

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

**ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ ΜΑΡΙΛΕΝΑ
ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: Δρ. ΑΜΑΛΙΑ ΜΩΡΙΚΗ**

**ΕΠΟΧΙΑΚΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΑΛΑΤΩΝ ΣΕ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΟΡΓΑΝΩΜΕΝΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΜΥΔΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΝΕΑ ΜΟΥΔΑΝΙΑ 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	2
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	7
Πεδίο μελέτης	7
Πειραματικός σχεδιασμός	7
Εργασίες πεδίου	8
Εργαστηριακή μεθοδολογία	9
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	14
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	32
5. ΠΕΡΙΛΗΨΗ	37
6. SUMMARY	38
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	39

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό ίδρυμα Θεσσαλονίκης στο τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών στα Νέα Μουδανιά Χαλκιδικής και αποτελεί μέρος του ερευνητικού προγράμματος ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙ, με θέμα: «Κυκλοφορία του νερού σε Περιοχές Οργανωμένης Ανάπτυξης Υδατοκαλλιεργειών / μυδοκαλλιεργειών (ΠΟΑΥ) και διαχειριστικές παρεμβάσεις χωροταξικής & περιβαλλοντικής βελτίωσης», με επιστημονική υπεύθυνη την αναπληρώτρια καθηγήτρια Αμαλία Μωρίκη. Το πρόγραμμα αυτό συγχρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση και Εθνικούς Πόρους.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου Δρ. Αμαλία Μωρίκη για την παραχώρηση των δεδομένων, την καθοδήγηση και το επιστημονικό υλικό που μου προσέφερε, καθώς και για το χρόνο που αφιέρωσε για την ολοκλήρωση της πτυχιακής αυτής εργασίας. Σημαντική ήταν η βοήθεια στις εργασίες πεδίου και τις εργαστηριακές αναλύσεις των συμφοιτητών μου Νταϊάνας Κωστή και Κώστα Μαθιουδάκη, τους οποίους και ευχαριστώ. Ευχαριστώ επίσης την εργαστηριακή συνεργάτη κ. Μαρία Παπαμιχαήλ για την πρόθυμη υποστήριξη της στο εργαστήριο.

Τέλος ευχαριστώ μέσα από την καρδιά μου την οικογένεια μου για την υλική και ηθική συμπαράσταση καθ' όλη την διάρκεια των φοιτητικών μου σπουδών.

Παπανικολάου Μαριλένα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι παράκτιες περιοχές αποτελούν ένα από τα πιο ευμετάβλητα και οικολογικά ευαίσθητα συστήματα (Jiggells, 1998). Οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων και του διαλυμένου οξυγόνου στα παράκτια νερά διαφέρουν σημαντικά από αυτές στην ανοικτή θάλασσα και οι μεταβολές σε αυτά χρονικά και τοπικά είναι μεγαλύτερες.

Σημαντικές εισαγωγές θρεπτικών στην παράκτια ζώνη προέρχονται από ποταμούς, υπόγεια νερά, και από την ατμόσφαιρα. Επιπρόσθετα, η αυξημένη ανθρώπινη δραστηριότητα μεταβάλλει τις ροές θρεπτικών, με αποτέλεσμα οι αναλογίες Si:N:P να αλλάζουν σημαντικά. Οι διεργασίες που καθορίζουν την συμπεριφορά των ανόργανων θρεπτικών αλάτων, εξαρτώνται και από τα φυσικά χαρακτηριστικά της περιοχής, κυρίως εξαιτίας της μεγάλης ικανότητας ανάμιξης των παράκτιων συστημάτων με τα νερά της ανοιχτής θάλασσας και τις ιδιαίτερες συνθήκες κυκλοφορίας των νερών που δημιουργούνται (Jiggells, 1998). Οι αυξημένες συγκεντρώσεις θρεπτικών δεν είναι το μόνο αποτέλεσμα που προέρχεται από τις ανθρωπογενείς επιδράσεις. Οι στοιχειομετρικές αναλογίες των θρεπτικών, Si:N, N:P, και Si:P αλλάζουν επίσης σε πολλές παράκτιες περιοχές που επηρεάζονται από ποταμούς (Justic *et al.*, 1995). Οι αυξημένες συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων στην παράκτια ζώνη αποτελούν ένα παγκόσμιο πρόβλημα (Bricker and Stevenson, 1996).

Η εκτίμηση της ποιότητας των νερών των παράκτιων περιοχών αποτελεί σημαντικό παράγοντα εκτίμησης της περιβαλλοντικής τους κατάστασης και στηρίζεται σε τέσσερις παραμέτρους: θρεπτικά άλατα του αζώτου και του φωσφόρου, χλωροφύλλη και διαλυμένο οξυγόνο. Το άζωτο θεωρείται καθοριστικός παράγοντας για την υπερβολική ανάπτυξη αλγών όταν βρίσκεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις, αλλά και ο φώσφορος θεωρείται περιοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού στις παράκτιες περιοχές, όταν το άζωτο βρίσκεται σε περίσσεια (EPA, 2004).

Τα θρεπτικά άλατα είναι οι ενώσεις του αζώτου, του φωσφόρου και του πυριτίου που χρησιμοποιούνται από το θαλάσσιο φυτοπλαγκτό για την ανάπτυξη του (Millero, 1996). Εξαιτίας της σχετικά χαμηλής τους συγκέντρωσης στο θαλασσινό νερό, το ανόργανο άζωτο και ο φώσφορος μπορεί να αποτελέσουν περιοριστικούς παράγοντες της φωτοσύνθεσης. Το άζωτο εισέρχεται στον ωκεανό μέσω της απορροής των ποταμών, των βροχοπτώσεων, της διάχυσης απ' τα ιζήματα, της *in situ*

στερέωσης του N_2 , καθώς επίσης και από την οξείδωση της οργανικής ύλης. Οι κύριες ανόργανες μορφές αζώτου είναι τα νιτρικά (NO_3), νιτρώδη (NO_2), και αμμωνιακά (NH_4) άλατα. Η κατακόρυφη κατανομή των θρεπτικών αλάτων είναι αποτέλεσμα φυσικών και βιολογικών διεργασιών. Οι συγκεντρώσεις τους στα επιφανειακά νερά είναι χαμηλές εξαιτίας της αφομοίωσης από το φυτοπλαγκτό. Η συγκέντρωσή τους αυξάνεται σημαντικά κάτω από την εύρωτη ζώνη με την αύξηση του βάθους. Στα βαθιά νερά παρατηρείται ομοιόμορφη κατανομή στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων (Libes, 1992). Οι μέθοδοι προσδιορισμού των θρεπτικών αλάτων στο θαλασσινό νερό βασίζονται στον σχηματισμό χρωματικού συμπλόκου το οποίο στη συνέχεια μετريέται φασματοφωτομετρικά (Hernandez-Lopez *et al.*, 2003).

Η συστηματική παρακολούθηση των επιπέδων των θρεπτικών αλάτων, της χλωροφύλλης και του διαλυμένου οξυγόνου είναι απαραίτητη για την εκτίμηση της ποιότητας των νερών στις παράκτιες περιοχές. Οι παράμετροι αυτές χρησιμοποιούνται διεθνώς ως δείκτες ποιότητας νερών σε σχετικές μελέτες (Bock *et al.*, 1999; Bentley *et al.*, 1999). Η εκτίμηση των επιπέδων των θρεπτικών αλάτων από τους διάφορους ερευνητές και η ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων του ευτροφισμού γίνεται με την στατιστική ανάλυση των δεδομένων και την εφαρμογή πολυκριτηριακών μεθόδων (Ignatiades *et al.*, 1992; Moriki *et al.*, 1994).

Ο Θερμαϊκός Κόλπος είναι μια περιοχή όπου βλαβερά “blooms” αλγών καταγράφονται συχνά. Τα τοξικά blooms αλγών που καταγράφηκαν από το 1996, μπορούν να σχετιστούν με χαμηλές αναλογίες N/P που βρέθηκαν στην περιοχή του λιμανιού (HCMR, 2005). Στην περιοχή όπου βρίσκονται οι μυδοκαλλιέργειες του Θερμαϊκού Κόλπου, αναφέρθηκαν ευτροφικές συνθήκες, με τη συνεισφορά των ποταμών Λουδία και Αλιάκμονα (ΕΚΘΕ, 2001). Δεύτερη πηγή ευτροφισμού θεωρείται το σύνολο των εκροών των ποταμών που εκβάλλουν στο Θερμαϊκό (Γαλλικός, Αξιός, Λουδίας και Αλιάκμονας). Μέρος των λιπασμάτων που περιέχουν φωσφορικές και νιτρικές ενώσεις και χρησιμοποιούνται στις λεκάνες απορροής των ποταμών καταλήγουν τελικά στον κόλπο. Στον όρμο της Θεσσαλονίκης την περίοδο 1997-2007 καταγράφηκαν 16 επεισόδια «άνθισης του νερού» ορισμένα από τα οποία συνοδεύονταν από τοξικά φαινόμενα στις οστρακοκαλλιέργειες και στα ψάρια. Άμεση συνέπεια της «άνθισης του νερού» είναι η δημιουργία μιας πράσινης μάζας από φύκια και πλαγκτόν που αποσυντίθενται και προκαλείται δυσοσμία στις παράκτιες περιοχές.

Η περιβαλλοντική επιβάρυνση της ποιότητας των νερών σε μια μυδοκαλλιέργεια εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως είναι η γεωμορφολογία της περιοχής, οι υδροδυναμικές συνθήκες και οι συνθήκες εκτροφής (Μωρίκη, 2007).

Οι επιπτώσεις της μυδοκαλλιέργειας στο περιβάλλον είναι διαφορετικές από εκείνες της ιχθυοκαλλιέργειας. Η καλλιέργεια ψαριών σε κλωβούς είναι εν δυνάμει απειλή ευτροφισμού με τον εμπλουτισμό του οικοσυστήματος με θρεπτικά συστατικά (Black, 2001). Τα απόβλητα από τις καλλιέργειες ψαριών περιλαμβάνουν υψηλά ποσά συστατικών που επηρεάζουν τις βιολογικές διεργασίες στην υδάτινη στήλη, δηλαδή άζωτο, φώσφορο και πυρίτιο. Το 67-80% του αζώτου που προστίθεται στο σύστημα κλωβών χάνεται στο περιβάλλον (Black, 2001). Η πλειοψηφία (50-60% του συνολικού αζώτου) χάνεται με διαλυμένη μορφή είτε άμεσα από τα ψάρια είτε από τη βενθική ροή από περίσσεια στερεών κάτω από τους κλωβούς. Τα επίπεδα αζώτου και φωσφόρου στις τροφές έχουν μειωθεί καθώς η παρασκευή των τροφών εναρμονίζεται περισσότερο με τις διατροφικές απαιτήσεις των ψαριών. Ειδικότερα οι σύγχρονες τεχνικές εκτροφής φροντίζουν να συμπεριλάβουν περισσότερα λιπίδια και λιγότερες πρωτεΐνες ώστε να μειωθεί το ποσοστό των αζωτούχων ενώσεων μέσω του περισσεύματος τροφής. Επιπλέον, οι απώλειες αζώτου από τα ψάρια εξαρτώνται από τη θερμοκρασία και από τη διατροφική περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (Buttle *et. al.*, 1996). Αντίθετα με την ιχθυοκαλλιέργεια, η μυδοκαλλιέργεια έχει κυρίως επιβάρυνση στο οργανικό υλικό που αποτίθεται στον πυθμένα και διαφορετικές επιπτώσεις στην στήλη του νερού, λόγω της φυσιολογίας των οργανισμών και της διατροφής τους μέσω της διήθησης μεγάλων ποσοτήτων νερού (Nizzoli *et al*, 2005). Τα μύδια τρέφονται με φυτοπλαγκτό, τριπτό και άλλα αιωρήματα που διηθούν από τη στήλη του νερού. Διηθούν και απομακρύνουν σωματίδια μεγέθους 3-200 μm. Αφομοιώνουν όμως ένα μικρό ποσοστό του προσλαμβανόμενου αιωρήματος. Το υπόλοιπο ποσοστό αποβάλλεται μέσω των κοπράνων και ψευδοκοπράνων των μυδιών. Ο υψηλός ρυθμός διήθησης του νερού και η απόθεση κοπράνων και ψευδοκοπράνων αυξάνει την απόθεση οργανικού υλικού στα επιφανειακά ιζήματα αρκετές τάξεις μεγέθους (Nizzoli *et al*, 2005).

Η ανάπτυξη της παράκτιας υδατοκαλλιέργειας είναι απαραίτητο να στηρίζεται στην κατάλληλη εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας της περιοχής για την ανάπτυξη με ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Ο προσδιορισμός της φέρουσας ικανότητας περιλαμβάνει α) την περιγραφή των σχέσεων μεταξύ διαφορετικού βαθμού οικονομικής δραστηριότητας και των επιπτώσεων στο

περιβάλλον και β) την κριτική διατύπωση συμπερασμάτων σχετικά με τις επιθυμητές επιπτώσεις.

Η αναγνώριση τυχόν ακραίων συνθηκών που επικρατούν σε μια παράκτια περιοχή στην οποία αναπτύσσονται μονάδες εκτροφής μυδιών, είναι απαραίτητο να στηρίζονται στην συστηματική μέτρηση και συνεκτίμηση των παραμέτρων που χαρακτηρίζουν την ποιότητα των νερών, για την προστασία της ίδιας της καλλιέργειας από αρνητικές επιπτώσεις.

Στην εργασία αυτή έγινε συστηματική παρακολούθηση των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων στην περιοχή των μυδοκαλλιεργειών της Χαλάστρας (βορειοδυτικός κόλπος Θεσσαλονίκης) για δεκαπέντε μήνες (Ιανουάριος 2006-Μάρτιος 2007) και παρουσιάζεται η διακύμανση των τιμών στη διάρκεια του έτους καθώς και στη διάρκεια δύο περιόδων, χειμώνας-άνοιξη-καλοκαίρι 2006 και φθινόπωρο-χειμώνας 2006-άνοιξη 2007. Γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων στις δύο περιόδους και η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των μυδοκαλλιεργειών με βάση τα θρεπτικά συστατικά της στήλης του νερού.

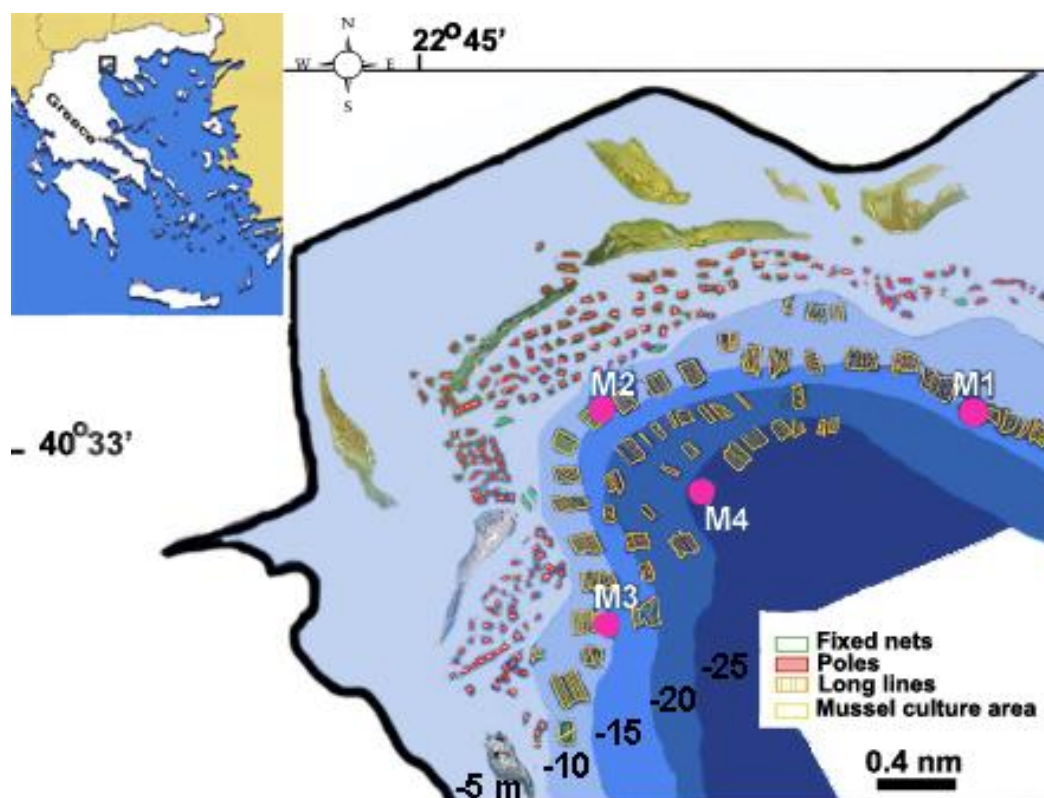
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Πεδίο μελέτης

Το πεδίο μελέτης αποτέλεσε η περιοχή Οργανωμένης Ανάπτυξης μυδοκαλλιεργειών στη Χαλάστρα. Η Χαλάστρα βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα του κόλπου της Θεσσαλονίκης και βόρεια των εκβολών του ποταμού Αξιού. Αποτελεί πανελλαδικά μια από τις κυριότερες περιοχές παραγωγής μυδιών. Το μέγιστο βάθος στην περιοχή δεν υπερβαίνει τα 30 μέτρα.

2.2 Πειραματικός σχεδιασμός

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν στην διάρκεια ενός έτους, από τον Σεπτέμβριο του 2006 έως τον Μάρτιο του 2007. Επιλέχθηκαν τέσσερις σταθμοί δειγματοληψίας, η ονομασία των οποίων είναι σταθμός M1, σταθμός M2, σταθμός M3, σταθμός M4 (Εικόνα 1). Ο σταθμός M1 βρίσκεται βορειοανατολικά του χώρου που φιλοξενείται το σύνολο των μονάδων μυδοκαλλιεργειών της Χαλάστρας. Το γεωγραφικό μήκος του είναι $22^{\circ} 48' 185$ και πλάτος του είναι $40^{\circ} 32' 772$. Το μέγιστο βάθος του σταθμού είναι 16 μέτρα. Ο σταθμός M2 βρίσκεται βορειοδυτικά του χώρου όπου φιλοξενείται το σύνολο των μονάδων των μυδοκαλλιεργειών στη Χαλάστρα. Το γεωγραφικό μήκος του είναι $22^{\circ} 46' 129$ και πλάτος του $40^{\circ} 32' 835$. Το μέγιστο βάθος του σταθμού είναι 8 μέτρα. Ο σταθμός M3 βρίσκεται στα νοτιοδυτικά του χώρου όπου φιλοξενείται το σύνολο των μονάδων μυδοκαλλιεργειών της Χαλάστρας. Το γεωγραφικό μήκος του είναι $22^{\circ} 46' 148$ και το πλάτος του είναι $40^{\circ} 31' 148$. Το μέγιστο βάθος του σταθμού είναι 13 μέτρα. Ο σταθμός M4 βρίσκεται ανάμεσα στις μονάδες και δεν αντιστοιχεί σε κάποια μονάδα μυδοκαλλιέργειας. Το γεωγραφικό μήκος του σταθμού είναι $22^{\circ} 47' 068$ και το γεωγραφικό πλάτος $40^{\circ} 32' 554$. Το μέγιστο βάθος στο σταθμό M4 είναι 24 μέτρα.



Εικόνα 1. Η θαλάσσια περιοχή ανάπτυξης μονάδων μυδοκαλλιέργειών στη Χαλάστρα. Ο χάρτης προέρχεται από επεξεργασμένη αεροφωτογραφία του ΕΚΘΕ (2001) όπου σημειώθηκαν οι σταθμοί της παρούσας μελέτης.

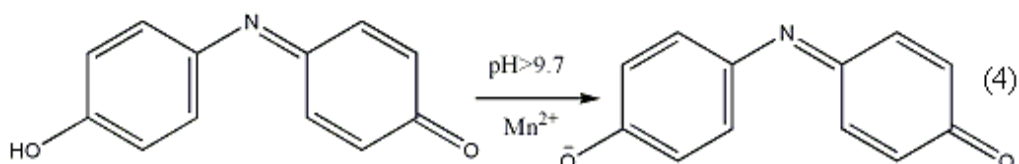
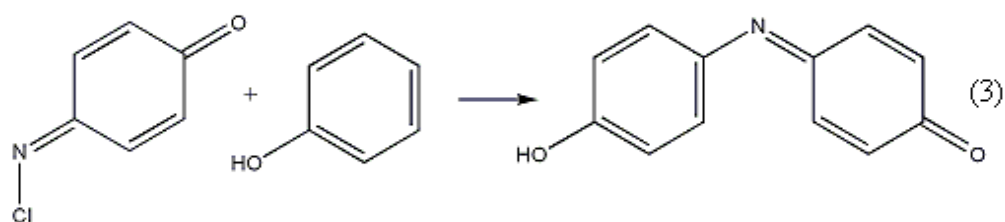
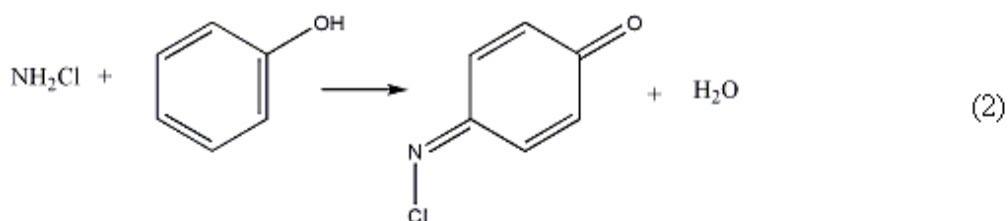
2.3 Εργασίες πεδίου

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν με την βοήθεια του δειγματολήπτη τύπου Niskin όγκου πέντε λίτρων με ενσωματωμένο θερμόμετρο. Δείγματα νερού ελήφθησαν από τρία βάθη, 1m, 5m και κοντά στον πυθμένα. Τα δείγματα για τον προσδιορισμό των θρεπτικών αλάτων μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο, διηθήθηκαν αμέσως μετά την δειγματοληψία και τοποθετήθηκαν στην κατάψυξη μέχρι τον εργαστηριακό προσδιορισμό.

2.4 Εργαστηριακή μεθοδολογία

α. Αμμωνία

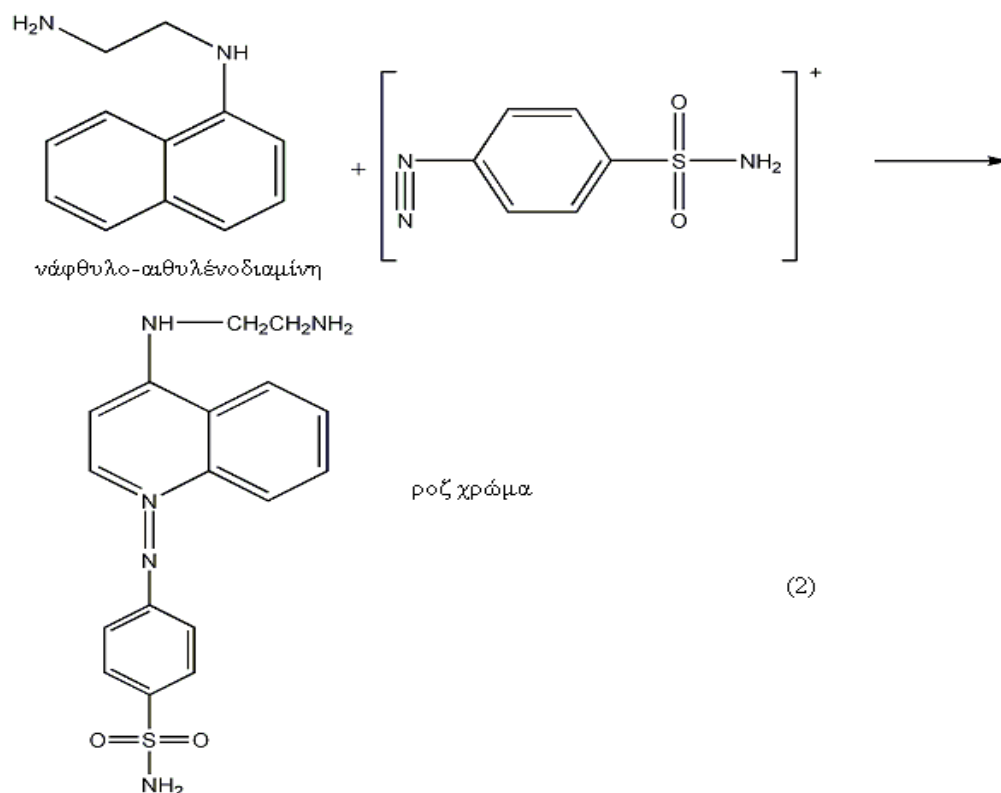
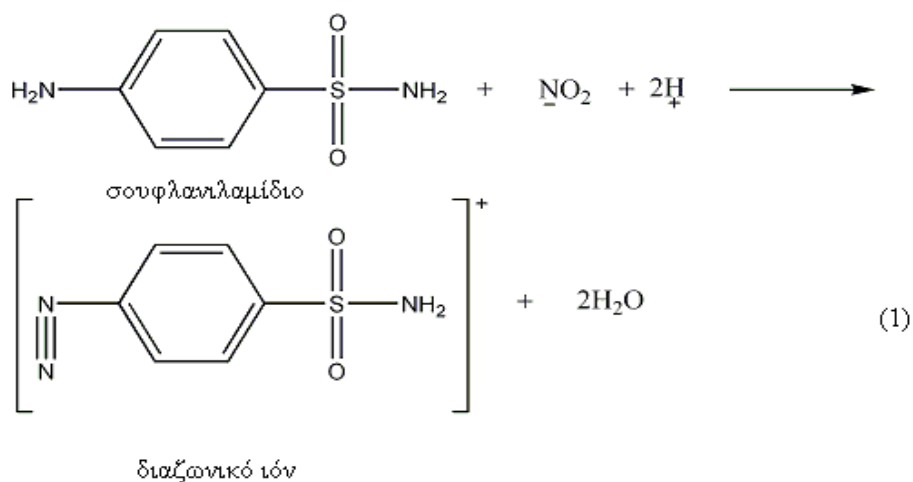
Ο προσδιορισμός της αμμωνίας βασίζεται στο σχηματισμό μιας έντονα κυανής ένωσης της ινδοφαινόλης, κατά την αντίδραση αμμωνιακών με υποχλωριώδη ιόντα και δημιουργία μονοχλωραμινών, που παρουσία φαινόλης, σχηματίζουν ινδοφαινόλη. Η συγκέντρωση της ινδοφαινόλης είναι ανάλογη της αμμωνίας. Η ένταση του χρώματος της ινδοφαινόλης μετρούμενη φασματοφωτομετρικά στα 640nm, είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των αμμωνιακών. Οι αντιδράσεις που πραγματοποιούνται είναι οι εξής:



(Koroleff,1976).

β. Νιτρώδη ιόντα

Ο προσδιορισμός των νιτρωδών έγινε φασματοφωτομετρικά. Η μέθοδος βασίζεται στη διαζώτωση του σουφλαμιλιδίου με τα νιτρώδη και τη σύζευξη της υδροχλωρικής N-(1-νάφθυλο) αιθυλενοδιαμίνης. Το ροζ χρώμα που σχηματίζεται με την παρουσία νιτρωδών, προσδιορίζεται φασματοφωτομετρικά στα 543nm. Οι χημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται είναι στα εξής:



(Grasshof et al., 1999).

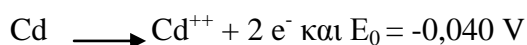
γ. Νιτρικά ιόντα

Η μέθοδος προσδιορισμού των νιτρικών ιόντων στηρίζεται στην αναγωγή των νιτρικών ιόντων σε νιτρώδη και τη μέτρηση της συγκέντρωσή τους φασματοφωτομετρικά. Η αναγωγή πραγματοποιείται με την διέλευση των νιτρικών ιόντων μέσα από στήλη με κόκκους καδμίου επικαλυμμένους με θειικό χαλκό. Τα νιτρικά ιόντα μετατρέπονται ποσοτικά σε νιτρώδη. Τα νιτρώδη προσδιορίζονται από το σχηματισμό του διαζωνικού ιόντος με την N- (1- νάφθυλο)-αιθυλενοδιαμίνη, που είναι ένα έγχρωμο αζώχρωμα.

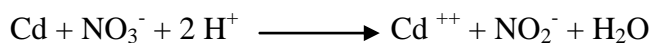
Οι αντιδράσεις οι οποίες πραγματοποιούνται είναι το έξης:

$2e^- + NO_3^- + 2 H^+ \longrightarrow 2OH^- + NO_2^-$ και το δυναμικό της αντίδρασης είναι $E_0 = 0,0015 V$ σε $pH = 7$ έως αλκαλικό.

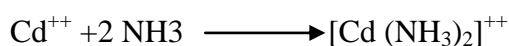
Τα ηλεκτρόνια προέρχονται από την οξείδωση του καδμίου:



Το κάδμιο χρησιμοποιείται σαν επιχαλωμένο κάδμιο:



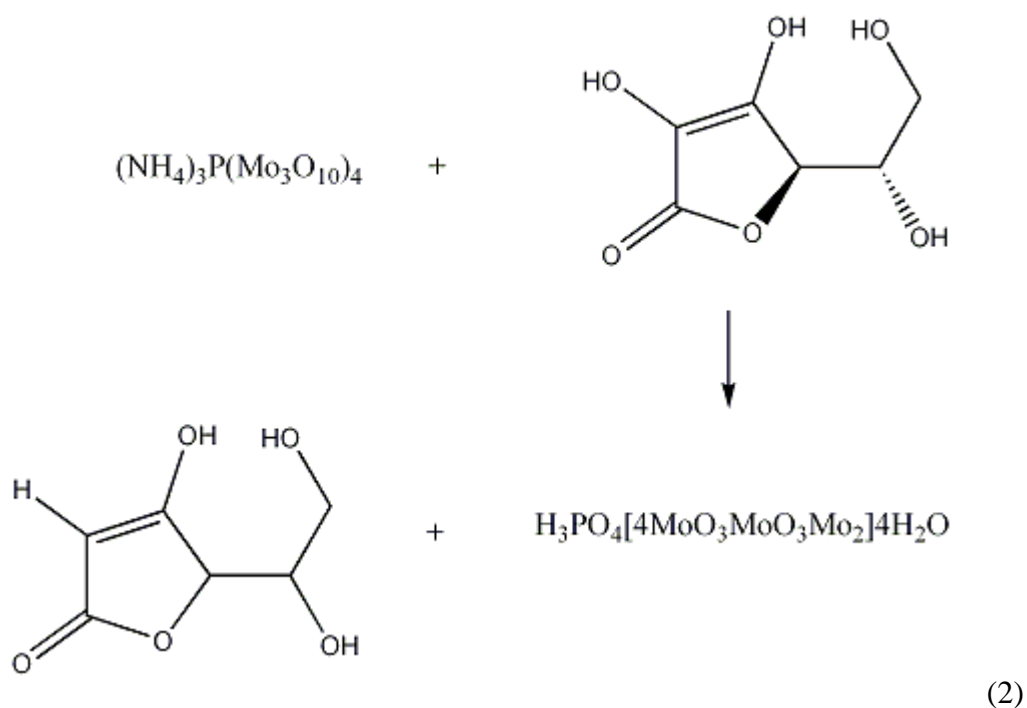
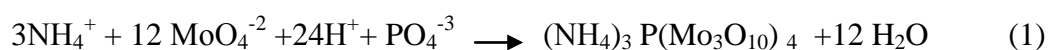
Η ρύθμιση του pH στα απαιτούμενα όρια για την πραγματοποίηση της αναγωγής, γίνεται με την προσθήκη χλωριούχου αμμωνίου (NH_4Cl)



(Grasshof et al., 1999).

δ. Φωσφορικά ιόντα

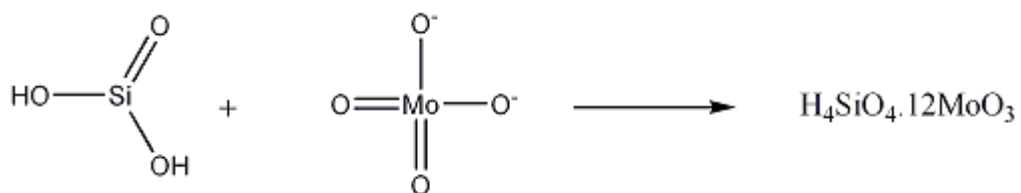
Ο προσδιορισμός των φωσφορικών ιόντων στηρίζεται στην κατεργασία του δείγματος με το όξινο αντιδραστήριο του μολυβδαινικού ιόντος που περιέχει ασκορβικό οξύ και μικρή ποσότητα τρυγικού κάλιο-αντιμονιού. Το φωσφορομολυβδαινικό οξύ που προκύπτει ανάγεται και δίνει ένα μπλε-μωβ σύμπλοκο. Η απορρόφηση μετράται στα 885nm. Οι αντιδράσεις που πραγματοποιούνται είναι οι εξής:



(Grassohof et al., 1999).

ε. Πυριτικά ιόντα

Η μέτρηση των πυριτικών στηρίζεται στον σχηματισμό ενός πυριτιομολυβδαινικού συμπλόκου. Το πυριτιομολυβδαινικό σύμπλοκο ανάγεται με την προσθήκη διαλύματος που περιέχει μεταλλοθειϊκό ιόν. Σχηματίζεται κυανή ένωση η οποία προσδιορίζεται φασματοφωτομετρικά στα 810nm.



(Parsons et al.,1984).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Πίνακας 1. Ο ετήσιος μέσος όρος, οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές των θρεπτικών αλάτων καθώς και των αναλογιών ΣΝ:Ρ, Si:ΣΝ, Si:P, στην περιοχή των μυδοκαλλιέργειών της Χαλάστρας (Ιανουάριος 2006 – Μάρτιος 2007).

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2006 - ΜΑΡΤΙΟΣ 2007								
	μg-at P/l	μg-at Si/l	μg-at NO ₂ - N/l	μg-at NO ₃ -N /l	μg-at NH ₄ - N/l	ΣΝ:Ρ	Si:ΣΝ	Si:P
ΜΕΣΟΣ ΌΡΟΣ	0,23	6,88	0,25	3,24	3,83	31,82	1,18	126,07
ΜΕΓΙΣΤΟ	1,25	24,91	5,29	31,42	30,27	118,74	6,89	2120,6
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	28,11	0,01	0,03

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι ετήσιοι μέσοι όροι, οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές των θρεπτικών αλάτων καθώς και οι λόγοι ΣΝ:Ρ, Si:ΣΝ, Si:P. Οι τιμές των φωσφορικών αλάτων κυμάνθηκαν από 0,01 έως 1,25 μg-at P/l, με μέση ετήσια τιμή 0,23 μg-at P/l. Το εύρος των τιμών των συγκεντρώσεων των πυριτικών αλάτων ήταν 0,01-24,91, με μέση τιμή τα 6,88 μg-at Si/l. Οι τιμές των νιτρικών αλάτων κυμάνθηκαν από 0,01 έως 5,29 μg-at NO₂-N/l με μέση ετήσια τιμή 0,25 μg-at NO₂-N/l. Οι τιμές των νιτρικών αλάτων κυμάνθηκαν από 0,01 έως 31,42 μg-at NO₃-N/l με μέση ετήσια τιμή 3,24 μg-at NO₃-N/l. Το εύρος των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών αλάτων ήταν 0,01- 30,27 μg-at NH₄-N/l με μέση τιμή 3,83 μg-at NH₄- N/l. Οι τιμές του λόγου ΣΝ:Ρ κυμάνθηκαν από 28,11 έως 118,74, με μέση ετήσια τιμή 31,82. Οι τιμές του λόγου Si:ΣΝ ήταν από 0,01 έως 6,89 με μέση τιμή το 1,18 και οι τιμές του λόγου Si:P κυμάνθηκαν από 0,03 έως 2120,6 με ετήσια μέση τιμή 126,07.

Πίνακας 2. Ο μέσος όρος, οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές των θρεπτικών αλάτων καθώς και των αναλογιών ΣΝ:Ρ, Si:ΣΝ, Si:P, στην περιοχή των μυδοκαλλιεργειών της Χαλάστρας την περίοδο Ιανουάριος 2006 – Αύγουστος 2006.

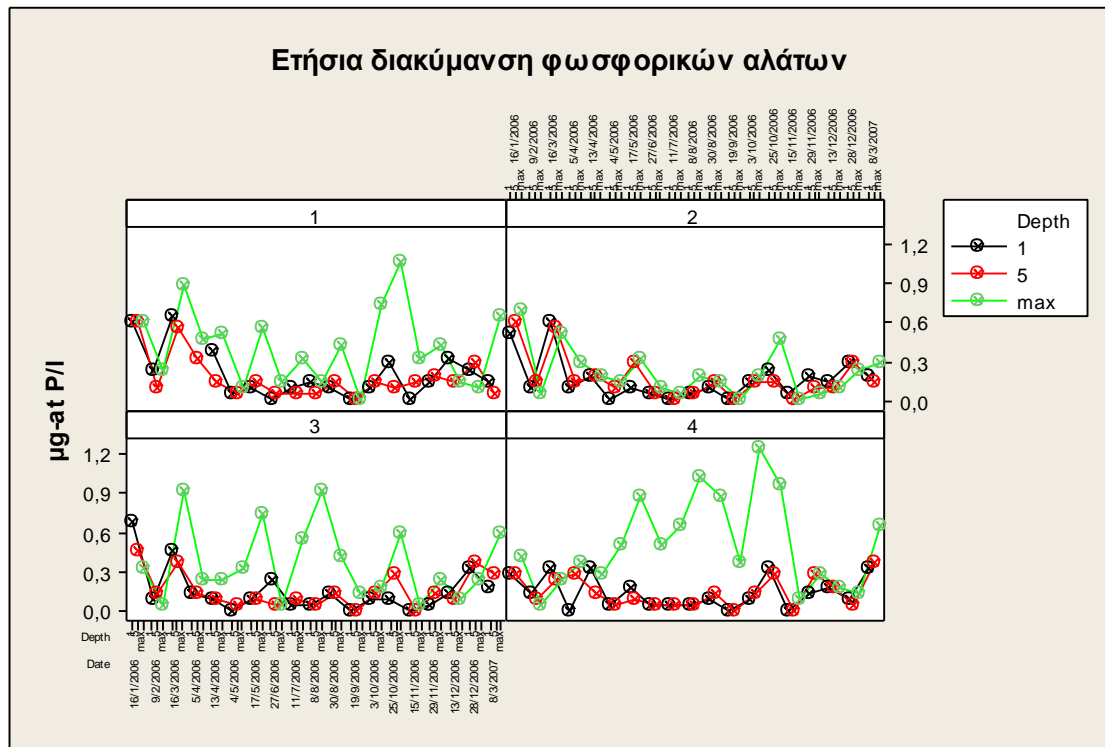
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2006 - ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2006								
	μg-at P/l	μg-at Si/l	μg-at NO ₂ - N/l	μg-at NO ₃ -N /l	μg-at NH ₄ - N/l	ΣΝ:Ρ	Si:ΣΝ	Si:P
ΜΕΣΟΣ ΌΡΟΣ	0,25	7,97	0,21	2,34	5,02	86,87	1,13	125,08
ΜΕΓΙΣΤΟ	1,02	21,44	1,07	9,81	15,14	879,38	3,89	2120,60
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,01	1,51	0,01	0,13	1,50	7,31	0,16	4,85

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές των θρεπτικών αλάτων καθώς και οι λόγοι ΣΝ:Ρ, Si:ΣΝ, Si:P, την περίοδο Ιανουάριος-Αύγουστος 2006. Το εύρος των συγκεντρώσεων των φωσφορικών αλάτων κυμάνθηκε από 0,01 έως 1,02 μg-at P/l με μέση τιμή 0,25 μg-at P/l. Το εύρος των συγκεντρώσεων των πυριτικών αλάτων κυμάνθηκε από 1,51 έως 21,44 μg-at Si/l με μέση τιμή 7,97 μg-at Si/l. Οι τιμές των νιτρωδών ήταν 0,01 – 1,07 μg-at NO₂-N/l με μέση τιμή 0,21 μg-at NO₂-N/l. Οι τιμές των συγκεντρώσεων των νιτρικών αλάτων ήταν 0,13 – 9,81 μg-at NO₃-N /l με μέση τιμή 2,34 μg-at NO₃-N /l. Το εύρος των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών αλάτων κυμάνθηκε από 1,50 – 15,14 μg-at NH₄-N/l με μέση τιμή 5,02 μg-at NH₄-N/l. Οι τιμές του λόγου ΣΝ:Ρ κυμάνθηκαν από 7,31 – 879,38 με μέση τιμή 86,87. Οι τιμές των σχέσεων Si:ΣΝ ήταν 0,16 – 3,89 με μέση τιμή 1,13 και Si:P ήταν 4,85 – 2120,60 με μέση τιμή 125,08.

Πίνακας 3. Ο μέσος όρος, οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές των θρεπτικών αλάτων καθώς και των αναλογιών ΣΝ:Ρ, Si:ΣΝ, Si:P, στην περιοχή των μυδοκαλλιεργειών της Χαλάστρας την περίοδο Σεπτέμβριος 2006 – Μάρτιος 2007.

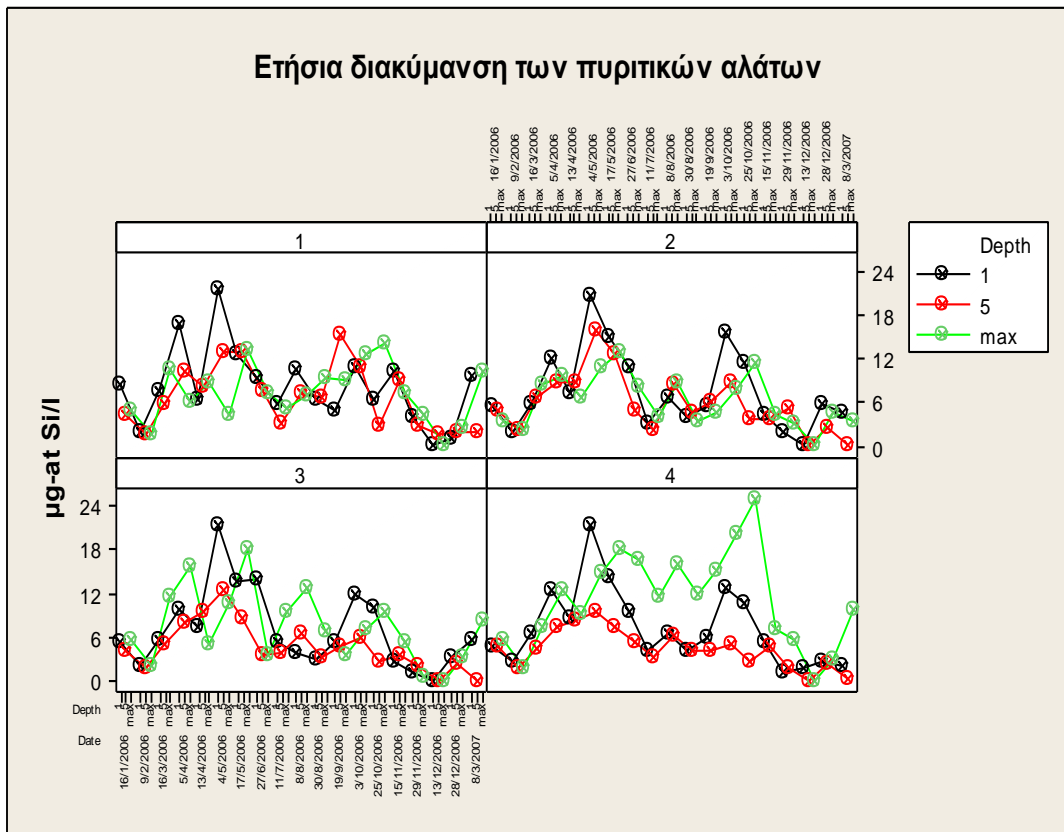
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2006 - ΜΑΡΤΙΟΣ 2007								
	μg-at P/l	μg-at Si/l	μg-at NO ₂ - N/l	μg-at NO ₃ -N /l	μg-at NH ₄ - N/l	ΣΝ:Ρ	Si:ΣΝ	Si:P
AVERAGE	0,21	5,37	0,31	4,48	2,19	96,43	1,24	127,43
MAX	1,25	24,91	5,29	31,42	30,27	785,62	6,89	1518,03
MIN	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	7,71	0,01	0,03

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται την περίοδο Σεπτέμβριος 2006 – Μάρτιος 2007 οι μέσοι όροι οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές καθώς και οι λόγοι ΣΝ:Ρ , Si:ΣΝ και Si:P των θρεπτικών αλάτων. Οι τιμές των φωσφορικών αλάτων κυμάνθηκαν από 0,01 – 1,25 μg-at P/l με μέση τιμή 0,21 μg-at P/l. Το εύρος των συγκεντρώσεων των πυριτικών αλάτων ήταν από 0,01 – 24,91 μg-at Si/l με μέση τιμή 5,37 μg-at Si/l. Οι τιμές των νιτρικών αλάτων κυμάνθηκαν από 0,01 – 5,29 μg-at NO₂-N/l με μέση τιμή 0,31 μg-at NO₂-N/l. Το εύρος των συγκεντρώσεων των νιτρικών αλάτων ήταν από 0,01 – 31,42 μg-at NO₃-N /l με μέση τιμή 4,48 μg-at NO₃-N /l. Το εύρος των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών αλάτων ήταν από 0,01 – 30,27 μg-at NH₄-N/l με μέση τιμή 2,19 μg-at NH₄-N/l. Οι τιμές του λόγου ΣΝ:Ρ κυμάνθηκαν από 7,71 – 785,62 με μέση τιμή 96,43. Οι τιμές του λόγου Si:ΣΝ κυμάνθηκαν από 0,01 – 6,89 με μέση τιμή 1,24 και οι τιμές του λόγου Si:P ήταν από 0,03 – 1518,03 με μέση τιμή 127,43.



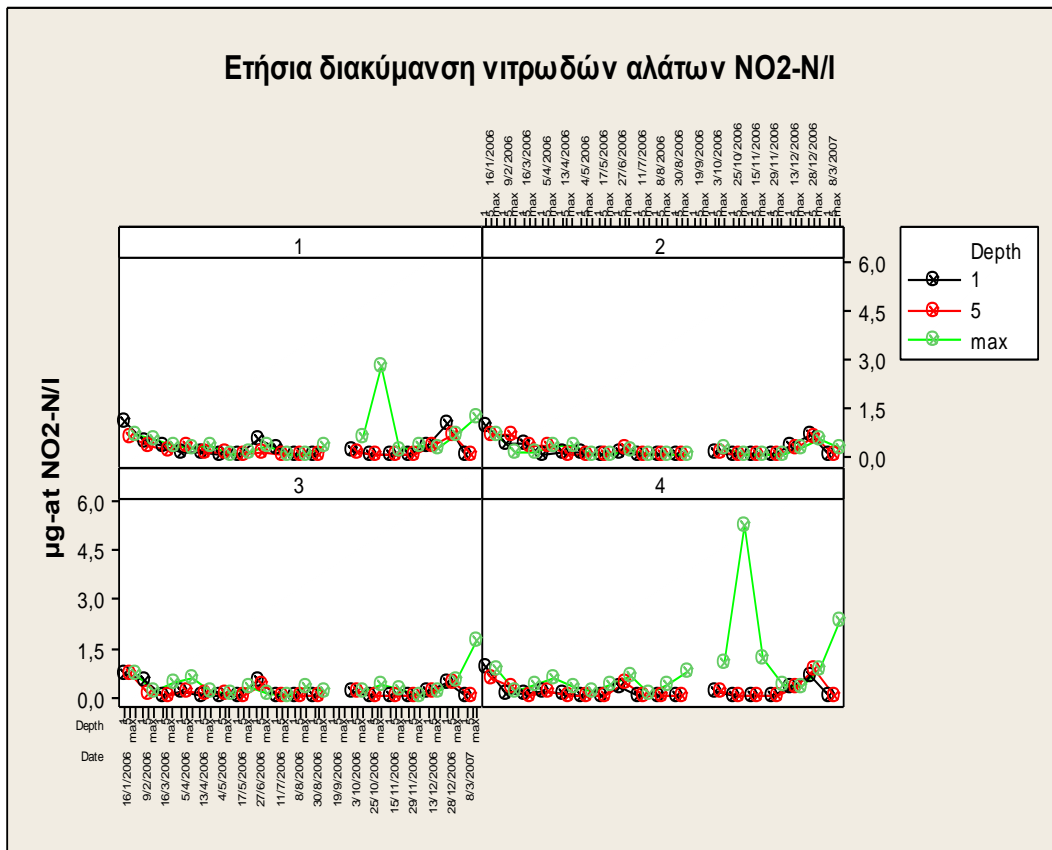
Εικόνα 2. Η ετήσια διακύμανση των φωσφορικών αλάτων στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας και τα τρία βάθη (Ιανουάριος 2006-Μάρτιος 2007).

Στην Εικόνα 2, παρουσιάζεται η διακύμανση των τιμών των φωσφορικών αλάτων στη διάρκεια των δεκαπέντε μηνών δειγματοληψίας. Στον σταθμό M1, οι συγκεντρώσεις των φωσφορικών αλάτων ήταν αυξημένες κοντά στον πυθμένα, με δύο μέγιστα, τον Μάρτιο και τον Οκτώβριο του 2006. Ανάλογη διακύμανση των φωσφορικών εμφανίζεται και στα άλλα δύο βάθη, αλλά με μικρότερες συγκεντρώσεις. Ο σταθμός M2, την ίδια περίοδο δειγματοληψίας παρουσιάζει ομοιόμορφη κατανομή των τιμών στα τρία βάθη και συγκριτικά χαμηλότερες συγκεντρώσεις με τους υπόλοιπους σταθμούς δειγματοληψίας. Στον σταθμό M3, η διακύμανση των τιμών των φωσφορικών είναι ανάλογη με εκείνη στον M1, με περισσότερα μέγιστα τους εαρινούς και θερινούς μήνες. Η εικόνα αυτής της διακύμανσης στο μέγιστο βάθος είναι περισσότερο εμφανής στον σταθμό M4.



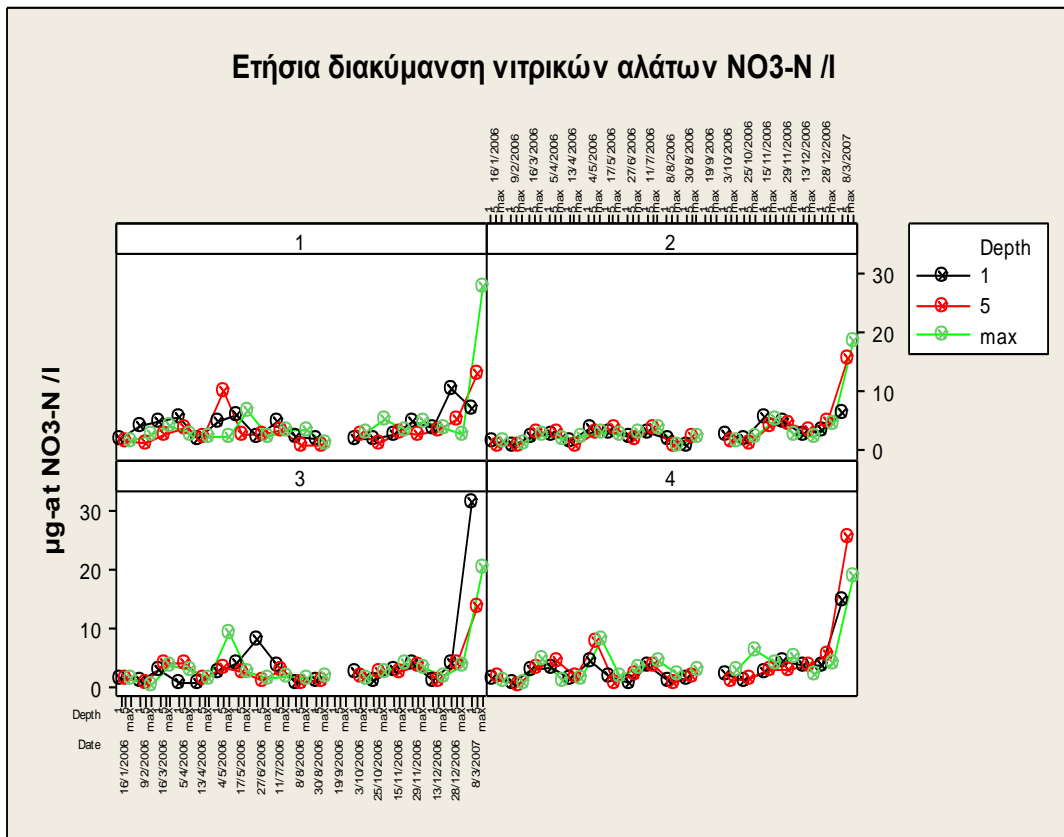
Εικόνα 3. Η ετήσια διακύμανση των πυριτικών αλάτων στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας και τα τρία βάθη (Ιανουάριος 2006-Μάρτιος 2007).

Στην Εικόνα 3, παρουσιάζεται η διακύμανση των τιμών των πυριτικών αλάτων στη διάρκεια των δεκαπέντε μηνών δειγματοληψίας. Στον σταθμό M1, οι συγκεντρώσεις των πυριτικών αλάτων ήταν αυξημένες και στα τρία βάθη, με δύο μέγιστα στο 1m βάθος τον Μάρτιο και τον Απρίλιο του 2006. Ανάλογη διακύμανση πυριτικών εμφανίζεται και στο σταθμό M2, με μέγιστες τιμές στο 1m βάθος τον Μάιο και τον Οκτώβριο του 2006. Στον σταθμό M3, η διακύμανση των πυριτικών είναι ανάλογη με τους σταθμούς M1 και M2, με μια μέγιστη τιμή στο 1m βάθος και κοντά στον πυθμένα αντίστοιχα τον μήνα Μάιο 2006. Η εικόνα αυτής της διακύμανσης στο μέγιστο βάθος είναι περισσότερο εμφανής στο σταθμό M4.



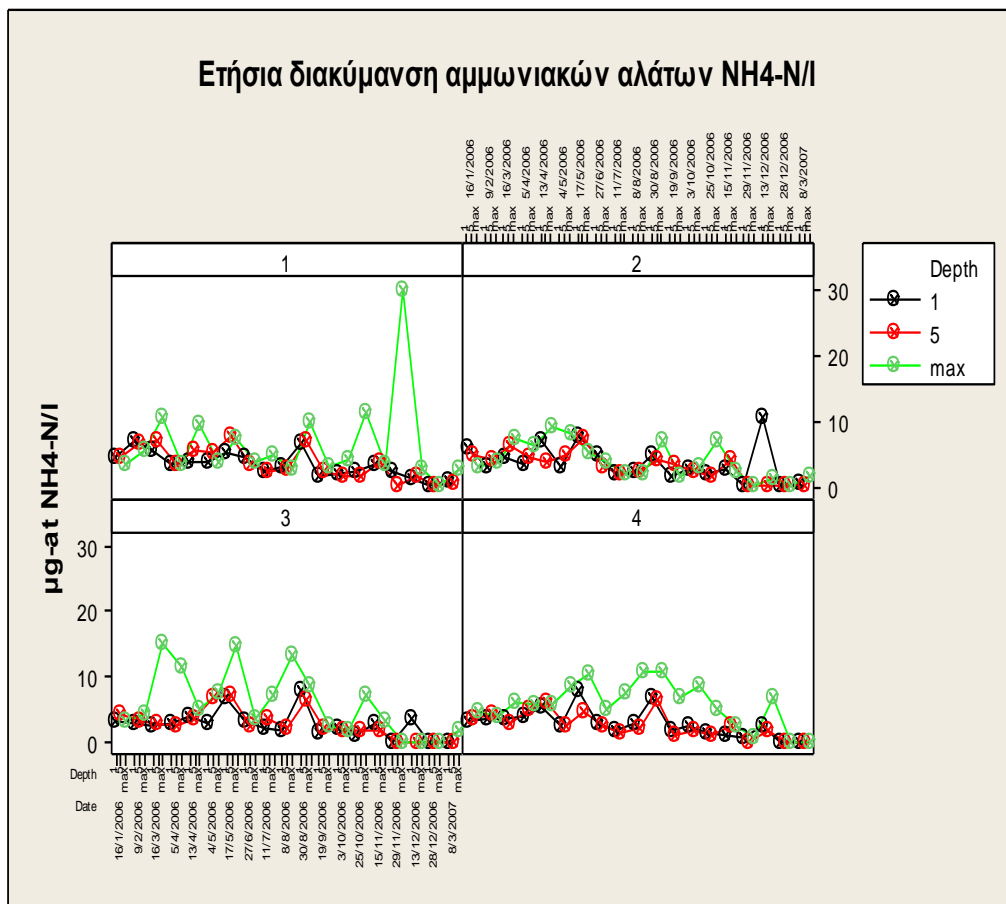
Εικόνα 4. Η ετήσια διακύμανση των νιτρωδών αλάτων στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας και τα τρία βάθη (Ιανουάριος 2006-Μάρτιος 2007).

Στην Εικόνα 4, παρουσιάζεται η διακύμανση των τιμών των νιτρωδών αλάτων στη διάρκεια των δεκαπέντε μηνών δειγματοληψίας. Στον σταθμό M1, οι συγκεντρώσεις των νιτρωδών αλάτων ήταν πολύ χαμηλές με μια μέγιστη τιμή κοντά στον πυθμένα τον μήνα Οκτώβριο του 2006. Στον σταθμό M2 και M3, εμφανίζεται ομοιόμορφη κατανομή των τιμών των νιτρωδών αλάτων στα τρία βάθη με πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις και στους δύο σταθμούς. Στον σταθμό M4, η διακύμανση των νιτρωδών αλάτων εμφανίζεται χαμηλή με μια μέγιστη τιμή κοντά στον πυθμένα τον μήνα Οκτώβριο 2006.



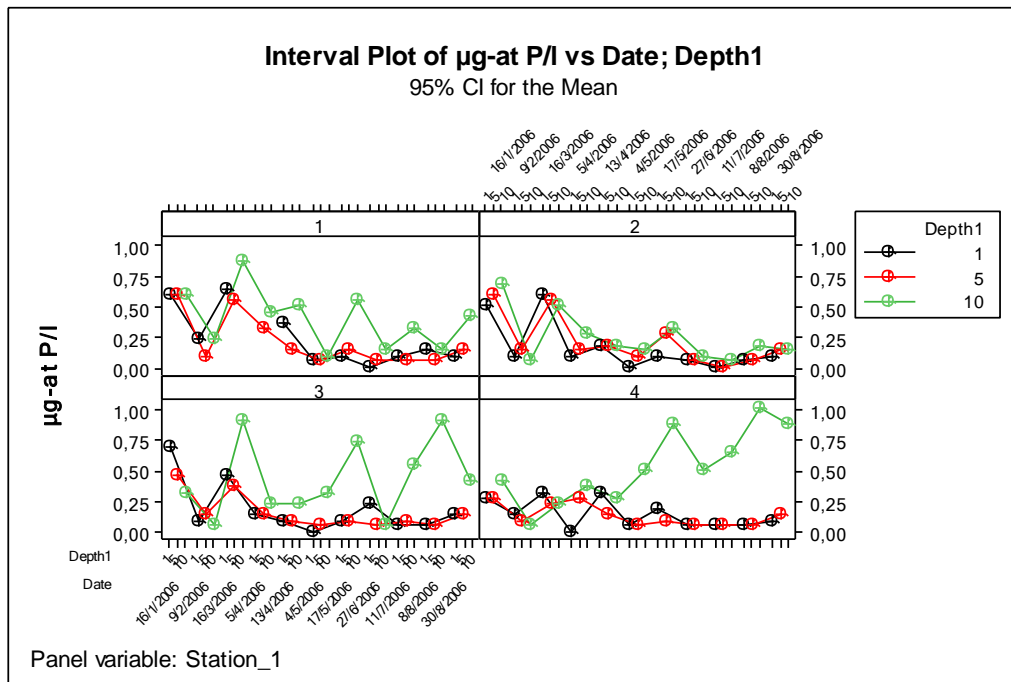
Εικόνα 5. Η ετήσια διακύμανση των νιτρικών αλάτων στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας και τα τρία βάθη (Ιανουάριος 2006-Μάρτιος 2007).

Στην Εικόνα 5, παρουσιάζεται η διακύμανση των τιμών των νιτρικών αλάτων στη διάρκεια των δεκαπέντε μηνών δειγματοληψίας. Στον σταθμό M1, οι συγκεντρώσεις των νιτρικών αλάτων ήταν σχετικά χαμηλές, με μια μέγιστη συγκέντρωση κοντά στον πυθμένα τον μήνα Μάρτιο του 2007. Στον σταθμό M2, εμφανίζεται η χαμηλή κατανομή των συγκεντρώσεων των νιτρικών αλάτων. Στον σταθμό M3 και M4, η διακύμανση των τιμών των νιτρικών είναι ανάλογη με εκείνη στον M1, με μέγιστες τιμές και στα τρία βάθη τους μήνες Δεκέμβριο του 2006 και Μάρτιο του 2007 αντίστοιχα.



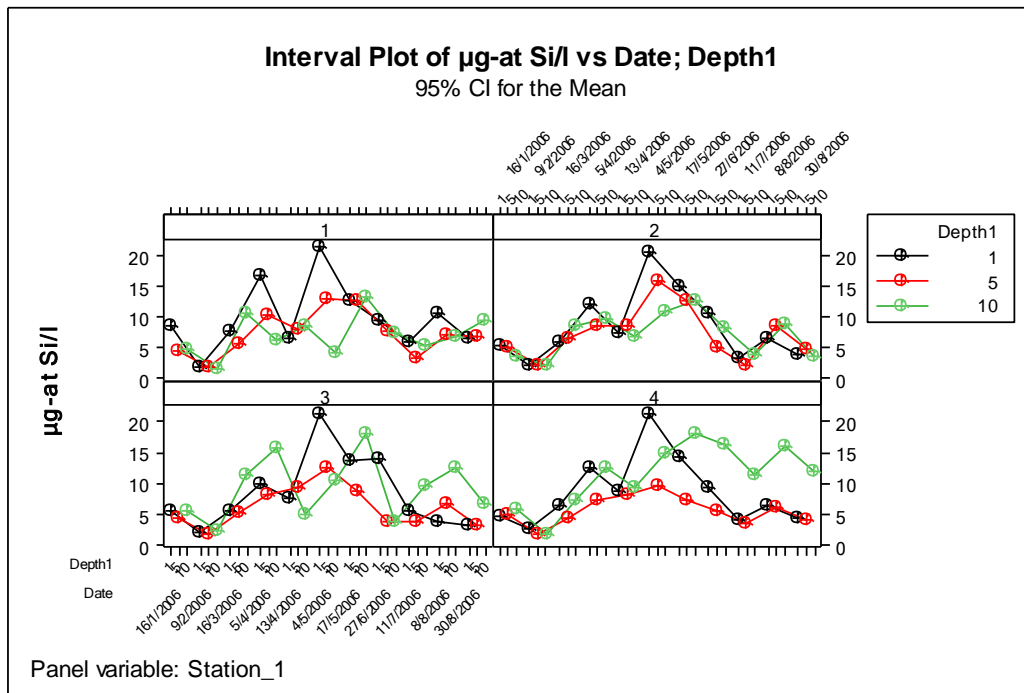
Εικόνα 6. Η ετήσια διακύμανση των αμμωνιακών αλάτων στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας και τα τρία βάθη (Ιανουάριος 2006-Μάρτιος 2007).

Στην Εικόνα 6, παρουσιάζεται η διακύμανση των τιμών των αμμωνιακών αλάτων στη διάρκεια των δεκαπέντε μηνών δειγματοληψίας. Στον σταθμό M1, οι τιμές των συγκεντρώσεων ήταν αυξημένες κοντά στον πυθμένα με ένα μέγιστο τον μήνα Νοέμβριο του 2006. Ο σταθμός M2, την ίδια περίοδο δειγματοληψίας παρουσιάζει ομοιόμορφη κατανομή των τιμών στα τρία βάθη και συγκριτικά χαμηλότερες συγκεντρώσεις με τους υπόλοιπους σταθμούς δειγματοληψίας. Στον σταθμό M3, η διακύμανση των τιμών των αμμωνιακών είναι ανάλογη με εκείνη στον M1, με περισσότερα μέγιστα τους εαρινούς μήνες του 2006. Ο σταθμός M4, την ίδια περίοδο δειγματοληψίας παρουσιάζει ομοιόμορφη κατανομή των τιμών στα τρία βάθη και συγκριτικά χαμηλότερες συγκεντρώσεις με τους υπόλοιπους σταθμούς δειγματοληψίας.



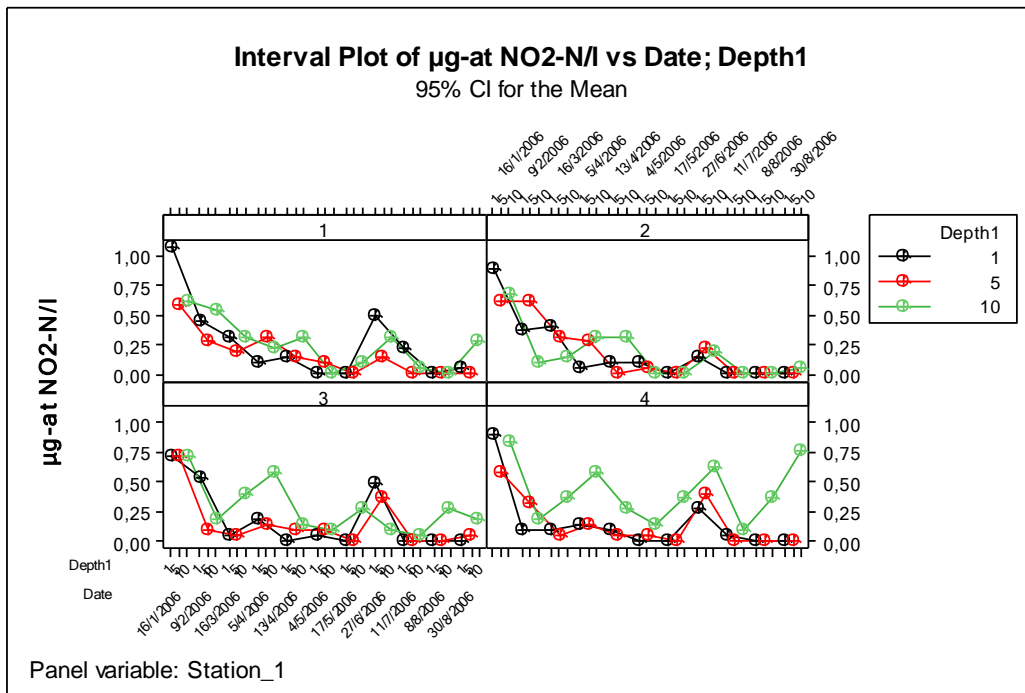
Εικόνα 7. Η διακύμανση των φωσφορικών αλάτων στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας και τα τρία βάθη, την πρώτη περίοδο δειγματοληψίας, τους μήνες Ιανουάριο – Αύγουστο 2006.

Στην Εικόνα 7, παρουσιάζεται η διακύμανση των φωσφορικών αλάτων την πρώτη περίοδο δειγματοληψίας τους μήνες Ιανουάριο – Αύγουστο 2006. Στον σταθμό M1, οι τιμές των συγκεντρώσεων ήταν αυξημένες με μια μέγιστη τιμή κοντά στον πυθμένα τον μήνα Μάρτιο του 2006. Ο σταθμός M2, την ίδια περίοδο δειγματοληψίας παρουσιάζει ομοιόμορφη κατανομή των τιμών στα τρία βάθη και συγκριτικά χαμηλότερες συγκεντρώσεις με τους υπόλοιπους σταθμούς δειγματοληψίας. Στον σταθμό M3, η διακύμανση των τιμών των φωσφορικών είναι ανάλογη με εκείνη στον M1, με περισσότερα μέγιστα κοντά στον πυθμένα τους εαρινούς μήνες του 2006. Η εικόνα αυτής της διακύμανσης στο μέγιστο βάθος είναι περισσότερο εμφανής στον σταθμό M4.



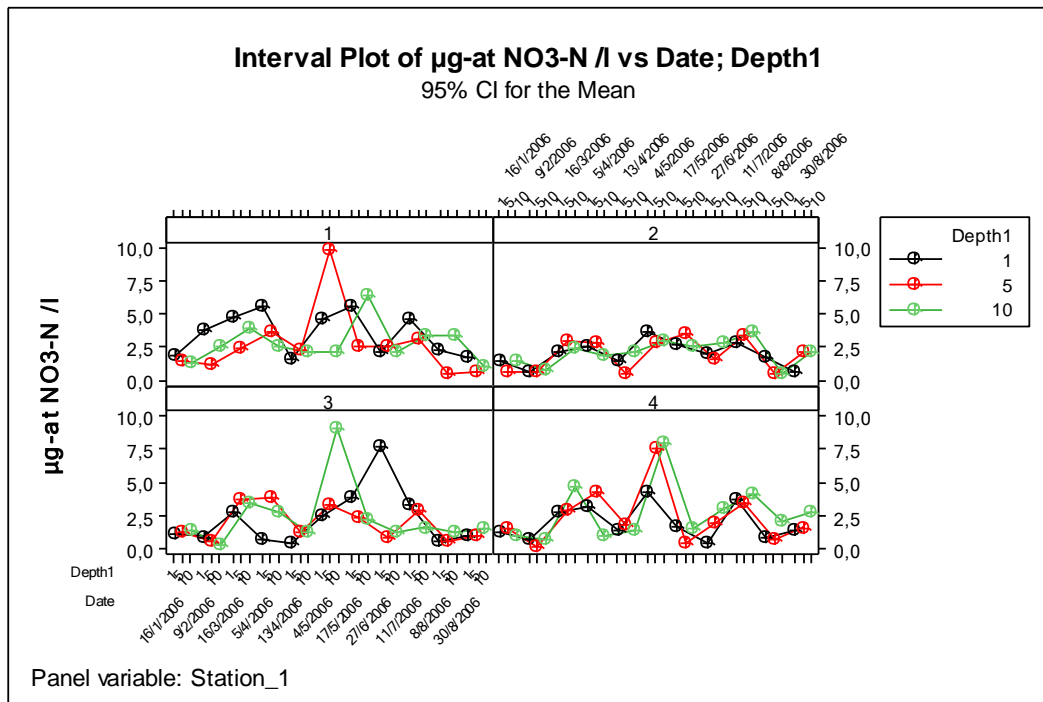
Εικόνα 8. Η διακύμανση των πυριτικών αλάτων στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας και τα τρία βάθη, την πρώτη περίοδο δειγματοληψίας, τους μήνες Ιανουάριο – Αύγουστο 2006.

Στην Εικόνα 8, παρουσιάζεται η διακύμανση των πυριτικών αλάτων την πρώτη περίοδο δειγματοληψίας τους μήνες Ιανουάριο – Αύγουστο 2006. Οι τιμές των συγκεντρώσεων των πυριτικών αλάτων ήταν αυξημένες στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας (M1, M2, M3 και M4) και στα τρία βάθη, με μέγιστη τιμή στο 1m βάθος τον μήνα Μάιο του 2006 που αντιστοιχεί και για τους τέσσερις σταθμούς.



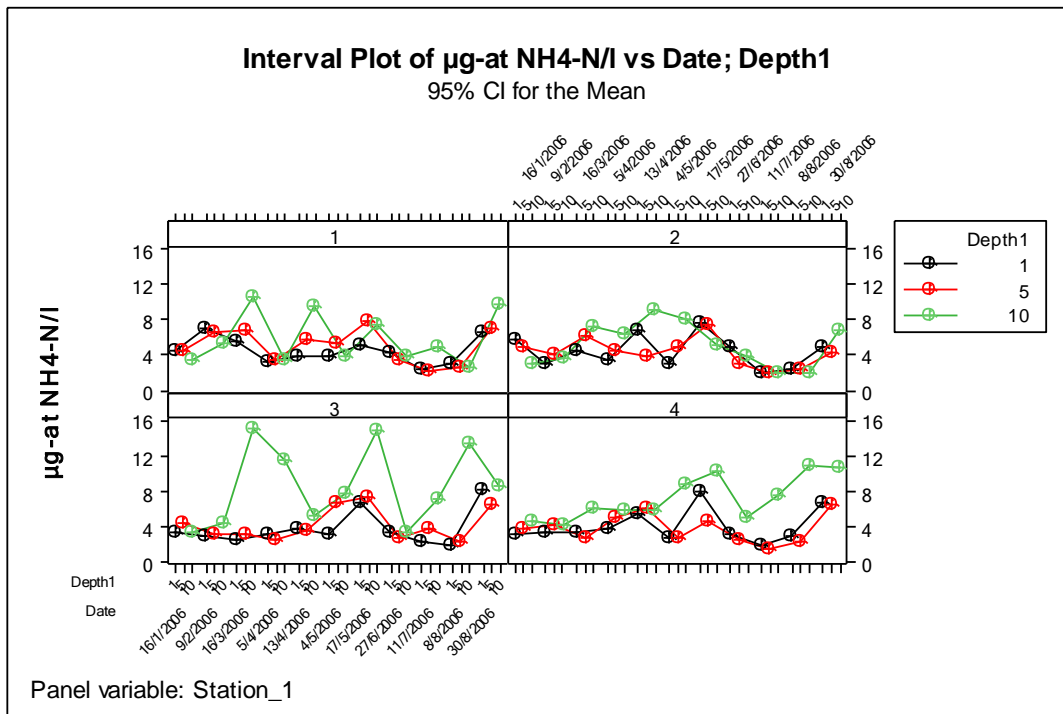
Εικόνα 9. Η διακύμανση των νιτρικών αλάτων στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας και τα τρία βάθη, την πρώτη περίοδο δειγματοληψίας, τους μήνες Ιανουάριο – Αύγουστο 2006.

Στην Εικόνα 9, παρουσιάζεται η διακύμανση των νιτρικών αλάτων την πρώτη περίοδο δειγματοληψίας τους μήνες Ιανουάριο – Αύγουστο 2006. Ο σταθμός M1, εμφανίζει αυξημένες συγκεντρώσεις νιτρικών και στα τρία βάθη, με μέγιστη τιμή στο 1m βάθος το μήνα Ιανουάριο 2006. Ο σταθμός M2, παρουσιάζει αυξημένες τιμές νιτρικών στα τρία βάθη τους μήνες Ιανουάριος – Απρίλιος 2006 και χαμηλότερες συγκεντρώσεις στα τρία βάθη τους μήνες Μάιος – Αύγουστος 2006. Στους σταθμούς M3 και M4, η διακύμανση των νιτρικών αλάτων εμφανίζεται ανάλογη, με περισσότερα μέγιστα κοντά στον πυθμένα στον σταθμό M4 τους μήνες Απρίλιο – Ιούνιο – Αύγουστο 2006.



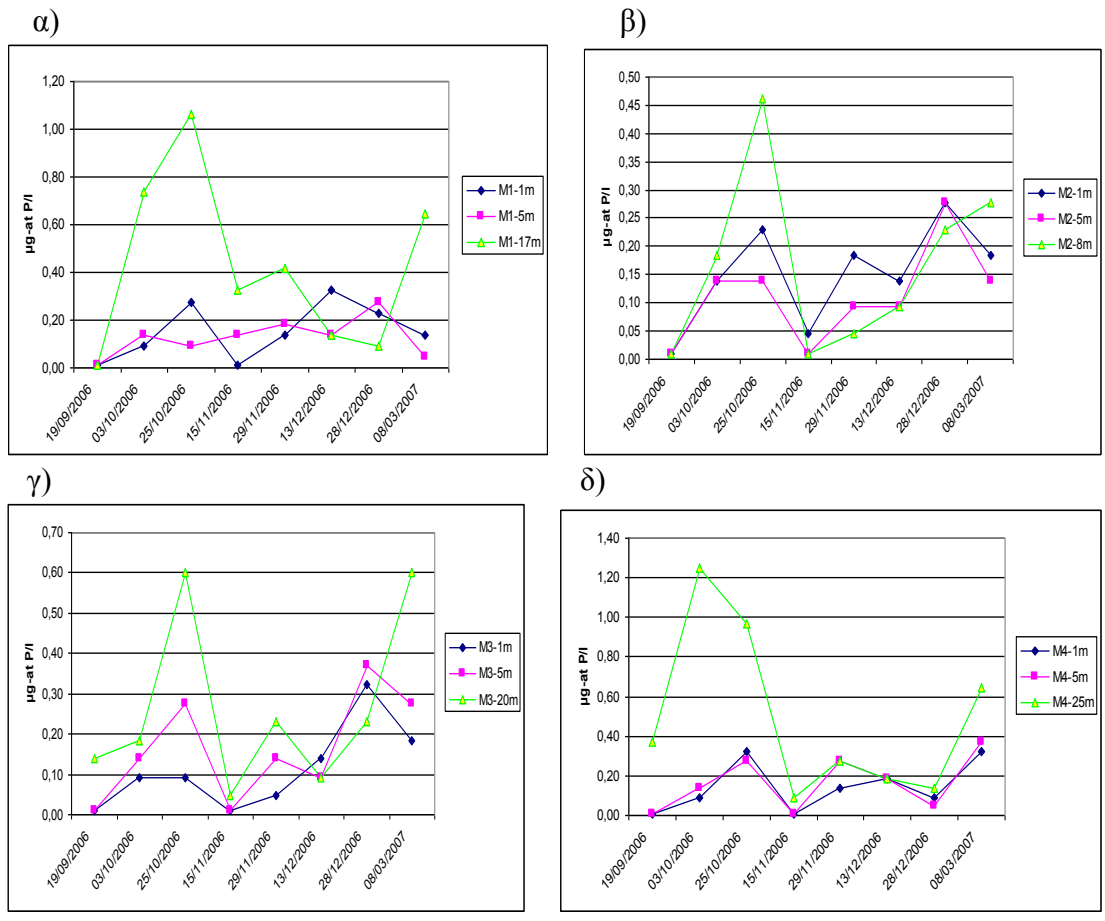
Εικόνα 10. Η διακύμανση των νιτρικών αλάτων στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας και τα τρία βάθη, την πρώτη περίοδο δειγματοληψίας, τους μήνες Ιανουάριο – Αύγουστο 2006.

Στην Εικόνα 10, παρουσιάζεται η διακύμανση των νιτρικών αλάτων την πρώτη περίοδο δειγματοληψίας τους μήνες Ιανουάριο – Αύγουστο 2006. Στον σταθμό M1, οι συγκεντρώσεις των νιτρικών αλάτων ήταν αρκετά αυξημένες και στα τρία βάθη, με μέγιστη τιμή στο μέσο βάθος τον μήνα Μάιο του 2006. Στον σταθμό M2, η διακύμανση των νιτρικών αλάτων είναι ανάλογη και στα τρία βάθη. Στο σταθμό M3, οι συγκεντρώσεις εμφανίζονται αυξημένες, με μια μέγιστη τιμή κοντά στον πυθμένα τον μήνα Μάιο 2006 και στο 1m βάθος τον μήνα Ιούνιο 2006. Στον σταθμό M4, η διακύμανση των νιτρικών αλάτων κυμάνθηκε ανάλογα και στα τρία βάθη, με δύο μέγιστες τιμές στο μέσο βάθος και κοντά στον πυθμένα το μήνα Μάιο του 2006.



Εικόνα 11. Η διακύμανση των αμμωνιακών αλάτων στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας και τα τρία βάθη, την πρώτη περίοδο δειγματοληψίας, τους μήνες Ιανουάριο – Αύγουστο 2006.

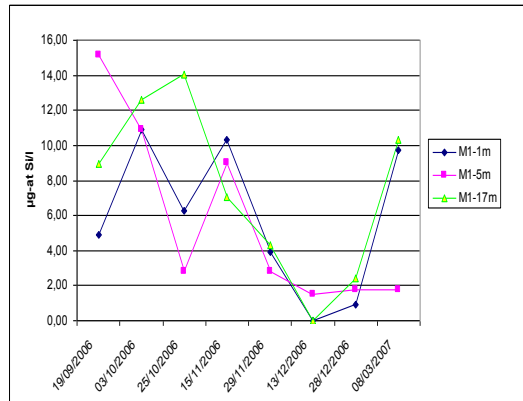
Στην Εικόνα 11, παρουσιάζεται η διακύμανση των αμμωνιακών αλάτων την πρώτη περίοδο δειγματοληψίας τους μήνες Ιανουάριο – Αύγουστο 2006. Στον σταθμό M1, η διακύμανση των αμμωνιακών αλάτων ήταν αυξημένη και στα τρία βάθη, με τρεις μέγιστες τιμές κοντά στο βυθό τους μήνες Μάρτιο – Απρίλιο – Αύγουστο του 2006. Ο σταθμός M2, παρουσιάζει ομοιόμορφη κατανομή αμμωνιακών αλάτων και στα τρία βάθη. Στον σταθμό M3, η διακύμανση των αμμωνιακών ήταν ανάλογη με περισσότερα μέγιστα κοντά στο πυθμένα τους μήνες Μάρτιο – Μάιο – Αύγουστο του 2006. Ο σταθμός M4, παρουσιάζει ανάλογη διακύμανση αμμωνιακών αλάτων με εκείνη στο σταθμό M2.



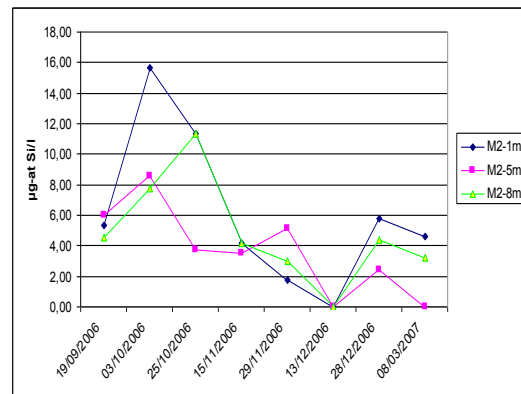
Εικόνα 12. Η διακύμανση των φωσφορικών αλάτων στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας και τα τρία βάθη, τη δεύτερη περίοδο δειγματοληψίας, τους μήνες Σεπτέμβριο 2006 – Μάρτιο 2007.

Στην Εικόνα 12, παρουσιάζεται η διακύμανση των φωσφορικών αλάτων την δεύτερη περίοδο δειγματοληψίας τους μήνες Σεπτέμβριο 2006 – Μάρτιο 2007. Στον σταθμό M1, εμφανίζονται σχετικά χαμηλές τιμές φωσφορικών αλάτων, με μέγιστες τιμές στο μέγιστο βάθος τους μήνες Οκτώβριο του 2006 και Μάρτιο του 2007. Στον σταθμό M2, οι συγκεντρώσεις των φωσφορικών είναι αυξημένες συγκριτικά με τον σταθμό M1 με μια μέγιστη τιμή στο μέγιστο βάθος το μήνα Οκτώβριο του 2006. Ο σταθμός M3, παρουσιάζει ανάλογη κατανομή φωσφορικών αλάτων με τον σταθμό M2 με μέγιστες τιμές κοντά στο πυθμένα τους μήνες Οκτώβριο του 2006 και Μάρτιο του 2007. Στον σταθμό M4, οι συγκεντρώσεις ήταν χαμηλότερες με μια μέγιστη τιμή στο μέγιστο βάθος το μήνα Οκτώβριο του 2006.

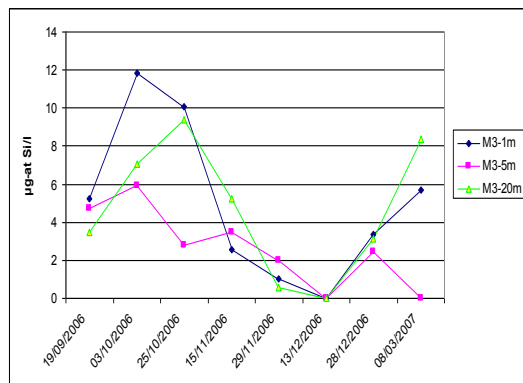
α)



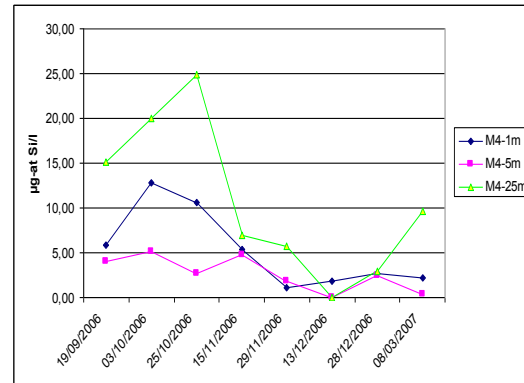
β)



γ)



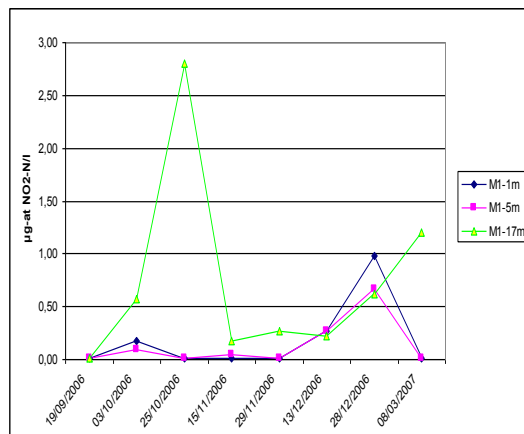
δ)



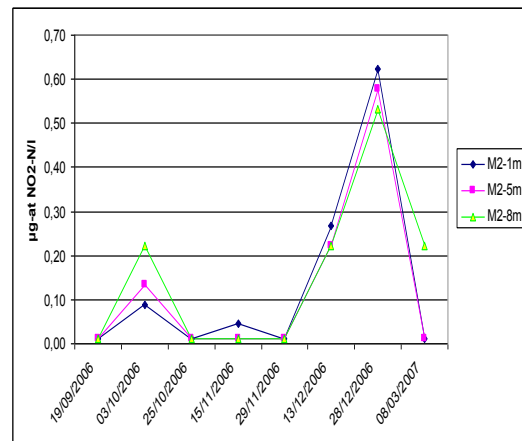
Εικόνα 13. Η διακύμανση των πυριτικών αλάτων στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας και τα τρία βάθη, τη δεύτερη περίοδο δειγματοληψίας, τους μήνες Σεπτέμβριο 2006 – Μάρτιο 2007.

Στην Εικόνα 13, παρουσιάζεται η διακύμανση των πυριτικών αλάτων την δεύτερη περίοδο δειγματοληψίας τους μήνες Σεπτέμβριο 2006 – Μάρτιο 2007. Στον σταθμό M1, οι συγκεντρώσεις των πυριτικών αλάτων ήταν αρκετά αυξημένες και στους τρεις σταθμούς με χαμηλότερες τιμές το μήνα Δεκέμβριο του 2006. Στον σταθμό M2, η διακύμανση των πυριτικών είναι αυξημένη, με μέγιστη τιμή στο 1m βάθος το μήνα Οκτώβριο του 2006. Ο σταθμός M3, παρουσιάζει ανάλογη κατανομή πυριτικών αλάτων με αυτή του σταθμού M2. Στον σταθμό M4, παρατηρούνται υψηλές συγκεντρώσεις τους μήνες Σεπτέμβριο – Οκτώβριο – Νοέμβριο του 2006, με μέγιστη τιμή στο μέγιστο βάθος το μήνα Οκτώβριο του 2006.

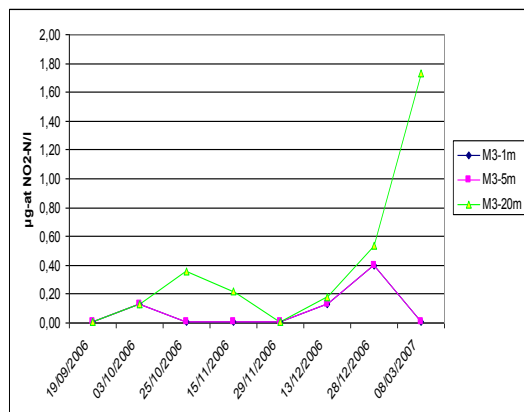
α)



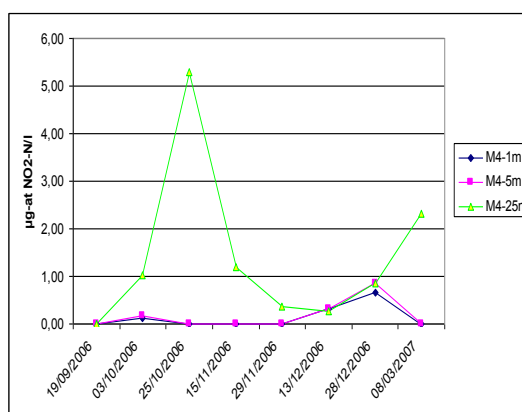
β)



γ)



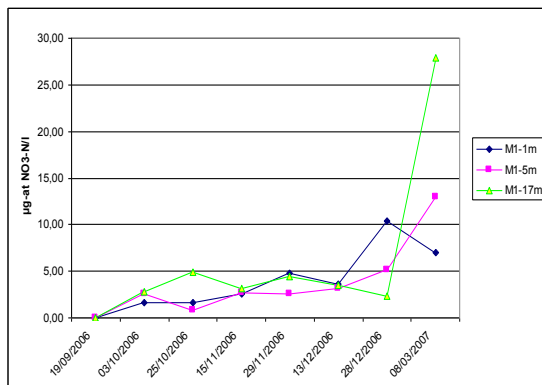
δ)



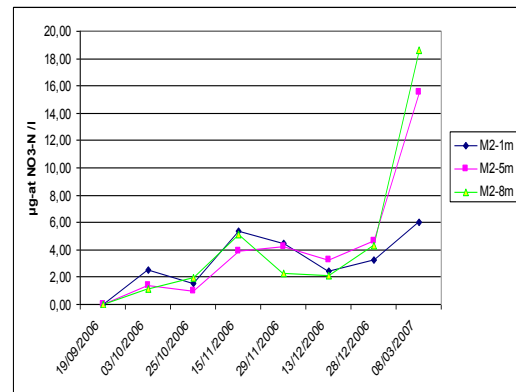
Εικόνα 14. Η διακύμανση των νιτρικών αλάτων στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας και τα τρία βάθη, τη δεύτερη περίοδο δειγματοληψίας, τους μήνες Σεπτέμβριο 2006 – Μάρτιο 2007.

Στην Εικόνα 14, παρουσιάζεται η διακύμανση των νιτρικών αλάτων την δεύτερη περίοδο δειγματοληψίας τους μήνες Σεπτέμβριο 2006 – Μάρτιο 2007. Ο σταθμός M1, εμφανίστηκε με χαμηλές συγκεντρώσεις νιτρικών αλάτων, με μια μέγιστη τιμή κοντά στον πυθμένα το μήνα Οκτώβριο του 2006. Στον σταθμό M2, η διακύμανση των νιτρικών ήταν χαμηλή, με μέγιστη τιμή και στα τρία βάθη το μήνα Δεκέμβριο του 2006. Στον σταθμό M3, οι συγκεντρώσεις των νιτρικών αλάτων ήταν πολύ χαμηλές με μέγιστη τιμή κοντά στον πυθμένα το μήνα Μάρτιο του 2007. Ο σταθμός M4, παρουσιάζει ανάλογη κατανομή νιτρικών αλάτων με τον σταθμό M1.

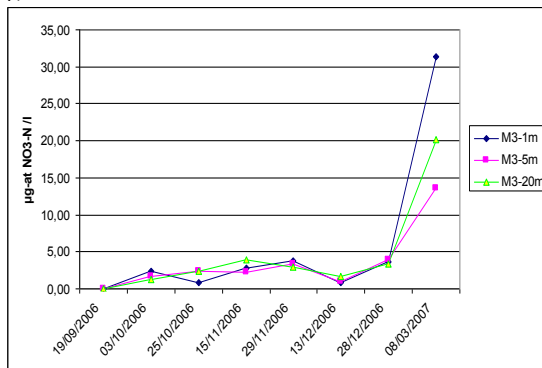
α)



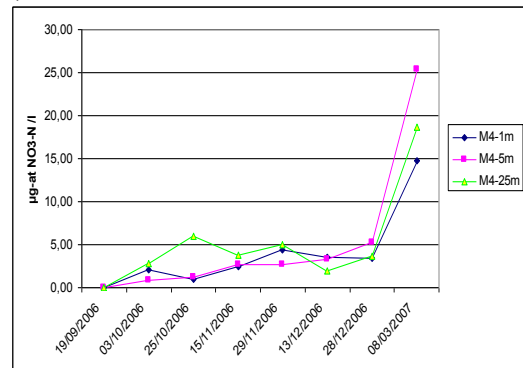
β)



γ)



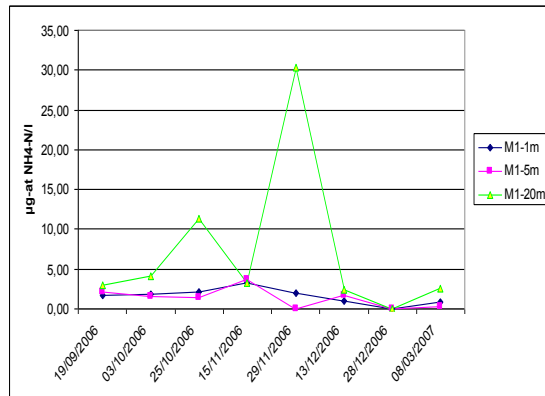
δ)



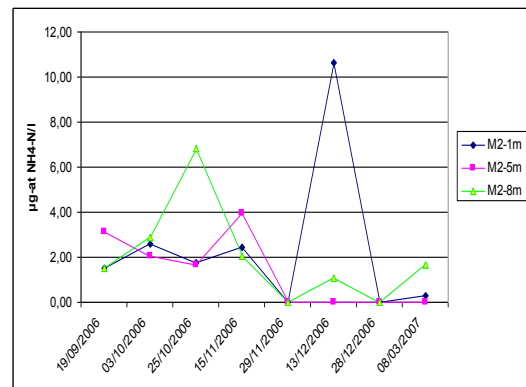
Εικόνα 15. Η διακύμανση των νιτρικών αλάτων στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας και τα τρία βάθη, τη δεύτερη περίοδο δειγματοληψίας, τους μήνες Σεπτέμβριο 2006 – Μάρτιο 2007.

Στην Εικόνα 15, παρουσιάζεται η διακύμανση των νιτρικών αλάτων την δεύτερη περίοδο δειγματοληψίας τους μήνες Σεπτέμβριο 2006 – Μάρτιο 2007. Στον σταθμό M1, η διακύμανση των νιτρικών αλάτων ήταν χαμηλή, με μέγιστη τιμή στο μέγιστο βάθος το μήνα Μάρτιο του 2006. Στον σταθμό M2, εμφανίζεται ανάλογη κατανομή νιτρικών, με μια μέγιστη τιμή κοντά στον πυθμένα και μια μέγιστη τιμή στο μέσο βάθος το μήνα Μάρτιο του 2006. Στους σταθμούς M3 και M4, η διακύμανση των νιτρικών αλάτων είναι ομοιόμορφη με μέγιστες τιμές και στα τρία βάθη, τον μήνα Μάρτιο του 2006.

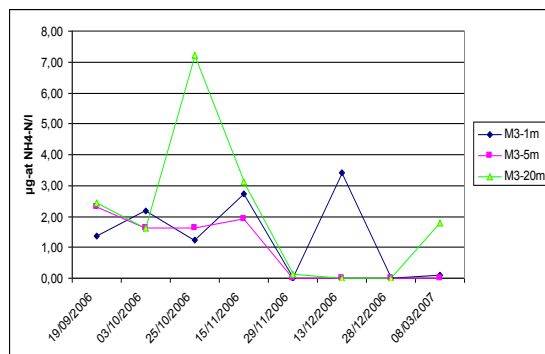
α)



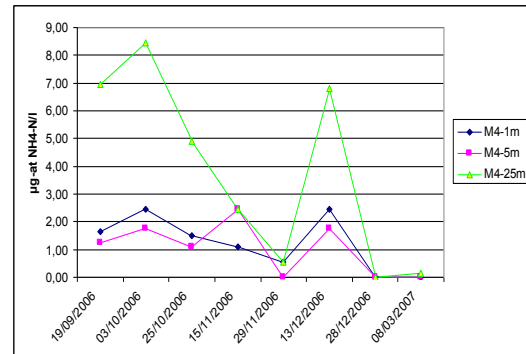
β)



γ)



δ)



Εικόνα 16. Η διακύμανση των αμμωνιακών αλάτων στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας και τα τρία βάθη, τη δεύτερη περίοδο δειγματοληψίας, τους μήνες Σεπτέμβριο 2006 – Μάρτιο 2007.

Στην Εικόνα 16, παρουσιάζεται η διακύμανση των αμμωνιακών αλάτων την δεύτερη περίοδο δειγματοληψίας τους μήνες Σεπτέμβριο 2006 – Μάρτιο 2007. Ο σταθμός M1, παρουσιάζει χαμηλές τιμές αμμωνιακών, με μέγιστη τιμή κοντά στο βυθό το μήνα Νοέμβριο του 2006. Στον σταθμό M2, οι συγκεντρώσεις των αμμωνιακών παρουσιάζονται υψηλότερες, με μια μέγιστη τιμή στο 1m βάθος το μήνα Δεκέμβριο του 2006. Στον σταθμό M3, η διακύμανση των αμμωνιακών είναι αυξημένη, με μέγιστη τιμή κοντά στον πυθμένα το μήνα Οκτώβριο του 2006. Στον σταθμό M4, οι συγκεντρώσεις των αμμωνιακών αλάτων παρουσιάζονται αυξημένες κοντά στον πυθμένα τους μήνες Οκτώβριο και Δεκέμβριο του 2006.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η αποδόμηση της οργανικής ύλης στις παράκτιες περιοχές ανάπτυξης μυδοκαλλιεργειών καταναλώνει οξυγόνο και απελευθερώνει θρεπτικά άλατα στη στήλη του νερού μεταβάλλοντας τους ρυθμούς αναγέννησης των θρεπτικών αλάτων (La Rosa *et al*, 2002). Η κατανόηση αυτών των φυσικών διεργασιών και των μεταβολών τους απαιτεί την συστηματική παρακολούθηση των θρεπτικών συστατικών ώστε να καταγραφούν τυχόν αρνητικές επιπτώσεις (Fernandes *et al*, 2001; Devlin *et al*, 2007).

Στην εργασία αυτή έγινε προσδιορισμός των επιπέδων των θρεπτικών αλάτων στη διάρκεια δεκαπέντε μηνών και σχολιάζονται τα αποτελέσματα σε δύο περιόδους Ιανουάριο-Αύγουστο 2006 και Σεπτέμβριο 2006-Μάρτιο 2007, έτσι ώστε να αναγνωρισθούν τυχόν ακραίες τιμές στη διάρκεια των περιόδων δειγματοληψίας και να εκτιμηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μυδοκαλλιεργειών στην περιοχή του βορειοδυτικού κόλπου Θεσσαλονίκης. Η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων εντάσσεται στην ευρύτερη έννοια του προσδιορισμού της φέρουσας ικανότητας μιας περιοχής για την υποστήριξη μυδοκαλλιέργειας (Inglis *et al*, 2000). Η έννοια της φέρουσας ικανότητας εμπεριέχει τέσσερις υποενότητες α) την φυσική φέρουσα ικανότητα δηλαδή τη γεωμορφολογία και την υδροδυναμική κατάσταση της περιοχής, β) την παραγωγική φέρουσα ικανότητα, δηλαδή την πυκνότητα των μυδιών στην οποία αποδίδεται μέγιστη συγκομιδή, γ) την οικολογική φέρουσα ικανότητα δηλαδή εκείνη την πυκνότητα μυδιών στην οποία δεν εμφανίζονται αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και δ) την κοινωνικό-οικονομική φέρουσα ικανότητα ώστε να ικανοποιούνται και οι κοινωνικές και οικονομικές απαιτήσεις των κατοίκων και εργαζομένων στην περιοχή. Οι τρόποι προσέγγισης στην εκτίμηση της οικολογικής επιβάρυνσης περιλαμβάνουν τόσο την βιολογική αντίδραση στον εμπλουτισμό σε θρεπτικά συστατικά, όσο και την αξιολόγηση των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων και την ταξινόμηση των περιοχών σε διαφορετικούς τύπους ποιότητας νερών (Bock *et al.*, 1999; Bentley *et al.*, 1999).

Η σχέση των επιπέδων των θρεπτικών συστατικών και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αποτελεί αντικείμενο πολλών μελετών που εστιάζουν στο θαλάσσιο περιβάλλον και υπαγορεύεται και από την Οδηγία Πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη διαχείριση των υδάτινων πόρων (Devlin *et al*, 2007).

Οι ολιγότροφες ή εύτροφες συνθήκες χαρακτηρίζουν την ποιότητα των νερών στο θαλάσσιο οικοσύστημα. Τέσσερα επίπεδα ευτροφισμού που έχουν οριστεί με βάση δεδομένα θρεπτικών αλάτων από ελληνικές παράκτιες περιοχές χαρακτηρίζουν το παράκτιο θαλάσσιο περιβάλλον ως: εύτροφα, μεσότροφα και ολιγότροφα νερά. Ακολουθώντας την ταξινόμηση αυτή, η ποιότητα του νερού των ελληνικών παράκτιων θαλάσσιων συστημάτων, σύμφωνα με τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα:

Τροφική ταξινόμηση βασισμένη στα θρεπτικά συστατικά (φωσφορικά, νιτρικά, αμμωνιακά). Οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων δίνονται σε μM .

Παράμετρος	Ολιγοτροφική Μεσοτροφική	Χαμηλότερη Μεσοτροφική	Υψηλότερη Μεσοτροφική	Ευτροφική
Φωσφορικά (PO_4)	<0.07	0.07-0.14	0.14-0.68	>0.68
Νιτρικά (NO_3)	<0.62	0.62-0.65	0.65-1.19	>1.19
Αμμωνιακά (NH_4)	<0.55	0.55-1.05	1.05-2.2	>2.2

Πηγή: Κωστή και Νίκα, 2007.

Στην παρούσα μελέτη, οι τιμές των θρεπτικών αλάτων δεν ακολουθούν το προφίλ της αναμενόμενης εποχιακής κατανομής (υψηλές τιμές τους χειμερινούς μήνες και χαμηλές τους εαρινούς) και παρουσιάζουν εποχιακά υψηλές συγκεντρώσεις.

Οι τιμές των φωσφορικών αλάτων την περίοδο Ιανουάριο-Αύγουστο 2006. κυμάνθηκαν από 0,01-1,02, με μέσο όρο τα 0,25 $\mu\text{g-at P/l}$. Αυξημένες συγκεντρώσεις φωσφορικών αλάτων παρατηρήθηκαν κοντά στον πυθμένα, κυρίως στους σταθμούς 3 και 4 και από τα μέσα Μαΐου μέχρι τον Αύγουστο. Τους χειμερινούς μήνες οι τιμές εμφανίζουν μεγαλύτερη ομοιομορφία κατανομής και στα τρία βάθη. Τη δεύτερη περίοδο δειγματοληψίας, η συγκέντρωση των φωσφορικών αλάτων παρουσιάζει μέγιστο 1,25 $\mu\text{g-at P/l}$ στο μέγιστο βάθος του σταθμού M1 και αντίστοιχα μέγιστα με μικρότερες συγκεντρώσεις και στους άλλους τρεις σταθμούς. Ο ετήσιος μέσος όρος των φωσφορικών αλάτων χαρακτηρίζει αρκετές παράκτιες περιοχές και σύμφωνα με τον ανωτέρω πίνακα αντιστοιχεί σε μεσότροφες συνθήκες. Οι περιστασιακά υψηλές τιμές που καταγράφηκαν χαρακτηρίζουν εύτροφα συστήματα.

Τα πυριτικά εμφανίζουν μέγιστα των συγκεντρώσεων στα επιφανειακά νερά και κοντά στον πυθμένα και μειωμένες τιμές στο βάθος των πέντε μέτρων. Μεγαλύτερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται τον Μάιο και τον Νοέμβριο, ενώ η συγκέντρωσή τους είναι μικρότερη στις χειμερινές δειγματοληψίες. Η διακύμανση αυτή είναι αντίθετη με το αναμενόμενο για τη φυσιολογική διακύμανση των θρεπτικών αλάτων που οι τιμές τους είναι υψηλότερες τους χειμερινούς μήνες και μειώνονται την άνοιξη και παρατηρείται και στα άλλα θρεπτικά άλατα, εκτός από τα νιτρώδη. Ο ετήσιος μέσος όρος των πυριτικών αλάτων ήταν $6,88 \mu\text{g-at Si/l}$, με μέγιστο τα $24,91 \mu\text{g-at Si/l}$ και ελάχιστο τα $0,01 \mu\text{g-at Si/l}$. Οι σχέσεις Si:N και Si:P απέχουν από τις φυσιολογικές, είτε λόγω της περίσσειας αζώτου ή και λόγω της απομάκρυνσης πυριτικών και φωσφορικών από τα μύδια ή άλλους οργανισμούς.

Η φυσιολογική συγκέντρωση των νιτρωδών ιόντων στο θαλασσινό νερό είναι χαμηλή και πολύ μικρότερη των νιτρικών. Αυξημένες συγκεντρώσεις νιτρωδών ιόντων σχετίζονται με αναγωγικές διεργασίες και συνθήκες έλλειψης οξυγόνου. Στην παρούσα μελέτη κυμάνθηκαν από $0,01$ έως $5,29 \mu\text{g-at N/l}$ με μέσο όρο $0,25 \mu\text{g-at N/l}$. Οι τιμές των συγκεντρώσεων των νιτρωδών αλάτων που μετρήθηκαν παρουσιάζουν ομοιόμορφη κατανομή στα τρία βάθη στους σταθμούς 1 και 2 και παρόμοιο προφίλ διακύμανσης: υψηλότερες τιμές τους χειμερινούς μήνες και μικρό μέγιστο τον Ιούνιο. Η υψηλότερες τιμές νιτρωδών ιόντων που καταγράφηκαν τον Οκτώβριο στους σταθμούς M1 και M4 και τον Μάρτιο στους σταθμούς M2 και M3, δείχνουν περιβαλλοντική επιβάρυνση.

Η συγκέντρωση των νιτρικών αλάτων κυμάνθηκε μεταξύ $0,13$ και $31,42 \mu\text{g-at N/l}$ με μέσο όρο $3,24 \mu\text{g-at N/l}$. Οι τιμές αυτές αναφέρονται και σε άλλες μελέτες (ΕΚΘΕ, 2001) για την ίδια ή άλλες παράκτιες περιοχές και σύμφωνα με τον ανωτέρω πίνακα αντιστοιχούν σε εύτροφες συνθήκες. Το μέγιστο της συγκέντρωσης των νιτρικών αλάτων εμφανίζεται τον Μάιο στους τρεις από τους τέσσερις σταθμούς. Στον σταθμό 2, οι τιμές των νιτρικών αλάτων παρουσιάζουν ομοιόμορφη εποχιακή κατανομή των τιμών. Τα μέγιστα των συγκεντρώσεων εμφανίζονται είτε κοντά στον πυθμένα (σταθμός M3), είτε στα 5 μέτρα (σταθμός M1), ενώ στους σταθμούς M2 και M4 οι τιμές έχουν παρόμοια κατανομή και στα τρία βάθη.

Τα αμμωνιακά άλατα κυμάνθηκαν από $0,01$ έως $30,27 \mu\text{g-at N/l}$ με μέσο όρο $3,83 \mu\text{g-at N/l}$. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις των αμμωνιακών παρατηρούνται στα βαθύτερα νερά, κοντά στον πυθμένα. Τα μέγιστα των συγκεντρώσεων παρατηρήθηκαν στις αρχές Απριλίου, Μαΐου, Αυγούστου και Οκτωβρίου.

Αξιοσημείωτο είναι ότι η εποχιακή διακύμανση των αμμωνιακών αλάτων είναι παρόμοια με την εποχιακή διακύμανση των φωσφορικών.

Ο λόγος N:P εμφανίζεται αυξημένος σε όλη τη διάρκεια των περιόδων δειγματοληψίας, γεγονός που δείχνει επιβάρυνση του περιβάλλοντος στα ανόργανα άλατα του αζώτου. Εξαίρεση στην παραπάνω διαπίστωση αποτελεί η δειγματοληψία του Ιανουαρίου 2006 στην οποία ο λόγος N:P ήταν 7,31. Στην περίπτωση αυτή υπήρχε περίσσεια φωσφορικών αλάτων στο θαλάσσιο περιβάλλον που μελετήθηκε.

Οι λόγοι N:Si:P οι οποίοι είναι οι φυσιολογικοί για την λειτουργία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων και την ανάπτυξη των διατόμων είναι 15:16:1 (Friligos, 1982). Τα διάτομα εκτός από τα άλλα θρεπτικά συστατικά, χρειάζονται επιπλέον και πυρίτιο και ο λόγος του Redfield διαμορφώνεται σε C:Si:N:P=106:15:16:1. Οι σχέσεις Si:N και Si:P απέχουν επίσης από τις φυσιολογικές, είτε λόγω της περίσσειας αζώτου ή και λόγω της απομάκρυνσης πυριτικών και φωσφορικών από τα μύδια ή άλλους οργανισμούς.

Η παράκτια γραμμή του εσωτερικού Θερμαϊκού Κόλπου επηρεάζεται και από τρεις κύριους ποταμούς (Αξιός, Λουδίας, Αλιάκμονας) κατά μήκος της δυτικής ακτής, από τους οποίους δέχεται αστικά, γεωργικά και βιομηχανικά λύματα (HCMR, 2005). Στον κόλπο Θεσσαλονίκης έχουν καταγραφεί σε άλλες εργασίες, χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου και υψηλές τιμές θρεπτικών αλάτων, εξαιτίας ανθρωπογενών εισαγωγών, σε συνδυασμό με τους μικρούς ρυθμούς ανανέωσης των νερών (Pagou *et al.*, 2000). Στον εσωτερικό Θερμαϊκό κόλπο οι μέσες ολοκληρωμένες τιμές των φωσφορικών, πυριτικών, νιτρικών και νιτρικών αλάτων που έχουν καταγραφεί, κυμάνθηκαν από 0.08-16.71, 12.25-227.23, 0.24-27.14, 1.09-110.14 mmol.m⁻² αντίστοιχα (Pagou *et al.*, 2000). Σύμφωνα με άλλες μελέτες, στην περιοχή του λιμανιού παρατηρήθηκαν μέσες ετήσιες τιμές φωσφορικών 0.45 μg-at/l, νιτρικών 1.04 μg-at/l, αμμωνιακών 1.63 μg-at/l, ενώ στις εκβολικές περιοχές οι τιμές ήταν 1.59 μg-at/l για PO₄, 0.77 μg-at/l για NO₃, και 1.67 μg-at/l για NH₄ (HCMR, 2005).

Συμπερασματικά, η περιβαλλοντική κατάσταση των νερών στην περιοχή των μυδοκαλλιεργειών στον βορειοδυτικό Θερμαϊκό κόλπο, αντιστοιχεί σε μεσότροφες προς εύτροφες συνθήκες, σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία και τη σύγκριση των τιμών με άλλες μελέτες. Τα συμπεράσματα αυτά βασίσθηκαν στην αξιολόγηση των τιμών των θρεπτικών αλάτων που μετρήθηκαν στη διάρκεια των δεκαπέντε μηνών συστηματικής δειγματοληψίας. Υψηλότερες συγκεντρώσεις ανόργανων

αλάτων του αζώτου καταγράφηκαν τη δεύτερη περίοδο δειγματοληψίας. Οι συγκεντρώσεις των φωσφορικών και αμμωνιακών αλάτων ήταν υψηλότερες κοντά στον πυθμένα. Η μέτρηση υψηλών τιμών νιτροδών αλάτων σε ορισμένες περιόδους δειγματοληψίας δείχνει περιστασιακή επικράτηση αναγωγικών συνθηκών. Η αναλογία N:P (31,8), απέχει από την φυσιολογική (16:1), δείχνοντας ότι το ανόργανο άζωτο βρίσκεται σε περίσσεια. Οι σχέσεις Si:N και Si:P απέχουν επίσης από τις φυσιολογικές.

5. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή έγινε συστηματική παρακολούθηση των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων στην περιοχή των μυδοκαλλιεργειών της Χαλάστρας (βορειοδυτικός κόλπος Θεσσαλονίκης) για δεκαπέντε μήνες, (Ιανουάριος 2006-Μάρτιος 2007) και παρουσιάζεται η ετήσια διακύμανση των τιμών καθώς και η διακύμανση των παραμέτρων στη διάρκεια δύο περιόδων, χειμώνας-άνοιξη-καλοκαίρι 2006 και φθινόπωρο, χειμώνας 2006-άνοιξη 2007.

Έγιναν συστηματικές δειγματοληψίες πεδίου και μετρήσεις των θρεπτικών αλάτων του φωσφόρου του πυριτίου και του αζώτου (νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνιακά) σε τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας και τρία βάθη. Οι εργαστηριακές αναλύσεις των δειγμάτων έγιναν με τις πρότυπες μεθόδους προσδιορισμού των χημικών παραμέτρων του θαλασσινού νερού που αναφέρονται από τη διεθνή βιβλιογραφία. Η μελέτη αυτή αποτελεί μία εκτίμηση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης της περιοχής των μυδοκαλλιεργειών του βορειοδυτικού κόλπου Θεσσαλονίκης σε σχέση με τα επίπεδα των θρεπτικών αλάτων και είναι εναρμονισμένη με την Οδηγία 60/2000 της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Πολιτική στον Τομέα των υδάτων. Οι παράμετροι εκτίμησης της ποιότητας που μετρήθηκαν, είναι αυτές που παρακολουθούνται διεθνώς σε μελέτες ευτροφισμού και εκτίμησης της ποιότητας των παράκτιων νερών.

Παρουσιάζεται η εποχιακή διακύμανση, οι μέσοι όροι και το εύρος των συγκεντρώσεων των φωσφορικών, πυριτικών, νιτρώδων, νιτρικών και αμμωνιακών αλάτων. Το εύρος των τιμών των συγκεντρώσεων των παραμέτρων που μετρήθηκαν ήταν: νιτρώδη 0,01- 5,29 $\mu\text{g-at N/l}$, νιτρικά 0,13 - 31,42 $\mu\text{g-at N/l}$, φωσφορικά 0,01 – 1,25 $\mu\text{g-at P/l}$, αμμωνιακά 0,01 – 30,27 $\mu\text{g-at N/l}$, πυριτικά 0,01 – 24,91 $\mu\text{g-at Si/l}$.

Τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τις αναμενόμενες φυσιολογικές τιμές του θαλάσσιου περιβάλλοντος καθώς και με τιμές θρεπτικών αλάτων από άλλες μελέτες παράκτιων περιοχών. Οι ετήσιες τιμές δείχνουν μεσότροφες συνθήκες και εποχιακά επικράτηση ευτροφικών τάσεων. Ο λόγος N:P εμφανίζεται αυξημένος σε όλη τη διάρκεια των περιόδων δειγματοληψίας, γεγονός που δείχνει επιβάρυνση του περιβάλλοντος στα ανόργανα άλατα του αζώτου. Οι σχέσεις Si:N και Si:P απέχουν από τις φυσιολογικές, είτε λόγω της περίσσειας αζώτου ή και λόγω της απομάκρυνσης πυριτικών και φωσφορικών από τα μύδια ή άλλους οργανισμούς.

6. SUMMARY

Numerous mussel culture units are located in the shallow waters (maximum depth 20 m) in NW Thessaloniki Gulf (Greece). Evaluation of the impacts of the mussel units on the quality of the surrounding waters was the aim of this work. The sampling period lasted from January 2006 to March 2007 covering an annual cycle of natural changes in the marine environment as well as different mussel growth periods. Water samples were collected twice per month from three depths; 1 m and 5 m from the sea surface and 1 m above the bottom, from four sampling locations, three among the units and one outside of them. The samples were analysed in the laboratory for nutrients, with standard methods for the examination of seawater. The research project followed the European Union Directive 60/2000 for the classification of waters according to their physicochemical quality. Nutrient values are indicators of the eutrophication status of the waters and marine environmental quality. The aim of this study was to evaluate the environmental impacts of the mussel cultures in terms of nutrient enrichment and to assess potential eutrophic trends in the area.

The results were as follows: Phosphate concentrations ranged from 0.01 to 1.25 $\mu\text{g-at P/l}$, with mean value 0.23 $\mu\text{g-at P/l}$. Silicate ranged from 0,01 to 24,91 $\mu\text{g-at Si/l}$. The mean value of silicates was 6.88 $\mu\text{g-at Si/l}$. Nitrite values fell in the range 0,01- 5,29 $\mu\text{g-at N/l}$ (mean 0.25). Nitrate values ranged from 0,13 to 31,42 $\mu\text{g-at N/l}$ (mean value 3,24). Ammonium concentrations varied from 0,01 – 30,27 $\mu\text{g-at N/l}$ (mean value 3,83 $\mu\text{g-at N/l}$). The seasonal variation of the measured parameters is presented and discussed, during the annual cycle and the seasonal sampling periods.

Environmental quality of the coastal waters of the mussel culture area is evaluated, comparing the results to similar studies both in the area and other coastal embayments. The N:P ratio indicated high enrichment in the inorganic forms of nitrogen. The ratios Si:P and Si:N that indicate the good ecological balance in terms of diatoms, were low compared to the normal Redfield ratios. The annual mean values showed a mesotrophic status in terms of nutrient enrichment and in particular sampling periods, eutrophic trends.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bentley D., Hart V., Guary J.C., Statham P.J., (1999). Dissolved nutrient distributions in the Central English Channel. *Continental Shelf Research* **19**, 2083-2099.
- Black K. D., (2001). Environmental Impacts of Aquaculture. CRC Press, Sheffield, U.K., 214 pp.
- Bock M.T., Miller B.S., Bowman A.W., (1999). Assessment of Eutrophication in the Firth of Clyde: Analysis of Coastal Water Data from 1982 to 1996. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. **38**, No 3, pp 222-231.
- Bricker S.B., Stevenson J.C., (1996). Nutrient in Coastal waters: a chronology and synopsis of research. *Estuaries*, Vol **19**, No 2B, pp 337-341.
- Devlin M., S. Painting and M. Best, (2007). Setting nutrient thresholds to support an ecological assessment based on nutrient enrichment, potential primary production and undesirable disturbance, *Marine Pollution Bulletin* **55** pp 65-73.
- EPA, (2004). National Coastal Condition Report II, EPA-620/R-03/002. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- Fernandes, T., Eleftheriou, A., Ackefors, H, Eleftheriou, M., Ervik, A., Sanchez-Mata, A., Scanlon, T., White, P., Cochrane, S., Pearson, T. & Read, A., (2001). The Scientific Principles Underlying the Monitoring of the Environmental Impacts of Aquaculture. *Journal of Applied Ichthyology*, **17**: 181-193.
- Friligos N., (1982). Enrichment of Inorganic Nutrients in the Inner Saronicos Gulf (1973-1976). *Marine Pollution Bulletin*, Vol. **13**, No 5, pp 154-158.
- Giles H., C.A. Pilditch & D.G. Bell, (2006) ‘Sedimentation from mussel (*Perna Canaliculus*) culture in the Firth of Thames, New Zealand: Impacts on sediment oxygen and nutrient fluxes., *Aquaculture* **261**: pp 125-140.
- Grasshoff K., Kremling K., Edhardt M., (1999). *Methods of Seawater Analysis*, Wiley-VCH, 600pp.
- HCMR, (2005). *State of the Hellenic Marine Environment*. (eds. Papathanassiou E., Zenetos A.). Technical Report. Athens: HCMR.
- Hernandez-Lopez, J., Vargas-Albores, F., (2003). A microplate technique to quantify nutrients in seawater. *Aquaculture Research* **34**, 1201-1204 pp.

- Ignatiades L., Karydis M., Vounatsou P., (1992). A Possible Method for Evaluating Oligotrophy and Eutrophication Based on Nutrient Concentration Scales, *Marine Pollution Bulletin*. Vol **24**, No 5, pp 238-243.
- Jickells T.D., (1998). Nutrient Biogeochemistry of the Coastal Zone. *Science*, Vol 281
- Justic D., Rabalais N., Turner R.E., (1995). Stoichiometric Nutrient Balance and Origin of Coastal Eutrophication. *Marine Pollution Bulletin*, Vol **30**, No 1, pp 41-46.
- Karydis M., (1999). Evaluation of the trophic levels in Greek coastal ecosystems. Scientific Report. University of Aegean, Lesvos.
- Koroleff F., (1976). *Determination of Nutrient in Sea-Water in K. Grasshoff (ed.): Methods of Sea-Water Analysis*. Verlag Chemmie, N.Y. 117-118.
- La Rosa T., S. Mirto, E. Favalaro, B. Savona, G. Sara, R. Danovaro, A., Mazzola,(2002) ‘Impact on the Water Column Biogeochemistry of a Mediterranean Mussel and Fish Farm’, *Water Research*, **36**: 713-721.
- Libes S.M., (1992). *An introduction to Marine Biogeochemistry*, Wiley, N.Y.
- McIntyre A.D., (1992). The Current State of the Oceans. *Marine Pollution Bulletin*, Vol **25**, 1-4, pp 28-31.
- Millero, F.J., (1996). *Chemical Oceanography*, 2nd Edition, CRC Press.
- Moriki A., Karydis M., (1994). Application of Multicriteria Choice-Methods in Assessing Eutrophication. *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol **33**, 1-18.
- Nizzoli D., D.T. Welsh, M. Bartoli & P. Viaroli, (2005) ‘Impacts of mussel (*Mytilus galloprovincialis*) farming on oxygen consumption and nutrient recycling in a eutrophic coastal lagoon’, *Hydrobiologia*, 550: 183-198.
- Paerl H.W., (2005). Assessing and managing nutrient – enhanced eutrophication in estuarine and coastal waters: Interactive effects of human and climatic perturbations. *Ecological Engineering* **26**: 40-54 pp.
- Painting S. J., Devlin, Malcolm S. J., Parker, E. R., Mills, D.K., Mills, C., Tett, P., Wither, A., Burt, J., Jones, R., Winpenny, K., (2007). Assessing the impact of nutrient enrichment in estuaries: Susceptibility to eutrophication. *Marine Pollution Bulletin* **55**, 74-90 pp.
- Pagou K., Assimakopoulou G., Krasakopoulou E., Pavlidou A., (2000). Nutrient input, fluxes and cycling in relation to the biological production in Mediterranean ecosystems influenced by river discharges: Thermaikos Gulf. *Final Scientific Report of the EU – MAST III , METRO-MED Project, Dynamics of Matter Transfer and Biogeochemical*

Cycles: Their Modelling in Coastal Systems of the Mediterranean Sea. A MAST – III ELOISE European Union Project.

Parsons R., Maita Y., Lalli M., (1984). *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*. Pergamon Press. 173pp.

Rosenberg R., (1985). Eutrophication – the Future Marine Coastal Nuisance ?. *Marine Pollution Bulletin*, Vol **16**, No 6, pp 227-231.

Strain P.M., Yeats P.A., (1999). The Relations between Chemical Measures and Potential Predictors of the Eutrophication Status of Inlets. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. **38**, No **12**, pp 1163-1170.

Strickland J.D.H., Parsons T.R., (1972). *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Fish. Res. BD. Can. Bulletin **167**, 361 pp.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΚΘΕ, (2001). Διαχειριστική Μελέτη των Ζωνών Παραγωγής Μυδιών των Κόλπων Θεσσαλονίκης και Θερμαϊκού', Τελική Τεχνική Έκθεση, ΕΚΘΕ, 147 σελ.

Κωστή Ντ. και Νίκα Μ., (2007). Εποχιακή διακύμανση παραμέτρων ποιότητας των νερών στο λιμάνι Νέων Μουδανιών. Πτυχιακή εργασία. Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών.

Μωρίκη Α., (2007). Κυκλοφορία του νερού σε Περιοχές Οργανωμένης Ανάπτυξης Υδατοκαλλιεργειών/μυδοκαλλιεργειών (ΠΟΑΥ) και διαχειριστικές παρεμβάσεις χωροταξικής & περιβαλλοντικής βελτίωσης', Ερευνητικό Πρόγραμμα ΕΠΕΑΕΚ-ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙ, Τελική Τεχνική Έκθεση.

Πάγκου Κ., Ασημακοπούλου Γ., Κωνσταντινοπούλου Α., Ζούλιας Θ., 2005. Μελέτη Κατανομής Χλωροφύλλης και Σύνθεση Πληθυσμών Φυτοπλαγκτού. Στην: «Παρακολούθηση της Ποιότητας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος του Κόλπου Θεσσαλονίκης (Θερμαϊκός 2004) ». Ενδιάμεση Τεχνική Έκθεση, ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε., Αθήνα 2005, σελ.: 41-48.

Φριλίγκος Ν., Μωρίκη Α., Γιουράνοβιτς – Ψυλλίδου Ρ., Γρηγοριάδου – Γεωργακοπούλου Ε., (1997). Κατανομή Θρεπτικών Αλάτων και Υδρολογικών Παραμέτρων στον Λακωνικό Κόλπο. 5^ο Συνέδριο Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, Λέσβος, 571-577.