

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

«ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ»

**Εποχική διακύμανση φυτοχρωστικών
στα Κάτω Λεχώνια Μαγνησίας**

Σωτηρία Παπαδήμου

Βόλος, 2017

**«Εποχική διακύμανση φυτοχρωστικών
στα Κάτω Λεχώνια Μαγνησίας»**

Εξεταστική Επιτροπή

1) Κωνσταντίνος Κορμάς, Καθηγητής, Οικολογία Υδρόβιων Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Επιβλέπων***

2) Άρης Ψιλοβίκος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Αειφορική Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος***

Στην οικογένειά μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους όσοι συνέβαλαν στο να ολοκληρώσω την παρούσα Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα της εργασίας, κ. Κωνσταντίνο Κορμά για την πολύτιμη βοήθειά του και την υποστήριξή του, τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και το μέλος της εξεταστικής μου επιτροπής, κ. Άρη Ψιλοβίκο. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Ελένη Νικούλη για την άμεση βοήθειά της, όσον αφορά την διάθεση εργαστηριακού υλικού και την βοήθειά της στην ολοκλήρωση της πειραματικής διαδικασίας. Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία προσδιορίστηκε η εβδομαδιαία διακύμανση των κύριων φωτοσυνθετικών χρωστικών της παράκτιας περιοχής στα Κάτω Λεχώνια του Παγασητικού Κόλπου, σε σχέση με φυσικοχημικές παραμέτρους του θαλασσινού νερού και τους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Ο σκοπός ήταν η εκτίμηση της κατάστασης του υδάτινου οικοσυστήματος της περιοχής αυτής για ένα χρόνο, συγκεκριμένα στο διάστημα από 04/04/2016 έως 08/04/2017. Με βάση τη μέση συγκέντρωση της χλωροφύλλης a ($0,5 \pm 0,34 \mu\text{g/l}$) η περιοχή κατατάσσεται ως χαμηλή μεσοτροφική. Η μεγαλύτερη τιμή της χλωροφύλλης a βρέθηκε $1,6 \mu\text{g/l}$ στις 28/01/2017, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι κατά τους χειμερινούς μήνες, λόγω της φόρτισης των οικοσυστημάτων με θρεπτικά από εισροές ποταμών και κατακρημνίσεων, παρατηρούνται οι μέγιστες τιμές χλωροφύλλης. Γενικά η χλωροφύλλη a είχε τις υψηλότερες συγκεντρώσεις από όλες τις φωτοσυνθετικές χρωστικές που μελετήθηκαν και αποτελεί σημαντικό οικολογικό δείκτη ρύπανσης ενός θαλάσσιου οικοσυστήματος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1. Θαλάσσια και Φωτοσύνθεση	1
1.2. Φωτοσυνθετικοί Οργανισμοί.....	4
1.3. Φυσικοχημικές και Μετεωρολογικές Παράμετροι.....	6
1.4. Σκοπός.....	9
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	10
2.1. Περιοχή δειγματοληψίας	10
2.2. Δειγματοληψίες.....	12
2.3. Διαδικασία διήθησης και αποθήκευσης των φίλτρων	12
2.4. Επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων.....	13
2.5. Στατιστική επεξεργασία.....	14
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	15
3.1. Διακύμανση φωτοσυνθετικών χρωστικών.....	15
3.2. Διακύμανση φυσικοχημικών παραμέτρων	17
3.3. Συσχετίσεις	18
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	21
4.1. Φωτοσυνθετικές χρωστικές	21
4.1.1. Χλωροφύλλη a	21
4.1.2. Χλωροφύλλη b	24
4.1.3. Χλωροφύλλη c	25
4.1.4. Καροτενοειδή	26
4.1.5. Φαιοφυτίνες.....	27
4.2. Περιβαλλοντικοί παράγοντες.....	28
4.2.1. Αγωγιμότητα	28
4.2.2. Θερμοκρασία νερού	28
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	30
5.1. Ξένη Βιβλιογραφία	30
5.2. Ελληνική Βιβλιογραφία.....	32
6. ABSTRACT	34

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Θάλασσα και Φωτοσύνθεση

Η θαλάσσια επιφάνεια, όπως σχεδόν όλα τα οικοσυστήματα της γήινης επιφάνειας, δέχεται την ηλιακή ενέργεια, ένα μέρος της οποίας δεσμεύεται με την διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Με την φωτοσύνθεση συντίθεται σχεδόν όλη η πρωτογενής παραγωγή, η οποία είναι η μετατροπή του διοξειδίου του άνθρακα σε οργανική ύλη από τους αυτότροφους οργανισμούς. Στα υδάτινα οικοσυστήματα η πρωτογενής παραγωγή συναντάται κυρίως στο επιφανειακό στρώμα, που φτάνει σε βάθος τα 200 μέτρα περίπου και αποτελεί την εύρωτη ζώνη. Το βάθος της εύρωτης ζώνης διαφοροποιείται ανάλογα με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και την θολότητα του νερού (Ράμφορ 2015). Σε αυτή την ζώνη δραστηριοποιούνται οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί, οι οποίοι διαθέτουν κάποιο τύπο χλωροφύλλης. Οι χλωροφύλλες και όλα τα άλλα συστατικά της φωτοσυλλεκτικής διαδικασίας βρίσκονται στο εσωτερικό του κυττάρου, στις εξειδικευμένες φωτοσυνθετικές μεμβράνες. Στους ευκαρυώτες η φωτοσύνθεση συνδέεται με τους χλωροπλάστες. Στους προκαρυώτες, που δεν διαθέτουν χλωροπλάστες, οι φωτοσυνθετικές χρωστικές βρίσκονται ενσωματωμένες σε συστήματα μεμβρανών. Οι πιο κοινές από τις φωτοσυνθετικές χρωστικές είναι οι χλωροφύλλες a, b, c, καθώς και τα καροτενοειδή (Φριλίγγος 2015).

Οι φωτοσυνθετικές χρωστικές απορροφούν την ηλιακή ενέργεια, η οποία μέσω μιας αλληλουχίας ενζυμικών αντιδράσεων μετατρέπεται σε χημική, με την μορφή τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP), η οποία είναι αξιοποιήσιμη από τα κύτταρα (Βαφείδης 2015, Φριλίγγος 2015). Κατόπιν, το ATP χρησιμοποιείται για την παραγωγή

γλυκόζης. Η γλυκόζη χρησιμοποιείται για την σύνθεση άλλων οργανικών ενώσεων απαραίτητων για την επιβίωση, πρωτίστως των πρωτογενών παραγωγών και στη συνέχεια όλου του τροφικού πλέγματος. Κατά την φωτοσύνθεση παράγεται και απελευθερώνεται οξυγόνο. Όλο το οξυγόνο της Γης, τόσο της ατμόσφαιρας όσο και των ωκεανών έχει παραχθεί από τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς, εκ των οποίων στα θαλάσσια περιβάλλοντα οι πιο σημαντικοί είναι τα βακτήρια και τα φύκη (Βαφείδης 2015).

Η φωτοσυνθετική ικανότητα των φωτότροφων οργανισμών εξαρτάται από την παρουσία φωτοευαίσθητων χρωστικών, των χλωροφυλλών (Φριλίγγος 2015). Οι φωτοσυνθετικές χρωστικές αποτελούν δείκτες ευτροφισμού και ρύπανσης (Βρυώνης 2013) στις παράκτιες περιοχές και στις εκβολές των ποταμών (Khan & Ansari 2005). Οι χλωροφύλλες είναι πορφυρίνες, όπου στο κέντρο του πορφυρινικού τους δακτυλίου υπάρχει ένα άτομο μαγνησίου. Επιπλέον, ο δακτύλιος αυτός περικλείει ειδικούς υποκαταστάτες, αλλά και μια υδρόφοβη πλευρική αλυσίδα αλκοόλης που επιτρέπει στις χλωροφύλλες να συνδέονται με λιπίδια και υδρόφοβες πρωτεΐνες των φωτοσυνθετικών μεμβρανών. Οι φασματικές ιδιότητες κάθε χρωστικής χαρακτηρίζονται από το φάσμα απορρόφησης, το οποίο υποδηλώνει τον βαθμό σχετικής απορρόφησης φωτός διαφορετικού μήκους κύματος. Υπάρχουν αρκετές χημικά διαφορετικές χλωροφύλλες που διακρίνονται με βάση τα διαφορετικά φάσματα απορρόφησής τους και την χημική τους δομή (Φριλίγγος 2015). Η παρακολούθηση των συγκεντρώσεων της χλωροφύλλης, η οποία αποτελεί δείκτη της βιομάζας φυτοπλαγκτού, είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την καταγραφή και την κατανόηση των ανθρωπογενών επιδράσεων στο θαλάσσιο οικοσύστημα (Colella et al. 2016).

Η κύρια χλωροφύλλη είναι η χλωροφύλλη a και βρίσκεται στα ανώτερα φυτά, στα περισσότερα φύκη και στα κυανοβακτήρια (Φριλίγγος 2015). Η συγκέντρωσή της στα υδάτινα οικοσυστήματα παρουσιάζει εποχικές και ημερήσιες διακυμάνσεις και μεταβάλλεται σε σχέση με το βάθος της υδάτινης στήλης (Βρυώνης 2013). Η χλωροφύλλη a έχει πράσινο χρώμα διότι απορροφά κυρίως στην ερυθρή και κυανή περιοχή του ορατού φωτός. Εμφανίζει μέγιστο απορρόφησης στα 680nm (Φριλίγγος 2015). Με βάση τις συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης a σε ένα υδάτινο οικοσύστημα, αυτό μπορεί να χαρακτηριστεί ως ολιγοτροφικό, μεσοτροφικό και ευτροφικό. Για την κατηγοριοποίηση των οικοσυστημάτων ως προς τον ευτροφισμό δίνεται ο Πίνακας 1 (Βρυώνης 2013).

Πίνακας 1: Κατηγοριοποίηση οικοσυστημάτων βάσει συγκεντρώσεων χλωροφύλλης a

Επίπεδα ευτροφισμού	Συγκέντρωση χλωροφύλλης a (μg/l)
Ολιγοτροφικό	<0,1
Χαμηλό μεσοτροφικό	0,1-0,6
Υψηλό μεσοτροφικό	0,6-2,21
Ευτροφικό	>2,21

Η χλωροφύλλη b εμφανίζει μέγιστο απορρόφησης στα 660nm (Φριλίγγος 2015). Ο σχηματισμός της επηρεάζεται από τις χαμηλές τιμές pH του υδάτινου περιβάλλοντος (Khan & Ansari 2005). Η χλωροφύλλη c διαφέρει από τις άλλες χλωροφύλλες ως προς την χημική της δομή (Γαλάτης 1998). Αν και για την διενέργεια της φωτοσύνθεσης είναι απολύτως αναγκαία η παρουσία χλωροφύλλης, στους φωτότροφους οργανισμούς, υπάρχουν επίσης διάφορες επικουρικές χρωστικές που συμμετέχουν στην δέσμευση και

στην επεξεργασία της ενέργειας του φωτός. Οι κυριότερες από αυτές είναι τα καροτενοειδή, που κυρίως διαδραματίζουν φωτοπροστατευτικό ρόλο στους χλωροπλάστες (Cunyy et al. 2001), περιορίζοντας τις τοξικές μορφές οξυγόνου και απορροφώντας μεγάλο μέρος του επιβλαβούς έντονου φωτός. Απορροφούν φως στην κυανή περιοχή του φάσματος. Οι φαιοφυτίνες είναι ενδιάμεσα προϊόντα οξυγονοπαραγωγικής φωτοσύνθεσης από τις οποίες λείπει το μαγνήσιο από το δακτύλιο της πορφυρίνης των χλωροφυλλών (Φριλίγγος 2015).

1.2. Φωτοσυνθετικοί Οργανισμοί

Οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί διακρίνονται σε δυο βασικές κατηγορίες, των βακτηρίων και των φυκών, οι οποίες περιγράφονται στην συνέχεια.

Τα βακτήρια βρίσκονται παντού στο θαλάσσιο περιβάλλον, σε όλες σχεδόν τις επιφάνειες και την στήλη του νερού. Ταξινομούνται στους προκαρυώτες. Κάποια είδη βακτηρίων όπως τα κυανοβακτήρια, περιέχουν μόνο χλωροφύλλη a και επικουρικές χρωστικές όπως φυκοκυανίνη, φυκοερυθρίνη και ζεαξανθίνη (Bianchi et al. 1996). Θεωρούνται ως οι πρώτοι οξυγονοπαραγωγικοί φωτοσυνθετικοί οργανισμοί στη Γη και πιστεύεται ότι μετέτρεψαν την γήινη ατμόσφαιρα από ανοξική σε οξυγονούχο (Γεωργακόπουλος 2015, Γκέλης 2015).

Τα φύκη αποτελούν μια πολυποίκιλη ομάδα υδρόβιων κυρίως φωτοσυνθετικών οργανισμών των θαλάσσιων και εσωτερικών υδάτων. Ανήκουν στους ευκαρυώτες. Η φωτοσύνθεση πραγματοποιείται στους χλωροπλάστες που είναι πράσινα, καφέ ή κόκκινα οργανίδια με στρώματα εσωτερικών μεμβρανών και περιέχουν τις φωτοσυνθετικές χρωστικές. Το χρώμα των φυκών εξαρτάται από το είδος και την

συγκέντρωση των χρωστικών αυτών. Χωρίζονται σε μονοκύτταρα φύκη και σε πολυκύτταρα ή μακροφύκη (Γκέλης 2015).

Οι κυριότερες ομάδες μονοκύτταρων φυκών είναι τα διάτομα, τα δινομαστιγωτά και τα κοκκολιθοφόρα, τα οποία περιγράφονται στην συνέχεια. Τα διάτομα περικλείονται από κυτταρικά τοιχώματα που αποτελούνται κυρίως από διοξείδιο του πυριτίου. Το χαρακτηριστικό τους χρώμα οφείλεται στην ύπαρξη δυο τύπων χλωροφύλλης (a και c) καθώς και σε κίτρινα και καφέ καροτενοειδή. Είναι περισσότερο διαδεδομένα στις εύκρατες και πολικές ανοιχτές θάλασσες. 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. Τα κοκκολιθοφόρα είναι σφαιρικά κύτταρα που φέρουν μαστίγιο και καλύπτονται από ασβεστολιθικές πλάκες, τους κοκκόλιθους. Το χρώμα τους οφείλεται στις χλωροφύλλες a και c και σε καροτενοειδή και επικρατούν σε τροπικές και υποτροπικές θάλασσες (Tomas 1997).

Τα μακροφύκη είναι ευκαριωτικά και πολυκύτταρα. Χαρακτηρίζονται από πολύ μεγάλη ποικιλομορφία. Αποτελούνται από τον θαλλό, που είναι εφοδιασμένος με ελάσματα που μοιάζουν με φύλλα και με αρπάγες που μοιάζουν με ρίζες. Πάνω στα ελάσματα βρίσκονται οι κύριες φωτοσυνθετικές περιοχές. Αναγνωρίζονται τρεις τύποι μακροφυκών, τα χλωροφύκη, τα φαιοφύκη και τα ροδοφύκη, τα οποία περιγράφονται στην συνέχεια. Τα χλωροφύκη απαντώνται συχνά σε θαλάσσια περιβάλλοντα. Το χρώμα τους οφείλεται κυρίως στις χλωροφύλλες a και b και στα καροτενοειδή (Bianchi

et al. 1996). Τα φαιοφύκη περιλαμβάνουν τα μεγαλύτερα και δομικώς πολυπλοκότερα μακροφύκη. Το χρώμα τους οφείλεται κυρίως στις χλωροφύλλες a και c και στα καροτενοειδή (φυκοξανθίνη κ.α.). Τα ροδοφύκη αποτελούν την μεγαλύτερη ομάδα μακροφυκών. Στην τυπική τους μορφή η χλωροφύλλη a καλύπτεται από κόκκινες χρωστικές, τις φυκοβιλίνες. Το χρώμα τους επίσης οφείλεται και στην ύπαρξη των καροτενοειδών (Γκέλης 2015).

1.3. Φυσικοχημικές και Μετεωρολογικές Παράμετροι

Η διαδικασία της φωτοσύνθεσης στα υδάτινα οικοσυστήματα εξαρτάται από τις φυσικοχημικές ιδιότητες του νερού καθώς και από τις μετεωρολογικές συνθήκες. Οι σημαντικότερες φυσικοχημικές ιδιότητες είναι το pH, η αγωγιμότητα και η θερμοκρασία του νερού. Η ενεργός οξύτητα (pH) αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για κάθε φυσική διεργασία και λειτουργία στα υδάτινα οικοσυστήματα. Αποτελεί σημαντικό δείκτη για την εκτίμηση της ποιότητας του νερού (Ψιλοβίκος 2014) και χρησιμοποιείται ως δείκτης ρύπανσης (Βρυώνης 2013). Στο θαλασσίνο νερό και κυρίως στην ανώτερη επιφανειακή ζώνη το pH είναι αλκαλικό και περίπου σταθερό με τιμή 8,3. Οι τιμές του εξαρτώνται από την θερμοκρασία της υδάτινης στήλης, την κυκλοφορία του νερού, την περιεκτικότητα σε οξυγόνο και από το βάθος της υδάτινης στήλης (Ψιλοβίκος 2014). Το pH επίσης εξαρτάται από την αλατότητα, από τις συγκεντρώσεις του διαλυμένου διοξειδίου του άνθρακα και διαφόρων αλάτων, καθώς και από την μεταβολική δραστηριότητα των υδρόβιων οργανισμών και διεργασιών αποσύνθεσης των συστατικών τους (Βρυώνης 2013). Όσο αυξάνεται το βάθος του νερού, λόγω της αύξησης της ποσότητας του διοξειδίου του άνθρακα που διαλύεται σε αυτό, μειώνονται οι τιμές του pH (Ψιλοβίκος 2014). Τα περισσότερα φυσικά ύδατα

παρουσιάζουν μεγάλη ρυθμιστική ικανότητα, δηλαδή αντιστέκονται στις μεγάλες μεταβολές του pH (Βρυώνης 2013). Οι αλλαγές στις τιμές του pH στο υδάτινο περιβάλλον σχετίζονται άμεσα με την διαθεσιμότητα και την απορρόφηση των θρεπτικών από τους οργανισμούς. Οι υψηλές τιμές pH προάγουν την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού και έχουν σαν αποτέλεσμα την άνθισή του (Khan & Ansari 2005).

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι η αριθμητική έκφραση της ικανότητας ενός υδατικού διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα (Βρυώνης 2013, Ψιλοβίκος 2014). Εξαρτάται από την ολική συγκέντρωση των ιονισμένων ουσιών, τις σχετικές συγκεντρώσεις τους, την κινητικότητα των ιόντων και την θερμοκρασία του νερού κατά την στιγμή της μέτρησης της αγωγιμότητας (Ψιλοβίκος 2014). Επίσης εξαρτάται και από το ηλεκτρικό φορτίο των ιόντων. Οι τιμές της αγωγιμότητας είναι ενδεικτικές για την ποιότητα των θαλάσσιων οικοσυστημάτων (Βρυώνης 2013).

Η θερμοκρασία του νερού διαμορφώνει την σύνθεση βιοκοινοτήτων και επιδρά στην συμπεριφορά των οργανισμών και στο μέγεθος των πληθυσμών τους. Επίσης, επιδρά στην διαλυτότητα του οξυγόνου και των υπολοίπων ουσιών που περιέχονται στο νερό (Khan & Ansari 2005, Ψιλοβίκος 2014).

Οι σημαντικότερες μετεωρολογικές παράμετροι που επηρεάζουν την πορεία της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας είναι η ηλιοφάνεια, η θερμοκρασία του αέρα, οι άνεμοι και οι κατακρημνίσεις. Η ηλιοφάνεια χαρακτηρίζεται ως το χρονικό διάστημα που η άμεση ηλιακή ακτινοβολία φτάνει μέχρι την επιφάνεια της Γης (Φλόκας 1992). Το ηλιακό φως αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην ανάπτυξη, την ποικιλότητα και την πυκνότητα της υδάτινης χλωρίδας. Το φως απορροφάται από το πλαγκτόν που

βρίσκεται στην επιφάνεια των υδάτινων οικοσυστημάτων μέχρι και σε βάθος λίγων μέτρων (Khan & Ansari 2005, Katara et al. 2008).

Η θερμοκρασία του αέρα αποτελεί το σημαντικότερο κλιματικό στοιχείο. Η μοναδική πηγή θερμότητας για την επιφάνεια της Γης είναι ο ήλιος. Συνεπώς η ηλιακή ακτινοβολία είναι εκείνη που ρυθμίζει άμεσα και έμμεσα την θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και ιδιαίτερα την θερμοκρασία των κατώτερων στρωμάτων της. Η θερμοκρασία της επιφάνειας των θαλασσών ρυθμίζει κυρίως την θερμοκρασία των αερίων μαζών που κινούνται πάνω από αυτές. Το θερμοκρασιακό εύρος των επιφανειακών στρωμάτων κυμαίνεται από -2°C ως 32°C περίπου. Η διακύμανση εξαρτάται περισσότερο από το γεωγραφικό πλάτος, καθώς και την εποχή και τα θαλάσσια ρεύματα. Στις εύκρατες περιοχές το μέγιστο της θερμοκρασίας σημειώνεται τον Σεπτέμβριο και το ελάχιστο τον Μάρτιο ή αργότερα (Φλόκας 1992).

Ο ατμοσφαιρικός αέρας που περιβάλλει την Γη βρίσκεται σε συνεχή κίνηση. Οι μετακινήσεις αυτές ονομάζονται άνεμοι. Κάθε άνεμος προσδιορίζεται από δύο χαρακτηριστικά στοιχεία, την ταχύτητα ή ένταση και την διεύθυνση (Φλόκας 1992).

Η βροχή είναι αποτέλεσμα συνένωσης πολλών υδροσταγονιδίων ή παγοκρυσταλλίων που δημιουργούνται μέσα στα νέφη, όπου με την επίδραση της βαρύτητας περνούν τα ατμοσφαιρικά στρώματα. Η βροχή δημιουργείται αν διατηρηθούν τα υδροσταγονίδια σε υγρή φάση και δεν εξατμιστούν κατά την κάθοδό τους προς την επιφάνεια της Γης (Φλόκας 1992).

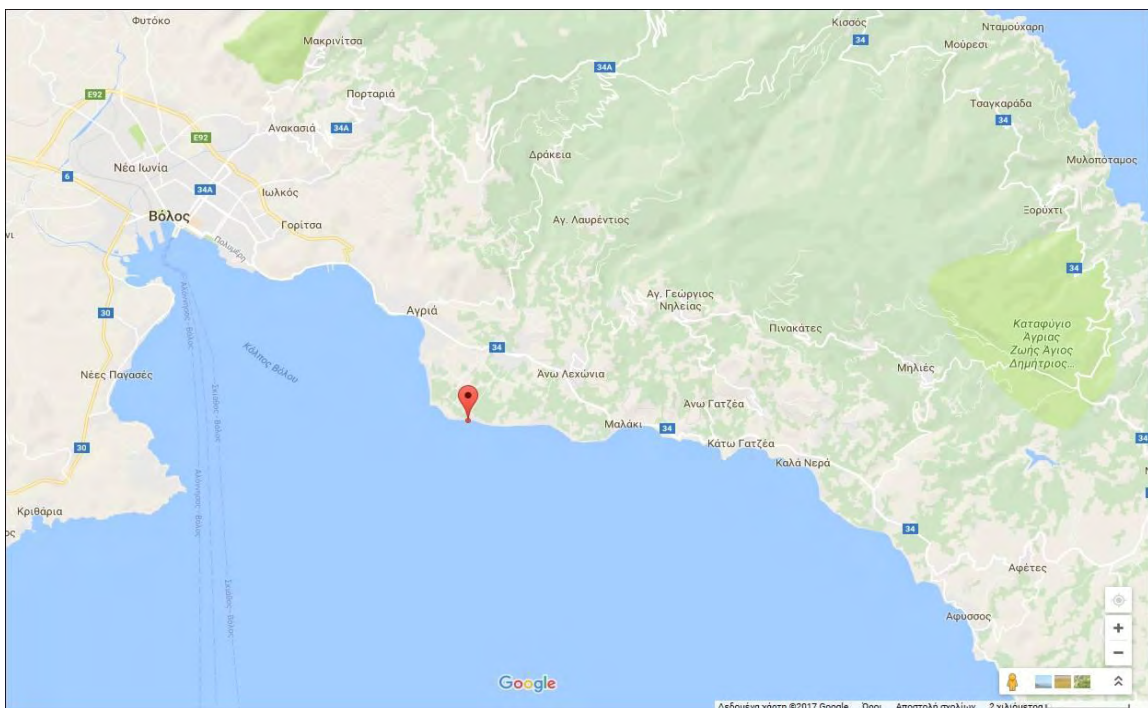
1.4. Σκοπός

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να εκτιμηθεί η μεταβολή των φωτοσυνθετικών χρωστικών σε διάστημα ενός έτους, σε συνδυασμό με φυσικοχημικές και μετεωρολογικές παραμέτρους, σε μια παράκτια περιοχή του Παγασητικού, τα Κάτω Λεχώνια, όπου δεν έχουν διεξαχθεί άλλες παρόμοιες μελέτες. Τα αποτελέσματα της μελέτης θα συγκριθούν με τα αποτελέσματα των μελετών που ολοκληρώνονται και διεξάγονται στις περιοχές του λιμανιού Βόλου και κοντά στον Βιολογικό Καθαρισμό. Επίσης θα συγκριθούν με τις μελέτες που διεξήχθησαν το 2015 στο λιμάνι του Βόλου καθώς και με άλλες σχετικές μελέτες της διεθνούς βιβλιογραφίας.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Περιοχή δειγματοληψίας

Η περιοχή δειγματοληψιών ήταν ο Άγιος Μηνάς (Γ. Μήκος $23^{\circ} 02' 55.09''$ Ε, Γ. Πλάτος $39^{\circ} 31' 60.13''$ Ν) Κάτω Λεχονίων στον Παγασητικό Κόλπο (Εικ. 1). Οι παράκτιες περιοχές λειτουργούν σαν φίλτρο ανάμεσα στην στεριά και στην θάλασσα (Arhonditsis et al. 2000) Ο Άγιος Μηνάς ως παράκτια περιοχή είναι εξαιρετικά ευαίσθητη σε αλλαγές στην είσοδο θρεπτικών από την στεριά, που οφείλονται είτε σε φυσικές πορείες διάβρωσης εδάφους είτε σε ανθρωπογενείς επιδράσεις, όπως είναι αγροτικές καλλιέργειες, κτηνοτροφικές μονάδες, τουριστικές εγκαταστάσεις, αστικοποίηση, υπεραλίευση (Πετυχάκης και συν. 2003, Colella et al. 2016). Για αυτούς τους λόγους οι παράκτιες περιοχές βρίσκονται σε μεγάλο κίνδυνο διατάραξης της ισορροπίας του περιβάλλοντος (Colella et al. 2016).



Εικόνα 1: Σημείο της δειγματοληψίας στον Παγασητικό Κόλπο (Χάρτης : Google Maps)

Ο Παγασητικός είναι ένας ημίκλειστος κόλπος και βρίσκεται δυτικά του Αιγαίου Πελάγους και βορείως της νήσου Εύβοιας. Περιβάλλεται ανατολικά - νοτιοανατολικά από το όρος Πήλιο και ενώνεται στα νότια με το Αιγαίο Πέλαγος και τον Ευβοϊκό κόλπο μέσω στενού διαύλου στο Τρίκερι πλάτους 5,5km και βάθους 80m (Korres et.al, 2002). Δυτικά του κόλπου εκτείνεται το όρος Όθρυς. Στον κόλπο εκβάλλουν μόνο μικροί ποταμοί και χείμαρροι. Ο Παγασητικός εμφανίζει μέσο βάθος 69m και μέγιστο 102m. Το μέγιστο βάθος παρατηρείται στον ανατολικό τμήμα του κόλπου. Επίσης, η επιφάνεια του είναι 520km² και ο μέσος όγκος του 36km³ περίπου (Petihakis et al. 2002, Kormas et al. 2014).

Οι επικρατούντες ασθενείς άνεμοι στην περιοχή έχουν σαν αποτέλεσμα την δημιουργία μικρών προς μεσαίων υδάτινων ρευμάτων, ενώ η ανανέωση των υδάτων πραγματοποιείται κυρίως μέσω του στρώματος των βαθέων υδάτων στο διάυλο του Τρικεριού (Korres et al. 2002). Κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών η υδάτινη μάζα του Παγασητικού αναμειγνύεται ελάχιστα, δημιουργώντας δύο θερμοκλινη τα οποία διατηρούνται και τον υπόλοιπο χρόνο. Εξαιρέση παρατηρείται κατά την διάρκεια του μήνα Αυγούστου με την δημιουργία τριών στρωμάτων ύδατος (Korres et al. 2002). 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 δρ ρυθμιστικά με μεσοτροφικά

χαρακτηριστικά επηρεασμένα από την oligοτροφική εξωτερική περιοχή (Korres et al. 2002, Kormas et al. 2014).

2.2. Δειγματοληψίες

Η συλλογή των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε από της 04/04/2016 έως 08/04/2017 (52 λήψεις). Μια φορά την εβδομάδα γινόταν λήψη θαλασσινού νερού (~2000ml) το οποίο αποθηκευόταν σε πλαστικό δοχείο πολυαιθυλενίου σκούρου χρώματος, για να εξασφαλιστεί η παύση διαδικασιών φωτοσύνθεσης στο δείγμα μέχρι την διήθησή του. Αμέσως μετά την λήψη, γινόταν μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού στο χώρο των δειγματοληψιών με θερμόμετρο στήλης, καθώς και παρατήρηση των καιρικών συνθηκών, αλλά και της κατάστασης που βρισκόταν η θάλασσα (κυματισμός, ύπαρξη στερεών απορριμμάτων, φυκών). Έπειτα, το δοχείο μεταφερόταν στο εργαστήριο μέσα σε διάστημα μίας ώρας για να πραγματοποιηθεί άμεσα η διήθηση.

2.3. Διαδικασία διήθησης και αποθήκευσης των φίλτρων

Με την άφιξη στο εργαστήριο πραγματοποιούνταν οι διάφορες μετρήσεις και κατόπιν η διήθηση του δείγματος. Αρχικά, γινόταν μέτρηση του pH με πεχαμετρικό χαρτί καθώς και μέτρηση της θερμοκρασίας και της αγωγιμότητας με ειδική συσκευή. Στην συνέχεια, πραγματοποιούνταν διήθηση όλου του δείγματος (περίπου δύο λίτρων) σε φίλτρα GF/F με άνοιγμα 0,7μm. Η συσκευή που χρησιμοποιούνταν για την διήθηση ήταν η αντλία κενού, στην οποία το κενό δεν έπρεπε να ξεπερνάει τα 100mmHg. Μετά το τέλος της διήθησης ξεπλενόταν η συσκευή με απιονισμένο νερό για την απομάκρυνση τυχόν εναπομεινάντων αλάτων. Έπειτα, το φίλτρο διπλωνόταν προσεκτικά στην μέση με την λαβίδα και τυλιγόταν με αλουμινόχαρτο, πάνω στο οποίο αναγραφόταν η ημερομηνία και τα λίτρα που διηθήθηκαν. Τέλος, τα δείγματα

αποθηκεύονταν στην κατάψυξη στους -20°C , για την διατήρηση των φυτοχρωστικών μέχρι το επόμενο στάδιο της επεξεργασίας τους.

2.4. Επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων

Αφού ολοκληρώθηκαν οι προγραμματισμένες δειγματοληψίες, ξεκίνησε η προετοιμασία των δειγμάτων για φωτομετρική ανάλυση. Αρχικά, τα φίλτρα τοποθετήθηκαν σε σωλήνα φυγοκέντρησης των 10ml στον οποίο προστέθηκαν 5ml ακετόνης 90% (v/v) και κατόπιν, με την βοήθεια γυάλινης ράβδου, έγινε η διάλυση του φίλτρου για να πραγματοποιηθεί η εκχύλιση των φυτοχρωστικών. Έπειτα, καλύφθηκε το στόμιο των σωλήνων με parafilm για να μην εξατμιστεί η ακετόνη. Στην συνέχεια, τοποθετήθηκαν οι σωλήνες φυγοκέντρησης στο ψυγείο για 24h στους 4°C . Την επόμενη ημέρα το εκχυλισμένο διάλυμα έμενε εκτός ψυγείου και αφού αποκτούσε θερμοκρασία δωματίου, φυγοκεντρούνταν στις 4000 στροφές/λεπτό για είκοσι λεπτά. Μετά την ολοκλήρωση της φυγοκέντρησης, απομακρύνονταν με ήρεμες κινήσεις οι σωλήνες, ώστε να μην υπάρξει επανάμιξη του υπερκείμενου υγρού με το φίλτρο που είχε καθιζάνει. Στην συνέχεια, με την χρήση πιπέτας Pasteur μεταφερόταν το υγρό στην κυψελίδα χαλαζία με ακμή 1cm για να ξεκινήσει η διαδικασία της φασματοφωτομέτρησης. Τα μήκη κύματος που μελετήθηκαν ήταν τα εξής: 750nm, 664nm, 647nm, 510nm, 480nm. Τα συγκεκριμένα μήκη κύματος χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της θολότητας, της χλωροφύλλης a, της χλωροφύλλης b, της χλωροφύλλης c και των καροτενοειδών αντίστοιχα. Έπειτα, προστίθονταν στο δείγμα δύο σταγόνες HCl 10% (v/v) και φωτομετρούνταν σε δύο μήκη κύματος (750nm και 664nm) για την μελέτη των φαιοφυτινών.

Στο τέλος της φωτομέτρησης και των πενήντα δύο (52) δειγμάτων υπολογίστηκαν οι συγκεντρώσεις των χρωστικών με τη χρήση προγράμματος υπολογιστικών φύλλων (Excel), σύμφωνα με τους τύπους που παρατίθενται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Εξισώσεις υπολογισμού φυτοχρωστικών

Χρωστική	Τύπος
Χλωροφύλλη-a	$\{[11,85*(E_{664})-1,54*(E_{647})-0,08*(E_{630})]*v\}/V*I$
Χλωροφύλλη-b	$\{[21,03*(E_{647})-5,43*(E_{664})-2,66*(E_{630})]*v\}/V*I$
Χλωροφύλλη-c	$\{[24,52*(E_{630})-1,67*(E_{664})-7,60*(E_{647})]*v\}/V*I$
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 750nm, $E_{664,647,630}$: απορρόφηση στα 664, 647, 630 μήκη κύματος E_{510} : απορρόφηση στα 510nm, E_{480} : απορρόφηση στα 480nm, $E_{664,HCl}$: 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 κυβελίδας που χρησιμοποιήθηκε (cm)

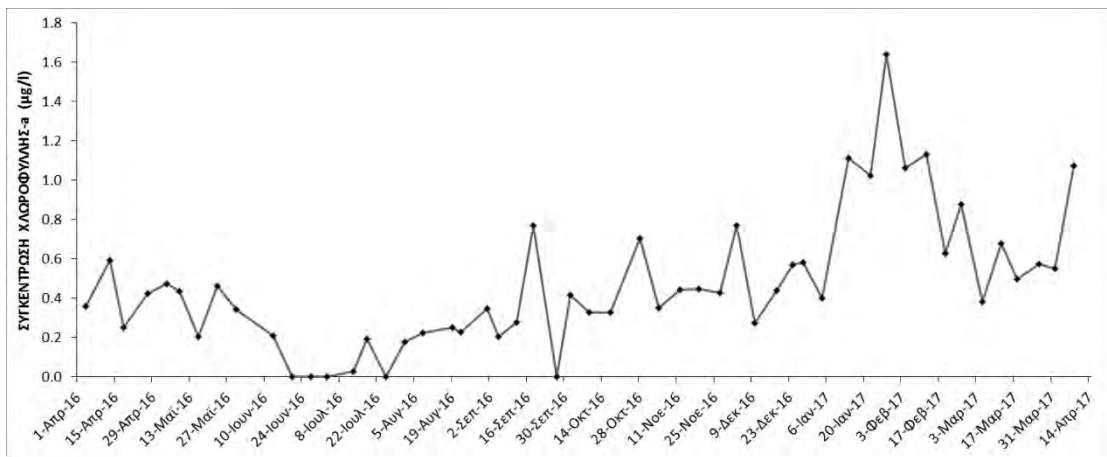
2.5. Στατιστική επεξεργασία

Για την στατιστική επεξεργασία των εξαχθέντων αποτελεσμάτων της εποχικής διακύμανσης των φωτοσυνθετικών χρωστικών κατασκευάστηκαν διαγράμματα διασποράς σε υπολογιστικά φύλλα Excel. Κατόπιν πραγματοποιήθηκαν οι συσχετίσεις των φωτοσυνθετικών χρωστικών με τους μετεωρολογικούς και φυσικοχημικούς παράγοντες για να αποδειχθεί η πιθανή στατιστικώς σημαντική συσχέτισή τους. Αυτή η διαδικασία πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια του προγράμματος Past 3. Τα μετεωρολογικά στοιχεία πάρθηκαν από το meteo.gr, εκτός από την ηλιοφάνεια, τα στοιχεία της οποίας πάρθηκαν από τον ιστότοπο timeanddate.com.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

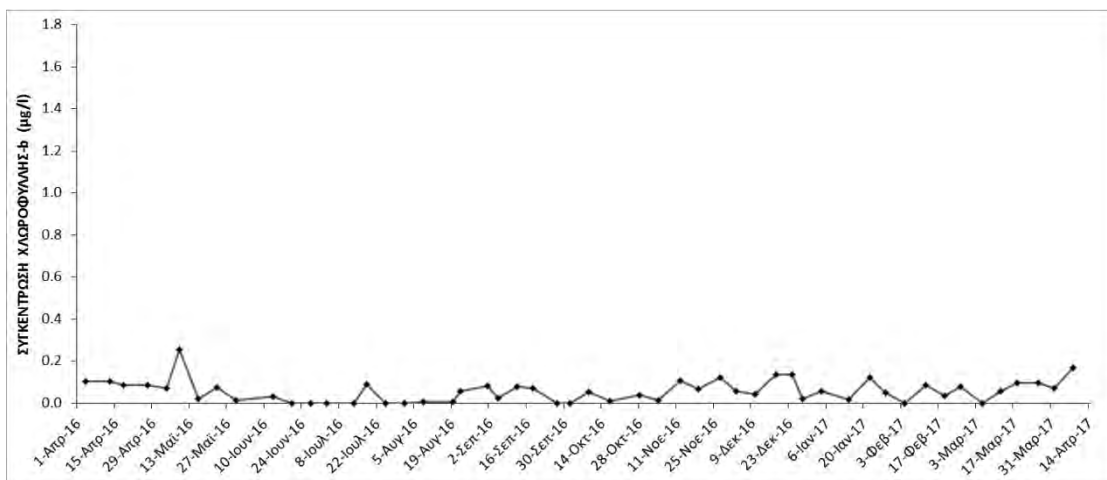
3.1. Διακύμανση φωτοσυνθετικών χρωστικών

Στο Σχήμα 1 απεικονίζεται η διακύμανση της χλωροφύλλης a σε κάθε μέρα των δειγματοληπιών. Ο μέσος όρος των τιμών ήταν $0,5 \pm 0,34 \mu\text{g/l}$.



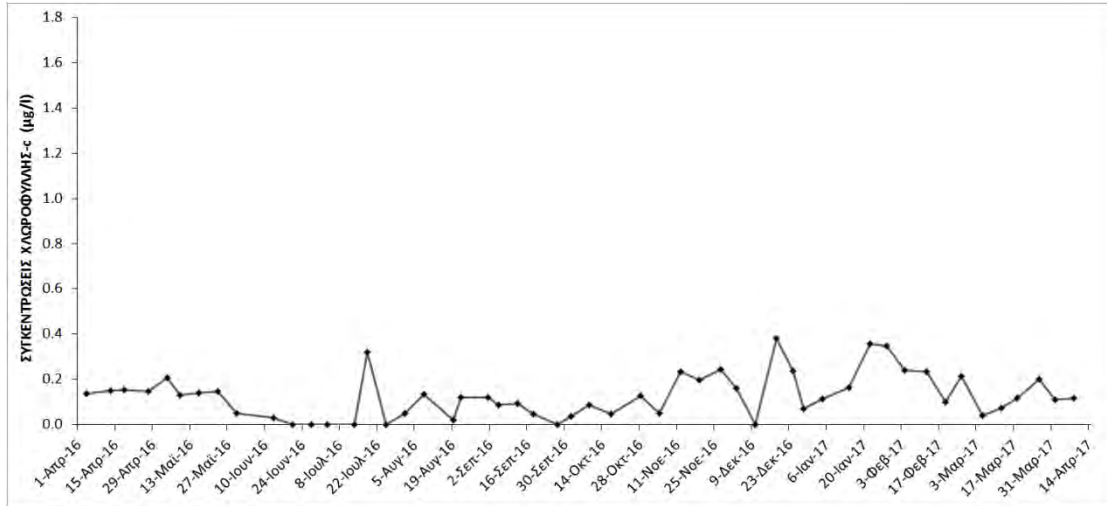
Σχήμα 1: Χρονική διακύμανση της χλωροφύλλης a στα Κ. Λεχώνια

Στο Σχήμα 2 απεικονίζεται η διακύμανση της χλωροφύλλης b σε κάθε μέρα των δειγματοληπιών. Ο μέσος όρος των τιμών ήταν $0,1 \pm 0,05 \mu\text{g/l}$.



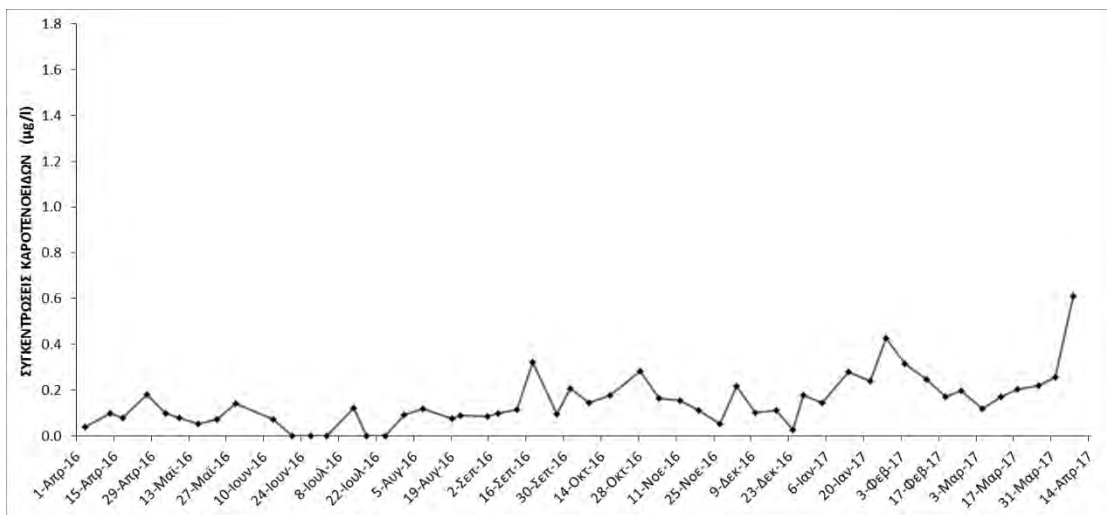
Σχήμα 2: Χρονική διακύμανση της χλωροφύλλης b στα Κ. Λεχώνια

Στο Σχήμα 3 απεικονίζεται η διακύμανση της χλωροφύλλης c σε κάθε μέρα των δειγματοληψιών. Ο μέσος όρος των τιμών ήταν $0,1 \pm 0,10 \mu\text{g/l}$.



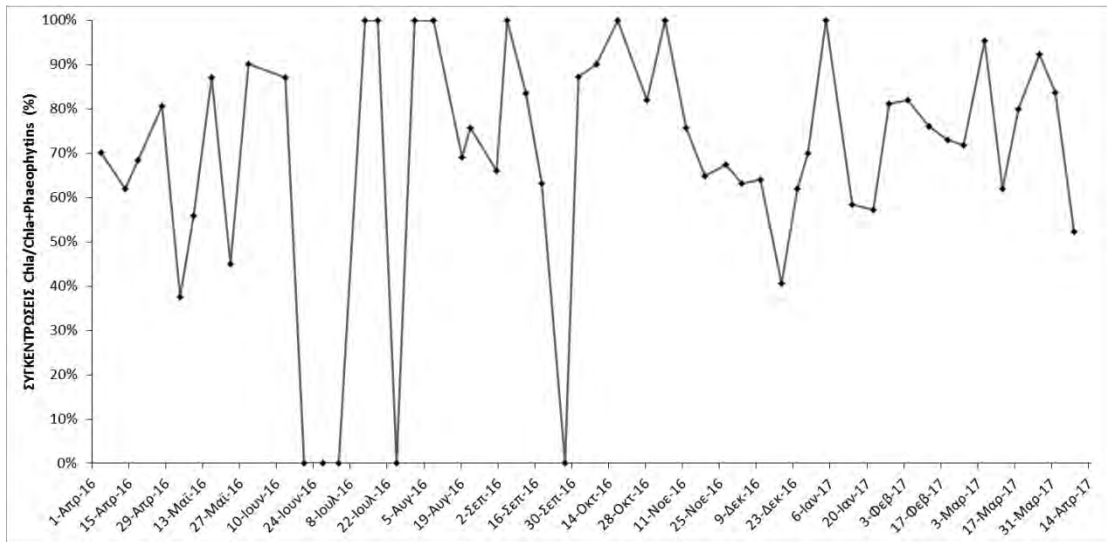
Σχήμα 3: Χρονική διακύμανση της χλωροφύλλης c στα Κ. Λεχώνια

Στο Σχήμα 4 απεικονίζεται η διακύμανση των καροτενοειδών σε κάθε μέρα των δειγματοληψιών. Ο μέσος όρος των τιμών ήταν $0,1 \pm 0,11 \mu\text{g/l}$.



Σχήμα 4: Χρονική διακύμανση των καροτενοειδών στα Κ. Λεχώνια

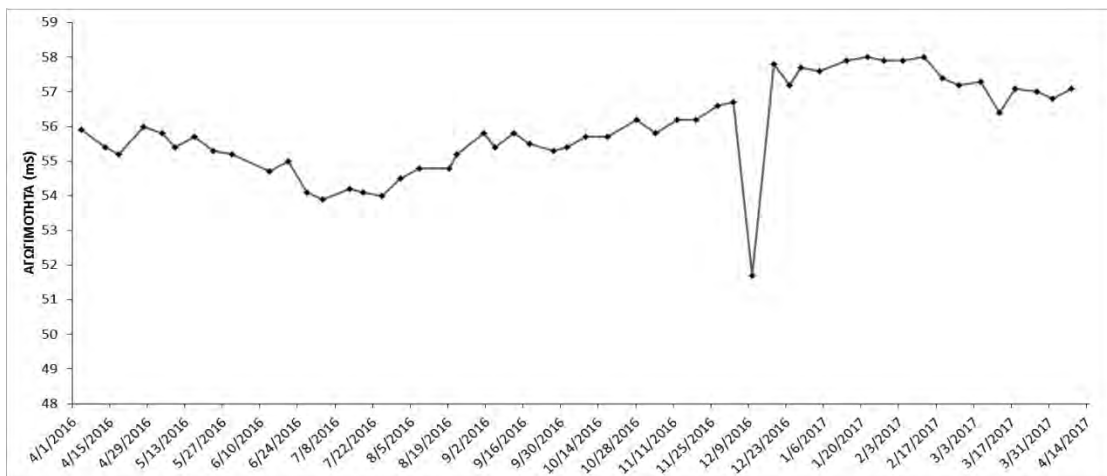
Στο Σχήμα 5 απεικονίζεται η διακύμανση του λόγου χλωροφύλλη-a / (χλωροφύλλη-a + φαιοφυτίνες) σε κάθε μέρα των δειγματοληψιών και παρατηρούνται οι ανθίσεις νέου φυτοπλαγκτού. Ο μέσος όρος των τιμών του λόγου ήταν $68,8 \pm 0,28\%$.



Σχήμα 5: Χρονική διακύμανση χλωροφύλλη-a/(χλωροφύλλη-a+φαιοφυτίνες) στα Κ. Λεχώνια

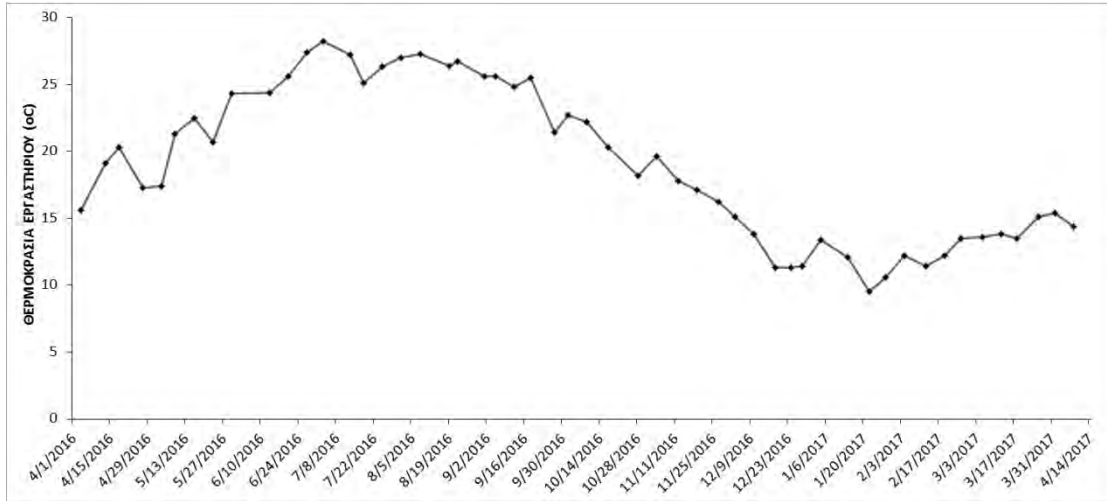
3.2. Διακύμανση φυσικοχημικών παραμέτρων

Στο Σχήμα 6 απεικονίζεται η διακύμανση της αγωγιμότητας σε κάθε μέρα των δειγματοληψιών. Ο μέσος όρος των τιμών ήταν $56 \pm 1,32 \text{mS}$



Σχήμα 6: Χρονική διακύμανση της αγωγιμότητας στα Κ. Λεχώνια

Στο Σχήμα 7 απεικονίζεται η διακύμανση της θερμοκρασίας του νερού στο εργαστήριο σε κάθε δειγματοληψία. Ο μέσος όρος των τιμών ήταν $19,1 \pm 5,74 \mu\text{g/l}$.



Σχήμα 7: Χρονική διακύμανση της θερμοκρασίας εργαστηρίου στα Κ. Λεχώνια

Το pH παρέμεινε σταθερό με τιμή 8 σε όλες τις μετρήσεις και δεν δημιουργήθηκε ιστόγραμμα.

3.3. Συσχετίσεις

Στον Πίνακα 3 καταγράφονται οι συσχετίσεις ανάμεσα στις φωτοσυνθετικές χρωστικές και στους φυσικοχημικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Η χλωροφύλλη a, η χλωροφύλλη c και τα καροτενοειδή φαίνεται να συσχετίστηκαν στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$) με την ηλιοφάνεια, την αγωγιμότητα και την θερμοκρασία του νερού. Η χλωροφύλλη b φαίνεται να συσχετίστηκε στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$) μόνο με την αγωγιμότητα και την θερμοκρασία του νερού. Φαίνεται ότι η ανάπτυξη της πρωτογενούς παραγωγής εξαρτάται άμεσα σε ένα υδάτινο οικοσύστημα από την ηλιοφάνεια, την αγωγιμότητα και την θερμοκρασία των υδάτων.

Πίνακας 3: Συσχετίσεις φυτοχρωστικών με φυσικοχημικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες (με κόκκινο χρώμα εμφανίζονται οι στατιστικώς σημαντικές συσχετίσεις)

	<i>p</i>	R ²
Χλωροφύλλη a		
Χλωροφύλλη a -Άνεμος	0,388	0,015
Χλωροφύλλη a -Ηλιοφάνεια	0,000	0,313
Χλωροφύλλη a -Βροχή	0,442	0,012
Χλωροφύλλη a -Αγωγιμότητα	0,000	0,536
Χλωροφύλλη a -Θερμοκρασία νερού	0,000	0,526
Χλωροφύλλη b		
Χλωροφύλλη b -Άνεμος	0,608	0,005
Χλωροφύλλη b -Ηλιοφάνεια	0,254	0,026
Χλωροφύλλη b -Βροχή	0,709	0,003
Χλωροφύλλη b -Αγωγιμότητα	0,029	0,091
Χλωροφύλλη b -Θερμοκρασία νερού	0,007	0,137
Χλωροφύλλη c		
Χλωροφύλλη c -Άνεμος	0,844	0,001
Χλωροφύλλη c -Ηλιοφάνεια	0,002	0,180
Χλωροφύλλη c -Βροχή	0,844	0,001
Χλωροφύλλη c -Αγωγιμότητα	0,000	0,341
Χλωροφύλλη c -Θερμοκρασία νερού	0,000	0,315
Καροτενοειδή		
Καροτενοειδή -Άνεμος	0,351	0,018
Καροτενοειδή -Ηλιοφάνεια	0,004	0,152
Καροτενοειδή -Βροχή	0,367	0,017
Καροτενοειδή -Αγωγιμότητα	0,000	0,306
Καροτενοειδή -Θερμοκρασία νερού	0,000	0,240

Στον Πίνακα 4 καταγράφονται οι συσχετίσεις ανάμεσα στις τέσσερις φυτοχρωστικές που μελετήθηκαν. Οι συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης a φαίνεται να συσχετίστηκαν στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$) με τις συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης b, χλωροφύλλης c και των καροτενοειδών. Επίσης, η χλωροφύλλη b φαίνεται να συσχετίστηκε στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$) και με την χλωροφύλλη c.

Πίνακας 4: Συσχετίσεις φυτοχρωστικών (με κόκκινο χρώμα εμφανίζονται οι στατιστικώς σημαντικές συσχετίσεις)

	<i>p</i>	R ²
Χλωροφύλλη a		
Χλωροφύλλη b	0,021	0,102
Χλωροφύλλη c	0,000	0,347
Καροτενοειδή	0,000	0,642
Χλωροφύλλη b		
Χλωροφύλλη c	0,000	0,311
Καροτενοειδή	0,234	0,028
Χλωροφύλλη c		
Καροτενοειδή	0,083	0,059

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1. Φωτοσυνθετικές χρωστικές

4.1.1. Χλωροφύλλη a

Οι συγκεντρώσεις των φωτοσυνθετικών χρωστικών και κυρίως της χλωροφύλλης a σε ένα θαλάσσιο οικοσύστημα αντιπροσωπεύουν άμεσους δείκτες της βιομάζας του φυτοπλαγκτού. Με τους δείκτες αυτούς γίνεται η παρακολούθηση των αλλαγών σε συνάρτηση με τον χρόνο και χώρο, καθώς αποτελούν δείκτες εύρυθμης λειτουργίας του υδάτινου οικοσυστήματος (Colella et al. 2016).

Από τις αναλύσεις των πειραματικών δεδομένων της παρούσας εργασίας προκύπτει ότι η μεγαλύτερη τιμή της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης a (Σχ. 1) βρέθηκε ότι ήταν 1,6μg/l στις 28/01/2017, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι κατά τους χειμερινούς μήνες, λόγω της φόρτισης των οικοσυστημάτων με θρεπτικά από εισροές ποταμών και κατακρημνίσεων, παρατηρούνται οι μέγιστες τιμές χλωροφύλλης a, ενώ βρέθηκαν μηδενικές συγκεντρώσεις στις 20/06/16, 27/06/2016, 03/07/2016, 25/07/2016 και στις 27/09/2016. Η μέση τιμή της βρέθηκε να είναι $0,5\pm 0,34\mu\text{g/l}$.

Στην παρούσα εργασία οι εποχικές μέσες τιμές της χλωροφύλλης a ήταν για την άνοιξη $0,5\pm 0,21\mu\text{g/l}$, όπου σύμφωνα με τον Πίνακα 1 χαρακτηρίστηκε το συγκεκριμένο υδάτινο οικοσύστημα σαν χαμηλό μεσοτροφικό. Την συγκεκριμένη εποχή στο Λιμάνι του Βόλου (Τζιώρα αδημοσίευτα δεδομένα) βρέθηκε η μέση τιμή της χλωροφύλλης a $0,7\pm 0,40\mu\text{g/l}$, άρα αυτό το υδάτινο οικοσύστημα χαρακτηρίζεται, σύμφωνα με τον Πίνακα 1 ως υψηλό μεσοτροφικό. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της χλωροφύλλης a κατά τους μήνες Απρίλιο και Μάιο του 1999 (Kormas et al. 2014) συμφωνούν με τα

αποτελέσματα που βρέθηκαν στο Λιμάνι του Βόλου (Τζιώγα αδημοσίευτα δεδομένα) και στα Κάτω Λεχώνια (παρούσα εργασία), κατά την ίδια εποχή, έτσι σύμφωνα με τον Πίνακα 1, το κεντρικό και το εξωτερικό τμήμα του Κόλπου του Βόλου χαρακτηρίστηκαν ως μεσο - ολιγοτροφικά. Το καλοκαίρι η μέση τιμή της χλωροφύλλης *a* στα Κάτω Λεχώνια ήταν $0,1 \pm 0,11 \mu\text{g/l}$ και το υδάτινο οικοσύστημα χαρακτηρίστηκε ως ολιγοτροφικό. Αντίθετα ο Θερμαϊκός Κόλπος χαρακτηρίζεται ως ευτροφικός κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, εξαιτίας των λυμάτων της πόλης της Θεσσαλονίκης (Karageorgis et al. 2004). Επιπλέον, το φθινόπωρο η μέση τιμή ήταν $0,4 \pm 0,20 \mu\text{g/l}$ και χαρακτηρίστηκε ως χαμηλό μεσοτροφικό, ενώ η μέση τιμή του χειμώνα ήταν $0,8 \pm 0,38 \mu\text{g/l}$ και χαρακτηρίστηκε ως υψηλό μεσοτροφικό. Σύμφωνα με την μελέτη για τον Θερμαϊκό Κόλπο (Tsiaras et al. 2014), κατά την διάρκεια του χειμώνα οι συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης *a* εμφανίζουν τις μέγιστες τιμές τους. Αυτό σχετίζεται με την είσοδο των θρεπτικών στοιχείων, αφενός λόγω της αύξησης της ροής των ποταμών και αφετέρου λόγω της κάθετης ανάμειξης των υδάτων. Να σημειωθεί ότι οι όποιες διακυμάνσεις της χλωροφύλλης *a* στην λεκάνη της Μεσογείου οφείλονται κατά περίπου 80% στην εποχικότητα (Colella et al. 2016), κάτι που διαπιστώθηκε και στη συγκεκριμένη μελέτη. Τον ετήσιο κύκλο της επιφανειακής χλωροφύλλης *a* με τις εποχικές διακυμάνσεις της αναφέρουν και οι Lavigne et al. (2015) καθώς και οι Lazzari et al. (2012).

Στη μελέτη των Καλαϊτζάκη και Μάρκου (αδημοσίευτα δεδομένα) που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή του Βιολογικού Καθαρισμού Βόλου από 05/04/2016 έως 29/06/2016, η μέση τιμή των συγκεντρώσεων της χλωροφύλλης *a* ήταν $0,6 \pm 0,26 \mu\text{g/l}$, ενώ στην παρούσα μελέτη και κατά το ίδιο χρονικό διάστημα η μέση τιμή

ήταν $0,3\pm 0,19\mu\text{g/l}$. Σύμφωνα με τις μέσες τιμές μετρήσεων και με βάση τον Πίνακα 1, τα συγκεκριμένα δύο θαλάσσια οικοσυστήματα κατατάσσονται ως χαμηλά μεσοτροφικά.

Στη μελέτη της Τζιώγα (αδημοσίευτα δεδομένα) που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή του Λιμανιού του Βόλου και για το διάστημα 06/04/2016 έως 28/06/2016 η μέση τιμή της χλωροφύλλης *a* ήταν $0,8\pm 0,44\mu\text{g/l}$, ενώ για το ίδιο χρονικό διάστημα η μέση τιμή της χλωροφύλλης *a* ήταν $0,3\pm 0,19\mu\text{g/l}$. Από την σύγκριση των δύο τιμών της χλωροφύλλης *a* προκύπτει ότι το θαλάσσιο οικοσύστημα στο λιμάνι του Βόλου χαρακτηρίστηκε ως υψηλό μεσοτροφικό, ενώ το αντίστοιχο στα Κάτω Λεχώνια ως χαμηλό μεσοτροφικό, σύμφωνα με τον Πίνακα 1.

Στις 13/10/2015 έως 11/11/2015 πραγματοποιήθηκαν ημερήσιες δειγματοληψίες στο Λιμάνι του Βόλου (Πάσχου 2016) και στο χώρο φύλαξης αλιευτικών σκαφών (Αγγελακόπουλος 2016) και βρέθηκαν οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές της χλωροφύλλης *a*. Οι μέγιστες τιμές για το Λιμάνι ήταν $3,22\mu\text{g/l}$ και για την περιοχή των αλιευτικών σκαφών ήταν $2,34\mu\text{g/l}$, ενώ ένα χρόνο μετά και κατά την ίδια χρονική περίοδο στα Κάτω Λεχώνια βρέθηκε μέγιστη τιμή της χλωροφύλλης *a* $0,71\mu\text{g/l}$. Οι ελάχιστες τιμές για το Λιμάνι ήταν $0,35\mu\text{g/l}$ και για την περιοχή των σκαφών ήταν $0,34\mu\text{g/l}$, ενώ στα Κάτω Λεχώνια βρέθηκε $0,33\mu\text{g/l}$. Βάσει του Πίνακα 1 προκύπτει ότι το θαλάσσιο οικοσύστημα που βρίσκεται κοντά στο αστικό κέντρο του Βόλου χαρακτηρίζεται ως ευτροφικό, ενώ το αντίστοιχο των Κάτω Λεχονίων οριακά ως υψηλό μεσοτροφικό.

Κατά την μελέτη εννέα κλειστών κόλπων στην Ελλάδα, μεταξύ αυτών και ο Παγασητικός εξετάστηκαν τα υδάτινα οικοσυστήματά τους τον Ιούλιο του 2014 από

τους Kolonoyiannis et al. (2015). Βρέθηκε με βάση τις τιμές την χλωροφύλλης a ότι ο Παγασητικός ανήκει στους χαμηλά μεσοτροφικούς κόλπους.

Αν και σε πολλές μελέτες αναφέρεται ότι το υδάτινο οικοσύστημα της ανατολικής Μεσογείου χαρακτηρίζεται ως oligοτροφικό ή χαμηλά μεσοτροφικό (Yacobi et al. 1995, Bianchi et al. 1996, Ignatiades 1998, Turley et al. 2000, Vidussi et al. 2001, Karydis & Kitsiou 2011, Lavigne et al. 2015, Colella et al. 2016) , εντούτοις πολλές παράκτιες περιοχές της Ελλάδας χαρακτηρίζονται ως υψηλά μεσοτροφικές ή ευτροφικές (Karageorgis et al. 2004, Ignatiades 2005, Nikolaidis et al. 2009, Siokou-Frangou et al. 2009, Karydis & Kitsiou 2011, Kormas et al. 2014, Meziti et al. 2015, Kolonoyiannis et al. 2015). Η συστηματική λήψη δειγμάτων νερού των παράκτιων περιοχών και προσδιορισμού των συγκεντρώσεων της χλωροφύλλης a θα μπορούσε να είναι ένα εύχρηστο εργαλείο παρατήρησης που προσφέρει καλύτερη κατανόηση της κατάστασης του φυσικού υδάτινου οικοσυστήματος, με σκοπό την πρόληψη ή την έγκαιρη αντιμετώπιση προβλημάτων (Ignatiades 1998, Colella et al. 2016).

4.1.2. Χλωροφύλλη b

Η μεγαλύτερη τιμή της χλωροφύλλης b (Σχ. 2) στην παρούσα μελέτη ήταν $0,255\mu\text{g/l}$ στις 09/05/2016, ενώ παρατηρήθηκαν μηδενικές συγκεντρώσεις κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, επίσης από 27/09/2016 έως 02/10/2016 καθώς και 04/02/2017 και 05/03/2017.

Στη μελέτη των Καλαϊτζάκη και Μάρκου (αδημοσίευτα δεδομένα) η μέση τιμή των συγκεντρώσεων της χλωροφύλλης b ήταν $0,1\pm 0,06\mu\text{g/l}$, στη μελέτη της Τζιώγα (αδημοσίευτα δεδομένα) η μέση τιμή της χλωροφύλλης b ήταν $0,1\pm 0,09\mu\text{g/l}$, ενώ στην παρούσα εργασία και κατά το ίδιο χρονικό διάστημα η μέση τιμή ήταν $0,1\pm 0,07\mu\text{g/l}$.

Παρατηρείται ότι δεν υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές στις μέσες τιμές της χλωροφύλλης b και στις τρεις μελέτες. Αυτό προκύπτει και από την συσχέτιση της χλωροφύλλης b με περιβαλλοντικές παραμέτρους, όπως άνεμος, ηλιοφάνεια, βροχή, θερμοκρασία νερού και αγωγιμότητα, όπου δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, διότι ο συντελεστής συσχέτισης ήταν μεγαλύτερος από το 0,05.

Στις εργασίες των Πάσχου (2016) και Αγγελακόπουλο (2016) βρέθηκαν οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές της χλωροφύλλης b. Οι μέγιστες τιμές για το Λιμάνι ήταν 0,60μg/l και για την περιοχή των αλιευτικών σκαφών ήταν 0,14μg/l, ενώ ένα χρόνο μετά και κατά την ίδια χρονική περίοδο στα Κάτω Λεχώνια βρέθηκε μέγιστη τιμή της χλωροφύλλης b 0,11μg/l. Οι ελάχιστες τιμές για το Λιμάνι ήταν 0,01μg/l και για την περιοχή των σκαφών ήταν 0μg/l, ενώ στα Κάτω Λεχώνια βρέθηκε 0,10μg/l.

4.1.3. Χλωροφύλλη c

Η μεγαλύτερη τιμή της χλωροφύλλης c (Σχ. 3) βρέθηκε 0,381 μg/l στις 18/12/2016, ενώ παρατηρήθηκαν μηδενικές συγκεντρώσεις κατά την διάρκεια του καλοκαιριού και στις 27/09/2016.

Στη μελέτη των Καλαϊτζάκη και Μάρκου (αδημοσίευτα δεδομένα) η μέση τιμή των συγκεντρώσεων της χλωροφύλλης c ήταν $0,1 \pm 0,10 \mu\text{g/l}$, στη μελέτη της Τζιώγα (αδημοσίευτα δεδομένα) η μέση τιμή της χλωροφύλλης c ήταν $0,1 \pm 0,15 \mu\text{g/l}$, ενώ στην παρούσα μελέτη και κατά το ίδιο χρονικό διάστημα η μέση τιμή ήταν $0,1 \pm 0,07 \mu\text{g/l}$. Από την συσχέτιση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης c με περιβαλλοντικές παραμέτρους, προκύπτουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$) μεταξύ της παρούσας μελέτης και της περιοχής κοντά στον Βιολογικό καθαρισμό. Η ηλιοφάνεια, η θερμοκρασία του νερού και η αγωγιμότητα επηρεάζουν τις τιμές της χλωροφύλλης c

στην περιοχή των Κάτω Λεχονίων, ενώ ο άνεμος και η ηλιοφάνεια επηρεάζουν τις τιμές στην περιοχή του Βιολογικού καθαρισμού.

Στις εργασίες των Πάσχου (2016) και Αγγελακόπουλο (2016) βρέθηκαν οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές της χλωροφύλλης *c*. Οι μέγιστες τιμές για το Λιμάνι ήταν 0,79μg/l και για την περιοχή των αλιευτικών σκαφών ήταν 0,21μg/l, ενώ ένα χρόνο μετά και κατά την ίδια χρονική περίοδο στα Κάτω Λεχώνια βρέθηκε μέγιστη τιμή της χλωροφύλλης *c* 0,23μg/l. Οι ελάχιστες τιμές για το Λιμάνι ήταν 0,03μg/l και για την περιοχή των σκαφών ήταν 0μg/l, ενώ στα Κάτω Λεχώνια βρέθηκε 0,05μg/l.

4.1.4. Καροτενοειδή

Η μεγαλύτερη τιμή των καροτενοειδών (Σχ. 4) βρέθηκε 0,612 μg/l στις 08/04/2016, ενώ παρατηρήθηκαν μηδενικές συγκεντρώσεις κατά την διάρκεια του καλοκαιριού.

Στη μελέτη των Καλαϊτζάκη και Μάρκου (αδημοσίευτα δεδομένα) η μέση τιμή των συγκεντρώσεων των καροτενοειδών ήταν $0,2 \pm 0,15 \mu\text{g/l}$, στη μελέτη της Τζιώγα (αδημοσίευτα δεδομένα) η μέση τιμή των συγκεντρώσεων των καροτενοειδών ήταν $0,3 \pm 0,23 \mu\text{g/l}$, ενώ στην παρούσα εργασία και κατά το ίδιο χρονικό διάστημα η μέση τιμή ήταν $0,1 \pm 0,05 \mu\text{g/l}$. Από την συσχέτιση της συγκέντρωσης των καροτενοειδών με περιβαλλοντικές παραμέτρους, προκύπτουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$) μεταξύ της περιοχής που εξετάστηκε στην παρούσα μελέτη και της περιοχής του Λιμανιού του Βόλου. Η αγωγιμότητα επηρεάζει τις τιμές της συγκέντρωσης των καροτενοειδών στην περιοχή των Κάτω Λεχονίων, ενώ η ηλιοφάνεια, η θερμοκρασία νερού και η αγωγιμότητα επηρεάζουν τις τιμές στην περιοχή του Λιμανιού.

Στις εργασίες των Πάσχου (2016) και Αγγελακόπουλο (2016) βρέθηκαν οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές των καροτενοειδών. Οι μέγιστες τιμές για το Λιμάνι ήταν 0,79μg/l και για την περιοχή των αλιευτικών σκαφών ήταν 0,21μg/l, ενώ ένα χρόνο μετά και κατά την ίδια χρονική περίοδο στα Κάτω Λεχώνια βρέθηκε μέγιστη τιμή της καροτενοειδών 0,23μg/l. Οι ελάχιστες τιμές για το Λιμάνι ήταν 0,03μg/l και για την περιοχή των σκαφών ήταν 0μg/l, ενώ στα Κάτω Λεχώνια βρέθηκε 0,05μg/l.

4.1.5. Φαιοφυτίνες

Στο Σχήμα 5 απεικονίζονται οι ανθίσεις νέου φυτοπλαγκτού που προέκυψαν από την συσχέτιση της χλωροφύλλης a με τις φαιοφυτίνες. Όσες τιμές είναι πάνω από το 50% του λόγου των συγκεντρώσεων χλωροφύλλης a / (χλωροφύλλης a + φαιοφυτίνες) αντιπροσωπεύουν την άνθιση του φυτοπλαγκτού. Από το σχήμα 5 προκύπτει ότι κατά τις περισσότερες μέρες των δειγματοληψιών παρατηρήθηκε άνθιση φυτοπλαγκτού.

Στην μελέτη των Καλαϊτζάκη και Μάρκου (αδημοσίευτα δεδομένα) περίπου τα μισά δείγματα (4 από τα 9) βρέθηκαν να είχαν το λόγο των συγκεντρώσεων πάνω από το 50%, ενώ στην παρούσα μελέτη για το ίδιο χρονικό διάστημα, τα περισσότερα δείγματα (7 από τα 12) είχαν λόγο συγκεντρώσεων πάνω από το 50%.

Στη μελέτη της Τζιώγα (αδημοσίευτα δεδομένα) ο λόγος των συγκεντρώσεων βρέθηκε ότι ήταν σε όλες πάνω από το 50%, σε αντίθεση με τα δεδομένα της παρούσας μελέτης κατά το ίδιο χρονικό διάστημα τα περισσότερα δείγματα (8 από τα 12) είχαν λόγο συγκεντρώσεων μεγαλύτερο από 50%.

4.2. Περιβαλλοντικοί παράγοντες

4.2.1. Αγωγιμότητα

Στο Σχήμα 6 παρατηρείται η διακύμανση της αγωγιμότητας του θαλασσινού νερού. Ο μέσος όρος των τιμών της αγωγιμότητας ήταν $56 \pm 1,32 \text{mS}$. Όλες οι τιμές κυμάνθηκαν από 58 έως $53,9 \text{mS}$, ενώ στις 10/12/2016 εμφανίστηκε η μικρότερη τιμή αγωγιμότητας η οποία ήταν $51,7 \text{mS}$.

Στη μελέτη των Καλαϊτζάκη και Μάρκου (αδημοσίευτα δεδομένα) η μέση τιμή της αγωγιμότητας ήταν $47,3 \pm 5,18 \text{mS}$ και στη μελέτη της Τζιώγα (αδημοσίευτα δεδομένα) ήταν $49,4 \pm 3,78 \text{mS}$, ενώ στην παρούσα εργασία και κατά το ίδιο χρονικό διάστημα η μέση τιμή ήταν $55,3 \pm 0,54 \text{mS}$.

Στην μελέτη του Αγγελακόπουλου (2016) η μέγιστη τιμή της αγωγιμότητας ήταν $53,1 \text{mS}$, ενώ ένα χρόνο μετά και κατά την ίδια χρονική περίοδο στα Κάτω Λεχώνια βρέθηκε μέγιστη τιμή της αγωγιμότητας $55,7 \text{mS}$. Η ελάχιστη τιμή ήταν $33,9 \text{mS}$, ενώ στα Κάτω Λεχώνια βρέθηκε $56,2 \text{mS}$.

4.2.2. Θερμοκρασία νερού

Στο Σχήμα 7 απεικονίζονται οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του θαλασσινού νερού που μετρήθηκε εργαστηρίου. Οι υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και οι χαμηλότερες κατά τους χειμερινούς. Η μέση τιμή ήταν $19,1 \pm 5,74^\circ\text{C}$. Κατά την διάρκεια του καλοκαιριού η θερμοκρασία του επιφανειακού στρώματος του νερού σημειώνει την μέγιστη τιμή της τον Αύγουστο και διατηρείται για περίπου δύο με τρεις μήνες, εξαρτώμενη βέβαια από τις εκάστοτε καιρικές συνθήκες (Petihakis et al. 2012).

Στη μελέτη των Καλαϊτζάκη και Μάρκου (αδημοσίευτα δεδομένα) η μέση τιμή της θερμοκρασίας ήταν $23,2 \pm 2,25^{\circ}\text{C}$ και στη μελέτη της Τζιώγα (αδημοσίευτα δεδομένα) ήταν $23,3 \pm 3,09^{\circ}\text{C}$, ενώ στην παρούσα εργασία και κατά το ίδιο χρονικό διάστημα η μέση τιμή ήταν $21,3 \pm 3,64^{\circ}\text{C}$.

Στην μελέτη του Αγγελακόπουλου (2016) η μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας ήταν 24°C , ενώ ένα χρόνο μετά και κατά την ίδια χρονική περίοδο στα Κάτω Λεχώνια βρέθηκε μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας $22,2^{\circ}\text{C}$. Η ελάχιστη τιμή ήταν $17,5^{\circ}\text{C}$, ενώ στα Κάτω Λεχώνια βρέθηκε $17,8^{\circ}\text{C}$.

Στην μελέτη των Petihakis et al. (2012) που διεξήχθη στον Παγασητικό Κόλπο η μικρότερη θερμοκρασία νερού ήταν $12,5^{\circ}\text{C}$ και σημειώθηκε κατά την διάρκεια Φεβρουαρίου - Μαρτίου 1999, ενώ η μέγιστη ήταν $27,4^{\circ}\text{C}$ και σημειώθηκε τον Ιούλιο του ίδιου έτους.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

5.1. Ξένη Βιβλιογραφία

- Arhonditsis G., Tsirtsis G, Angelidis M.O., Karydis M. (2000) Quantification of the effects of nonpoint nutrient sources to coastal marine eutrophication: applications to a semi-enclosed gulf in the Mediterranean Sea. *Ecological Modelling*, 129:209–227
- Bianchi Thomas, Demetropoulos Andreas, Hadjichristophorou Myroula, Argyrou Marina, Baskara M., Lambert Corey (1996) Plant Pigments as Biomarkers of Organic Matter Sources in Sediments and Coastal Waters of Cyprus (eastern Mediterranean). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 42, 103–115
- Colella Simone, Falcini Federico, Rinaldi Eleonora, Sammartino Michela, Santoleri Rosalia (2016) Mediterranean Ocean Colour Chlorophyll Trends. *PLOS ONE*, 1-16
- Cuny Philippe, Marty Jean-Claude, Chiavérini Jacques, Vescovali Isabelle, Raphel Danielle, Rontani Jean-François (2002) One-year seasonal survey of the chlorophyll photodegradation process in the northwestern Mediterranean Sea. *Deep-Sea Research*, 49: 1987–2005
- Ignatiades L. (1998) The productive and optical status of the oligotrophic waters of the Southern Aegean Sea (Cretan Sea), Eastern Mediterranean. *Journal of Plankton Research*, 20(5): 985-995
- Ignatiades Lydia (2005) Scaling the trophic status of the Aegean Sea, eastern Mediterranean. *Πρακτικά ICES Workshop on New Perspectives in Understanding and Predicting Eutrophication*, 54(1): 51-57
- Karageorgis A. P., Skourtos M. S., Kapsimalis V., Kontogianni A. D., Skoulikidis N. Th., Pagou K., Nikolaidis N. P., Drakopoulou P., Zanou B., Karamanos H., Levkov Z., Anagnostou Ch. (2005) An integrated approach to watershed management within the DPSIR framework: Axios River catchment and Thermaikos Gulf. *Regional Environmental Change*, 5(2):138–160
- Karydis Michael & Kitsiou Dimitra (2012) Eutrophication and environmental policy in the Mediterranean Sea: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184:4931–4984
- Katara Isidora, Illian Janine, Pierce J Graham, Scott Beth, Wang Jianjun (2008) Atmospheric forcing on chlorophyll concentration in the Mediterranean. *Hydrobiologia*, 612:33–48
- Khan a. Fareed & Ansari Abid Ali (2005) Eutrophication: An Ecological Vision. *The Botanical Review*, 71(4): 449-482
- Kolovoyiannis, V.N., Danielidis, D., Kormas, K., Spatharis, S., Smeti, E., Lamprinou, V., Tsirtsis, G. (2015) Summer snapshot of physical variables and chlorophyll-a in

nine gulfs of the Aegean Sea Πρακτικά 11ου Πανελληνίου Συμπόσιου Ωκεανογραφίας & Αλιείας, Μυτιλήνη, Λέσβος, Ελλάδα 521-524

- Kormas Ar. Konstantinos, Karayanni Hera, Christaki Urania, Giannakourou Antonia, Assimakopoulou Georgia, Gotsis-Skretas Olympia (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., Raitsos 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
- Lavigne H., D’Ortenzio F., Ribera D’Alcalà M., Claustre H., Sauzède R., Gacic M (2015) On the vertical distribution of the chlorophyll a concentration in the Mediterranean Sea: a basin-scale and seasonal approach. *Biogeosciences*, 12:5021–5039
- Lazzari P., Solidoro C., Ibello V., Salon S., Teruzzi A., Béranger K., Colella S., Crise A. (2012)
- Meziti Alexandra, Kormas A Konstantinos., Moustaka-Gouni Maria, Karayanni Hera (2015) Spatially uniform but temporally variable bacterioplankton in asemi-enclosed coastal area. *Systematic and Applied Microbiology*, 38:358-367
- Nikolaidis P. Nikolaos, Karageorgis P. Aristomenis, Kapsimalis Vasilios, Drakopoulou Paraskevi, Skoulikidis Nikolaos, Behrendt Horst, Levkov Zlatko (2009) Management of nutrient emissions of Axios River catchment: Their effect in the coastal zone of Thermaikos Gulf, Greece. *Ecological Modelling*, 220:383–396
- 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*, 22-26, September, Porto, Portugal
- Petihakis G., Triantafyllou G., Korres G., Pollani A., Theodorou A. (2012) Ecosystem modeling: Towards the development of a management tool for a marine coastal system Part I: General circulation, hydrological and dynamical structure. *Journal of Marine Systems*, 94: S34–S48
- Siokou-Frangou Ioanna, Krasakopoulou Evangelia, Asimakopoulou Georgia, Giannakourou Antonia, Kontoyiannis Harilaos, Pagou Kalliopi, Panayotidis Panayotis, Pavlidou Alexandra, Simboura Nomiki, Zenetos Argyro, Zeri Christina, Zervoudaki Sultana (2009) Impact of Athens metropolitan area sewage outfalls on the Saronikos Gulf ecosystem, Πρακτικά Impact of large coastal Mediterranean cities on marine ecosystems – Alexandria, Egypt
- Tomas C. R., (1997) Identifying marine phytoplankton. Academic press, Harcourt Brace and Company, Toronto. p. 858.

- Tsiaras K.P., Petihakis G., Kourafalou V.H., Triantafyllou G. (2014) Impact of the river nutrient load variability on the North Aegean ecosystem functioning over the last decades. *Journal of Sea Research*, 86:97–109
- Turley C.M., Bianchi M., Christaki U., Conan P., Harris J.R.W., Psarra S., Ruddy G., Stutt E.D., Tselepides A., Van Wambeke F. (2000) Relationship between primary producers and bacteria in an oligotrophic sea-the Mediterranean and biogeochemical implications. *Marine Ecology Progress Series*, 193:11-18
- Vidussi Francesca, Claustre Hervé, Manca B. Beniamino, Luchetta Anna, Marty Jean-Claude (2001) Phytoplankton pigment distribution in relation to upper thermocline circulation in the eastern Mediterranean Sea during winter. *Journal Of Geophysical Research*, 106:19.939-19.956
- Yacobi, Y.Z. Zohary T., Kress N., Hecht A., Robarts R.D., Waiser M., Wood A.M., Li W.K.W. (1995) Chlorophyll distribution throughout the southeastern Mediterranean in relation to the physical structure of the water mass. *Journal of Marine Systems*, 6:179-190

5.2. Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αγγελακόπουλος Ραφαήλ (2016) Ημερήσια διακύμανση φυτοχρωστικών στο λιμάνι αλιευτικών σκαφών του Βόλου. Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σελ. 53
- Βαφείδης Δημήτριος (2015) Βασικές αρχές της Βιολογίας. Σε Castro P., Huber M.E., Θαλάσσια Βιολογία. Utopia, Αθήνα, σελ 82-95
- Βρυώνης Παναγιώτης (2013) Μελέτη των πεδίων ανάμειξης γλυκού και αλμυρού νερού με βάση εποχιακές μεταβολές φυσικοχημικών παραμέτρων. Διατριβή Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης, Πανεπιστήμιο Πατρών, σελ. 322
- Γαλάτης Β., Αποστολάκος Π., Κατσαρός Χ. (1998) Εισαγωγή στη Βοτανική. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα, σελ 49
- Γεωργακόπουλος Δημήτριος (2014) Προκαρυωτική Ποικιλότητα: Βακτήρια. Σε: Medigan T.M., Martinko J.M., Parker J Brock Βιολογία των Μικροοργανισμών Τόμος Ι. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, σελ. 486-491
- Γκέλης Σπυρίδων (2015) Μακροφύκη και θαλάσσια φυτά. Σε Castro P., Huber M.E., Θαλάσσια Βιολογία. Utopia, Αθήνα, σελ130-144
- Πάσχου Μαρία (2016) Ημερήσια διακύμανση φυτοχρωστικών στο λιμάνι του Βόλου. Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σελ. 31
- Πετυχάκης Γ., Τριανταφύλλου Γ., Κολιού Α., Θεοδώρου Α. (2003) Μελέτη της δυναμικής του οικοσυστήματος του Παρασητικού κόλπου. Πρακτικά 7ου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, σελ. 61

- Ράμφορ Αλέξιος (2015) Η ζωή στην επιφάνεια. Σε: Castro P., Huber M.E., Θαλάσσια Βιολογία. Utopia, Αθήνα, σελ 432-436
- Ράμφορ Αλέξιος (2015) Χημικά και φυσικά χαρακτηριστικά του θαλασσινού νερού και του Παγκοσμίου Ωκεανού. Σε: Castro P., Huber M.E., Θαλάσσια Βιολογία. Utopia, Αθήνα, σελ 51-61.
- Φλόκας Α. (1992) Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, σελ.108-119, 170-171, 244-246
- Φριλίγγος Στάθης (2015) Μεταβολική Ποικιλότητα Σε: Medigan T.M., Martinko J.M., Parker J Brock Βιολογία των Μικροοργανισμών Τόμος II. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, σελ. 633-640
- Χριστιάς Χρήστος (2014) Βιολογία του ευκαριωτικού κυττάρου και ευκαριωτικοί οργανισμοί. Σε: Medigan T.M., Martinko J.M., Parker J Brock Βιολογία των Μικροοργανισμών Τόμος I. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, σελ. 565-571
- Ψιλοβίκος Άρης (2014) Οικοϋδραυλική, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, σελ. 318-326

6. ABSTRACT

Temporal variation of phytoplankton pigments in Kato Lehonia, Magnisia, Greece

In the present study, the weekly variation of main photosynthetic pigments in the coastal area of Kato Lehonia in Pagasitikos Bay was determined, in respect to the physicochemical parameters of seawater and environmental conditions. The objective was to assess the state of the marine ecosystem in this particular area, during the course of one year, in particular from April 04, 2016 to April 08, 2017. In terms of the mean concentration of chlorophyll a ($0.5 \pm 0.34 \mu\text{g/l}$), the area can be categorized among the low mesotrophic ones. The highest concentration of chlorophyll a was found to be $1.6\mu\text{g/l}$ on January 28, 2017, which confirms that during winter the ecosystems are loaded with nutrients from streams and precipitation influxes, leading to the maximum chlorophyll values. In general, chlorophyll a possessed the highest concentration of all photosynthetic pigments studied. In general, chlorophyll a constitutes a significant ecological index of pollution by eutrophication for marine ecosystems.