφρά υψηλότερες θερμοκρασίες που διαπιστώθηκαν στην επιφάνεια κυρί-

Πίνακας 1. Μέσες τιμές (X), τυπικό σφάλμα μέσου (SEM), ελάχιστες (min) και μέγιστες (max.) τιμές των παραμέτρων που προσδιορίστηκαν.

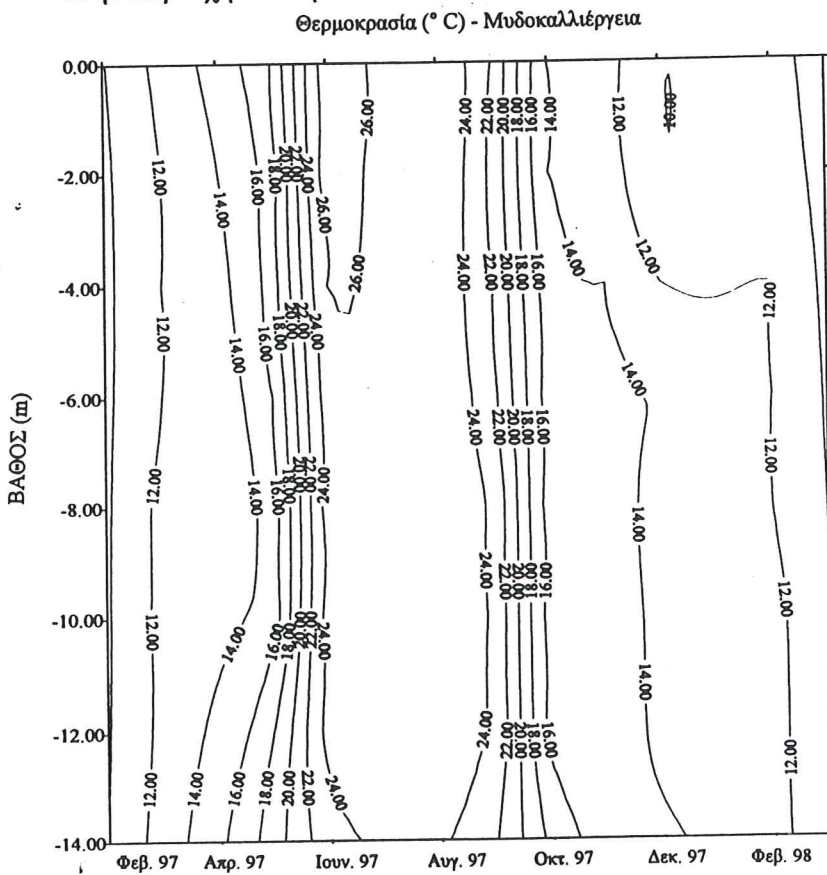
		Ακτή		Μυδοκαλλιέργεια		Θάλασσα	
		X±SEM	min-max.	X±SEM	min-max.	X±SEM	min-max.
B.O.D.₅ mgO ₂ /l	E	1,9±0,1	0,2-4,4	1,5±0,1	0,2-4,0	1,7±0,1	0,3-3,7
	Π	1,5±0,1	0,4-4,2	1,3±1,1	0,1-3,6	1,3±0,1	0,5-3,6
χλωροφ.-α μg/l	E	5,2±0,5	1,1-11,8	4,7±0,4	1,1-12,0	4,1±0,4	0,7-16,9
	Π	2,8±0,2	0,4-8,6	2,1±0,2	0,3-7,8	2,8±0,2	0,6-7,3
N-NH₄ μg/l	E	19,2±2,6	0,8-88,4	18,5±2,1	0,9-66,5	18,0±1,7	0,9-52,1
	Π	21,3±2,2	3,5-96,0	21,4±2,3	0,9-65,8	21,2±2,1	1,8-58,9
N-NO₂ μg/l	E	3,8±2,4	0,4-9,6	3,6±0,4	0,7-14,1	4,7±0,5	0,5-13,5
	Π	4,8±0,4	1,1-12,2	5,5±0,5	1,2-15,8	5,1±0,4	1,1-13,3
N-NO₃ μg/l	E	64,6±9,3	6,1-264,5	47,7±5,6	3,1-113,1	107,2±19,9	5,1-561,1
	Π	33,8±3,3	2,5-89,9	31,3±3,2	3,4-79,3	30,6±2,9	4,6-76,3
Οργανικά % Ξ.Ο.	E						
	Π	5,9±0,3	2,1-14,2	8,5±0,5	2,6-12,7	7,5±0,3	3,0-11,7
pH	E	8,5±0,03	8,1-9,0	8,5±0,03	8,1-9,0	8,5±0,03	8,0-9,1
	Π	8,4±0,03	8,0-8,8	8,4±0,03	8,0-8,8	8,5±0,03	7,9-8,8
P-PO₄ μg/l	E	17,5±3,0	0,4-71,6	8,5±0,9	0,3-28,6	18,1±3,3	2,0-91,9
	Π	8,6±1,0	0,4-25,4	7,5±0,7	0,4-19,7	8,6±0,8	0,6-25,4
Σωμ. C mg C/m ³	E	817±96	59 -2360	785±83	13-2389	780±87	33-1848
	Π	703±78	79-3062	824±86	13-2085	874±63	132-1703
αλατότητα ‰	E	33,8±0,3	26,0-37,0	34,7±0,3	27,5-37,0	31,9±0,8	18,0-37,0
	Π	37,7±0,2	34,0-40,0	38,0±0,2	34,0-40,0	37,9±0,2	35,0-40,0

ως στην ακτή κατά τους θερινούς μήνες, συνηγορούν στην υπερανάπτυξη των φυτοπλαγκτο-νικών οργανισμών.

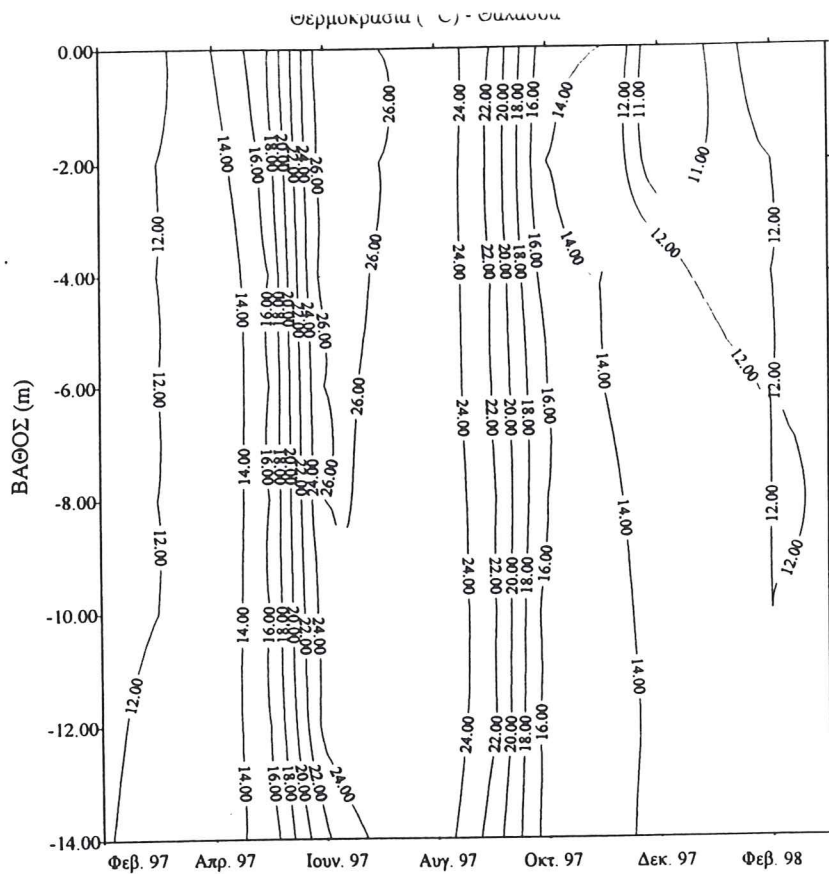
Στα σχήματα 11, 12 και 13 δίνονται τα διαγράμματα κατανομής της συγκέντρωσης του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου κατά βάθος σε συνάρτηση με το χρόνο στις τρεις περιοχές των δειγματοληψιών. Υψηλότερες συγκεντρώσεις διαπιστώθηκαν στην επιφάνεια της α-



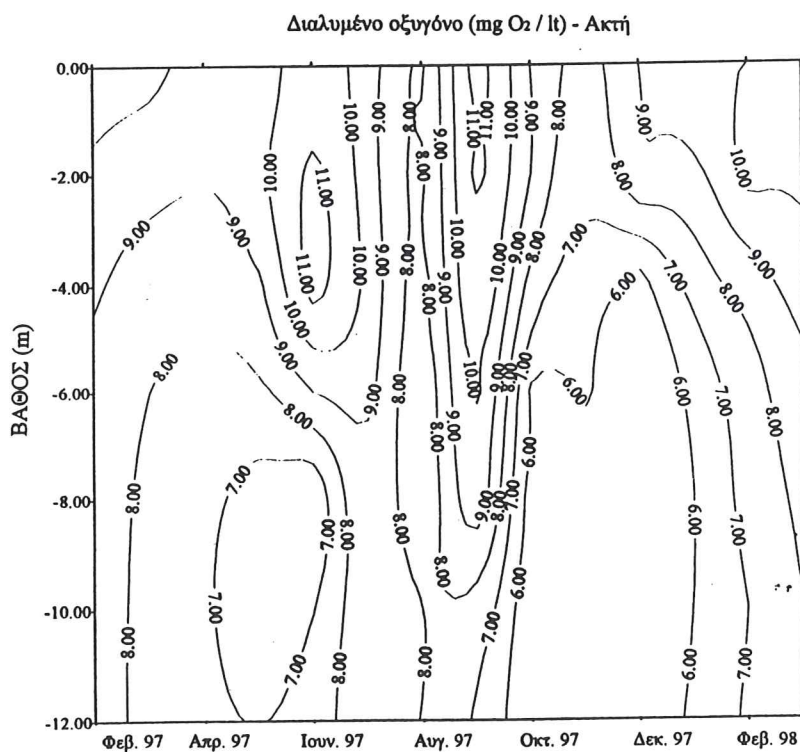
Σχήμα 8. Διάγραμμα ισόθερμων καμπυλών σε συνάρτηση με τον χρόνο στην περιοχή «ακτή».



Σχήμα 9. Διάγραμμα ισόθερμων καμπυλών σε συνάρτηση με τον χρόνο στην περιοχή «μυδοκαλλιέργεια»

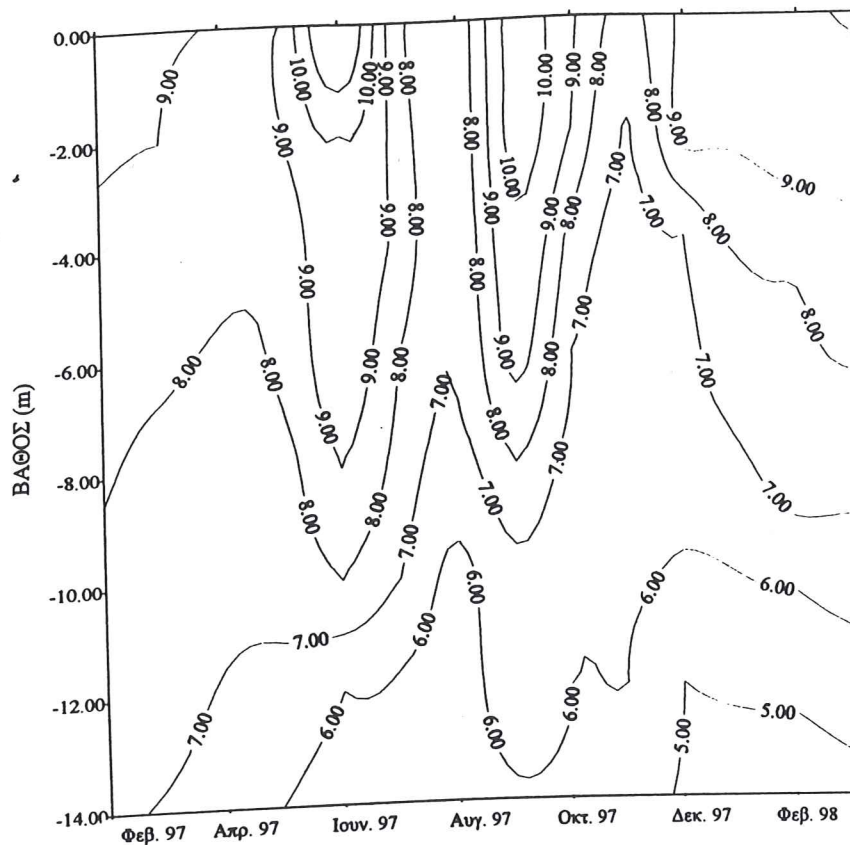


Σχήμα 10. Διάγραμμα ισόθερων καμπυλών σε συνάρτηση με τον χρόνο στην περιοχή «θάλασσα»



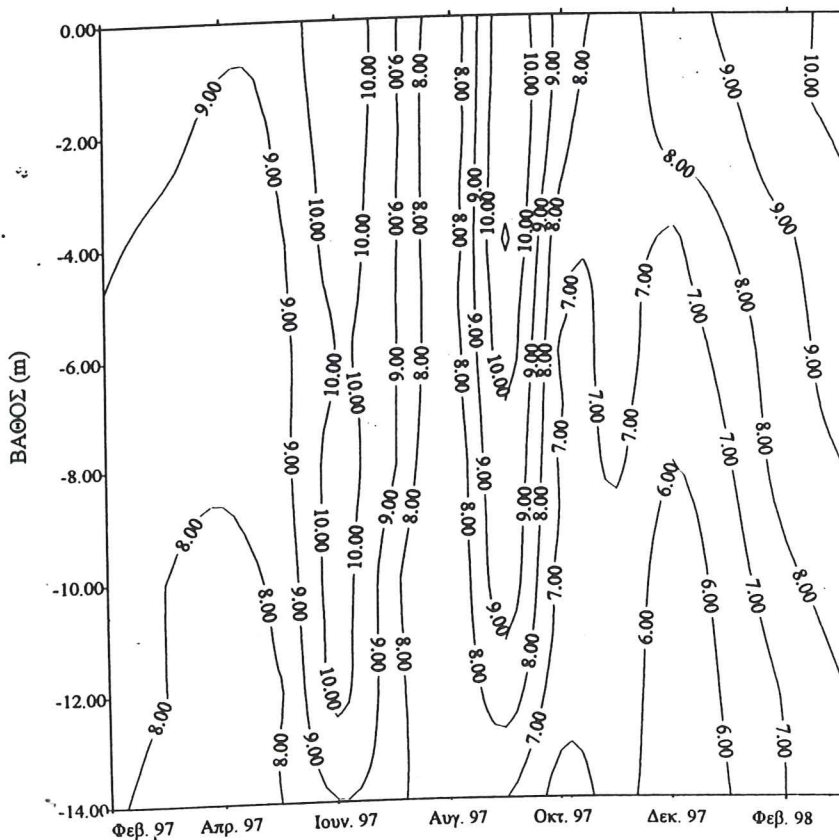
Σχήμα 11. Διάγραμμα κατανομής της συγκέντρωσης του οξυγόνου (mg/l) κατά βάθος σε συνάρτηση με το χρόνο στην περιοχή «ακτή».

Διαλυμένο οξυγόνο (mg O₂ / lt) - Μυδοκαλλιέργεια



Σχήμα 11. Διάγραμμα κατανομής της συγκέντρωσης του οξυγόνου (mg/l) κατά βάθος σε συνάρτηση με το χρόνο στην περιοχή «μυδοκαλλιέργεια».

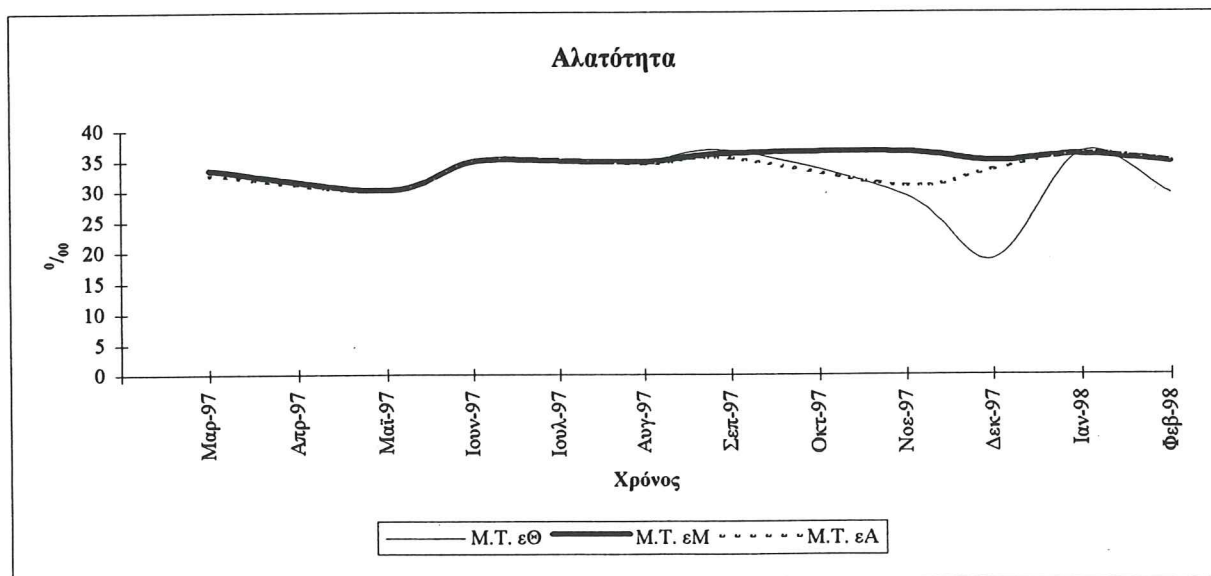
Διαλυμένο οξυγόνο (mg O₂ / lt) - Θάλασσα



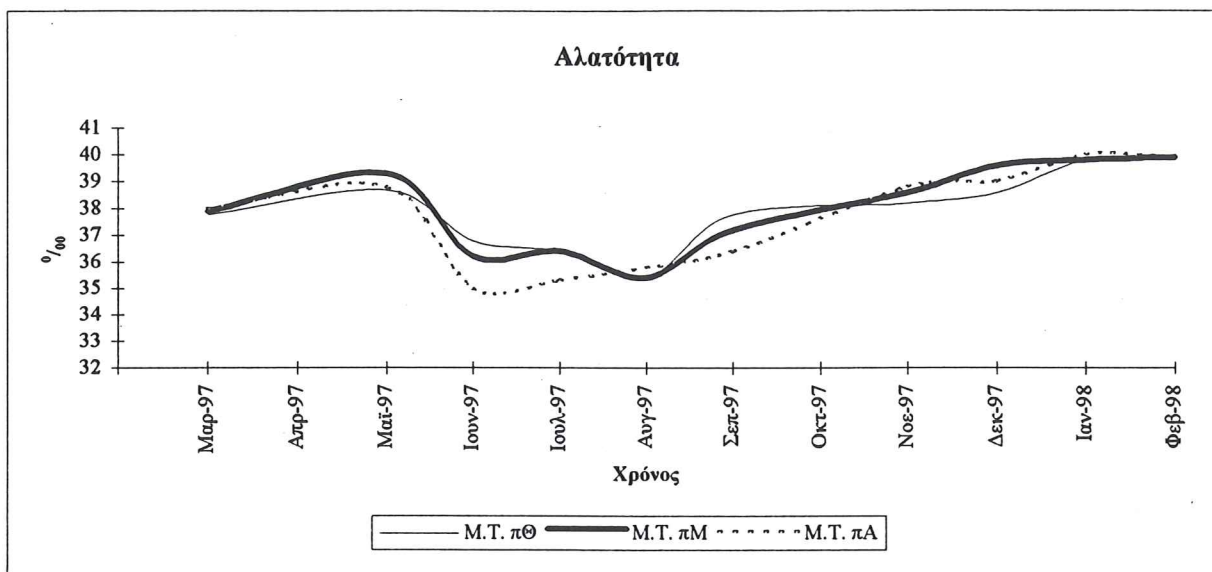
Σχήμα 11. Διάγραμμα κατανομής της συγκέντρωσης του οξυγόνου (mg/l) κατά βάθος σε συνάρτηση με το χρόνο στην περιοχή «θάλασσα».

κτης εξαιτίας της αυξημένης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας. Το διαλυμένο οξυγόνο κυμάνθηκε στα επιφανειακά στρώματα της μυδοκαλλιέργειας (μέχρι τα 9 m) από 7 έως 10 mg O₂/l σ'όλη τη διάρκεια της μελέτης. Οι τιμές αυτές κρίνονται ικανοποιητικές για την ανάπτυξη των μυδιών. Αντιθέτως, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι στα βαθύτερα στρώματα, κοντά στον πυθμένα και ιδιαίτερα κατά την περίοδο Απριλίου 97 - Φεβρουαρίου 98, οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου στη μυδοκαλλιέργεια, κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα 5 έως 6 mg O₂/l. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει τους υψηλούς ρυθμούς αερόβιας βακτηριακής αποσύνθεσης του οργανικού υλικού που συσσωρεύεται κάτω από τη μυδοκαλλιέργεια. Αντιθέτως δεν διαπιστώθηκαν χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου στον πυθμένα της ακτής και της ανοικτής θάλασσας. Στις ίδιες διαπιστώσεις καταλήγουν και οι Kaspar et al. (1985) και Barranquet et al. (1994,1996).

Η αλατότητα παρουσίασε ελαφρά χαμηλότερες τιμές στην επιφάνεια τόσο της ακτής (33,8±0,3 ‰) όσο και της μυδοκαλλιέργειας (34,7±0,3 ‰) και της θάλασσας (31,9±0,8 ‰) σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές του πυθμένα (ακτή: 37,7±0,2 ‰, μυδοκαλλιέργεια: 38,0±0,2 ‰, θάλασσα: 37,9±0,2 ‰). Στα σχήματα 14 & 15 δίνονται οι διαχρονικές μεταβολές της αλατότητας, στην επιφάνεια και τον πυθμένα αντίστοιχα και για τις τρεις περιοχές. Το γεγονός αυτό οφείλεται στις εισροές γλυκών νερών από τα ποτάμια και γενικότερα από τη λεκάνη απορροής. Οι τιμές για την αλατότητα κυμάνθηκαν μέσα στα όρια ανάπτυξης των



Σχήμα 14. Μεταβολές της μέσης τιμής της αλατότητας στην επιφάνεια των περιοχών: θάλασσα (εΘ), μυδοκαλλιέργεια (εΜ) και ακτή (εΑ) κατά την έρευνα.

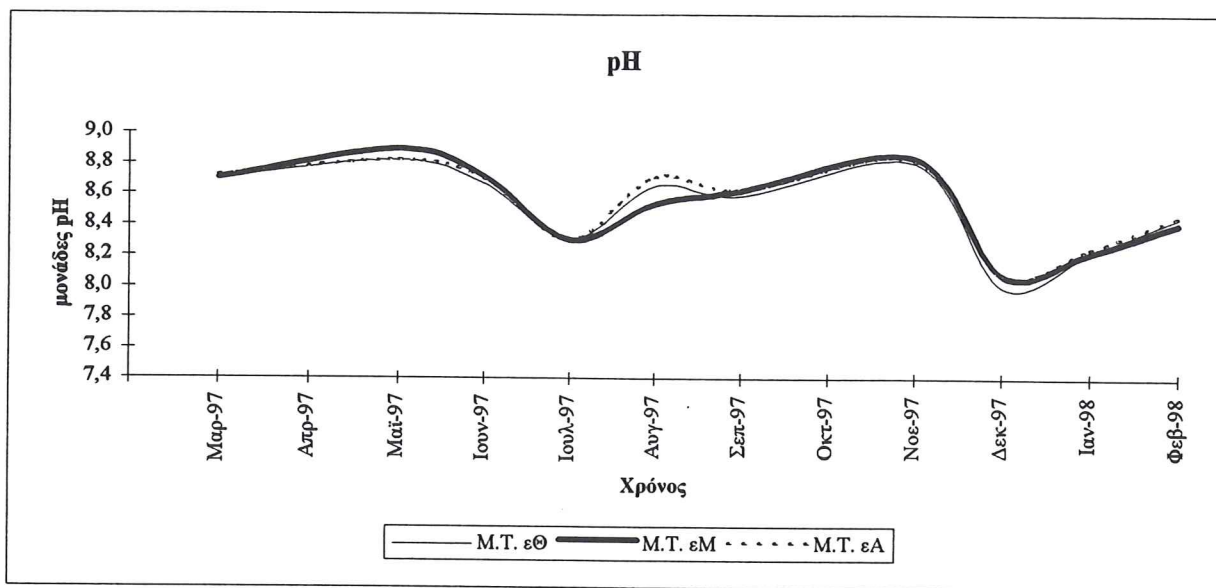


Σχήμα 15. Μεταβολές της μέσης τιμής της αλατότητας στον πυθμένα των περιοχών: θάλασσα (πΘ), μυδοκαλλιέργεια (πΜ) και ακτή (πΑ) κατά την έρευνα.

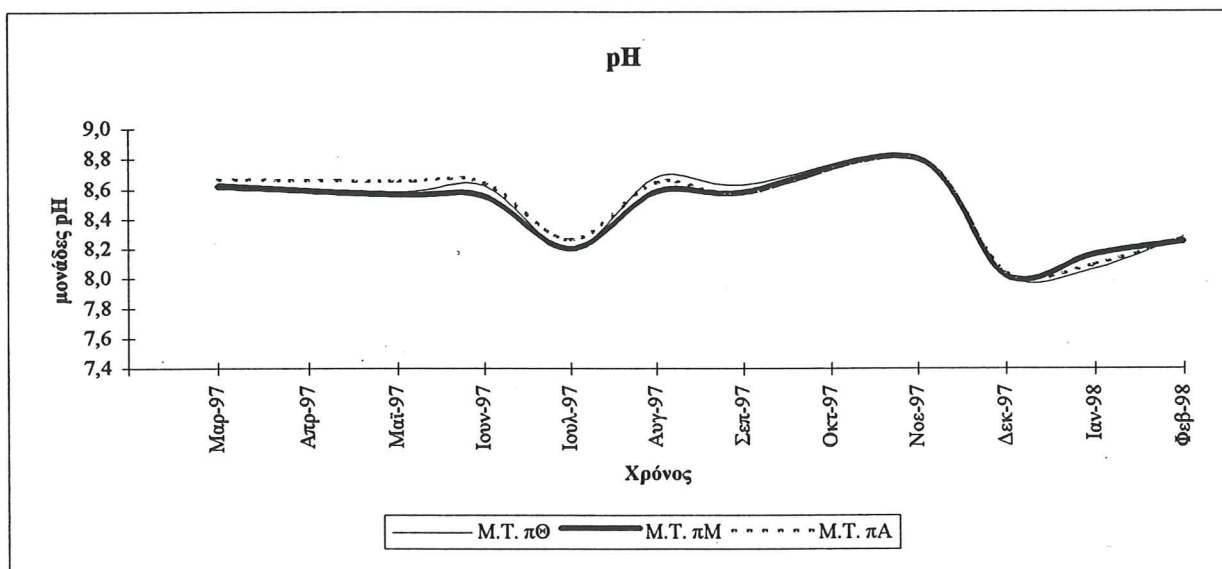
μυδιών, πλην της περιόδου του μηνός Δεκεμβρίου 97 στη θάλασσα, που ήταν κάτω από το όριο ανοχής (18%) εξαιτίας εισροής μεγάλων ποσοτήτων γλυκών νερών από τα ποτάμια της λεκάνης απορροής, (Φώτης, 1996).

Οι τιμές του pH δεν παρουσίασαν διαφορές τόσο στην επιφάνεια (ακτή: $8,5 \pm 0,03$, μυδοκαλλιέργεια: $8,5 \pm 0,03$, θάλασσα: $8,5 \pm 0,03$) όσο και στον πυθμένα μεταξύ της ακτής ($8,4 \pm 0,03$) της μυδοκαλλιέργειας ($8,4 \pm 0,03$) και της θάλασσας ($8,4 \pm 0,03$). Στα σχήματα 16 & 17 δίνονται οι διαχρονικές μεταβολές του pH, στην επιφάνεια και τον πυθμένα αντίστοιχα και για τις τρεις περιοχές. Οι υψηλές αυτές τιμές του pH οφείλονται τόσο στην υψηλή φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτοπλακτονικών οργανισμών όσο και στην αερόβια μικροβιακή δραστηριότητα αποδόμησης των οργανικών υλικών του πυθμένα (Dahlback and Gunnarsson, 1981).

Η χλωροφύλλη-α παρουσίασε στην επιφάνεια υψηλότερες τιμές στην ακτή (M.T. $5,2 \pm 0,5$ $\mu\text{g/l}$) σε σχέση με αυτές της μυδοκαλλιέργειας ($4,7 \pm 0,4$ $\mu\text{g/l}$) και της θάλασσας ($4,2 \pm 0,4$ $\mu\text{g/l}$). Στον πυθμένα επίσης οι τιμές ήταν ελαφρά υψηλότερες για την ακτή ($2,9 \pm 0,3$ $\mu\text{g/l}$) σε σχέση με τη θάλασσα ($2,8 \pm 0,2$ $\mu\text{g/l}$) και τη μυδοκαλλιέργεια ($2,1 \pm 0,2$ $\mu\text{g/l}$). Στα σχήματα 18 & 19 δίνονται οι διαχρονικές μεταβολές της χλωροφύλλης-α, στην επιφάνεια και τον πυθμένα αντίστοιχα και για τις τρεις περιοχές.

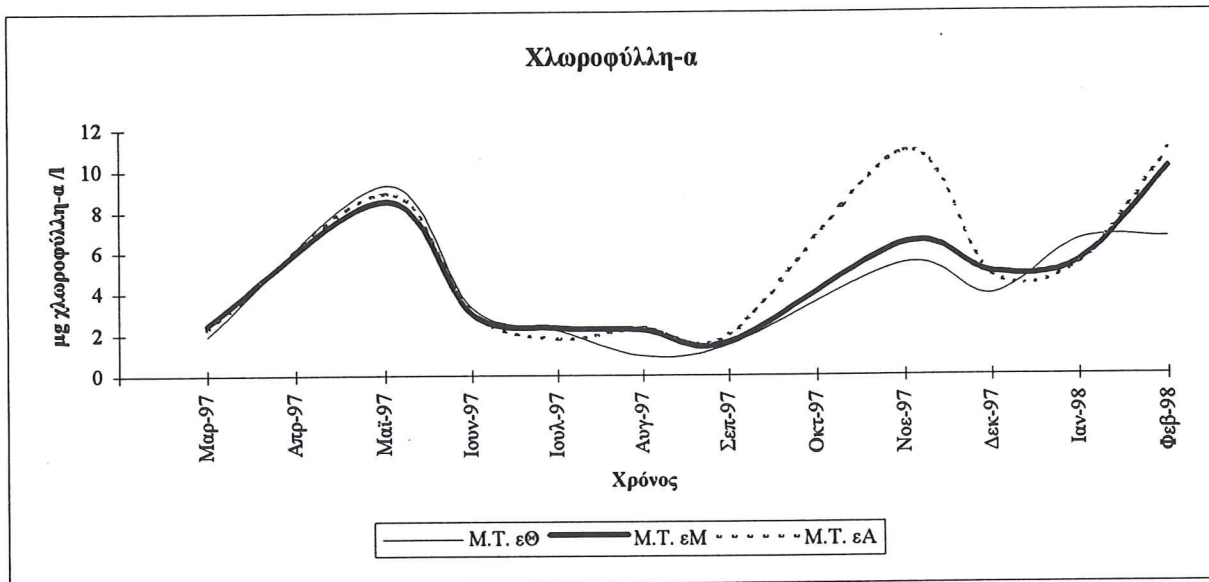


Σχήμα 16. Μεταβολές της μέσης τιμής του pH στην επιφάνεια των περιοχών: θάλασσα (εΘ), μυδοκαλλιέργεια (εΜ) και ακτή (εΑ) κατά την έρευνα.

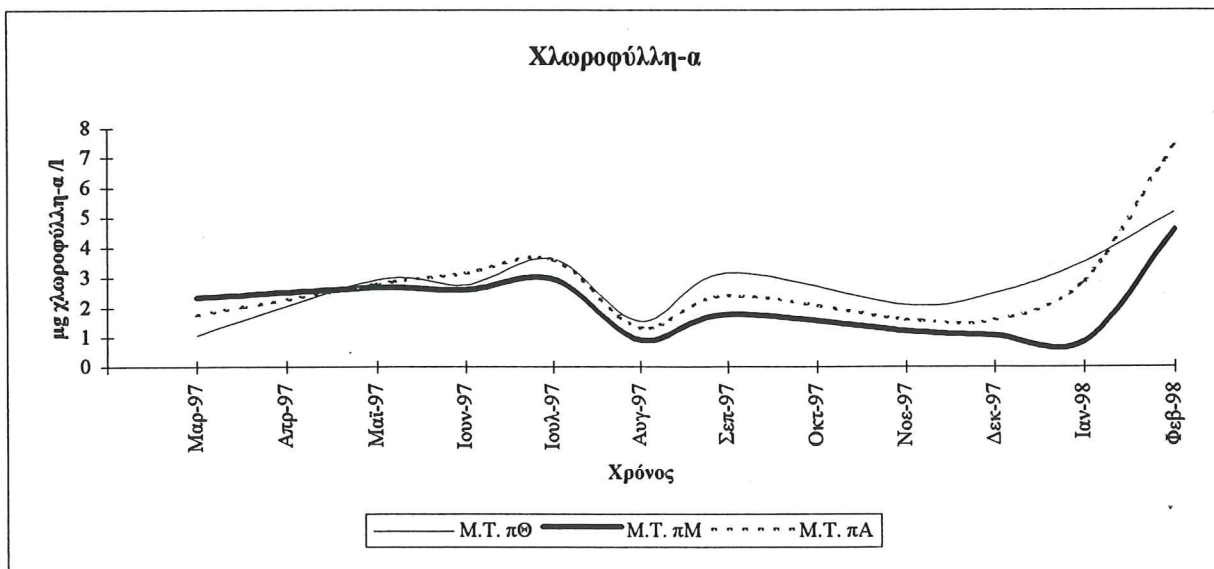


Σχήμα 17. Μεταβολές της μέσης τιμής του pH στον πυθμένα των περιοχών: θάλασσα (πΘ), μυδοκαλλιέργεια (πΜ) και ακτή (πΑ) κατά την έρευνα.

Παρόλο ότι οι διαφορές στις μέσες τιμές της χλωροφύλλης-α δεν ήταν στατιστικά σημαντικές σ' όλες τις περιπτώσεις, οι αυξημένες τιμές στην επιφάνεια προς την πλευρά της ακτής σε σχέση με τη μυδοκαλλιέργεια και τη θάλασσα κατά 10 % και 20% αντίστοιχα, οφεί-



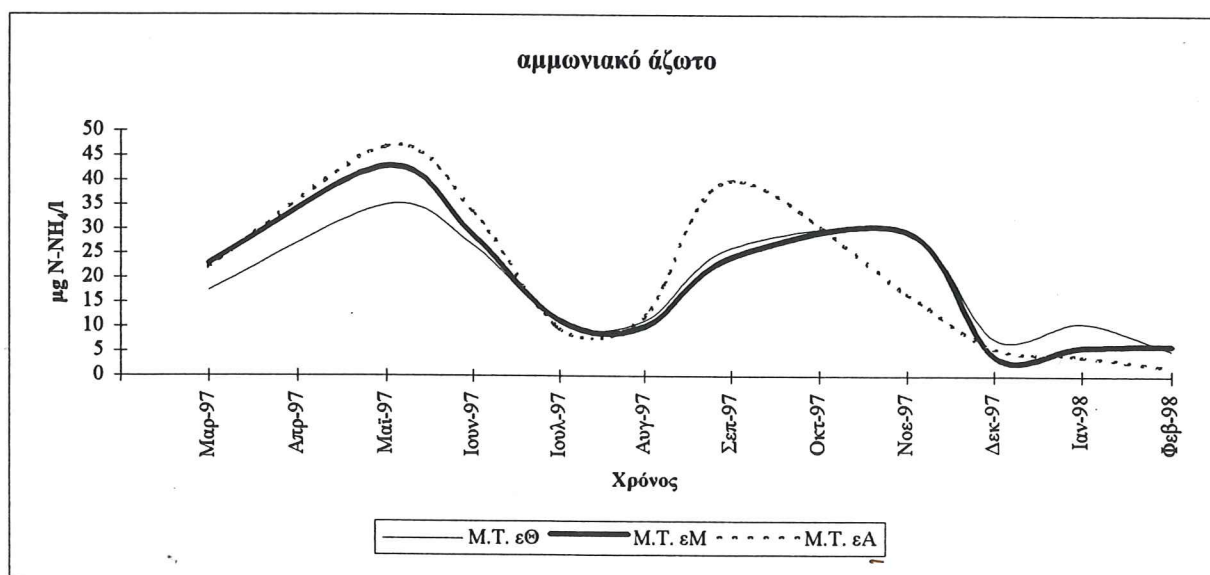
Σχήμα 18. Μεταβολές της μέσης τιμής της χλωροφύλλης-α στην επιφάνεια των περιοχών: θάλασσα (εΘ), μυδοκαλλιέργεια (εΜ) και ακτή (εΑ) κατά την έρευνα.



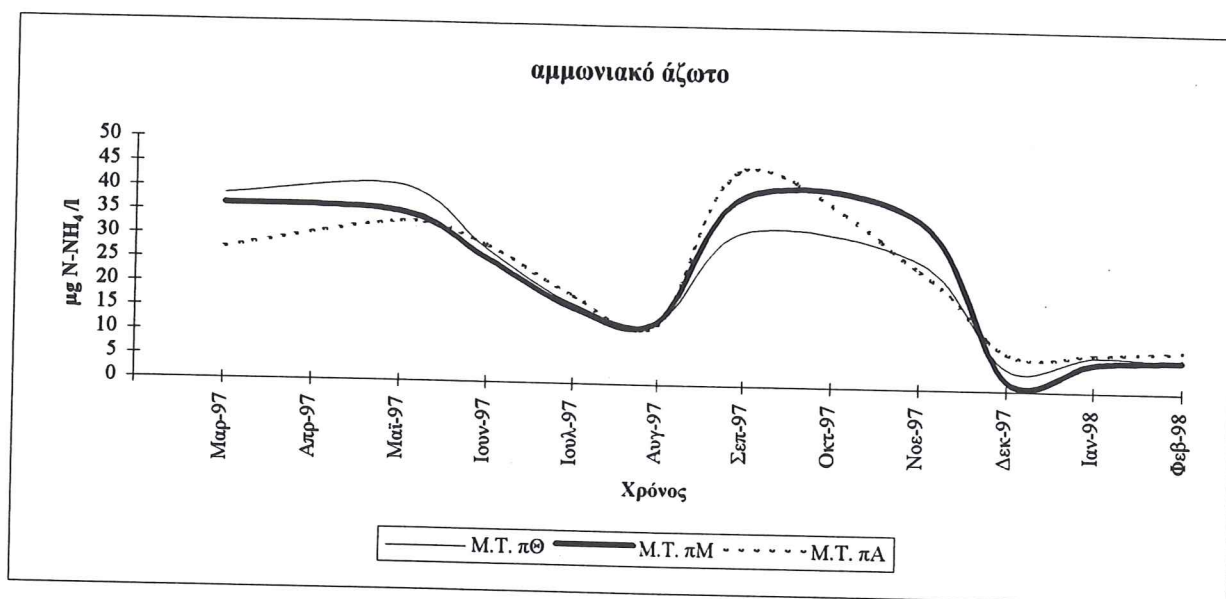
Σχήμα 19. Μεταβολές της μέσης τιμής της χλωροφύλλης-α στον πυθμένα των περιοχών: θάλασσα (πΘ), μυδοκαλλιέργεια (πΜ) και ακτή (πΑ) κατά την έρευνα.

λονται στην έντονη ανάπτυξη των φυτοπλακτονικών οργανισμών. Η έντονη αυτή ανάπτυξη μπορεί να αποδοθεί στις εισροές θρεπτικών ουσιών από τις σημειακές και μη σημειακές χερσαίες πηγές (ποτάμια, ρέματα) και στην ιδιόμορφη κίνηση των θαλάσσιων ρευμάτων της περιοχής τα οποία είναι παράλληλα προς την ακτή. Στα ίδια συμπεράσματα καταλήγουν και οι Asmus and Asmus (1991) καθώς και ο Broom (1982). Αντίθετα οι Frechette και Bourget (1985), απέδωσαν τη μείωση της χλωροφύλλης στη μυδοκαλλιέργεια στα ρεύματα της περιοχής και όχι στο φιλτράρισμα των μυδιών.

Το αμμωνιακό άζωτο παρουσίασε στην επιφάνεια υψηλότερες τιμές στην ακτή ($19,2 \pm 2,6$ $\mu\text{g N-NH}_4/\text{l}$) σε σχέση με την μυδοκαλλιέργεια ($18,5 \pm 2,1$ $\mu\text{g N-NH}_4/\text{l}$) και την θάλασσα ($18,0 \pm 1,7$ $\mu\text{g N-NH}_4/\text{l}$). Αντίθετα στον πυθμένα δεν παρουσιάστηκαν συγκριτικά διαφορές μεταξύ της ακτής ($21,3 \pm 2,2$ $\mu\text{g N-NH}_4/\text{l}$) μυδοκαλλιέργειας ($21,4 \pm 2,3$ $\mu\text{g N-NH}_4/\text{l}$) και της θάλασσας ($21,2 \pm 2,1$ $\mu\text{g N-NH}_4/\text{l}$). Στα σχήματα 20 & 21 δίνονται οι διαχρονικές μεταβολές του αμμωνιακού αζώτου, στην επιφάνεια και τον πυθμένα αντίστοιχα και για τις τρεις περιοχές. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις στον πυθμένα μπορεί να αποδοθούν στην αποσύνθεση του οργανικού υλικού. Η απουσία διαφορών μεταξύ των συγκεντρώσεων στον πυθμένα μεταξύ ακτής, μυδοκαλλιέργειας και ανοικτής θάλασσας πιθανόν οφείλεται στην επίδραση των θαλάσσιων ρευμάτων (Kaspar et al., 1985). Αντίθετα άλλοι συγγραφείς διαπίστωσαν υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνιακών στις μυδοκαλλιέργειες (Bayne, 1976, Dame και Dankers, 1988, Asmus και Asmus, 1991).



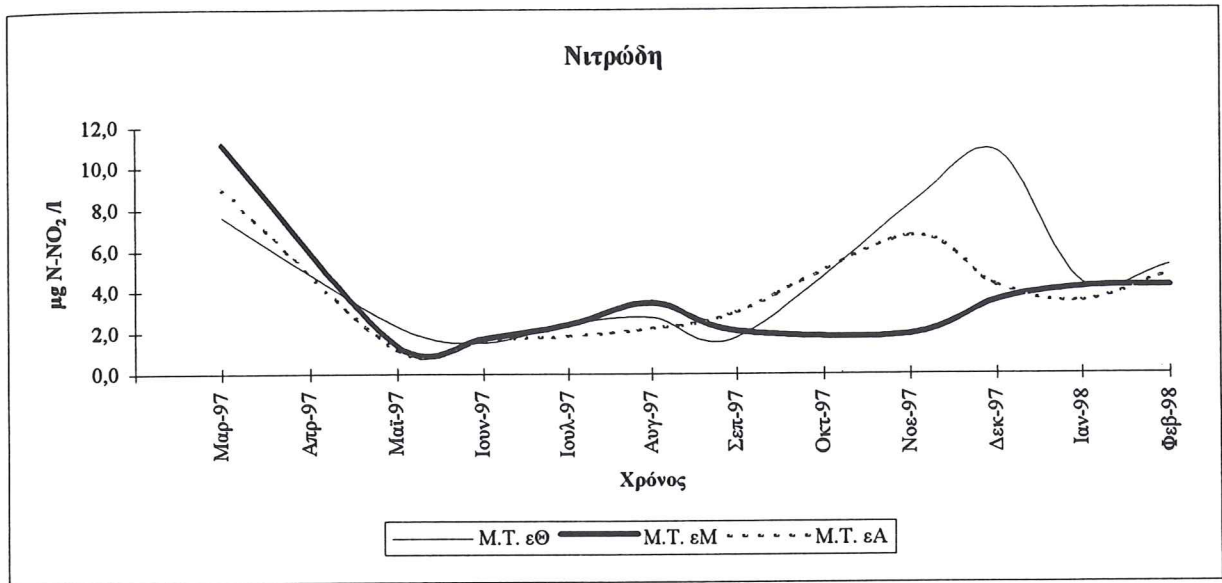
Σχήμα 20. Μεταβολές της μέσης τιμής του N-NH_4 στην επιφάνεια των περιοχών: θάλασσα (εΘ), μυδοκαλλιέργεια (εΜ) και ακτή (εΑ) κατά την έρευνα.



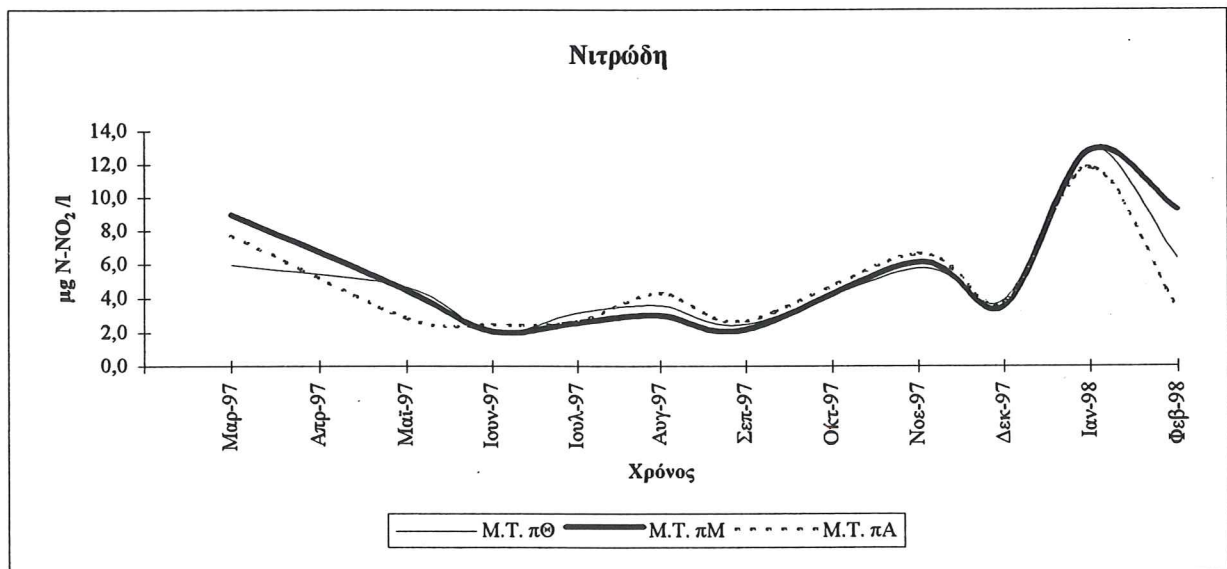
Σχήμα 21. Μεταβολές της μέσης τιμής του N-NH₄ στον πυθμένα των περιοχών: θάλασσα (πΘ), μυδοκαλλιέργεια (πΜ) και ακτή (πΑ) κατά την έρευνα.

Οι διακυμάνσεις στις συγκεντρώσεις των **θρεπτικών** παρουσίασαν παρόμοια συμπεριφορά σε όλες τις περιπτώσεις.

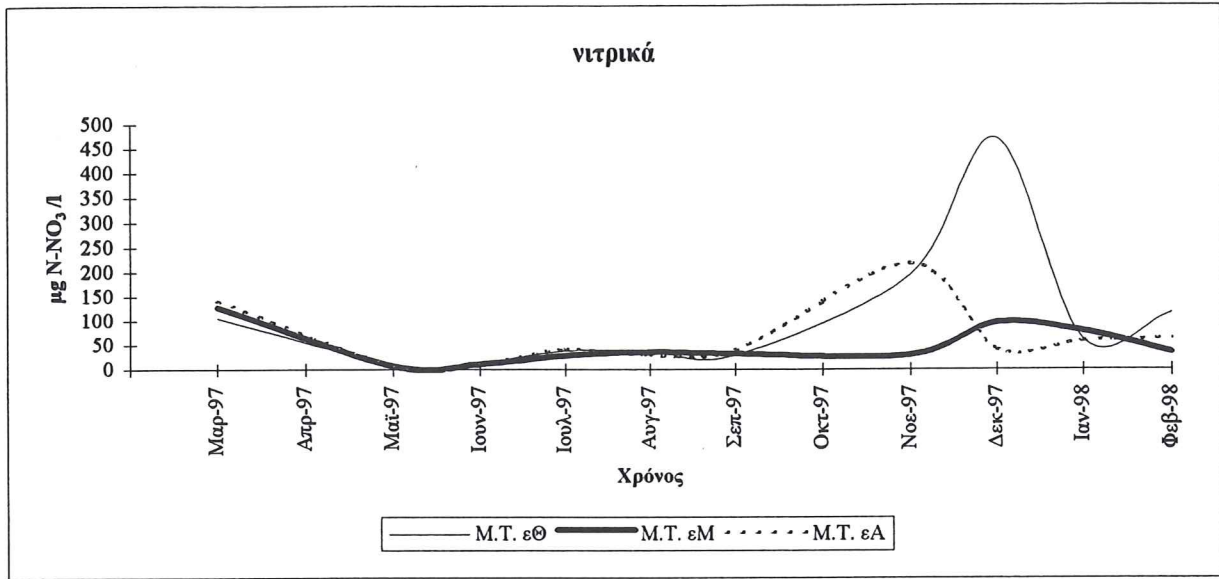
Τα **νιτρώδη** παρατηρήθηκαν στην επιφάνεια σε υψηλότερες συγκεντρώσεις στη θάλασσα ($4,7 \pm 0,5 \mu\text{g N-NO}_2/\text{l}$) σε σχέση με την ακτή ($3,8 \pm 2,4 \mu\text{g N-NO}_2/\text{l}$) και τη μυδοκαλλιέργεια ($3,6 \pm 0,4 \mu\text{g N-NO}_2/\text{l}$). Αντίθετα στον πυθμένα οι διαφορές δεν ήταν αισθητές με τις χαμηλότερες τιμές να παρατηρούνται στην ακτή ($4,8 \pm 0,4 \mu\text{g N-NO}_2/\text{l}$) συγκριτικά με αυτές της μυδοκαλλιέργειας ($5,5 \pm 0,5 \mu\text{g N-NO}_2/\text{l}$) και της θάλασσας ($5,1 \pm 0,4 \mu\text{g N-NO}_2/\text{l}$). Στα σχήματα 22 & 23 δίνονται οι διαχρονικές μεταβολές των νιτρωδών με τη μορφή αζώτου-νιτρωδών, στην επιφάνεια και τον πυθμένα αντίστοιχα και για τις τρεις περιοχές. Τα **νιτρικά** στην επιφάνεια παρατηρήθηκαν σε υψηλότερες συγκεντρώσεις στην θάλασσα ($107,2 \pm 19,9 \mu\text{g N-NO}_3/\text{l}$) συγκριτικά με την ακτή ($64,6 \pm 9,3 \mu\text{g N-NO}_3/\text{l}$) και τη μυδοκαλλιέργεια ($47,6 \pm 5,6 \mu\text{g N-NO}_3/\text{l}$). Αντίθετα στον πυθμένα οι τιμές των νιτρικών έδειξαν να είναι υψηλότερες στην ακτή ($33,8 \pm 3,3 \mu\text{g N-NO}_3/\text{l}$) σε σχέση με τη μυδοκαλλιέργεια ($31,3 \pm 3,2 \mu\text{g N-NO}_3/\text{l}$) και τη θάλασσα ($30,6 \pm 2,9 \mu\text{g N-NO}_3/\text{l}$). Στα σχήματα 24 & 25 δίνονται οι διαχρονικές μεταβολές των νιτρικών με τη μορφή αζώτου-νιτρικών, στην επιφάνεια και τον πυθμένα αντίστοιχα και για τις τρεις περιοχές.



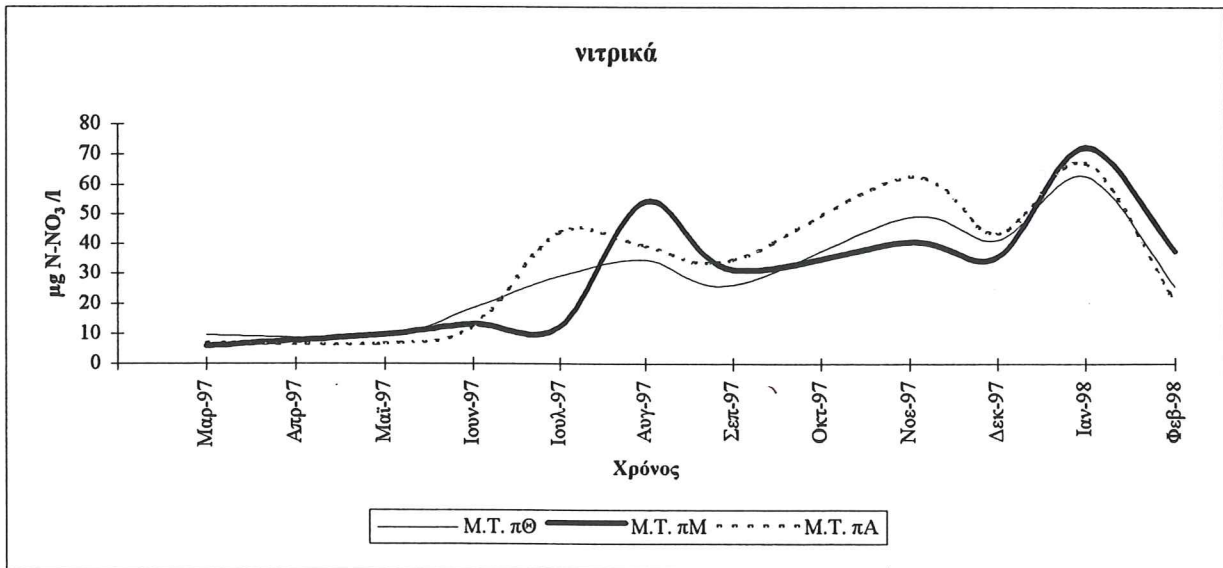
Σχήμα 22. Μεταβολές της μέσης τιμής του N-NO₂ στην επιφάνεια των περιοχών: θάλασσα (εΘ), μυδοκαλλιέργεια (εΜ) και ακτή (εΑ) κατά την έρευνα.



Σχήμα 23. Μεταβολές της μέσης τιμής του N-NO₂ στον πυθμένα των περιοχών: θάλασσα (πΘ), μυδοκαλλιέργεια (πΜ) και ακτή (πΑ) κατά την έρευνα.

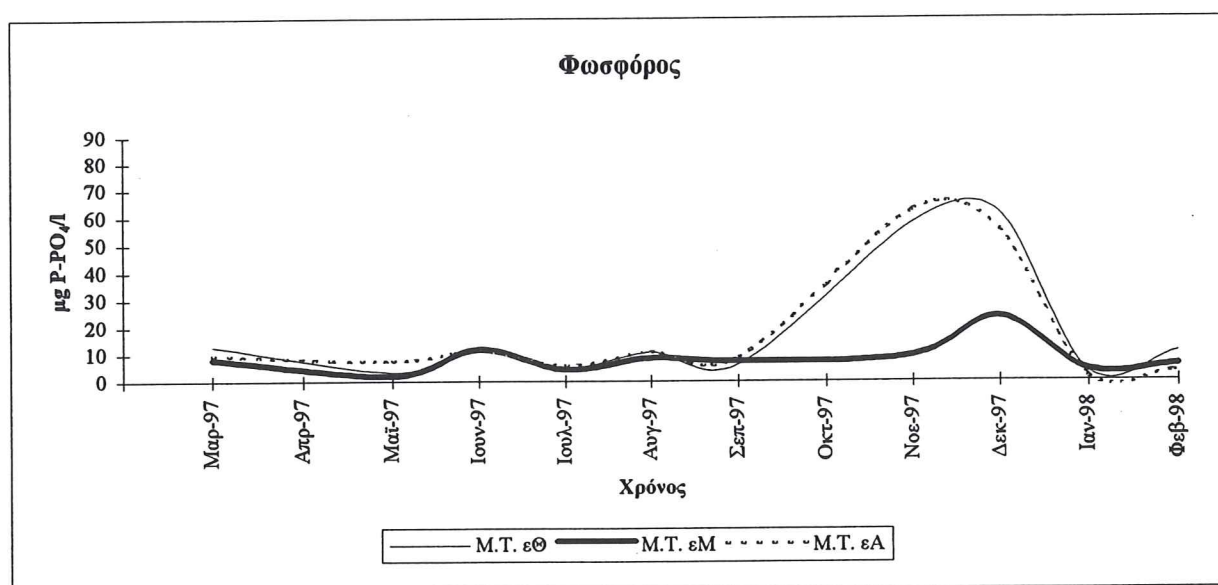


Σχήμα 24. Μεταβολές της μέσης τιμής του N-NO₃ στην επιφάνεια των περιοχών: θάλασσα (εΘ), μυδοκαλλιέργεια (εΜ) και ακτή (εΑ) κατά την έρευνα.



Σχήμα 25. Μεταβολές της μέσης τιμής του N-NO₃ στον πυθμένα των περιοχών: θάλασσα (πΘ), μυδοκαλλιέργεια (πΜ) και ακτή (πΑ) κατά την έρευνα.

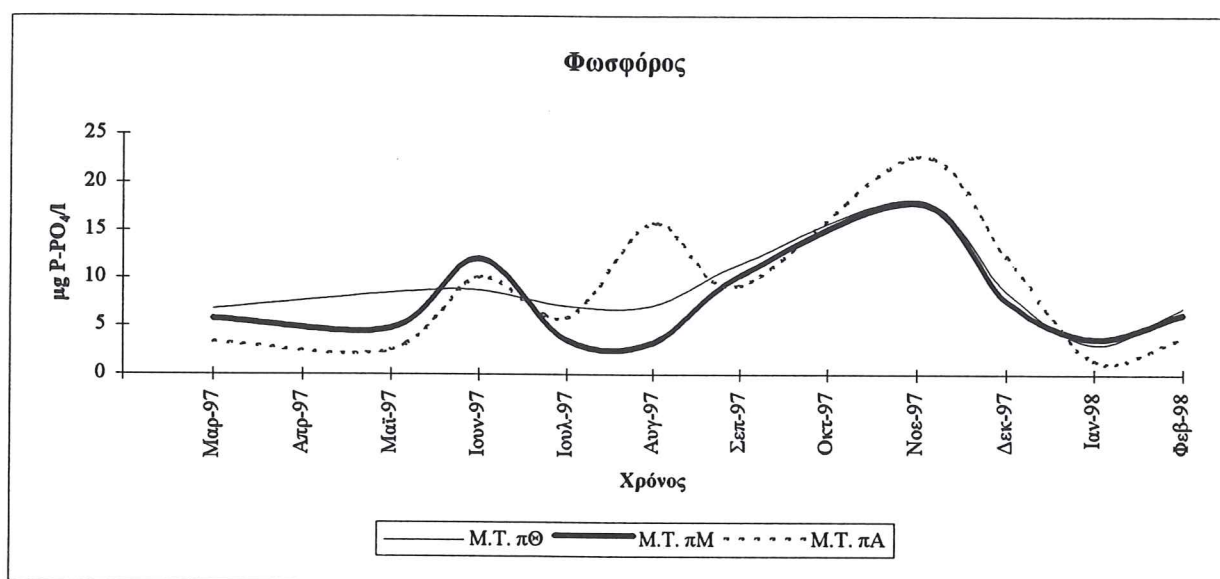
Ο φωσφόρος ανιχνεύτηκε επίσης σε υψηλότερες συγκεντρώσεις στην επιφάνεια της θάλασσας ($18,1 \pm 3,3$ $\mu\text{g P-PO}_4/\text{l}$) και της ακτής ($17,5 \pm 3,0$ $\mu\text{g P-PO}_4/\text{l}$) συγκριτικά με τη μυδοκαλλιέργεια ($8,4 \pm 0,9$ $\mu\text{g P-PO}_4/\text{l}$). Οι παραπάνω παρατηρήσεις ισχύουν και για τις συγκεντρώσεις που ανιχνεύτηκαν στον πυθμένα με πολύ μικρές όμως διαφοροποιήσεις στις τιμές μεταξύ θάλασσας ($8,6 \pm 0,8$ $\mu\text{g P-PO}_4/\text{l}$) και ακτής ($8,6 \pm 1,0$ $\mu\text{g P-PO}_4/\text{l}$) σε σχέση με τη μυδοκαλλιέργεια ($7,5 \pm 0,7$ $\mu\text{g P-PO}_4/\text{l}$). Στα σχήματα 26 & 27 δίνονται οι διαχρονικές μεταβολές του φωσφόρου με τη μορφή φωσφόρου-φωσφορικών, στην επιφάνεια και τον πυθμένα αντίστοιχα και για τις τρεις περιοχές.



Σχήμα 26. Μεταβολές της μέσης τιμής του P-PO₄ στην επιφάνεια των περιοχών: θάλασσα (εΘ), μυδοκαλλιέργεια (εΜ) και ακτή (εΑ) κατά την έρευνα.

Χαρακτηριστικό των μεταβολών των θρεπτικών είναι η στατιστικά σημαντική αυξημένη συγκέντρωσή τους στην επιφάνεια της θάλασσας σε σχέση με αυτές της ακτής και λιγότερο της μυδοκαλλιέργειας κατά τους μήνες Νοέμβριο - Δεκέμβριο. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την αντίστοιχη πτώση της αλατότητας (βλ. σχήμα 14) και τις ισχυρές βροχοπτώσεις που προηγήθηκαν (Οκτώβριος) φανερώνουν την επίδραση των εισροών από τα ποτάμια στην περιοχή. Δεδομένου ότι τα ρεύματα είναι ισχυρότερα στην εξωτερική (θάλασσα) πλευρά των μυδοκαλλιεργειών σε σχέση με την εσωτερική (ακτή) εξηγεί την μεγαλύτερη επίδραση των παραπάνω εισροών στην θάλασσα. Αποτέλεσμα αυτών των εισροών ήταν και η

εμφάνιση ιδιαίτερα αυξημένων τιμών κατά την αντίστοιχη περίοδο και στις αντίστοιχες περιοχές των συγκεντρώσεων της χλωροφύλλης-α (βλ. σχήμα 18) που ήταν προϊόν της υπεράνπτυξης φυτοπλακτονικών οργανισμών. Οι υψηλές συγκεντρώσεις φωσφόρου-φωσφορικών που διαπιστώθηκαν κατά την περίοδο Νοεμβρίου-Δεκεμβρίου είχαν ως αποτέλεσμα να είναι το άζωτο ο περιοριστικός παράγοντας της ανάπτυξης των φυτοπλακτονικών οργανισμών κατά την αντίστοιχη περίοδο (βλ. πίνακα 2). Την επίδραση αντίστοιχα παλιρροιακών ρευμάτων στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών σε περιοχές με μυδοκαλλιέργειες επισημαίνουν και οι Kaspar et al., (1985). Αντίθετα άλλοι συγγραφείς (Dame και Dankers, 1988,

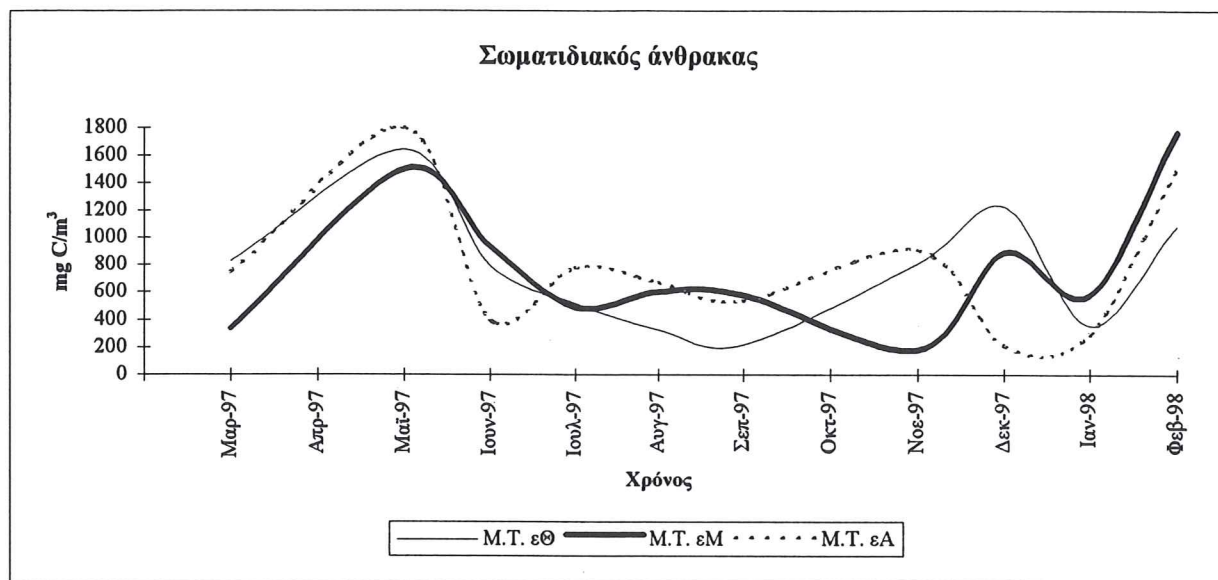


Σχήμα 27. Μεταβολές της μέσης τιμής του P-PO₄ στον πυθμένα των περιοχών: θάλασσα (πΘ), μυδοκαλλιέργεια (πM) και ακτή (πΑ) κατά την έρευνα.

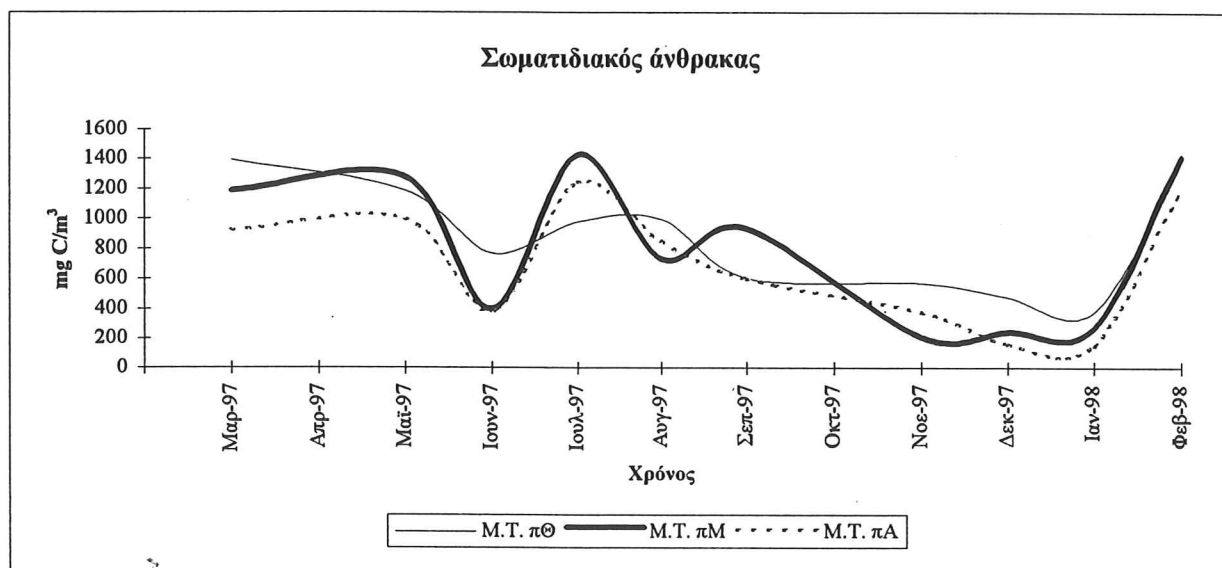
Grenz et al, 1991, Kuenzler, 1961) διαπίστωσαν υψηλές τιμές θρεπτικών σε μυδοκαλλιέργειες σε σχέση με θαλάσσιες περιοχές αναφοράς. Φαίνεται τελικά ότι η μυδοκαλλιέργεια ελάχιστα επηρεάζει με τις εκροές της τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών του συγκεκριμένου υδάτινου περιβάλλοντος, το οποίο επηρεάζεται κυρίως από τις εισροές των ποταμών και γενικότερα της λεκάνης απορροής. Οι υπάρχουσες συγκεντρώσεις των θρεπτικών που διαπιστώθηκαν στην περιοχή δεν φαίνεται να έχουν δυσμενή επίδραση στην ανάπτυξη των μυδιών.

Οι συγκεντρώσεις του **σωματιδιακού άνθρακα** στην επιφάνεια της ακτής ($816,8 \pm 95,8 \text{ mg C/m}^3$) εμφανίστηκαν σχετικά υψηλότερες απ' ότι στη μυδοκαλλιέργεια ($785,1 \pm 83,0 \text{ mg C/m}^3$) και τη θάλασσα ($780,1 \pm 87,3 \text{ mg C/m}^3$). Ακριβώς αντίθετη εικόνα παρουσίασε ο

πυθμένας με υψηλότερες τιμές στη θάλασσα ($874,1 \pm 63,1 \text{ mg C/m}^3$) συγκριτικά με τη μυδοκαλλιέργεια ($824,4 \pm 85,9 \text{ mg C/m}^3$) και την ακτή ($702,7 \pm 77,5 \text{ mg C/m}^3$). Στα σχήματα 28 & 29 δίνονται οι διαχρονικές μεταβολές του σωματιδιακού άνθρακα, στην επιφάνεια και τον πυθμένα αντίστοιχα και για τις τρεις περιοχές.



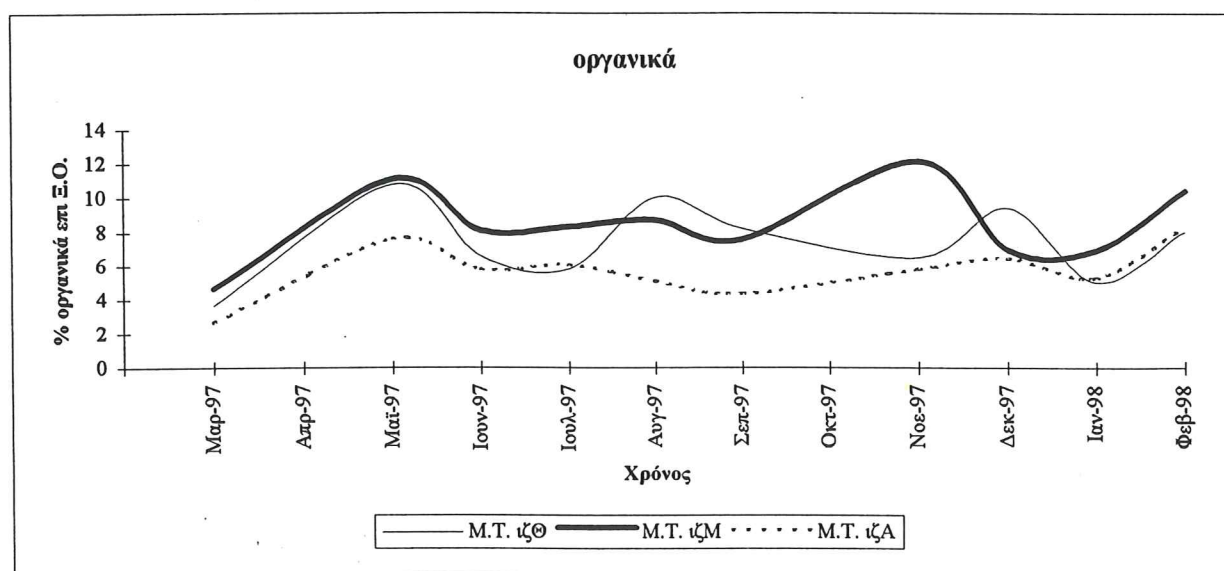
Σχήμα 28. Μεταβολές της μέσης τιμής του σωματιδιακού άνθρακα στην επιφάνεια των περιοχών: θάλασσα (εΘ), μυδοκαλλιέργεια (εΜ) και ακτή (εΑ) κατά την έρευνα.



Σχήμα 29. Μεταβολές της μέσης τιμής του σωματιδιακού άνθρακα στον πυθμένα των περιοχών: θάλασσα (πΘ), μυδοκαλλιέργεια (πΜ) και ακτή (πΑ) κατά την έρευνα.

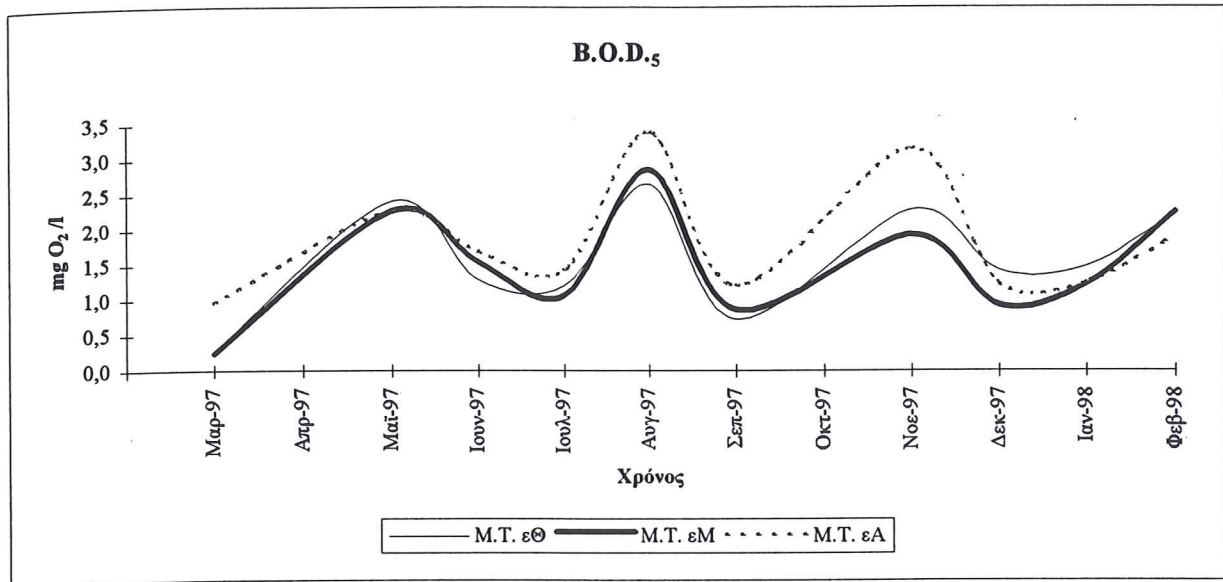
Οι διαφορές αυτές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές εκτός από την περίπτωση των διαφορών μεταξύ θάλασσας και ακτής στον πυθμένα. Η διαφοροποίηση αυτή οφείλεται πιθανόν στην επίδραση των θαλάσσιων ρευμάτων που είναι ισχυρότερα στην θάλασσα και στην ως εκτούτου μεγαλύτερη επίδραση των εισροών από τα ποτάμια στην παραπάνω περιοχή.

Τα οργανικά στον πυθμένα παρουσίασαν υψηλότερες συγκεντρώσεις κατά Μ.Τ. στη μυδοκαλλιέργεια ($8,4 \pm 0,5$ % Ξ.Ο.) σε σχέση με τη θάλασσα ($7,5 \pm 0,3$ % Ξ.Ο.) και την ακτή ($5,7 \pm 0,3$ % Ξ.Ο.). Στο σχήμα 30 δίνονται οι διαχρονικές μεταβολές των οργανικών, στον πυθμένα και για τις τρεις περιοχές. Οι στατιστικά σημαντικά αυξημένες τιμές στις συγκεντρώσεις των οργανικών στον πυθμένα της μυδοκαλλιέργειας σε σχέση με αυτές της ακτής και λιγότερο της θάλασσας, δηλώνει την φόρτιση του πυθμένα από οργανικό υλικό που προέρχεται από αυτή (περιττώματα, ψευδοπεριττώματα, νεκρά μύδια). Μολονότι η διασπορά των υλικών αυτών φαίνεται να είναι προς την κατεύθυνση της ανοικτής θάλασσας, εξαιτίας των ισχυρότερων ρευμάτων, επισημαίνεται ότι οι συγκεντρώσεις αυτές της οργανικής ύλης κάτω από τη μυδοκαλλιέργεια αναμένονται να αυξηθούν στο μέλλον (η συγκεκριμένη μονάδα λειτουργεί μόνο τέσσερα έτη), με τον κίνδυνο, η αερόβια αποσύνθεση της οργανικής ύλης να μετατραπεί σε αναερόβια. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή τοξικών αερίων (π.χ. H_2S) με ενδεχόμενες δυσάρεστες επιπτώσεις στη μυδοκαλλιέργεια και γενικότερα στο περιβάλλον.

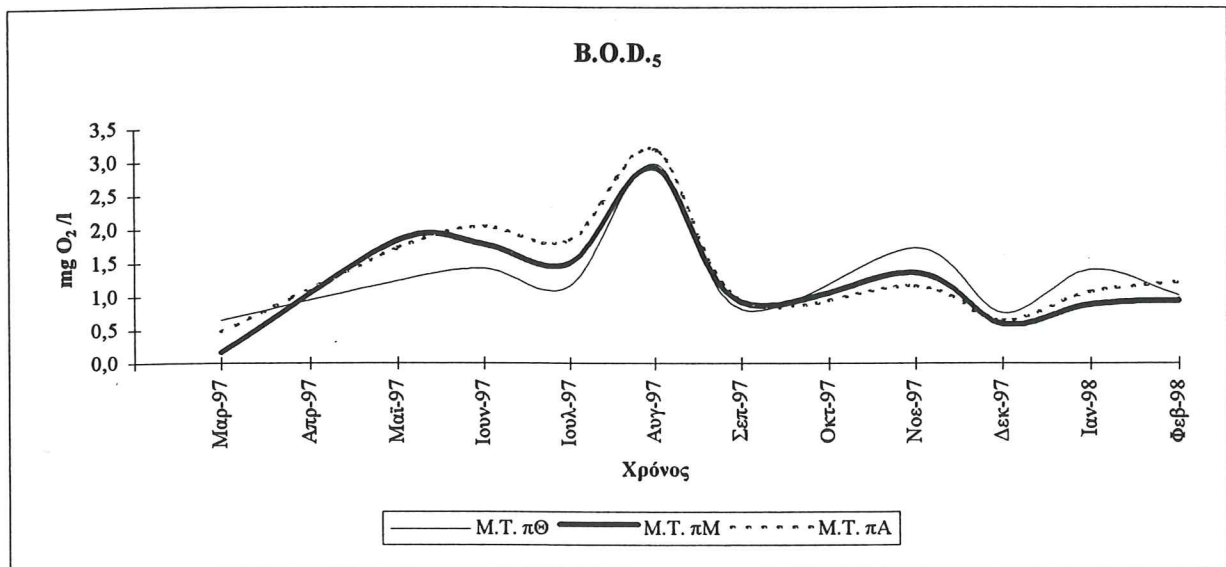


Σχήμα 30. Μεταβολές της μέσης τιμής των οργανικών στον πυθμένα των περιοχών: θάλασσα (πΘ), μυδοκαλλιέργεια (πΜ) και ακτή (πΑ) κατά την έρευνα.

Το **B.O.D.₅** παρουσίασε στην επιφάνεια υψηλότερες τιμές στην ακτή (Μ.Τ. $1,9 \pm 0,1$ mg O₂/l) σε σχέση με τη μυδοκαλλιέργεια ($1,5 \pm 0,1$ mg O₂/l) και την θάλασσα ($1,7 \pm 0,1$ mg O₂/l). Στα σχήματα 31 & 32 δίνονται οι διαχρονικές μεταβολές του B.O.D.₅ στην επιφάνεια και τον πυθμένα αντίστοιχα και για τις τρεις περιοχές. Το αυτό παρατηρήθηκε και στο πυθ-



Σχήμα . Μεταβολές της μέσης τιμής του B.O.D.₅ στην επιφάνεια των περιοχών: θάλασσα (εΘ), μυδοκαλλιέργεια (εΜ) και ακτή (εΑ) κατά την έρευνα.



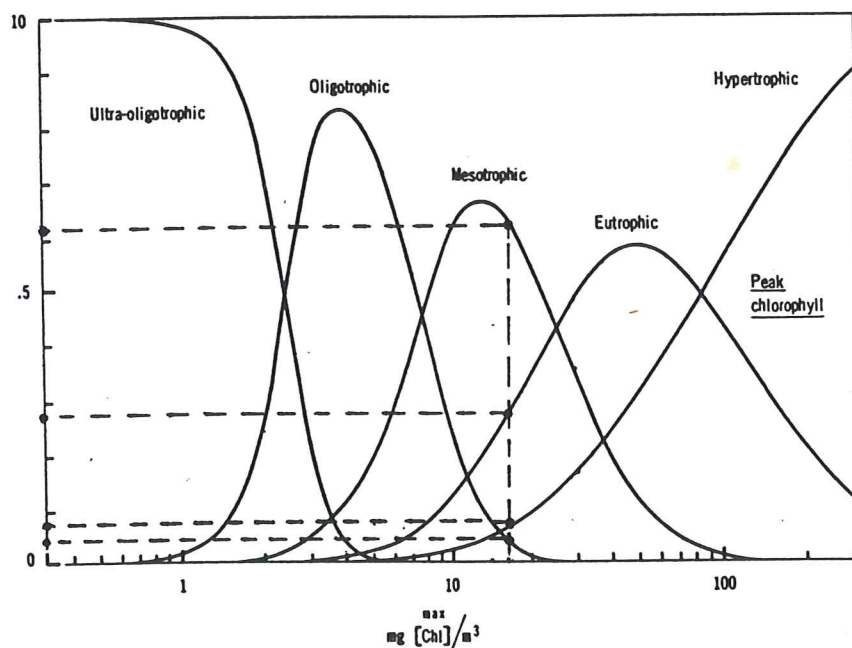
Σχήμα . Μεταβολές της μέσης τιμής του B.O.D.₅ στον πυθμένα των περιοχών: θάλασσα (πΘ), μυδοκαλλιέργεια (πΜ) και ακτή (πΑ) κατά την έρευνα.

μένα με Μ.Τ. στην ακτή ($1,5 \pm 0,1 \text{ mg O}_2/\text{l}$), στη μυδοκαλλιέργεια ($1,3 \pm 0,1 \text{ mg O}_2/\text{l}$) και στη θάλασσα ($1,4 \pm 0,1 \text{ mg O}_2/\text{l}$). Οι διαφορές αυτές δεν είναι στο σύνολό τους σχεδόν, στατιστικά σημαντικές. Το γεγονός ότι μόνον η διαφορά στις μέσες τιμές μεταξύ ακτής και μυδοκαλλιέργειας στην επιφάνεια είναι στατιστικά σημαντική, σε συνδυασμό με τις υψηλότερες θερμοκρασίες που επικρατούσαν, υποδηλώνει πιθανώς αυξημένο ρυθμό αποδόμησης της οργανικής ύλης στην ακτή.

Δ. ΤΡΟΦΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Για την εκτίμηση της τροφικής κατάστασης της περιοχής, με σκοπό την κατάταξή της σε μία από τις κατηγορίες τροφικής δομής (ολιγότροφη, μεσότροφη, εύτροφη, υπερεύτροφη), χρησιμοποιήθηκαν τα μοντέλα κατανομής πιθανοτήτων, OECD (1982), σε σχέση με τη μέγιστη συγκέντρωση χλωροφύλλης-α και τη μέση ετήσια συγκέντρωσή της.

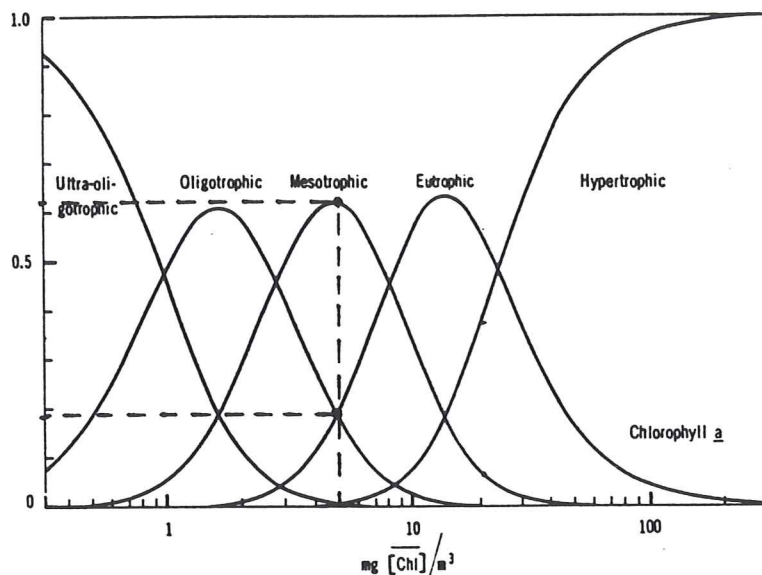
Διαπιστώνεται σε σχέση με τη μέγιστη συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α (17 mg / m^3), ότι η περιοχή κατά 63% περίπου ανήκει στις μεσότροφες, κατά 28% στις εύτροφες, 6% στις υπερεύτροφες και 3% στις ολιγότροφες, (σχήμα 33).



Σχήμα 33. Κατανομή πιθανοτήτων για το χαρακτηρισμό της τροφικής κατάστασης της περιοχής σε σχέση με τη μέγιστη συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α.

Σε σχέση με τη μέση ετήσια συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α (5 mg / m^3), διαπιστώνεται ότι η περιοχή κατά 62% περίπου ανήκει στις μεσότροφες, κατά 19% στις εύτροφες και κατά το ίδιο ποσοστό στις ολιγότροφες (19%), (σχήμα 34).

Ακόμη σύμφωνα με τον OECD (1982) και το σταθερό σύστημα ορίων η μέση ετήσια συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α (5 mg/m^3) κατατάσσει την τροφική κατάσταση της περιοχής στις μεσότροφες (όρια $2,5\text{-}8 \text{ mg/m}^3$) καθώς και η μέγιστη συγκέντρωσή της την κατατάσσει στην ίδια κατηγορία (όρια $8\text{-}25 \text{ mg/m}^3$)



Σχήμα 34. Κατανομή πιθανοτήτων για το χαρακτηρισμό της τροφικής κατάστασης της περιοχής σε σχέση με τη μέση ετήσια συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α.

Για να βρεθεί ο περιοριστικός παράγοντας ανάπτυξης των φυτοπλακτονικών οργανισμών της περιοχής, μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις διαλυμένων αζωτούχων συστατικών και φωσφορικών στο νερό, ώστε με βάση τον OECD (1982), να γίνει στη συνέχεια ο υπολογισμός του λόγου $\text{TIN} / \text{P-PO}_4$. Ο λόγος αυτός δείχνει τον περιοριστικό παράγοντα ανάπτυξης των φυτοπλακτονικών οργανισμών σε μία περιοχή.

Το TIN εκφράζει το άθροισμα των διαλυμένων αζωτούχων συστατικών στο νερό, δηλαδή του N-NO_3 , του N-NO_2 και του N-NH_4 . Τα αθροίσματα αυτά είναι οι μέσες μηνιαίες τιμές των διαλυμένων αζωτούχων στο νερό. Παρόμοια ο P-PO_4 αποτελεί τη μέση μηνιαία τιμή των διαλυμένων φωσφορικών (P-PO_4).

Στην περίπτωση που ο λόγος (κατά βάρος) είναι μικρότερος του 5, τότε περιοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη των φυτοπλακτονικών οργανισμών είναι το άζωτο. Για τιμές μεγαλύτερες του 12 περιοριστικός παράγοντας είναι ο φώσφορος. Ενώ για τιμές μεταξύ

5 και 12 είναι το άζωτο ή ο φώσφορος. Έτσι διαπιστώνεται ότι στην περιοχή για τους μήνες Μάρτιο, Μάιο, Ιανουάριο και Φεβρουάριο ο φώσφορος είναι ο περιοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη των φυτοπλακτονικών οργανισμών, ενώ για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο περιοριστικός παράγοντας είναι κυρίως το άζωτο. Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι ανάλογα με την περίσσεια θρεπτικών σε N ή P που εισρέουν στο οικοσύστημα καθορίζεται και ο περιοριστικός παράγοντας της ανάπτυξης των φυτικών οργανισμών. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει την άμεση επίδραση των εισροών στο υδάτινο περιβάλλον.

Πίνακας 2. Σχέση ολικού ανόργανου αζώτου/ ανόργανο φωσφόρο που καθορίζει τον περιοριστικό παράγοντα ανάπτυξης των φυτοπλακτονικών οργανισμών κατά τη διάρκεια της μελέτης.

	TIN / P-PO4	Περιοριστικός παράγοντας
ΜΑΡΤΙΟΣ	15,5	P
ΜΑΪΟΣ	12,5	P
ΙΟΥΝΙΟΣ	3,5	N
ΙΟΥΛΙΟΣ	10	N ή P
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	4,5	N
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	9	N ή P
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	4	N
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	4,5	N
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	25	P
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	12	N ή P

Όπου TIN είναι το άθροισμα $N-NO_3 + N-NO_2 + N-NH_4$

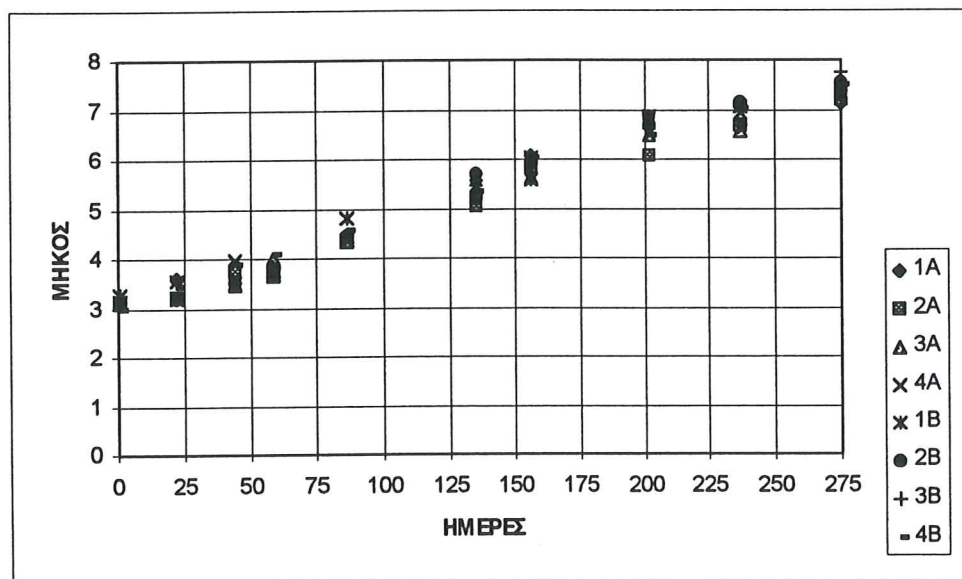
Ε. Προσδιορισμός βέλτιστης πυκνότητας μυδιών ανά δικτυωτό σάκο.

Στους πίνακες 3, 4, 5 και 6 δίνονται οι τιμές των μέσων όρων καθώς και του τυπικού σφάλματος του μέσου των παραμέτρων ανάπτυξης για κάθε πειραματική ομάδα και σε κάθε δειγματοληψία. Στα σχήματα 35, 36, 37 και 38 δίνεται η διαχρονική εξέλιξη των μέσων αυτών.

Πίνακας 3. Μέσες τιμές ($\bar{X} \pm \text{SEM}$) του μήκους, σε εκατοστά, για κάθε πειραματική ομάδα σε κάθε δειγματοληψία.

Πειραματική ομάδα								
Ημερομηνία	1A	2A	3A	4A	1B	2B	3B	4B
01/07/1997	3,13±0,07	3,11±0,05	3,09±0,05	3,15±0,05	3,27±0,09	3,13±0,07	3,11±0,07	3,00±0,05
22/7/1997	3,59±0,04	3,22±0,05	3,22±0,04	3,55±0,05	3,18±0,04	3,18±0,03	3,17±0,04	3,42±0,04
13/8/1997	3,87±0,07	3,77±0,07	3,47±0,07	3,94±0,06	3,52±0,07	3,50±0,08	3,53±0,05	3,88±0,07
28/08/1997	3,86±0,09	3,64±0,07	3,98±0,06	3,67±0,08	3,77±0,06	3,81±0,06	3,82±0,07	4,10±0,08
23/09/1997	4,51±0,12	4,32±0,08	4,46±0,11	4,38±0,08	4,83±0,09	4,46±0,08	4,46±0,08	4,57±0,10
11/11/1997	5,32±0,16	5,05±0,20	5,38±0,13	5,60±0,14	5,45±0,16	5,70±0,14	5,23±0,13	5,35±0,16
02/12/1998	6,10±0,13	5,85±0,24	5,64±0,14	6,03±0,17	5,60±0,17	5,92±0,10	5,97±0,12	6,06±0,16
17/01/1998	6,64±0,18	6,08±0,19	6,48±0,14	6,80±0,17	6,86±0,14	6,87±0,14	6,61±0,10	6,50±0,16
21/02/1998	7,12±0,13	6,70±0,17	6,59±0,19	6,95±0,15	7,07±0,14	7,16±0,13	6,68±0,18	7,04±0,16
31/03/1998	7,15±0,13	7,29±0,12	7,24±0,10	7,33±0,13	7,27±0,10	7,57±0,09	7,75±0,10	7,49±0,11

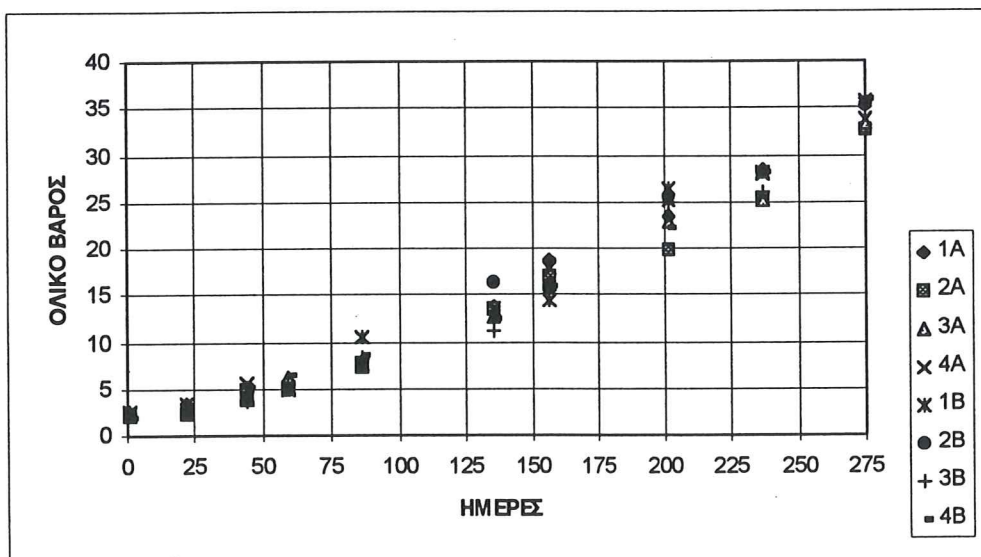
Σχήμα 35. Διαχρονική εξέλιξη του μέσου μήκους.



Πίνακας 4. Μέσες τιμές ($\bar{X} \pm \text{SEM}$) του ολικού βάρους, σε γραμμάρια, για κάθε πειραματική ομάδα σε κάθε δειγματοληψία.

Ημερομηνία	Πειραματική ομάδα							
	1A	2A	3A	4A	1B	2B	3B	4B
01/07/1997	2,30±0,14	2,34±0,11	2,07±0,12	2,51±0,19	2,64±0,19	2,30±0,18	2,11±0,18	1,98±0,16
22/7/1997	3,34±0,08	2,35±0,08	2,34±0,09	3,39±0,11	2,30±0,08	2,45±0,06	2,38±0,08	3,20±0,11
13/8/1997	5,11±0,15	5,04±0,29	3,86±0,20	5,49±0,25	4,04±0,18	3,80±0,19	3,75±0,14	5,20±0,22
28/08/1997	5,83±0,29	5,08±0,19	6,23±0,29	4,91±0,24	5,16±0,31	5,04±0,21	5,49±0,26	6,35±0,36
23/09/1997	8,03±0,41	7,23±0,37	7,69±0,30	7,42±0,37	10,57±0,58	7,65±0,35	8,49±0,45	8,64±0,46
11/11/1997	13,66±0,95	13,51±1,32	12,62±0,64	13,59±0,94	12,64±0,72	16,32±0,88	11,22±0,62	12,55±0,86
02/12/1998	18,64±1,00	17,05±1,77	16,23±1,18	17,88±1,02	14,37±0,93	15,80±0,57	16,18±0,95	15,92±1,09
17/01/1998	23,42±1,67	19,76±1,81	22,86±1,18	25,20±1,51	26,51±1,29	25,58±1,31	24,89±0,97	22,14±1,31
21/02/1998	28,40±1,42	25,37±1,72	25,10±1,82	27,88±1,73	28,19±1,59	28,26±1,50	25,98±1,90	28,09±1,87
31/03/1998	35,4±1,50	32,61±1,35	33,24±1,33	33,69±1,40	35,66±1,30	35,31±1,15	35,86±1,21	35,88±1,48

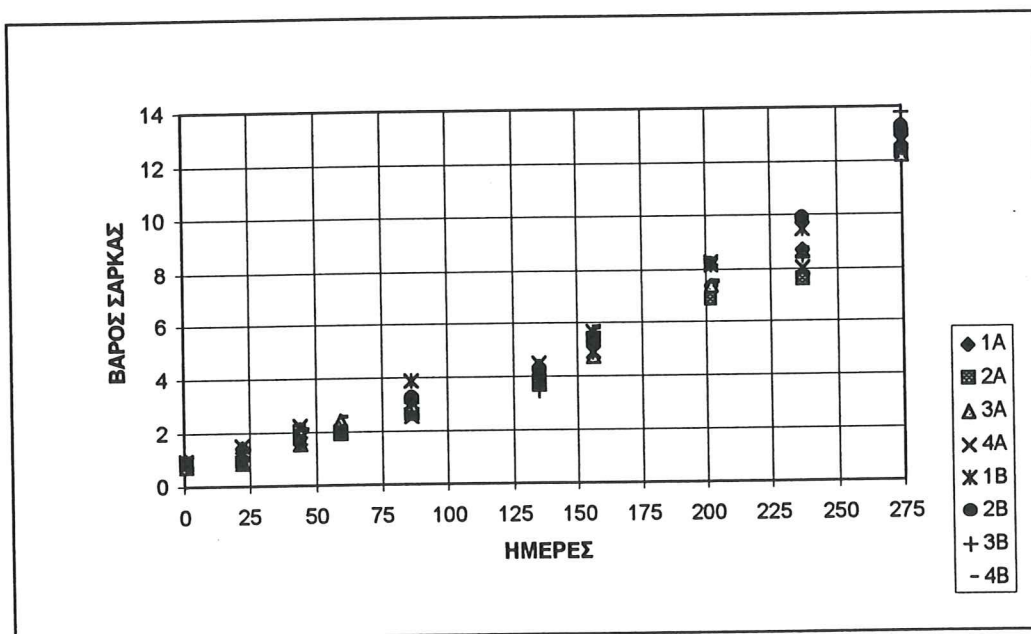
Σχήμα 36. Διαχρονική εξέλιξη του μέσου ολικού βάρους.



Πίνακας 5. Μέσες τιμές ($\bar{X} \pm \text{SEM}$) του βάρους της σάρκας, σε γραμμάρια, για κάθε πειραματική ομάδα σε κάθε δειγματοληψία.

Ημερομηνία	Πειραματική ομάδα							
	1A	2A	3A	4A	1B	2B	3B	4B
01/07/1997	0,83±0,09	0,94±0,04	0,77±0,08	0,88±0,06	0,97±0,11	0,93±0,10	0,81±0,06	0,65±0,05
22/7/1997	1,46±0,05	0,93±0,05	0,89±0,05	1,55±0,07	0,87±0,04	1,01±0,05	1,02±0,6	1,42±0,07
13/8/1997	2,14±0,08	2,07±0,13	1,59±0,08	2,26±0,13	1,61±0,91	1,64±0,10	1,57±0,08	2,13±0,10
28/08/1997	2,24±0,15	1,94±0,11	2,44±0,14	1,97±0,10	2,03±0,12	1,97±0,08	2,11±0,13	2,59±0,17
23/09/1997	3,18±0,22	2,64±0,18	3,00±0,20	2,57±0,19	3,89±0,27	3,26±0,19	3,08±0,21	3,02±0,23
11/11/1997	4,37±0,33	3,81±0,35	4,17±0,25	4,48±0,29	3,85±0,26	4,27±0,28	3,47±0,26	3,93±0,33
02/12/1998	5,13±0,36	5,41±0,60	4,71±0,35	5,70±0,35	4,93±0,38	5,16±0,25	5,49±0,28	5,85±0,38
17/01/1998	7,40±0,52	6,86±0,52	7,39±0,33	8,29±0,45	8,13±0,48	8,24±0,35	8,17±0,41	7,53±0,48
21/02/1998	8,73±0,52	7,62±0,48	8,64±0,67	8,02±0,64	9,49±0,70	9,94±0,47	8,46±0,65	8,74±0,52
31/03/1998	13,17±0,70	12,28±0,51	12,20±0,61	12,67±0,57	12,77±4,48	13,29±0,52	13,78±0,55	13,28±0,50

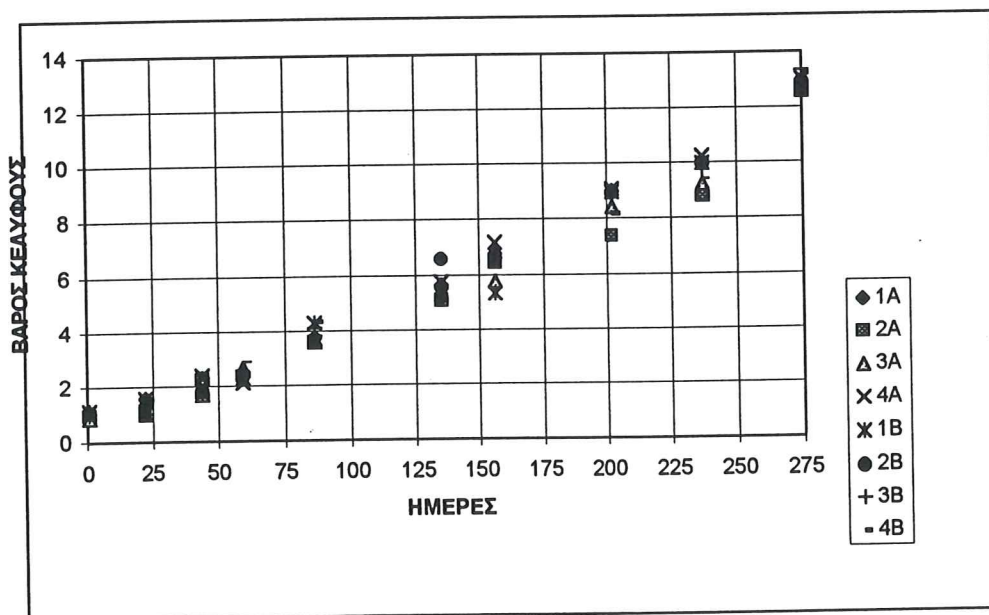
Σχήμα 37. Διαχρονική εξέλιξη του μέσου βάρους της σάρκας.



Πίνακας 6. Μέσες τιμές ($\bar{X} \pm \text{SEM}$) του βάρους του κελύφους, σε γραμμάρια, για κάθε πειραματική ομάδα σε κάθε δειγματοληψία.

Ημερομηνία	Πειραματική ομάδα							
	1A	2A	3A	4A	1B	2B	3B	4B
01/07/1997	0,91±0,08	0,94±0,03	0,85±0,06	1,12±0,11	1,15±0,11	1,05±0,07	1,03±0,09	0,86±0,05
22/7/1997	1,58±0,05	1,09±0,05	1,03±0,05	1,57±0,05	1,04±0,04	1,07±0,03	1,03±0,04	1,53±0,05
13/8/1997	2,31±0,10	2,24±0,10	1,70±0,08	2,40±0,08	1,82±0,06	1,78±0,07	1,68±0,07	2,28±0,08
28/08/1997	2,51±0,17	2,34±0,11	2,66±0,08	2,11±0,10	2,28±0,14	2,28±0,10	2,50±0,10	2,86±0,15
23/09/1997	3,77±0,17	3,51±0,18	3,66±0,19	3,61±0,20	4,32±0,21	3,54±0,14	4,10±0,24	4,36±0,21
11/11/1997	5,64±0,42	5,10±0,39	5,28±0,24	5,75±0,38	5,27±0,43	6,57±0,37	5,11±0,26	5,18±0,35
02/12/1998	6,75±0,30	6,46±0,53	5,74±0,30	7,15±0,54	5,33±0,40	6,52±0,23	6,62±0,35	6,66±0,39
17/01/1998	8,99±0,62	7,36±0,63	8,42±0,47	9,08±0,52	8,96±0,43	8,87±0,43	8,94±0,29	8,16±0,47
21/02/1998	10,00±0,40	8,76±0,53	9,23±0,59	10,24±0,55	9,97±0,52	9,98±0,62	9,73±0,64	9,39±0,58
31/03/1998	12,95±0,55	12,52±0,47	12,72±0,45	12,60±0,54	13,04±0,49	12,91±0,40	13,33±0,46	13,20±0,55

Σχήμα 38. Διαχρονική εξέλιξη του μέσου βάρους του κελύφους.



Οι μέσοι όροι των τεσσάρων παραμέτρων ανάπτυξης της τελευταίας δειγματοληψίας ελέγχθηκαν στατιστικά με ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων, προκειμένου να διαπιστωθούν οι τυχόν διαφορές μεταξύ των πειραματικών ομάδων. Μετά τον έλεγχο των αποτελεσμάτων διαπιστώθηκε ότι ο παράγοντας "πυκνότητα" δεν διαφοροποιεί σημαντικά τους μέσους όρους σε κανένα από τους παράγοντες ανάπτυξης ($p > 0,05$). Ο παράγοντας "πλύσιμο" διαφοροποιεί σημαντικά ($p \leq 0,05$) το μέσο μήκος και το μέσο ολικό βάρος, ενώ δεν επηρεάζει σημαντικά το μέσο βάρος της σάρκας και το μέσο βάρος κελύφους ($p > 0,05$).

Μετά την παραπάνω διαπίστωση τα άτομα των ομάδων 1A, 2A, 3A και 4A ομαδοποιήθηκαν και αποτέλεσαν την ομάδα A. Το ίδιο έγινε και για τα άτομα των ομάδων 1B, 2B, 3B και 4B, που έδωσαν την ομάδα B. Η ομάδα A αποτελείται από άτομα που καθαρίζονται και οι ομάδα B από άτομα που δεν καθαρίζονται. Οι μέσοι όροι του μήκους και του ολικού βάρους των δύο αυτών ομάδων ελέγχθηκαν με t-test, και δίνονται στον πίνακα 7.

Από τον έλεγχο διαπιστώθηκε ότι οι μέσοι όροι τους μήκους και του ολικού βάρους της ομάδος B, της οποίας τα μύδια δεν καθαρίζονταν, είναι σημαντικά μεγαλύτεροι από τους αντίστοιχους μέσους όρους της ομάδος A, της οποίας τα μύδια καθαρίζονταν ($p \leq 0,05$).

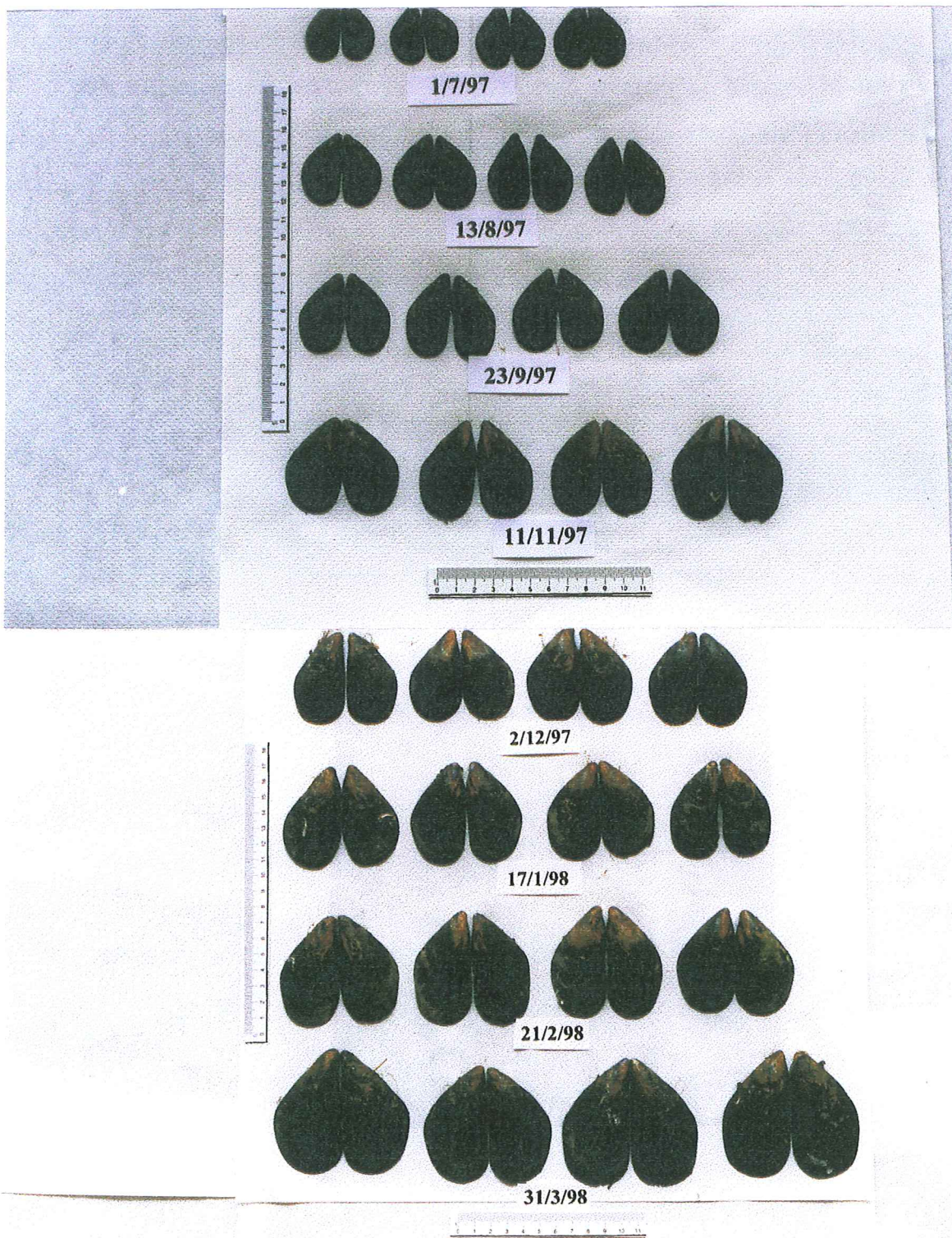
Πίνακας 7. Μέσοι όροι του μήκους και του ολικού βάρους των ομάδων A και B ($\bar{X} \pm \text{SEM}$)

	Ομάδα A	Ομάδα B
Μέσο μήκος	7,25±0,06 ^a	7,51±0,05 ^b
Μέσο ολικό βάρος	33,72±0,67 ^a	35,68±0,64 ^b

Αριθμοί με διαφορετικό εκθέτη και στην ίδια σειρά διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά ($p \leq 0,05$)

Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι η τοποθέτηση των μυδιών σε πυκνότητες 30 άτομα/10 cm "κάλτσας", 38 άτομα/10 cm "κάλτσας", 43 άτομα/10 cm "κάλτσας" και 55 άτομα/10 cm "κάλτσας, δεν διαφοροποιεί σημαντικά το μήκος, το ολικό βάρος, το βάρος της σάρκας και το βάρος του κελύφους, (εικόνα 3).

Η πυκνότητα που χρησιμοποιούν οι παραγωγοί στην περιοχή του Μακρυγιάλου είναι περίπου 38 άτομα/10cm κάλτσας. Οι μικρότερες πυκνότητες δεν αυξάνουν την διαθεσιμότητα της τροφής. Ακόμα και ελαφρώς μεγαλύτερη πυκνότητα δεν επηρεάζει διαφορετικά την ανάπτυξη. Πιθανώς μερική έλλειψη της διαθέσιμης τροφής να παρατηρείται σε μεγαλύτερες



Εικόνα 3. Διαχρονική εξέλιξη της πειραματικής ανάπτυξης των μυδιών με διαφορετικές πυκνότητες πληθυσμών ανά δικτυωτό σάκο.

πυκνότητες, θέμα που πιθανώς χρειάζεται παραπέρα διερεύνηση. Παράλληλα όμως μύδια σε μεγάλες πυκνότητες, σε εκτροφές ή σε άγρια κατάσταση, φαίνεται ότι δεν υποφέρουν από νοσήματα μαζικών θανάτων που προσβάλλουν τα οστρακοειδή, (Φώτης, 1996)

Τα άτομα που δεν πλένονταν έχουν ελαφρύ προβάδισμα στο μήκος και στο ολικό βάρος. Οι διαφορές που διαπιστώνονται, αν και μικρές αριθμητικά, είναι στατιστικά σημαντικές. Όσο αφορά στο ολικό βάρος μπορούμε να υποθέσουμε ότι το προβάδισμα αυτό, αφού δεν ισχύει το ίδιο και για το βάρος της σάρκας, οφείλεται σε μικρά εξωπαράσιτα που υπήρχαν στο κέλυφος του οστράκου και δεν ήταν δυνατό να αποκολληθούν.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παραθέτονται τα κυριότερα από τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ολοκλήρωση του προγράμματος «Εκτίμηση του ρυθμού ανάπτυξης των εκτρεφόμενων μυδιών (*Mytilus galloprovincialis*) σε συνάρτηση με τον πληθυσμό και την ποιότητα του θαλάσσιου περιβάλλοντος».

- Οι παράμετροι ποιότητας του θαλασσινού νερού κατά τη διάρκεια της έρευνας κυμάνθηκαν στα όρια ανάπτυξης των μυδιών. Επιπλέον η ανάπτυξη των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών βρέθηκε σε υψηλά επίπεδα προσφέροντας έτσι ικανοποιητική ποσότητα τροφής στα εκτρεφόμενα μύδια.

- Οι ταχείς ρυθμοί συσσώρευσης οργανικών (περιττωμάτων, ψευδοπεριττωμάτων, νεκρών μυδιών) στον πυθμένα των μυδοκαλλιεργειών, εκτιμάται ότι θα προξενήσουν σοβαρά προβλήματα ρύπανσης στη θαλάσσια περιοχή τόσο των μυδοκαλλιεργειών, όσο και του υπόλοιπου φυσικού περιβάλλοντος, εφόσον η αποδόμηση της οργανικής ύλης γίνει σε αναερόβιες συνθήκες. Προϋποθέσεις για ανάπτυξη τέτοιων αναερόβιων συνθηκών έχουν διαπιστωθεί κατά τη διάρκεια της έρευνας (χαμηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου στον πυθμένα της μυδοκαλλιέργειας). Εξάλλου η τροφική κατάσταση του υδάτινου περιβάλλοντος των μυδοκαλλιεργειών τείνει να μετατραπεί από μεσότροφη σε εύτροφη γεγονός που προβλέπεται να επιδεινώσει την κατάσταση σε βάρος της μυδοκαλλιέργειας και γενικότερα του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

- Το οργανικό υλικό που συσσωρεύεται στον πυθμένα των μυδοκαλλιεργειών τείνει να διασπαρθεί προς τη θάλασσα όπως έδειξαν τα ρευματομετρικά δεδομένα. Εξάλλου η κίνηση των ρευμάτων παράλληλα προς την ακτή περιορίζεται από τον τρόπο διάταξης των σειρών των μυδοκαλλιεργειών.

- Η ανάπτυξη των μυδιών εκτιμήθηκε ικανοποιητική για τις περιβαλλοντικές συνθήκες του υδάτινου οικοσυστήματος. Επίσης η πυκνότητα του πληθυσμού των μυδιών από 30 μέχρι 50 άτομα ανά 10 cm δικτυωτού σάκου δεν φαίνεται να δημιουργεί προβλήματα στην ανάπτυξή τους. Υπάρχουν όμως ενδείξεις για μερική έλλειψη τροφής στις μεγάλες πυκνότητες πληθυσμών γεγονός όμως που χρειάζεται παραπέρα έρευνα. Τέλος δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές στην ανάπτυξη των μυδιών μεταξύ εκείνων που πλένονταν και εκείνων που παρέμεναν ως έχει.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Έχοντας υπόψη τα αναλυτικά αποτελέσματα της ερευνητικής εργασίας και τα συμπεράσματα που προέκυψαν από αυτήν, η ερευνητική ομάδα προτείνει τα ακόλουθα:

- Μελέτη της δυνατότητας αύξησης της πυκνότητας των μυδιών ανά δικτυωτό σάκο με σκοπό την αύξηση της παραγωγής και με παράλληλη εκτίμηση της επιβάρυνσης του υδάτινου περιβάλλοντος.
- Με σκοπό την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος και την αποτροπή αισθητικών οχλήσεων στον περιβάλλοντα χώρο, προτείνεται η μελέτη για τη δημιουργία «πάρκου μυδοκαλλιέργειών» ώστε να μετακινούνται περιοδικά οι μυδοκαλλιέργειες και να αποτρέπεται έτσι η δημιουργία ανοξικών καταστάσεων και η ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος.
- Μελέτη για τον έλεγχο της λεκάνης απορροής ώστε να εκτιμηθεί η επιβάρυνση που δέχεται από αυτήν ο θαλάσσιος χώρος των μυδοκαλλιέργειών.

BIBΛIOΓPAΦIA

- APHA (1989). Standards methods for the examination of water and wastewater. American PublicHealth association, Washington DC.
- Asmus R. and H. Asmus (1991). Mussel beds : limiting or promoting phytoplankton? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 148:215-232.
- Barranquet C. (1997). The role of Microphytobenthic primary production in a Mediterranean mussel culture area. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44, 753-765.
- Barranquet C., G. Cervetto, and M.-F. Fontaine (1996). Microphytobenthos production in a Mediterranean mussel farm : the influence of incident light. *C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences, de la vie / Life sciences*, 1996 ; 319 : 51-6.
- Bayne B. (1976). *Marine mussels: their ecology and physiology*. Cambridge University Press, Cambridge, first edition.
- Broom J. (1982). Analysis of the growth of A.g. in natural artificially seeded and experimental population. *Marine Ecol. Prog. Ser.* 9: 69-79 . In Frechette M. and E.Bourget (1985). Energy flow between the pelagic and benthic zones: Factors controlling particulate organic matter available to an intertidal mussel bed. *Cad.J.Fish.Aquat.Sci.* 42 :1158-1165.
- Cabanas J.M., J.J.Gonzalez, J. Marino, A.Perez and G.Roman (1979). Observaciones previas sobre la retencion de particulas y la biodeposition de una batea. *Bol. Inst. Esp. Ocean.* 5, 43-50. In Dahlback B. and L.A.H. Gunnarsson (1981). Sedimentation and sulfate reduction under a mussel culture. *Marine Biology* 63, 269-275.
- Dahlback B. and L.A.H.Gunnarsson (1981). Sedimentation and sulfate reduction under a mussel culture. *Marine Biology* 63, 269-275.
- Dame R. and N. Dankers (1988). Uptake and release of materials by a Wadden Sea mussel bed. *J.Exp.Mar. Biol. Ecol.*, Vol 118, pp 207-216.
- Dame R., N.Dankers, T.Prins, H.Jongsma, and A.Smaal (1991). The influence of mussel beds on nutrients in the western Wadden Sea and Eastern Scheldt Estuaries. *Estuaries* Vol 14, no 2, p 130-138.
- Figueras, A. J. (1989). Mussel culture in Spain. *World aquaculture*, 20(4): 8-17.
- Frechette M. and E.Bourget (1985). Energy flow between the pelagic and benthic zones: Factors controlling particulate organic matter available to an intertidal mussel bed. *Cad.J.Fish.Aquat.Sci.* 42 :1158-1165.

- Gosling E. (1992). Developments in Aquaculture and Fisheries science, Volume 25, The mussel *Mytilus*: Ecology, Physiology, Genetics and Culture. Gosling E. Editor. Elseviers Science Publishers B.V.
- Grenz C., M.R.Plante-Cuny, R.Plante, E.Alliot, D.Baudinet, and B.Berland (1991). Measurement of benthic nutrient fluxes in Mediterranean shellfish farms : a methodological approach. *Oceanologica ACTA*- Vol 14 - N 2.
- H.M.S.O (1983). The determination of chlorophyll-a in Aquatic environments. H.M.S.O. London.
- Kaspar H., P.A.Gillespie, I.C.Boyer and A.L.MacKenzie (1985). Effects of mussel aquaculture on the nitrogen cycle and benthic communities in Kenepuru Sound, Marlborough Sounds, New Zealand. *Marine Biology* 85, 127-136.
- Klerks P., P.C.Fraleigh, and J.E.Lawniczak (1996). Effects of zebra mussels on seston levels and sediment deposition in western lake Erie. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 2284-2291.
- Koroleff F. (1972). Determination of ammonia. In : *Methods of sea water analysis*, edit. By K. Grasshoff. Verlag Chemie, Weinheim. pp 126-133.
- Koroleff F. (1972a). Determination of phosphorous. In : *Methods of sea water analysis*, edit. By K. Grasshoff. Verlag Chemie, Weinheim. pp 117-125.
- Kuenzler E.J. (1961). Phosphorous budget of a mussel population. *Limnology Oceanography*, Vol 6, pp 400-415. In Dame R. and N. Dankers (1988). : Uptake and release of materials by a Wadden Sea mussel bed. *J.Exp.Mar. Biol. Ecol.*, Vol 118, pp 207-216.
- Navarro J.M. and R.J.Thompson (1997). Biodeposition by the horse mussel *Modiolus modiolus* during the spring diatom bloom. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 209, 1-13.
- Nicholls K.H. and G.J. Hopkins (1993). Recent Changes in Lake Erie Phytoplankton : Cumulative Impacts of Phosphorous Loading Reductions and the Zebra mussel Introduction. *J. Great Lakes Res.*, 637-647.
- O.E.C.D. (1982). Eutrophication of waters. Monitoring, assesment and control. O.E.C.D.Paris.
- Schulte E.H. (1975). Influence of algal concentration and temperature on the filtration rate of *Mytilus edulis*. *Marine Biology* 30, 331-341.
- Strickland J. and R.Parsons (1968). A practical handbook of seawater analysis, *Bull.Fish. Res. Board Canada* 167 :1-311.

- Tenore R., L.F. Boyer, R.M. Cal, J. Corral, C. Garcia-Fernandez, N. Gonzalez, E. Gonzalez-Gurriaran, R.B. Hanson, J. Iglesias, M. Krom, E. Lopez-Jamar, J.Mc Clain, M.M. Pamatmat, A. Perez, D.C. Rhoads, G.de Sandiago, J.Tietjen, J.Westrich and H.L.Windom (1982). Coastal upwelling in the Rias Bajas, NW Spain : contrasting the benthic regimes of the Rias de Arosa and de Muros. *J.mar.Res.* 40, 701-772. In Kaspar H., P.A. Gillespie, I.C. Boyer and A.L. MacKenzie (1985). : Effects of mussel aquaculture on the nitrogen cycle and benthic communities in Kenepuru Sound, Marlborough Sounds, New Zealand. *Marine Biology* 85, 127-136.
- Wright R., R.B. Coffin, C.P. Ersing, and D. Pearson (1982). Field and laboratory measurements of bivalve filtration of natural marine bacterioplankton. *Limnology Oceanography*, 27(1), 91-98.
- Αγροτική Τράπεζα της Ελλάδος (1995). Απολογιστική έκθεση εργασιών έτους 1994. Διεύθυνση Ζωικής Παραγωγής, Τμήμα Αλιείας. Αλιευτικά Νέα, Σεπτέμβριος, σελ. 52.
- Ινστιτούτο Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας Α.Π.Θ. (1998). Observation Meteorologiques de Thessaloniki 1977. *Annuaire de l; Institute Meteorologique et Climatologique. Univers. de Thessaloniki.*
- Ινστιτούτο Ωκεανογραφικών και Αλιευτικών Ερευνών (Ι.Ω.Κ.Α.Ε.) (1969). Δελτίον εφημεροσμένης ερεύνης, αριθμ. 2. Οστρακοκαλλιέργειες. Αθήνα .
- Κάτος Α. (1984). Στατιστική. Εκδόσεις Εγνατία. Θεσσαλονίκη.
- Κιλικίδης Σ., Α. Καμαριανός, Γ. Φώτης και Α. Γκόγκος, (1982). Η δημιουργία ασφυκτικού περιβάλλοντος σε εύτροφες λίμνες και η επίδρασή του στην επιβίωση του ιχθυοπληθυσμού. Πανελλήνιο συνέδριο Χημείας, ένωση Ελλήνων Χημικών Ηπείρου-Κέρκυρας - Λευκάδας. Πρακτικά συνεδρίου, τόμος Α.
- Μαραγιάννη Ε. (1996). Ημερίδα «Η μυδοκαλλιέργεια στο νομό Πιερίας». Θέμα : Υφιστάμενη κατάσταση.
- Παναγιωτίδης Ν. (1996). Ημερίδα «Η μυδοκαλλιέργεια στο νομό Πιερίας». Θέμα : Υφιστάμενη κατάσταση -Προβλήματα μυδοκαλλιεργειών.
- Φώτης Γ. (1996). Ημερίδα «Η μυδοκαλλιέργεια στο νομό Πιερίας». Θέμα : Θερμαϊκός Κόλπος: Πηγή πλούτου της Μακεδονίας, Προβλήματα.- Προτάσεις.