

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ - ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ν. ΜΟΥΔΑΝΙΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

**ΚΩΣΤΗ ΝΤΑΪΑΝΑ - ΝΙΚΑ ΜΑΤΙΝΑ**

**ΕΠΟΧΙΑΚΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ  
ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΝΕΩΝ  
ΜΟΥΔΑΝΙΩΝ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΝΕΑ ΜΟΥΔΑΝΙΑ (2007)**

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ - ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ν. ΜΟΥΔΑΝΙΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

**ΚΩΣΤΗ ΝΤΑΪΑΝΑ - ΝΙΚΑ ΜΑΤΙΝΑ  
ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: Δρ. ΑΜΑΛΙΑ ΜΩΡΙΚΗ**

**ΕΠΟΧΙΑΚΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ  
ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΝΕΩΝ  
ΜΟΥΔΑΝΙΩΝ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΝΕΑ ΜΟΥΔΑΝΙΑ (2007)**

**Στους γονείς μας**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....</b>	<b>1</b>
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>2</b>
<b>2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....</b>	<b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>
<b>2.1 Πεδίο μελέτης.....</b>	<b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>
<b>2.2 Πειραματικός σχεδιασμός .....</b>	<b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>
<b>2.3 Εργασίες πεδίου .....</b>	<b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>
<b>2.4 Εργαστηριακή μεθοδολογία.....</b>	<b>12</b>
<b>3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>19</b>
<b>4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>	<b>44</b>
<b>5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>50</b>
<b>6. ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....</b>	<b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>
<b>7. ABSTRACT.....</b>	<b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>
<b>8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>54</b>

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Η πτυχιακή αυτή εργασία πραγματοποιήθηκε στο Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης στο τμήμα Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών στα Ν. Μουδανιά. Στην εργασία αυτή μελετήθηκαν οι φυσικοχημικές παράμετροι ποιότητας στο λιμάνι των Νέων Μουδανιών την περίοδο Μάρτιο έως Σεπτέμβριο του 2005.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα την επιβλέπουσα καθηγήτρια μας Δρ. Αμαλία Μωρίκη για την βοήθεια της και την παροχή εργαστηριακού υλικού στην πραγματοποίηση αυτής της μελέτης. Ακόμα θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την κ. Μαρία Παπαμιχαήλ για την βοήθεια της στο εργαστήριο. Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους συναδέλφους μας Κώστα Μαθιουδάκη, Θανάση Σχοινά, Κώστα Παπαδόπουλο, Περιστέρα Κατσιάδα, Γιάννη Κοντζίνο, Ελένη Παπαϊωάννου, Ελισάβετ Αβραμίδου και Καββαδία Ευαγγελία για την βοήθεια τους στο πεδίο.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι παράκτιες περιοχές αποτελούν οικοσυστήματα υψηλής βιολογικής παραγωγικότητας και ταυτόχρονα πεδίο ανάπτυξης αυξημένων ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Η ποιότητα των νερών των παράκτιων περιοχών αποτελεί σημαντικό παράγοντα εκτίμησης της περιβαλλοντικής τους κατάστασης και απαρτίζεται από τέσσερις παραμέτρους: θρεπτικά άλατα του αζώτου και του φωσφόρου, χλωροφύλλη και διαλυμένο οξυγόνο. Το άζωτο θεωρείται καθοριστικός παράγοντας για την υπερβολική ανάπτυξη ειδών φυτοπλαγκτού 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).

Η ποιότητα των παράκτιων νερών ως θερμοαλατικά χαρακτηριστικά, διαλυμένο οξυγόνο και θρεπτικά συστατικά, ορίζεται και από την Οδηγία 60/2000 για την ιεράρχηση της οικολογικής ποιότητας των υδάτων (Devlin, *et al*, 2007).

Το διαλυμένο οξυγόνο παίζει σημαντικό ρόλο στους ωκεανούς και συμμετέχει κυρίως σε βιολογικές δραστηριότητες, όπως η φωτοσύνθεση και η αναπνοή. Η συγκέντρωση του οξυγόνου στις θάλασσες, σε αντίθεση με εκείνη στην ατμόσφαιρα, δεν είναι σταθερή επειδή επηρεάζεται τόσο από τις εναλλαγές με την ατμόσφαιρα όσο και από την βιολογική δραστηριότητα και την ανάμιξη των θαλασσίων μαζών. Η ανταλλαγή αερίου οξυγόνου με τη διάχυση του από την ατμόσφαιρα στην επιφάνεια της θάλασσας και η *in situ* παραγωγή οξυγόνου από τους οργανισμούς μέσω της φωτοσύνθεσης, είναι οι κύριες πηγές διαλυμένου οξυγόνου στο θαλάσσιο περιβάλλον. Οι φυσικοί παράγοντες που επιδρούν στην συγκέντρωση του οξυγόνου στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι η θερμοκρασία και η αλατότητα: η διαλυτότητα του διαλυμένου οξυγόνου μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας και της αλατότητας. Κατά τους θερινούς μήνες, λόγω της στρωμάτωσης των υδάτινων μαζών, ανοξικές συνθήκες μπορεί να παρατηρηθούν κοντά στον πυθμένα. Στην μεταβολή της κατανομής του διαλυμένου οξυγόνου στις παράκτιες περιοχές, συντελούν επίσης και οι πολυάριθμες ανθρώπινες δραστηριότητες που επηρεάζουν την ποιότητα των νερών με την προσθήκη οργανικού υλικού και άλλων αποβλήτων.

Οι οξειδωτικές διεργασίες αποικοδόμησης, μειώνουν σημαντικά το ποσοστό του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό.

Το διαλυμένο οξυγόνο στο θαλασσινό νερό προσδιορίζεται με την χημική μέθοδο Winkler και με τροποποιήσεις αυτής της μεθόδου. Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου μπορεί επίσης να μετρηθεί με ηλεκτροχημικό τρόπο κυρίως σε *in situ* καταγραφές, για τη δημιουργία προφίλ κατανομής οξυγόνου, καθώς επίσης και όπου απαιτείται ταχύτητα στην μέτρηση. Ωστόσο, η χημική μέθοδος, παραμένει η πιο ακριβής και αξιόπιστη για τον προσδιορισμό του διαλυμένου οξυγόνου.

Τα θρεπτικά άλατα είναι οι ενώσεις του αζώτου, του φωσφόρου και του πυριτίου που χρησιμοποιούνται απ' 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 θρεπτικών αλάτων στο θαλασσινό νερό βασίζονται στον σχηματισμό χρωματικού συμπλόκου το οποίο στη συνέχεια μετρείται φασματοφωτομετρικά (Hernandez-Lopez *et al.*, 2003).

Η φωτοσύνθεση αποτελεί πηγή οργανικής ύλης, η οποία υποστηρίζει την ετερότροφη δραστηριότητα στη θάλασσα. Οι απεκκρίσεις και τα περιττώματα των καταναλωτών καθώς επίσης και η λύση των κυττάρων που ακολουθεί μετά τον θάνατο των οργανισμών, τροφοδοτούν οργανική ύλη το θαλάσσιο περιβάλλον. Τα βακτήρια αποδομούν την νεκρή οργανική ύλη και στη συνέχεια τα προϊόντα οξείδωσης ανάγονται ως συνέπεια της αφομοίωσης των θρεπτικών απ' το φυτοπλαγκτό. Η μεταβολική διεργασία εμφανίζεται συνήθως ως μια σειρά αντιδράσεων. Στα αρχικά στάδια οξείδωσης, το άζωτο απελευθερώνεται απ' την οργανική ύλη με τον σχηματισμό του αμμωνίου, το οποίο στη συνέχεια οξειδώνεται από βακτήρια σε νιτρώδη και στη συνέχεια σε νιτρικά (Libes, 1992).

Ο βαθμός αύξησης του φυτοπλαγκτού περιορίζεται απ' την διαθεσιμότητα των θρεπτικών αλάτων, η οποία μεταβάλλεται χρονικά και τοπικά. Στις εύκρατες περιοχές, η ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού είναι περιορισμένη το χειμώνα, και αυξάνεται πλησιάζοντας προς την άνοιξη λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας και της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Παρατηρήσεις της σύνθεσης των στοιχείων του φυτοπλαγκτού δείχνουν ότι η μέση ατομική αναλογία C:N:P στους ιστούς του θαλάσσιου φυτοπλαγκτού είναι 106:16:1 και αναφέρεται ως αναλογία Redfield-Richard (Libes, 1992). Ο εμπλουτισμός των νερών με θρεπτικά συστατικά οδηγεί στο φαινόμενο του ευτροφισμού όταν η περίσσεια των υλικών, και ειδικότερα οι ενώσεις του αζώτου και του φωσφόρου, προκαλούν την υπέρμετρη αύξηση των φυτικών οργανισμών με διατάραξη της υπάρχουσας ισορροπίας (McIntyre, 1992; Bock *et al.*, 1999). Τέτοιες περιπτώσεις υπάρχουν πολλές και προέρχονται από βιομηχανικά και αστικά λύματα, από την γεωργική απορροή, θαλάσσιες καλλιέργειες, κ.α. (Strain *et al.*, 1999). Η απότομη αύξηση των φυτικών οργανισμών, γνωστή και ως «άνθιση» (bloom), έχει ως αποτέλεσμα την συσσώρευση της οργανικής ύλης, την δημιουργία ανοξικών συνθηκών, και κατ' επέκταση την θνησιμότητα στους βενθικούς οργανισμούς (Rosenberg, 1985; Paerl., 2005). Σε ιδιαίτερα εύτροφα συστήματα, το χρώμα του νερού γίνεται έντονο πράσινο ή σε ορισμένες περιπτώσεις κοκκινωπό ή καφέ, ενώ δημιουργούνται προϋποθέσεις για την ανάπτυξη τοξικών ειδών φυτοπλαγκτού (Libes, 1992). Με την συνεχή αύξηση του πληθυσμού στην παράκτια ζώνη, και κατ' επέκταση την αυξημένη εισροή λυμάτων, κυρίως ανεπεξέργαστων, προβλήματα ευτροφισμού οξύνονται, προκαλώντας προβλήματα στην δημόσια υγεία, στις καλλιέργειες, και στις φυσικές κοινότητες (McIntyre, 1992).

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 (Jiggells, 1998) και τις



ιδιαίτερες συνθήκες κυκλοφορίας των νερών που δημιουργούνται (Beer, 1993). 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 εισαγωγή των θρεπτικών αλάτων δεν είναι το μόνο περιβαλλοντικό πρόβλημα στις παράκτιες περιοχές. Χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, βαρέα μέταλλα, ραδιονουκλεοτίδια, συνθετικές ενώσεις, πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, κ.α., ενέχουν οικοτοξικολογικούς κινδύνους και αποτελούν σημαντική απειλή στην δημόσια υγεία (McIntyre, 1992; Fent, 2004).

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; Arhonditsis *et al.*, 2003).

Οι oligότροφες ή εύτροφες συνθήκες χαρακτηρίζουν την ποιότητα των νερών στο θαλάσσιο οικοσύστημα (Dugdale, 1967). Τέσσερα επίπεδα ευτροφισμού που έχουν ορισθεί με βάση δεδομένα θρεπτικών αλάτων από ελληνικές παράκτιες περιοχές χαρακτηρίζονται ως: εύτροφα, μεσότροφα και oligότροφα νερά (Ignatiades *et al.*, 1992; Karydis, 1999). Ακολουθώντας την ταξινόμηση αυτή, η ποιότητα του νερού των ελληνικών παράκτιων νερών σύμφωνα με τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα:

Τροφική ταξινόμηση βασισμένη σε θρεπτικά (φωσφορικά, νιτρικά, αμμωνιακά), και χλωροφύλλη-α. Οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων δίνονται σε  $\mu\text{M}$  και της χλωροφύλλης  $\alpha$  σε  $\mu\text{g l}^{-1}$ .

Παράμετρος	Ολιγοτροφική	Χαμηλότερη Μεσοτροφική	Υψηλότερη Μεσοτροφική	Ευτροφική
Φωσφορικά ( $\text{PO}_4$ )	<0,07	0,07-0,14	0,14-0,68	>0,68
Νιτρικά ( $\text{NO}_3$ )	<0,62	0,62-0,65	0,65-1,19	>1,19
Αμμωνιακά ( $\text{NH}_4$ )	<0,55	0,55-1,05	1,05-2,2	>2,2
Χλωροφύλλη $\alpha$	<0,1	0,1-0,6	0,6-2,21	>2,21

**Πηγή:** Karydis, 1999.

Στην Ελλάδα, συστηματικά έχουν μελετηθεί θρεπτικά άλατα και χλωροφύλλη κυρίως στο Σαρωνικό Κόλπο και τον Θερμαϊκό Κόλπο. Από το 1994 τα απόβλητα που παράγονται από την πόλη της Αθήνας, υφίστανται πρωτογενή επεξεργασία στο κέντρο επεξεργασίας λυμάτων της Ψυτάλλειας, διοχετεύοντας τα επεξεργασμένα απόβλητα στον Σαρωνικό Κόλπο, σε βάθος 63m (SoHelME, 2005). Σε μελέτες που έγιναν στον δυτικό Σαρωνικό Κόλπο, ορισμένες περιοχές παρουσίασαν διαταραχές που σχετίζονται με τα επεξεργασμένα απόβλητα. Συγκεκριμένα, στην περιοχή της Ψυτάλλειας σημειώθηκαν υψηλότερες τιμές θρεπτικών αλάτων και χλωροφύλλης-α (μέση ετήσια τιμή φωσφορικών 0,34  $\mu\text{M}$ , νιτρικών 0,87  $\mu\text{M}$ , αμμωνιακών 1,51  $\mu\text{M}$ , χλωροφύλλη-α 0,35  $\mu\text{g/l}$ ) απ' ό,τι στον υπόλοιπο Εσωτερικό Σαρωνικό Κόλπο (μέση ετήσια συγκέντρωση: φωσφορικών 0,15  $\mu\text{M}$ , νιτρικών 1,12  $\mu\text{M}$ , αμμωνιακών 0,45  $\mu\text{M}$ , χλωροφύλλη-α 0,29  $\mu\text{g/l}$ ) (Σιώκου-Φράγκου κ.α., 2000). Σημαντικά ποσά θρεπτικών αλάτων εισάγονται στον Κόλπο της Ελευσίνας από βιομηχανικά απόβλητα (Friligos, 1982a). Ο εύτροφος χαρακτήρας του Κόλπου της Ελευσίνας επιβεβαιώνεται, καθώς οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων και της χλωροφύλλης  $\alpha$  είναι από τις υψηλότερες που σημειώθηκαν σε όλη την ευρύτερη περιοχή του Σαρωνικού Κόλπου (φωσφορικά 0,41  $\mu\text{M}$ , νιτρικά 1,82  $\mu\text{M}$ , αμμωνιακά 0,79  $\mu\text{M}$ , χλωροφύλλη  $\alpha$  0,85  $\mu\text{g/l}$ ) (Σιώκου-Φράγκου κ.α., 2000).

Ο Κόλπος της Ελευσίνας αποτελεί παράδειγμα ανοξικής λεκάνης κατά την περίοδο στρωμάτωσης (0,37 ml/l), με υψηλά επίπεδα αμμωνίας ως αποτέλεσμα της απονιτροποίησης (Friligos, 1982b). Σε άλλες μελέτες που έγιναν στον κόλπο της Ελευσίνας και τον δυτικό Σαρωνικό, αυξημένες συγκεντρώσεις θρεπτικών αλάτων

παρατηρήθηκαν με παράλληλη μείωση του διαλυμένου οξυγόνου (Ψυλλίδου-Γκιουράνοβιτς κ.α., 1997), σε αντίθεση με μετρήσεις στον Ν-ΝΑ Σαρωνικό και Ευβοϊκό Κόλπο, όπου οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων κυμάνθηκαν σε κανονικά επίπεδα σε σχέση με τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις για τα ολιγοτροφικά νερά (Παυλίδου κ.α., 1997). Αυξημένες τιμές πυριτικών αλάτων προσδιορίστηκαν στον Β.Ευβοϊκό και τον Μαλιακό Κόλπο με τιμές που έφτασαν έως και 12,36 και 6,83  $\mu\text{g-at/l}$  (Ψυλλίδου-Γκιουράνοβιτς κ.α., 1993).

Η παράκτια γραμμή του εσωτερικού Θερμαϊκού Κόλπου επηρεάζεται από τρεις κύριους ποταμούς (Αξιός, Λουδίας, Αλιάκμονας) κατά μήκος της δυτικής ακτής, καθώς επίσης λαμβάνει αστικά, γεωργικά και βιομηχανικά λύματα μέσω των ποταμών (SoHelME, 2005). Στον Κόλπο Θεσσαλονίκης καταγράφηκαν χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου και υψηλές θρεπτικών, εξαιτίας ανθρωπογενών εισαγωγών, σε συνδυασμό με την ελάχιστη ανταλλαγή νερού, ενώ οι υψηλές τιμές χλωροφύλλης-α έδειξαν τον εύτροφο χαρακτήρα του. Συγκεκριμένα, στον εσωτερικό Θερμαϊκό Κόλπο οι τιμές φωσφορικών, πυριτικών, νιτρικών, νιτρικών και χλωροφύλλης-α κυμάνθηκαν από 0,08-16,71, 12,25-227,23, 0,24-27,14, 1,09-110,14  $\text{mmol.m}^{-2}$  και 4,57-207,05  $\text{mg.m}^{-2}$  αντίστοιχα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, εκτός από την επιρροή των ποταμών, οι εκτεταμένες καλλιέργειες οστράκων που υπάρχουν στον εσωτερικό κόλπο συμβάλλουν επίσης στον ευτροφισμό της περιοχής (Pagou *et al.*, 2000). Σύμφωνα με άλλες μελέτες, στην περιοχή του λιμανιού παρατηρήθηκαν μέσες ετήσιες τιμές φωσφορικών 0,45  $\mu\text{g-at/l}$ , νιτρικών 1,04  $\mu\text{g-at/l}$ , αμμωνιακών 1,63  $\mu\text{g-at/l}$ , ενώ στις εκβολικές περιοχές οι τιμές ήταν 1,59  $\mu\text{g-at/l}$  για  $\text{PO}_4$ , 0,77  $\mu\text{g-at/l}$  για  $\text{NO}_3$ , και 1,67  $\mu\text{g-at/l}$  για  $\text{NH}_4$ . Οι υψηλές συγκεντρώσεις χλωροφύλλης-α στο λιμάνι της Θεσσαλονίκης και στην περιοχή που βρίσκεται ο αγωγός (3,79 και 2,37  $\mu\text{g/l}$  αντίστοιχα), επιβεβαιώνουν τον εύτροφο χαρακτήρα του Κόλπου Θεσσαλονίκης (SoHelME, 2005).

Ο Θερμαϊκός Κόλπος είναι μια περιοχή όπου βλαβερά “blooms” φυτοπλαγκτού καταγράφονται συχνά. Τα τοξικά blooms που καταγράφηκαν από το 1996, μπορούν να σχετιστούν με χαμηλές αναλογίες Ν/Ρ που βρέθηκαν στην περιοχή του λιμανιού (SoHelME, 2005). Στην περιοχή όπου βρίσκονται οι μυδοκαλλιέργειες του Θερμαϊκού Κόλπου, αναφέρθηκαν ευτροφικές συνθήκες, με τη συνεισφορά των ποταμών Λουδία και Αλιάκμονα (Πάγκου, 2001).

Μελέτες θρεπτικών αλάτων, διαλυμένου οξυγόνου και χλωροφύλλης έχουν γίνει και για άλλες παράκτιες περιοχές και κλειστούς κόλπους. Στον Κόλπο Καβάλας,

έχουν παρατηρηθεί αυξημένες τιμές φωσφόρου (1,75  $\mu\text{M}$ ), που σχετίζονται με την Βιομηχανία Φωσφορικών Λιπασμάτων και του σταθμούς βιολογικού καθαρισμού Καβάλας και Παληού (Συλαίος κ.α., 2000). Στον Στρυμονικό Κόλπο η κύρια εισροή θρεπτικών προέρχεται από αγροτικές δραστηριότητες. Υψηλές τιμές θρεπτικών παρατηρήθηκαν κοντά στις εκβολές των ποταμών (SoHelME, 2005). Ο εύτροφος χαρακτήρας φαίνεται και από τις μέσες εποχικές συγκεντρώσεις των φωσφορικών, νιτρικών, νιτρωδών, αμμωνιακών, πυριτικών που κυμάνθηκαν από 0,07-0,75, 1,85-15,72, 0,10-0,76, 0,15-1,78 και 5 - >30  $\mu\text{mol/l}$  αντίστοιχα (Σταμάτης κ.α., 2000).

Ο Λακωνικός Κόλπος αποτελεί παράκτια περιοχή με ολιγοτροφικό χαρακτήρα. Σε μελέτη που έγιναν στην περιοχή, οι τιμές θρεπτικών αλάτων κυμάνθηκαν από 0,07-0,91  $\mu\text{M}$  για αμμωνιακά, 0,02-0,27  $\mu\text{M}$  για νιτρώδη, 0,04-4,47  $\mu\text{M}$  για νιτρικά, 0,35-6,57  $\mu\text{M}$  για πυριτικά, 0,04-0,18  $\mu\text{M}$  για φωσφορικά, και 0,001-0,352  $\mu\text{g/l}$  για την χλωροφύλλη-α (Φριλίγκος κ.α., 1997). Η Ρόδος επίσης αποτελεί περιοχή με ολιγότροφο χαρακτήρα, με μέσες τιμές φωσφορικών, νιτρικών και αμμωνιακών που δεν ξεπερνούν τα 0,03, 0,23 και 0,38  $\mu\text{g-at/l}$  αντίστοιχα (Ignatiades *et al.*, 1992).

Σημαντικές πηγές μόλυνσης στον Παγασητικό Κόλπο αποτελούν τα αστικά και βιομηχανικά λύματα από την πόλη του Βόλου, και τη χρήση γεωργικών λιπασμάτων. Το εμπλουτισμένο νερό σε θρεπτικά στο βόρειο τμήμα του κόλπου σε συνδυασμό με την αυξημένη θερμοκρασία κατά την θερινή περίοδο, έχει σαν αποτέλεσμα την συχνή εμφάνιση βλαβερών blooms, προκαλώντας προβλήματα στην αλιεία και τον τουρισμό της περιοχής (Triantafyllou *et al.*, 2001). Στον Αμβρακικό Κόλπο παρουσιάζεται έντονος ευτροφισμός, ιδιαίτερα στο δυτικό τμήμα και στον Όρμο της Πρέβεζας που επηρεάζονται από τις παροχές των ποταμών Λούρου και Αράχθου, καθώς επίσης και από τα οικιακά λύματα της Πρέβεζας (Γκότση κ.α., 2000).

Οι ιχθυοτροφικές εγκαταστάσεις εμπλουτίζουν λιγότερο ή περισσότερο με θρεπτικά και άλλα συστατικά το υδάτινο περιβάλλον. Η συνεχής τροφοδοσία του νερού με οργανικά υλικά, που προέρχονται από ιχθυοκαλλιέργειες χωρίς έλεγχο, προκαλεί αύξηση στη φυσική κατανάλωση του οξυγόνου, την παραγωγή υδρόθειου και μεθανίου (Κουσούρης κ.α., 1995). Αυξημένες συγκεντρώσεις θρεπτικών αλάτων και μειωμένες τιμές διαλυμένου οξυγόνου κοντά τον πυθμένα παρουσιάστηκαν σε ιχθυοκαλλιέργειες στον Κόλπο του Αστακού, χωρίς αυτή η αύξηση θρεπτικών να έχει οδηγήσει σε ευτροφικά φαινόμενα (Μπέλιας κ.α., 2000). Σε μελέτη για την

οικολογική κατάσταση του Αμβρακικού κόλπου παρατηρήθηκαν αυξημένες τιμές θρεπτικών αλάτων και χλωροφύλλης α με ελάχιστες τιμές διαλυμένου οξυγόνου στα μεγαλύτερα βάθη (Γκότση-Σκρέτα κ.α., 2003).

Τα λιμάνια γενικά είναι κλειστές περιοχές που χαρακτηρίζονται από υψηλά επίπεδα ρύπανσης στα ιζήματα, και χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου στη υδάτινη στήλη. Παρουσιάζουν «φτωχή» ποιότητα νερών, εξαιτίας στάσιμων περιοχών μέσα στα λιμάνι, ενώ σπάνια οι μελέτες εστιάζουν στο πως ο σχεδιασμός ενός λιμανιού επηρεάζει τον βαθμό της περιβαλλοντικής ρύπανσης μέσα σε αυτό (Guerra-Garcia *et al.*, 2005). Η αυξημένη χρήση χρωμάτων στα πλοία και τα σκάφη, έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση οργανοκασσιτερικών ενώσεων στα παράκτια νερά αλλά και στα λιμάνια, ουσίες που είναι τοξικές για τους υδάτινους οργανισμούς (Tolosa *et al.*, 1996; Fent, 2004) και μεταβάλλουν την σύνθεση των βιοκοινωνιών στις παράκτιες περιοχές. (Tolosa *et al.*, 1996).

Στην εργασία αυτή έγινε εκτίμηση της ποιότητας των νερών στο λιμάνι Ν. Μουδανιών μέσω συστηματικών μετρήσεων των υδρολογικών χαρακτηριστικών, του διαλυμένου οξυγόνου, των θρεπτικών αλάτων και της χλωροφύλλης σε τέσσερα σημεία δειγματοληψίας για επτά μήνες. Αξιολογήθηκε η περιβαλλοντική κατάσταση των παράκτιων νερών στο λιμάνι και παρουσιάζεται η εποχιακή διακύμανση των παραμέτρων.

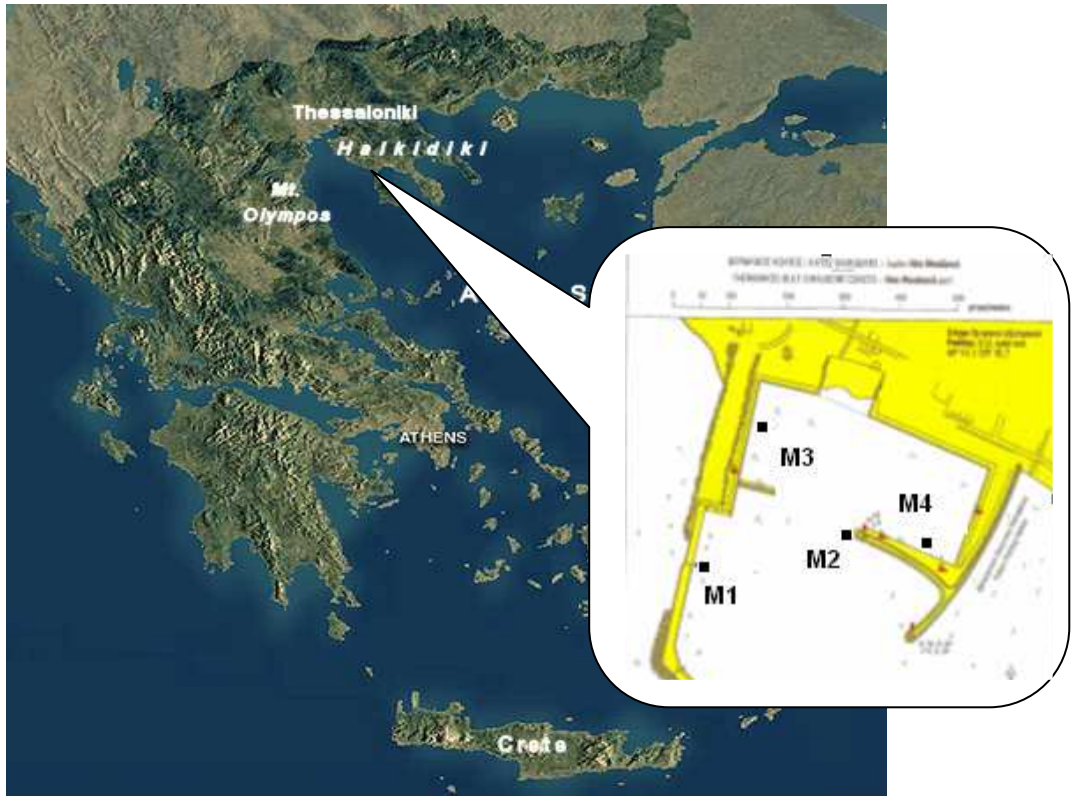
## **2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

### **2.1 Πεδίο μελέτης**

Το πεδίο μελέτης αποτέλεσε το λιμάνι των Νέων Μουδανιών Χαλκιδικής. Τα Νέα Μουδανιά βρίσκονται ανάμεσα στο Θερμαϊκό και στον Τορωναίο Κόλπο ή κόλπο της Κασσάνδρας και αποτελούν την φυσική πύλη της Χαλκιδικής (Εικόνα 1). Το λιμάνι των Νέων Μουδανιών είναι μια αβαθής περιοχή με μέγιστο βάθος 5 μέτρα, που φιλοξενεί αλιευτικά σκάφη καθ' όλη την διάρκεια του έτους και δέχεται επιδράσεις από την έξοδο των επεξεργασμένων λυμάτων του βιολογικού καθαρισμού της πόλης. Η παράκτια ζώνη κατά μήκος του λιμανιού είναι χώρος αναψυχής για τους κατοίκους της περιοχής και πόλος έλξης για τους τουρίστες κατά τους θερινούς μήνες. Η ποιότητα των νερών του λιμανιού είναι επομένως σημαντική τόσο για τους υδρόβιους οργανισμούς όσο και για την αισθητική ρύπανση της περιοχής.

### **2.2 Πειραματικός σχεδιασμός**

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν στην διάρκεια επτά μηνών, από τον Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο του 2005. Επιλέχθηκαν τέσσερις σταθμοί δειγματοληψίας. Δύο σημεία  $M_1$  και  $M_2$  βρίσκονται στην είσοδο του λιμανιού με μέγιστο βάθος τα πέντε μέτρα, και άλλα δύο σημεία  $M_3$  και  $M_4$  εσωτερικά του λιμενοβραχίονα με μέγιστο βάθος τα δύο μέτρα. Τα δείγματα από τους σταθμούς  $M_3$  και  $M_4$  λαμβάνονταν από την επιφάνεια, ενώ από τους σταθμούς  $M_1$  και  $M_2$  από την επιφάνεια και τα τέσσερα μέτρα. Οι θέσεις των σημείων δειγματοληψίας παρουσιάζονται στην εικόνα 1.



**Εικόνα 1.** Χάρτης της περιοχής μελέτης με τα σημεία δειγματοληψίας M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub> και M<sub>4</sub>.

## **2.3 Εργασίες πεδίου**

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν με την βοήθεια του δειγματολήπτη τύπου Niskin όγκου πέντε λίτρων με ενσωματωμένο θερμόμετρο. Δείγματα νερού μεταφέρθηκαν σε φιάλες BOD γνωστού όγκου με προσοχή έτσι ώστε να μην δημιουργηθούν φυσαλίδες για τον προσδιορισμό του διαλυμένου οξυγόνου. Η προσθήκη των κατάλληλων αντιδραστηρίων στις φιάλες BOD για τη στερέωση του δείγματος και τον προσδιορισμό του διαλυμένου οξυγόνου γινόταν στο πεδίο (διαλύματα  $MnSO_4$  και  $KI/NaOH$ ). Τα δείγματα για τον προσδιορισμό των θρεπτικών αλάτων μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο, διηθήθηκαν αμέσως μετά την δειγματοληψία και τοποθετήθηκαν στην κατάψυξη μέχρι τον εργαστηριακό προσδιορισμό. Ο δειγματολήπτης και τα πλαστικά και γυάλινα δοχεία είχαν προηγουμένως πλυθεί με αραιό διάλυμα υδροχλωρικού οξέος και απιονισμένο νερό. Οι φιάλες BOD πλένονταν σχολαστικά με διάλυμα χρωμοθειϊκού οξέος (Strickland & Parsons, 1972).

## **2.4 Εργαστηριακή μεθοδολογία**

### **α. Θερμοκρασία**

Η μέτρηση της θερμοκρασίας έγινε με θερμόμετρο ενσωματωμένο στον δειγματολήπτη νερού. Η θερμοκρασία καταγράφηκε στο πεδίο μελέτης.

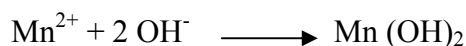
### **β. Αλατότητα**

Η μέτρηση της αλατότητας έγινε με τη μέθοδο της ηλεκτρικής αγωγιμότητας με την χρήση αγωγιμόμετρου γνωστό και ως αλατόμετρο. Το αγωγιμόμετρο μετατρέπει αυτόματα τις τιμές της αγωγιμότητας σε αλατότητα. Η μέτρηση γινόταν στο εργαστήριο, αμέσως μετά την δειγματοληψία.

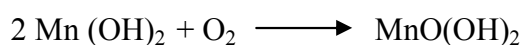


### γ. Διαλυμένο Οξυγόνο

Η προσθήκη των αντιδραστηρίων  $\text{MnSO}_4$  και  $\text{NaOH}$  γινόταν αμέσως στο πεδίο. Οι χημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται είναι οι εξής:



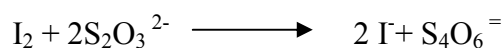
Το  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  αντιδρά με το  $\text{O}_2$  και σχηματίζει τετρασθενή ένωση του μαγγανίου, η οποία καταβυθίζεται:



Το ίζημα διαλύεται σε οξίνο περιβάλλον και το  $\text{I}^-$  οξειδώνεται σε  $\text{I}_2$ .



Το ποσό του  $\text{I}_2$  που σχηματίστηκε είναι ισοδύναμο με το  $\text{O}_2$  μέσα στο διάλυμα και υπολογίζεται από την τιτλοδότηση με θειοθειικό νάτριο:



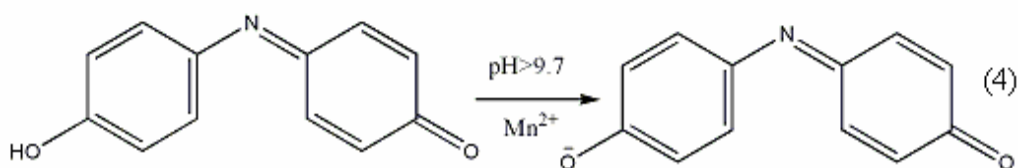
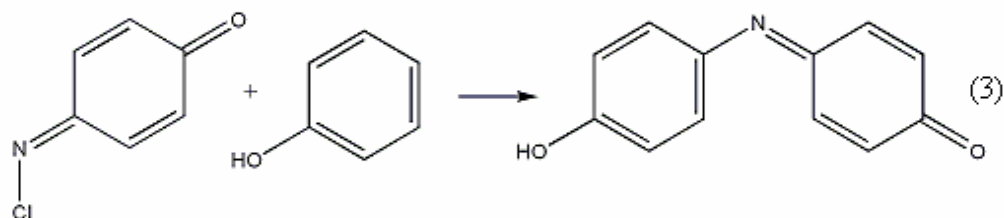
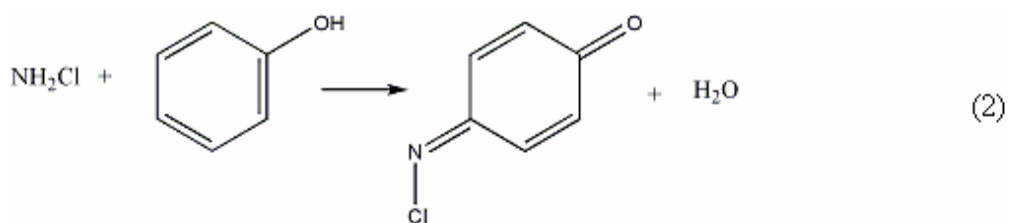
Διάλυμα αμύλου το οποίο σχηματίζει σύμπλοκο μπλε χρώματος με το  $\text{I}_2$  χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του τελικού σημείου (Strickland & Parsons, 1972).

### δ. Χλωροφύλλη α

Ο προσδιορισμός της χλωροφύλλης στηρίζεται στην διήθηση γνωστού όγκου θαλασσινού νερού από φίλτρο μεμβράνης, την εκχύλιση σε διάλυμα ακετόνης 90%, και στη συνέχεια στην φασματοφωτομετρική μέτρηση (Parsons *et al.*, 1984).

### ε. Αμμωνία

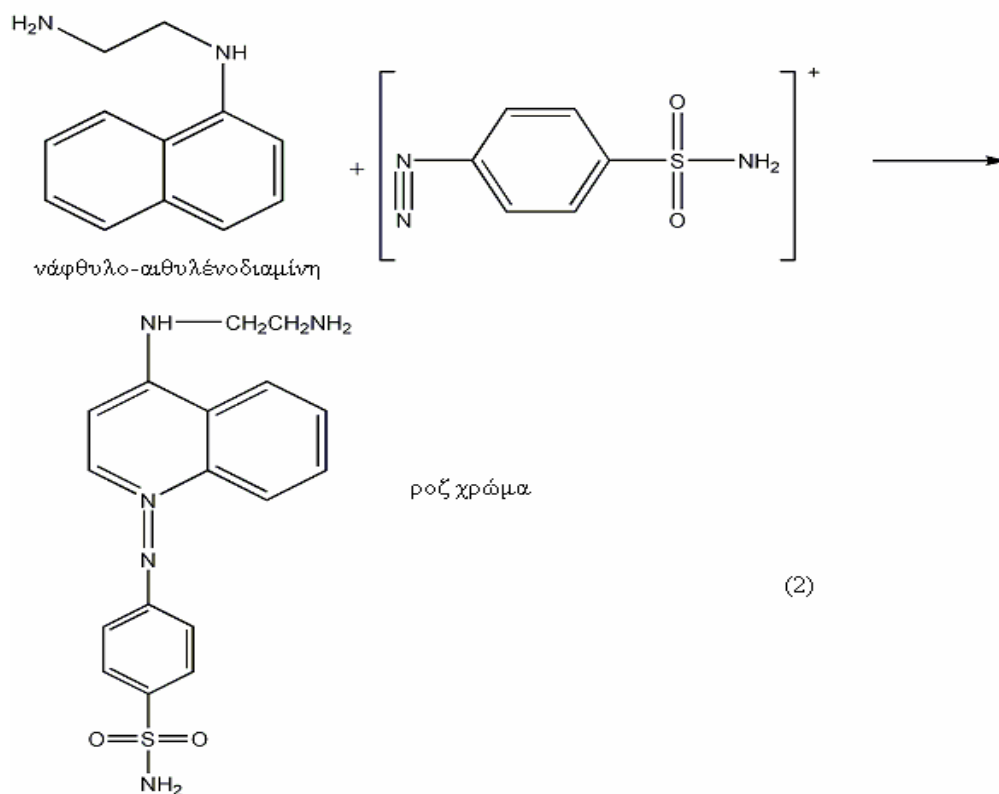
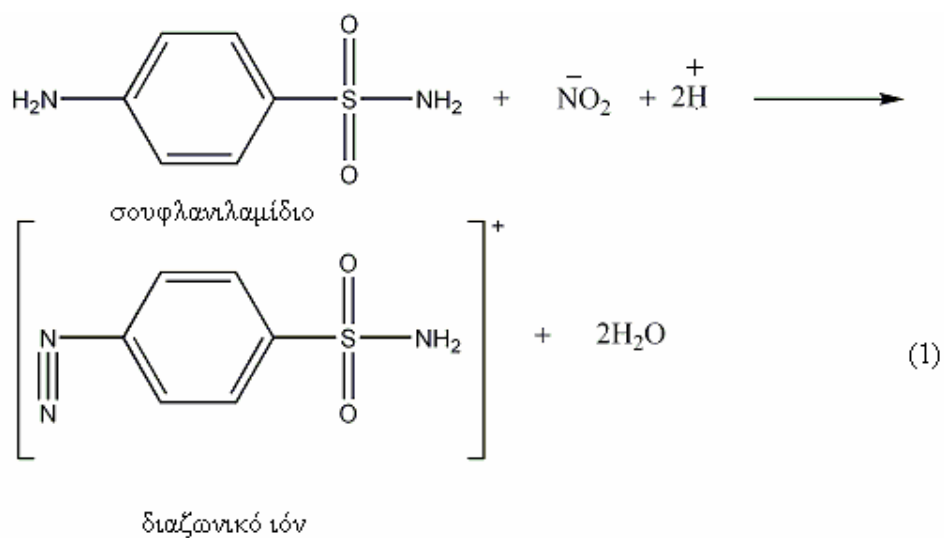
Ο προσδιορισμός της αμμωνίας βασίζεται στο σχηματισμό μιας έντονα κυανής ένωσης της ινδοφαινόλης, κατά την αντίδραση αμμωνιακών με υποχλωριώδη ιόντα και δημιουργία μονοχλωραμινών, που παρουσία φαινόλης, σχηματίζουν ινδοφαινόλη. Η συγκέντρωση της ινδοφαινόλης είναι ανάλογη της αμμωνίας. Η ένταση του χρώματος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



(Koroleff, 1976)

## ζ. Νιτρώδη ιόντα

Ο προσδιορισμός των νιτρωδών ιόντων γίνεται φασματοφωτομετρικά. Η μέθοδος βασίζεται στη διαζώτωση του σουλφανιλαμιδίου 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 οι εξής:



(Grasshoff *et al.*, 1999)

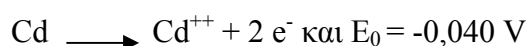
## η. Νιτρικά ιόντα

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.

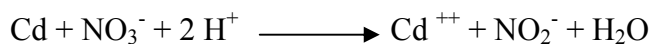
Οι αντιδράσεις οι οποίες πραγματοποιούνται είναι οι εξής:

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

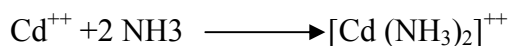
Τα ηλεκτρόνια προέρχονται από την οξείδωση του καδμίου:



Το κάδμιο χρησιμοποιείται σαν επιχάλκωμένο κάδμιο:



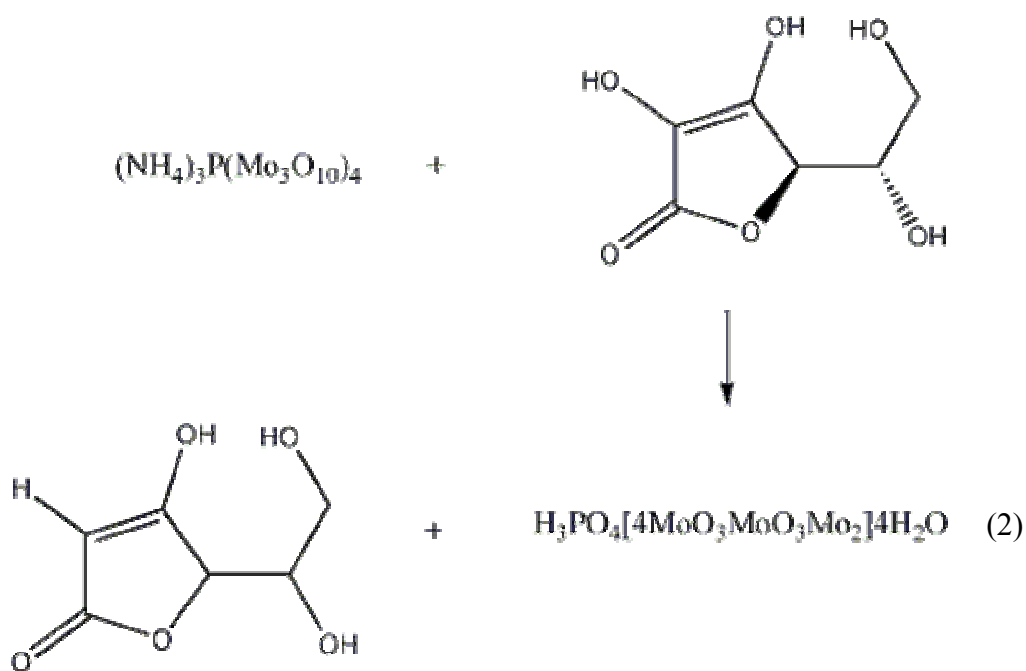
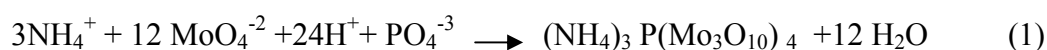
Η ρύθμιση του PH στα απαιτούμενα όρια για την πραγματοποίηση της αναγωγής, γίνεται με την προσθήκη χλωριούχου αμμωνίου ( $NH_4Cl$ )



(Grasshoff *et al.*, 1999)

### θ. Φωσφορικά ιόντα

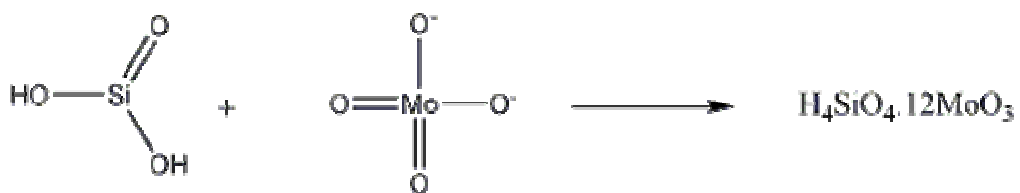
Ο προσδιορισμός των φωσφορικών ιόντων στηρίζεται στην κατεργασία του δείγματος με το όξινο αντιδραστήριο του μολυβδαινικού ιόντος που περιέχει ασκορβικό οξύ και μικρή ποσότητα τρυγικού κάλιο-αντιμονιού. Το φωσφορομολυβδαινικό οξύ που προκύπτει ανάγεται και δίνει ένα μπλε-μωβ σύμπλοκο. Η απορρόφηση μετράται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



(Grasshoff *et al.*, 1999)

### ι. Πυριτικά ιόντα

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



(Parsons *et al.*, 1984)

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

**Πίνακας 1.** Οι τιμές των υδρολογικών παραμέτρων και του διαλυμένου οξυγόνου στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας τον Μάρτιο του 2005.

Μάρτιος					
Σταθμοί	T (°C)	S (‰)	mg O <sub>2</sub> /l	ml O <sub>2</sub> /l	‰ κορεσμός σε οξυγόνο
M <sub>1</sub> - 1m					
M <sub>1</sub> - 4m					
M <sub>2</sub> - 1m	14,8	38,2	1,67	1,17	9,9
M <sub>2</sub> - 4m					
M <sub>3</sub> - 1m					
M <sub>4</sub> - 1m	15	37,8	1,67	1,17	9,9
Average	14,9	38	1,67	1,17	9,9
Max	15	38,2	1,67	1,17	9,9
Min	14,8	37,8	1,67	1,17	9,9

Στον **Πίνακα 1** παρουσιάζονται οι τιμές των υδρολογικών παραμέτρων και του διαλυμένου οξυγόνου στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας τον μήνα Μάρτιο, ο μέσος όρος, οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές. Η θερμοκρασία παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (14,8 °C) στο σταθμό M<sub>2</sub> σε βάθος 1 μέτρου και την μέγιστη τιμή της (15 °C) στο σταθμό M<sub>4</sub> σε βάθος 1 μέτρου. Η αλατότητα είχε την ελάχιστη τιμή της (37,8 ‰) στο σταθμό M<sub>4</sub> σε βάθος 1 μέτρου και την μέγιστη τιμή της (38,2 ‰) σε βάθος 1 μέτρου στο σταθμό M<sub>2</sub>. Το διαλυμένο οξυγόνο είχε την ίδια τιμή σε όλους τους σταθμούς και τα βάθη (1,67 mg O<sub>2</sub>/l).

**Πίνακας 2.** Οι τιμές των υδρολογικών παραμέτρων και του διαλυμένου οξυγόνου στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας τον Απρίλιο του 2005.

Απρίλιος					
Σταθμοί	T (°C)	S (‰)	mg O <sub>2</sub> /l	ml O <sub>2</sub> /l	% κορεσμός σε οξυγόνο
<b>M<sub>1</sub> - 1m</b>	15	37,9	2,07	1,45	10,3
<b>M<sub>1</sub> - 4m</b>	14,3	37,7	2,07	1,45	10,3
<b>M<sub>2</sub> - 1m</b>	15	38	2,23	1,56	10,5
<b>M<sub>2</sub> - 4m</b>	14	37,6	1,43	1	9,8
<b>M<sub>3</sub> - 1m</b>	15	37,6	2,23	1,56	10,5
<b>M<sub>4</sub> - 1m</b>	15	37,8	1,43	1	9,8
<b>Average</b>	14,7	37,8	1,9	1,3	10,2
<b>Max</b>	15	38	2,23	1,56	10,5
<b>Min</b>	14	37,6	1,43	1	9,8

Στον **Πίνακα 2** παρουσιάζονται οι τιμές των υδρολογικών παραμέτρων και του διαλυμένου οξυγόνου στους σταθμούς δειγματοληψίας τον μήνα Απρίλιο, ο μέσος όρος, οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές. Η θερμοκρασία παρουσίασε τον μήνα Απρίλιο την ελάχιστη τιμή της (14 °C) σε βάθος 4 μέτρων στο σταθμό M<sub>2</sub> και την μέγιστη τιμή της (15 °C) σε βάθος 1 μέτρου στους περισσότερους σταθμούς. Η αλατότητα είχε ελάχιστη τιμή της (37,6 ‰) σε βάθος 1 μέτρου στους σταθμούς M<sub>2</sub> και σε βάθος 4 μέτρων στο σταθμό M<sub>3</sub>, και την μέγιστη τιμή της (38 ‰) σε βάθος 1 μέτρου στο σταθμό M<sub>2</sub>. Οι τιμές των συγκεντρώσεων του διαλυμένου οξυγόνου κυμάνθηκαν από (1,43 mg O<sub>2</sub>/l) στους σταθμούς M<sub>2</sub> σε βάθος 4 μέτρων και M<sub>4</sub> σε βάθος 1 μέτρου έως (2,23 mg O<sub>2</sub>/l) στην επιφάνεια των σταθμών M<sub>2</sub> και M<sub>3</sub>.



**Πίνακας 3.** Οι τιμές των υδρολογικών παραμέτρων και του διαλυμένου οξυγόνου στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας τον Μάιο του 2005.

Σταθμοί	Μάιος				% κορεσμός σε οξυγόνο
	T (°C)	S (‰)	mg O <sub>2</sub> /l	ml O <sub>2</sub> /l	
<b>M<sub>1</sub> - 1m</b>	17,2	36,1	1,11	1	5,1
<b>M<sub>1</sub> - 4m</b>	17	36,1	2,23	1,23	10,5
<b>M<sub>2</sub> - 1m</b>	17,5	36,1	1,11	0,89	5,1
<b>M<sub>2</sub> - 4m</b>	18	37	0,8	0,89	5,3
<b>M<sub>3</sub> - 1m</b>	19	37	1,27	0,67	5,7
<b>M<sub>4</sub> - 1m</b>	18	36,9	1,11	0,78	5,1
<b>Average</b>	17,8	36,5	1,3	0,9	6,1
<b>Max</b>	19	37	2,23	1,23	10,5
<b>Min</b>	17	36,1	0,8	0,67	5,1

Στον **Πίνακα 3** παρουσιάζονται οι τιμές των υδρολογικών παραμέτρων και του διαλυμένου οξυγόνου στους σταθμούς δειγματοληψίας τον μήνα Μάιο, ο μέσος όρος, οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές. Για τον μήνα Μάιο η θερμοκρασία είχε την ελάχιστη τιμή της (17 °C) σε βάθος 4 μέτρων στο σταθμό M<sub>1</sub> και την μέγιστη τιμή της (19 °C) σε βάθος 1 μέτρου στον σταθμό M<sub>3</sub>. Η αλατότητα παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (36,1 ‰) στα επιφανειακά νερά στους σταθμούς M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> και σε βάθος 4 μέτρων στο σταθμό M<sub>1</sub>, και την μέγιστη τιμή της (37 ‰) στους σταθμούς M<sub>2</sub> σε βάθος 4 μέτρων και M<sub>3</sub> σε βάθος 1 μέτρου. Οι τιμές των συγκεντρώσεων του διαλυμένου οξυγόνου κυμάνθηκαν από (0,8 mg O<sub>2</sub>/l) στο σταθμό M<sub>1</sub> έως (2,23 mg O<sub>2</sub>/l) στο σταθμό M<sub>2</sub> σε βάθος 4 μέτρων.

**Πίνακας 4.** Οι τιμές των υδρολογικών παραμέτρων και του διαλυμένου οξυγόνου στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας τον Ιούνιο του 2005.

Σταθμοί	Ιούνιος				% κορεσμός σε οξυγόνο
	T (°C)	S (‰)	mg O <sub>2</sub> /l	ml O <sub>2</sub> /l	
<b>M<sub>1</sub> - 1m</b>	22	36,3	1,43	1	5,8
<b>M<sub>1</sub> - 4m</b>	21,5	36,2	1,75	1,23	5,5
<b>M<sub>2</sub> - 1m</b>	20	36,3	1,27	0,89	5,8
<b>M<sub>2</sub> - 4m</b>	21	36,3	1,27	0,89	5,8
<b>M<sub>3</sub> - 1m</b>	21	36,3	0,97	0,67	5,7
<b>M<sub>4</sub> - 1m</b>	21	36	1,11	0,78	5,1
<b>Average</b>	21,1	36,2	1,3	0,9	5,6
<b>Max</b>	22	36,3	1,75	1,23	5,8
<b>Min</b>	20	36	0,95	0,67	5,1

Στον **Πίνακα 4** παρουσιάζονται οι τιμές των υδρολογικών παραμέτρων και του διαλυμένου οξυγόνου στους σταθμούς δειγματοληψίας τον μήνα Ιούνιο, ο μέσος όρος, οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές. Τον Ιούνιο η θερμοκρασία παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (20 °C) στο σταθμό M<sub>2</sub> και την μέγιστη τιμή της (22 °C) στο σταθμό M<sub>1</sub> στα επιφανειακά νερά. Η αλατότητα παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (36 ‰) σε βάθος 1 μέτρου στον σταθμό M<sub>4</sub>, και την μέγιστη τιμή της (36,3 ‰) σε βάθος 1 μέτρου στους σταθμούς M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub> και σε βάθος 4 μέτρων στο σταθμό M<sub>2</sub>. Το διαλυμένο οξυγόνο είχε ελάχιστη τιμή (0,95 mg O<sub>2</sub>/l) σε βάθος 1 μέτρου στον σταθμό M<sub>3</sub> και μέγιστη τιμή (1,75 mg O<sub>2</sub>/l) σε βάθος 4 μέτρων στον σταθμό M<sub>1</sub>.

**Πίνακας 5.** Οι τιμές των υδρολογικών παραμέτρων και του διαλυμένου οξυγόνου στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας τον Ιούλιο του 2005.

Σταθμοί	Ιούλιος				% κορεσμός σε οξυγόνο
	T (°C)	S (‰)	mg O <sub>2</sub> /l	ml O <sub>2</sub> /l	
<b>M<sub>1</sub> - 1m</b>	21	36,2	5,92	4,14	40,8
<b>M<sub>1</sub> - 4m</b>	21	36,5	5,43	3,8	40,4
<b>M<sub>2</sub> - 1m</b>	21	36,5	5,6	3,92	40
<b>M<sub>2</sub> - 4m</b>	21	36,6	5,11	3,58	30
<b>M<sub>3</sub> - 1m</b>	21,5	35,7	5,76	4,03	40,1
<b>M<sub>4</sub> - 1m</b>	22	35,1	4	2,8	25
<b>Average</b>	21,3	36,1	5,3	3,71	36,1
<b>Max</b>	22	36,6	5,92	4,14	40,8
<b>Min</b>	21	35,1	4	2,8	25

Στον **Πίνακα 5** παρουσιάζονται οι τιμές των υδρολογικών παραμέτρων και του διαλυμένου οξυγόνου στους σταθμούς δειγματοληψίας τον μήνα Ιούλιο, ο μέσος όρος, οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές. Η θερμοκρασία για τον μήνα Ιούλιο παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (21 °C) και στα δύο βάθη στους σταθμούς M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> και την μέγιστη τιμή της (22 °C) σε βάθος 1 μέτρου από τον σταθμό M<sub>4</sub>. Η αλατότητα είχε την ελάχιστη τιμή της (35,1 ‰) σε βάθος 1 μέτρου στον σταθμό M<sub>4</sub> και την μέγιστη τιμή της (36,6 ‰) σε βάθος 4 μέτρων στο σταθμό M<sub>2</sub>. Το διαλυμένο οξυγόνο είχε ελάχιστη τιμή (4 mg O<sub>2</sub>/l) σε βάθος 1 μέτρου στον σταθμό M<sub>4</sub> και την μέγιστη τιμή της (5,92 mg O<sub>2</sub>/l) στον σταθμό M<sub>1</sub> στα επιφανειακά νερά.

**Πίνακας 6.** Οι τιμές των υδρολογικών παραμέτρων και του διαλυμένου οξυγόνου στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας τον Αύγουστο του 2005.

<b>Αύγουστος</b>					
<b>Σταθμοί</b>	<b>T (°C)</b>	<b>S (‰)</b>	<b>mg O<sub>2</sub>/l</b>	<b>ml O<sub>2</sub>/l</b>	<b>% κορεσμός σε οξυγόνο</b>
<b>M<sub>1</sub> - 1m</b>	26,8	34,8	5,11	3,58	30,8
<b>M<sub>1</sub> - 4m</b>	26,8	34,9	4,96	3,47	30,5
<b>M<sub>2</sub> - 1m</b>	27	35,2	4,96	3,47	30,5
<b>M<sub>2</sub> - 4m</b>	26,8	35,1	4,8	3,36	30,3
<b>M<sub>3</sub> - 1m</b>	27	35,2	4,96	3,47	30,4
<b>M<sub>4</sub> - 1m</b>	26,5	34,9	4,8	3,36	30,4
<b>Average</b>	26,8	35	4,9	3,45	30,5
<b>Max</b>	27	35,2	5,11	3,58	30,8
<b>Min</b>	26,5	34,9	4,8	3,36	30,3

Στον **Πίνακα 6** παρουσιάζονται οι τιμές των υδρολογικών παραμέτρων και του διαλυμένου οξυγόνου στους σταθμούς δειγματοληψίας τον μήνα Αύγουστο, ο μέσος όρος, οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές. Η θερμοκρασία παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (26,5 °C) στον σταθμό M<sub>4</sub> και την μέγιστη τιμή της (27 °C) στους σταθμούς M<sub>2</sub> και M<sub>3</sub> στα επιφανειακά νερά. Η αλατότητα παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (34,9 ‰) σε βάθος 4 μέτρων στον σταθμό M<sub>1</sub> και την μέγιστη τιμή της (35,2 ‰) στα επιφανειακά νερά στους σταθμούς M<sub>2</sub> και M<sub>3</sub>. Το διαλυμένο οξυγόνο είχε ελάχιστη τιμή (4,8 mg O<sub>2</sub>/l) σε βάθος 4 μέτρων στο σταθμό M<sub>2</sub> και στο σταθμό M<sub>4</sub> σε βάθος 1 μέτρου, και την μέγιστη τιμή της (5,11 mg O<sub>2</sub>/l) σε βάθος 1 μέτρου στον σταθμό M<sub>1</sub>.

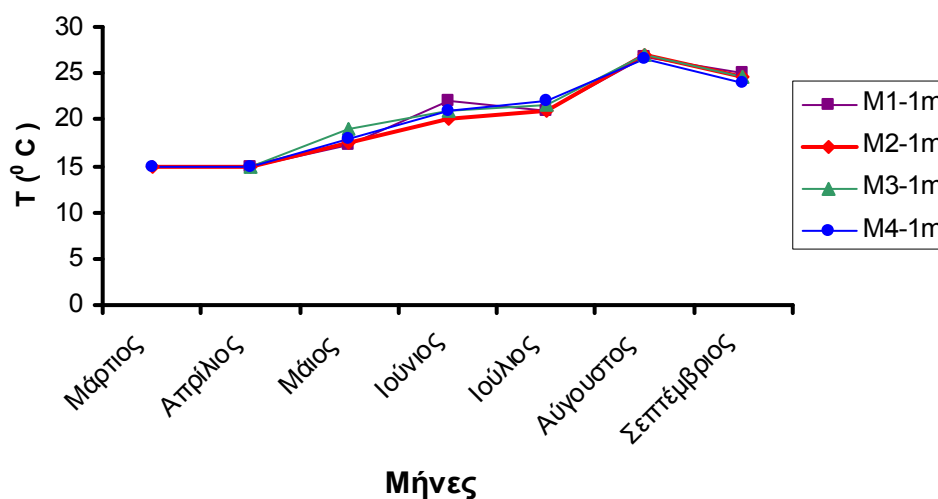
**Πίνακας 7.** Οι τιμές των υδρολογικών παραμέτρων και του διαλυμένου οξυγόνου στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας τον Σεπτέμβριο του 2005.

<b>Σεπτέμβριος</b>					
<b>Σταθμοί</b>	<b>T (°C)</b>	<b>S (‰)</b>	<b>mg O<sub>2</sub>/l</b>	<b>ml O<sub>2</sub>/l</b>	<b>% κορεσμός σε οξυγόνο</b>
<b>M<sub>1</sub> - 1m</b>	25	34,8	5,92	4,14	40,7
<b>M<sub>1</sub> - 4m</b>	24,5	35,1	2,55	1,79	10,6
<b>M<sub>2</sub> - 1m</b>	24,5	35,2	5,43	3,8	40,4
<b>M<sub>2</sub> - 4m</b>	25	35,1	4,47	3,13	30
<b>M<sub>3</sub> - 1m</b>	24,5	35,2	4,96	3,47	30,5
<b>M<sub>4</sub> - 1m</b>	24	34,9	5,27	3,69	30,6
<b>Average</b>	24,6	35,1	4,8	3,3	30,5
<b>Max</b>	25	35,2	5,92	4,14	40,7
<b>Min</b>	24	34,8	2,55	1,79	10,6

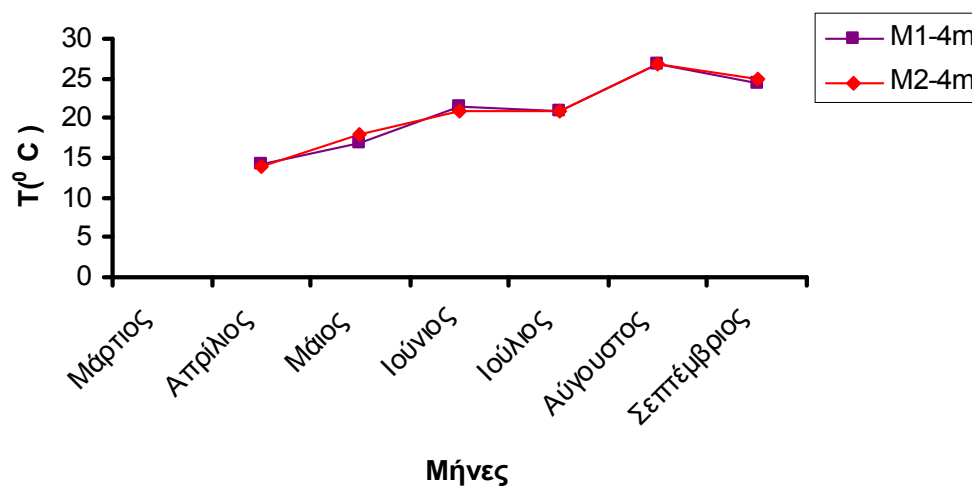
Στον **Πίνακα 7** παρουσιάζονται οι τιμές των υδρολογικών παραμέτρων και του διαλυμένου οξυγόνου στους σταθμούς δειγματοληψίας τον μήνα Σεπτέμβριο, ο μέσος όρος, οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές. Η θερμοκρασία είχε την ελάχιστη τιμή της (24 °C) σε βάθος 1 μέτρου στον σταθμό M<sub>4</sub>, και την μέγιστη τιμή της (25 °C) σε βάθος 1 μέτρου στο σταθμό M<sub>1</sub> και στο σταθμό M<sub>2</sub> σε βάθος 4 μέτρων. Η αλατότητα παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (34,8 ‰) σε βάθος 1 μέτρου στον σταθμό M<sub>1</sub> και την μέγιστη τιμή της (35,2 ‰) στα επιφανειακά νερά στους σταθμούς M<sub>2</sub> και M<sub>3</sub>. Το διαλυμένο οξυγόνο είχε ελάχιστη τιμή (2,55 mg O<sub>2</sub>/l) σε βάθος 4 μέτρων στον σταθμό M<sub>1</sub> και μέγιστη τιμή (5,92 mg O<sub>2</sub>/l) σε βάθος 1 μέτρου στον σταθμό M<sub>1</sub>.

Στις **εικόνες 2α** και **2β** παρουσιάζεται η μεταβολή της θερμοκρασίας στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας και στα δύο βάθη, από τον Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο του 2005. Η θερμοκρασία ακολούθησε παρόμοιες μεταβολές και στα δύο βάθη, με μέγιστη τιμή τον Αύγουστο, ενώ στην συνέχεια μειώθηκε τον μήνα Σεπτέμβριο.

α)



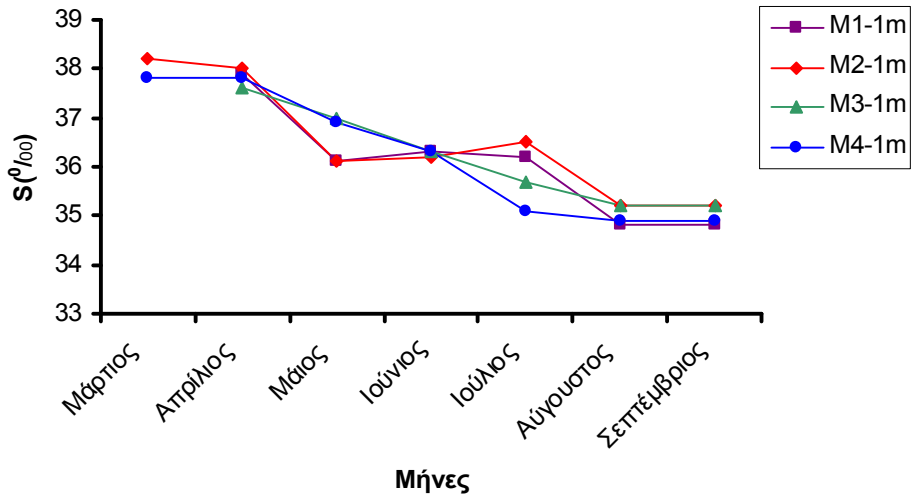
β)



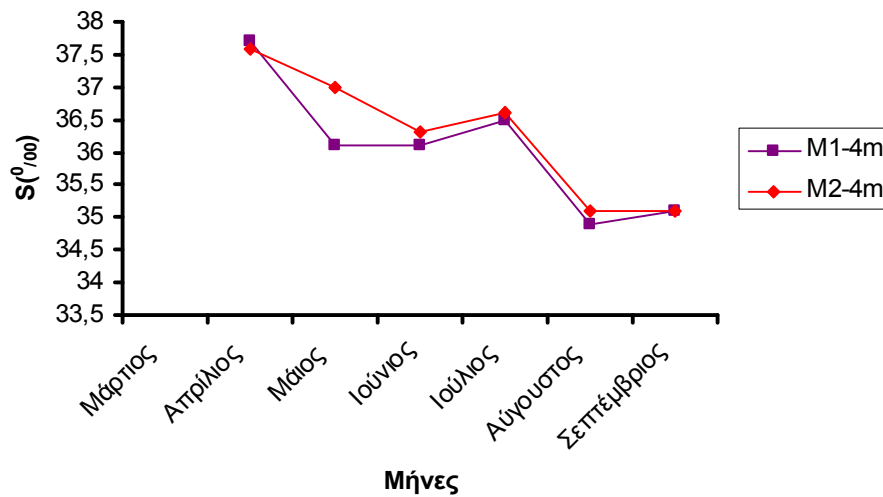
**Εικόνα 2.** Η μεταβολή της θερμοκρασίας α) στο 1 μέτρο, β) στα 4 μέτρα, στους τέσσερις σταθμούς από τον Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο του 2005.

Στις **εικόνες 3α** και **3β** παρουσιάζεται η διακύμανση της αλατότητας στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας και στα δύο βάθη, από τον Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο του 2005. Οι τιμές αλατότητας μεταβάλλονται με παρόμοιο τρόπο σε όλους τους σταθμούς και στα δύο βάθη.

α)



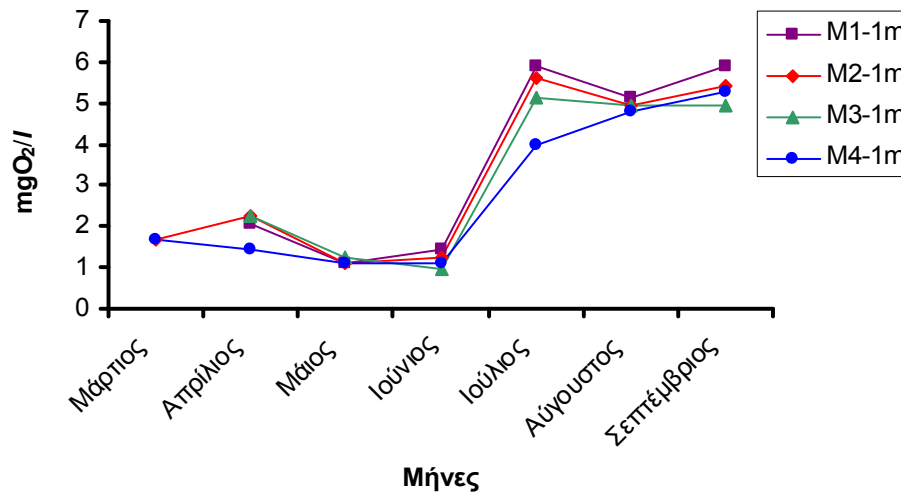
β)



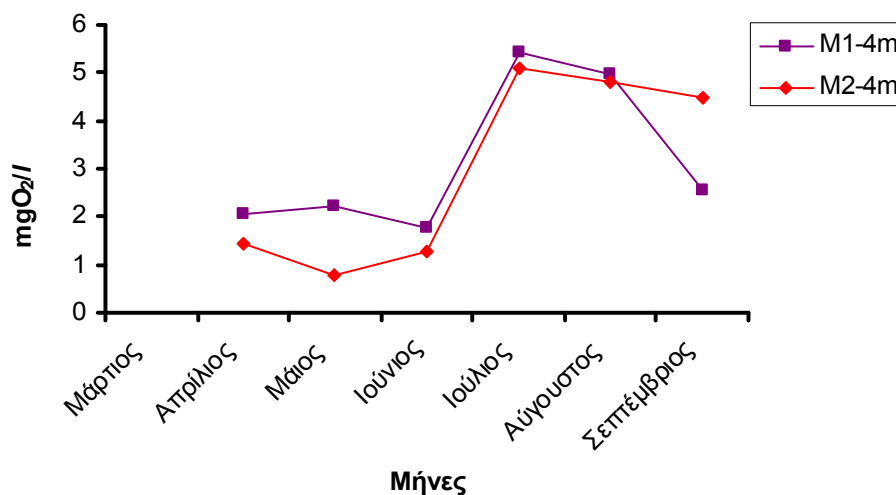
**Εικόνα 3.** Η μεταβολή της αλατότητας α) στο 1 μέτρο, β) στα 4 μέτρα, στους τέσσερις σταθμούς από τον Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο του 2005.

Στις εικόνες 4α και 4β παρουσιάζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου στους τέσσερις σταθμούς και τα δύο βάθη από τον Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο του 2005. Παρατηρήθηκαν χαμηλές τιμές από τον Μάρτιο μέχρι τον Ιούνιο, και για τους θερινούς μήνες από τον Ιούλιο μέχρι τον Αύγουστο οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου ήταν σχεδόν φυσιολογικές. Τον μήνα Σεπτέμβριο η τιμή του διαλυμένου οξυγόνου παρουσίασε πτώση σε βάθος 4 μέτρων.

α)



β)

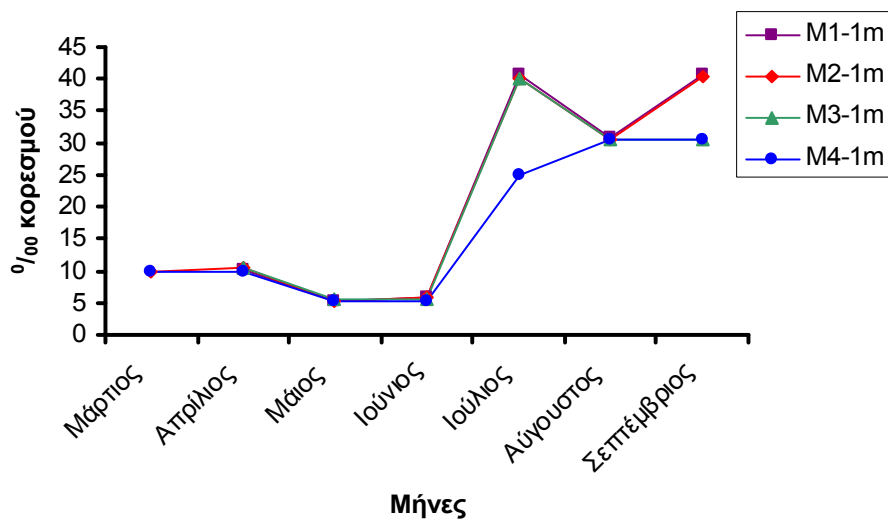


**Εικόνα 4.** Η μεταβολή του διαλυμένου οξυγόνου α) στο 1 μέτρο, β) στα 4 μέτρα, στους τέσσερις σταθμούς από τον Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο του 2005.

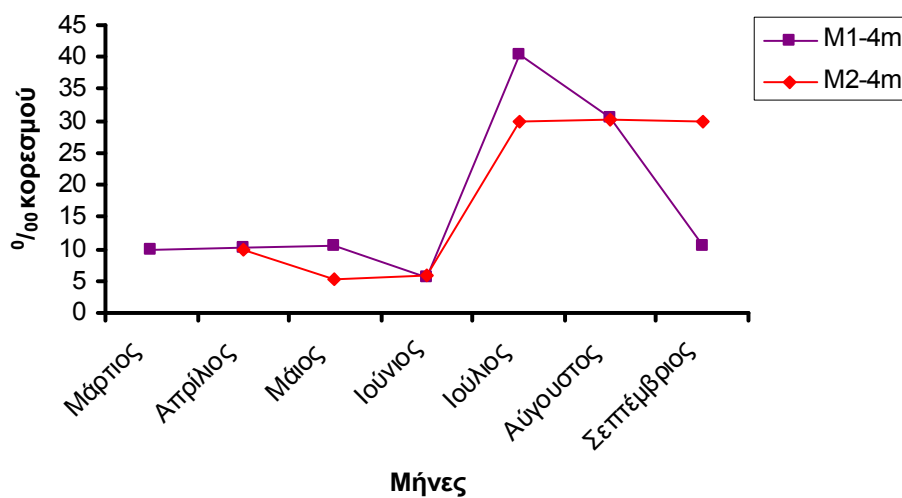


Στις εικόνες 5α και 5β παρουσιάζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου εκφρασμένη σε % ποσοστό κορεσμού.

α)



β)



**Εικόνα 5.** Η μεταβολή του % ποσοστού κορεσμού σε οξυγόνο α) στο 1 μέτρο, β) στα 4 μέτρα, στους τέσσερις σταθμούς από τον Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο του 2005.

**Πίνακας 8.** Οι τιμές των θρεπτικών αλάτων και της χλωροφύλλης στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας για τον μήνα Μάρτιο του 2005.

Σταθμοί	Μάρτιος					
	Chla mg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> -N μg-at N/l	NO <sub>3</sub> -N μg-at N/l	PO <sub>4</sub> -P μg-at P/l	NH <sub>4</sub> -N μg-at N/l	N ολικό ανόργ.-N μg-at N/l
<b>M<sub>1</sub> - 1m</b>						
<b>M<sub>1</sub> - 4m</b>						
<b>M<sub>2</sub> - 1m</b>	0,29	1,77	11,01	0,36	7,09	19,87
<b>M<sub>2</sub> - 4m</b>						
<b>M<sub>3</sub> - 1m</b>						
<b>M<sub>4</sub> - 1m</b>	0,23	1,77	10,7	0,67	5,99	18,46
<b>Average</b>	0,26	1,77	10,86	0,52	6,54	19,17
<b>Max</b>	0,29	1,77	11,01	0,67	7,09	19,87
<b>Min</b>	0,23	1,77	10,7	0,36	5,99	18,46
<b>N:P</b>	36,86					

Στον **Πίνακα 8** παρουσιάζονται οι τιμές των θρεπτικών αλάτων και της χλωροφύλλης στους τέσσερις σταθμούς τον μήνα Μάρτιο. Η Chla είχε μέγιστη τιμή 0,29 mg/m<sup>3</sup> στο σταθμό M<sub>2</sub> και ελάχιστη τιμή 0,23 mg/m<sup>3</sup> στο σταθμό M<sub>4</sub> στα επιφανειακά νερά. Τα νιτρικά ιόντα είχαν μέγιστη τιμή 11,01 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>2</sub> και ελάχιστη τιμή 10,7 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>4</sub> σε βάθος 1 μέτρου. Τα νιτρώδη ιόντα είχαν την ίδια τιμή σε όλους σταθμούς στην επιφάνεια 1,17 μg-at N/l. Τα φωσφορικά ιόντα είχαν μέγιστη τιμή 0,67 μg-at P/l στο σταθμό M<sub>4</sub> και ελάχιστη τιμή 0,36 μg-at P/l στο σταθμό M<sub>2</sub> σε βάθος 1 μέτρου. Η αμμωνία είχε μέγιστη τιμή 7,09 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>2</sub> και ελάχιστη τιμή 5,99 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>4</sub> σε βάθος 1 μέτρου.

**Πίνακας 9.** Οι τιμές των θρεπτικών αλάτων και της χλωροφύλλης στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας για τον μήνα Απρίλιο του 2005.

Σταθμοί	Απρίλιος						
	Chla mg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> -N μg-at N/l	NO <sub>3</sub> -N μg-at N/l	PO <sub>4</sub> -P μg-at P/l	SiO <sub>4</sub> -Si μg-at Si/l	NH <sub>4</sub> -N μg-at N/l	N ολικό ανόργ.-N μg-atN/l
<b>M<sub>1</sub> - 1m</b>	0,85	<0,01	38,17	0,19	2,54	3,4	41,57
<b>M<sub>1</sub> - 4m</b>	0,28	<0,01	2,66	0,25	0,23	3,4	6,06
<b>M<sub>2</sub> - 1m</b>	0,15	<0,01	3,68	-	1,15	3,27	6,95
<b>M<sub>2</sub> - 4m</b>	2,7	0,08	4,58	0,45	2,89	4,49	9,15
<b>M<sub>3</sub> - 1m</b>	0,46	0,08	4,49	0,48	1,04	4,63	9,2
<b>M<sub>4</sub> - 1m</b>	0,2	0,44	21,33	0,34	5,09	4,9	26,67
<b>Average</b>	0,77	0,10	12,49	0,34	2,16	4,02	16,60
<b>Max</b>	2,7	0,44	38,17	0,48	5,09	4,9	41,57
<b>Min</b>	0,15	<0,01	2,66	0,19	0,23	3,27	6,06
<b>N:P</b>	48,8						

Στον **Πίνακα 9** παρουσιάζονται οι τιμές των θρεπτικών αλάτων και της χλωροφύλλης στους τέσσερις σταθμούς τον μήνα Απρίλιο. Η Chla είχε μέγιστη τιμή 2,7 mg/m<sup>3</sup> σε βάθος 4 μέτρα στο σταθμό M<sub>2</sub> και ελάχιστη τιμή 0,15 mg/m<sup>3</sup> σε βάθος 1 μέτρου στο σταθμό M<sub>2</sub>. Τα νιτρικά ιόντα είχαν μέγιστη τιμή 38,17 μg-at N/l σε βάθος 1 μέτρου στο σταθμό M<sub>1</sub> και ελάχιστη τιμή 2,66 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>1</sub> σε βάθος 4 μέτρων. Τα νιτρώδη ιόντα είχαν μέγιστη τιμή 0,44 μg-at N/l σε βάθος 1 μέτρου στο σταθμό M<sub>4</sub> και ελάχιστη τιμή <0,01 μg-at N/l και στα δύο βάθη στο σταθμό M<sub>1</sub> και στο σταθμό M<sub>2</sub> σε βάθος 1 μέτρου. Τα φωσφορικά ιόντα είχαν μέγιστη τιμή 0,48 μg-at P/l σε βάθος 1 μέτρου στο σταθμό M<sub>3</sub> και ελάχιστη τιμή 0,19 μg-at P/l στο σταθμό M<sub>1</sub> σε βάθος 1 μέτρου. Τα πυριτικά ιόντα είχαν μέγιστη τιμή 5,09 μg-at Si/l στο σταθμό M<sub>4</sub> σε βάθος 1 μέτρου και ελάχιστη τιμή 0,23 μg-at Si/l στο σταθμό M<sub>1</sub> σε βάθος 4 μέτρων. Τα αμμωνιακά άλατα μέγιστη τιμή 4,9 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>4</sub> και ελάχιστη τιμή 3,27 μg-at N/l στα επιφανειακά νερά.

**Πίνακας 10.** Οι τιμές των θρεπτικών αλάτων και της χλωροφύλλης στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας για τον μήνα Μάιο του 2005.

Σταθμοί	Μάιος						
	Chla mg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> -N μg-at N/l	NO <sub>3</sub> -N μg-at N/l	PO <sub>4</sub> -P μg-at P/l	SiO <sub>4</sub> -Si μg-at Si/l	NH <sub>4</sub> -N μg-at N/l	N ολικό ανόργ.-N μg-at N/l
<b>M<sub>1</sub> - 1m</b>	0,23	0,13	18,06	0,16	4,28	1,77	19,96
<b>M<sub>1</sub> - 4m</b>	0,16	0,35	1,77	<0,01	0,92	1,49	3,61
<b>M<sub>2</sub> - 1m</b>	0,22	0,44	11,12	<0,01	4,75	2,86	14,42
<b>M<sub>2</sub> - 4m</b>	0,42	0,39	13,83	<0,01	1,39	11,04	25,26
<b>M<sub>3</sub> - 1m</b>	0,4	0,35	13,44	0,36	1,73	40,22	54,01
<b>M<sub>4</sub> - 1m</b>	0,46	1,64	19,3	<0,01	2,66	12,81	33,75
<b>Average</b>	0,32	0,55	12,92	0,09	2,62	11,70	25,17
<b>Max</b>	0,46	1,64	19,3	0,36	4,75	40,22	54,01
<b>Min</b>	0,16	0,13	1,77	<0,01	0,92	1,49	3,61
<b>N:P</b>	279						

Στον **Πίνακα 10** παρουσιάζονται οι τιμές των θρεπτικών αλάτων και της χλωροφύλλης στους τέσσερις σταθμούς τον μήνα Μάιο. Η Chla είχε μέγιστη τιμή 0,46 mg/m<sup>3</sup> σε βάθος 1 μέτρου στο σταθμό M<sub>4</sub> και ελάχιστη τιμή 0,16 mg/m<sup>3</sup> στο σταθμό M<sub>1</sub> σε βάθος 4 μέτρων. Τα νιτρικά ιόντα είχαν μέγιστη τιμή 19,3 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>4</sub> σε βάθος 1 μέτρου και ελάχιστη τιμή 1,77 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>1</sub> σε βάθος 4 μέτρων. Τα νιτρώδη ιόντα είχαν μέγιστη τιμή 1,64 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>4</sub> και ελάχιστη τιμή 0,13 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>1</sub> σε βάθος 1 μέτρου. Τα φωσφορικά ιόντα είχαν μέγιστη τιμή 0,36 μg-at P/l σε βάθος 1 μέτρου στο σταθμό M<sub>3</sub> και ελάχιστη τιμή <0,01 μg-at P/l σε βάθος 4 μέτρων στους σταθμούς M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> και σε βάθος 1 μέτρου στους σταθμούς M<sub>2</sub>, M<sub>4</sub>. Τα πυριτικά ιόντα είχαν μέγιστη τιμή 4,75 μg-at Si/l στο σταθμό M<sub>2</sub> σε βάθος 1 μέτρου και ελάχιστη τιμή 0,92 μg-at Si/l στο σταθμό M<sub>1</sub> σε βάθος 4 μέτρων. Τα αμμωνιακά άλατα είχαν μέγιστη τιμή 40,22 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>3</sub> σε βάθος 1 μέτρου και ελάχιστη τιμή 1,49 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>1</sub> σε βάθος 4 μέτρων.

**Πίνακας 11.** Οι τιμές των θρεπτικών αλάτων και της χλωροφύλλης στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας για τον μήνα Ιούνιο του 2005.

Σταθμοί	Ιούνιος						
	Chla mg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> -N μg-at N/l	NO <sub>3</sub> -N μg-at N/l	PO <sub>4</sub> -P μg-at P/l	SiO <sub>4</sub> -Si μg-at Si/l	NH <sub>4</sub> -N μg-at N/l	N ολικό ανόργ.-N μg-at N/l
<b>M<sub>1</sub> - 1m</b>	0,17	0,09	4,77	0,08	5,67	5,45	10,31
<b>M<sub>1</sub> - 4m</b>	0,09	0,18	<0,01	<0,01	8,45	66,68	66,86
<b>M<sub>2</sub> - 1m</b>	0,21	0,31	2,50	<0,01	3,01	27,81	30,62
<b>M<sub>2</sub> - 4m</b>	0,40	0,31	3,80	<0,01	1,85	4,63	8,74
<b>M<sub>3</sub> - 1m</b>	0,07	0,36	2,26	0,32	3,12	9,4	12,02
<b>M<sub>4</sub> - 1m</b>	0,07	0,49	5,44	0,12	6,02	5,59	11,52
<b>Average</b>	0,17	0,29	3,13	0,09	4,69	19,93	23,35
<b>Max</b>	0,40	0,49	5,44	0,32	8,45	66,68	66,86
<b>Min</b>	0,07	0,09	<0,01	<0,01	1,85	4,63	8,74
<b>N:P</b>	259						

Στον **Πίνακα 11** παρουσιάζονται οι τιμές των θρεπτικών αλάτων και της χλωροφύλλης στους τέσσερις σταθμούς τον μήνα Ιούνιο. Η Chla παρουσίασε μέγιστη τιμή 0,40 mg/m<sup>3</sup> στο σταθμό M<sub>2</sub> σε βάθος 4 μέτρων και ελάχιστη τιμή 0,07 mg/m<sup>3</sup> στο σταθμούς M<sub>3</sub> και M<sub>4</sub> σε βάθος 1 μέτρου. Τα νιτρικά ιόντα είχαν μέγιστη τιμή 0,49 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>4</sub> και ελάχιστη τιμή 0,09 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>1</sub> σε βάθος 1 μέτρου. Τα νιτρικά ιόντα είχαν μέγιστη τιμή 5,44 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>4</sub> σε βάθος 1 μέτρου και ελάχιστη τιμή <0,01 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>1</sub> σε βάθος 4 μέτρων. Τα φωσφορικά ιόντα είχαν μέγιστη τιμή 0,32 μg-at P/l στο σταθμό M<sub>3</sub> σε βάθος 1 μέτρου, και ελάχιστη τιμή <0,01 μg-at P/l σε βάθος 1 μέτρου στο σταθμό M<sub>2</sub> και σε βάθος 4 μέτρων στους σταθμούς M<sub>1</sub> και M<sub>2</sub>. Τα πυριτικά ιόντα είχαν μέγιστη τιμή 8,45 μg-at Si/l στο σταθμό M<sub>1</sub> και ελάχιστη τιμή 1,85 μg-at Si/l στο σταθμό M<sub>2</sub> σε βάθος 4 μέτρων. Η αμμωνία είχε μέγιστη τιμή 66,88 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>1</sub> και ελάχιστη τιμή 4,63 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>2</sub> σε βάθος 4 μέτρων.

**Πίνακας 12.** Οι τιμές των θρεπτικών αλάτων και της χλωροφύλλης στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας τον μήνα Ιούλιο του 2005.

Σταθμοί	Ιούλιος						
	Chla mg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> -N μg-at N/l	NO <sub>3</sub> -N μg-at N/l	PO <sub>4</sub> -P μg-at P/l	SiO <sub>4</sub> -Si μg-at Si/l	NH <sub>4</sub> -N μg-at N/l	N ολικό ανόργ.-N μg-at N/l
<b>M<sub>1</sub> - 1m</b>	4,43	4,89	1,55	0,04	5,79	9,68	16,12
<b>M<sub>1</sub> - 4m</b>	0,38	1,78	4,02	<0,01	1,62	0,54	6,34
<b>M<sub>2</sub> - 1m</b>	0,22	1,73	0,09	<0,01	3,82	1,77	3,59
<b>M<sub>2</sub> - 4m</b>	0,62	0,58	<0,01	<0,01	1,73	1,63	2,21
<b>M<sub>3</sub> - 1m</b>	0,09	0,53	<0,01	0,24	16,91	5,86	6,4
<b>M<sub>4</sub> - 1m</b>	0,12	0,49	0,55	0,24	3,12	2,59	3,63
<b>Average</b>	0,98	1,67	1,04	0,09	5,50	3,68	6,38
<b>Max</b>	4,43	4,89	4,02	0,24	16,91	9,68	16,12
<b>Min</b>	0,09	0,49	<0,01	<0,01	1,62	0,54	2,12
<b>N:P</b>	70,8						

Στον **Πίνακα 12** παρουσιάζονται οι τιμές των θρεπτικών αλάτων και της χλωροφύλλης στους τέσσερις σταθμούς τον μήνα Ιούλιο. Η Chla παρουσίασε μέγιστη τιμή 4,43 mg/m<sup>3</sup> στο σταθμό M<sub>1</sub> και ελάχιστη τιμή 0,09 mg/m<sup>3</sup> στο σταθμό M<sub>3</sub> στα επιφανειακά νερά. Τα νιτρώδη ιόντα είχαν μέγιστη τιμή 4,89 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>1</sub> και ελάχιστη τιμή 0,49 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>4</sub> σε βάθος 1 μέτρου. Τα νιτρικά ιόντα παρουσίασαν μέγιστη τιμή 4,02 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>1</sub> σε βάθος 4 μέτρων και ελάχιστη τιμή <0,01 μg-at N/l σε βάθος 4 μέτρων στο σταθμό M<sub>2</sub> και στο σταθμό M<sub>3</sub> σε βάθος 1 μέτρου. Τα φωσφορικά ιόντα είχαν μέγιστη τιμή 0,24 μg-at P/l σε βάθος 1 μέτρου στους σταθμούς M<sub>3</sub>, M<sub>4</sub>, και ελάχιστη τιμή <0,01 μg-at P/l σε βάθος 4 μέτρων στους σταθμούς M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> και σε βάθος 1 μέτρου στο σταθμό M<sub>2</sub>. Τα πυριτικά ιόντα είχαν μέγιστη τιμή 16,91 μg-at Si/l στο σταθμό M<sub>3</sub> σε βάθος 1 μέτρου και ελάχιστη τιμή 1,62 μg-at Si/l στο σταθμό M<sub>1</sub> σε βάθος 4 μέτρων. Τα αμμωνιακά άλατα είχαν μέγιστη τιμή 9,68 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>1</sub> σε βάθος 1 μέτρου και ελάχιστη τιμή 0,54 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>1</sub> σε βάθος 4 μέτρων.

**Πίνακας 13.** Οι τιμές των θρεπτικών αλάτων και της χλωροφύλλης στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας για τον μήνα Αύγουστο του 2005.

Αύγουστος							
Σταθμοί	Chla mg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> -N μg-at N/l	NO <sub>3</sub> -N μg-at N/l	PO <sub>4</sub> -P μg-at P/l	SiO <sub>4</sub> -Si μg-at Si/l	NH <sub>4</sub> -N μg-at N/l	N ολικό ανόργ.-N μg-at N/l
M <sub>1</sub> - 1m	0,11	0,09	4,86	<0,01	4,75	4,09	9,04
M <sub>1</sub> - 4m	0,36	0,04	<0,01	<0,01	3,01	1,9	1,94
M <sub>2</sub> - 1m	0,42	0,13	2,79	<0,01	6,83	2,99	5,91
M <sub>2</sub> - 4m	0,45	0,04	4,09	<0,01	15,18	8,31	12,44
M <sub>3</sub> - 1m	0,39	0,09	2,60	0,36	17,84	9,13	11,82
M <sub>4</sub> - 1m	0,48	0,13	5,90	0,2	50,63	3,68	9,71
Average	0,37	0,09	3,38	0,09	16,37	5,02	8,48
Max	0,48	0,13	5,90	0,36	50,63	9,13	12,44
Min	0,11	0,04	<0,01	<0,01	3,01	1,9	1,94
N:P	94						

Στον Πίνακα 13 παρατηρείται η διακύμανση των τιμών των θρεπτικών αλάτων και της χλωροφύλλης στους τέσσερις σταθμούς κατά τον μήνα Αύγουστο. Η Chla παρουσίασε μέγιστη τιμή 0,48 mg/m<sup>3</sup> στο σταθμό M<sub>4</sub> και ελάχιστη τιμή 0,11 mg/m<sup>3</sup> στο σταθμό M<sub>1</sub> στα επιφανειακά νερά. Τα νιτρώδη όντα είχαν μέγιστη τιμή 0,13 μg-at N/l στους σταθμούς M<sub>2</sub>, M<sub>4</sub> σε βάθος 1 μέτρου και ελάχιστη τιμή 0,04 μg-at N/l στους σταθμούς M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> σε βάθος 4 μέτρων. Τα νιτρικά ιόντα παρουσίασαν μέγιστη τιμή 5,90 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>4</sub> σε βάθος 1 μέτρου και ελάχιστη τιμή <0,01 μg-at N/l σε βάθος 4 μέτρων στο σταθμό M<sub>1</sub>. Τα φωσφορικά ιόντα είχαν μέγιστη τιμή 0,36 μg-at P/l στο σταθμό M<sub>3</sub> σε βάθος 1 μέτρου, και ελάχιστη τιμή <0,01 μg-at P/l σε βάθος 4 μέτρων στους σταθμούς M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> και σε βάθος 1 μέτρου στο σταθμό M<sub>2</sub>. Τα πυριτικά ιόντα είχαν μέγιστη τιμή 50,63 μg-at Si/l στο σταθμό M<sub>4</sub> σε βάθος 1 μέτρου και ελάχιστη τιμή 3,01 μg-at Si/l στο σταθμό M<sub>1</sub> σε βάθος 4 μέτρων. Η αμμωνία είχε μέγιστη τιμή 9,13 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>3</sub> σε βάθος 1 μέτρου και ελάχιστη τιμή 1,9 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>1</sub> σε βάθος 4 μέτρων.

**Πίνακας 14.** Οι τιμές των θρεπτικών αλάτων και της χλωροφύλλης στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας για τον μήνα Σεπτέμβριο του 2005.

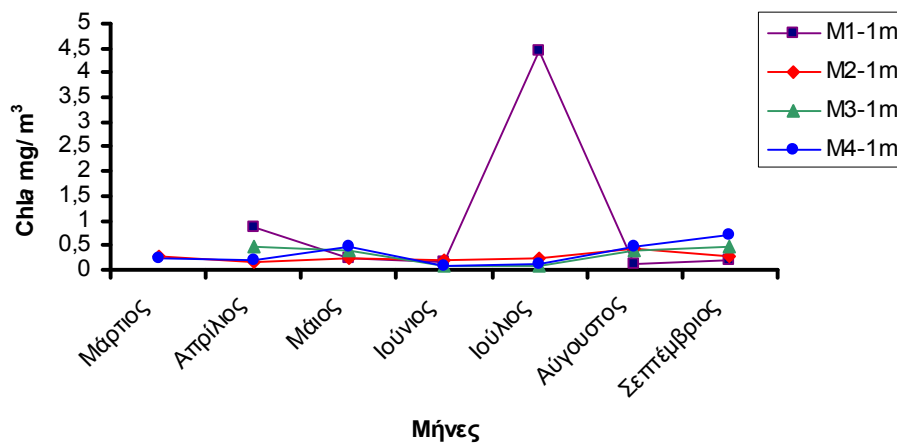
<b>Σεπτέμβριος</b>							
<b>Σταθμοί</b>	<b>Ch/a mg/m<sup>3</sup></b>	<b>NO<sub>2</sub>-N μg-at N/l</b>	<b>NO<sub>3</sub>-N μg-at N/l</b>	<b>PO<sub>4</sub>-P μg-at P/l</b>	<b>SiO<sub>4</sub>-Si μg-at Si/l</b>	<b>NH<sub>4</sub>-N μg-at N/l</b>	<b>N ολικό ανόργ.-N μg-at N/l</b>
<b>M<sub>1</sub> - 1m</b>	0,21	0,44	<0,01	0,76	12,51	8,04	8,48
<b>M<sub>1</sub> - 4m</b>	0,26	<0,01	<0,01	0,56	17,84	7,22	7,22
<b>M<sub>2</sub> - 1m</b>	0,27	0,67	1,68	0,2	11,7	3,81	6,16
<b>M<sub>2</sub> - 4m</b>	0,47	0,27	0,16	<0,01	47,85	4,22	4,65
<b>M<sub>3</sub> - 1m</b>	0,47	0,40	1,91	<0,01	17,38	7,63	9,94
<b>M<sub>4</sub> - 1m</b>	0,71	0,67	4,25	0,08	11,58	4,09	9,01
<b>Average</b>	0,40	0,41	1,33	0,27	19,81	5,84	7,58
<b>Max</b>	0,71	0,67	4,25	0,76	47,85	8,04	9,94
<b>Min</b>	0,21	<0,01	<0,01	<0,01	11,58	3,81	4,65
<b>N:P</b>	28						

Στον **Πίνακα 14** παρατηρείται η διακύμανση των τιμών των θρεπτικών αλάτων και της χλωροφύλλης στους τέσσερις σταθμούς κατά τον μήνα Σεπτέμβριο. Η Chla παρουσίασε μέγιστη τιμή 0,71mg/m<sup>3</sup> στο σταθμό M<sub>4</sub> και ελάχιστη τιμή 0,21 mg/m<sup>3</sup> στο σταθμό M<sub>3</sub> στα επιφανειακά νερά. Τα νιτρώδη ιόντα είχαν μέγιστη τιμή 0,67μg-atN/l σε βάθος 1 μέτρου στους σταθμούς M<sub>2</sub>, M<sub>4</sub> και ελάχιστη τιμή <0,01 μg-at N/l σε βάθος 4 μέτρα στο σταθμό M<sub>1</sub>. Τα νιτρικά ιόντα παρουσίασαν μέγιστη τιμή 4,25 μg-at N/l σε βάθος 1 μέτρου στο σταθμό M<sub>4</sub> και ελάχιστη τιμή <0,01 μg-at N/l στα δύο βάθη στους σταθμό M<sub>1</sub>. Τα φωσφορικά ιόντα είχαν μέγιστη τιμή 0,76 μg-at P/l σε βάθος 1 μέτρου στο σταθμό M<sub>1</sub>, και ελάχιστη τιμή <0,01 μg-at P/l σε βάθος 4 μέτρων στο σταθμό M<sub>2</sub> και σε βάθος 1 μέτρου στο σταθμό M<sub>3</sub>. Τα πυριτικά ιόντα είχαν μέγιστη τιμή 47,85 μg-at Si/l σε βάθος 4 μέτρων στο σταθμό M<sub>2</sub> και ελάχιστη τιμή 11,58 μg-at Si/l σε βάθος 1 μέτρου στο σταθμό M<sub>4</sub>. Τα αμμωνιακά ιόντα είχαν μέγιστη τιμή 8,04 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>1</sub> και ελάχιστη τιμή 3,81 μg-at N/l στο σταθμό M<sub>2</sub> σε βάθος 1 μέτρου.

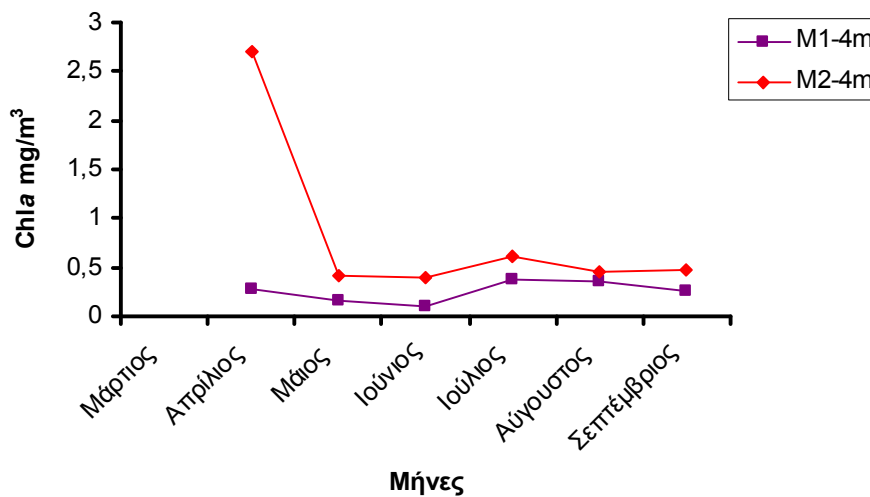


Στις εικόνες 6α και 6β παρουσιάζεται η διακύμανση της χλωροφύλλης στους τέσσερις σταθμούς και στα δύο βάθη από τον Μάρτιο έως Σεπτέμβριο του 2005. Οι τιμές χλωροφύλλης ήταν χαμηλές, με μέγιστες τιμές τον μήνα Ιούλιο στο σταθμό M<sub>1</sub> στα επιφανειακά νερά και τον μήνα Απρίλιο στο σταθμό M<sub>1</sub> σε βάθος 4 μέτρων.

α)



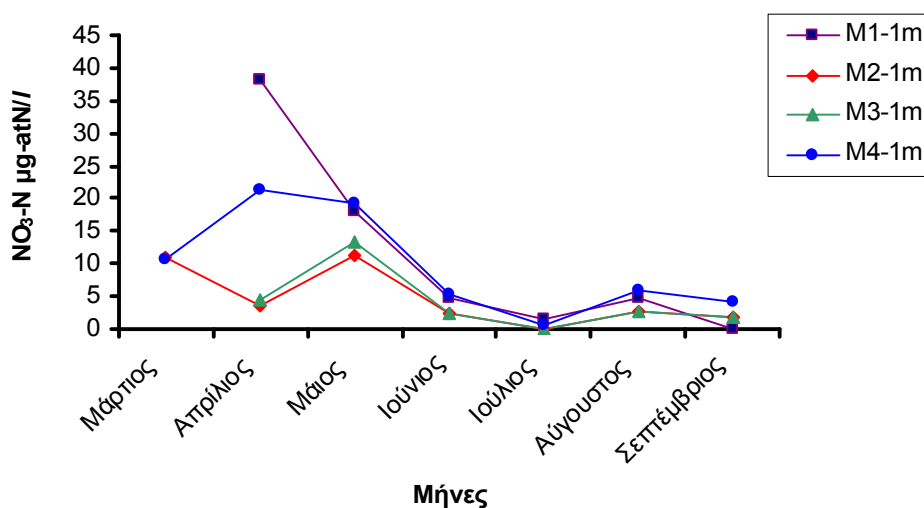
β)



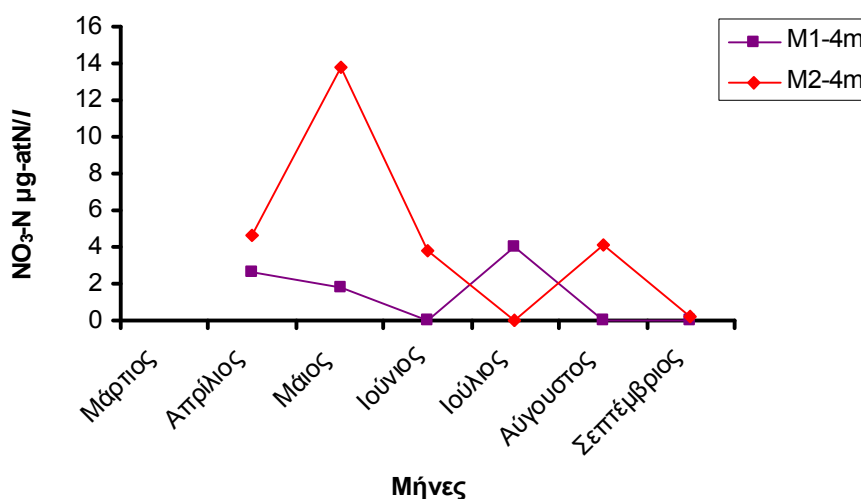
**Εικόνα 6.** Η μεταβολή στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης α) στο 1 μέτρο β) στα 4 μέτρα, στους τέσσερις σταθμούς από τον Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο του 2005.

Στις εικόνες 7α και 7β παρουσιάζεται η διακύμανση των νιτρικών ιόντων στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας και στα δύο βάθη, από τον Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο του 2005. Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών αλάτων ήταν αυξημένες τους πρώτους μήνες (38,17  $\mu\text{g-atN/l}$ ) στο σταθμό M<sub>1</sub> σε βάθος 1 μέτρου.

α)



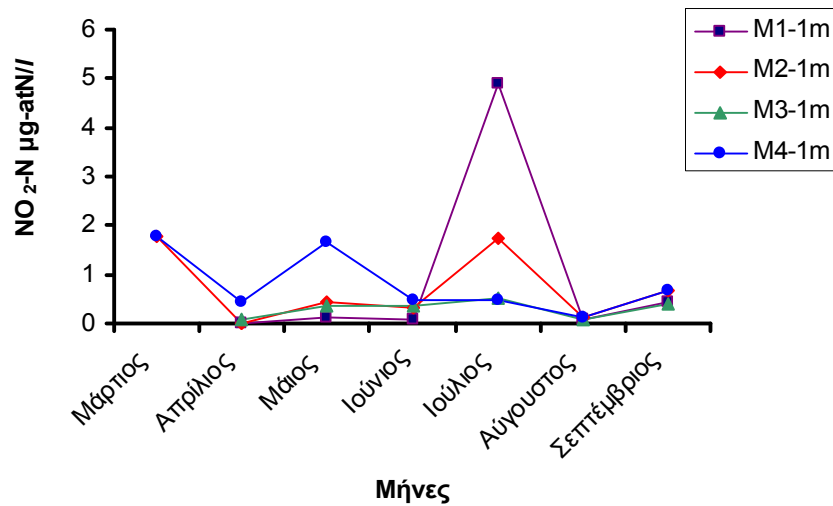
β)



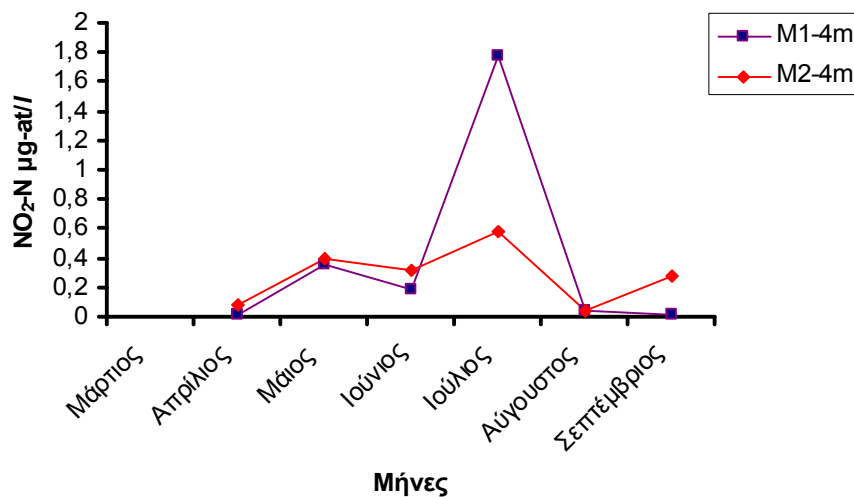
**Εικόνα 7.** Η μεταβολή στη συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων α) στο 1 μέτρο, β) στα 4μέτρα, στους τέσσερις σταθμούς από τον Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο του 2005.

Στις εικόνες 8α και 8β παρουσιάζεται η διακύμανση των νιτρικών ιόντων. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση παρουσιάστηκε τον μήνα Ιούλιο στο σταθμό M<sub>1</sub> στο βάθος 1 μέτρου και τον μήνα Ιούλιο στο σταθμό M<sub>2</sub> στα 4 μέτρα.

α)



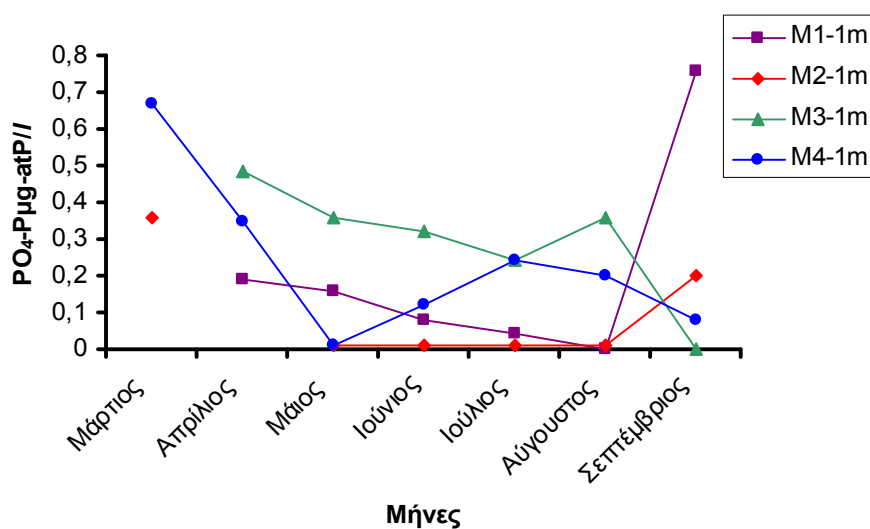
β)



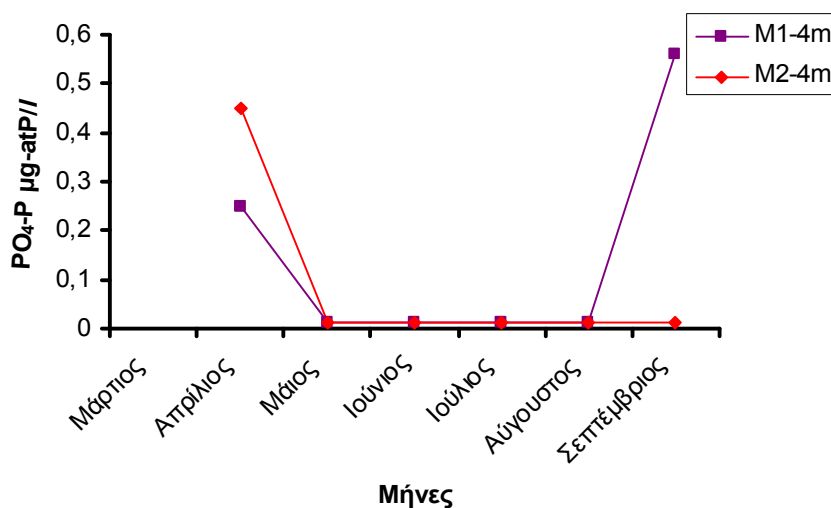
**Εικόνα 8.** Η μεταβολή στη συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων α) στο 1 μέτρο, β) στα 4 μέτρα, στους τέσσερις σταθμούς, από τον Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο του 2005.

Στις εικόνες 9α και 9β παρουσιάζεται η διακύμανση των φωσφορικών ιόντων. Η μέγιστη τιμή στην συγκέντρωση των φωσφορικών ιόντων παρατηρήθηκε τον μήνα Σεπτέμβριο στο σταθμό M<sub>1</sub> σε βάθος 1 μέτρου και μήνα Απρίλιο στο σταθμό M<sub>1</sub> σε βάθος 4 μέτρα, ενώ πολύ χαμηλές τιμές παρατηρήθηκαν στο σταθμό M<sub>2</sub> και στα δύο βάθη.

α)



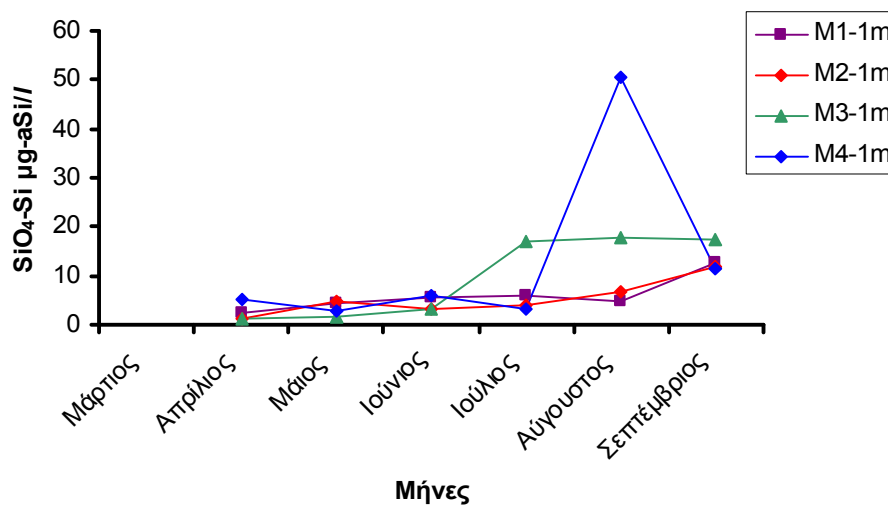
β)



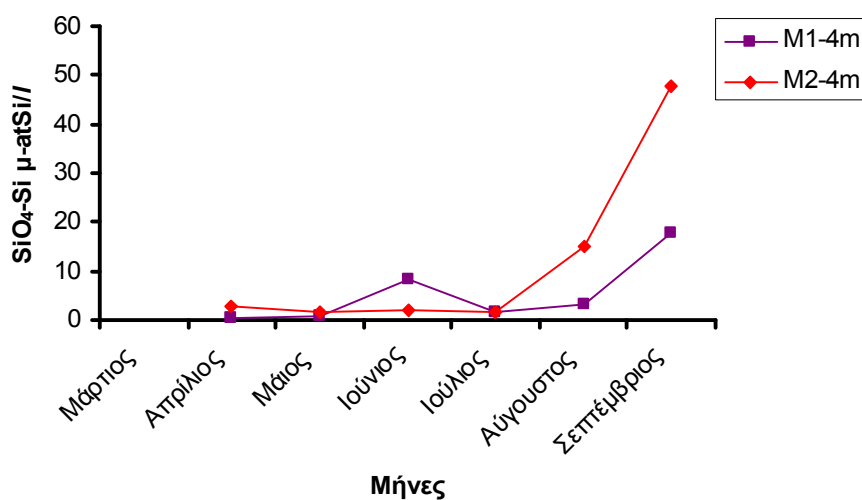
**Εικόνα 9.** Η μεταβολή στη συγκέντρωση των φωσφορικών ιόντων α) στο 1 μέτρο, β) στα 4 μέτρα, στους τέσσερις σταθμούς από τον Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο του 2005.

Στις **εικόνες 10α** και **10β** παρουσιάζεται η διακύμανση των πυριτικών ιόντων. Αξιόλογη μεταβολή των πυριτικών αλάτων παρατηρήθηκε τον μήνα Αύγουστο σε βάθος 1 μέτρου στο σταθμό M<sub>4</sub>, και τον μήνα Σεπτέμβριο σε βάθος 4 μέτρων.

α)



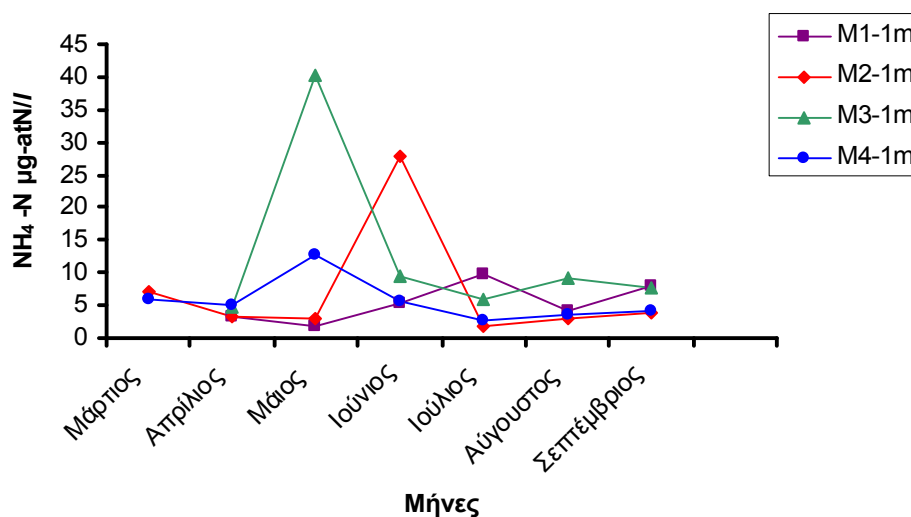
β)



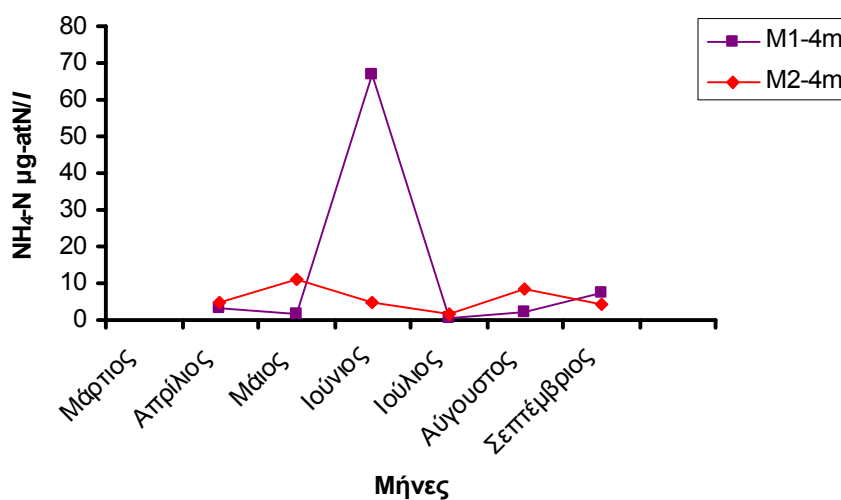
**Εικόνα 10.** Η μεταβολή στη συγκέντρωση των πυριτικών ιόντων α) στο 1 μέτρο, β) στα 4 μέτρα, στους τέσσερις σταθμούς από τον Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο του 2005.

Στις εικόνες 11α και 11β παρουσιάζεται η συγκέντρωση των αμμωνιακών αλάτων. Τα αμμωνιακά άλατα είχαν αυξημένη συγκέντρωση τον μήνα Μάιο σε βάθος 1 μέτρου και τον μήνα Ιούνιο σε βάθος 4 μέτρα, ενώ χαμηλές τιμές παρατηρήθηκαν τον μήνα Ιούλιο.

α)



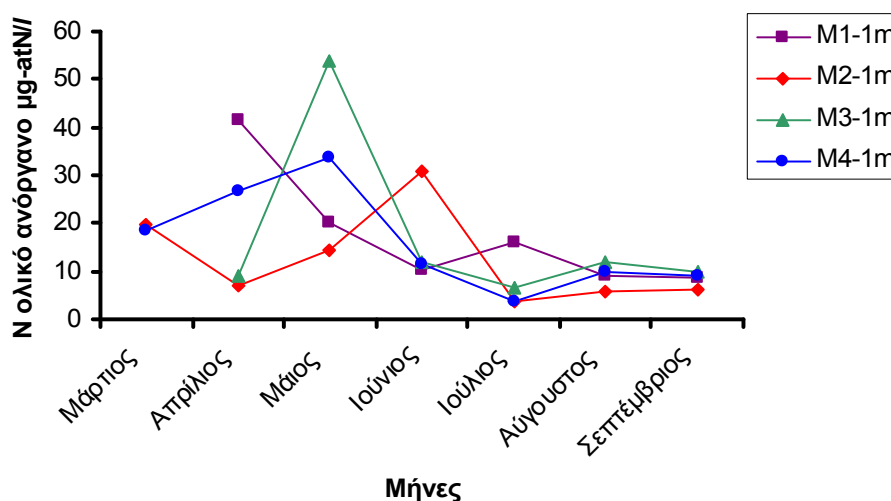
β)



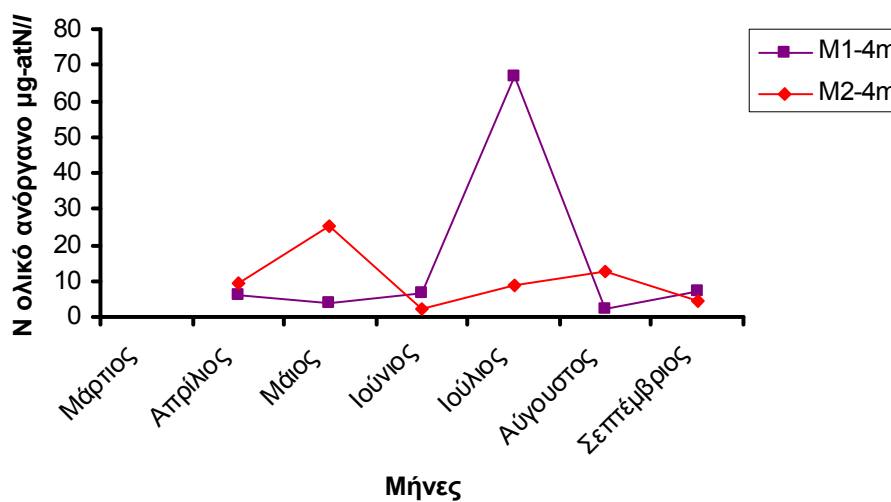
**Εικόνα 11.** Η μεταβολή στη συγκέντρωση των αμμωνιακών αλάτων α) στο 1 μέτρο, β) στα 4 μέτρα, στους τέσσερις σταθμούς από τον Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο του 2005.

Στις εικόνες 12α και 12β παρουσιάζεται η διακύμανση του ολικού ανόργανου Ν. Η συγκέντρωση του ολικού ανόργανου Ν παρουσίασε αυξημένες τιμές τον μήνα Μάιο σε βάθος 1 μέτρου και τον μήνα Ιούλιο σε βάθος 4 μέτρων, ενώ χαμηλές συγκεντρώσεις παρουσιάστηκαν τον μήνα Σεπτέμβριο.

α)



β)



**Εικόνα 12.** Η μεταβολή της συγκέντρωσης του ολικού ανόργανου Ν α) στο 1 μέτρο, β) στα 4 μέτρα, στους τέσσερις σταθμούς από τον Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο του 2005.

#### 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι παράκτιες περιοχές υφίστανται περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προέρχονται από τις διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες (Rosenberg, 1985). Μέσα σε μερικές δεκαετίες, ολιγότροφα εκβολικά και παράκτια συστήματα έχουν μεταβληθεί σε περισσότερο μεσότροφα και εύτροφα, εκδηλώνοντας μια αύξηση στην άνθιση τοξικών φυτοπλαγκτονικών ειδών, συνθήκες υποξίας και ανοξίας, και κατά συνέπεια θνησιμότητα στα ψάρια και στους βενθικούς οργανισμούς (Arhonditsis *et al.*, 2003). Εκτός από την εισαγωγή θρεπτικών αλάτων και ανεπεξέργαστων λυμάτων, οι σύνθετες οργανικές ενώσεις που απελευθερώνονται στο υδάτινο περιβάλλον, όπως χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, βαρέα μέταλλα, συνθετικές οργανικές ενώσεις, υδρογονάνθρακες πετρελαίου κ.α., επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητα των νερών στην παράκτια ζώνη (Rosenberg, 1985; McIntyre, 1992). Τα υδρολογικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής, σε συνδυασμό με τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες παίζουν σημαντικό ρόλο στην σύνθεση και την παραγωγικότητα του φυτοπλαγκτού. Σε ισχυρά στρωματοποιημένα παραγωγικά νερά, η υποξία εμφανίζεται συχνά, και αποτελεί ένα φυσικό φαινόμενο το οποίο ενισχύεται με την περίσσεια της οργανικής ύλης σε αυτά τα νερά (Paerl., 2005). Οι δείκτες που χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση δυσμενών επιπτώσεων στα παράκτια νερά, είναι το διαλυμένο οξυγόνο, η χλωροφύλλη και τα θρεπτικά άλατα δηλαδή, τα νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνιακά, φωσφορικά και πυριτικά άλατα. Οι δείκτες αυτοί χρησιμοποιήθηκαν και στην παρούσα εργασία, στο Πλαίσιο της Οδηγίας 60/2000 για την πολιτική στον Τομέα των Υδάτων.

Τα Νέα Μουδανιά είναι μια μικρή πόλη και το λιμάνι της αποτελεί κυρίως καταφύγιο αλιευτικών σκαφών. Δεδομένα ποιότητας νερών δεν υπάρχουν μέχρι σήμερα για την παράκτια ζώνη της περιοχής. Η εργασία αυτή αποτελεί μια πρώτη εποχιακή καταγραφή των φυσικοχημικών δεδομένων ποιότητας των νερών, στην περιοχή του λιμανιού των Ν. Μουδανιών.

Τα λιμάνια αποτελούν κατά κανόνα κλειστές παράκτιες περιοχές που χαρακτηρίζονται από υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων στο ίζημα, χαμηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου και χαμηλή βιοποικιλότητα στη βενθική βιοκοινωνία (Guerra-García *et al.*, 2005). Οι πλέον συνηθισμένοι ρύποι είναι τα κατάλοιπα των βιοκτόνων που χρησιμοποιούνται στην επίστρωση των υφάλων των



πλοίων, όπως οι οργανοκασσιτερικές ενώσεις, οι υδρογονάνθρακες πετρελαίου και τα βαρέα μέταλλα.

Το λιμάνι των Νέων Μουδανιών είναι μια αβαθής περιοχή με μέγιστο βάθος τα πέντε μέτρα και με περιορισμένη κυκλοφορία του νερού. Στην νοτιότερη περιοχή του λιμανιού εκβάλλει αγωγός επεξεργασίας λυμάτων με ενδεχόμενη επιβάρυνση της περιοχής. Το λιμάνι χρησιμοποιείται σαν αλιευτικό καταφύγιο σε όλη την διάρκεια του έτους. Η παράκτια ζώνη και το λιμάνι της πόλης αποτελούν και πόλο έλξης για τους τουρίστες κατά τους θερινούς μήνες. Η περιβαντολλογική εκτίμηση της ποιότητας των νερών του λιμανιού είναι απαραίτητη τόσο λόγω της εμπορικής του σημασίας, όσο και της βιολογικής του σπουδαιότητας ως ευαίσθητη παράκτια περιοχή (Wooldridge *et al*, 1999).

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν να μελετηθούν τα χαρακτηριστικά ποιότητας των νερών στο λιμάνι των Νέων Μουδανιών Χαλκιδικής στο πλαίσιο της οδηγίας 60/2000 της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η Οδηγία 60/2000, δίνει τις γενικές κατευθύνσεις για την ταξινόμηση των νερών σε νερά υψηλής, καλής και μέσης κατάστασης από άποψη φυσικοχημικής ποιότητας. Η προστασία της υδρόβιας ζωής εξασφαλίζεται με συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου 5 mg/l (Best *et al*, 2007), ενώ τα προτεινόμενα όρια για την εμφάνιση επιπτώσεων δίνονται στον παρακάτω πίνακα (Best *et al*, 2007):

<u>Συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου mg/l</u>	<u>Προβλεπόμενη επίπτωση</u>
>8	Καμία επίπτωση
4-8	Χαμηλή επίπτωση
2-4	Εν δυνάμει επίπτωση
<2	Πιθανή επίπτωση

Οι διακυμάνσεις στη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου καθορίζονται από βιολογικές διεργασίες όπως η φωτοσύνθεση και η αναπνοή, αλλά και φυσικοχημικές παραμέτρους όπως η θερμοκρασία και η αλατότητα. Οι τιμές της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου οι οποίες παρατηρήθηκαν στο λιμάνι των Ν. Μουδανιών, κυμάνθηκαν από 0,8 έως 5,92 mg O<sub>2</sub>/l. Τα προτεινόμενα όρια για το διαλυμένο οξυγόνο στο θαλάσσιο περιβάλλον από τη διεθνή βιβλιογραφία, ώστε να μην εμφανίζονται αρνητικές επιπτώσεις, είναι 4-8 mg O<sub>2</sub>/l (Best *et al*, 2006). Συγκεντρώσεις 2-4 mg O<sub>2</sub>/l αναφέρονται ως υποξία και σχετίζονται με αρνητικές

επιπτώσεις για τη θαλάσσια ζωή, ενώ τιμές διαλυμένου οξυγόνου μικρότερες από 2 mg O<sub>2</sub>/l δημιουργούν ανοξικές συνθήκες (Devlin *et al*, 2007).

Οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο στο σταθμό M<sub>4</sub> στα επιφανειακά στρώματα και στο σταθμό M<sub>2</sub> σε βάθος τεσσάρων μέτρων ήταν μικρότερες από 2 mg O<sub>2</sub>/l, παρατηρήθηκαν δηλαδή ανοξικές συνθήκες με πιθανές επιπτώσεις στην υδρόβια ζωή (Best *et al*, 2007). Η μείωση αυτή πιθανώς αποδίδεται σε επίδραση ανθρωπογενών δραστηριοτήτων ή σε κάποια πιθανή μεταφορά λυμάτων από τον αγωγό επεξεργασμένων λυμάτων της πόλης των Ν.Μουδανιών. Κατά τους θερινούς μήνες, όπου αναμένεται μια μείωση στη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου, παρατηρήθηκε μια αύξηση φτάνοντας σε σχεδόν φυσιολογικά επίπεδα. Η αύξηση αυτή μπορεί να αποδοθεί στο μικρότερο ποσό συσσώρευσης του οργανικού φορτίου και στην καλή ανανέωση του νερού.

Στην Ελλάδα, η ποιότητα των νερών που προορίζονται για κολύμβηση, καθορίζεται στην Διυπουργική Απόφαση αρ. οικ. 46399/1352 (ΦΕΚ 438 Β', 3-7-1986) σε συμμόρφωση με τις σχετικές Οδηγίες του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. Στην Απόφαση αυτή, τα επιθυμητά όρια για το διαλυμένο οξυγόνο θα πρέπει να είναι μεταξύ 80-120% της τιμής κορεσμού (Ζανάκη, 2001), που αντιστοιχεί σε 6.2 – 11 ml O<sub>2</sub>/l. Η προκύπτουσα τιμή, % κορεσμού, εξασφαλίζει ένα καλύτερο δείκτη του σχετικού ποσού διαθέσιμου οξυγόνου στην υδρόβια ζωή από ότι η συγκέντρωση (NJDEP, 1999).

Σε όλους τους σταθμούς η σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας που παρατηρήθηκε, ήταν αναμενόμενη για την εποχή. Η μείωση της αλατότητας κατά τους θερινούς μήνες, πιθανώς συνδέεται με την εισροή γλυκών υδάτων στην περιοχή.

Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκε από <0,01 έως 38,17 μg-at N/l, με ιδιαίτερα αυξημένες τιμές στον σταθμό M<sub>1</sub> στο ένα μέτρο, τους μήνες Μάρτιος έως Ιούνιος. Οι εξαιρετικά υψηλές τιμές στη συγκέντρωση των νιτρικών τους πρώτους μήνες ερμηνεύουν και τις πολύ χαμηλές τιμές του διαλυμένου οξυγόνου την ίδια χρονική περίοδο. Σε μελέτη για τον Κόλπο Θεσσαλονίκης, αυξημένες τιμές νιτρικών προσδιορίστηκαν, φτάνοντας έως και τα 11,2 μg-at N/l σε κάποιους σταθμούς (Παυλίδου, 2005). Αυξημένες τιμές έχουν αναφερθεί και στον Κόλπο της Ελευσίνας, με μέσες ετήσιες τιμές νιτρικών ιόντων της τάξης των 1,82 μg-at N/l (Σιώκου-Φράγκου κ.α., 2000).

Τα νιτρώδη ιόντα ως ενδιάμεσο προϊόν οξείδωσης της οργανικής ύλης συνήθως εμφανίζουν μικρότερη συγκέντρωση από αυτή των νιτρικών. Αυξημένες

τιμές νιτρωδών ιόντων δηλώνουν αναγωγικές συνθήκες και έλλειψη σε διαλυμένου οξυγόνου. Η συγκέντρωσή τους στην περιοχή του λιμανιού κυμάνθηκε από <0,01 έως 4,89  $\mu\text{g-at N/l}$  με μέγιστη συγκέντρωση τον μήνα Ιούλιο. Οι τιμές των νιτρωδών ήταν αυξημένες σε σχέση με την βιβλιογραφία για τα παράκτια νερά (Κορσίνι-Φωκά κ.α., 1996; Karydis, 1999; Arhonditsis *et al*, 2003).. Η μεταβολή της συγκέντρωσης των νιτρωδών ιόντων παρουσίασε δύο μέγιστα τους μήνες Μάιο και Ιούλιο (φτάνοντας τα 1.64  $\mu\text{g-at N/l}$  και 4.89  $\mu\text{g-at N/l}$  αντίστοιχα).

Τα αμμωνιακά άλατα αποτελούν προϊόν του φυσικού μεταβολισμού πολλών οργανισμών, και σε περιοχές που παρουσιάζουν συνθήκες ανοξίας οι τιμές τους είναι αυξημένες λόγω της απονιτροποίησης. Η συγκέντρωση των αμμωνιακών αλάτων στο λιμάνι κυμάνθηκε από 0,54 έως 66,68  $\mu\text{g-at N/l}$ . Τα αμμωνιακά άλατα παρουσίασαν ιδιαίτερα αυξημένες συγκεντρώσεις τον μήνα Μάιο και τον μήνα Ιούνιο. Σε αντίστοιχη μελέτη στην περιοχή της Χαλάστρας και του Λουδία αυξημένες τιμές αμμωνιακών αναφέρθηκαν, φτάνοντας έως και τα 10  $\mu\text{M}$  στην περιοχή του Λουδία (Πάγκου, 2001). Σε μελέτη στον Κόλπο Καβάλας η μέγιστη τιμή των αμμωνιακών αλάτων ήταν 3,81  $\mu\text{g-at N/l}$  (Συλαίος κ.α., 2000).

Οι διακυμάνσεις στη συγκέντρωση των φωσφορικών αλάτων στην περιοχή συνδέονται με αυξομειώσεις στη βιολογική δραστηριότητα. Τα φωσφορικά άλατα κυμάνθηκαν από <0,01 έως 0,76  $\mu\text{g-at P/l}$ , με τιμές που αντιστοιχούν σε ολιγοτροφικές έως μεσοτροφικές συνθήκες. Μέγιστες τιμές παρατηρήθηκαν στην επιφάνεια τον μήνα Μάρτιο στο σταθμό  $M_4$  και τον μήνα Σεπτέμβριο στο σταθμό  $M_1$ . Στον σταθμό  $M_1$ , απότομη αύξηση των φωσφορικών ιόντων παρατηρήθηκε στην επιφάνεια (0,76  $\mu\text{g-at P/l}$ ) και στα 4m (0,56  $\mu\text{g-at P/l}$ ) τον μήνα Αύγουστο.

Η συγκέντρωση των πυριτικών αλάτων αυξάνεται λόγω της αποσύνθεσης οργανισμών με πυριτικές δομές, όπως είναι τα διάτομα. Στην παρούσα μελέτη, η συγκέντρωση των πυριτικών αλάτων κυμάνθηκε από 0,23 έως 50,63  $\mu\text{g-at Si/l}$ . Αυξημένες συγκεντρώσεις παρουσιάστηκαν τους θερινούς μήνες, με μέγιστη τιμή (50,63  $\mu\text{g-at Si/l}$ ) στον σταθμό  $M_4$  στο 1 μέτρο τον μήνα Αύγουστο. Την περίοδο αυτή παρουσιάζεται και αυξημένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα και η παρουσία πυριτικών ιόντων συνδέεται με την πιθανή παρουσία διατομών στους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς. Σε μελέτες από άλλες παράκτιες περιοχές που έγιναν στην Ελλάδα, αυξημένες συγκεντρώσεις πυριτικών αλάτων καταγράφηκαν, αφού η συγκέντρωσή τους στον Β.Ευβοϊκό Κόλπο έφτασε έως και τα 12,36  $\mu\text{g-at Si/l}$  (Ψυλλίδου-Γκιουράνοβιτς κ.α., 1993), και στον Σαρωνικό Κόλπο και τον Κόλπο της

Ελευσίνας τα 47,36  $\mu\text{g-at Si/l}$  (Ψυλλίδου-Γκιουράνοβιτς κ.α., 1997). Σε μελέτη που έγινε σε ζώνες παραγωγής μυδιών στους κόλπους Θεσσαλονίκης και Θερμαϊκού, και ειδικότερα στην περιοχή του Λουδία, η συγκέντρωση των πυριτικών σε κάποιους σταθμούς έφτασε έως και τα 25 $\mu\text{g-at Si/l}$  (Πάγκου, 2001).

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης  $\alpha$  χρησιμοποιείται ως δείκτης της βιομάζας του φυτοπλαγκτού αλλά και για την εκτίμηση της τροφικής κατάστασης του θαλασσινού νερού, και με βάση την συγκέντρωση της μια περιοχή μπορεί να χαρακτηριστεί ως oligότροφη, mesότροφη, και εύτροφη (Ignatiades *et al.*, 1992). Στην παρούσα μελέτη η τιμή της κυμάνθηκε από 0,07 έως 4,43  $\text{mg χλωροφύλλης /m}^3$ .

Σύμφωνα με διεθνείς οργανισμούς (OECD), τα κριτήρια ευτροφικών συνθηκών είναι για τη χλωροφύλλη με μέση τιμή  $> 8 \mu\text{g/l}$ , το ολικό ανόργανο άζωτο  $> 15 \mu\text{M}$  τους χειμερινούς μήνες, ενώ ο λόγος N:P  $> 25/1$  (Painting *et al*, 2007).

Η χλωροφύλλη είχε μια μέγιστη τιμή τον μήνα Ιούλιο στα επιφανειακά νερά και τον μήνα Απρίλιο σε βάθος τεσσάρων μέτρων. Τα δύο αυτά μέγιστα ακολουθούν και τις αυξημένες συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων που καταγράφηκαν την άνοιξη. Με εξαίρεση τις δύο μέγιστες τιμές, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης κυμάνθηκε σε φυσιολογικά επίπεδα.

Η σχέση N: P μεταβάλλεται κατά μέσο όρο και στους τέσσερις σταθμούς από 28 έως 279, δείχνοντας μεγάλη επιβάρυνση σε ανόργανες μορφές αζώτου (φυσιολογικά 16:1). Οι αζωτούχες ενώσεις πιθανόν να προέρχονται από τον αγωγό που επεξεργάζεται λύματα της πόλης των Νέων Μουδανιών που εκβάλλει νοτιότερα του λιμανιού ή από κάποια άλλη άγνωστη ανθρωπογενή δράση στο χώρο του λιμανιού.

Η Κοινοτική Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά (WFD) θέτει για πρώτη φορά ένα λεπτομερές και ολοκληρωμένο πλαίσιο προστασίας και διαχείρισης όλων των ευρωπαϊκών υδάτινων πόρων και οικοσυστημάτων. Στο πλαίσιο αυτό εμπλέκεται έμμεσα και η λειτουργία των λιμενικών εγκαταστάσεων. Η εφαρμογή της οδηγίας 60/2000 Ε.Ε. στους Ελληνικούς λιμένες μπορεί να προσφέρει το έναυσμα για μια ολοκληρωμένη κατανόηση των ρύπων στις λιμενολεκάνες. Οι μέχρι σήμερα εξελίξεις και πρακτικές για τον τρόπο ενσωμάτωσης των λιμενικών δραστηριοτήτων στις απαιτήσεις της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Νερά καλύπτονται από αβεβαιότητα και ελλιπή πληροφόρηση (Παλάντζας κ.α., 2006).

Η οδηγία WFD (60/2000 Ε.Ε.) εισήγαγε μεταξύ άλλων απαιτήσεων την οικολογική αποτίμηση για όλα τα νερά, χρησιμοποιώντας στοιχεία βιολογικής,

υδρομορφολογικής και φυσικοχημικής ποιότητας. Αποτελεί μια βάση για καθαρή και λεπτομερή αποτίμηση του ευτροφισμού και περιέχει την δυνατότητα για μια πιο ενοποιημένη προσέγγιση του προβλήματος (SoHelME, 2005).

Στην παρούσα εργασία έγινε για πρώτη φορά η εκτίμηση των παραμέτρων ποιότητας των νερών στο λιμάνι των Νέων Μουδανιών Χαλκιδικής σύμφωνα με το πλαίσιο της Οδηγίας 60/2000 της πολιτικής στον Τομέα των Υδάτων. Για μια ολοκληρωμένη μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων στο λιμάνι Νέων Μουδανιών, απαιτείται και η μελέτη ρύπων που έχουν τοξικές επιπτώσεις (βαρέα μέταλλα, βιοκτόνα, οργανοκασσιτερικές ενώσεις) καθώς και η αποτίμηση ενδεχόμενων επιπτώσεων των ρύπων στο ίζημα και τους οργανισμούς.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι δείκτες που χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση δυσμενών επιπτώσεων στις παράκτιες περιοχές, είναι το διαλυμένο οξυγόνο, η χλωροφύλλη και τα θρεπτικά άλατα. Οι δείκτες αυτοί χρησιμοποιήθηκαν και στην παρούσα εργασία, στο Πλαίσιο της Οδηγίας 60/2000 για την πολιτική στον Τομέα των Υδάτων.

Οι τιμές της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου, βρίσκονταν στα όρια της ανοξίας τους εαρινούς μήνες, ενώ παρατηρήθηκε μια αύξηση των τιμών του σε σχεδόν φυσιολογικά επίπεδα την περίοδο του καλοκαιριού.

Οι υψηλές τιμές στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης τον μήνα Ιούλιο στα επιφανειακά στρώματα δείχνει φωτοσυνθετική δραστηριότητα. Η εκτίμηση της χλωροφύλλης ως δείκτη περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, δείχνει μεσότροφες συνθήκες. Ωστόσο, σύμφωνα με τα διεθνή κριτήρια, απαιτείται συνολική εκτίμηση των δεικτών περιβαλλοντικής ποιότητας για να εξαχθούν αξιόπιστα συμπεράσματα.

Οι τιμές όλων των μορφών του ανόργανου αζώτου ήταν αυξημένες σε σχέση με την βιβλιογραφία για τα παράκτια νερά. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στις τιμές των νιτροδών ιόντων, που αποτελεί δείκτη επικράτησης αναγωγικών συνθηκών και έλλειψης οξυγόνου.

Η σχέση N: P μεταβάλλεται κατά μέσο όρο και στους τέσσερις σταθμούς από 28 έως 279, δείχνοντας μεγάλη επιβάρυνση σε ανόργανες μορφές αζώτου (φυσιολογικά 16:1).

## 6. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή έγινε συστηματική παρακολούθηση των παραμέτρων ποιότητας των νερών στο λιμάνι Νέων Μουδανιών Χαλκιδικής, για μια περίοδο επτά μηνών, από τον Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο του 2005. Έγιναν συστηματικές δειγματοληψίες και μετρήσεις των εξής παραμέτρων: θερμοκρασία, αλατότητα, διαλυμένο οξυγόνο, θρεπτικά άλατα του αζώτου (νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνιακά), του φωσφόρου και του πυριτίου, και χλωροφύλλη. Τα δείγματα λαμβάνονταν από τέσσερα σημεία δειγματοληψίας και δύο 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 καταγράφει για πρώτη φορά την ποιότητα των νερών μέσα στο λιμάνι των Νέων Μουδανιών 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. Αξιολογήθηκε η περιβαλλοντική κατάσταση των παράκτιων νερών στο λιμάνι Ν. Μουδανιών και παρουσιάστηκε η εποχιακή διακύμανση της θερμοκρασίας, της αλατότητας, του διαλυμένου οξυγόνου, των θρεπτικών αλάτων και της χλωροφύλλης.

Το εύρος των τιμών των συγκεντρώσεων των παραμέτρων που μετρήθηκαν ήταν: Θερμοκρασία 14 - 27 °C , αλατότητα 25,1 - 38,2 ‰, διαλυμένο οξυγόνο 0,67-4,14 ml O<sub>2</sub>/l (0,8 - 5,92 mg O<sub>2</sub>/l), χλωροφύλλη 0,04 - 4,43 mg/m<sup>3</sup>, νιτρώδη <0,01-4,89 μg-at N/l, νιτρικά <0,01 - 38,17 μg-at N/l, φωσφορικά <0,01 - 0,76 μg-at P/l, αμμωνιακά 0,54 - 66,68 μg-at N/l, πυριτικά 0,23 - 50,63 μg-at Si/l και ολικό ανόργανο άζωτο 1,94 - 66,86 μg-at N/l.

Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με τα όρια που τίθενται από την ελληνική νομοθεσία καθώς και τα κριτήρια ποιότητας διεθνών οργανισμών. Σύμφωνα με αυτά τα κριτήρια, τα νερά του λιμανιού των Νέων Μουδανιών, είναι φτωχά σε οξυγόνο, με συνθήκες που τους εαρινούς μήνες είναι σχεδόν ανοξικές. Αντίθετα, προς το τέλος του θέρους, η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου βρίσκεται σε φυσιολογικά επίπεδα και συμβαδίζει με ανάλογη ανάπτυξη φωτοσυνθετικών οργανισμών την ίδια χρονική περίοδο. Τα επίπεδα των θρεπτικών αλάτων είναι αυξημένα, κυρίως όσον

αφορά τα άλατα του αζώτου. Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων, που είναι δείκτης επικράτησης αναγωγικών συνθηκών και έλλειψης οξυγόνου, εμφανίζεται ιδιαίτερα αυξημένη. Η σχέση N:P μεταβάλλεται κατά μέσο όρο και στους τέσσερις σταθμούς από 28 έως 279, δείχνοντας μεγάλη επιβάρυνση σε ανόργανες μορφές αζώτου.



## 7. ABSTRACT

In this work, water quality monitoring of the shallow waters of the harbour of the city of Nea Moudania (Halkidiki, Greece) took place, for a seven months period, March-September 2005. Water samples were collected monthly, from four sampling locations and two depths, one and four meters. The measured parameters were: temperature, salinity, dissolved oxygen, nutrients (nitrate, nitrite, ammonium, phosphate and silicate) and chlorophyll  $\alpha$ . Laboratory analysis performed according to the standard methods for seawater analysis. The research follows the European Union Directive 60/2000, for the classification of waters according to their physicochemical quality. The systematic measurement of dissolved oxygen, nutrients and chlorophyll as a measure of phytoplankton biomass, provides the criteria for the evaluation of coastal water quality and the identification of eutrophic conditions. In this research project, the environmental quality of the coastal waters of the harbour of the city of Nea Moudania has been evaluated, for the first time. The seasonal variation of the measured parameters is also presented and discussed.

Temperature varied from 14 - 27 °C, salinity ranged from 25,1 - 38,2 ‰, the concentration of dissolved oxygen ranged from 0,67-4,14 ml O<sub>2</sub>/l (0,8 - 5,92 mg O<sub>2</sub>/l), chlorophyll  $\alpha$  varied from 0,04 - 4,43 mg/m<sup>3</sup>, nitrate values ranged from <0,01- 4,89 µg-at N/l, while nitrite varied from <0,01 - 38,17 µg-at N/l and ammonium concentrations ranged from 0,54 - 66,68 µg-at N/l. Phosphate values were <0,01 - 0,76 µg-at P/l and silicate concentration varied from 0,23 - 50,63 µg-at Si/l. The total inorganic nitrogen range was: 1,94 - 66,86 µg-at N/l.

Dissolved oxygen concentrations fall in the range of values characterized as hypoxia, especially during the spring months. On the contrary, in the late summer, higher concentrations of dissolved oxygen were recorded. Nutrient levels were high suggesting mesotrophic to eutrophic conditions. The N:P ratio varied from 28-279, in all four stations, indicating high enrichment in the inorganic forms of nitrogen.

## 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Arhonditsis, G., Eleftheriadou, M., Karydis, M., Tsirtsis, G., (2003). Eutrophication risk assessment in coastal embayments using simple statistical models. *Marine Pollution Bulletin* **46**, 1174-1178 pp.
- Beer, J., (1993). *Environmental Oceanography: An introduction to the behaviour of coastal waters*. Pergamon Press, Oxford, 262 pp.
- 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 pp.
- Best, M.A., Wither, A.W., Coates, S., (2006). Dissolved oxygen as a physico-chemical supporting element in the Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* **55**, 53-64 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* **38**, 222-231 pp.
- Bricker, S.B., Stevenson, J.C., (1996). Nutrient in Coastal waters: a chronology and synopsis of research. *Estuaries* **19**, 337-341 pp.
- Devlin, M., Painting, S., Best, M., (2007). Setting nutrient thresholds to support an ecological assessment based on nutrient enrichment, potential primary production and undesirable disturbance. *Marine Pollution Bulletin* **55**, 65-73 pp.
- Dugdale, R.C., (1967). Nutrient limitation in the sea: dynamics, identification and significance. *Limnol. Oceanogr.* **12**, 685-695 pp.
- EPA, 2004. National Coastal Condition Report II, EPA-620/R-03/2002. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- Fent, K., (2004). Ecotoxicological effects ta contaminated sites. *Toxicology* **205**, 223-240 pp.
- Friligos, N., (1982a). Enrichment of Inorganic Nutrients in the Inner Saronicos Gulf (1973-1976). *Marine Pollution Bulletin* **13**, 154-158 pp.
- Friligos, N., (1982b). Some Consequences of the Decomposition of Organic Matter in the Elefsis Bay, an Anoxic Basin. *Marine Pollution Bulletin* **13**, 103-106 pp.
- Grasshoff, K., Kremling K., Edhardt, M., (1999). *Methods of Seawater Analysis*, Wiley-VCH, 600 pp.

- Guerra-Garcia, J.M., Garcia-Gonez, J.C., (2005). Oxygen levels versus chemical pollutants: do they have similar influence on macrofaunal assemblages? A case study in a harbour with two opposing entrances. *Environmental Pollution* **135**, 281-291 pp.
- Hernandez-Lopez, J., Vargas-Albores, F., (2003). A microplate technique to quantify nutrients ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{PO}_4^-$ ) 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* **24**, 238-243 pp.
- 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* **30**, 41-46 pp.
- 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 Chemie, N.Y. 117-118.
- 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* **25**, 28-31 pp.
- Millero, F.J., (1996). *Chemical Oceanography, 2<sup>nd</sup> Edition*, CRC Press.
- Moriki, A., Karydis, M., (1994). Application of Multicriteria Choice-Methods in Assessing Eutrophication. *Environmental Monitoring and Assessment* **33**, 1-18 pp.
- NJDEP, (1999). *Report On Marine and Coastal Water Quality 1993-1997*. Water Monitoring Management. New Jersey Department of Environmental Protection.
- 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.
- 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*.

- Painting, S. J., Devlin, M. J., 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.
- Parsons, R., Maita, Y., Lalli, M., (1984). *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*. Pergamon Press. 173 pp.
- Rosenberg, R., (1985). Eutrophication – the Future Marine Coastal Nuisance ?. *Marine Pollution Bulletin* **16**, 227-231 pp.
- SoHelME, (2005). *State of the Hellenic Marine Environment*. (eds. Papathanassiou E., Zenetos A.), HCMR Publ., 360 pp.
- Strain, P.M., Yeats, P.A., (1999). The Relations between Chemical Measures and Potential Predictors of the Eutrophication Status of Inlets. *Marine Pollution Bulletin* **38**, 1163-1170 pp.
- Strickland, J.D.H., Parsons, T.R., (1972). *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Fish. Res. BD. Can. Bulletin **167**, 361 pp.
- Tolosa, I., Readman, J.W., Blaevoet, A., Ghilini, S., Bartocci, J., Horvat, M., (1996). Contamination of Mediterranean (Cote d' Azur) Coastal Waters by Organotins and Irgarol 1051 Used in Antifouling Paints. *Marine Pollution Bulletin* **32**, 335-341 pp.
- Triantafyllou, G., Petihakis, G., Donnas, C., Theodorou, A., (2001). Assessing Marine Ecosystem Response to Nutrient Inputs. *Marine Pollution Bulletin* **43**, 175-186 pp.
- Wooldridge, C.F., McMullen, C., Howe, V., (1999). Environmental management of ports and harbours - implementation of policy through scientific monitoring. *Marine Policy* **23**, 413-4258 pp.

## **ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Γκότση, Ο., Ψόχιου, Ε., Λεμπέσης, Γ., Μπράμπα, Δ., Θεοδώρου, Α., Μπαλόπουλος, Ε., (2000). Εποχιακή Διακύμανση Φυτοπλαγκτού και Περιβαλλοντικών Παραμέτρων σε Ημίκλειστη Θαλάσσια Περιοχή (Αμβρακικός Κόλπος). 6<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας και Αλιείας, Χίος, σελ. 512-516.

- Γκότση-Σκρέτα, Ο., Μπόγδανος, Κ., Παναγιωτάκη, Π., Ψόχιου, Ε., Θεοδώρου Α.Ι., (2003). Εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης του Αμβρακικού κόλπου και ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών. 11<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων, Πρέβεζα, σελ 99-102.
- Ζανάκη, Κ., (2001). *Έλεγχος Ποιότητας Νερού*, Εκδόσεις Ίων, Δεύτερη Έκδοση, σελ. 39-50.
- Κορσίνι-Φωκά, Μ., Σιούλας, Α., Χατήρης, Γ.Α., Σταματέλλος, Σ., (1998). Φυσικές και χημικές παράμετροι του θαλάσσιου ύδατος σε Β.Α. παράκτιους σταθμούς της Νήσου Ρόδου. 6<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας και Αλιείας, Χίος, σελ 160-165.
- Κουσούρης, Θ.Σ., Φώτης, Γ.Δ., Κονίδης, Α.Ι., (1995). *Περιβάλλον & Υδατοκαλλιέργεια*, Τμήμα Εκδόσεων της Αγροτικής τράπεζας της Ελλάδος, 47 σελ.
- Μπελιάς, Χ., Μπίκας, Β., Σκούλλος, Μ., Δασενάκης, Μ., (2000). Επιδράσεις εντατικής ιχθυοκαλλιέργειας στον Κόλπο του Αστακού. Θρεπτικά. 6<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας και Αλιείας, Χίος, σελ. 361-363.
- Πάγκου, Κ., (2001). Διαχειριστική Μελέτη Ζωνών Παραγωγής Μυδιών των Κόλπων Θεσσαλονίκης και Θερμαϊκού. Μελέτη για τη Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Θεσσαλονίκης, Εθνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (Ε.Κ.Θ.Ε.), Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας, 43 σελ.
- 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.
- Παλάντζας, Γ., Κουτίτας, Χ., Νανιόπουλος, Α., (2006). Η εφαρμογή της οδηγίας 2000/60 Ε.Ε. στους ελληνικούς λιμένες. 8<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας και Αλιείας, Θεσσαλονίκη, σελ 1-3.
- Παυλίδου, Α., (2005). Χημικές Παράμετροι στη Στήλη Νερού: Διαλυμένο Οξυγόνο και Θρεπτικά Άλατα. Στην: «Παρακολούθηση της Ποιότητας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος του Κόλπου Θεσσαλονίκης (Θερμαϊκός 2004) ». Ενδιάμεση Τεχνική Έκθεση, ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε., Αθήνα 2005, σελ. 25-38.
- Παυλίδου, Α., Ψυλλίδου-Γκιουράνοβιτς, Ρ., (1997). Προκαταρκτική Μελέτη Θρεπτικών Αλάτων και Οξυγόνου σε 7 διαδοχικούς κύκλους δειγματοληψιών στον Ν-ΝΑ Σαρωνικό και Ευβοϊκό Κόλπο (Μάρτιος 1996). 5<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας και Αλιείας, Καβάλα, σελ. 463-466.

- Σιώκου-Φράγκου, Ι., Ασημακοπούλου, Γ., Γεωργακοπούλου-Γρηγοριάδου, Ε., Ζενέτου, Α., Ζέρη, Χ., Ζερβουδάκη, Σ., Καραγεώργης, Α., Κοντογιάννης, Χ., Κρασακοπούλου, Ε., Πάγκου, Κ., Παναγιωτίδης, Π., Παναγούλη, Σ., Pancucci-Παπαδοπούλου, Μ.Α., Παπαδόπουλος, Β., Παυλίδου, Α., Σκληβάγκου, Ε., Σύμπουρα, Ν., Χατζηανέστης, Ι., Ψυλλίδου-Γκιουράνοβιτς, Ρ., (2000). Μεταβολές στο Οικοσύστημα του Σαρωνικού Κόλπου ύστερα από τη λειτουργία του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων της Ψυτάλλειας. 6<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας και Αλιείας, Χίος, σελ. 2-6.
- Σταμάτης, Ν, Ιωαννίδου, Δ., Κουτράκης, Ε., (2000). Κατανομή Θρεπτικών Αλάτων και Φυτικοχημικών Παράμετρων σε τρεις περιοχές του Στρυμονικού Κόλπου. 6<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας και Αλιείας, Χίος, σελ. 439-443.
- Συλαίος, Γ., Ιωαννίδου, Δ., Σταμάτης, Ν., Καλλιανιώτης, Α., (2000). Εκτίμηση της Ποιότητας Νερού στον Κόλπο Καβάλας. 6<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας και Αλιείας, Χίος, σελ. 424-428.
- Φριλίγκος, Ν., Μωρίκη, Α., Γιουράνοβιτς-Ψυλλίδου, Ρ., Γρηγοριάδου-Γεωργακοπούλου, Ε., (1997). Κατανομή Θρεπτικών Αλάτων και Υδρολογικών Παραμέτρων στον Λακωνικό Κόλπο. 5<sup>ο</sup> Συνέδριο Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, Λέσβος, σελ. 571-577.
- Ψυλλίδου-Γκιουράνοβιτς, Ρ., Παυλίδου Α., Γεωργακοπούλου-Γρηγοριάδου, Ε., (1997). Πρόσφατες μετρήσεις Θρεπτικών και Οξυγόνου στο Σαρωνικό και τον Κόλπο της Ελευσίνας (1995). 5<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας και Αλιείας, Καβάλα, σελ. 467-469.
- Ψυλλίδου-Γκιουράνοβιτς, Ρ., Νακοπούλου, Χ., Βουτσίνου-Ταυλιαδούρη, Φ., Γεωργακοπούλου-Γρηγοριάδου, Ε., (1993). Κατάσταση ευτροφισμού του Βόρειου Ευβοϊκού κόλπου. 4<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας και Αλιείας, Ρόδος, σελ. 479-480.