



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Διακυμάνσεις θαλάσσιων φυτοπλαγκτικών χρωστικών
κλασματωμένων κατά μέγεθος.»**

**«Variability of size fractionated marine phytopigments in a coastal
site»**

ΕΞΑΡΧΟΥ ΔΗΜΗΤΡΑ

ΛΕΝΤΖΗ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ

Βόλος 2020

« Διακυμάνσεις θαλάσσιων φυτοπλαγκτικών χρωστικών κλασμαμένων κατά μέγεθος»

Εξεταστική Επιτροπή:

1. Κωνσταντίνος Κορμάς, Καθηγητής, Μικροβιακή Οικολογία Υδάτινου Περιβάλλοντος, Τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Επιβλέπων*.
2. Άρης Ψιλοβίκος, Καθηγητής, Αειφορική Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος*
3. Ήρα Καραγιάννη, Επίκουρη Καθηγήτρια, Υδροβιολογία, Τμήμα Βιολογικών Εφαρμογών & Τεχνολογιών, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, *Μέλος*.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ειλικρινείς μας ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στο να φέρουμε σε πέρας την παρούσα Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, κ. Κωνσταντίνο Κορμά για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του, τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μας, αποτελούμενη από τους Άρη Ψιλοβίκο και την Ήρα Καραγιάννη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι παράκτιες περιοχές αποτελούν ένα ευμετάβλητο σύστημα με ποικιλομορφία και οι θαλάσσιοι οργανισμοί επηρεάζονται από την πρωτογενή παραγωγή. Στη παρούσα εργασία προσδιορίστηκε η εποχιακή διακύμανση των κύριων θαλάσσιων φυτοπλαγκτικών φωτοσυνθετικών χρωστικών κατά μέγεθος της παράκτιας περιοχής του Παγασητικού Κόλπου, σε σχέση με φυσικοχημικές παραμέτρους του θαλασσινού νερού. Συγκεκριμένα, έγινε καταγραφή των εποχιακών διακυμάνσεων των φυτοχρωστικών (χλωροφύλλη-a, χλωροφύλλη-b, χλωροφύλλη-c, καροτενοειδή, φαιοφυτίνες) στο λιμάνι του Βόλου για την περίοδο 2017- 2018 και ως δείκτης εκτίμησης της περιβαλλοντικής κατάστασης χρησιμοποιήθηκε η χλωροφύλλη-a. Επίσης, για την μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν φίλτρα με διαπερατότητα υλικών μεγέθους 180 μm, 20 μm, 2 μm και 0,2 μm και φίλτρο GF/F. Οι υψηλότερες τιμές των φυτοχρωστικών παρατηρήθηκαν κατά την εαρινή περίοδο (20/04/2018) με την χλωροφύλλη-a να έχει τιμή 1.345 μg/l στο φίλτρο GF/F και 0.415 μg/l στο φίλτρο των 20 μm. Επίσης, για τον μήνα Μάιο (10/05/2017) αξίζει να σημειωθεί ότι στο φίλτρο 0.2 μm μετρήθηκε συγκέντρωση χλωροφύλλης-a με τιμή 0.162 μg/l.

Σύμφωνα με την ανάλυση των αποτελεσμάτων, ο Παγασητικός Κόλπος χαρακτηρίζεται από μεσοτροφικές συνθήκες με άνθιση του φυτοπλαγκτού την εαρινή περίοδο και με πιθανή επικράτεια διατόμων και δινομαστιγωτών.

Λέξεις κλειδιά: φυτοχρωστικές, ημερήσιες διακυμάνσεις, λιμάνι Βόλου, χλωροφύλλη-a

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1. Παράκτια ζώνη	1
1.2. Θαλάσσιο περιβάλλον	1
1.3. Φυτοπλαγκτόν.....	2
1.4. Φυτοχρωστικές	4
1.5. Περιβαλλοντικοί και Φυσικοχημικοί παράμετροι.....	6
1.5.1. Θερμοκρασία	6
1.5.2 Αγωγιμότητα	6
1.5.3 Ph.....	6
1.6. Σκοπός μελέτης	6
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	8
2.1. Περιοχή δειγματοληψίας.....	8
2.2. Δειγματοληψία	9
2.3. Δήθηση και αποθήκευση φίλτρων	10
2.4. Εκχύλιση και φωτόμετρο	11
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	14
3.1 Διακύμανση φυτοπλαγκτικών χρωστικών κατά μέγεθος.....	14
3.2 Διακύμανση συγκέντρωσης Chla/Chla+Phaeo (%) κατά μέγεθος.	19
3.3 Διακυμάνσεις φυσικοχημικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων.	24
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	27
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	30
6. ABSTRACT	35

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Παράκτια ζώνη

Ως παράκτια ζώνη ορίζεται η περιοχή που διαχωρίζει τη ξηρά από τη θάλασσα, και αποτελεί το πεδίο αλληλεπίδρασης μεταξύ της υδρόσφαιρας, της λιθόσφαιρας, της βιόσφαιρας και της ατμόσφαιρας. Η μορφολογία της εξαρτάται από φυσικές διεργασίες καθώς δέχεται υλικό (ίζημα) από τα ποτάμια, τη θάλασσα κι την ατμόσφαιρα. Οι παράκτιες περιοχές αποτελούν ένα από τα πιο ευμετάβλητα και οικολογικά ευαίσθητα συστήματα (Jiggells, 1998).

1.2. Θαλάσσιο περιβάλλον

Ο όρος θαλάσσιο περιβάλλον περιλαμβάνει το σύνολο των αλμυρών τμημάτων της υδρόσφαιρας που καλύπτουν τα 2/3 της επιφάνειας της γης. Το θαλάσσιο περιβάλλον αποτελεί στοιχείο απαραίτητο για τη διατήρηση της ζωής, οι περισσότερες μορφές ζωής εξελίχθηκαν αρχικά σε θαλάσσια ενδιαιτήματα και μέχρι σήμερα χαρακτηρίζονται από μεγάλη βιοποικιλότητα. Διαμορφώνουν τις κλιματικές και καιρικές συνθήκες, ενώ αποτελούν σημαντική προέλευση υπηρεσιών και αγαθών για τον άνθρωπο (Barnes & Hughes 1999). Οι οργανισμοί στη θάλασσα εξαρτώνται από την πρωτογενή παραγωγή οργανικής ύλης από τα φωτοσυνθετικά μικροφύκη. Τα επίπεδα της πρωτογενούς παραγωγής καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από αλληλεπιδράσεις δύο παραγόντων: τη διαθεσιμότητα χημικών θρεπτικών ουσιών και τη διαθεσιμότητα φωτισμού.

1.3. Φυτοπλαγκτόν

Το φυτοπλαγκτόν αποτελείται από φωτοσυνθετικούς μικροσκοπικούς οργανισμούς (κυανοβακτήρια και μικροφύκη) που έχουν προσαρμοστεί να ζουν σε αιώρηση στο νερό στις λίμνες και στις θάλασσες και υπόκεινται σε παθητική μετακίνηση με τον άνεμο και τα ρεύματα.

Πίνακας.1: Ταξινόμηση φυτοπλαγκτού κατά μέγεθος.

Κατηγορίες μεγέθους	Όνομα
0.2 – 2 μm	Πικοφυτοπλαγκτόν
2 – 20 μm	Νανοφυτοπλαγκτόν
20 – 200 μm	Μικροφυτοπλαγκτόν
200 μm – 2mm	Μεσοφυτοπλαγκτόν
>2 mm	Μακροφυτοπλαγκτόν

Οι κυριότερες ομάδες φυτοπλαγκτικών οργανισμών είναι κυανοβακτήρια, χλωρόφυτα, διάτομα, δινομαστιγωτά, χρυσοφύκη, κρυπτοφύκη.

Κυανοβακτήρια: Τα κυανοβακτήρια ή κυανοφύκη είναι μονοκύτταροι προκαρυωτικοί οργανισμοί, το μέγεθός τους κυμαίνεται από 2 έως 100 μm . Διακρίνονται από την παρουσία χλωροφύλλης-a, η οποία είναι κοινή στους χλωροπλάστες των ευκαρυωτικών φυκών και των ανώτερων φυτών και διαφέρει δομικά από τη βακτηριοχλωροφύλλη. Τα κυανοβακτήρια έχουν επίσης την ικανότητα της χρησιμοποίησης του νερού ως δότου ηλεκτρονίων κατά την φωτοσύνθεση και διαθέτουν την ενζυμική ικανότητα και τις χρωστικές για την επίτευξη φωτοσύνθεσης με την παρουσία οξυγόνου (Wetzel 2001).

Διάτομα: Η πλέον σημαντική ομάδα φυκών του φυτοπλαγκτού είναι τα διάτομα (Bacillariophyceae), έστω και αν τα περισσότερα είδη είναι εδραιωμένα και συνδέονται με τα υποστρώματα της παράλιας ζώνης. Το κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα της ομάδας αυτής είναι τα πυριτωμένα κυτταρικά τοιχώματα (Wetzel 2001). Τα διάτομα είναι μονοκύτταροι ευκαρυωτικοί οργανισμοί και το μέγεθός τους κυμαίνεται από 2 έως 200 μm. Η βλαστική αναπαραγωγή δια κυτταρικής διαιρέσεως, συνήθως κατά τις νυκτερινές ώρες, είναι το πλέον διαδεδομένο πρότυπο πολλαπλασιασμού (Werner 1997).

Δινομαστιγωτά: Τα δινομαστιγωτά χαρακτηρίζονται από την παρουσία μαστιγίων. Το κυτταρικό τοίχωμα των περισσότερων περικλείεται από σύνθετα κελύφη. Το χαρακτηριστικό τους χρώμα οφείλεται και σε αυτά στην ύπαρξη δυο τύπων χλωροφύλλης (a και c) καθώς και στα καροτενοειδή. Απαντώνται σε όλες τις θάλασσες. Μερικές φορές σχηματίζουν ανθίσεις χρωματίζοντας το υδάτινο περιβάλλον.

Κοκκολιθοφόρα: Τα κοκκολιθοφόρα είναι μονοκύτταροι οργανισμοί που ζουν σε μεγάλους αριθμούς σε τροπικές-υποτροπικές θάλασσες και το μέγεθος τους είναι μικρότερο από 50μm. Το σχήμα τους είναι σφαιρικό ή ελλειψοειδές και το σώμα τους αποτελείται από πλάκες από ανθρακικό ασβέστιο. Ως πρωτογενείς παραγωγοί μετατρέπουν τα διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) σε ανθρακικό ασβέστιο (CaCO₃) και λαμβάνουν κάθε χρόνο το 80% του άνθρακα που εισέρχεται στους ωκεανούς.

1.4. Φυτοχρωστικές

Οι φυτοπλαγκτονικοί οργανισμοί συνεισφέρουν σημαντικά στην πρωτογενή παραγωγή των υδάτινων οικοσυστημάτων και μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης μετατρέπουν ανόργανες ενώσεις σε οργανικές. Κατά τον Wetzel (2001), η παρουσία φωτοσυνθετικών χρωστικών, καροτινοειδών και βιλιπρωτεϊνών είναι θεμελιώδες γνώρισμα των φυκών. Υπάρχουν πολλές χρωστικές, όπως οι χλωροφύλλες a, b, c και d, τα καροτενοειδή, οι ξανθοφύλλες και οι φυκομπιλίνες. Η χλωροφύλλη-a είναι η κυριότερη φωτοσυνθετική ομάδα των φωτοσυνθετικών οργανισμών και βρίσκεται σε σχεδόν όλα τα φύκη και τα κυανοβακτήρια. Απορροφάται στο κόκκινο χρώμα του φάσματος στα 650-700 nm και στο κυανό στα 425-490 nm. Επίσης συναντούμε την χλωροφύλλη-a στα κύτταρα μερικών φωτοσυνθετικών βακτηρίων, τα γνωστά κυανοπράσινα φύκη ή κυανοβακτήρια (Castro & Huber, 1999) και η συγκέντρωση της έχει μεγάλη οικολογική αξία για την εκτίμηση της βιομάζας του φυτοπλαγκτού αλλά και ως δείκτης ρύπανσης θαλάσσιων οικοσυστημάτων λόγω ευτροφισμού (Jorgensen & Richardson, 1996).

Στη διαδικασία του ευτροφισμού τα νερά εμπλουτίζονται με νιτρικά και φώσφορο και προκαλείται μεγάλη ανάπτυξη φυτικών οργανισμών. Το νερό γίνεται ανοξικό λόγω της αυξημένης συγκέντρωσης αποσυντιθέμενου οργανικού υλικού (Pinet, 2000).

Ανάλογα με τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης-a, τα υδάτινα οικοσυστήματα χωρίζονται σε ολιγότροφα, μεσότροφα και εύτροφα. Ενδεικτική κατηγοριοποίηση των οικοσυστημάτων ως προς τον ευτροφισμό για την Ευρωπαϊκή Ένωση παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2.: Επίπεδα ευτροφισμού σύμφωνα με τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης-a (Καρύδης, 2005)

Επίπεδα Ευτροφισμού	Χλωροφύλλη- α μg/l
Ολιγοτροφικό	<0.1
Χαμηλό Μεσοτροφικό	0.1 – 0.6
Υψηλό Μεσοτροφικό	0.6 – 2.21
Ευτροφικό	>2.21

Η χλωροφύλλη-b βρίσκεται μόνο στα χλωροφύκη, τα ευγληνοειδή και σε ορισμένες άλλες μικρές ομάδες φυκών. Είναι μια φωτοσυλλεκτική χρωστική που μεταφέρει την απορροφημένη φωτεινή ενέργεια προς τη χλωροφύλλη-a για τις κύριες φωτοχημικές αντιδράσεις (Govindjee & Braun 1974) και οι μέγιστες φασματικές ζώνες απορρόφησης κυμαίνονται στα 645 nm και στα 435 nm.

Η χλωροφύλλη-c είναι μια επικουρική χρωστική στο φωτοσύστημα II και σύμφωνα με τον Meeks (1974) οι ζώνες απορρόφησης ανευρίσκονται στα ca. 630-635 nm, ενώ στην κυρίαρχη κυανή περιοχή του φάσματος στα 583-586 nm και 444-452 nm.

Οι καροτίνες είναι γραμμικοί ακόρεστοι υδρογονάνθρακες, ενώ οι ξανθοφύλλες είναι οξυγονωμένα παράγωγα των καροτινών (Goodwin 1974). Όπως και στην περίπτωση της χλωροφύλλης-b, η φωτεινή ενέργεια που απορροφάται από τα καροτινοειδή και τις βιλιπρωτεΐνες μεταφέρεται στη χλωροφύλλη α, με αποτέλεσμα τον φθορισμό και την διέγερση των μορίων της χλωροφύλλης-a.

1.5. Περιβαλλοντικοί και Φυσικοχημικοί παράμετροι

1.5.1. Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία παίζει σπουδαίο ρόλο στον έλεγχο της ποιότητας του νερού, επηρεάζει τους υδρόβιους οργανισμούς αλλά βοηθά και στην διαλυτότητα του οξυγόνου. Οι διακυμάνσεις της διαφέρουν αφού μειώνεται με το βάθος αλλά το εύρος της είναι σχετικά μικρό. Η μέτρηση της θερμοκρασίας των δειγμάτων έγινε με τη χρήση θερμομέτρου, το οποίο τοποθετήθηκε τη στιγμή της δειγματοληψίας.

1.5.2 Αγωγιμότητα

Η αγωγιμότητα του θαλασσινού νερού εξαρτάται από την αλατότητα, την πίεση και είναι ανάλογη με τη θερμοκρασία. Μεταφέρει ηλεκτρικά φορτία σε ένα υδατικό διάλυμα. Η μονάδα μέτρησης είναι τα (ms) και η μέτρηση της γίνεται με αγωγιμόμετρα.

1.5.3 Ph

Το Ph έχει σπουδαία οικολογική σημασία γιατί ορίζει τη διαλυτότητα και τη χημική σύσταση σε ένα θαλάσσιο οικοσύστημα. Οι διακυμάνσεις του είναι ανάλογες με τη φωτοσύνθεση των θαλάσσιων οργανισμών και οι συνηθισμένες τιμές κυμαίνονται στο 6-9. Σε περίπτωση που η τιμή του ph στη θάλασσα πέσει κάτω από 6-5, τότε αρχίζουν οι αρνητικές επιπτώσεις όπου στη χειρότερη είναι ο θάνατος των οργανισμών.

1.6. Σκοπός μελέτης

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να εκτιμηθούν η ποικιλότητα και οι διακυμάνσεις των θαλάσσιων φυτοπλαγκτικών χρωστικών κατά μέγεθος με δειγματοληψίες για την περίοδο 2017-2018 σε διάφορες χρονικές περιόδους στην περιοχή του Παγασητικού κόλπου. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν μπορούν να

συγκριθούν με άλλες μελέτες που έχουν διεξαχθεί στο λιμάνι του Βόλου και στη Μεσόγειο γενικότερα.

2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1.Περιοχή δειγματοληψίας

Οι δειγματοληψίες έγιναν στο λιμάνι του Βόλου και συγκεκριμένα στην περιοχή του Αγίου Κωνσταντίνου. Η περιοχή βρίσκεται στον Παγασητικό κόλπο ο οποίος ενώνεται με το Αιγαίο Πέλαγος μέσω του διαύλου του Τρίκερι πλάτους 5,5km και βάθους 80m (Korres et.al, 2012). Ο Παγασητικός είναι ένας ημίκλειστος κόλπος που βρίσκεται στο δυτικό Αιγαίο Πέλαγος, βόρεια της Εύβοιας και περιβάλλεται από το Όρος Πήλιο. Χαρακτηρίζεται σχετικά αβαθής αφού το μέσο βάθος του ισούται με 69 m κι έχει μέγιστο βάθος 180 m. Η συνολική έκτασή του είναι 520 km² και ο μέσος όγκος είναι περίπου 36 km³ (Petihakis et al. 2002, Kormas et al. 2014).



Εικόνα 1: Λιμάνι Βόλου, περιοχή Αγίου Κωνσταντίνου. (Google maps)

Ο Παγασητικός συγκεντρώνει ένα σύνολο αστικών, βιομηχανικών, αγροτικών και τουριστικών δραστηριοτήτων. Στο βόρειο τμήμα βρίσκεται το λιμάνι και η βιομηχανική πόλη του Βόλου με πληθυσμό 120.000 κατοίκους περίπου. Ο Παγασητικός αποτελεί

τον αποδέκτη αστικών λυμάτων, βιομηχανικών και γεωργικών αποβλήτων από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες στην ευρύτερη περιοχή (Κολιού-Μήτσιου, 1991). Η ποιότητα των υδάτων του Παγασητικού επηρεάζεται ισχυρά από ανθρωπογενείς δραστηριότητες καθώς και από την ανταλλαγή του νερού μέσω του διαύλου του Τρικεριού. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία λειτουργικών υποπεριοχών μέσα στον κόλπο. Έτσι, το εσωτερικό τμήμα του κόλπου χαρακτηρίζεται από ευτροφικές συνθήκες με σποραδική δημιουργία επιβλαβών ανθίσεων φυτοπλαγκτού. Αντίθετα, το κεντρικό τμήμα του δρα ρυθμιστικά με μεσοτροφικά χαρακτηριστικά επηρεασμένα από την oligοτροφική εξωτερική περιοχή (Korres et al. 2012, Kormas et al. 2014).

2.2. Δειματοληψία

Συνολικά έγιναν πέντε δειματοληψίες, μια για κάθε εποχή στη χρονική διάρκεια του έτους 2017-2018, ξεκινώντας από το Μάιο (10/05/2017) και ολοκληρώνοντας το Νοέμβριο (28/11/2018). Στην πρώτη και δεύτερη δειματοληψία έγινε λήψη 4 L θαλασσινού νερού ενώ στις υπόλοιπες 8 L. Χρησιμοποιήθηκε κουβάς για τη λήψη του νερού και σκουρόχρωμα δοχεία για τη αποθήκευσή του ώστε, να εξασφαλιστεί η παύση της φωτοσύνθεσης. Οι δειματοληψίες λάμβαναν χώρα περίπου στις 11:30 το πρωί και γίνονταν μέτρηση της θερμοκρασίας της θάλασσας σε βαθμούς Κελσίου, με χρήση θερμομέτρου στήλης και καταγράφονταν οι καιρικές συνθήκες (ηλιοφάνεια, άνεμος, βροχή, συννεφιά) και παρατηρήσεις για την επιφάνεια της θάλασσας για τυχόν φερτές ύλες. Στη συνέχεια το δείγμα μεταφερόταν κατευθείαν στο εργαστήριο για διήθηση.

2.3. Διήθηση και αποθήκευση φίλτρων

Πριν ξεκινήσει η διαδικασία της διήθησης στο εργαστήριο, γινόταν καταγραφή της θερμοκρασίας, της αγωγιμότητας και του pH. Η μέτρηση της θερμοκρασίας και της αγωγιμότητας πραγματοποιούνταν με συσκευή μέτρησης αγωγιμότητας και το pH με πεχαμετρικό χαρτί. Στη διήθηση χρησιμοποιήθηκε πύργος διήθησης με



Εικόνα 2: Φίλτρα που χρησιμοποιήθηκαν στην διήθηση. (Προσωπικό αρχείο)

αντλία κενού. Τοποθετούνταν τέσσερα φίλτρα διαμέτρου 47mm διαδοχικά με διαπερατότητα υλικών μεγέθους 180 μm, 20 μm, 2 μm και 0,2 μm αντίστοιχα από τα οποία διαπερνούσαν 4 L νερού και στη συνέχεια τοποθετούνταν φίλτρο GF/F διαμέτρου



Εικόνα 3: Φίλτρο GF/F μετά τη διήθηση. (Προσωπικό αρχείο)

47mm και διαπερατότητα υλικών μεγέθους 0,7μm που επίσης διαπερνούσαν 4 L νερού. Στην πρώτη και στη δεύτερη δειγματοληψία δε χρησιμοποιήθηκε φίλτρο GF/F. Στο τέλος κάθε διήθησης η συσκευή καθαριζόταν με απιονισμένο νερό. Έπειτα τα φίλτρα τοποθετούνταν σε κομμάτι αλουμινόχαρτου με βοήθεια λαβίδας και διπλώνονταν προσεκτικά στη μέση. Σε κάθε κομμάτι

αλουμινόχαρτου αναγραφόταν ο κωδικός, η ημερομηνία και το φίλτρο που

χρησιμοποιήθηκε στη διήθηση. Τέλος, τα δείγματα αποθηκεύονταν στην κατάψυξη στους $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Εικόνα 4: Πύργος διήθησης με αντλία κενού. (Προσωπικό αρχείο)

2.4.Εκχύλιση και φωτόμετρο

Μετά τη διαδικασία της διήθησης ακολούθησε η εκχύλιση των φυτοπλαγκτικών χρωστικών. Αρχικά βγάλαμε τα δείγματα από την κατάψυξη και τα αφήσαμε να ξεπαγώσουν. Για τη συγκεκριμένη διαδικασία τοποθετήθηκε κάθε φίλτρο σε διαφορετικό σωλήνα φυγοκέντρησης των 10 ml και προστέθηκαν 5 ml ακετόνης συγκέντρωσης 90%. Στα δείγματα με φίλτρο GF/F χρησιμοποιήθηκαν 7 ml ακετόνη. Τα δείγματα με φίλτρο διαπερατότητα υλικών μεγέθους 180 μm , 20 μm , 2 μm και 0,2 μm αναδεύονταν και ξύνονταν με γυάλινη ράβδο, που δεν αντιδρά με την ακετόνη, μέχρι να διασφαλιστεί ότι οι φυτοπλαγκτικές χρωστικές έχουν ξεκολλήσει κατά πλειοψηφία από το φίλτρο. Από την άλλη τα δείγματα με φίλτρο GF/F επίσης

αναδεύονταν με γυάλινη ράβδο μέχρι να ομογενοποιηθεί. Τέλος όλοι οι σωλήνες φυγοκέντρωσης καλύπτονταν αεροστεγώς με parafilm ώστε να μην εξατμιστεί η ακετόνη και τοποθετούνταν για 24 ώρες στο ψυγείο στους 4°C, σε σκοτάδι.

Μετά από τις 24 ώρες, αφού βγουν τα δείγματα από το ψυγείο και αφεθούν για 30 λεπτά να πάρουν θερμοκρασία δωματίου, τοποθετούνταν στη φυγόκεντρο. Η φυγοκέντρωση γινόταν στις 4000 στροφές/λεπτό για 20 λεπτά. Με το πέρας της φυγοκέντρωσης, τα δείγματα απομακρύνονται με ήρεμες κινήσεις ώστε να μην αναμειχθεί το υπερκείμενο υγρό με το φίλτρο που έχει κατακαθίσει στον πυθμένα του σωλήνα. Με τη χρήση πιπέτας Pasteur αφαιρέθηκε το υπερκείμενο υγρό και τοποθετήθηκε σε κυψελίδα χαλαζία του 1 cm για να φωτομετρηθεί.

Χρησιμοποιήθηκε μάρτυρας ίδιας ποσότητας με ακετόνη 90% και τα δείγματα φωτομετρήθηκαν στα εξής μήκη κύματος: 750, 664, 647, 630, 510, 480 nm, όπου τα 750 είναι για τη θολερότητα, τα 664 για τη χλωροφύλλη-α, τα 647 για τη χλωροφύλλη-β, τα 630 για τη χλωροφύλλη-γ, τα 510 και τα 480 για τα καροτενοειδή. Έπειτα για να υπολογιστούν οι φαιοφυτίνες, στην κυψελίδα με το δείγμα προστέθηκαν δύο σταγόνες υδροχλωρίου (HCl) 10% και ανακινούταν ελαφρώς με ένα κομμάτι parafilm και μετρούνταν ξανά τα μήκη κύματος 750 και 640 nm. Στην περίπτωση που οι τιμές της θολερότητας ξεπερνούσαν το 0.005 τα δείγματα έπρεπε να φυγοκεντρωθούν ξανά.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη φωτομέτρηση τοποθετήθηκαν σε πίνακα φύλλων excel και υπολογίστηκαν οι χλωροφύλλες α,β,γ τα ολικά καροτενοειδή και οι φαιοφυτίνες.

Πίνακας 3: Εξισώσεις υπολογισμού φυτοπλαγκτικών χρωστικών.

Χρωστική	Τύπος
Χλωροφύλλη α	$\{ [11,85*(E_{664})-1,54*(E_{647})-0,08*(E_{630})]*v \} / V*I$
Χλωροφύλλη β	$\{ [21,03*(E_{647})-5,43*(E_{664})-2,66*(E_{630})]*v \} / V*I$
Χλωροφύλλη γ	$\{ [24,52*(E_{630})-1,67*(E_{664})-7,60*(E_{647})]*v \} / V*I$
Ολικά καροτενοειδή	$\{ [7,6*(E_{480})-(1,49*510)]*v \} / V*I$
Φαιοφυτίνες	$\{ 26,7*[1,7*(E_{664,HCl})-(E_{664})]*v \} / V*I$

Όπου: E_{750} = απορρόφηση στα 750 nm

$E_{664, 647, 630}$ = απορρόφηση στα αντίστοιχα μήκη κύματος 664 nm, 647 nm, 630 nm,

E_{510} = απορρόφηση στα 510 nm

E_{480} = απορρόφηση 480 nm

$E_{664,HCl}$ = απορρόφηση στα 664nm μετά την προσθήκη του οξέως

v = όγκος της ακετόνης που χρησιμοποιήθηκε (ml)

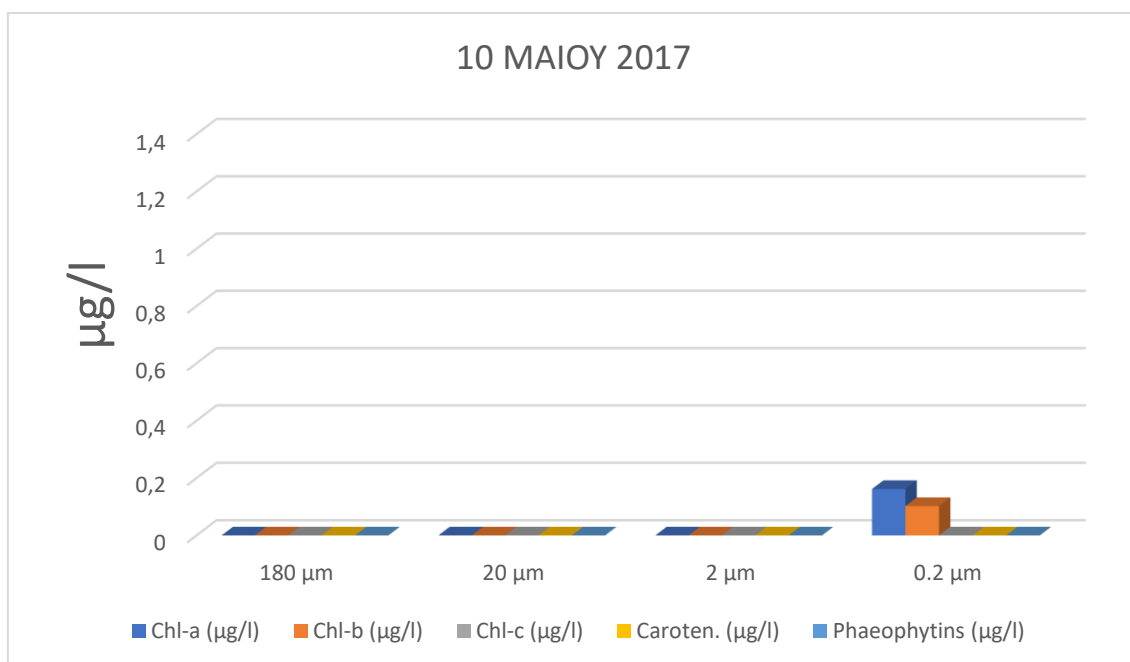
V = όγκος του θαλασσινού νερού που διηθήθηκε (L)

I = το μήκος της κυψελίδας που χρησιμοποιήθηκε (cm)

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

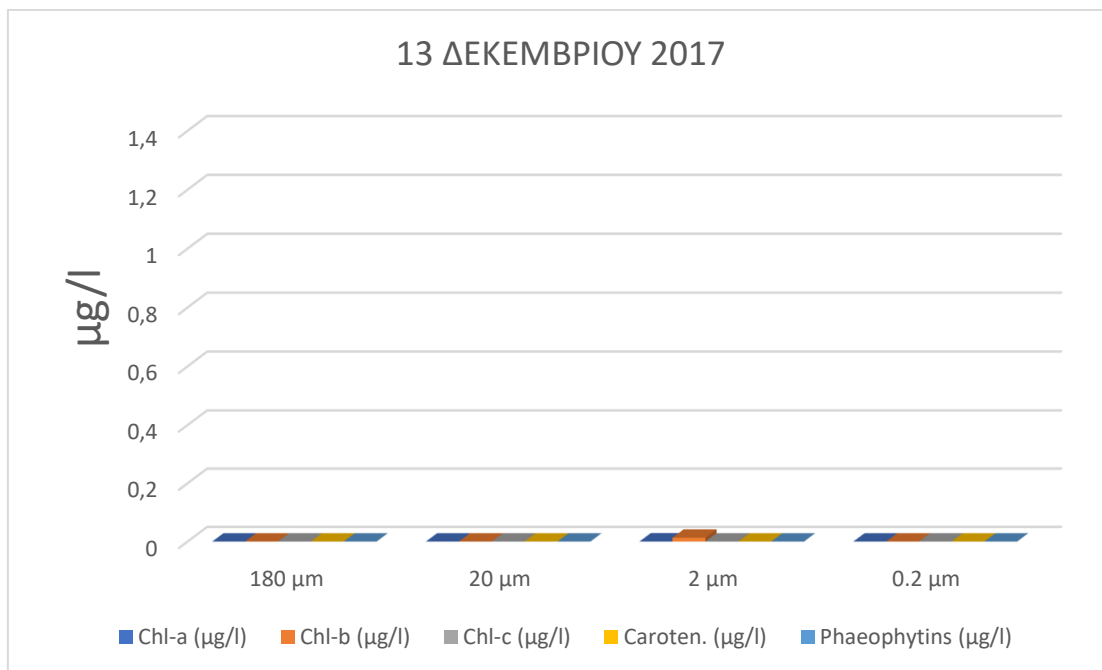
3.1 Διακύμανση φυτοπλαγκτικών χρωστικών κατά μέγεθος.

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται οι δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν τους μήνες Μάιος, Δεκέμβρης, Απρίλης, Αύγουστος και Νοέμβρης τη χρονική περίοδο 2017-2018.



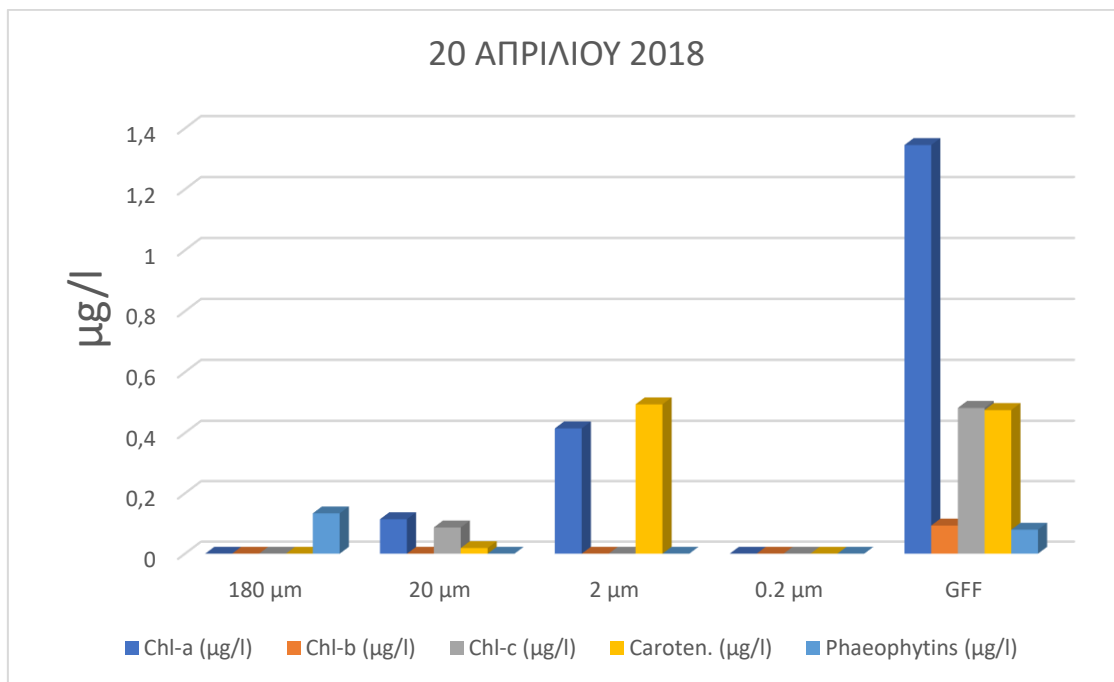
Σχήμα 1. Διακυμάνσεις φυτοχρωστικών για τον μήνα Μάιο κατά μέγεθος (180 µm, 20µm, 2µm, 0.2µm)

Στο Σχήμα 1 απεικονίζεται η διακύμανση των φυτοχρωστικών κατά μέγεθος για τον μήνα Μάιο (10/05/2017) όπου συγκριτικά μόνο στο φίλτρο με διαπερατότητα υλικών μεγέθους 0.2 µm μετρήθηκε συγκέντρωση χλωροφύλλης-a και χλωροφύλλης-b με τιμές 0.162 (µg/l) και 0.102 (µg/l) αντίστοιχα. Στα υπόλοιπα φίλτρα οι τιμές ήταν μηδενικές.



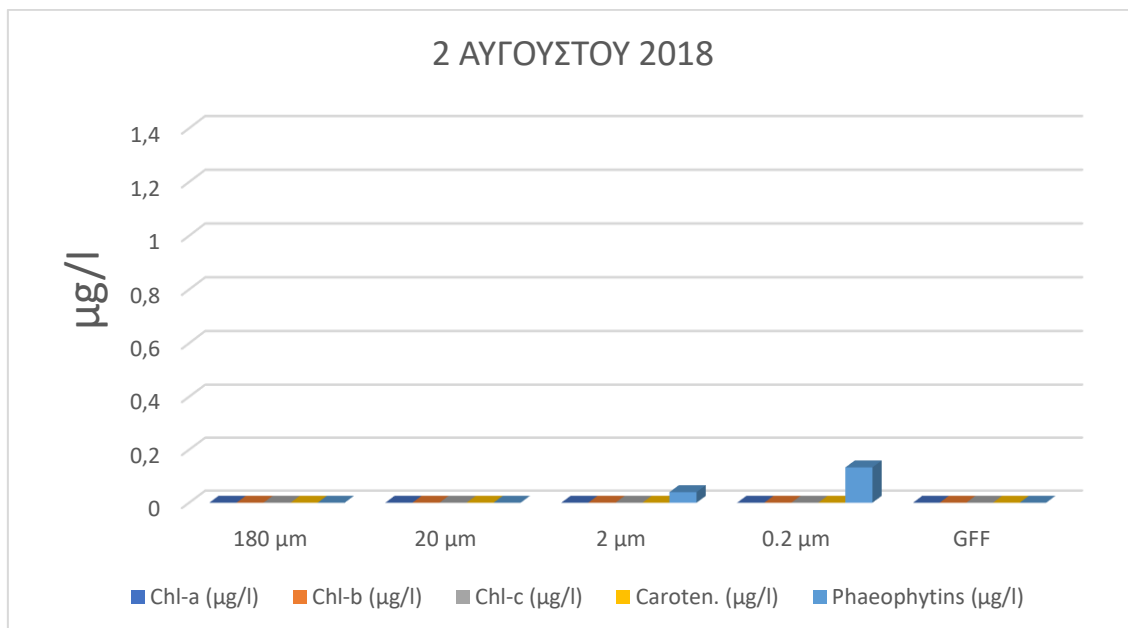
Σχήμα 2. Διακυμάνσεις φυτοχρωστικών για τον μήνα Δεκέμβρη κατά μέγεθος (180 µm, 20µm, 2µm, 0.2µm)

Στο Σχήμα 2 απεικονίζεται η διακύμανση των φυτοχρωστικών κατά μέγεθος για τον μήνα Δεκέμβρη (13/12/2017) όπου μόνο στο φίλτρο με διαπερατότητα υλικών μεγέθους 2 µm μετρήθηκε συγκέντρωση χλωροφύλλης-b με τιμή 0.013 (µg/l). Στα υπόλοιπα φίλτρα οι τιμές ήταν μηδενικές.



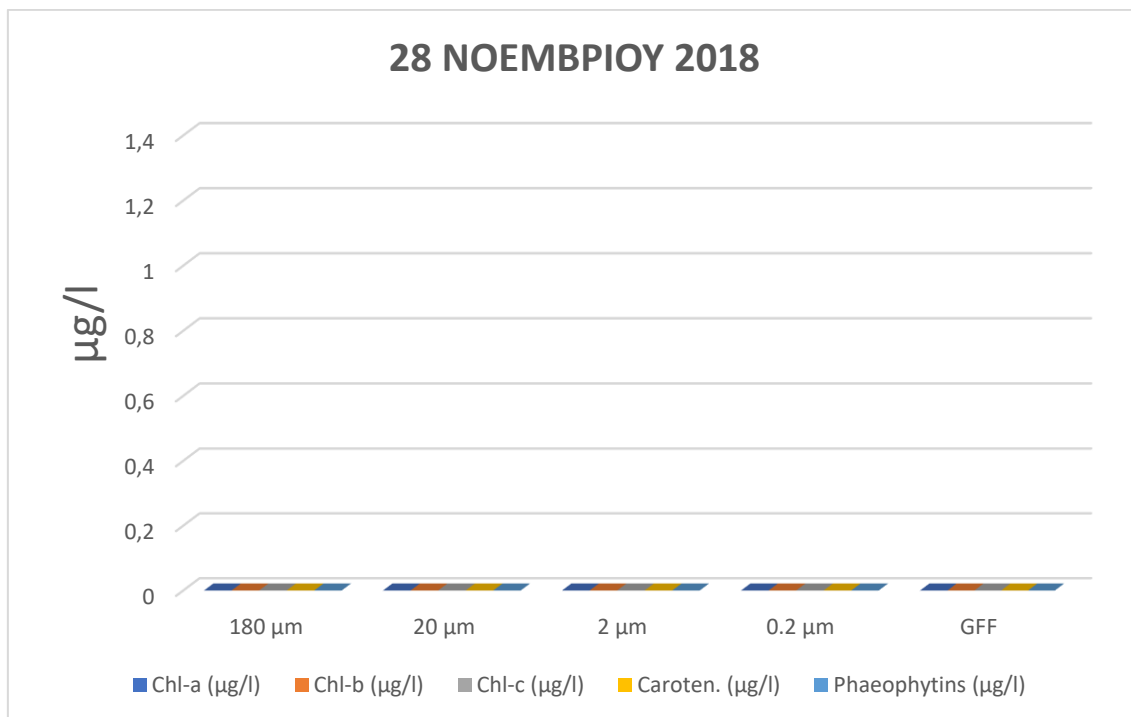
Σχήμα 3. Διακυμάνσεις φυτοχρωστικών για τον μήνα Απρίλη κατά μέγεθος (180 µm, 20µm, 2µm, 0.2µm, GF/F)

Στο Σχήμα 3 απεικονίζεται η διακύμανση των φυτοχρωστικών κατά μέγεθος για τον μήνα Απρίλιο (20/04/2018) όπου στο φίλτρο με διαπερατότητα υλικών μεγέθους 180 µm μετρήθηκε συγκέντρωση φαιοφυτίνων 0.134 (µg/l), στο φίλτρο 20 µm χλωροφύλλη-a 0.114 (µg/l), χλωροφύλλη-c 0.087 (µg/l) και καροτενοειδή 0.019 (µg/l). Στο φίλτρο με διαπερατότητα υλικών μεγέθους 2 µm βρέθηκε συγκέντρωση χλωροφύλλης-a 0.415 (µg/l) και καροτενοειδή 0.494 (µg/l). Τέλος στο GF/F μετρήθηκε συγκέντρωση χλωροφύλλης-a 1.345 (µg/l), χλωροφύλλη-b 0.093 (µg/l), χλωροφύλλη-c 0.482 (µg/l), καροτενοειδή 0.475 (µg/l) και φαιοφυτίνες 0.079 (µg/l). Στο φίλτρο με διαπερατότητα υλικών μεγέθους 0.2 µm οι τιμές ήταν μηδενικές.



Σχήμα 4. Διακυμάνσεις φυτοχρωστικών για τον μήνα Αύγουστο κατά μέγεθος (180 µm, 20µm, 2µm, 0.2µm, GF/F)

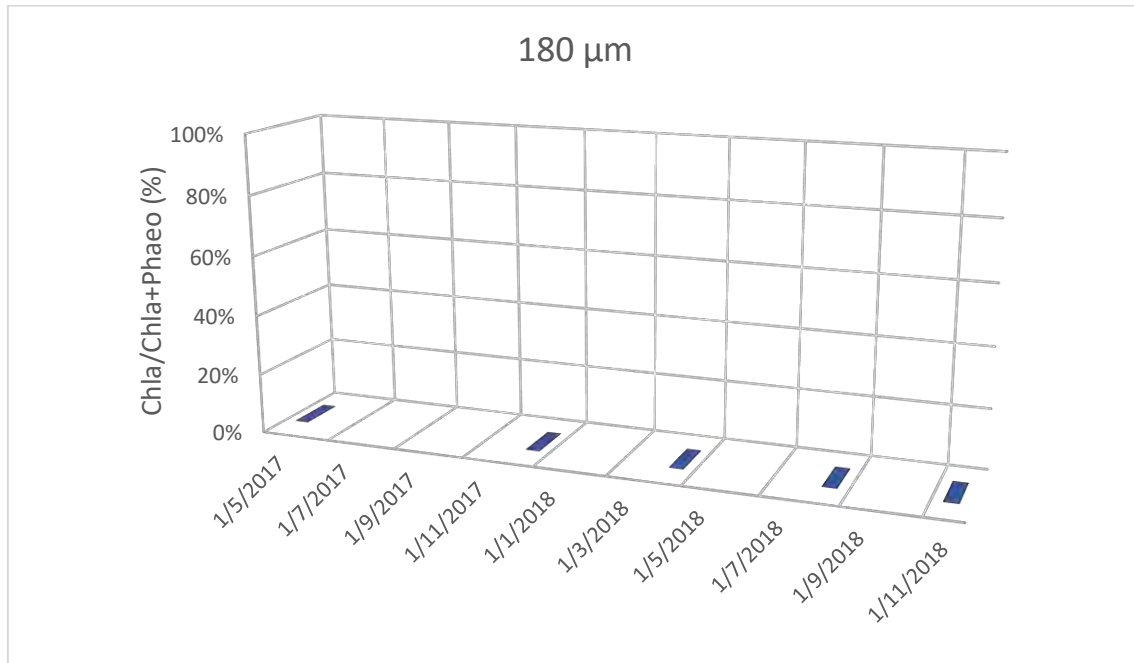
Στο Σχήμα 4 απεικονίζεται η διακύμανση των φυτοχρωστικών κατά μέγεθος για τον μήνα Αύγουστο (02/08/2018) όπου παρατηρήθηκαν φαινοφυτίνες στο φίλτρο με διαπερατότητα υλικών μεγέθους 2 µm με τιμή 0.040 (µg/l) και αντίστοιχα στο φίλτρο με διαπερατότητα υλικών μεγέθους 0.2 µm με τιμή 0.134 (µg/l). Στα υπόλοιπα φίλτρα οι τιμές ήταν μηδενικές.



Σχήμα 5. Διακυμάνσεις φυτοχρωστικών για τον μήνα Νοέμβριο κατά μέγεθος (180 µm, 20µm, 2µm, 02µm, GF/F)

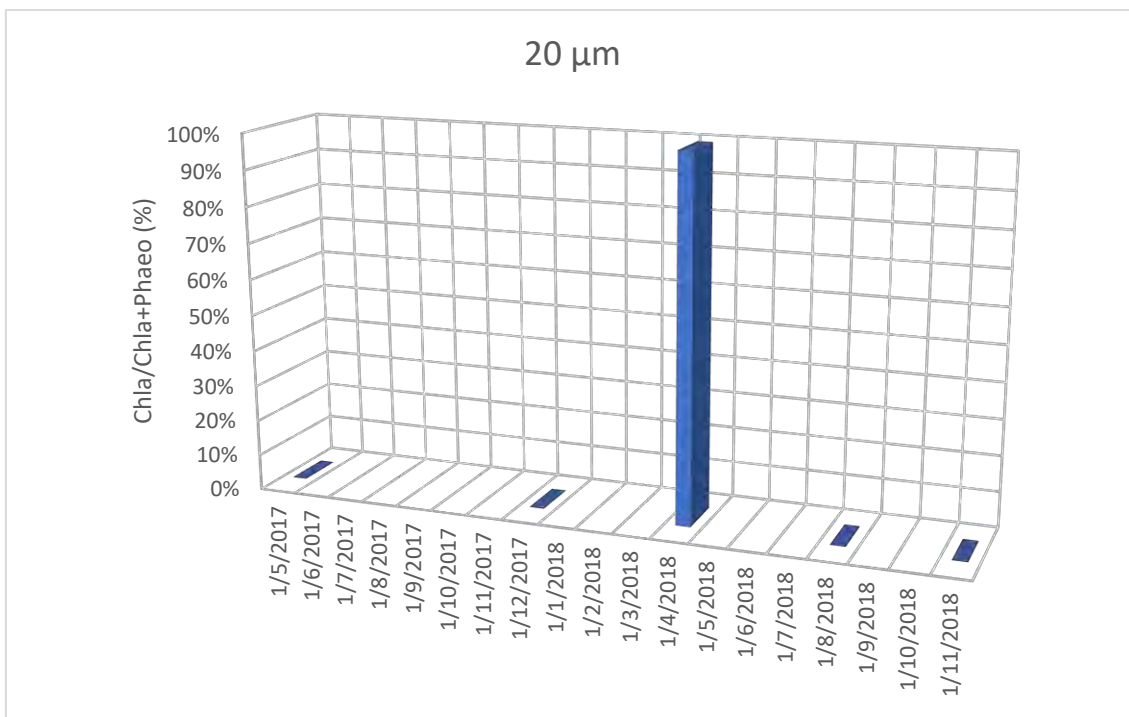
Στο Σχήμα 5 απεικονίζεται η διακύμανση των φυτοχρωστικών κατά μέγεθος για τον μήνα Νοεμβρίου (28/11/2018) όπου οι μετρήσεις συγκέντρωσης φυτοχρωστικών ήταν μηδενικές.

3.2 Διακύμανση συγκέντρωσης Chla/Chla+Phaeo (%) κατά μέγεθος.



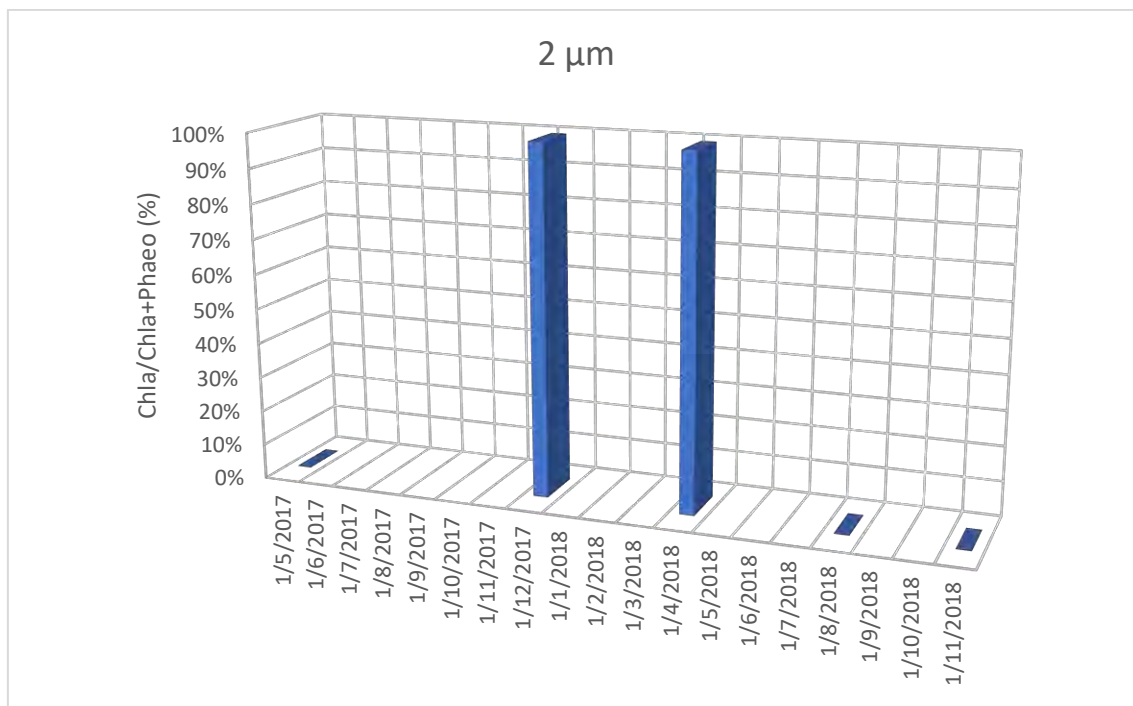
Σχήμα 6. Εποχιακή διακύμανση του λόγου χλωροφύλλη-a/ (χλωροφύλλη-a + φαιοφυτίνες) στο φίλτρο 180 µm

Στο Σχήμα 6 απεικονίζεται η εποχιακή διακύμανση του λόγου χλωροφύλλη-a/ (χλωροφύλλη-a + φαιοφυτίνες) στο φίλτρο με διαπερατότητα υλικών μεγέθους 180 µm όπου παρατηρείται σε όλες τις εποχές μηδενικό ποσοστό.



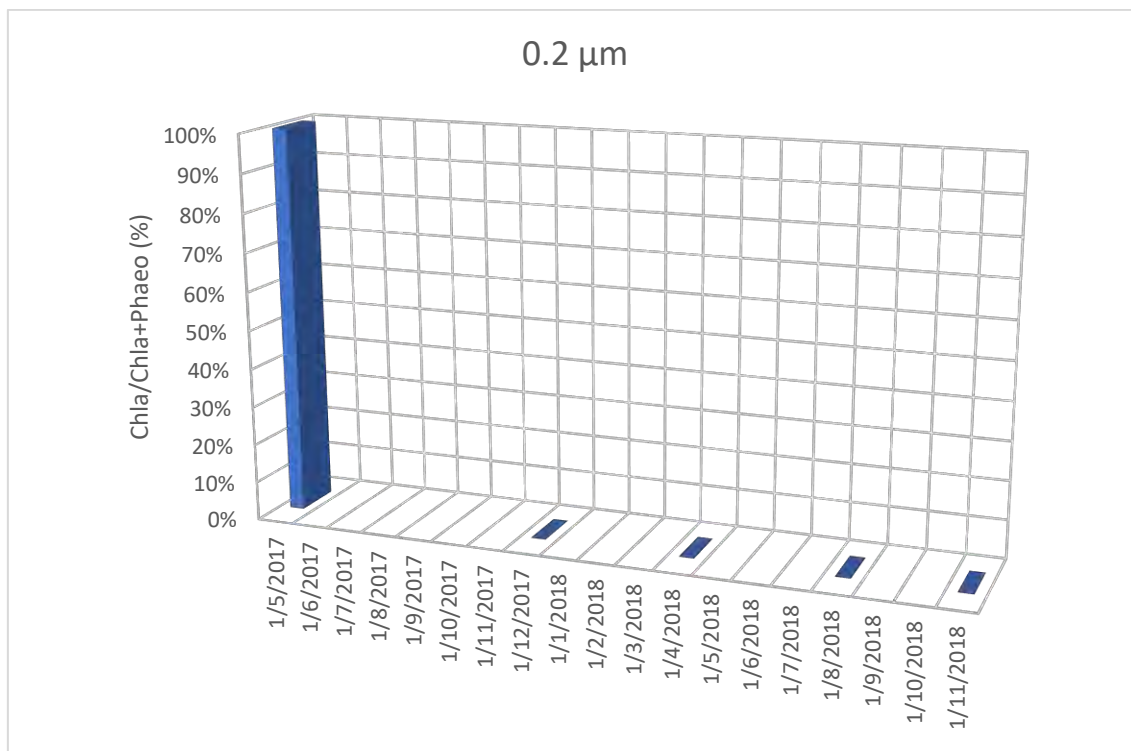
Σχήμα 7. Εποχιακή διακύμανση του λόγου χλωροφύλλη-a/ (χλωροφύλλη-a + φαιοφυτίνες) στο φίλτρο 20 µm

Στο Σχήμα 7 παρουσιάζεται η εποχιακή διακύμανση του λόγου χλωροφύλλη-a/ (χλωροφύλλη-a + φαιοφυτίνες) στο φίλτρο με διαπερατότητα υλικών μεγέθους 20 µm όπου παρατηρείται το μήνα Απρίλιο ποσοστό 100% ενώ τις υπόλοιπες εποχές μηδενικό ποσοστό.



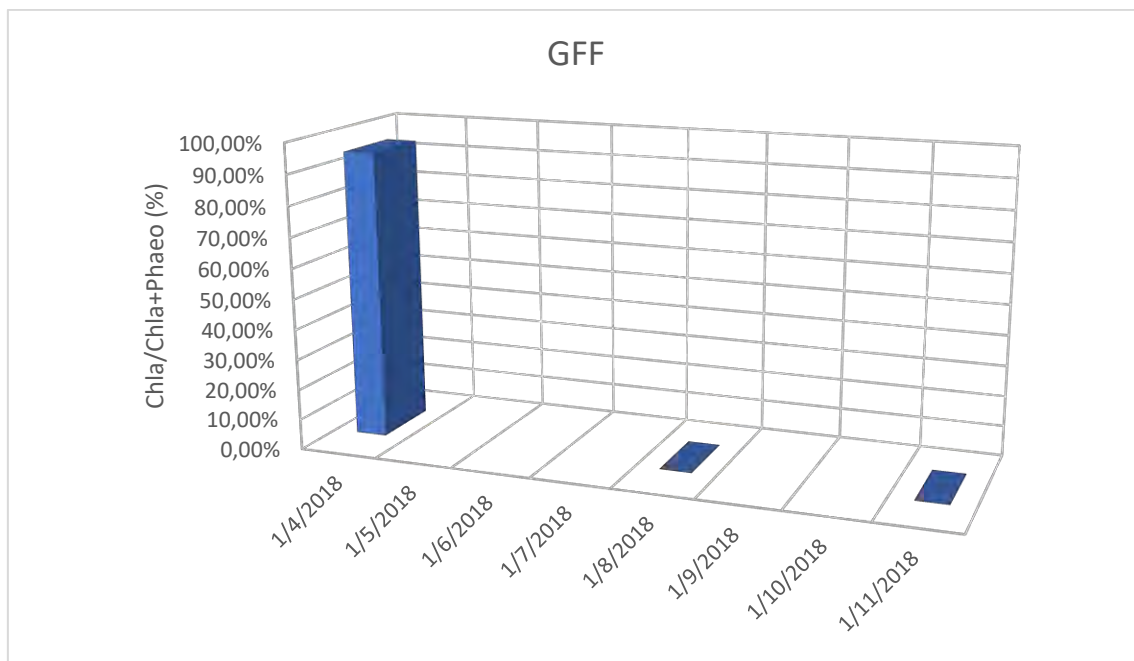
Σχήμα 8. Εποχιακή διακύμανση του λόγου χλωροφύλλη-a/ (χλωροφύλλη-a + φαιοφυτίνες) στο φίλτρο 2 µm.

Στο Σχήμα 8 παρουσιάζεται η εποχιακή διακύμανση του λόγου χλωροφύλλη-a/ (χλωροφύλλη-a + φαιοφυτίνες) στο φίλτρο με διαπερατότητα υλικών μεγέθους 2 µm όπου εντοπίζουμε στους μήνες Απρίλιο και Δεκέμβριο ποσοστό 100% και στους δυο ενώ τις υπόλοιπες εποχές μηδενικό ποσοστό.



Σχήμα 9. Εποχιακή διακύμανση του λόγου χλωροφύλλη-a/ (χλωροφύλλη-a + φαιοφυτίνες) στο φίλτρο 0.2 μm.

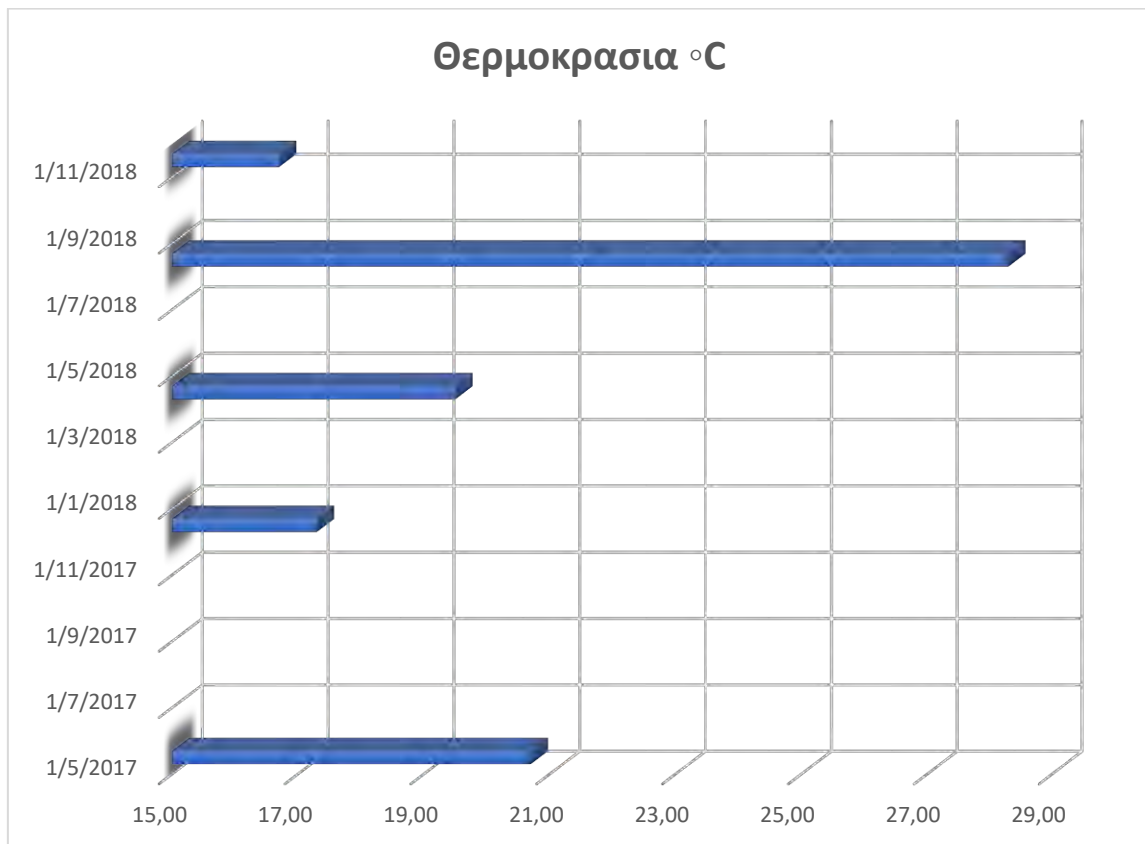
Στο Σχήμα 9 απεικονίζεται η εποχιακή διακύμανση του λόγου χλωροφύλλη-a/ (χλωροφύλλη-a + φαιοφυτίνες) στο φίλτρο με διαπερατότητα υλικών μεγέθους 0.2 μm όπου εντοπίζουμε στο μήνα Μάιο ποσοστό 100% ενώ τις υπόλοιπες εποχές μηδενικό.



Σχήμα 10. Εποχιακή διακύμανση του λόγου χλωροφύλλη-a/ (χλωροφύλλη-a + φαιοφυτίνες) στο φίλτρο GF/F.

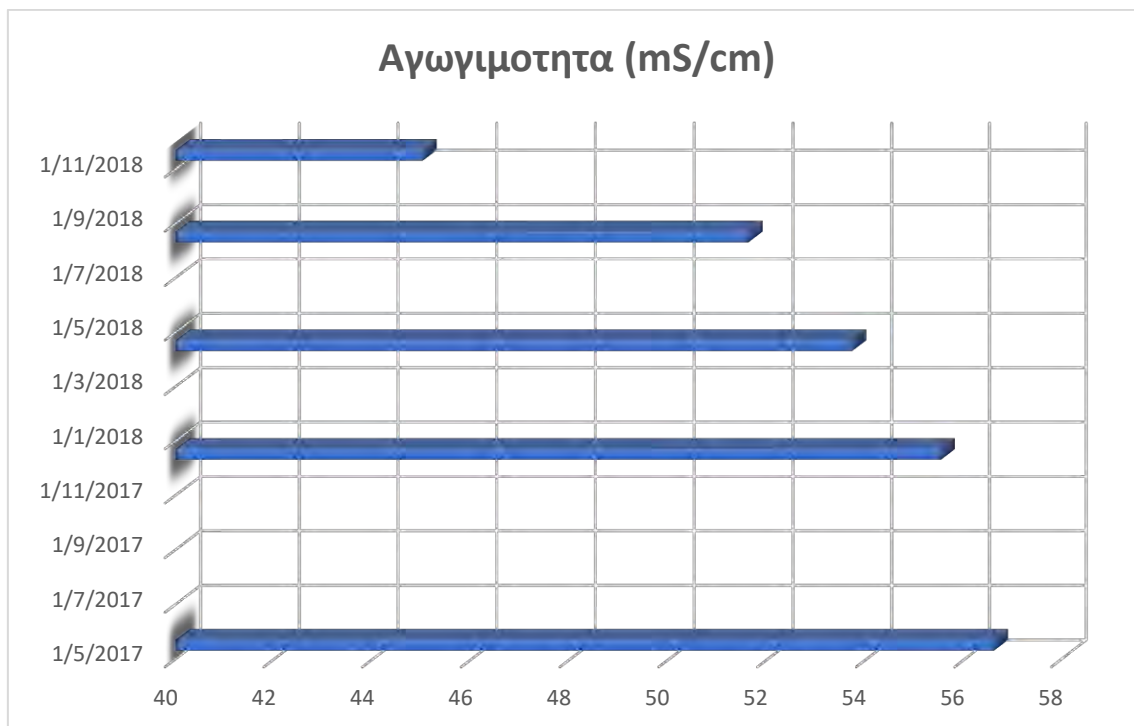
Στο Σχήμα 10 απεικονίζεται η εποχιακή διακύμανση του λόγου χλωροφύλλη-a/ (χλωροφύλλη-a + φαιοφυτίνες) στο φίλτρο GF/F όπου παρατηρούμε το μήνα Απρίλιο ποσοστό 94,4% ενώ τις υπόλοιπες εποχές μηδενικό.

3.3 Διακυμάνσεις φυσικοχημικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων.



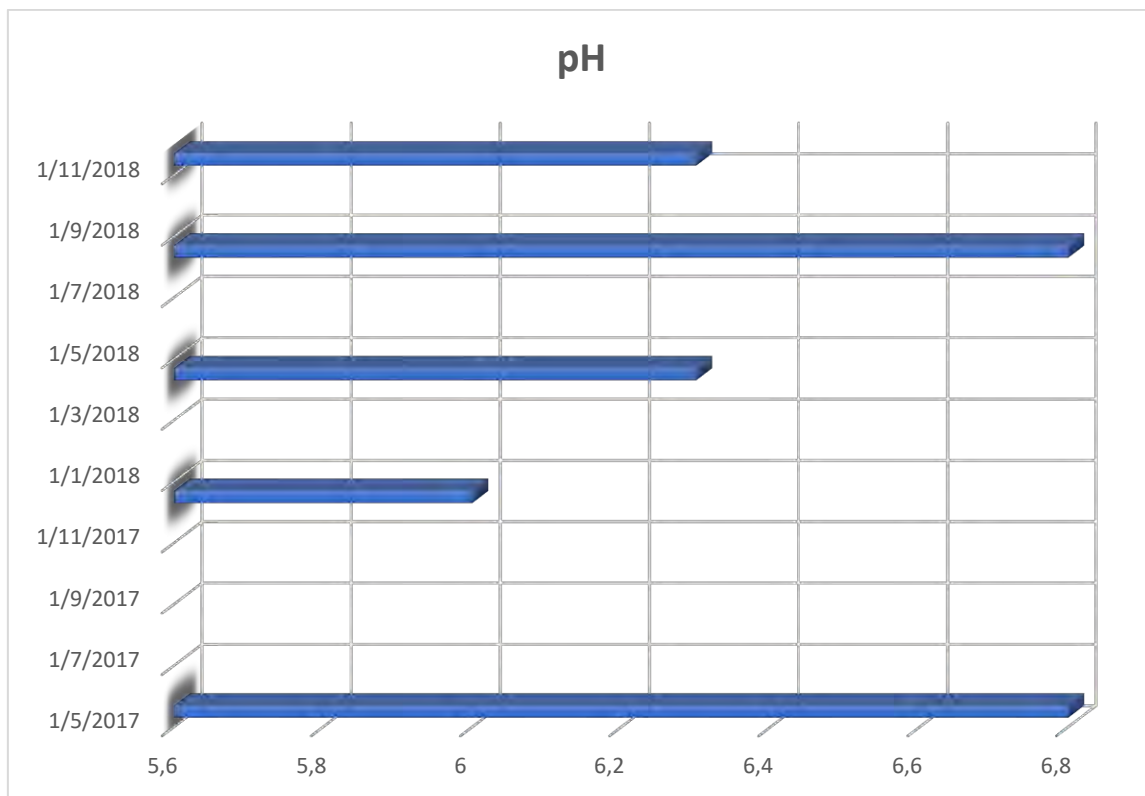
Σχήμα 11. Εποχιακή διακύμανση της θερμοκρασίας εργαστηρίου.

Στο Σχήμα 11 παρατηρούνται οι θερμοκρασίες νερού του δείγματος όπου η υψηλότερη τιμή καταγράφηκε τον Αύγουστο (07/08/2018) με τιμή 28,3 °C και η χαμηλότερη το Νοέμβριο (28/11/2018) με τιμή 16,7 °C.



Σχήμα 12. Εποχιακή διακύμανση της αγωγιμότητας.

Στο Σχήμα 12 απεικονίζεται η εποχιακή διακύμανση της αγωγιμότητας του νερού με την υψηλότερη τιμή να παρατηρείται το Μάιο (10/05/2017) με τιμή 56,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και τη χαμηλότερη το Νοέμβριο (28/11/2018) με τιμή 45 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Σχήμα 13. Εποχιακή διακύμανση του pH.

Στο Σχήμα 13 παρουσιάζονται οι τιμές pH του νερού όπου η υψηλότερη ήταν περίπου 6,8 και μετρήθηκε το Μάιο (10/05/2017) και τον Αύγουστο (07/08/2018) και η χαμηλότερη τιμή ήταν 6 που μετρήθηκε το Δεκέμβριο (13/12/2017).

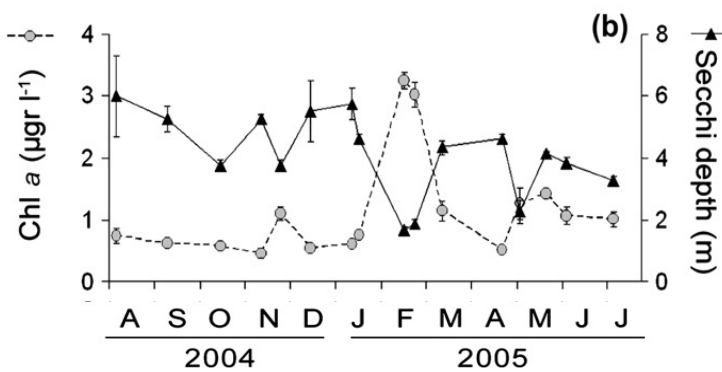
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι συγκεντρώσεις των φωτοσυνθετικών χρωστικών και κυρίως της χλωροφύλλης-a σε ένα θαλάσσιο οικοσύστημα αντιπροσωπεύουν άμεσους δείκτες της βιομάζας του φυτοπλαγκτού (Colella et al. 2016). Το σημαντικότερο όμως είναι, ότι διαδραματίζει καίριο ρόλο στη φωτοσύνθεση, αφού δεσμεύει την ηλιακή ενέργεια και εξαρτάται από το φως, την θερμοκρασία, την αλατότητα και τα θρεπτικά (Βρυώνης, 2013).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που συλλέξαμε, παρατηρήσαμε ότι υπήρχε αύξηση φυτοχρωστικών και κυρίως χλωροφύλλης-a, τους μήνες της άνοιξης (Μάιο 2017 και Απρίλιο 2018). Η μέγιστη τιμή της χλωροφύλλης-a σημειώθηκε στις 20 Απριλίου 2018 στα 1,345 μg/l σε φίλτρο GF/F. Όσον αφορά τις υπόλοιπες φυτοχρωστικές οι μέγιστες τιμές που σημειώθηκαν ήταν για χλωροφύλλη-b στα 0,102 μg/l σε φίλτρο διαπερατότητας 0,2 μm στις 10 Μαΐου 2017, χλωροφύλλη-c στα 0,482 μg/l σε φίλτρο GF/F, καροτενοειδή στα 0,494 μg/l σε φίλτρο διαπερατότητας 2 μm και φαιοφυτίνες στα 0,134 μg/l σε φίλτρο διαπερατότητας 180 μm στις 20 Απριλίου 2018. Οι καιρικές συνθήκες στις συγκεκριμένες μέρες, 10 Μαΐου 2017 και 20 Απριλίου 2018, που πάρθηκαν τα δείγματα ήταν καλές, με θερμοκρασίες 20,7 °C και 19,5 °C αντίστοιχα κι επικρατούσε ηλιοφάνεια με χαμηλό άνεμο οπότε υπήρχε κι ελαφρύς κυματισμός.

Έγιναν συγκρίσεις με άλλες παράκτιες περιοχές στη Μεσόγειο

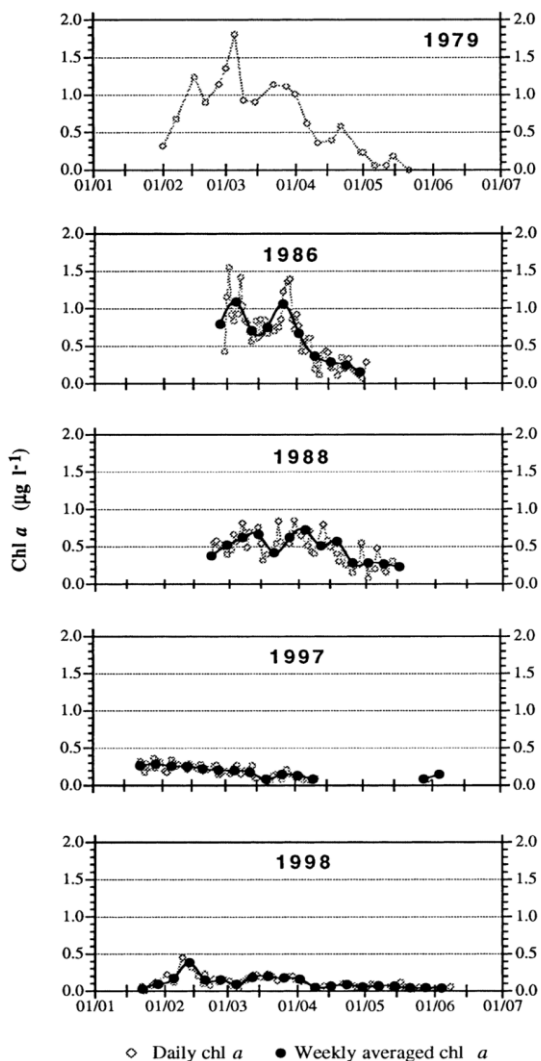
Με την ερευνά που έγινε επίσης στον Παγασητικό Κόλπο από Kormas et al. το 2014, παρατηρήθηκε ότι τον Απρίλιο του 2014 σημειώθηκε η υψηλότερη τιμή της χλωροφύλλης-a με 2,26 μg/l.



Σχήμα 14: Εποχική μεταβολή Chl-a. Κάθε σημείο αντιπροσωπεύει το μέσο όρο των σταθμών εντός του κόλπου της Καλλονής με τυποποιημένες ράβδους σφάλματος. (Spatharis et al., 2007)

Επίσης, σύμφωνα με Spatharis et al. το 2007 στον κόλπο Καλλονή της Λέσβου, μετρήθηκε ότι το Φεβρουάριο του 2005 η τιμή της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης-α στα 3,9 µg/l ήταν η υψηλότερη. Η

ανθοφορία του Φεβρουαρίου χαρακτηρίστηκε από αύξηση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης-α και στη βιομάζα όπου το 97% ήταν δινομαστιγωτά του είδους *P.*



Calliantha. Όπως παρατηρούμε και στο Σχήμα 14. τους μήνες Απρίλιο και Μάιο η συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α κυμάνθηκε περίπου από 0,5-1,5 µg/l.

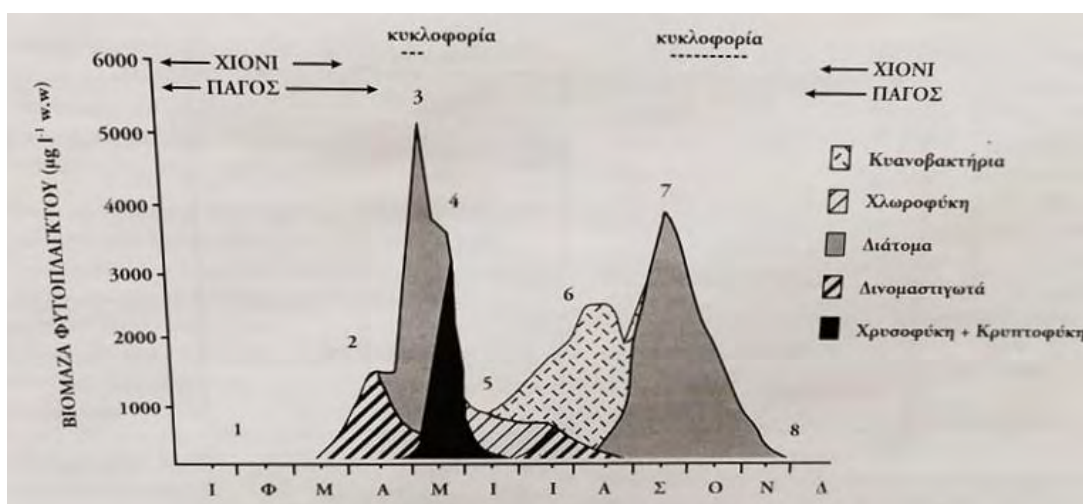
Στη συνέχεια σημειώθηκε από τους Goffart et al. (2002) ότι οι υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης χλωροφύλλης-α το 1979 και το 1986, στις αρχές Μάρτη, ήταν 1,81 µg/l και 1,55 µg/l αντίστοιχα.

Το 1988 δεν υπήρχε άνθηση κατά την περίοδο δειγματοληψίας, και οι συγκεντρώσεις κυμαίνονταν περίπου στα 0,50 µg/l, από τα τέλη Φεβρουαρίου έως τα μέσα Απριλίου. Την περίοδο Απρίλιο – Μάιο παρατηρούμε στο Σχήμα 15. πως το 1979 η συγκέντρωση

Σχήμα 15. Εποχικές μεταβολές στη συγκέντρωση Chl-a στο 1 m στον κόλπο Calvi κατά τη διάρκεια των 5 χρονικών σειρών. Τα δεδομένα από το 1979 επαναπροσδιορίζονται από τους Hecq et al. (1981) (Goffart et al., 2002)

χλωροφύλλης-a ήταν περίπου 0,5 $\mu\text{g}/\text{l}$, το 1986 ήταν μεταξύ 0,2 – 1,5 $\mu\text{g}/\text{l}$, το 1988 ήταν 0,2 – 0,7 $\mu\text{g}/\text{l}$, το 1997 και το 1998 ήταν μικρότερο από 0,5 $\mu\text{g}/\text{l}$.

Από τη σύγκριση των ερευνών των Kormas et al. (2014), Spatharis et al. (2007) και Goffart et al. (2002) με τη δική μας συμπεραίνουμε πως σύμφωνα με τις συγκεντρώσεις χλωροφύλλης-a κατά την περίοδο Απρίλιο – Μάιο, που υπήρχε ανθοφορία, οι τιμές κυμαίνονταν περίπου στα 0,5 – 1,5 $\mu\text{g}/\text{l}$, με εξαίρεση την τιμή 2,26 $\mu\text{g}/\text{l}$ τον Απρίλιο του 2014. Ο Παγασητικός κατά τον Kormas et al. (2014) είναι στο εσωτερικό τμήμα του ευτροφικός με σποραδική δημιουργία επιβλαβών ανθίσεων φυτοπλαγκτού, το κεντρικό τμήμα του δρα ρυθμιστικά με μεσοτροφικά χαρακτηριστικά επηρεασμένα από την oligοτροφική εξωτερική περιοχή. Σύμφωνα με τον Wetzel R. G. (2001) στα μεσοτροφικά κι ευτροφικά οικοσυστήματα επικρατούν δινομαστιγωτά (π.χ. γένη *Peridinium*, *Ceratium*) και διάτομα (π.χ. γένη *Asterionella*, *Synedra*, *Stephanodiscus*) μεγέθους 2 - 200 μm , αντίστοιχα. Οπότε συμπεραίνουμε, όπως μπορούμε να δούμε και στο Σχήμα 16, πως κατά τη περίοδο Απρίλιο – Μάιο στον Παγασητικό υπήρχε άνθιση διατόμων και δινομαστιγωτών.



Σχήμα 16. Μοντέλο ανάπτυξης βιομάζας κι εποχικής διαδοχής των κυρίων φυτοπλαγκτικών ομάδων (Blomqvist et al., 1994)

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη Βιβλιογραφία

- Barnes R. S. K., Hughes R. N. (1999) An Introduction to Marine Ecology (e-book). Blackwell Science Ltd, 3rd edition, 1:1-8
- Colella S., Falcini F., Rinaldi E., Sammartino M., Santoleri R. (2016) Mediterranean Ocean Colour Chlorophyll Trends. PLOS ONE, 1-16
- Govindjee and B. & Z. Braun (1974) Light absorption, emission and photosynthesis. In W. D. P. Stewart, ed. Algal Physiology and Biochemistry. University of California Press, Berkeley. Pp. 346-390.
- Goodwin T. W. (1974) Carotenoids and biliproteins In W. D. P. Stewart, ed. Algal Physiology and Biochemistry University of California Press, Berkeley pp. 176-205
- Goffart A., Hecq J.– H., Legendre L. (2002) Changes in the development of the winter-spring phytoplankton bloom in the Bay of Calvi (NW Mediterranean) over the last two decades: a response to changing climate?. Marine Ecology Progress Series, 236: 45–60
- Jiggells T.D. (1998) Nutrient Biogeochemistry of the Coastal Zone. Science, Vol 281.
- Jorgensen B., Richardson K. (1996) Eutrophication: definition history and effects in eutrophication in coastal, marine ecosystems, coastal and estuarine studies. Elsevier.

- Karydis Michael & Kitsiou Dimitra (2012) Eutrophication and environmental policy in the Mediterranean Sea: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184:4931–4984
- Kormas K. Ar., Karayanni H, Christaki U., Giannakourou A, Assimakopoulou G., Gotsis-Skretas O. (2014) Microbial Food Web Structure and Its Impact on Primary Production in a Meso-Oligotrophic Coastal Area (Pagasitikos Gulf, Aegean Sea). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14: 527-537
- Korres G., Triantafyllou G., Petihakis G., Raitzos D.E., Hoteit I., Pollani A., Colella S., Tsiaras K., (2012) A data assimilation tool for the Pagasitikos Gulf ecosystem dynamics: Methods and benefits. *Journal of Marine Systems*, 94:102-117
- Meeks J. C. (1974) Chlorophyll. In W.D.P. Stewart, ed. *Algal Physiology and Biochemistry*, University of California Press, Berkley, pp. 161-175
- Petihakis G., Triantafyllou G., Koliou A., Theodorou A. (2002) Exploring the Dynamics of a Marine Ecosystem (Pagasitikos Gulf, Western Aegean, Greece) through the analysis of Temporal and Spatial Variability of Nutrients. *Littoral, 6th International Symposium Proceedings: a multi-disciplinary Symposium on Coastal Zone Research, Management and Planning, Porto, Portugal, volume:2*
- Pinet P. (2000) *Introduction to oceanography*, 2nd edition, Jones & Barlett publishers, Sudbury, Massachusetts
- Reynolds C. S. (2006) *The Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press, pp 435

- Simboura N., Panayotidis P. & Papathanasiou E. (2005), A synthesis of the implementation of the European Water Framework Directive in the Mediterranean ecoregion: The case of Saronikos, Elsevier, 5:253-266
- Spatharis S., Tsirtsis G., Danielidis D. B. , Do Chi T., Mouillot D. (2007) Effects of pulsed nutrient inputs on phytoplankton assemblage structure and blooms in an enclosed coastal area. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73: 807 – 815
- Wetzel R.G. (2001) *Limnology Lake and Reservoir Ecosystems*. Academic Press, San Diego, California

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Castro R., Huber E. M., (2010) *Marine biology*, Επιμέλεια Ελληνικής Έκδοσης Κούκουρας Θ., Βουλτσιάδου Ε.
- Αγγελικόπουλος Ραφαήλ (2016) Ημερήσια διακύμανση φυτοχρωστικών στο λιμάνι αλιευτικών σκαφών του Βόλου. Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Αθανασίου Α. (2012) Κλιματική μεταβολή στο ανώτερο ολόκαινο: παλαιοοκεανογραφική έρευνα κοκκολιθοφόρων σε ιζήματα του Αιγαίου πελάγους. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, σελ.138

- Βρυώνης Παναγιώτης (2013) Μελέτη των πεδίων ανάμειξης γλυκού και αλμυρού νερού με βάση εποχιακές μεταβολές φυσικοχημικών παραμέτρων. Διατριβή Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης, Πανεπιστήμιο Πατρών
- Γεωργακόπουλος Δημήτριος (2014) Προκαρρωτική Ποικιλότητα: Βακτήρια. Σε: Medigan T.M., Martinko J.M., Parker J Brock Βιολογία των Μικροοργανισμών Τόμος Ι. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, σελ. 486-491
- Δήμιζα Μ.Δ., Τριανταφύλλου Μ.Β., Κρασακοπούλου Ε (2012) Δυσμορφία κοκκόλιθων σε φυσικές συγκεντρώσεις κοκκολιθοφόρων από το Αιγαίο πέλαγος. Επιστημονική Επετηρίδα, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 101: 23-30
- Θεοδώρου Ι. Α.(2004) Ωκεανογραφία: Εισαγωγή στο Θαλάσσιο Περιβάλλον. Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε, Αθήνα
- Καλαϊτζάκη Ο., Μάρκου Μ. (2017) Χρονική κατανομή των φυτοχρωστικών στη θαλάσσια περιοχή κοντά στην έξοδο του ρέματος Μπουρμπουλήθρα, Βόλος. Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Κολιού-Μήτσιου Α., (1991) Αναγνώριση, εκτίμηση και αντιμετώπιση των πηγών ρύπανσης του Παγασητικού κόλπου. Πρακτικά 200 Συνεδρίου Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, 544-553
- Κουκουβίνου Δ. (2019) Ημερήσια διακύμανση φυτοχρωστικών στο λιμάνι του Βόλου κατά τη φθινοπωρινή και εαρινή περίοδο. Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

- Παπαδήμου Σ. (2017) Εποχική διακύμανση φυτοχρωστικών στα Κάτω Λεχώνια Μαγνησίας. Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Παπανικολοπούλου Λ. Α. (2012) Χρήση εργαστηριακών μικρόκοσμων για τη μελέτη αυτοοργάνωσης και διαταραχών φυτοπλαγκτονικών συννευρέσεων. Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
- Παπία Κ. (2019) Επίδραση του διηθούμενου όγκου νερού στον υπολογισμό της συγκέντρωσης των φυτοπλαγκτικών χρωστικών. Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Ψόχιου Ε.Ν., (2002) Εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης του Παγασητικού κόλπου : συμβολή στην αειφορική διαχείριση του. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Σελ 1 -187

6. ABSTRACT

Coastal areas are a system with diversity and marine organisms are affected by primary production. The present work determined the seasonal variation of the main marine phytoplankton photosynthetic pigments by the size of the coastal area of the Pagasitic Gulf relative to physicochemical parameters of seawater. Specifically, seasonal variations of photosynthetic pigments (chlorophyll-a, chlorophyll-b, chlorophyll-c, carotenoids, phaeophytines) were recorded in the port of Volos for the period 2017-2018 and chlorophyll-a was used as an indicator of environmental status assessment. Also, filters with material permeability of 180 μm , 20 μm , 2 μm and 0.2 μm and GF / F filter were used for this study. The highest values of the photosynthetic pigments were observed during the spring season (20/04/2018) with chlorophyll-a being 1,345 ($\mu\text{g} / \text{l}$) in the GF / F filter and 0.415 ($\mu\text{g} / \text{l}$) in the 20 μm filter. Also, for the month of May (10/05/2017) it is worth noting that in the 0.2 μm filter a concentration of chlorophyll-a was measured at 0.162 ($\mu\text{g} / \text{l}$). According to the analysis of the results, the Pagasitic Gulf is characterized by mesotrophic conditions with blooming during spring and the organisms that are prevalent are Bacillariophyceae and Dinophyceae.

Keywords: photosynthetic pigments, daily variations, port of Volos, chlorophyll-a, cell size