

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

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Επίδραση ιχθυοκαλλιέργειας στα θρεπτικά άλατα της υδάτινης
στήλης στην περιοχή του Πόρου»**

**Αλέξανδρος Γιαμαίος
Κωνσταντίνος Κατραντζής**

ΒΟΛΟΣ 2017

**«Επίδραση ιχθυοκαλλιέργειας στα θρεπτικά άλατα της υδάτινης στήλης στην
περιοχή του Πόρου»**

Διμελής Εξεταστική Επιτροπή:

- 1. Νικόλαος Νεοφύτου**, Επίκουρος Καθηγητής, Υδατοκαλλιέργειες και Περιβάλλον, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Επιβλέπων.***
- 2. Παναγιώτα Παναγιωτάκη**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Υδατοκαλλιέργειες, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος.***

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ειλικρινείς μας ευχαριστίες σε όλους όσοι συνέβαλαν στην εκπόνηση της παρούσας Προπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας.

Ιδιαίτερα θα επιθυμούσαμε να ευχαριστήσουμε τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής κ. Νικόλαο Νεοφύτου για την σημαντική βοήθεια και καθοδήγηση τόσο στο πειραματικό στάδιο της έρευνας όσο και στη συγγραφή της παρούσας εργασίας. Τις ευχαριστίες μας θα θέλαμε να εκφράσουμε επίσης για το μέλος της εξεταστικής μας επιτροπής κα Παναγιώτα Παναγιωτάκη, για την διαρκή υποστήριξή της.

Επιπλέον θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την κα Ραφαηλία Συβρή, Επιστημονικό Συνεργάτη, για τις πολύτιμες συμβουλές και επισημάνσεις της.

Τέλος, αισθανόμαστε την ανάγκη να ευχαριστήσουμε τις οικογένειές μας, για την στήριξή τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μας

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΣΕΛΙΔΕΣ.....	i-iii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1 Ευρύτερη περιοχή έρευνας	5
1.2 Περιοχή έρευνας	7
1.3 Γενικά για τις υδατοκαλλιέργειες	8
1.4 Υδατοκαλλιέργειες στην Ευρώπη και την Ελλάδα	11
1.5 Υδατοκαλλιέργειες και περιβάλλον.....	14
1.6 Σκοπός της εργασίας.....	17
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	18
2.1 Γενικά	18
2.2 Σταθμοί δειγματοληψίας.....	18
2.3 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά	20
2.4 Θρεπτικά άλατα	20
2.5 Στατιστική ανάλυση-Διαγράμματα	24
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	26
3.1 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά	26
3.2 Θρεπτικά άλατα	35
3.3 Στατιστική ανάλυση	53
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	55
4.1 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά	55
4.1.1 Θερμοκρασία	55
4.1.2 Αλατότητα.....	57

4.1.3 Διαλυμένο οξυγόνο	59
4.1.4 Ενεργός οξύτητα	61
4.1.5 Οξειδοαναγωγικό δυναμικό	61
4.1.6 Χλωροφύλλη-α	62
4.2 Θρεπτικά άλατα	63
4.2.1 Αμμωνιακά.....	64
4.2.2 Νιτρώδη	66
4.2.3 Νιτρικά.....	68
4.2.4 Φωσφορικά	68
4.2.5 Πυριτικά.....	70
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	71
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	73

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία πραγματοποιήθηκε με σκοπό την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στην υδάτινη στήλη, μιας μονάδας εκτροφής ιχθύων που εδρεύει στο νησί του Πόρου, στον Σαρωνικό κόλπο.

Για την εκπλήρωση του σκοπού αυτού επιλέχθηκαν συνολικά τρεις δειγματοληπτικοί σταθμοί από τους οποίους πάρθηκαν δείγματα νερού για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων τόσο των φυσικοχημικών παραμέτρων (θερμοκρασία, αλατότητα, διαλυμένο οξυγόνο, ενεργός οξύτητα, δυναμικό οξειδοαναγωγής και χλωροφύλλη-*a*) όσο και των θρεπτικών αλάτων (αμμωνιακά, νιτρώδη, νιτρικά, φωσφορικά και πυριτικά) της περιοχής έρευνας.

Οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων εμφάνισαν την αναμενόμενη διακύμανση. Οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων βρέθηκαν μεγαλύτερες στους δειγματοληπτικούς σταθμούς κοντά στη μονάδα εκτροφής σε σύγκριση με το σταθμό μάρτυρα. Η στατιστική επεξεργασία έδειξε σημαντικές διαφορές μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας για τα αμμωνιακά, τα νιτρώδη και τα νιτρικά.

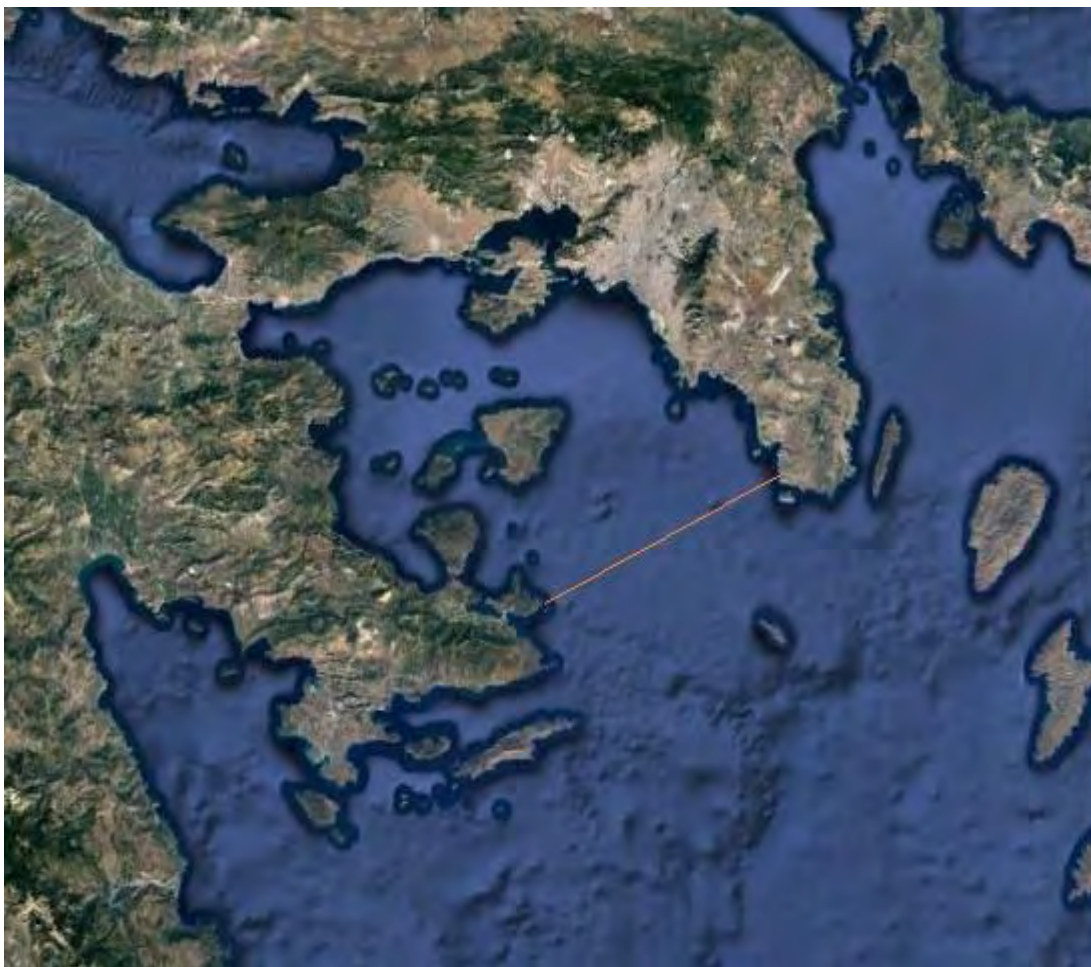
Παρ' όλα αυτά σε καμία περίπτωση δεν ξεπεράστηκαν τα επιτρεπτά όρια των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων, γεγονός που ίσως θα οδηγούσε στην εμφάνιση του φαινομένου του ευτροφισμού με δυσμενείς επιπτώσεις κυρίως για τους εκτρεφόμενους οργανισμούς.

Λέξεις κλειδιά: υδατοκαλλιέργεια, περιβαλλοντικές επιπτώσεις, θρεπτικά άλατα, Σαρωνικός κόλπος

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

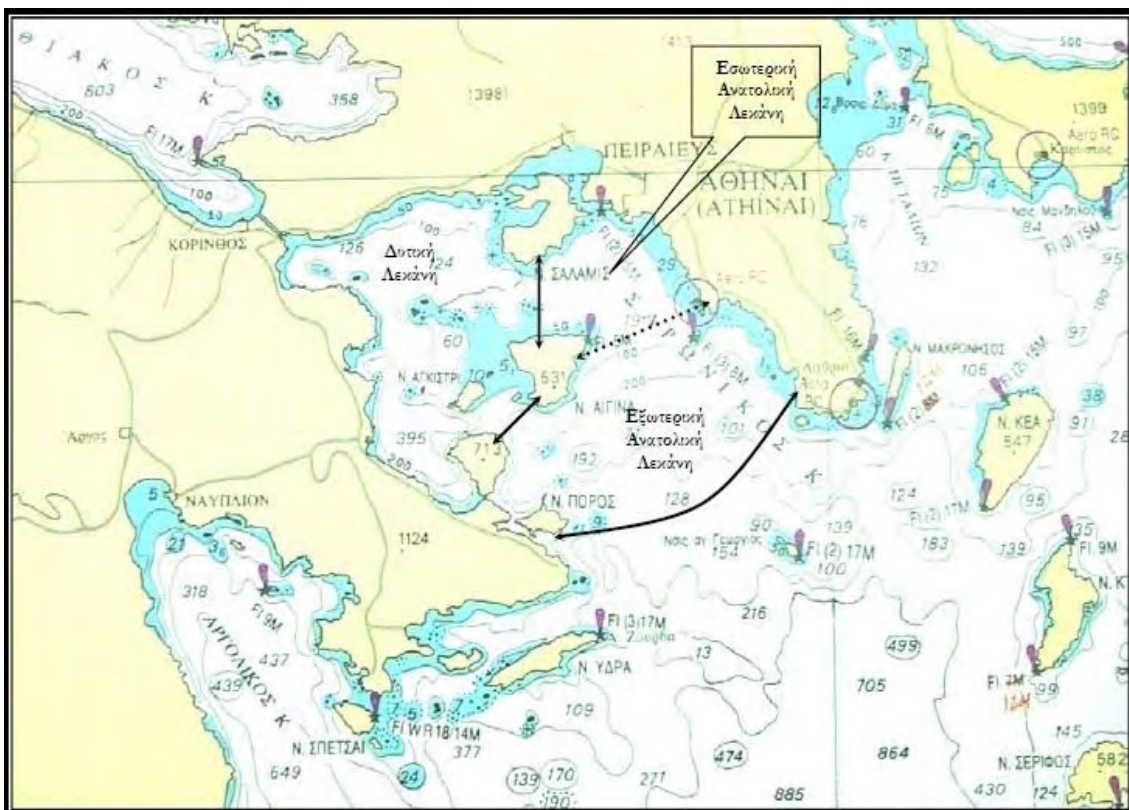
1.1 Ευρύτερη περιοχή έρευνας

Ο Σαρωνικός είναι ένας κόλπος που βρίσκεται στο Ν. Αιγαίο πέλαγος. Θεωρείται κλειστός κόλπος με όριά του τις ακτές της Αττικής, της Πελοποννήσου και τη νοητή γραμμή Πόρου - Σουνίου (Εικ. 1.1) (Καλόσακας 2000).



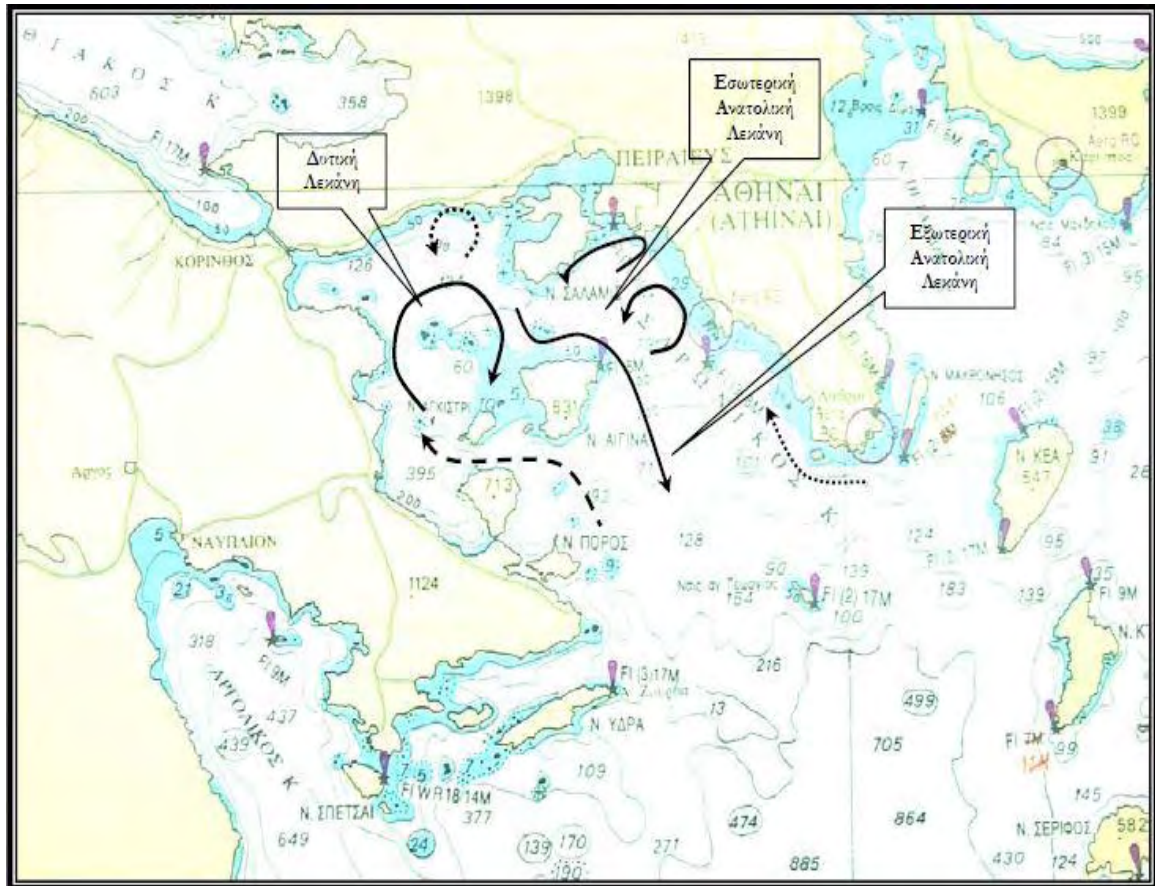
Εικόνα 1.1. Άποψη της ευρύτερης περιοχής έρευνας (Google Earth).

Ο Σαρωνικός χωρίζεται σε δύο λεκάνες, τη δυτική και την ανατολική η οποία με τη σειρά της διακρίνεται στην εσωτερική και στην εξωτερική ανατολική λεκάνη (Εικ. 1.2). Η εξωτερική ανατολική λεκάνη, όπου βρίσκεται και ο Πόρος, χαρακτηρίζεται από ήπια μορφολογία και στις περισσότερες περιπτώσεις από χαμηλή ταχύτητα ιζηματογένεσης. Το μέγιστο βάθος του κόλπου είναι περίπου 416 m, με τον πυθμένα του Ανατολικού Σαρωνικού να παρουσιάζει μικρότερες κλίσεις και βάθη που κυμαίνονται μεταξύ 0 και 100 m (Καλόσακας 2000).



Εικόνα 1.2. Ναυτιλιακός χάρτης Σαρωνικού κόλπου, εκδόσεως Πολεμικού Ναυτικού (Καλόσακας 2000).

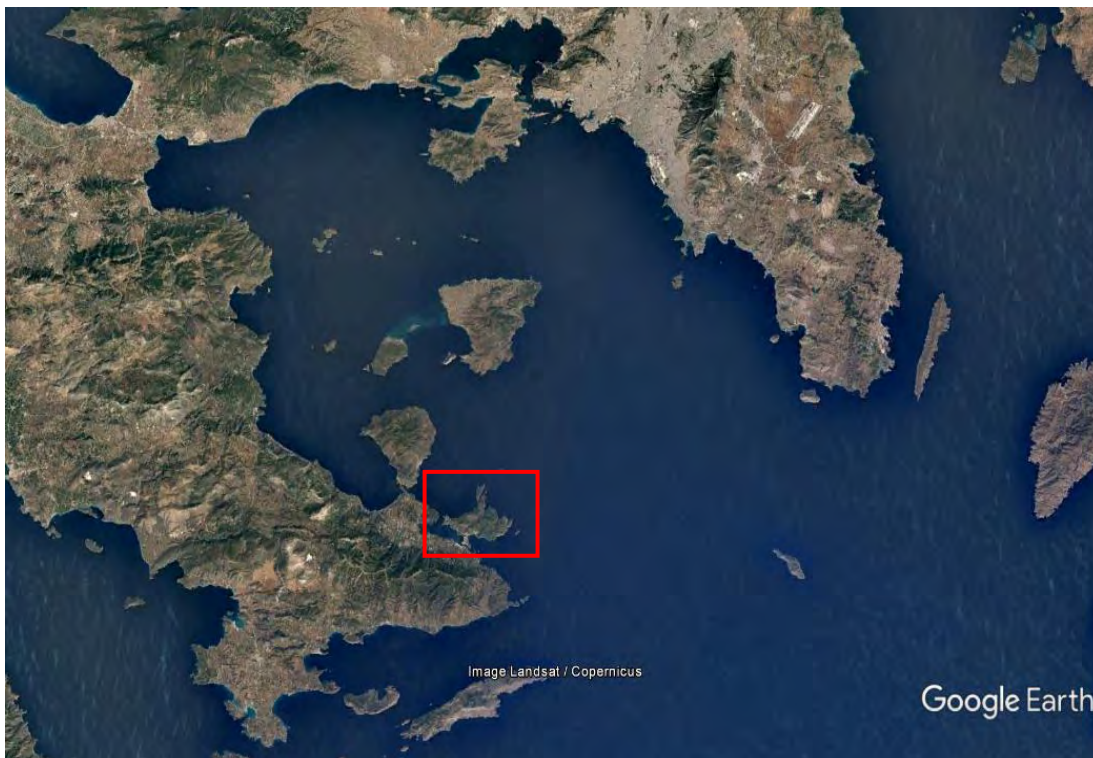
Παρακάτω παρατίθεται ένας χάρτης (Εικ 1.3) με την κυκλοφορία των νερών του Σαρωνικού κόλπου.



Εικόνα 1.3. Χάρτης κυκλοφορίας επιφανειακών (έως 20 μ.) θαλάσσιων μαζών Σαρωνικού κόλπου (Καλόσακας 2000).

1.2 Περιοχή έρευνας

Ο Πόρος είναι νησί του Σαρωνικού κόλπου. Βρίσκεται περίπου 45 km νοτιοδυτικά της Αθήνας και 13 km νότια της Αίγινας, σε μικρή απόσταση από τις ακτές της Πελοποννήσου (Εικ. 1.4). Έχει έκταση 22,4 km² και ακτογραμμή 48,6 km. Η τελευταία απογραφή που πραγματοποιήθηκε το 2011 έδειξε ότι οι μόνιμοι κάτοικοι του νησιού είναι 3.993 (ΕΛΣΤΑΤ 2011).



Εικόνα 1.4. Γεωγραφική θέση της περιοχής έρευνας (Google Earth).

Το νησί έχει πάρει το όνομά του, από ένα πέρασμα (πόρος) που χωρίζει το νησί από την Αργολίδα στην ανατολική ακτή της Πελοποννήσου, με το μέγιστο πλάτος του να φτάνει τα 250 m (Τσουρούλα & Μάρκος 2008). Στην πραγματικότητα πρόκειται για δύο νησιά, την Σφαιρία και την Καλαυρεία, τα οποία χώριζε ένα πολύ μικρό κανάλι θάλασσας αλλά σήμερα ενώνονται με γέφυρα. Το μικρότερο νησί, η Σφαιρία, είναι αρχαίο ηφαίστειο και σχηματίστηκε πριν από περίπου 3 εκατομμύρια χρόνια ενώ η Καλαυρεία είναι το βόρειο και μεγαλύτερο νησί. Η σύγχρονη πόλη του Πόρου βρίσκεται στο νότιο νησί Σφαιρία.

1.3 Γενικά για τις υδατοκαλλιέργειες

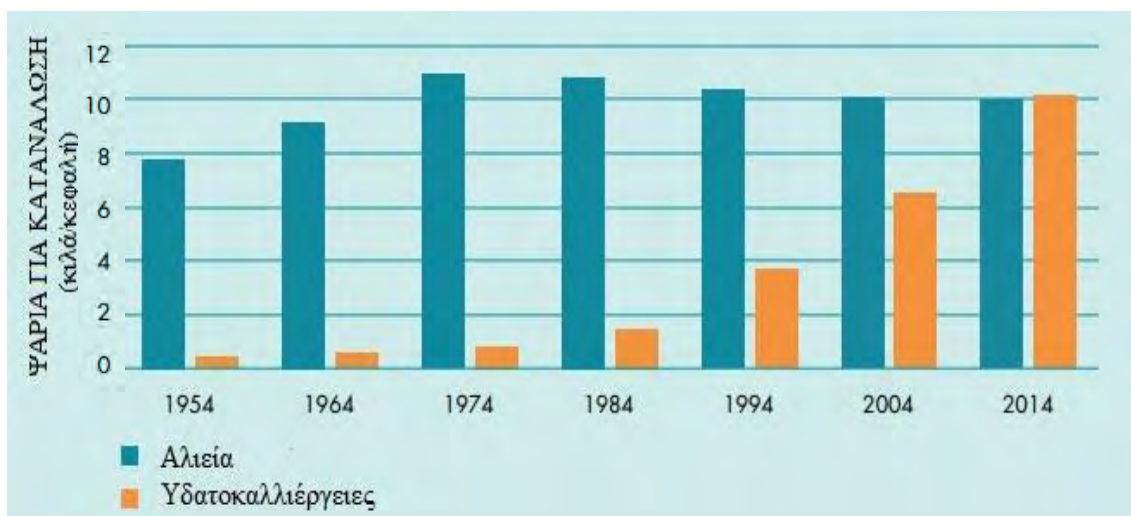
Με τον όρο «υδατοκαλλιέργεια» εννοούμε την ανάπτυξη υδρόβιων οργανισμών υπό ελεγχόμενες συνθήκες, μέσα από οικονομικά βιώσιμες δραστηριότητες. Πιο

συγκεκριμένα αναφερόμαστε στο σύνολο των δραστηριοτήτων που αποβλέπουν στην καλλιέργεια υδρόβιων φυτικών οργανισμών (π.χ φύκη) και στην εκτροφή υδρόβιων ζωικών οργανισμών (π.χ ψάρια, όστρακα) που καταναλώνονται από τον άνθρωπο.

Οι υδατοκαλλιέργειες αποτελούν έναν από τους σημαντικότερους και ταχύτερα αναπτυσσόμενους κλάδους της πρωτογενούς παραγωγής στις μέρες μας. Αυτό οφείλεται κυρίως στην υπέρμετρη αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού και στη στροφή ενός μεγάλου ποσοστού αυτού προς την υγιεινή διατροφή, σε συνδυασμό με την μείωση των αλιευμάτων.

Οι μελλοντικές προβλέψεις αναφέρουν ότι ο ανθρώπινος πληθυσμός θα συνεχίσει να αυξάνεται και η συγκομιδή των άγριων ιχθυαποθεμάτων δεν θα είναι ικανή να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις σε θαλασσινά τρόφιμα (Handisyde et al. 2006, Duarte et al. 2009). Η ανάπτυξη της τεχνολογίας και τεχνογνωσίας για την εκτροφή υδρόβιων οργανισμών, είναι η μόνη ελπίδα να καλυφθούν οι διατροφικές μας ανάγκες σε θαλασσινά τρόφιμα, να προσφερθούν προϊόντα υψηλής διατροφικής αξίας σε προσιτό κόστος και το πιο σημαντικό να υπάρξει ουσιαστική μείωση της αλιευτικής πίεσης στις θάλασσες και τους ωκεανούς (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010).

Άκρως χαρακτηριστικά είναι τα επίσημα στοιχεία του Παγκόσμιου Οργανισμού



Σχήμα 1.1. Συνεισφορά αλιείας και υδατοκαλλιέργειών στην ανθρώπινη κατανάλωση ψαριών ανά τα έτη (FAO 2016).

Τροφίμων (FAO 2016), που δείχνουν τη συνεισφορά της αλιείας και των υδατοκαλλιεργειών όσον αφορά την ανθρώπινη κατανάλωση ψαριών κατά το πέρασμα των χρόνων (Σχ. 1.1). Είναι εμφανές λοιπόν από το Σχήμα 1.1., πως με το πέρασμα των χρόνων τα ψάρια που καταναλώνονται από τους ανθρώπους προέρχονται όλο και περισσότερο από την υδατοκαλλιέργεια παρά από την αλιεία. Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται ότι το 2014, η κατά κεφαλή κατανάλωση ψαριών από την υδατοκαλλιέργεια ξεπέρασε αυτή της αλιείας.

Αξίζει ακόμα να αναφερθεί η συνεισφορά των υδατοκαλλιεργειών στην παγκόσμια παραγωγή υδρόβιων οργανισμών (FAO 2014) (Σχ. 1.2).



Σχήμα 1.2. Συνεισφορά αλιείας και υδατοκαλλιεργειών στην παγκόσμια παραγωγή ανά τα έτη (FAO 2014).

Παρατηρείται πως ενώ οι υδατοκαλλιεργείες ολοένα και αυξάνουν τη συνεισφορά τους στη παγκόσμια παραγωγή η συνεισφορά της αλιείας παραμένει σταθερή.

1.4 Υδατοκαλλιέργειες στην Ευρώπη και στην Ελλάδα

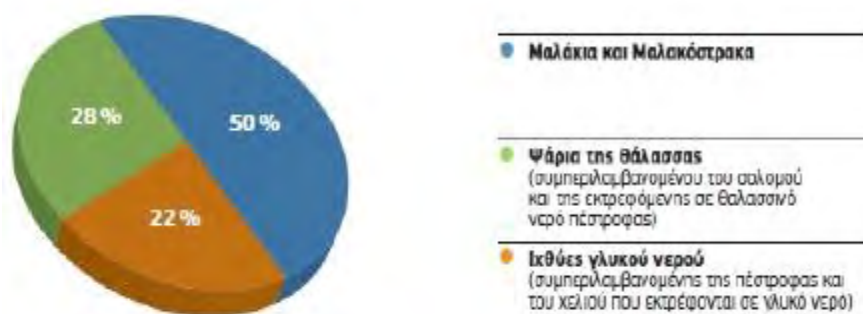
Οι υδατοκαλλιέργειες αποτελούν ένα σημαντικό κλάδο πρωτογενούς παραγωγής και για αρκετές χώρες της Ευρώπης. Στοιχεία του FAO (2016), δείχνουν μια αντιστρόφως ανάλογη σχέση μεταξύ της παραγωγής των υδατοκαλλιεργειών της Ευρώπης και του ποσοστού που καταλαμβάνει αυτή η παραγωγή στη συνολική παγκόσμια παραγωγή (Πιν. 1.1).

Πίνακας 1.1 Παραγωγή υδατοκαλλιεργειών στην Ευρώπη και το ποσοστό της στη παγκόσμια παραγωγή ανά τα έτη (FAO 2016).

		1995	2000	2005	2010	2012	2014
ΕΥΡΩΠΗ	Χιλιάδες τόνοι	1580,9	2050,7	2134,9	2544,2	2852,3	2930,1
	Ποσοστό (%)	6,48	6,33	4,82	4,31	4,29	3,97

Παρατηρείται ότι ενώ η παραγωγή των υδατοκαλλιεργειών σε τόνους αυξάνεται συνεχώς, αντίστοιχα το ποσοστό που καταλαμβάνει η παραγωγή αυτή στη παγκόσμια παραγωγή συνεχώς μειώνεται. Αυτό οφείλεται στο όλο και μεγαλύτερο ποσοστό που διεκδικεί η Ασία (Κίνα) στην παγκόσμια παραγωγή των υδατοκαλλιεργειών.

Αξιοσημείωτο επίσης είναι να αναφερθεί πως το σημαντικότερο είδος υδατοκαλλιέργειας στην Ευρώπη δεν είναι τα ψάρια αλλά τα μαλάκια και τα μαλακόστρακα. Πιο συγκεκριμένα, το έτος 2009 κατείχαν το 50% του συνόλου της παραγωγής των υδατοκαλλιεργειών, ενώ το 28% κατείχε η παραγωγή ψαριών της θαλάσσης και το υπόλοιπο 22% η παραγωγή ψαριών του γλυκού νερού (Σχ. 1.3).

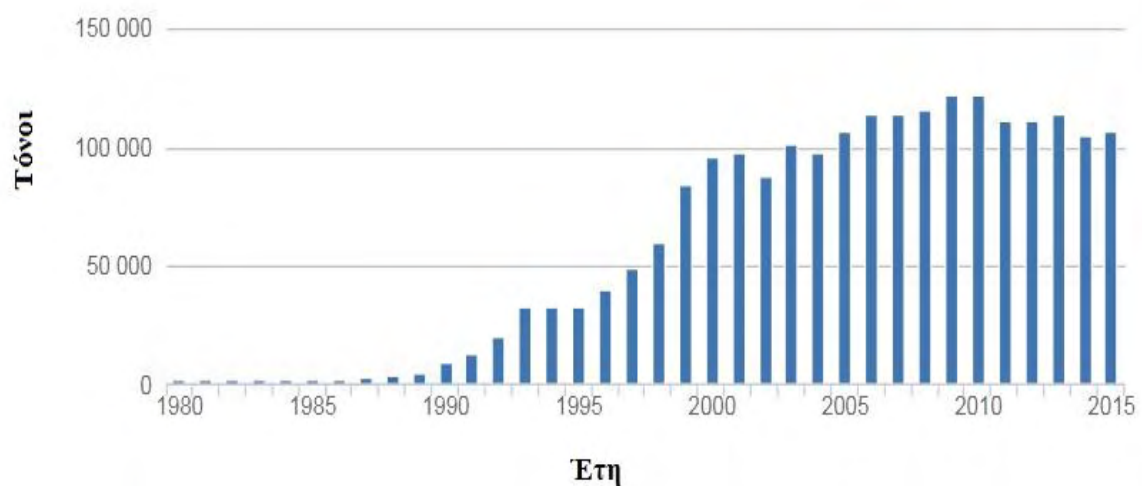


Σχήμα 1.3 Παραγωγή υδατοκαλλιέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης ανά τύπο προϊόντων, ως ποσοστό επί του συνόλου του όγκου για το έτος 2009 (<http://ec.europa.eu/fisheries>).

Σχετικά με τον Ελλαδικό χώρο, η βιομηχανία των υδατοκαλλιεργειών κατά την τελευταία δεκαετία, έχει εξελιχθεί σε μία από τις βασικές αναπτυσσόμενες δραστηριότητες του πρωτογενή τομέα της χώρας (πρώτη θέση στην Ευρώπη στην παραγωγή θαλάσσιων ειδών από ενταντική ιχθυοκαλλιέργεια) (Klaoudatos et al. 2011). Σύμφωνα με τον FAO (http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_greece/en), η χώρα μας κατείχε την ηγετική θέση στην παραγωγή υδατοκαλλιεργειών στην Ευρώπη, εξάγοντας 120.000 τόνους ετησίως, μέχρι και πριν την οικονομική κρίση που ξεκίνησε το 2008. Ωστόσο, παρά την κρίση, η Ελλάδα παραμένει μία σημαντική παραγωγός χώρα παγκοσμίως, με ετήσια παραγωγή που φθάνει τους 110.000 τόνους. Το 2014 η παραγωγή έφτασε τους 135.927 τόνους αξίας 600,9 εκατομμυρίων ευρώ. Παρά το γεγονός ότι ο όγκος της παραγωγής παρουσίασε μείωση κατά 0,1%, στη τιμή υπήρξε αύξηση κατά 13,2% σε σχέση με τον προηγούμενο χρόνο, δηλαδή το 2013 (https://www.fgm.com.gr/uploads/file/FGM_ENG_2016.pdf).

Σε αντίθεση με την κατάσταση που περιγράφηκε προηγουμένως για την Ευρώπη, στην Ελλάδα η παραγωγή αφορά κυρίως ψάρια της θάλασσας σε ποσοστό 88% ενώ το υπόλοιπο 12% αφορά τα μαλακόστρακα. Το μεγαλύτερο τμήμα της παραγωγής των ψαριών προέρχεται από την τσιπούρα και το λαβράκι. Πιο συγκεκριμένα, το 2015 η Ελλάδα παρήγαγε το 61% των προαναφερθέντων ειδών που πουλήθηκαν στην Ευρώπη και το 31% που πουλήθηκαν παγκοσμίως (https://www.fgm.com.gr/uploads/file/FGM_ENG_2016.pdf).

Παρακάτω παρατίθεται ένα ραβδόγραμμα που δείχνει τη συνολική παραγωγή των ελληνικών υδατοκαλλιεργειών από το 1980 μέχρι και το 2015 (http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_greece/en).



Σχήμα 1.4. Συνολική παραγωγή υδατοκαλλιεργειών Ελλάδας από το 1980 μέχρι το 2015 (http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_greece/en).

1.5 Υδατοκαλλιέργειες και περιβάλλον

Μετά τη ραγδαία ανάπτυξη που άρχισε να γνωρίζει ο κλάδος των υδατοκαλλιεργειών, αυξήθηκε και το ενδιαφέρον σε σχέση με τις επιπτώσεις που πιθανότατα επιφέρουν προς το περιβάλλον.

Οι επιπτώσεις αυτές μπορούν να διακριθούν σε εκείνες που προέρχονται από την εγκατάσταση μιας μονάδας υδατοκαλλιέργειας και σε εκείνες που προέρχονται από τη λειτουργία αυτής.

Όταν αναφερόμαστε στις επιπτώσεις από την εγκατάσταση μιας μονάδας, επικεντρωνόμαστε στην αισθητική υποβάθμιση της περιοχής όπου εγκαθίσταται η μονάδα. Ωστόσο και η ηχητική ρύπανση που προκαλείται τόσο από τον εξοπλισμό όσο και από το εργατικό δυναμικό της μονάδας, μπορεί να προκαλέσει όχληση στους κατοίκους της περιοχής. Επιπροσθέτως, ο χώρος που καταλαμβάνει μια μονάδα με την εγκατάστασή της, στερείται αυτόματα από άλλους χρήστες όπως οι ψαράδες και οι κολυμβητές. Ένα εξίσου σημαντικό πρόβλημα που δημιουργείται είναι η μεταβολή της διεύθυνσης, της φοράς και της ταχύτητας των θαλάσσιων ρευμάτων γεγονός που επιδρά αρνητικά στη μεταφορά τόσο του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου όσο και του πλαγκτού. Πιο συγκεκριμένα, οι Edwards & Edelsten (1976), υπολόγισαν πως η ταχύτητα του ρεύματος του νερού μπορεί να μειωθεί κατά 35-50 % μέσα σε δίχτυ ματιού 50 mm σε σχέση με το εξωτερικό περιβάλλον, ένα μάτι δίχτυου που συνήθως χρησιμοποιείται στις ιχθυοκαλλιέργειες.

Οι σχετικές με τη λειτουργία της μονάδος επιπτώσεις προς το περιβάλλον αναφέρονται κατά βάση στον εμπλουτισμό που υφίσταται η θαλάσσια περιοχή με οργανικά και θρεπτικά συστατικά, τα οποία προέρχονται από τα προϊόντα

μεταβολισμού των εκτρεφόμενων οργανισμών και τα υπολείμματα της προσφερόμενης τροφής σε αυτούς. Επίσης, αυξάνεται το ποσοστό της οργανικής ουσίας στο ίζημα και ως εκ τούτου μειώνεται η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου κοντά στον πυθμένα. Ωστόσο η επίδραση αυτή έχει αποδειχθεί βραχυπρόθεσμη, εφόσον μετά τη διακοπή λειτουργίας της μονάδος, τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του πυθμένα επιστρέφουν στην αρχική τους κατάσταση μέσα σε διάστημα μόλις έξι μηνών (Porello et al. 2005, Sarà et al. 2004). Επιπλέον, μέσα από επιστημονικές έρευνες στην Ελλάδα και στην Ευρώπη, έχει αποδειχθεί πως οι επιπτώσεις από τις υδατοκαλλιέργειες είναι μικρότερες συγκριτικά με τη γεωργία και την αστική ανάπτυξη και αυστηρά περιορισμένες στη γειτνίαση της μονάδας και του βενθικού υποστρώματος, σε ακτίνα απόστασης μικρότερη των 100 m (Apostolaki et al. 2007, Karakassis et al. 1998, Karakassis et al. 2005, Neofitou et al. 2010).

Παρακάτω περιγράφονται μερικές ακόμα επιπτώσεις της ανάπτυξης των υδατοκαλλιεργειών στο υδάτινο περιβάλλον:

i. Γενετική ρύπανση

Ένα από τα κύρια περιβαλλοντικά ζητήματα που σχετίζεται με τις υδατοκαλλιέργειες, είναι η πιθανή γενετική αλληλεπίδραση μεταξύ των διαφυγόντων από τους κλωβούς ψαριών και των άγριων πληθυσμών (Grigorakis 2010). Αυτό μπορεί να προκληθεί τόσο από βλάβες των μηχανημάτων και λανθασμένες διαχειρίσεις, όσο και από καταστροφές που προέρχονται από έντονες καιρικές συνθήκες ή ακόμα και θηρευτές.

Τα εκτρεφόμενα είδη δέχονται γενετική βελτίωση μέσω διάφορων μεθόδων έτσι ώστε να έχουν μεγάλους ρυθμούς ανάπτυξης, ανθεκτικότητα στις ασθένειες και σε

μεγάλες ιχθυοπυκνότητες κ.ά. Τέτοιες μέθοδοι έχουν αναφερθεί και για τη μεσογειακή τσιπούρα και το λαβράκι (Dupont-Nivet et al. 2008, Navarro et al. 2009). Ως εκ τούτου, η αναπαραγωγή τους με ένα συγγενές ενδημικό είδος ενδέχεται να προκαλέσει γενετική ρύπανση στο περιβάλλον.

ii. Μεταφορά νοσημάτων

Λόγω των διαφορετικών συνθηκών που επικρατούν στις υδατοκαλλιέργειες (π.χ μεγάλη ιχθοφόρτιση) σε σχέση με το φυσικό περιβάλλον, οι εκτρεφόμενοι οργανισμοί είναι σε μεγάλο βαθμό εκτεθειμένοι σε στρεσογόνους παράγοντες και συνεπώς πιο ευάλωτοι σε ασθένειες.

Οι υδατοκαλλιέργειες στη Μεσόγειο λειτουργούν ως επί των πλείστων με ανοιχτά συστήματα σε επιπλέοντες ιχθυοκλωβούς και συνεπώς η άμεση αλληλεπίδραση μεταξύ των εκτρεφόμενων και των άγριων πληθυσμών είναι σχεδόν αναπόφευκτη (Grigorakis & Rigos 2011). Η άμεση αυτή αλληλεπίδραση έχει ως αποτέλεσμα την πιθανή μετάδοση ασθενειών μεταξύ των εκτρεφόμενων και των άγριων ψαριών (Mladineo & Maršić-Lučić 2007).

iii. Χρήση άγριων αποθεμάτων για τις ανάγκες των υδατοκαλλιεργειών

Ένα από τα κύρια ζητήματα όσον αφορά την βιωσιμότητα του κλάδου είναι αυτό της χρήσης των άγριων αποθεμάτων για την παραγωγή ιχθυοτροφών για τους εκτρεφόμενους οργανισμούς.

Η τροφή των εκτρεφόμενων οργανισμών είναι κατά βάση το ιχθυάλευρο και το ιχθυέλαιο τα οποία προέρχονται από το άλεσμα άγριων πληθυσμών ψαριών. Αυτό έχει

ως συνέπεια την περαιτέρω μείωση των φυσικών ιχθυαποθεμάτων εκτός από τη πίεση που δέχονται από την αλιεία.

1.6 Σκοπός της εργασίας

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η εκτίμηση των επιπτώσεων μιας υδατοκαλλιέργειας που εδρεύει στον Πόρο στην υδάτινη στήλη. Για την υλοποίηση του σκοπού αυτού πραγματοποιήθηκε καταγραφή των φυσικοχημικών παραμέτρων και καταμέτρηση των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων της περιοχής.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Γενικά

Σε μονάδα εκτροφής που εδρεύει στο βόρειο τμήμα του Πόρου, πραγματοποιήθηκε εποχική έρευνα (Άνοιξη) με σκοπό την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της στην υδάτινη στήλη της περιοχής (Εικ. 2.1).

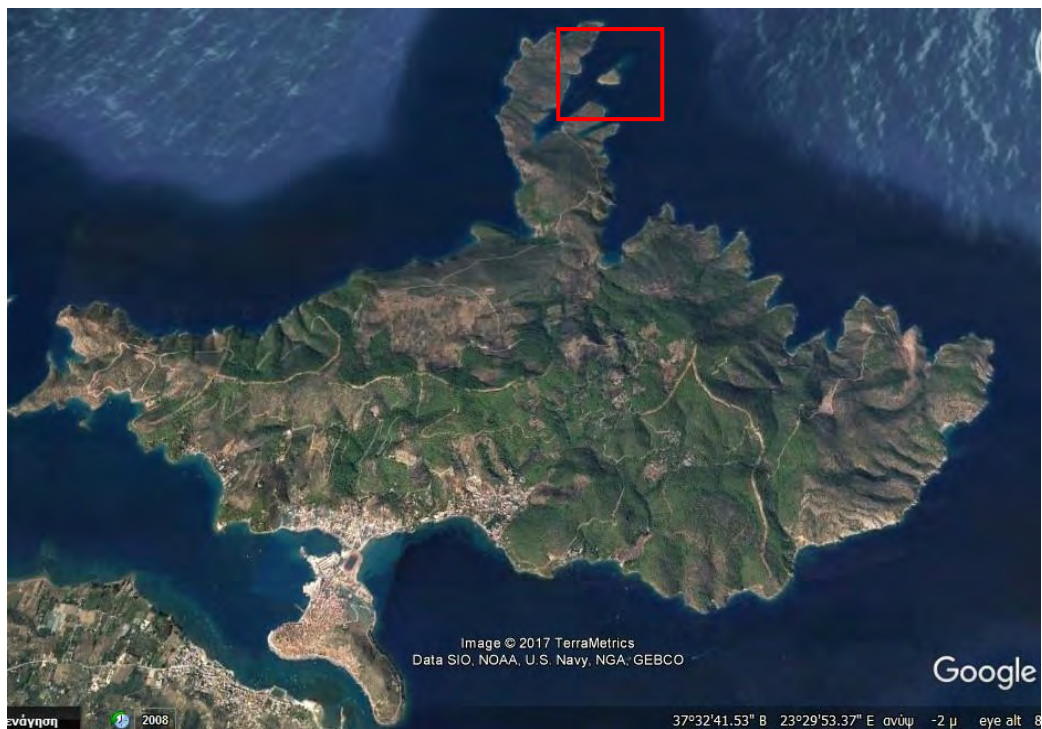
Για την επίτευξη του σκοπού αυτού έλαβε χώρα:

- Καταγραφή φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων του νερού
- Συλλογή δειγμάτων νερού για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των θρεπτικών αλάτων

2.2 Σταθμοί δειγματοληψίας

Για την υλοποίηση της έρευνας, επιλέχθηκαν τρεις δειγματοληπτικοί σταθμοί. Ο ένας βρίσκεται στο κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών της μονάδας εκτροφής (S0), ο δεύτερος σε απόσταση 50 m από τον πρώτο (S50) και ο τρίτος περίπου 850 m από το κέντρο των ιχθυοκλωβών προς το εσωτερικό του Σαρωνικού κόλπου (Sc) (Εικ. 2.2). Οι δυο πρώτοι σταθμοί αποτελούν τους κύριους σταθμούς μετρήσεων, ενώ ο τρίτος είναι ο σταθμός μάρτυρας.

Η επιλογή του σταθμού ελέγχου έγινε με σκοπό τη σύγκριση της περιοχής που είναι εγκατεστημένη η μονάδα εκτροφής με εκείνη που βρίσκεται σε μια απόσταση και σύμφωνα με τη βιβλιογραφία δεν επηρεάζεται από αυτή (Karakassis et al. 2000, Brooks et al. 2003).



Εικόνα 2.1. Άποψη της περιοχής έρευνας στο βόρειο τμήμα του Πόρου (Google Earth).



Εικόνα 2.2. Άποψη της μονάδας εκτροφής με τους τρεις δειγματοληπτικούς σταθμούς (Google Earth).

2.3 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά

Στους τρεις δειγματοληπτικούς σταθμούς (S0, S50 & Sc.), μετρήθηκαν η θερμοκρασία, η αλατότητα, το διαλυμένο οξυγόνο, η ενεργός οξύτητα (pH), το οξειδοαναγωγικό δυναμικό (Redox) και η χλωροφύλλη-α (Chl-α) με τη χρήση συνεχούς καταγραφέα CTD (SEA-BIRD-19plus) (Εικ. 2.3)



(Google)



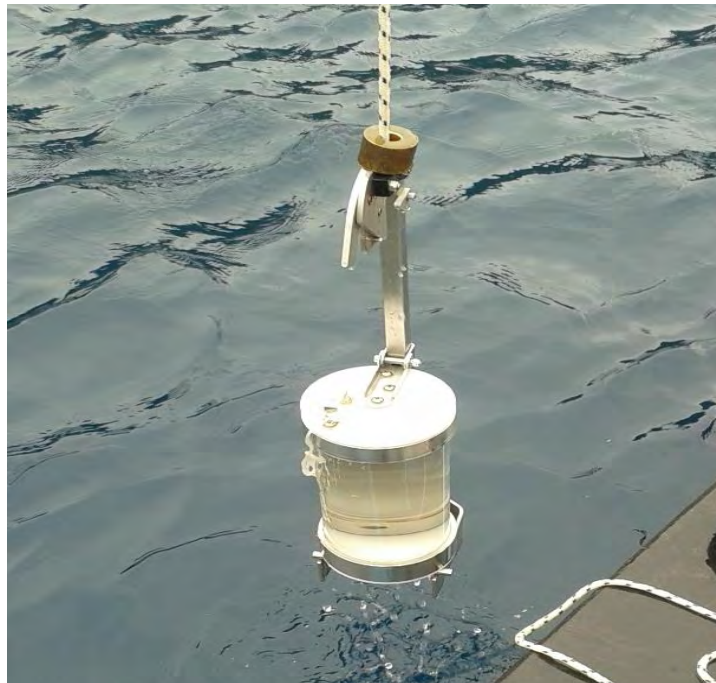
(Αρχείο συγγραφέα)

Εικόνα 2.3. Συνεχής καταγραφέας φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του νερού CTD (SEA-BIRD-19plus).

2.4 Θρεπτικά άλατα

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των θρεπτικών αλάτων (αμμωνιακά, νιτρώδη, νιτρικά, φωσφορικά, πυριτικά), συλλέχθηκαν από κάθε σταθμό δείγματα νερού από την επιφάνεια, τα 5 m και ανά 10 m βάθος μέχρι τον πυθμένα. Από κάθε

σημείο πάρθηκαν 3 επαναληπτικά δείγματα νερού (σύνολο 48 δείγματα). Τα δείγματα συλλέχθηκαν με δειγματολήπτη νερού LIMNOS (1,4ℓ), (Εικ. 2.4). Αμέσως μετά τη συλλογή τους τοποθετήθηκαν σε πλαστικά φιαλίδια (500 ml) στα οποία προστέθηκε χλωριούχος υδράργυρος (2 ml HgCl_2 σε 500 ml δείγματος) για την αναστολή της δράσης των μικροοργανισμών. Ακολούθησε η μεταφορά τους στο εργαστήριο και αφού διηθήθηκαν με φίλτρα GF/F (47mm), καταψύχθηκαν στους -20°C μέχρι την ανάλυση τους.



Εικόνα 2.4. Δειγματολήπτης νερού Limnos (Αρχείο συγγραφέα).

Ο προσδιορισμός των θρεπτικών αλάτων έγινε σε φασματοφωτόμετρο (SHIMADZU UV-1800) σύμφωνα με τις μεθόδους που περιγράφονται παρακάτω (Εικ. 2.5).



Εικόνα 2.5. Φασματοφωτόμετρο (SHIMADZU UV-1800) (Αρχείο συγγραφέα).

Αμμωνιακά: Για τον προσδιορισμό της ολικής αμμωνίας προστέθηκαν σε 50 ml δείγματος νερού 2ml διαλύματος φαινόλης, 2 ml διαλύματος νιτροπρωσσικού νατρίου και 5 ml οξειδωτικού διαλύματος. Το οξειδωτικό διάλυμα περιείχε 50 ml αλκαλικού αντιδραστηρίου και 12,5 ml εμπορικού διαλύματος χλωρίνης. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε σκοτεινό χώρο ώστε να αποφευχθεί η έκθεση τους στην ηλιακή ακτινοβολία και μετά από μία ώρα μετρήθηκε η απορρόφηση στα 640 nm έναντι απεσταγμένου νερού σε γυάλινες κυψελίδες.

Η ολική αμμωνία αποτελείται από την ιονισμένη (NH_4^+) και τη μη ιονισμένη (NH_3) αμμωνία. Το ποσοστό της μη ιονισμένης αμμωνίας εξαρτάται από το pH και τη θερμοκρασία του νερού τη στιγμή της δειγματοληψίας και υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\%NH_3 = \frac{100}{1 + \text{antilog}(pK_a - pH)}$$

Όπου pKa: σταθερά η οποία εξαρτάται από τη θερμοκρασία του νερού (Πιν. 2.1).

Πίνακας 2.1. Οι τιμές της σταθεράς pKa σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία του νερού.

Θερμοκρασία (°C)	5	10	15	20	25	30
pKa	9,90	9,73	9,56	9,40	9,24	9,09

Το υπόλοιπο ποσοστό μέχρι το 100% είναι αυτό των αμμωνιακών. Αυτό το ποσοστό πολλαπλασιάζεται με την τιμή της συγκέντρωσης της ολικής αμμωνίας και έτσι υπολογίζεται η τιμή των αμμωνιακών (Strickland & Parsons 1972).

Νιτρώδη: Για τον προσδιορισμό των νιτρωδών, προστέθηκαν σε 50 ml δείγματος νερού 1ml διαλύματος σουλφανιλαμιδίου και 1 ml διαλύματος N-(1-ναφθυλ)-αιθυλενοδιαμίνης. Στη συνέχεια τα δείγματα αφέθηκαν για 10 λεπτά σε θερμοκρασία δωματίου και μετρήθηκε η απορρόφησή στα 540 nm έναντι απεσταγμένου νερού σε γυάλινες κυψελίδες. Ως πρότυπο διάλυμα χρησιμοποιήθηκε νιτρώδες κάλιο (KNO₂) συγκέντρωσης 700mg ℓ⁻¹NO₂-N (Strickland & Parsons 1972).

Νιτρικά: Για τον προσδιορισμό των νιτρικών προστέθηκε 1ml υδροχλωρικού οξέος (1 M) σε 50 ml δείγματος νερού και στη συνέχεια μετρήθηκε η απορρόφηση στα 220 nm έναντι απεσταγμένου νερού σε κυψελίδες χαλαζία. Ως πρότυπο διάλυμα χρησιμοποιήθηκε νιτρικό κάλιο (KNO₃) συγκέντρωσης 2 mg ℓ⁻¹NO₃-N (APHA 1980).

Φωσφορικά: Για τον προσδιορισμό των φωσφορικών αλάτων προστέθηκαν σε 25 ml δείγματος νερού 5 ml μεικτού αντιδραστηρίου για τον σχηματισμό ενός μολυβδο-φωσφορικού οξέος. Το μεικτό αντιδραστήριο περιείχε 12,5 ml διαλύματος θειϊκού οξέος-αντιμονίου, 12,5ml διαλύματος μολυβδαινίου, 0,1 g ασκορβικού οξέος και 5 ml θειϊκού οξέος (1.8 M). Η αντίδραση αυτή, έδωσε ένα μπλε χρωματισμένο σύμπλεγμα μολυβδαινίου. Μετά την προσθήκη του μεικτού αντιδραστηρίου τα δείγματα αφέθηκαν για 15 λεπτά σε θερμοκρασία δωματίου. Η απορρόφηση μετρήθηκε στα 882 nm έναντι απεσταγμένου νερού σε γυάλινες κυψελίδες. Ως πρότυπο διάλυμα χρησιμοποιήθηκε δισόξινο φωσφορικό κάλιο (KH_2PO_4) συγκέντρωσης $40 \text{ mg } \ell^{-1} \text{PO}_4\text{-P}$ (Parsons et al. 1984).

Πυριτικά: Για τον προσδιορισμό των πυριτικών αλάτων, προστέθηκαν σε 2 ml μολυβδενικού αντιδραστηρίου 5 ml δείγματος θαλασσινού νερού. Μετά από 10 λεπτά προστέθηκαν 3 ml αναγωγικού αντιδραστηρίου το οποίο έδωσε ένα βαθυγάλαζο χρώμα. Το αναγωγικό αντιδραστήριο περιείχε 10 ml διαλύματος θειικής π-μεθυλαμινοφαινόλης, 6 ml διαλύματος οξαλικού οξέος και 6 ml διαλύματος θειϊκού οξέος (50% v/v). Τα δείγματα αφέθηκαν για 2-3 ώρες και στη συνέχεια μετρήθηκε η απορρόφηση στα 810 nm έναντι συνθετικού θαλασσινού νερού σε γυάλινες κυψελίδες. Ως πρότυπο διάλυμα χρησιμοποιήθηκε διάλυμα πυριτοφθοριδίου (Na_2SiF_6) συγκέντρωσης $500 \text{ } \mu\text{g-at Si } \ell^{-1}$ (Parsons et al. 1984).

2.5 Στατιστική ανάλυση-Διαγράμματα

Για τη στατιστική ανάλυση της συγκέντρωσης των θρεπτικών αλάτων μεταξύ των δειγματοληπτικών σταθμών χρησιμοποιήθηκε η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA), ενώ για τον εντοπισμό της προέλευσης των

στατιστικά σημαντικών διαφορών πραγματοποιήθηκε το Turkey's test. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού προγράμματος MINITAB.

Τα διαγράμματα με τις διακυμάνσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων και των θρεπτικών αλάτων σχετικά με το βάθος, έγιναν με τη χρήση του λογισμικού προγράμματος excel, ενώ οι κατακόρυφες κατανομές των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων έγιναν με τη χρήση του λογισμικού JMP (έκδοση 5.0.1) .

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά

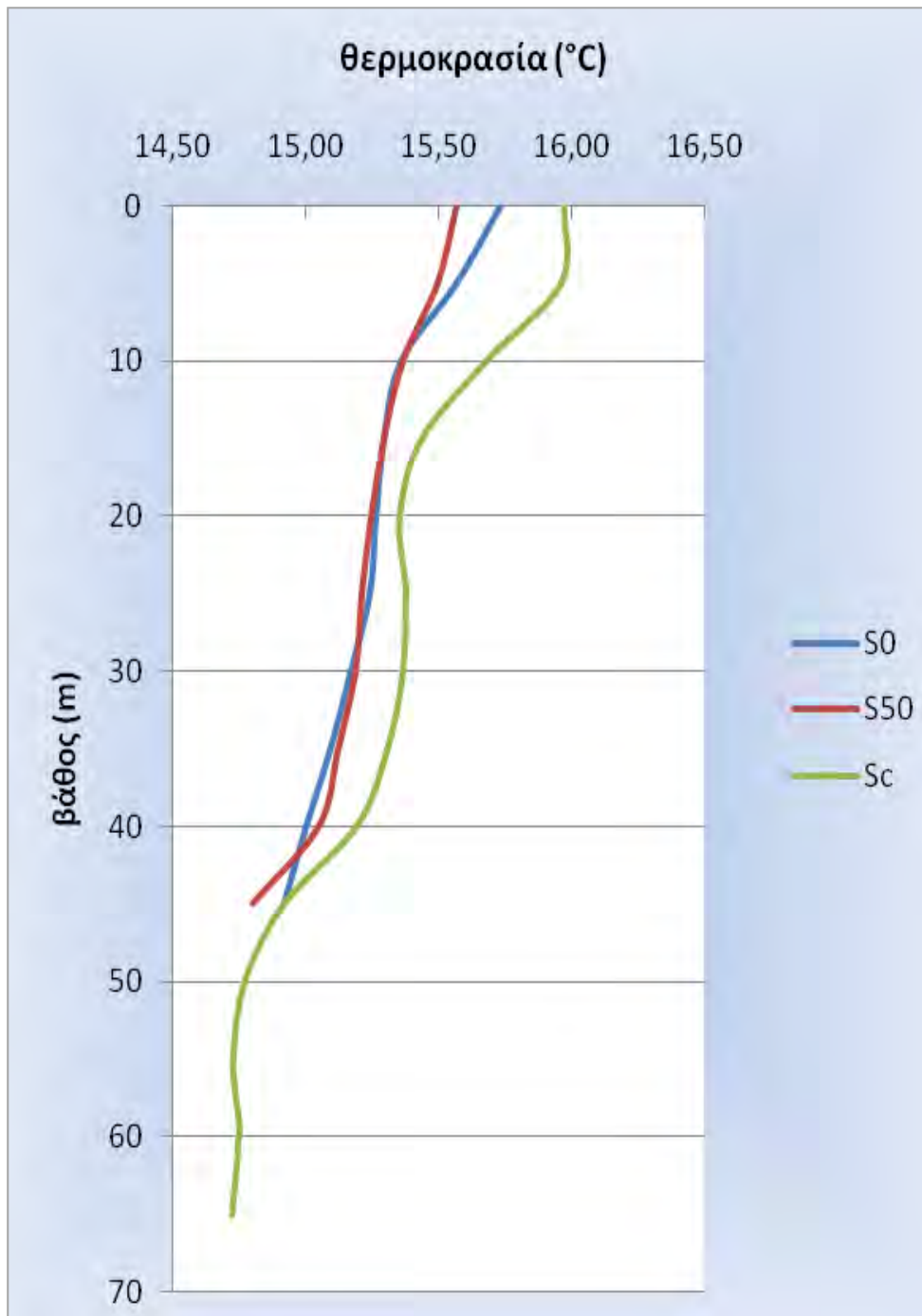
Η διακύμανση των φυσικοχημικών παραμέτρων στην υδάτινη στήλη στους τρεις δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας δίνεται στον Πίνακα 3.1 και στα Σχήματα 3.1-3.6.

Πιο συγκεκριμένα στον Πίνακα 3.1 δίνεται το εύρος των τιμών, ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση των φυσικοχημικών παραμέτρων (θερμοκρασία, αλατότητα, διαλυμένο οξυγόνο, ενεργός οξύτητα, οξειδοαναγωγικό δυναμικό και χλωροφύλλη-*a*) στους τρεις δειγματοληπτικούς σταθμούς S0, S50 και Sc. Στα Σχήματα 3.1-3.6 δίνεται η διακύμανση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών στους δειγματοληπτικούς σταθμούς σε συνάρτηση με το βάθος.

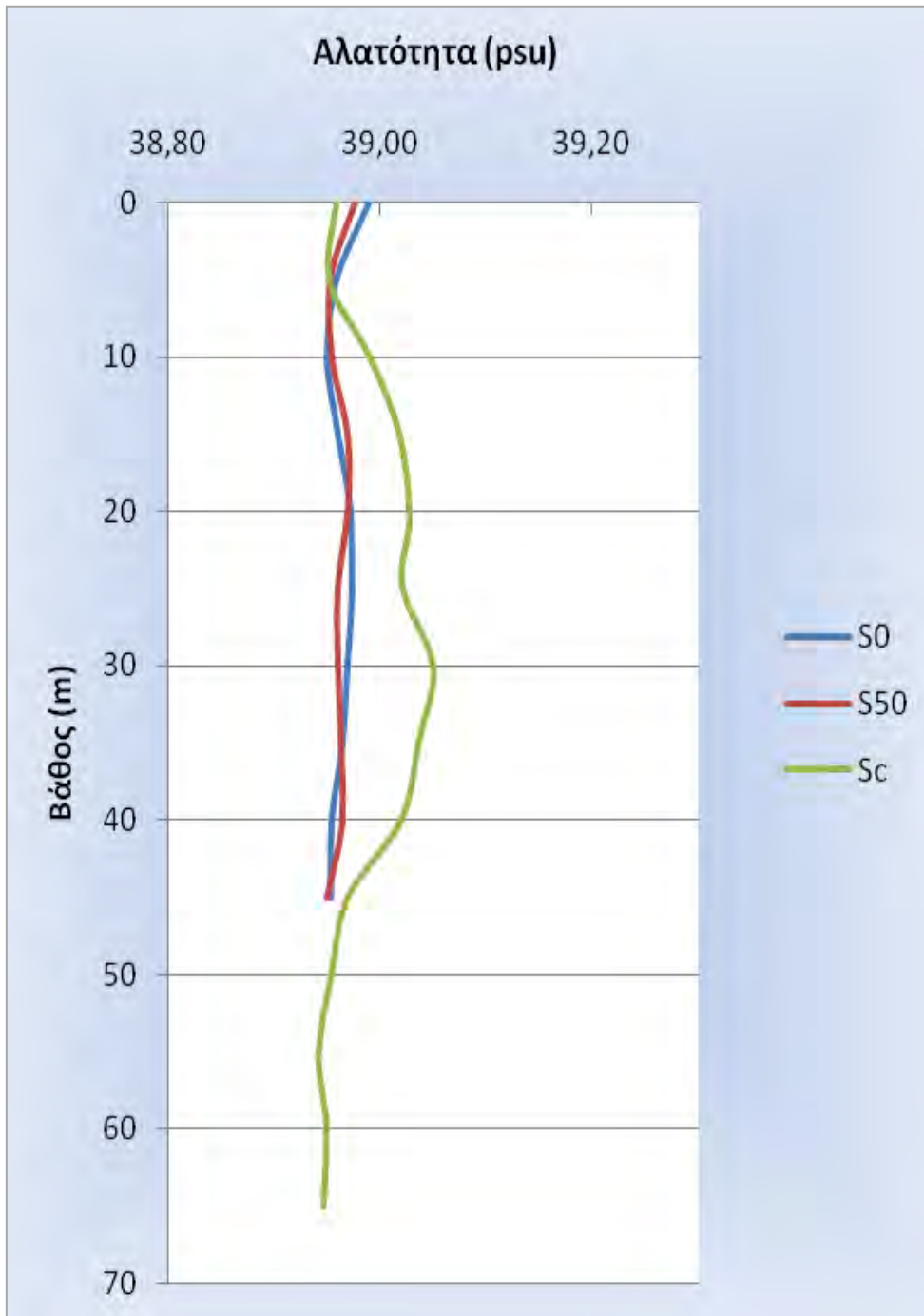
Η θερμοκρασία κυμάνθηκε από 14,84 °C μέχρι 15,82 °C στο σταθμό S0, από 14,70 °C μέχρι 15,64 °C στο σταθμό S50 και στο σταθμό ελέγχου Sc από 14,70 °C μέχρι 16 °C, ενώ οι μέσοι όροι ήταν 15,22 °C, 15,18 °C και 15,14 °C, αντίστοιχα. Η υψηλότερη θερμοκρασία (16 °C) καταγράφηκε στην επιφάνεια της υδάτινης στήλης του σταθμού Sc, ενώ η χαμηλότερη (14,70 °C) καταγράφηκε τόσο στο μέγιστο βάθος μετρήσεων του ίδιου σταθμού (65 m) όσο και στα 45 m στο σταθμό S50 (Πιν. 3.1 & Σχ. 3.1).

Πίνακας 3.1. Εύρος τιμών, μέσος όρος (Μ.Ο.) και τυπική απόκλιση (Τ.Α) φυσικοχημικών παραμέτρων στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας.

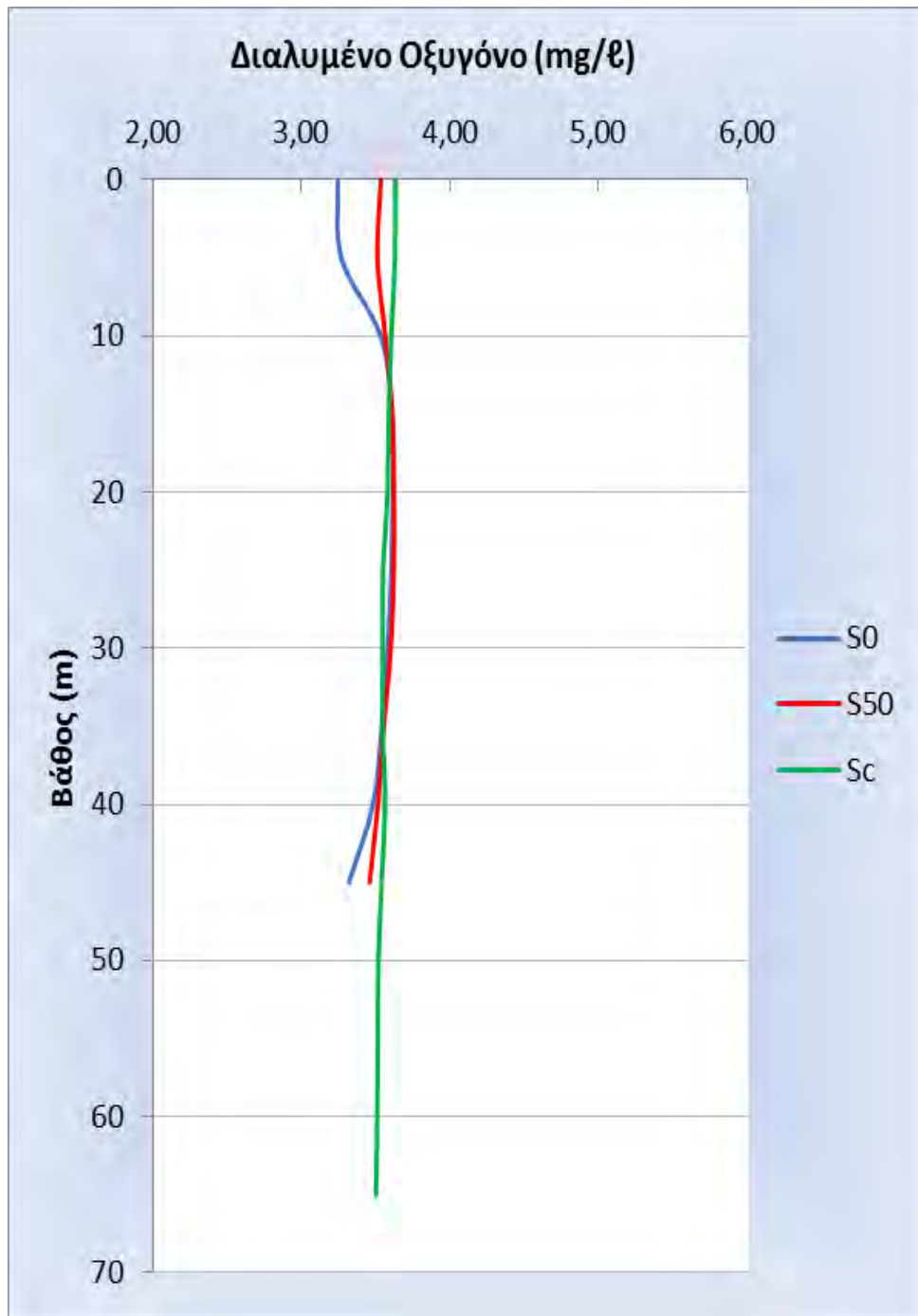
Παράμετρος	Σταθμοί		
	S0	S50	Sc
Θερμοκρασία (°C)			
Εύρος τιμών	14,84-15,82	14,70-15,64	14,70-16,00
Μ.Ο.±Τ.Α.	15,22±0,17	15,18±0,18	15,14±0,43
Αλατότητα (psu)			
Εύρος τιμών	38,93-39,02	38,91-39,06	38,93-39,10
Μ.Ο.±Τ.Α.	38,96±0,01	38,96±0,01	38,98±0,04
Διαλυμένο Οξυγόνο (mg/l)			
Εύρος τιμών	3,23-3,62	3,45-3,63	3,49-3,64
Μ.Ο.±Τ.Α.	3,52±0,12	3,57±0,06	3,55±0,04
Ενεργός οξύτητα (pH)			
Εύρος τιμών	8,33-8,36	8,345-8,36	8,35-8,36
Μ.Ο.±Τ.Α.	8,35±0,07	8,36±0,00	8,36±0,00
Οξειδοαναγωγικό δυναμικό (mV)			
Εύρος τιμών	106,40-119,28	130,65-136,82	156,95-161,79
Μ.Ο.±Τ.Α.	113,21±3,94	132,55±1,30	157,76±0,43
Χλωροφύλλη-α (mg/m³)			
Εύρος τιμών	0,75-3,09	0,59-2,67	0,49-4,39
Μ.Ο.±Τ.Α.	2,12±0,49	1,77±0,56	2,05±0,93



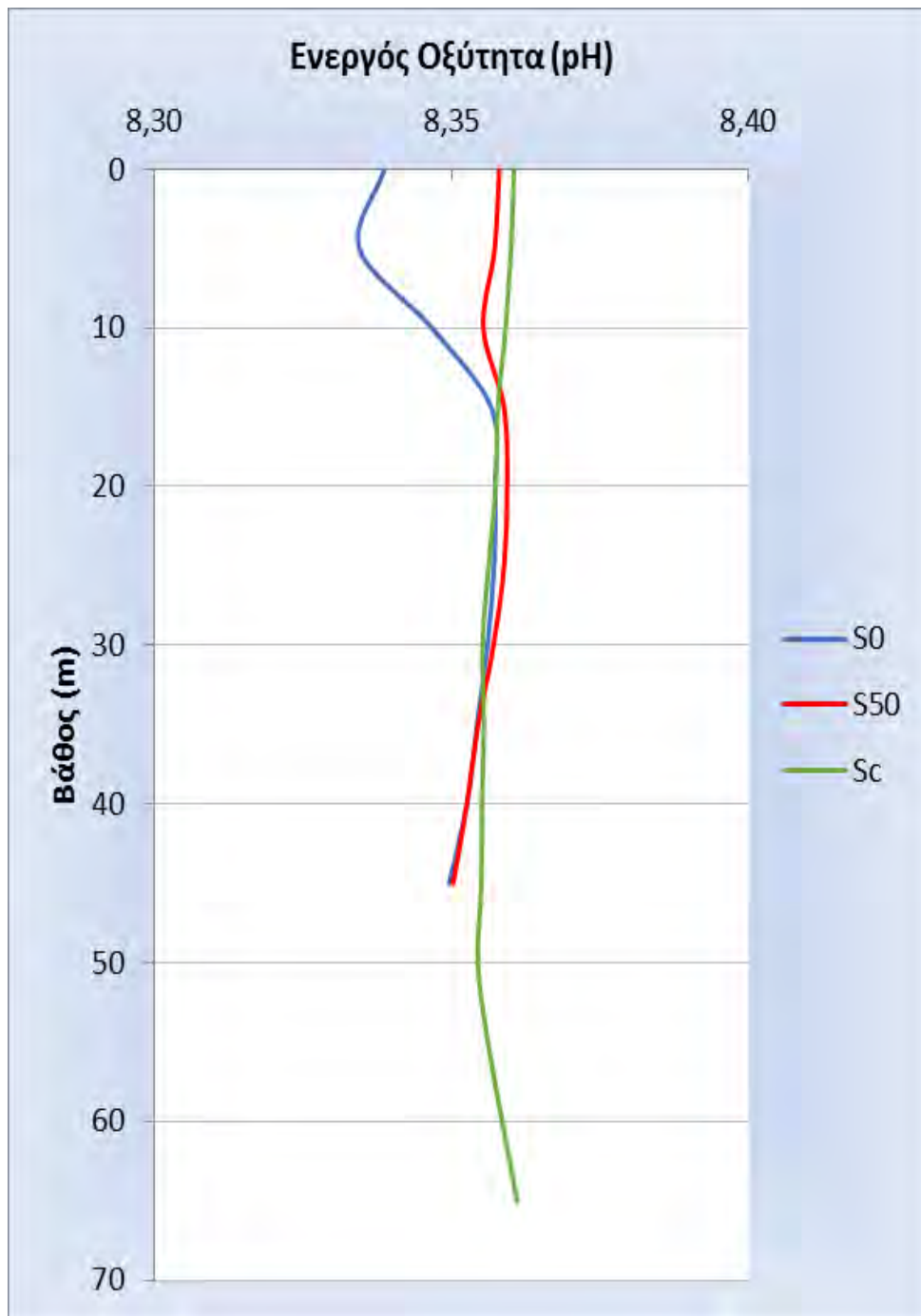
Σχήμα 3.1. Διακύμανση της θερμοκρασίας στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας σε συνάρτηση με το βάθος.



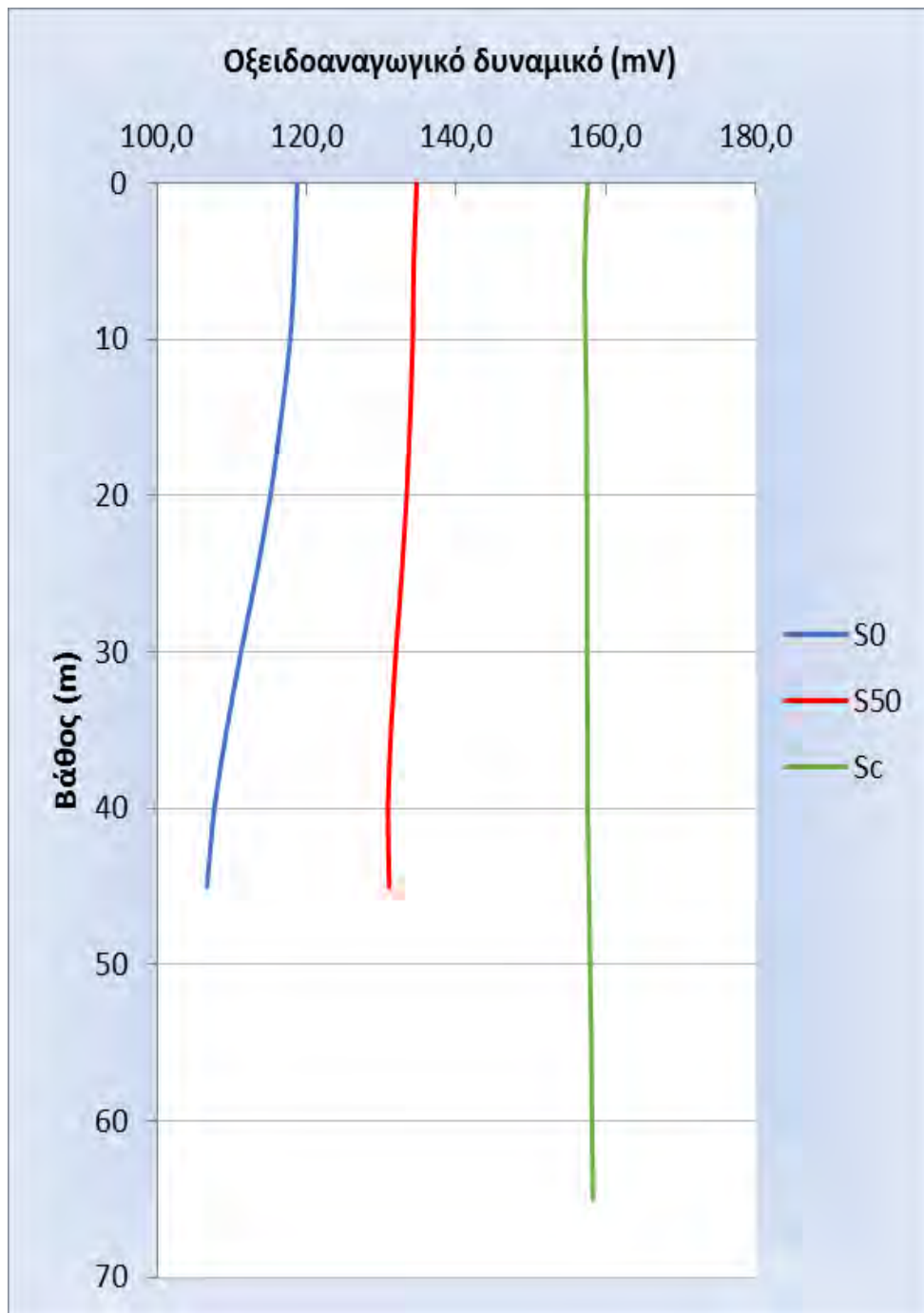
Σχήμα 3.2. Διακύμανση της αλατότητας στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας σε συνάρτηση με το βάθος.



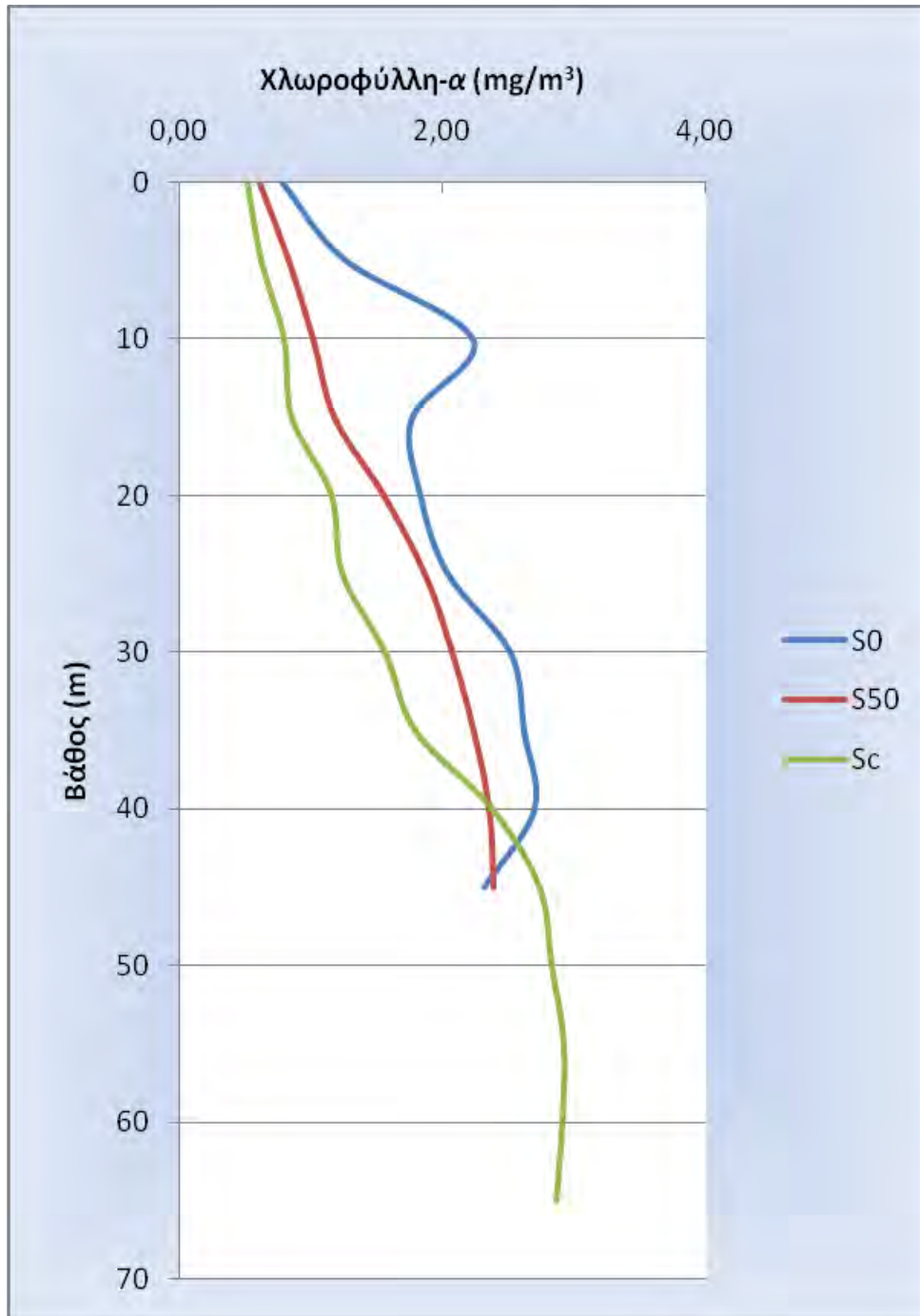
Σχήμα 3.3. Διακύμανση του διαλυμένου οξυγόνου στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας σε συνάρτηση με το βάθος.



Σχήμα 3.4. Διακύμανση της ενεργού οξύτητας στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας σε συνάρτηση με το βάθος.



Σχήμα 3.5. Διακύμανση του οξειδοαναγωγικού δυναμικού στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας σε συνάρτηση με το βάθος.



Σχήμα 3.6. Διακύμανση της χλωροφύλλης-α στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας σε συνάρτηση με το βάθος.

Το εύρος των τιμών αλατότητας ήταν 38,93-39,02 psu στον S0, 38,91-39,06 psu στον S50 και 38,93-39,10 psu στον Sc, ενώ οι μέσοι όροι εμφάνισαν σχεδόν τις ίδιες τιμές και στους τρεις σταθμούς. Η υψηλότερη αλατότητα καταγράφηκε στα 30 m βάθους του σταθμού Sc ενώ η χαμηλότερη στην επιφάνεια του S50 (Πιν. 3.1 & Σχ. 3.2).

Το διαλυμένο οξυγόνο κυμάνθηκε μεταξύ 3,23-3,62 mg/l στον S0, 3,45-3,63 mg/l στον S50 και 3,49-3,64 mg/l στον Sc και οι μέσοι όροι ήταν 3,52, 3,57 και 3,55 mg/l αντίστοιχα. Η μεγαλύτερη τιμή καταγράφηκε στην επιφάνεια του Sc, ενώ η μικρότερη στην επιφάνεια του S0 (Πιν. 3.1 & Σχ. 3.3).

Όσον αφορά την ενεργό οξύτητα (pH), κυμάνθηκε και στους τρεις δειγματοληπτικούς σταθμούς μεταξύ 8,3-8,4 και οι μέσοι όροι εμφάνισαν ελάχιστες διαφορές μεταξύ τους. Η μέγιστη τιμή (8,36) καταγράφηκε περίπου στα 65 m του σταθμού Sc, ενώ η ελάχιστη (8,33) στην επιφάνεια του σταθμού S0 (Πιν. 3.1 & Σχ. 3.4).

Οι τιμές του δυναμικού οξειδοαναγωγής κυμάνθηκαν μεταξύ 106,40-119,28 mV στον S0, μεταξύ 130,56-136,82 mV στον S50 και 156,95-161,79 mV στον Sc. Ως εκ τούτου, μεγάλες διαφορές εμφάνισαν και οι μέσοι όροι όπου στον S0 ήταν 113,21 στον S50 132,55 και στον Sc 157,76 mV. Η μεγαλύτερη τιμή παρατηρήθηκε στον Sc στην επιφάνεια της υδάτινης στήλης, ενώ η μικρότερη στο σταθμό S0 στα 45 m (Πιν. 3.1 & Σχ. 3.5).

Τέλος, το εύρος των τιμών της χλωροφύλλης-α ήταν 0,75-3,09 mg/m³ στον S0, 0,59-2,67 mg/m³ στον S50 και 0,49-4,39 mg/m³ στον Sc, ενώ η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή καταγράφηκε στον Sc στα 65 m και στα 0 m (επιφάνεια), αντίστοιχα (Πιν. 3.1 & Σχ. 3.6).

3.2 Θρεπτικά άλατα

Η διακύμανση των θρεπτικών αλάτων στην υδάτινη στήλη των τριών δειγματοληπτικών σταθμών της περιοχής έρευνας, δίνεται στον Πίνακα 3.2 και στα Σχήματα 3.7-3.11.

Στον Πίνακα 3.2 δίνεται το εύρος των τιμών, ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση των θρεπτικών αλάτων (αμμωνιακά, νιτρώδη, νιτρικά, φωσφορικά και πυριτικά) της υδάτινης στήλης της περιοχής έρευνας, στους τρεις δειγματοληπτικούς σταθμούς S0, S50 και Sc. Στα Σχήματα 3.7-3.11 δίνεται η διακύμανση των θρεπτικών αλάτων στους δειγματοληπτικούς σταθμούς σε συνάρτηση με το βάθος.

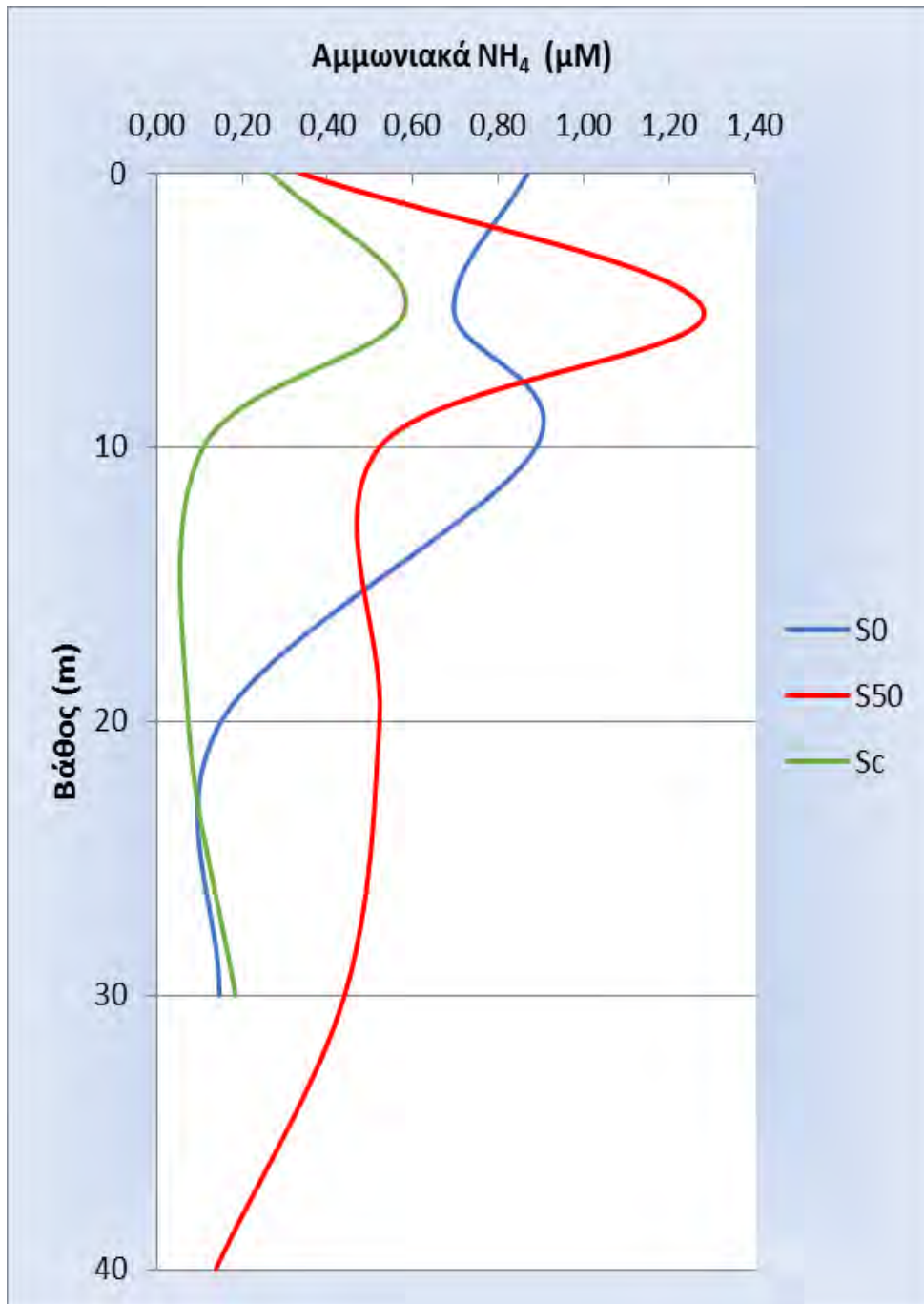
Επιπλέον, στα Σχήματα 3.12-3.16 δίνεται η συγκέντρωση (μM) των θρεπτικών αλάτων στην υδάτινη στήλη για κάθε ένα από τους τρεις δειγματοληπτικούς σταθμούς S0, S50 και Sc.

Η συγκέντρωση των αμμωνιακών (NH_4) κυμάνθηκε μεταξύ 0,14-0,89 μM στο σταθμό S0 και 0,13-1,28 στο σταθμό S50, ενώ στο σταθμό ελέγχου Sc κυμάνθηκε μεταξύ 0,07-0,60 μM . Η έντονη διαφορά στη συγκέντρωση μεταξύ των δύο πρώτων (S0,S50) και του τρίτου (Sc) φαίνεται στις τιμές των μέσων όρων, όπου στους δύο πρώτους ήταν 0,55 μM και 0,54 μM , ενώ στον τρίτο ήταν 0,24 μM (Σχ. 3.12). Η μέγιστη συγκέντρωση (1,28 μM) καταγράφηκε στο σταθμό S50 σε βάθος περίπου 5 m, ενώ η ελάχιστη (0,07 μM) στο σταθμό Sc περίπου στα 15 m βάθος (Πιν. 3.2 & Σχ. 3.7).

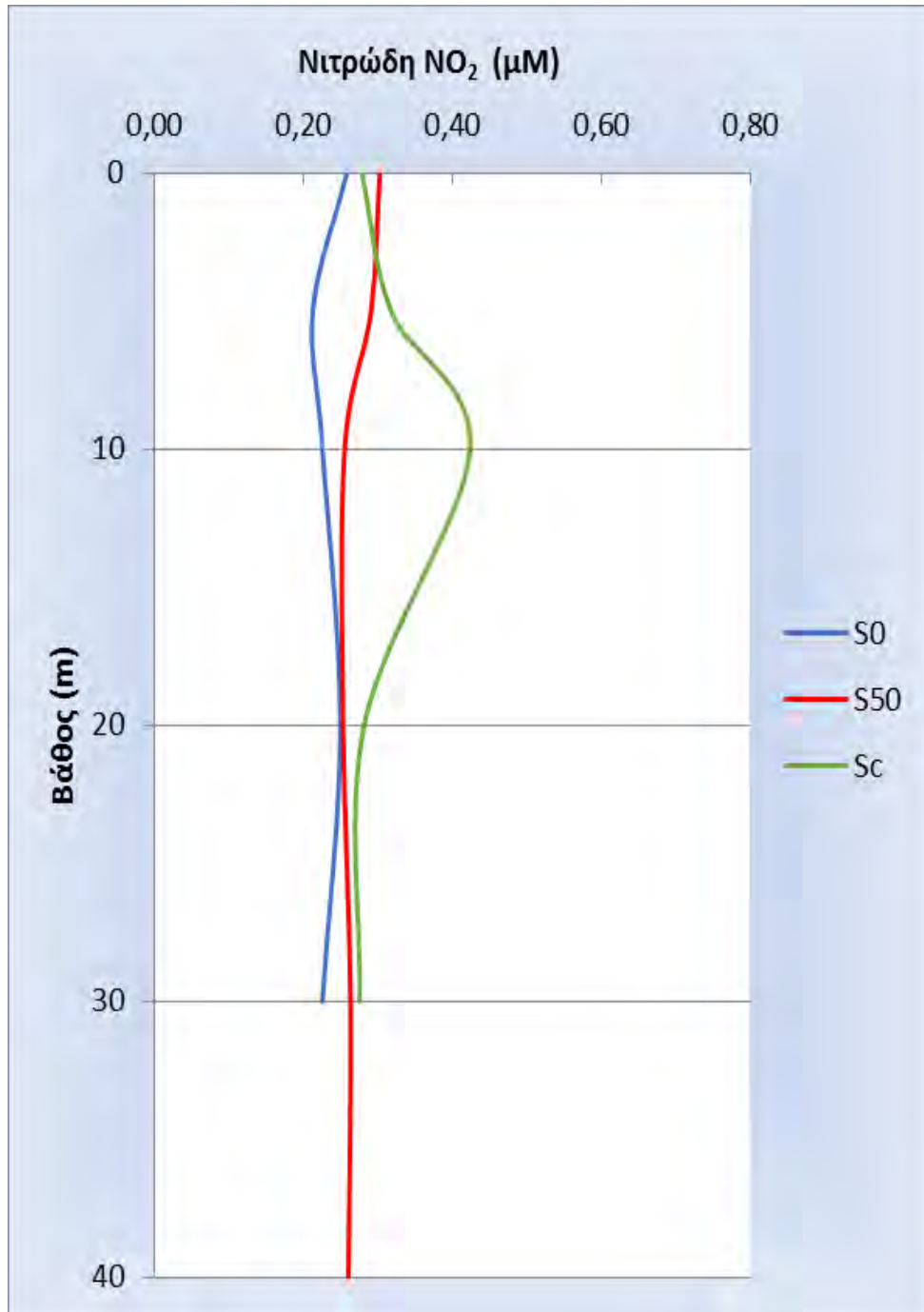
Τα νιτρώδη (NO_2) εμφάνισαν συγκέντρωση 0,21-0,26 μM στον S0, 0,25-0,30 μM στον S50 και 0,27-0,42 μM στον Sc. Η μέγιστη συγκέντρωση καταγράφηκε στον Sc στα 10 περίπου μέτρα βάθος, ενώ η ελάχιστη (0,21 μM) στον S0 στα 5 m (Πιν. 3.2, Σχ. 3.8 & 3.13).

Πίνακας 3.2. Εύρος τιμών, μέσος όρος (Μ.Ο) και τυπική απόκλιση (Τ.Α) των θρεπτικών αλάτων στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας.

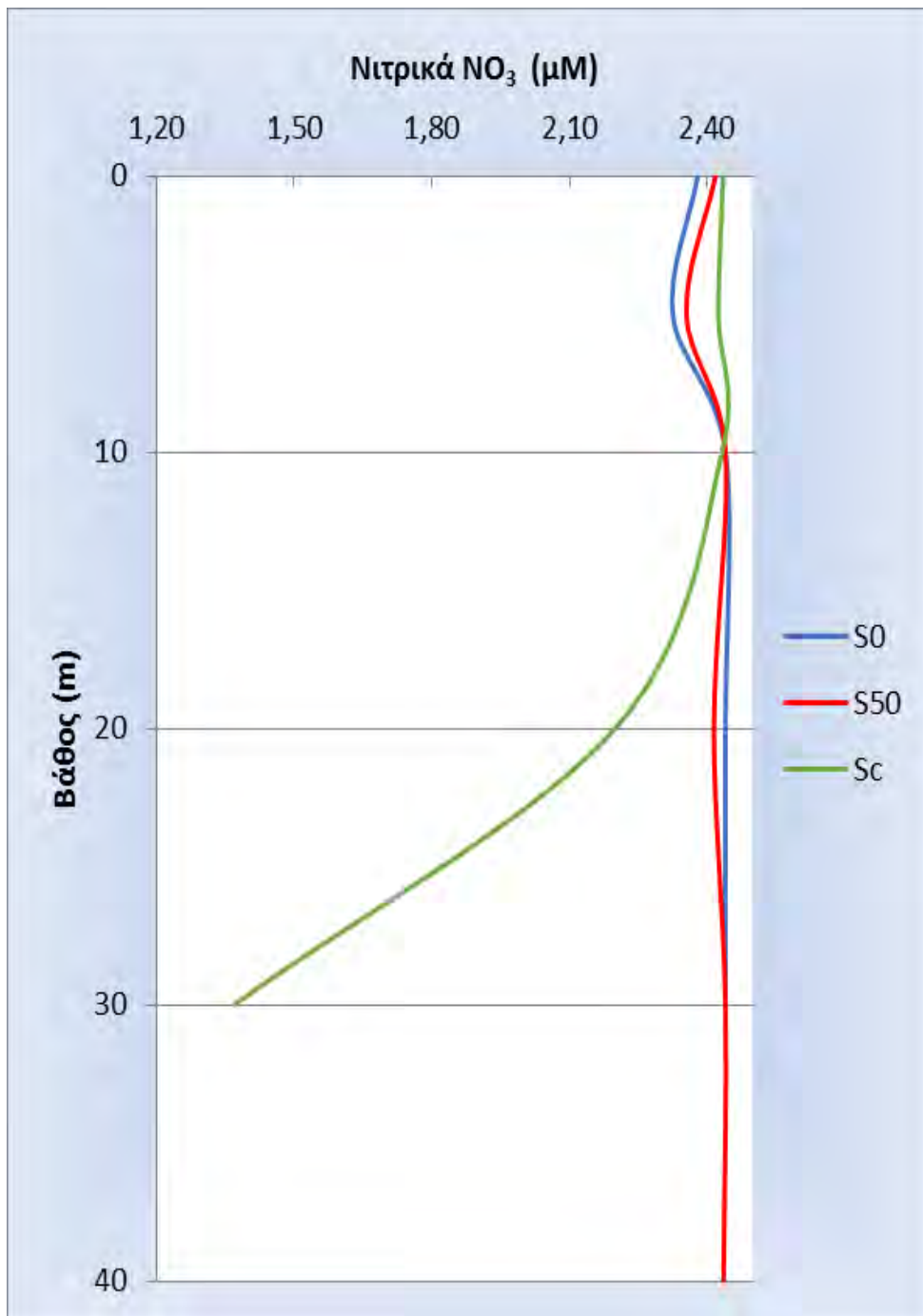
Παράμετρος (μM)	Σταθμοί		
	S0	S50	Sc
Αμμωνιακά (NH_4)			
Εύρος τιμών	0,14-0,89	0,13-1,28	0,07-0,60
Μ.Ο.±Τ.Α.	0,55±0,002	0,54±0,005	0,24±0,005
Νιτρώδη (NO_2)			
Εύρος τιμών	0,10-0,26	0,25-0,30	0,27-0,42
Μ.Ο.±Τ.Α.	0,24±0,000	0,27±0,001	0,32±0,001
Νιτρικά (NO_3)			
Εύρος τιμών	2,29-2,44	2,35-2,44	1,37-2,44
Μ.Ο.±Τ.Α.	2,41±0,01	2,42±0,01	2,17±0,01
Φωσφορικά (PO_4)			
Εύρος τιμών	0,003-0,05	0,004-0,06	0,003-0,05
Μ.Ο.±Τ.Α.	0,022±0,000	0,023±0,000	0,021±0,002
Πυριτικά (SiO_4)			
Εύρος τιμών	0,07-1,13	0,05-0,48	0,061-0,47
Μ.Ο.±Τ.Α.	0,46±0,01	0,30±0,01	0,29±0,01



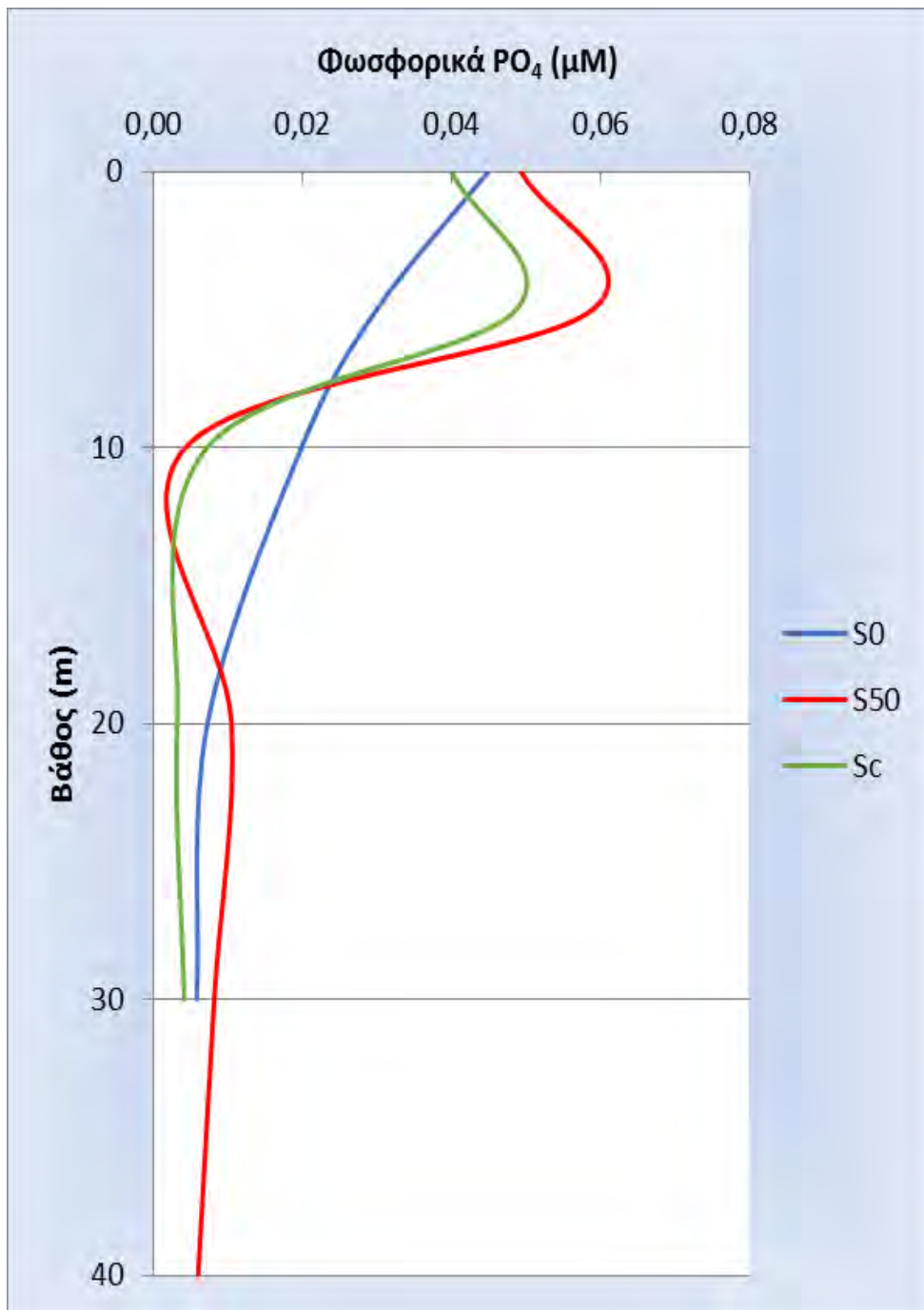
Σχήμα 3.7. Διακύμανση των αμμωνιακών στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας σε συνάρτηση με το βάθος.



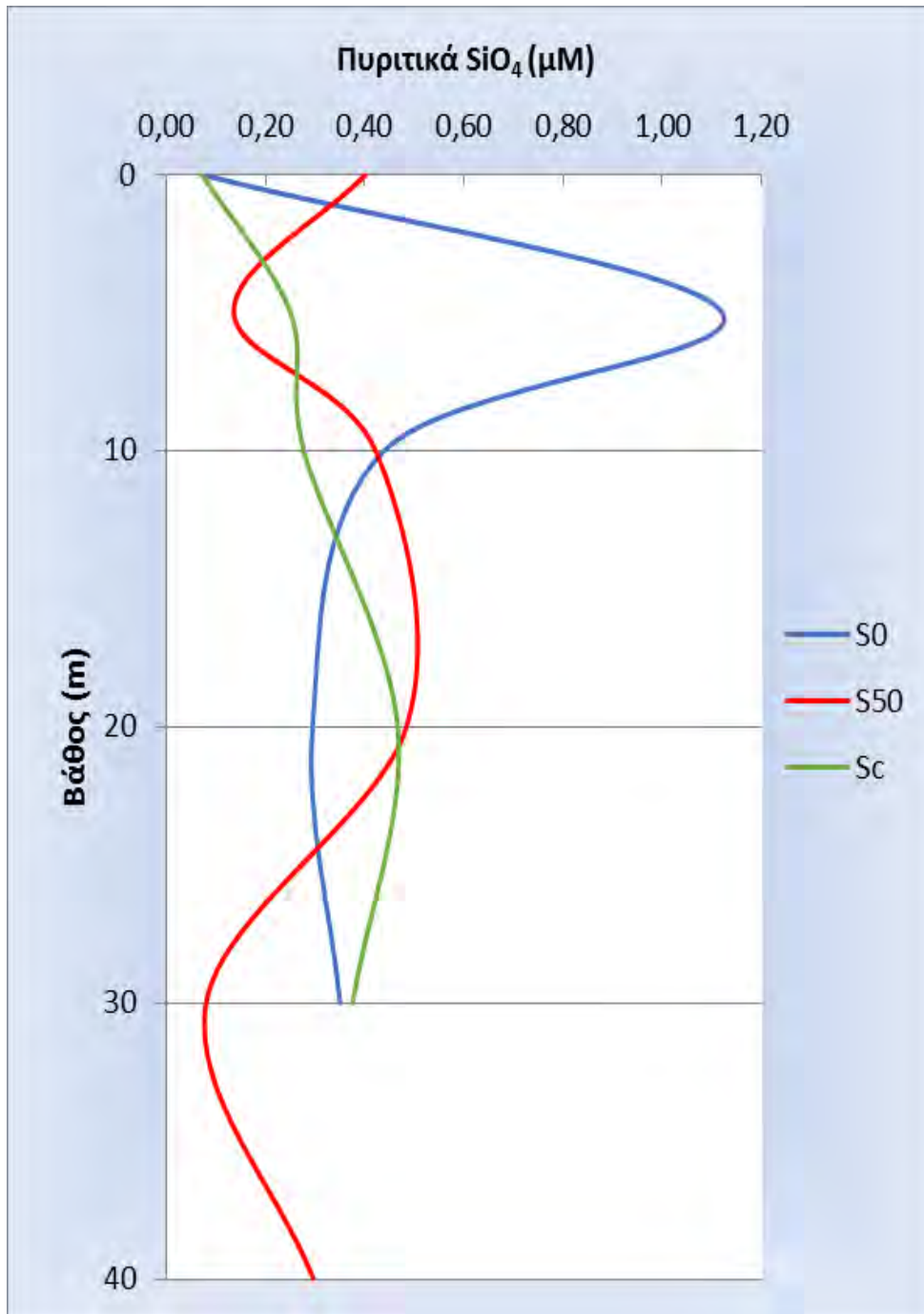
Σχήμα 3.8. Διακύμανση των νιτρωδών στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας σε συνάρτηση με το βάθος.



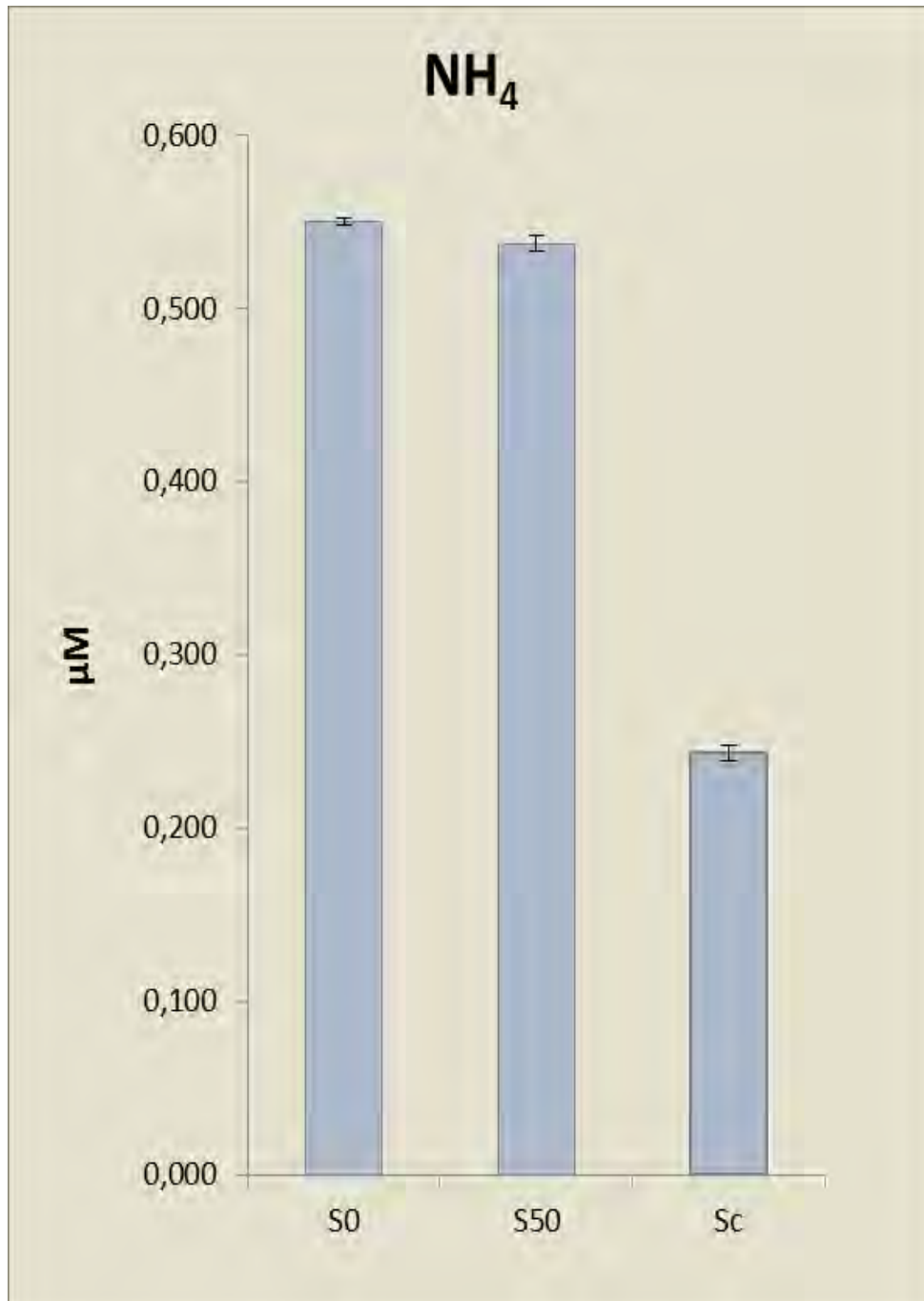
Σχήμα 3.9. Διακύμανση των νιτρικών στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας σε συνάρτηση με το βάθος.



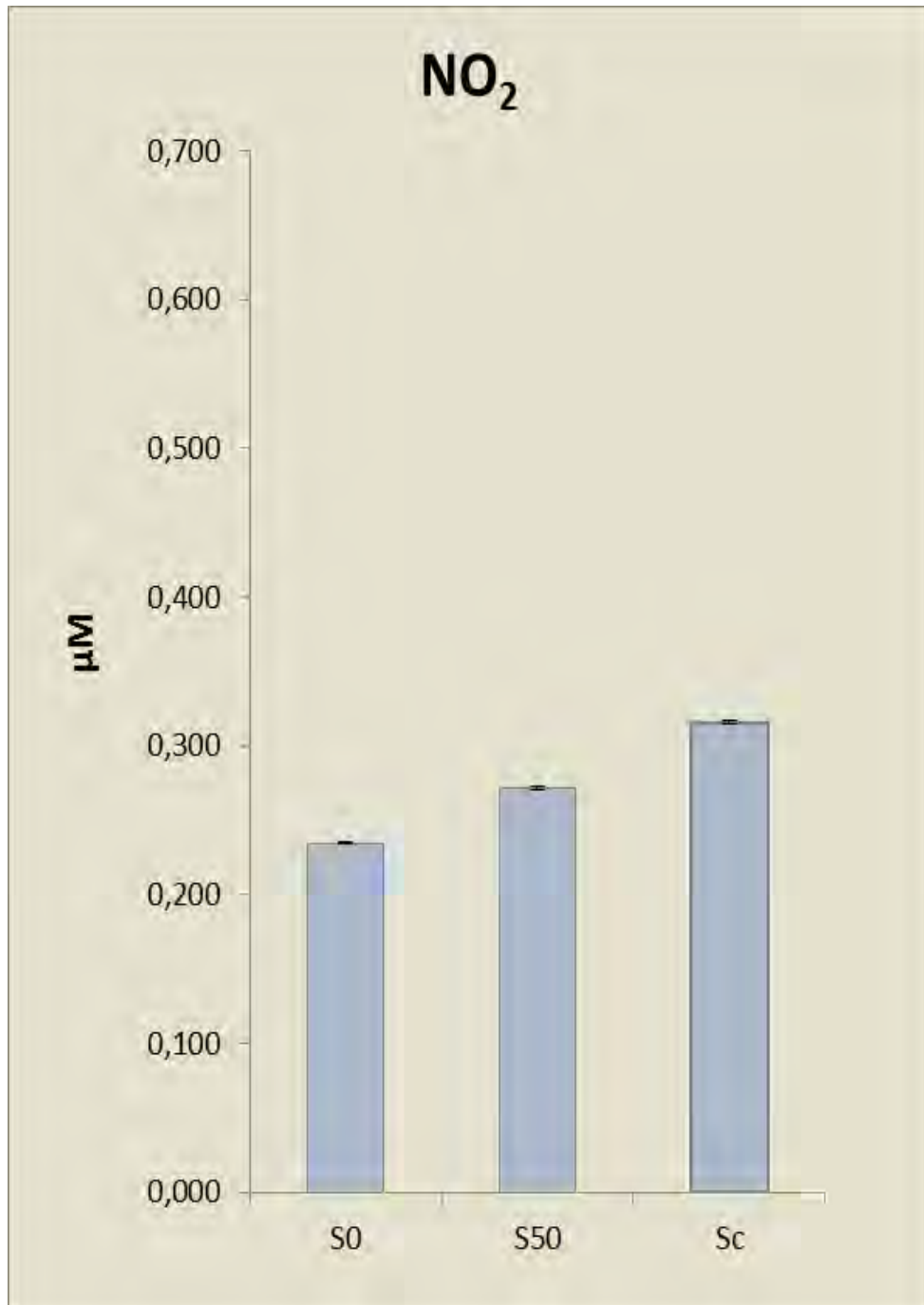
Σχήμα 3.10. Διακύμανση των φωσφορικών στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας σε συνάρτηση με το βάθος.



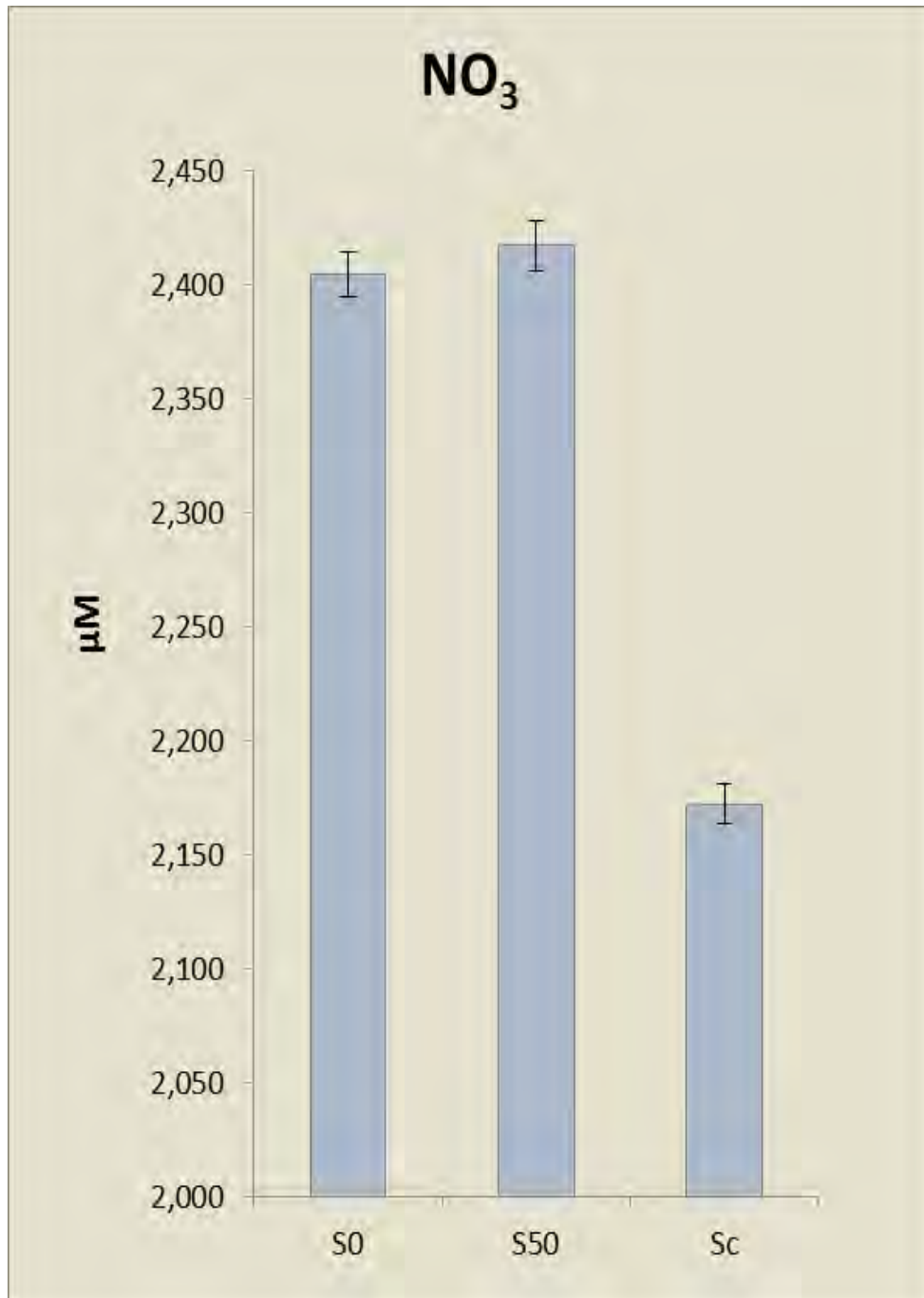
Σχήμα 3.11. Διακύμανση των πυριτικών στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας σε συνάρτηση με το βάθος.



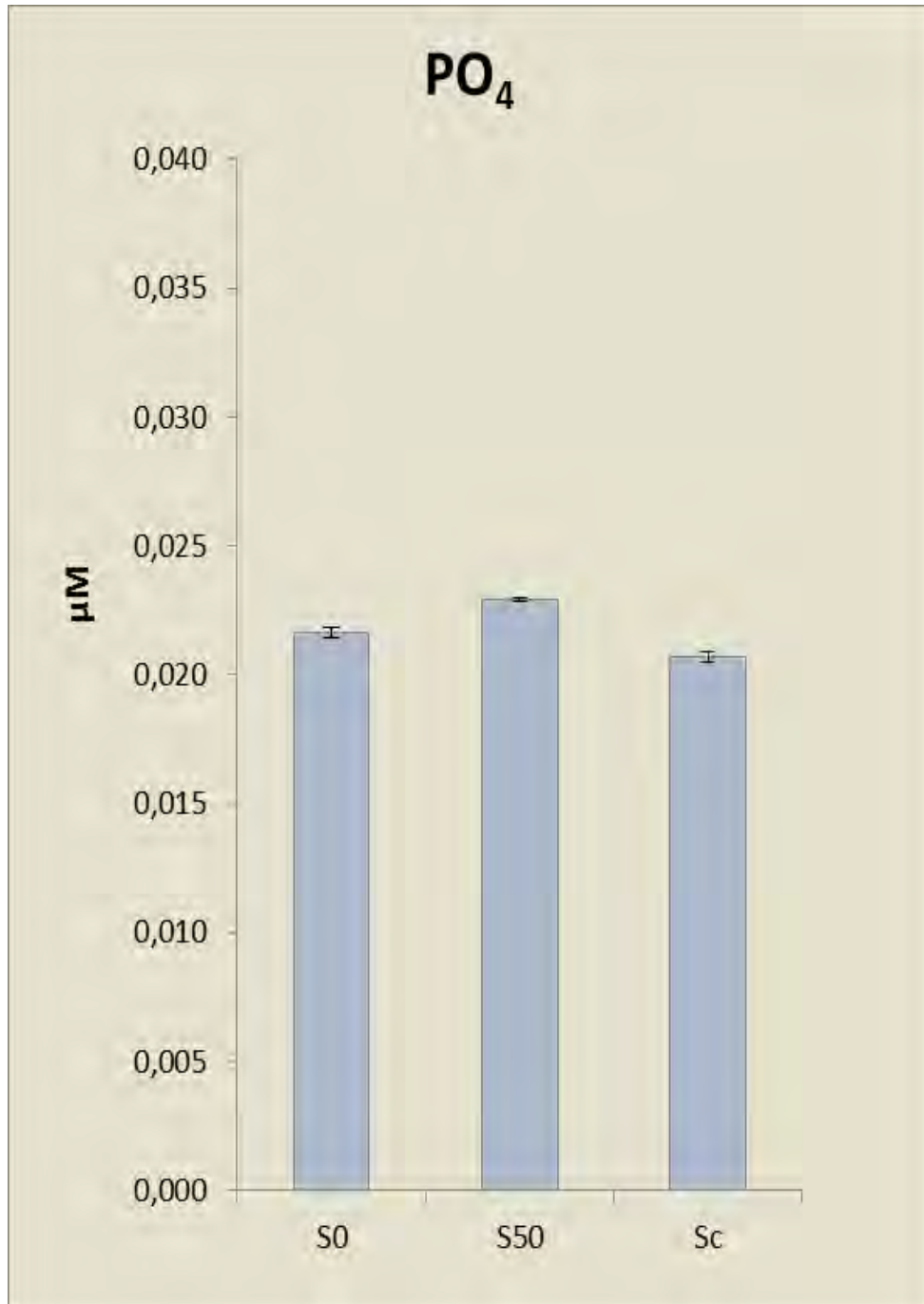
Σχήμα 3.12. Συγκέντρωση των αμμωνιακών στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας.



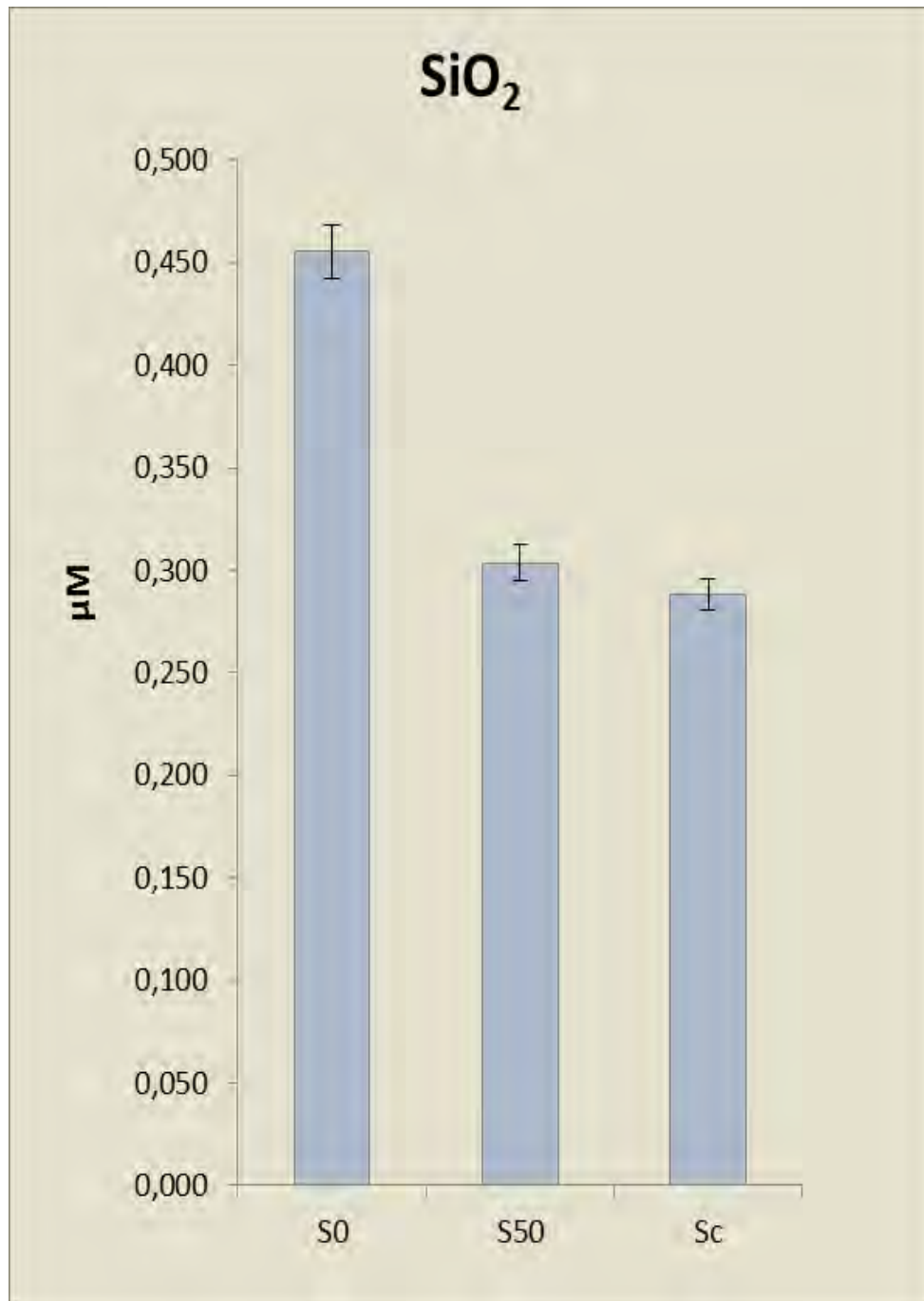
Σχήμα 3.13. Συγκέντρωση των νιτρικών στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας.



Σχήμα 3.14. Συγκέντρωση των νιτρικών στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας.



Σχήμα 3.15. Συγκέντρωση των φωσφορικών στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας.



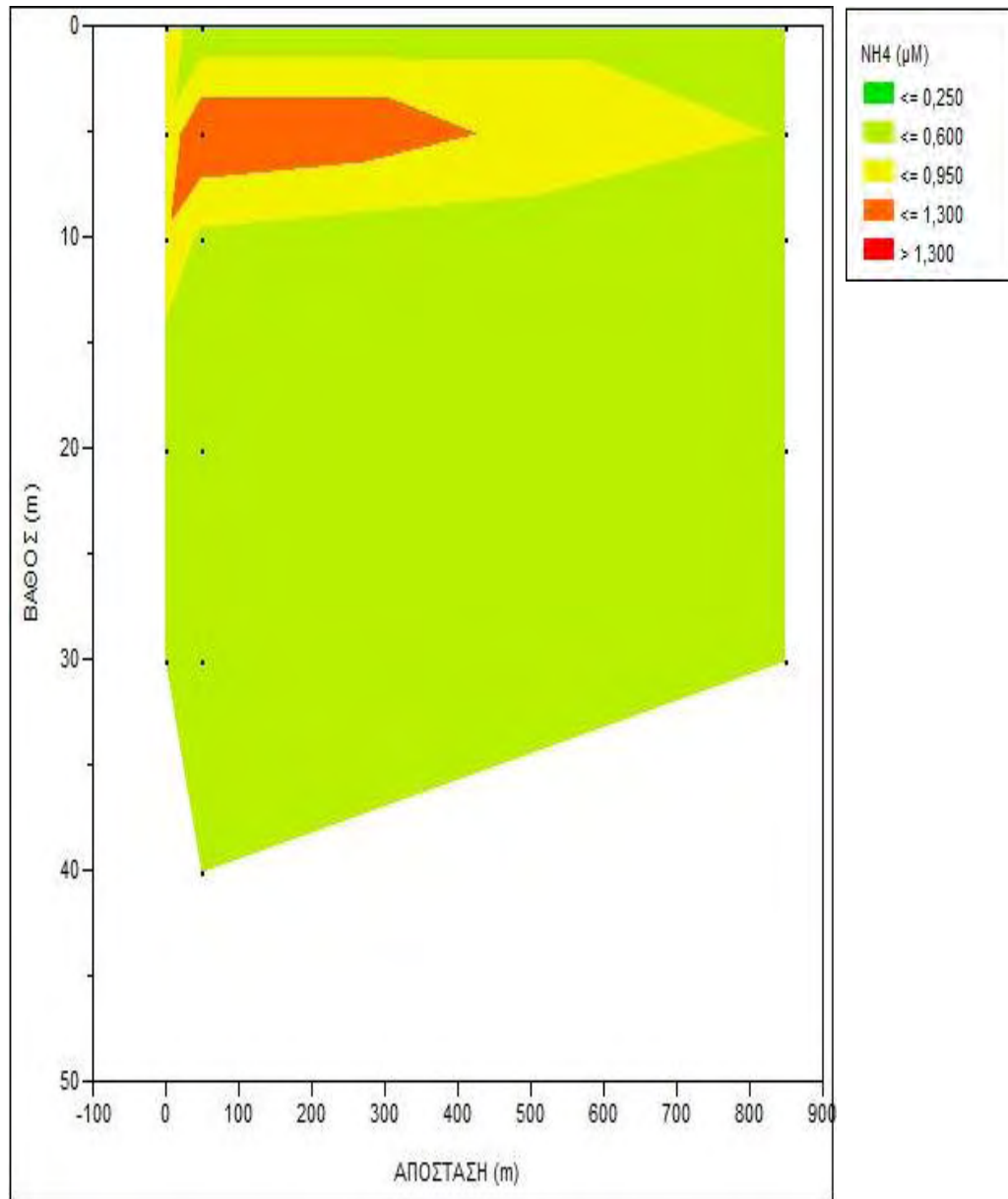
Σχήμα 3.16. Συγκέντρωση των πυριτικών στους δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας.

Όσον αφορά τη συγκέντρωση των νιτρικών (NO_3) στους σταθμούς S0 και S50 ήταν 2,41 και 2,42 μM , αντίστοιχα, ενώ στο σταθμό ελέγχου ήταν χαμηλότερη, κοντά στα 2,17 μM (Σχ. 3.14). Παρ' όλα αυτά η μεγαλύτερη τιμή που καταγράφηκε ήταν ίδια και στους τρεις δειγματοληπτικούς σταθμούς (2,44 μM), ενώ η μικρότερη εμφανίστηκε με διαφορά στον Sc στα 1,37 μM (Πιν. 3.2 & Σχ. 3.9).

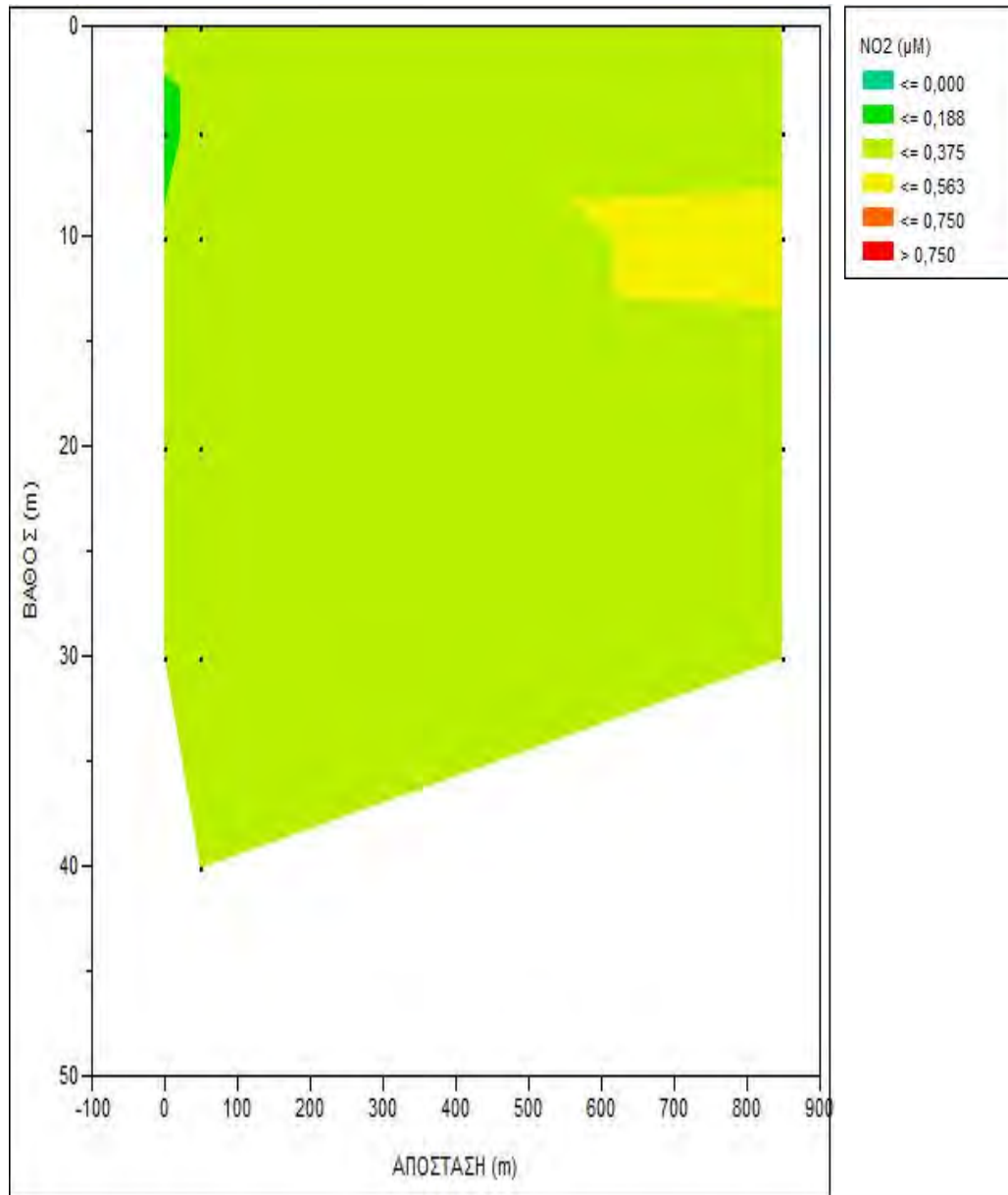
Τα φωσφορικά (PO_4) εμφάνισαν σχεδόν όμοια συγκέντρωση και στους τρεις δειγματοληπτικούς σταθμούς, γεγονός που διακρίνεται και από τους μέσους όρους των συγκεντρώσεων, όπου ήταν 0,022, 0,023 και 0,021 στους S0, S50 και Sc, αντίστοιχα (Πιν. 3.2 & Σχ. 3.15). Ωστόσο η διακύμανσή τους σε σχέση με το βάθος εμφάνισε διαφορές (Σχ. 3.10).

Τέλος, τα πυριτικά (SiO_4) εμφάνισαν αυξημένη συγκέντρωση στον S0 σε σχέση με τους άλλους δύο σταθμούς (Σχ. 3.16). Ενώ στον S0 η μέση τιμή της συγκέντρωσης ήταν στα 0,46 μM , στον S50 και Sc ήταν στα 0,30 μM και 0,29 μM , αντίστοιχα. Η μέγιστη συγκέντρωση (1,13 μM) καταγράφηκε στο βάθος των 5 m περίπου στον σταθμό S0, ενώ η ελάχιστη (0,05 μM) στα 30 m περίπου στον σταθμό S50 (Πιν. 3.2 & Σχ. 3.11).

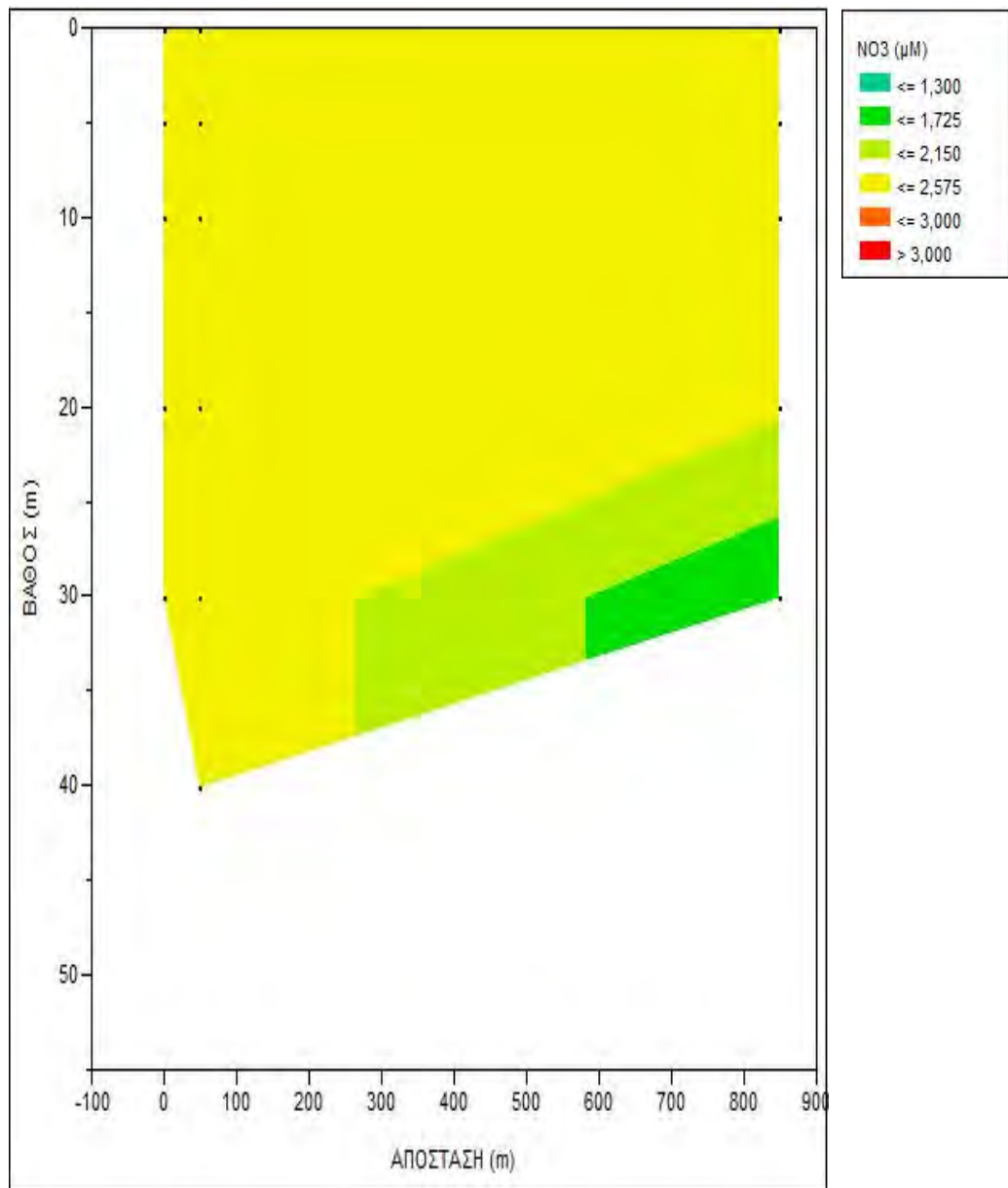
Στα Σχήματα 3.17-3.21 δίνεται η συγκέντρωση των θρεπτικών αλάτων της περιοχής μελέτης με τη χρήση του λογισμικού JMP.



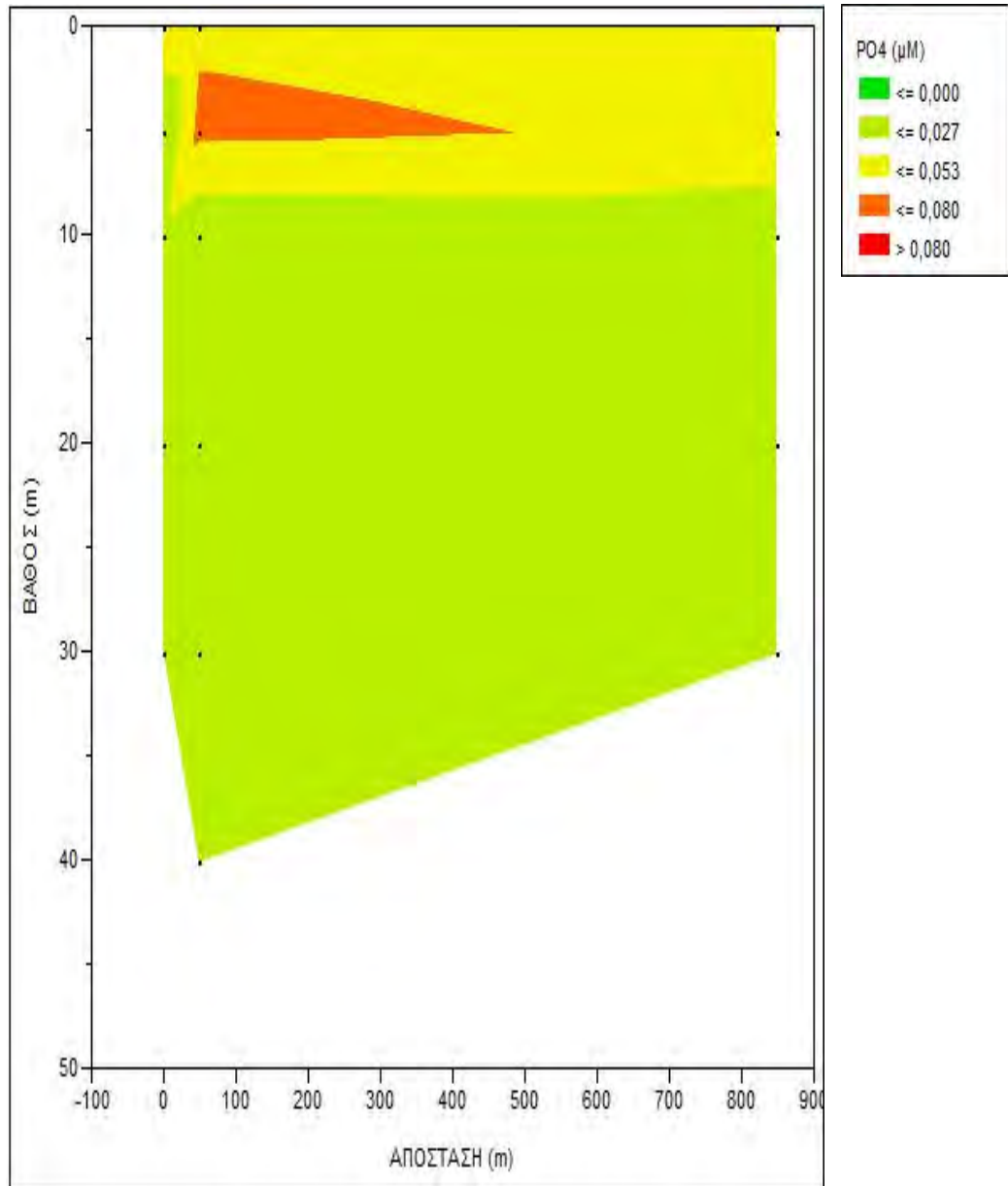
Σχήμα 3.17. Συγκέντρωση των αμμωνιακών μετά του βάρους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών.



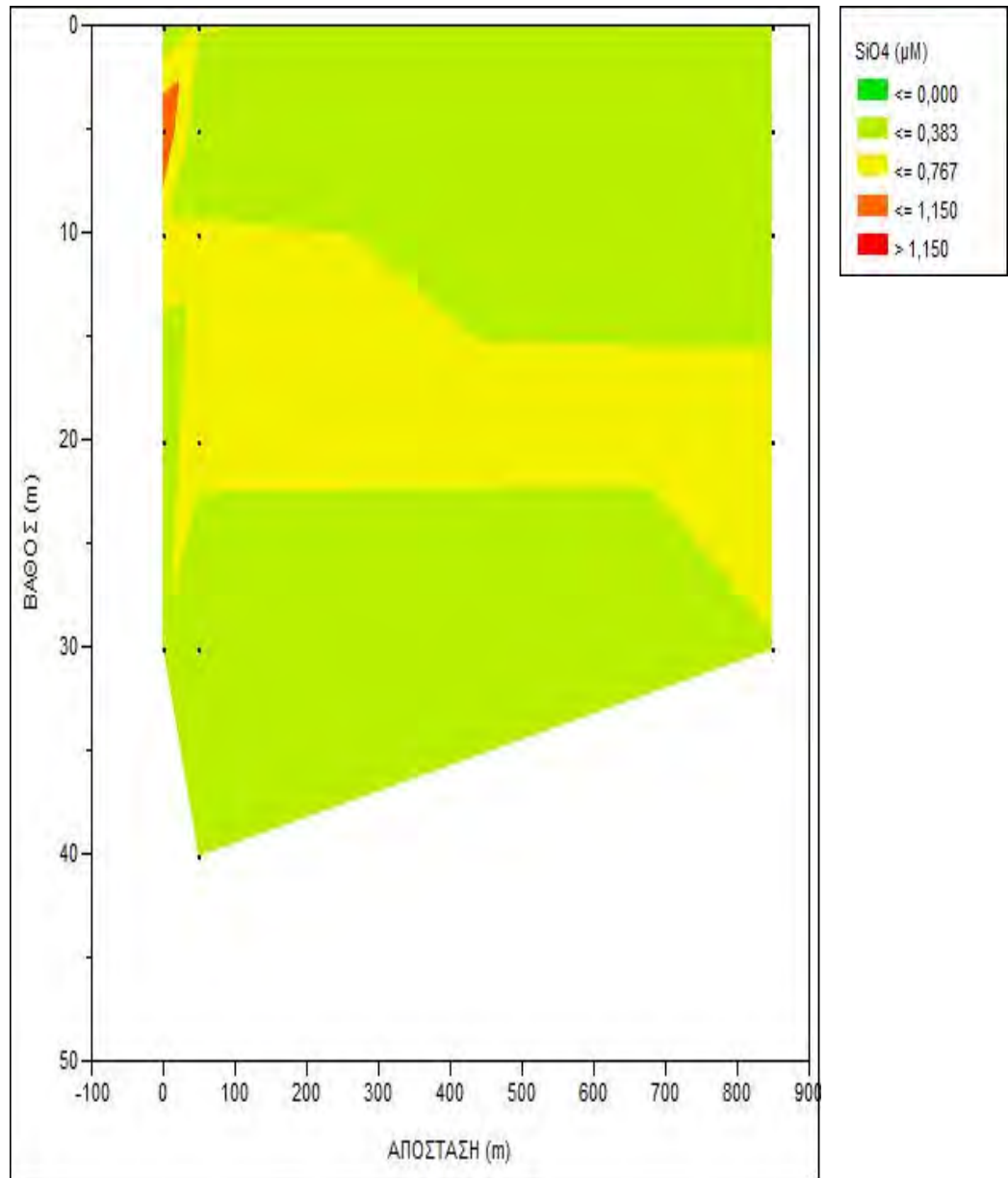
Σχήμα 3.18. Συγκέντρωση των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών.



Σχήμα 3.19. Συγκέντρωση των νιτρικών μετά του βάρους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών.



Σχήμα 3.20. Συγκέντρωση των φωσφορικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών.



Σχήμα 3.21. Συγκέντρωση των πυριτικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών.

3.3 Στατιστική ανάλυση

Τα αποτελέσματα από τη στατιστική σύγκριση των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων στους τρεις σταθμούς δειγματοληψίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3. Τα αποτελέσματα αυτά έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των σταθμών όσον αφορά τα αμμωνιακά, τα νιτρώδη και τα νιτρικά θρεπτικά άλατα. Οι συγκεντρώσεις τόσο των φωσφορικών όσο και των πυριτικών δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πιν. 3.3).

Πίνακας 3.3. Σύγκριση της συγκέντρωσης των θρεπτικών αλάτων μεταξύ των δειγματοληπτικών σταθμών της περιοχής έρευνας με την μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης.

Μεταβλητή	Βαθμοί Ελευθερίας (D.F)	Κατανομή (F)	Πιθανότητα (P)
NH ₄	47	4,68	*
NO ₂	47	17,67	**
NO ₃	47	5,15	*
PO ₄	47	0,45	ΜΣ
SiO ₄	47	2,31	ΜΣ

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, ΜΣ = Μη Σημαντικό

Οι σταθμοί δειγματοληψίας στους οποίους οφείλονται αυτές οι διαφορές σύμφωνα με το Turkey's test παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.4.

Πίνακας 3.4. Turkey's Test για τον εντοπισμό της προέλευσης των σημαντικών διαφορών που φαίνονται στην μονοπαραγωγική ανάλυση διακύμανσης (ANOVA).

NH₄		
	S0	S50
S50	MΣ	
Sc	*	*
NO₂		
	S0	S50
S50	*	
Sc	**	**
NO₃		
	S0	S50
S50	MΣ	
Sc	*	*

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, MΣ = Μη Σημαντικό

Οι στατιστικά σημαντικά διαφορές που παρατηρήθηκαν στις συγκεντρώσεις των αμμωνιακών και των νιτρικών οφείλονται στους σταθμούς S0 - Sc και S0 - S50, ενώ για τα νιτρώδη οφείλονται σε όλους τους σταθμούς (Πιν. 3.4).

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά

Το νερό απαρτίζεται από διάφορα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά. Το κυριότερο φυσικό χαρακτηριστικό του νερού, είναι η θερμοκρασία που μαζί με την χλωροφύλλη-*a* είναι τα δύο φυσικά χαρακτηριστικά του νερού που μελετήθηκαν στη συγκεκριμένη έρευνα. Τα χημικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν, είναι η αλατότητα, το διαλυμένο οξυγόνο, η ενεργός οξύτητα (pH) και το δυναμικό οξειδοαναγωγής.

Τα φυσικοχημικά αυτά χαρακτηριστικά επηρεάζουν την επιβίωση, τον ρυθμό ανάπτυξης, την αναπαραγωγική ικανότητα και την πορεία του βιολογικού κύκλου των υδρόβιων οργανισμών που εκτρέφουμε (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010). Οι διακυμάνσεις των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών μπορούν ανά πάσα στιγμή να επηρεάσουν τον ρυθμό ανάπτυξης και τη βιωσιμότητα των εκτρεφόμενων οργανισμών και γ'αυτό πρέπει να εκτιμούνται (Beveridge 1984).

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους, αλλά το ένα επιδρά και διαμορφώνει την παρουσία του άλλου, καθώς υπακούουν στους νόμους της ισορροπίας, της οξείδωσης και της σταδιακής μείωσης της ταχύτητας των μεταξύ τους αντιδράσεων (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010).

4.1.1 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία αποτελεί το φυσικό μέγεθος μέτρησης της θερμότητας, η οποία προέρχεται κυρίως από την ηλιακή ενέργεια. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρεται ότι στα

πρώτα μέτρα βάθους ενός υδάτινου οικοσυστήματος, το 53% της συνολικής φωτεινής ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010).

Θεωρείται το σημαντικότερο φυσικοχημικό χαρακτηριστικό του νερού, καθώς επηρεάζει τόσο τα υπόλοιπα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά όσο και διάφορες λειτουργίες των υδρόβιων οργανισμών. Είναι γνωστό ότι ο ρυθμός μεταβολισμού των ποικιλόθερμων οργανισμών, όπως είναι σχεδόν όλοι οι υδρόβιοι οργανισμοί, εξαρτάται άμεσα από τη θερμοκρασία του νερού. Το ίδιο έχει αποδειχθεί και για τον ρυθμό αναπνοής των ποικιλόθερμων οργανισμών (Παπουτσόγλου 1997). Τα είδη, συγκριτικά με την ανοχή που παρουσιάζουν στις διακυμάνσεις τις θερμοκρασίας, διακρίνονται σε ευρύθερμα (ανοχή σε μεγάλο εύρος διακυμάνσεων) και σε στενόθερμα (μικρό εύρος διακυμάνσεων) (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010).

Τα ψάρια που εκτρέφονται στη μονάδα έρευνας στον Πόρο είναι η τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*). Για την τσιπούρα έχει βρεθεί ότι το άριστο επίπεδο της θερμοκρασίας, δηλαδή το επίπεδο στο οποίο επιτυγχάνεται ο μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης της, κυμαίνεται μεταξύ των 22-24 °C. Ωστόσο, ως ευρύθερμο είδος αντέχει σε ένα μεγάλο θερμοκρασιακό εύρος από 4 έως 32 °C. Οι ίδιες περίπου τιμές ισχύουν και για τον μέγιστο ρυθμό ανάπτυξης του λαβρακίου, ενώ αντέχει και σε λίγο χαμηλότερες θερμοκρασίες από την τσιπούρα (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2012).

Από τα αποτελέσματα της δειγματοληψίας, οι τιμές της θερμοκρασίας παρουσίασαν τις αναμενόμενες διακυμάνσεις, σχετικά και με την εποχή που πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία (Απρίλιος), καθώς οι μέσοι όροι ήταν κοντά στους 15 °C. Η τιμή αυτή έρχεται σε σχετική συμφωνία με άλλες έρευνες στο Αιγαίο πέλαγος, όπως των Neofitou & Kladatos (2008), όπου ο μέσος όρος θερμοκρασίας που

κατέγραψαν την άνοιξη ήταν 16,33 °C. Στους 16 °C βρέθηκε και η θερμοκρασία από τους Yucel-Gier et al. (2010) τον μήνα Απρίλιο σε έρευνα που πραγματοποίησαν στο ανατολικό Αιγαίο. Ωστόσο σε σύγκριση με έρευνα που αφορούσε τον Σαρωνικό, οι τιμές αυτές είναι μειωμένες, καθώς οι Ignatiades et al. (1985) βρήκαν μέση ετήσια θερμοκρασία κοντά στους 20 °C. Παρ' όλα αυτά οι διαφορές αυτές είναι φυσιολογικές, αφού η θερμοκρασία του νερού μεταβάλλεται από έτος σε έτος για την ίδια περιοχή όπως και μεταξύ διαφορετικών περιοχών.

Οι υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας καταγράφηκαν στην επιφάνεια των σταθμών δειγματοληψίας, λόγω της ηλιακής ενέργειας. Το φαινόμενο του θερμοκλινούς δεν ήταν έντονο, αποτέλεσμα αναμενόμενο σύμφωνα με τον Καλόσακα (2000), που επισημαίνει πως η περίοδος από τον Δεκέμβρη έως και τον Απρίλιο χαρακτηρίζεται από τη διαδοχική συρρίκνωση και καταστροφή του εποχικού θερμοκλινούς στο Σαρωνικό, το οποίο επανεμφανίζεται τον Μάιο.

4.1.2 Αλατότητα

Η αλατότητα εκφράζει το μέτρο της συγκέντρωσης των διαλυμένων στο θαλάσσιο νερό αλάτων. Μέχρι σχετικά πρόσφατα, μετριόταν σε «μέρη επί τοις χιλίοις», σήμερα όμως προσδιορίζεται με μεγάλη ακρίβεια από την ηλεκτρική αγωγιμότητα του θαλάσσιου νερού και αποδίδεται με πρακτικές μονάδες αλατότητας (psu) (Θεοδώρου 2004).

Έχει αποδειχθεί ότι αποτελεί έναν παράγοντα που έχει έμμεση επίδραση στους οργανισμούς, καθώς με τη μεταβολή της, μεταβάλλεται εξίσου και η φυσικοχημική κατάσταση του νερού. Πιο συγκεκριμένα, μεταβολή της αλατότητας, σημαίνει μεταβολή της διαλυτότητας των αερίων του νερού και ως εκ τούτου αυξάνεται η

κατανάλωση ενέργειας από τους οργανισμούς για την πραγματοποίηση της ωσμωρύθμισης. Όπως και στην θερμοκρασία έτσι και στην αλατότητα, τα είδη διαχωρίζονται σε ευρύαλα και στενύαλα, ανάλογα με την ανθεκτικότητα και την ικανότητα προσαρμογής τους στις μεταβολές αυτής. Ο βαθμός της αντοχής τους στις ακραίες τιμές της εξαρτάται από την ικανότητα ρύθμισης της οσμωτικής τους πίεσεως (Davenport & Vahl 1979).

Η αλατότητα των ελληνικών θαλασσών και γενικότερα της Μεσογείου, κυμαίνεται από 30 έως 40 psu, ενώ στον ανοιχτό ωκεανό η τιμή της είναι στα 35 psu. Αξίζει να σημειωθεί το γεγονός ότι στις παράκτιες περιοχές, οι παροχές των ποταμών και οι χερσαίες απορροές ελαττώνουν την αλατότητα. Οι τιμές της εκεί συνήθως κυμαίνονται από 28-33 psu.

Η τσιπούρα και το λαβράκι αποτελούν ευρύαλα είδη. Οι Febry & Lutz (1987), έδειξαν ότι η πλειονότητα των ευρύαλων ειδών επιβιώνει και αναπτύσσεται σε άριστα επίπεδα σε ενδιάμεσες τιμές αλατότητας από 20-35 psu. Οι Κλαουδάτος και Κλαουδάτος (2012), αναφέρουν ότι η αντοχή στις μεταβολές της αλατότητας τόσο της τσιπούρας όσο και του λαβρακιού έχει εύρος από 0 μέχρι και 40 psu.

Από το διάγραμμα της μεταβολής της αλατότητας συναρτήσει του βάθους παρατηρείται ότι οι τιμές της αλατότητας είναι μικρότερες κοντά στην επιφάνεια και αυξάνουν προς το βάθος. Η ίδια παρατήρηση έγινε και από τους Papathanassiou & Zenetos (2005). Αυτό είναι πιο εμφανές στον σταθμό ελέγχου Sc. Το συγκεκριμένο φαινόμενο συμβαίνει επειδή κοντά στην επιφάνεια η ανάμειξη είναι ταχεία και τα κύματα, τα επιφανειακά ρεύματα και η εποχικά επαναλαμβανόμενη κατακόρυφη ανάμειξη των νερών συμβάλλουν στην ομογενοποίηση των επιφανειακών νερών (Θεοδώρου 2004).

Η υψηλότερη αλατότητα καταγράφηκε στα 30 m βάθους στο σταθμό Sc (39,1 psu), ενώ η χαμηλότερη στην επιφάνεια του S50 (38,9 psu). Η μικρή ωστόσο αυτή διαφορά και η σύγκριση των μέσων τιμών της αλατότητας (38,96 psu στους S0 και S50, 38,98 psu στον Sc), υποδεικνύουν ότι δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σταθμών. Τις ίδιες συγκεντρώσεις αλατότητας βρήκαν στον Σαρωνικό και οι Christou (1998), Papathanassiou & Zenetos (2005), οι οποίες κυμάνθηκαν μεταξύ 38 και 39 psu.

4.1.3 Διαλυμένο οξυγόνο

Το οξυγόνο είναι ένα από τα σπουδαιότερα διαλυμένα στο νερό αέρια. Θεωρείται ο πρώτος περιοριστικός παράγοντας για όλες τις μεθόδους εκτροφής, καθώς επιδρά άμεσα στη βιωσιμότητα των εκτρεφόμενων οργανισμών. Αποτελεί την πιο σημαντική παράμετρο για τον μεταβολισμό των αερόβιων οργανισμών. Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό, ότι το διαλυμένο οξυγόνο πρέπει να παρέχεται σε επάρκεια σε μια περιοχή που προορίζεται για μαζική παραγωγή οργανισμών, όπως οι ιχθυοκαλλιέργειες (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010).

Σε μια μονάδα εκτροφής είναι πολλοί οι παράγοντες που επηρεάζουν την επάρκεια η μη του οξυγόνου. Οι πιο σημαντικοί είναι η εποχή (λόγω θερμοκρασίας), ο ρυθμός ανανέωσης του νερού και η ιχθυοφόρτιση. Οι Perrson & Hakanson (1991), απέδειξαν ότι τα 2/3 των απαιτήσεων σε οξυγόνο, οποιασδήποτε υδάτινης μάζας, καταναλώνονται κατά τη μικροβιακή διάσπαση των σωματιδίων των διαλυτών οργανικών στερεών, καθώς και κατά την οξείδωση της αμμωνίας. Εξίσου σημαντικό για την παρουσία του διαλυμένου οξυγόνου, είναι η γνώση αν το βενθικό υπόστρωμα καταναλώνει και μέχρι ποιο βαθμό το διαλυμένο οξυγόνο (Hargrave et al. 1993).

Δύο βασικές αρχές όσον αφορά τον ρυθμό κατανάλωσης του οξυγόνου είναι πρώτον ότι αυτός μειώνεται όσο το μέγεθος του ψαριού αυξάνει, και δεύτερον ότι αυτός αυξάνεται κατά τη διάρκεια της πέψης (Παπουτσόγλου 1997).

Τα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου δε θα πρέπει να είναι κάτω από τα 5 ppm, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι οι οργανισμοί δεν μπορούν να επιβιώσουν και σε χαμηλότερα επίπεδα για ορισμένο χρονικό διάστημα. Ικανοποιητικές θεωρούνται οι συνθήκες όπου το επίπεδο κορεσμού του οξυγόνου παραμένει άνω του 70%. (Κλαουδάτος 2000).

Τα ψάρια διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες, ανάλογα με τις απαιτήσεις που έχουν σε οξυγόνο. Η τσιπούρα και το λαβράκι ανήκουν στη κατηγορία των ψαριών, που απαιτούν ενδιάμεσες ποσότητες οξυγόνου, δηλαδή 5-7 mg/l (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2012).

Οι τιμές συγκέντρωσης του οξυγόνου στην περιοχή έρευνας, κυμάνθηκαν περίπου στα 3,5 mg/l. Αυτές οι τιμές έρχονται σε αντίθεση με τις τιμές των Παυλίδου & Ψυλλίδου (1997), σε έρευνα στην περιοχή του νοτιοανατολικού Σαρωνικού (κοντά στον Πόρο), όπου οι συγκεντρώσεις κυμάνθηκαν από 5,33 έως 6,14 mg/l. Επίσης, δεν παρατηρήθηκε η αναμενόμενη αυξημένη (συγκριτικά με το βάθος) συγκέντρωση στην επιφάνεια των δειγματοληπτικών σταθμών, καθώς σύμφωνα με τον Θεοδώρου (2004), τα επιφανειακά νερά των ωκεανών και των θαλασσών είναι κατά κανόνα υπέρκορα ως προς το οξυγόνο, γεγονός που συνήθως οφείλεται στη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών. Επίσης, οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου στην επιφάνεια των σταθμών κοντά στη μονάδα, ήταν ελαφρώς μικρότερες από αυτές του σταθμού ελέγχου. Η συγκεκριμένη παρατήρηση έγινε και από τους Morata et al. (2012) σε έρευνά τους στη νοτιοδυτική Μεσόγειο. Η μειωμένη αυτή συγκέντρωση πιθανότατα

αιτιολογείται από την κατανάλωση οξυγόνου των εκτρεφόμενων οργανισμών (Price et al. 2015).

4.1.4 Ενεργός οξύτητα

Η ενεργός οξύτητα εκφράζει τη συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου στο υδάτινο περιβάλλον. Εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία, την αλατότητα και τις συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα, του οξυγόνου και διαφόρων αλάτων. Ωστόσο εξαρτάται και από τη μεταβολική δραστηριότητα των υδρόβιων οργανισμών (φωτοσύνθεση φυτών, αναπνοή οργανισμών) και από τη διεργασία της χημικής αποσύνθεσης των οργανικών ενώσεων (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010).

Στα περισσότερα υδάτινα οικοσυστήματα, οι τιμές του pH κυμαίνονται από 4 μέχρι 9, ενώ το θαλασσίνο νερό είναι αλκαλικό με τιμές pH 8,2 και πολύ μικρές διακυμάνσεις της τάξεως του $\pm 0,2$. Οι τιμές του pH στη μονάδα εκτροφής ήταν μεταξύ 8,3 και 8,4 σε όλα τα βάθη. Αν και τα περισσότερα είδη εκτροφής, προτιμούν τιμές μεταξύ 6 και 8 (Petit 1989), τιμές μέχρι και 8,5 είναι ακίνδυνες. Οι τιμές που καταγράφηκαν φαίνεται να συμπίπτουν με αυτές των Davilla et al. (2016) που σε έρευνα τους στον Σαρωνικό, η μεγαλύτερη τιμή pH σε αντίστοιχη εποχή με της παρούσας έρευνας ήταν 8,18.

4.1.5 Οξειδοαναγωγικό δυναμικό

Παρατηρήθηκε ότι όσο απομακρύνεσαι από τους ιχθυοκλωβούς το δυναμικό οξειδοαναγωγής αυξάνεται κατά πολύ, καθώς στον σταθμό S0 κυμάνθηκε κοντά στα 113 mV, στον S50 στα 133 mV, ενώ στον σταθμό Sc στα 158 mV, φτάνοντας μέχρι και

τα 161,79 mV. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Morata et al. (2012), καθώς βρήκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο δυναμικό οξειδοαναγωγής μεταξύ του ιζήματος κάτω από τους κλωβούς και του σταθμού ελέγχου. Το γεγονός αυτό έγκειται στην αυξημένη ποσότητα των μικροοργανισμών που υπάρχουν στον πυθμένα της περιοχής και συνεπώς στην αυξημένη κατανάλωση του οξυγόνου στο σημείο αυτό. Πιο αυξημένες τιμές δυναμικού οξειδοαναγωγής βρήκαν οι Apostolaki et al. (2007) στο Σούνιο, με μέσο όρο κοντά στα 308 mV.

4.1.6 Χλωροφύλλη-α

Η χλωροφύλλη-α απαντάται σε όλους τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς που παράγουν οξυγόνο, καθώς ο ρόλος της είναι να απορροφά την ηλιακή ενέργεια προκειμένου να πραγματοποιηθεί το φαινόμενο της φωτοσύνθεσης. Ως εκ τούτου οι μετρήσεις της, αντιπροσωπεύουν τον πληθυσμό του φυτοπλαγκτού στο υδάτινο περιβάλλον. Αξίζει να σημειωθεί ότι το φυτοπλαγκτό πραγματοποιεί σχεδόν το σύνολο της φωτοσύνθεσης στον ανοιχτό ωκεανό. Επίσης είναι υπεύθυνο για το μισό της παγκόσμιας πρωτογενούς παραγωγής και παράγει το μισό οξυγόνο της ατμόσφαιρας (Castro & Huber 1999).

Οι μετρήσεις της παρούσας έρευνας έδειξαν τόσο τη μέγιστη όσο και την ελάχιστη συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α, να καταγράφονται στον σταθμό ελέγχου Sc. Ωστόσο η μεγαλύτερη μέση συγκέντρωση (2,12 mg/m³) εμφανίστηκε στον σταθμό S0, στο κέντρο δηλαδή της συστοιχίας των κλωβών. Αυτό σύμφωνα με τους Sestanovic' et al. (2014), ίσως οφείλεται στην αυξημένη συγκέντρωση των θρεπτικών αλάτων κοντά στου ιχθυοκλωβούς, η οποία με τη σειρά της επιφέρει αύξηση και στη χλωροφύλλη-α. Επίσης, στον σταθμό Sc, οι συγκεντρώσεις ήταν μικρότερες συγκριτικά

με τους S0 και S50. Έχει παρατηρηθεί εξάλλου, ότι η συγκέντρωση της χλωροφύλλης-*a* είναι αυξημένη κοντά σε μονάδες εκτροφής και μειώνεται σημαντικά όσο απομακρύνεται από αυτές (Dalsgaard & Krause-Jensen 2006). Έρευνες στη Μεσόγειο έχουν δείξει παρόμοια αποτελέσματα, καθώς η υδάτινη στήλη κοντά σε ιχθυοκλωβούς εμφανίζει λίγο αυξημένη συγκέντρωση χλωροφύλλης-*a* (Pitta et al. 1999, La Rosa et al. 2002, Pitta et al. 2005). Σε σύγκριση με έρευνες στα νερά του Σαρωνικού, οι τιμές της παρούσας έρευνας είναι λίγο μεγαλύτερες, καθώς οι Ignatiades et al. (1985) και ο Christou (1998) βρήκαν μέσες συγκεντρώσεις περίπου στο 1,5 mg/m³. Ωστόσο, οι Becacos & Kontos (1968) τον Απρίλιο του 1964 βρήκαν στον Σαρωνικό συγκεντρώσεις 2,39 mg/m³.

4.2 Θρεπτικά άλατα

Τα θρεπτικά άλατα αποτελούν θρεπτικά συστατικά του νερού. Στα θρεπτικά συστατικά περιλαμβάνονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία που πρέπει να προσλάβουν οι υδρόβιοι οργανισμοί για την επιβίωση και την ανάπτυξή τους. Η συγκέντρωσή τους στο νερό διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην ποιοτική και την ποσοτική αφθονία των οργανισμών (Θεοδώρου 2004).

Τα κύρια θρεπτικά άλατα, τα οποία και μελετήθηκαν στην παρούσα μελέτη, είναι τα αμμωνιακά, τα νιτρώδη, τα νιτρικά, τα φωσφορικά και τα πυριτικά. Οι συγκεντρώσεις των παραπάνω παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της τροφικής κατάστασης μιας υδάτινης περιοχής, καθώς αυτές προσδίδουν τους χαρακτηρισμούς ολιγοτροφική, μεσοτροφική και ευτροφική στην περιοχή. Η σχετική αφθονία των θρεπτικών αλάτων σε μια περιοχή συνδέεται συνήθως με την αύξηση του πληθυσμού φυτοπλαγκτονικών οργανισμών. Αυτό συμβαίνει γιατί τα θρεπτικά άλατα

αναφέρονται στα διαλυμένα στο υδάτινο περιβάλλον μόρια και στοιχεία που μπορεί να χρησιμοποιηθούν από τα υδρόβια φυτά. (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010).

Αξίζει να αναφερθεί ότι ο φώσφορος και το άζωτο, αποτελούν περιοριστικούς παράγοντες του γλυκού και του αλμυρού νερού αντίστοιχα. Το άζωτο, στα υδάτινα οικοσυστήματα εμφανίζεται σε διάφορες μορφές όπως NH_3 , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , ελεύθερο αέριο (N_2) και οργανικές ενώσεις όπως τα αμινοξέα και οι πρωτεΐνες (Παπουτσόγλου 1997).

4.2.1 Αμμωνιακά

Η περιεκτικότητα του νερού σε αμμωνία θεωρείται ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια για την αξιολόγηση υδατοσυλλογών, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για την εκτροφή ή την καλλιέργεια υδρόβιων οργανισμών, γιατί η αμμωνία είναι άκρως τοξική, ιδιαίτερα για τα ψάρια (Παπουτσόγλου 1997).

Η συγκέντρωση της αμμωνίας στο νερό μετράται ως ολική αμμωνία, που είναι το άθροισμα των συγκεντρώσεων της ελεύθερης αμμωνίας (NH_3) και του αμμωνίου (NH_4^+) (δηλαδή των αμμωνιακών). Η ελεύθερη μορφή αμμωνίας αναφέρεται και ως η μη ιονισμένη, ενώ τα αμμωνιακά ως ιονισμένη μορφή αμμωνίας. Η μη ιονισμένη αμμωνία είναι εξαιρετικά τοξική ενώ τα αμμωνιακά δεν παρουσιάζουν τοξικότητα σε πολύ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις (Boyd 1981). Πιο συγκεκριμένα, ο Tabata (1962), έδειξε πως η τοξικότητα της ιονισμένης μορφής αμμωνίας, ισοδυναμεί μόνο με το 1/15 εκείνης της μη ιονισμένης για ζωοπλακτονικούς οργανισμούς, και ακόμα μικρότερη για ορισμένα είδη ψαριών. Ο Hampson (1977), αναφέρει ότι η τοξικότητα εξαρτάται κυρίως από το pH του νερού, καθώς απέδειξε πως όταν το pH αυξάνεται κατά ένα βαθμό, η τοξικότητα δεκαπλασιάζεται. Ως εκ τούτου, γίνεται κατανοητό ότι στο

θαλασσινό νερό που το pH είναι αυξημένο, η αμμωνία είναι πιο τοξική. Ωστόσο οι Shepher & Bromage (1988), αναφέρουν πως τα φαινόμενα τοξικότητας από την παρουσία αμμωνίας εμφανίζονται μόνο στις περιπτώσεις που συνυπάρχουν μεγάλες πυκνότητες εκτροφής, περιορισμένη κυκλοφορία νερού, υψηλές θερμοκρασίες και ρυπασμένα νερά. Επίσης, οι τιμές της αμμωνίας που εκκρίνονται από εκτρεφόμενους οργανισμούς διαφέρουν από είδος σε είδος (Le Baut & Alzieu 1980).

Η αμμωνία προέρχεται από το πρώτο στάδιο του κύκλου του αζώτου, όπου οι αζωτούχες ενώσεις μετατρέπονται σε αμμωνία. Αυτό το στάδιο πραγματοποιείται στους κλωβούς εκτροφής των υδρόβιων ζωικών οργανισμών, αφού τα περιττώματα και τα ούρα περιέχουν αμμωνία και ουρία. Αυτό φαίνεται και στις μετρήσεις της παρούσας έρευνας, καθώς στους δειγματοληπτικούς σταθμούς κοντά στους κλωβούς, οι συγκεντρώσεις των αμμωνιακών ήταν αρκετά μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού ελέγχου Sc. Αξιοσημείωτη αύξηση στη συγκέντρωση των αμμωνιακών εντόπισε και ο Karakassis (2001) δίπλα στους ιχθυοκλωβούς σε έρευνά του στη Μεσόγειο. Το γεγονός αυτό δεν αιτιολογείται μόνο από την υψηλή παραγωγή αμμωνίας που επικρατεί στην περιοχή της μονάδας, αλλά και από τη μειωμένη κυκλοφορία του νερού λόγω της παρουσίας των ιχθυοκλωβών (Iwama 1991).

Οι Neofitou & Kladatos (2008), βρήκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις συγκεντρώσεις των αμμωνιακών, μεταξύ των σταθμών κοντά στις μονάδες και των σταθμών ελέγχου, γεγονός που συμφωνεί και με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας. Επιπλέον, αναφέρουν παρόμοιες μέσες τιμές, καθώς κοντά στη μονάδα βρήκαν συγκεντρώσεις της τάξεως των 0,65 μM έναντι 0,55 μM στην παρούσα έρευνα. Σε σύγκριση ωστόσο με νερά του Ατλαντικού και συγκεκριμένα του Καναδά, κοντά σε ιχθυοκαλλιέργεια, οι Jansen et al. (2016) βρήκαν συγκεντρώσεις κοντά στα 2,77 μM .

Οι συγκεντρώσεις των αμμωνιακών των Παυλίδου & Ψυλλίδου (1997) στον Σαρωνικό, κυμάνθηκαν από 0,033 έως 0,058 μM . Αυτές οι τιμές, είναι αρκετά μικρότερες από της παρούσας έρευνας, γεγονός αναμενόμενο αφού οι τιμές λήφθηκαν κοντά σε μονάδα εκτροφής.

4.2.2 Νιτρώδη

Η παραμονή της ουσίας αυτής στο νερό των φυσικών υδατοσυλλογών είναι σύντομη, γιατί οξειδώνεται σε νιτρικά (NO_3) πολύ γρήγορα. Παρά το γεγονός αυτό, η σημασία της από άποψη τοξικότητας, είναι απαραίτητη σε περιπτώσεις υπερενταντικών ή ενταντικών συστημάτων εκτροφής (Παπουτσόγλου 1997).

Τα νιτρώδη στα υδάτινα οικοσυστήματα σχηματίζονται κυρίως με την διαδικασία της νιτροποίησης. Σε αυτή τη διαδικασία, τα αμμωνιακά (NH_4^+), με προσφορά οξυγόνου αλλά και με τη δράση κάποιων αυτότροφων βακτηρίων μετασχηματίζονται σε νιτρώδη (NO_2), τα οποία είναι λιγότερο τοξικά από τα αμμωνιακά. Επιπλέον, μπορούν να σχηματιστούν και από διάφορα διάτομα και φύκη, τα οποία είναι ικανά να μετατρέπουν τα νιτρικά σε νιτρώδη (Παπουτσόγλου 1997).

Σύμφωνα με τον Klingler (1959), η παρουσία νιτρωδών στο νερό δεν αποτελεί ιδιαίτερο πρόβλημα για τους υδρόβιους οργανισμούς και ιδιαίτερα για να ψάρια. Όμως οι Russo et al. (1974), απέδειξαν πως τα ψάρια επηρεάζονται από την παρουσία του συγκεκριμένου θρεπτικού άλατος και διαπιστώθηκε ότι με την αύξηση του βάρους αυξάνεται και η ευαισθησία των ψαριών στην τοξική δράση των νιτρωδών. Το σημαντικότερο πρόβλημα που προκαλεί η αυξημένη παρουσία νιτρωδών στα ψάρια

είναι ότι εμποδίζει την αιμογλοβίνη να προσλάβει οξυγόνο, επειδή την οξειδώνει σε μεθαιμογλοβίνη.

Η τοξικότητα των νιτρωδών ενισχύεται στα γλυκά νερά και ελαττώνεται στα υφάλμυρα και θαλασσινά. Όσον αφορά τις ιχθυοκαλλιέργειες, ο Coche (1981) έδειξε ότι η μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση των νιτρωδών στο νερό εκτροφής είναι 0,1 mg/l. Οι συγκεντρώσεις που μετρήθηκαν στην παρούσα έρευνα ανταποκρίνονται στο παραπάνω συμπέρασμα, καθώς τόσο στον S0 όσο και στον S50 ο μέσος όρος ήταν κοντά στα 0,01 mg/l. Ο μέσος όρος αυτός είναι αρκετά μεγαλύτερος από αυτόν που βρήκαν οι Nabriye et al. (2016), καθώς οι τιμές των νιτρωδών κυμάνθηκαν από 0,0028 έως 0,0039 mg/l. Ωστόσο η προαναφερθείσα έρευνα αφορούσε γλυκά νερά και συγκεκριμένα νερά λίμνης που γειτνιάζουν με ιχθυοκαλλιέργεια.

Οι συγκεντρώσεις που εντοπίστηκαν στην παρούσα έρευνα όσον αφορά τα νιτρώδη, συμφωνούν με μελέτη που δεν ασχολήθηκε με υδατοκαλλιέργειες. Οι Aydin-Onen et al. (2012), καταμέτρησαν τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων στο ανατολικό Αιγαίο και ενώ μέσα στο έτος οι συγκεντρώσεις των νιτρωδών έφτασαν μέχρι και 1,5 μM , την άνοιξη ήταν παρόμοιες με τις δικές μας, καθώς δεν ξεπέρασαν τα 0,4 μM . Η ομοιότητα των αποτελεσμάτων της προαναφερθείσας έρευνας, στην οποία δεν υπήρχε η επίδραση από κάποια υδατοκαλλιέργεια, ίσως να οφείλεται στη περιοχή (ανατολικό Αιγαίο). Αυτό γιατί μία ακόμα μελέτη που δεν ασχολήθηκε μόνο με το ανατολικό Αιγαίο αλλά και με τις επιπτώσεις υδατοκαλλιεργειών στη συγκέντρωση των θρεπτικών της περιοχής, κατέγραψε μεγαλύτερες τιμές νιτρωδών που έφτασαν μέχρι και 2,28 μM (Basaran et al. 2010). Αρκετά μικρότερες συγκεντρώσεις εντόπισαν οι Neofitou & Kloudatos (2008) σε ιχθυοκαλλιέργειες του Παγασητικού με τιμές κοντά στα 0,04 μM .

4.2.3 Νιτρικά

Τα νιτρικά (NO_3^-) είναι ακόμα λιγότερο τοξικά για τους υδρόβιους οργανισμούς συγκριτικά με τα νιτρώδη. Ο Westin (1974), παρατήρησε πως τα νιτρώδη είναι κατά 2000 φορές περισσότερο τοξικά σε σχέση με τα νιτρικά στα είδη *Oncorhynchus tshawytscha* και *Salmo gairdneri*. Επιπλέον, οι Knepp & Arkin (1973), έδειξαν πως συγκέντρωση νιτρικών 400 mg/l δεν προκάλεσε θνησιμότητες σε ψάρια του γλυκού νερού, ούτε επηρέασε τον ρυθμό ανάπτυξής τους.

Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο βασικών σταθμών δειγματοληψίας (S0, S50) και του σταθμού ελέγχου (Sc). Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα διαφωνεί τόσο με αυτό των Neofitou & Kliaoudatos (2008) όσο και με αυτό των Nabriye et al. (2016) που δεν βρήκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγματοληπτικών σταθμών τους.

Επίσης, οι συγκεντρώσεις που καταγράφηκαν έρχονται σε ισχυρή αντίθεση με αυτές των Morata et al. (2012), των οποίων η συγκέντρωση των νιτρικών κοντά στους κλωβούς βρέθηκε στα 0,3 μM , ενώ στην παρούσα έρευνα βρέθηκαν κοντά στα 2,40 μM . Σε μερική αντίθεση έρχονται και με τις τιμές των Basaran et al. (2010) οι οποίες έφτασαν μέχρι και το 1,60 μM την άνοιξη.

4.2.4 Φωσφορικά

Όπως έχει προαναφερθεί, ο φώσφορος αποτελεί περιοριστικό παράγοντα στα εσωτερικά υδάτινα οικοσυστήματα. Όσον αφορά τις απώλειες του φωσφόρου προς το

περιβάλλον, στους ιχθυοκλωβούς ανέρχονται στο 71-85% της ποσότητας του φωσφόρου που υπάρχει στη προσφερόμενη τροφή, ενώ το ποσοστό αυτό όταν αναφερόμαστε σε χερσαίες ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες, κυμαίνεται στο 68-87%. Ωστόσο σημαντικό ρόλο παίζει το γεγονός ότι ο φώσφορος αποτελεί μόλις το 1,2 έως 1,5% της προσφερόμενης τροφής, δηλαδή ένα πολύ μικρό ποσοστό. Εξίσου αξιοσημείωτη παρατήρηση είναι αυτή των Foy & Rosall (1991), που έδειξαν πως ο φώσφορος που παρέχεται με την τροφή ενσωματώνεται στις σάρκες των ψαριών σε ποσοστό 13-32%.

Σε αντίθεση με τους La Rosa et al. (2002), δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις συγκεντρώσεις των φωσφορικών μεταξύ των δειγματοληπτικών σταθμών. Πιο συγκεκριμένα οι La Rosa et al. (2002), επισημαίνουν πως η συγκέντρωση του φωσφόρου βρέθηκε κατά 6 φορές μεγαλύτερη στην περιοχή της εκτροφής σε σχέση με τον σταθμό μάρτυρα, κάτι που δεν ισχύει σε καμία περίπτωση στην παρούσα έρευνα..

Ωστόσο με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας συμφωνεί η παρατήρηση των Mantzavrakos et al. (2007), των οποίων οι συγκεντρώσεις του φωσφόρου βρέθηκαν αυξημένες στα επιφανειακά στρώματα της υδάτινης στήλης.

Επιπροσθέτως, οι συγκεντρώσεις είναι μικρότερες από των Neofitou & Kliaoudatos (2008) που βρήκαν τιμές κοντά στο 0,055 μM στον Παγασητικό, ενώ στην παρούσα έρευνα κυμάνθηκαν κοντά στα 0,020 μM . Το ίδιο συμβαίνει και με έρευνα στον Σαρωνικό, όπου οι τιμές έφτασαν μέχρι και τα 0,57 μM (Γιαννικόπουλος και συν. 2009).

4.2.5 Πυριτικά

Τα πυριτικά άλατα αποτελούν ένα από τα βασικά δομικά υλικά για την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού. Αυτό συμβαίνει καθώς χρησιμοποιούνται από πλαγκτονικά φυτά όπως τα διάτομα, για το σχηματισμό του έξω σκελετού τους. Χρησιμοποιείται όμως και από ζωικούς οργανισμούς όπως τα ακτινόζωα για τον ίδιο λόγο (Θεοδώρου 2004).

Όπως τα φωσφορικά, έτσι και τα πυριτικά δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας, όπως και στους Neofitou & Kladoudatos (2008). Παρ' όλα αυτά οι τιμές βρέθηκαν μειωμένες συγκριτικά με την παραπάνω έρευνα και ακόμα περισσότερο σε σχέση με τους Basaran et al. (2010), που εντόπισαν και τιμές της τάξεως των 14,55 μM στο ανατολικό Αιγαίο, κοντά στην Τουρκία.

Παρατηρήθηκε επίσης πως στον σταθμό S0, ο μέσος όρος των πυριτικών είναι αρκετά μεγαλύτερος από τον σταθμό μάρτυρα, γεγονός που συμφωνεί με τους Morata et al. (2012).

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η **θερμοκρασία** και η **αλατότητα** εμφάνισαν τις αναμενόμενες τιμές, συγκριτικά και με παρόμοιες έρευνες στην ευρύτερη περιοχή έρευνας κατά την ίδια εποχή.
- Δεν παρατηρήθηκε η αναμενόμενη αυξημένη συγκέντρωση του **διαλυμένου οξυγόνου** στην επιφάνεια της υδάτινης στήλης. Ωστόσο οι συγκεντρώσεις του στους σταθμούς S0 και S50 ήταν ελαφρώς μικρότερες σε σχέση με τον σταθμό μάρτυρα, αποτέλεσμα αναμενόμενο καθώς σε μονάδες εκτροφής υπάρχει αυξημένη κατανάλωση οξυγόνου από τους εκτρεφόμενους οργανισμούς.
- Το **pH** κυμάνθηκε εντός των επιτρεπτών ορίων για την εκτροφή των ψαριών και οι τιμές που καταμετρήθηκαν συμπίπτουν με αυτές άλλων ερευνών που πραγματοποιήθηκαν στο Σαρωνικό κόλπο.
- Η **χλωροφύλλη-α** εμφανίστηκε αυξημένη κοντά στους ιχθυοκλωβούς, γεγονός αναμενόμενο σύμφωνα με τη βιβλιογραφία. Επίσης, οι συγκεντρώσεις που καταγράφηκαν στην παρούσα έρευνα είναι ελαφρώς αυξημένες σε σύγκριση με άλλες έρευνες στο Σαρωνικό.
- Στατιστικώς σημαντικά αυξημένες συγκεντρώσεις εμφανίστηκαν κοντά στη μονάδα (σταθμοί S0, S50) συγκριτικά με τον σταθμό μάρτυρα, όσον αφορά τα **αμμωνιακά**, τα **νιτρώδη** και τα **νιτρικά**. Τα **φωσφορικά** και τα **πυριτικά**, παρ' όλο που εμφανίστηκαν σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις κοντά στους κλωβούς, δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

- Τέλος, οι συγκεντρώσεις των **θρεπτικών αλάτων** σε καμία περίπτωση δεν υπερέβησαν τα επιτρεπτά όρια πέραν των οποίων είναι πιθανή η εμφάνιση ευτροφικών συνθηκών με αρνητικές επιπτώσεις για τους εκτρεφόμενους οργανισμούς και το υδάτινο περιβάλλον.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Γιαννικόπουλος Ν., Δασενάκης Ε., Παρασκευοπούλου Β. (2009). Εποχικές διακυμάνσεις φωσφόρου στη Δυτική λεκάνη του Σαρωνικού κόλπου. 9^ο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας.

Θεοδώρου Α. (2004). Ωκεανογραφία: Εισαγωγή στο Θαλάσσιο Περιβάλλον. Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε., Αθήνα, σελ 174-187.

Καλόσακας Δ. (2000). Οι επιπτώσεις της ναυσιπλοΐας στο θαλάσσιο περιβάλλον του Σαρωνικού κόλπου υπό το πρίσμα των σύγχρονων μεθόδων ολοκληρωμένης διαχείρισης των παράκτιων ζωνών. Μεταπτυχιακή Διατριβή, ΕΜΠ, Τομέας Ναυτικής και Θαλάσσιας Τεχνολογίας και Επιστήμης.

Κλαουδάτος Σ., Κλαουδάτος Δ. (2010). Κατασκευές υδατοκαλλιεργητικών συστημάτων Θαλάσσιες – Λιμνοθαλάσσιες – Χερσαίες. Εκδόσεις Παραπομπός, Αθήνα, σελ 26-56.

Κλαουδάτος Σ., Κλαουδάτος Δ. (2012). Καλλιέργειες φυτικών και εκτροφές υδρόβιων ζωικών οργανισμών. Εκδόσεις Παραπομπός, Αθήνα, 229 σελ.

Παπουτσόγλου Σ. (1997). Εισαγωγή στις υδατοκαλλιέργειες. Εκδόσεις Αθαν. Σταμούλης, Αθήνα, σελ 68-100.

Παυλίδου Α., Ψυλλίδου Ρ. (1997). Προκαταρκτική μελέτη θρεπτικών αλάτων και οξυγόνου σε 7 διαδοχικούς κύκλους δειγματοληψιών στον Ν-ΝΑ Σαρωνικό και Ευβοϊκό κόλπο (Μάρτιος 1996). Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας & Αλιείας.

Τσουρούλα Ι., Μάρκος Α. (2008). Επεξεργασία και ερμηνεία των γεωφυσικών δεδομένων από την έρευνα στον αρχαιολογικό χώρο του Ιερού του Ποσειδώνα στην Καλαύρεια (Πόρος 2006). Προπτυχιακή Διατριβή, Τ.Ε.Ι. Κρήτης.

ΔΙΕΘΝΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Aydin-Onen S., Kocak F., Kucuksezgin F. (2012). Evaluation of spatial and temporal variations of inorganic nutrient species in the eastern Aegean Sea waters. *Marine pollution bulletin*, 64(12), 2849-2856.

APHA (1980) Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association. American Water Works Association and Water Pollution Control Federation.

Apostolaki E.T., Tsagaraki T., Tsapakis M., Karakassis I. (2007). Fish farming impact on sediments and macrofauna associated with seagrass meadows in the Mediterranean. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 75(3), 408-416.

Basaran A.K., Aksu M., Egemen O. (2010). Impacts of the fish farms on the water column nutrient concentrations and accumulation of heavy metals in the sediments in the eastern Aegean Sea (Turkey). *Environmental monitoring and assessment*, 162(1), 439-451.

Becacos-Kontos T. (1968). The annual cycle of primary production in the Saronicos Gulf (Aegean Sea) for the period November 1963—October 1964. *Limnology and Oceanography*, 13(3), 485-489.

Beveridge M.C. (1984). Cage and pen fish farming: carrying capacity models and environmental impact. *FAO Fisheries Technical Paper*, Rome.

Boyd C.E. (1981). Water quality in warmwater fish ponds. *Agricultural Experiment Station*, Auburn University, 359 p.

Brooks K.M., Stierns A.R., Mahneken C.V.W., Blackburn D.B. (2003) Chemical and biological remediation of the benthos near Atlantic salmon farms. *Aquaculture*, 219,355-377.

Castro P., Huber M. (1999). *Marine biology*. University Studio Press, Athens.

Christou E.D. (1998). Interannual variability of copepods in a Mediterranean coastal area (Saronikos Gulf, Aegean Sea). *Journal of Marine Systems*, 15(1), 523-532.

Coche A.G. (1981). Report of the Symposium on New Developments in the Utilization of Heated Effluents and of Recirculation Systems for Intensive Aquaculture, Stavanger, 29-30 May 1980 (No. 39). *FAO*.

Dalsgaard T., Krause-Jensen D. (2006). Monitoring nutrient release from fish farms with macroalgal and phytoplankton bioassays. *Aquaculture*, 256(1), 302-310.

- Davenport J., Vahl O. (1979).** Responses of the fish *Blennius pholis* to fluctuating salinities. Marine Ecology Progress Series, 1, 101-107.
- Dávila M., Santana-Casiano J. M., Petihakis G., Ntoumas M., de Tangil M.S., Krasakopoulou E. (2016).** Seasonal pH variability in the Saronikos Gulf: A year-study using a new photometric pH sensor. Journal of Marine Systems, 162, 37-46.
- Duarte C.M., Holmer M., Olsen Y., Soto D., Marbà N., Guiu J., Black K., Karakassis I. (2009).** Will the oceans help feed humanity? BioScience, 59(11), 967-976.
- Dupont-Nivet M., Vandeputte M., Vergnet A., Merdy O., Haffra P., Chavanne H., Chatain B. (2008).** Heritabilities and GxE interactions for growth in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) using a marker-based pedigree. Aquaculture, 275(1), 81-87.
- Edwards A., Edelsten D.J. (1976).** Marine fish cages – the physical environment. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, 75,207-221.
- FAO (2014).** The state of world fisheries and aquaculture: Opportunities and Challenges. Rome.
- FAO (2016).** The state of world fisheries and aquaculture: Contributing to food security and nutrition for all. Rome.
- Febry R., Lutz P. (1987).** Energy partitioning in fish: the activityrelated cost of osmoregulation in a euryhaline cichlid. Journal of Experimental Biology, 128(1), 63-85.
- Foy R.H., Rossal R. (1991).** Loading of nitrogen and phosphorus from a Northern Ireland fish farm. Aquaculture 96, 17-30.
- Grigorakis K. (2010).** Ethical issues in aquaculture production. Journal of Agricultural and Environmental Ethics, 23(4), 345-370.
- Grigorakis K., Rigos G. (2011).** Aquaculture effects on environmental and public welfare–The case of Mediterranean mariculture. Chemosphere, 85(6), 899-919.
- Hampson B.L. (1977).** Relationship between total ammonia and free ammonia in terrestrial and ocean waters. ICES Journal of Marine Science 37, 117-122.
- Handyside T., Ross G., Badjeck MC., Allison H. (2006).** Effects of climate change on world aquaculture: A global prospective. Department For International Development.
- Hargrave B.T., Duplisea D.E., Pfeiffer E., Wildish D.J. (1993).** Seasonal changes in benthic fluxes of dissolved oxygen and ammonium associated with marine cultured Atlantic salmon. Marine Ecology Progress Series, 249-257.

- Ignatiades L., Vassiliou A., Karydis M. (1985).** A comparison of phytoplankton biomass parameters and their interrelation with nutrients in Saronicos Gulf (Greece). *Hydrobiologia*, 128(3), 201-206.
- Iwama G.K. (1991).** Interactions between aquaculture and the environment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 21(2), 177-216.
- Jansen H.M., Reid G.K., Bannister R.J., Husa V., Robinson S.M.C., Cooper J.A., Quinton C., Strand Ø. (2016).** Discrete water quality sampling at open-water aquaculture sites: limitations and strategies. *Aquaculture Environment Interactions*, 8, 463-480.
- Karakassis I., Tsapakis M., Hatziyanni E. (1998).** Seasonal variability in sediment profiles beneath fish farm cages in the Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*, 162, 243-252.
- Karakassis I., Tsapakis M., Hatziyanni E., Papadopoulou K.N., Plaiti W. (2000).** Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas. *Journal of Marine Science*, 57, 1462-1471.
- Karakassis I. (2001).** Ecological effects of fish farming in the Mediterranean. Institute of Marine Biology of Crete. *Plant Production and Protection*, 504, 15-22.
- Karakassis I., Pitta P., Krom M.D. (2005).** Contribution of fish farming to the nutrient loading of the Mediterranean. *Scientia Marina*, 69(2), 313-321.
- Klaoudatos S.D. (2000).** Environmental impact of aquaculture in Greece. Practical experiences. Environmental impact assessment of Mediterranean aquaculture farms. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 109-127.
- Klaoudatos D.S., Conidis I.A., Kapiris K., Anastasopoulou A., Glykokokkalos S. (2011).** The Hellenic Approach to Coastal Aquaculture Development. The Tenth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment.
- Klingler K. (1959).** Sodium Nitrite, a slow-acting fish poison. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 19, 565-578.
- Knepp G.W., Arkin G.F. (1973).** Ammonia toxicity levels and nitrate tolerance of channel catfish. *The Progressive Fish-Culturist.*, 35, 221-224.
- La Rosa T., Mirto S., Favalaro E., Savona B., Sarà G., Danovaro R., Mazzola A. (2002).** Impact on the water column biogeochemistry of a Mediterranean mussel and fish farm. *Water Research*, 36(3), 713-721.
- Le Baut C., Alzieu C. (1980).** Méthodes de transports d'animaux vivants aux fins d'expérimentations. Institut Scientifique Et Technique Des Pêches Maritimes, Nantes.

Mantzavrakos E., Kornaros M., Lyberatos G., Kaspiris P. (2007). Impacts of a marine fish farm in Argolikos Gulf (Greece) on the water column and the sediment. *Desalination*, 210(1-3), 110-124.

Mladineo I., Maršić-Lučić J. (2007). Host switch of *Lamellodiscus elegans* (Monogenea: Monopisthocotylea) and *Sparicotyle chrysophrii* (Monogenea: Polyopisthocotylea) between cage-reared sparids. *Veterinary research communications*, 31(2), 153-160.

Morata T., Sospedra J., Falco S., Rodilla M. (2012). Exchange of nutrients and oxygen across the sediment–water interface below a *Sparus aurata* marine fish farm in the north-western Mediterranean Sea. *Journal of soils and sediments*, 12(10), 1623-1632.

Nabirye H., Mwebaza-Ndawula L., Bugenyi F.W.B., Jones F. (2016). The evaluation of cage fish farming effects on water quality using selected benthic macro-invertebrate community parameters in the napoleon gulf, northern Lake Victoria. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 4(1), 42-50.

Navarro A., Zamorano M. J., Hildebrandt S., Ginés R., Aguilera C., Afonso J.M. (2009). Estimates of heritabilities and genetic correlations for growth and carcass traits in gilthead seabream (*Sparus auratus* L.), under industrial conditions. *Aquaculture*, 289(3), 225-230.

Neofitou N., Klaoudatos S. (2008). Effect of fish farming on the water column nutrient concentration in a semi-enclosed gulf of the Eastern Mediterranean. *Aquaculture Research*, 39(5), 482-490.

Neofitou N., Vafidis D., Klaoudatos S. (2010). Spatial and temporal effects of fish farming on benthic community structure in a semi-enclosed gulf of the Eastern Mediterranean. *Aquaculture Environment Interactions*, 1(2), 95-105.

Papathanassiou E., Zenetos A. (2005). State of the Hellenic Marine Environment. Hellenic Center for Marine Research.

Parsons T.R., Maita Y., Lalli C.M. (1984). A manual of chemical and biological methods for sea water analysis. Pergamon Oxford, 173 p.

Persson J., Håkanson L. (1991). An operative system for coastal water planning. *Nord*, 22, 25-38.

Petit J. (1989). Water supply treatment and recycling in aquaculture. In: *Aquaculture*, (Ed. G. Gilbert), Ellis Horwood Ltd., 2nd Edition, 2, 63-196.

- Pitta P., Apostolaki E.T., Giannoulaki M., Karakassis I. (2005).** Mesoscale changes in the water column in response to fish farming zones in three coastal areas in the Eastern Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 65(3), 501-512.
- Pitta P., Karakassis I., Tsapakis M., Zivanovic S. (1998).** Natural vs. mariculture induced variability in nutrients and plankton in the eastern Mediterranean. *Hydrobiologia*, 391(1), 179-192.
- Porrello S., Tomassetti P., Manzueto L., Finoia M.G., Persia E., Mercatali I., Stipa P. (2005).** The influence of marine cages on the sediment chemistry in the Western Mediterranean Sea. *Aquaculture*, 249(1), 145-158.
- Price C., Black K.D., Hargrave B.T., Morris J.A. (2015).** Marine cage culture and the environment: effects on water quality and primary production. *Aquaculture Environment Interactions*, 6(2), 151-174.
- Russo R.C., Smith C.E., Thurston R.V. (1974).** Acute Toxicity of Nitrite to Rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 31(10), 1653-1655
- Sarà G., Scilipoti D., Mazzola A., Modica A. (2004).** Effects of fish farming waste to sedimentary and particulate organic matter in a southern Mediterranean area (Gulf of Castellammare, Sicily): a multiple stable isotope study ($\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$). *Aquaculture*, 234(1), 199-213.
- Šestanović S., Peković J., Matijević S., Ninčević Gladan Ž. (2016).** Effects of fish farming on microbial planktonic communities in the middle Adriatic sea. *Aquaculture Research*, 47(4), 1040-1054.
- Shepher J., Bromage N. (1988).** Intensive fish farming. Oxford Blackwell Scientific Publication. U.K.
- Strickland J.D.H., Parsons T.R. (1972).** A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada, 311 p.
- Tabata K. (1962).** Toxicity of ammonia to aquatic animals with reference to the effect of pH and carbon dioxide. *Bull. Tokai, reg. Fish. Res. Lab.*, 34, 67-74
- Westin D.T. (1974).** Nitrate and Nitrite toxicity to Salmonid Fishes. *The Progressive Fish-Culturist*, 36, 86-89
- Yucel-Gier G., Pazi I., Kucuksezgin F., Kocak F. (2011).** The composite trophic status index (TRIX) as a potential tool for the regulation of Turkish marine aquaculture as applied to the eastern Aegean coast (Izmir Bay). *Journal of Applied Ichthyology*, 27(1), 39-45.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- <http://ec.europa.eu/fisheries>, (10/5/2017).
- http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_greece/en, (10/5/2017).
- <http://www.statistics.gr/el/2011-census-pop-hous> ΕΛΣΤΑΤ, 2011 (8/9/2017).
- https://www.fgm.com.gr/uploads/file/FGM_ENG_2016.pdf, (14/9/2017).

ABSTRACT

The aim of the present study was the assessment of the environmental impact of a fish farm, on the water column nutrient concentrations in the area of Poros island (Saronikos Gulf).

For this purpose, three sampling stations were selected. At each station physicochemical parameters (temperature, salinity, dissolved oxygen, pH, redox potential and chlorophyll-*a*) were measured and water samples were collected for the determination of nutrient (ammonium, nitrite, nitrate, phosphate and silicate) concentrations.

Physicochemical parameters values showed the expected fluctuation. The concentration of nutrients was higher at the sampling stations nearby the fish farm in comparison with the control station. However, statistical processing revealed significant differences between the abovementioned stations, only for ammonium, nitrite and nitrate. Nevertheless the concentrations of nutrients did not appear to exceed permitted levels for the appearance of eutrophication with impacts on cultured organisms.

Key words: aquaculture, enviromental impact, nutrients, Saronikos gulf