

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ

ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Προσδιορισμός της μεταβολής των φυτοχρωστικών και του οργανικού
περιεχομένου στο σύστημα εισροής-εκροής στον ταμειυτήρα της
Κάρλας»

ΑΡΚΟΜΑΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2016

«Προσδιορισμός της μεταβολής των φυτοχρωστικών και του οργανικού
περιεχομένου στο σύστημα εισροής-εκροής στον ταμιευτήρα της
Κάρλας»

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

- 1) **Κωνσταντίνος Κορμάς** Καθηγητής Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

- 2) **Ελένη Μεντέ**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Άρης Ψιλοβίκος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Προαιρετική αφέρωση

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στο να φέρω σε πέρας την παρούσα Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, κ. Κορμά Κωνσταντίνο για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος, όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση και κατανόηση καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου, καθώς και τους συμφοιτητές μου για τον καιρό που περάσαμε μαζί.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι αποξηράνσεις υγροτόπων στην Ελλάδα, έλαβαν χώρα κυρίως στο βόρειο τμήμα της χώρας στις αρχές της δεκαετίας του 1920. Μία από τις λίμνες που αποξηράνθηκε είναι και η λίμνη Κάρλα το 1962. Η αποκατάσταση της, όμως, θεωρήθηκε επιτακτική λόγω των προβλημάτων που δημιουργήθηκαν στα υπάρχοντα αποθέματα νερού από την κατασπατάληση τόσο του επιφανειακού όσο και του υπόγειου νερού. Ο ταμιευτήρας της Κάρλα υπολογίζεται περίπου στα 38.000 στρέμματα, με το μέγιστο μήκος τα 25 km και μέγιστο πλάτος τα 46 km. Το μέγιστο εκτιμώμενο βάθος της υπολογίζεται στα 6 m. Οι εισροές του ταμιευτήρα της Κάρλας είναι η επιφανειακή απορροή του υδροκρίτη, η εκτροπή των πλημμυρικών ροών του ποταμού Πηνειού, και οι απευθείας ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις στην επιφάνεια του ταμιευτήρα.

Η διατήρηση της ζωής πάνω στη γη στηρίζεται στην ηλιακή ενέργεια. Ο βασικός μηχανισμός που παράγει την ενέργεια, η οποία είναι αναγκαία για κάθε μορφή λειτουργίας των φυτών, είναι η χλωροφύλλη. Οι χλωροφύλλες αποτελούν τις βασικές φυτικές χρωστικές, οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο στην διαδικασία της φωτοσύνθεσης και άρα είναι σημαντικές για το υδάτινο οικοσύστημα. Ο προσδιορισμός τους μας δίνει πληροφορίες για τον φυτοπλαγκτικό πληθυσμό ενός οικοσυστήματος και η αναλογία των χρωστικών εξαρτάται από το είδος του φυτοπλαγκτού στην περιοχή μέτρησης.

Στην παρούσα εργασία προσδιορίστηκε η μεταβολής των φυτοχρωστικών (χλωροφύλλη -a,-b,-c,καροτενοειδή, φαιοφυτίνων) καθώς και η συγκέντρωση του οργανικού περιεχομένου στο σύστημα εισροής-εκροής στον ταμιευτήρα της Κάρλας. Η προετοιμασία των δειγμάτων στο εργαστήριο για την καταγραφή της χλωροφύλλης και

του οργανικού περιεχομένου έγινε σύμφωνα με τη φασματοφωτομετρική μέθοδο των Strickland & Parsons (1968).

Η συγκεντρώσεις και των τριών χλωροφυλλών (-a,-b,-c) παρουσίασαν αυξομειώσεις ανάλογα με τον μήνα δειγματοληψίας. Για την χλωροφύλλη -a οι τιμές κυμάνθηκαν από 0,7 $\mu\text{g/L}$ έως 17,8 $\mu\text{g/L}$, για την χλωροφύλλη -b από 0 $\mu\text{g/L}$ έως και 14,6 $\mu\text{g/L}$ και για την χλωροφύλλη -c από 0,6 $\mu\text{g/L}$ έως 17,2 $\mu\text{g/L}$. Η συγκέντρωση των καροτενοειδών στο δείγμα κυμαινόταν από 0,6 $\mu\text{g/L}$ έως και 29 $\mu\text{g/L}$ (δειγματοληψία 03/06/14) και για τις φαιοφυτίνες από 0 $\mu\text{g/L}$ έως 30,7 $\mu\text{g/L}$. Περαιτέρω, το ποσοστό οργανικού περιεχομένου στο δείγμα κυμαινόταν από 3% έως και 38,7%. Τέλος, οι τιμές του αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού στο δείγμα κυμάνθηκαν από 0,015 mg/L έως 0,234 mg/L . Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα αποτελέσματα μπορούμε να πούμε με βεβαιότητα πως ο ταμιευτήρας της Κάρλας παρουσιάζει ευτροφικό χαρακτήρα λόγω της αυξημένης ποσότητας χλωροφύλλης –a καθώς και αυξημένη θολερότητα.

Λέξεις κλειδιά: Χλωροφύλλη, φυτοχρωστικών, οργανικό περιεχόμενο, ταμιευτήρας Κάρλας

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	10
1.2 Βιβλιογραφικά στοιχεία.....	13
1.2.1 Περιοχή μελέτης.....	13
1.2.2 Υδρολογικά στοιχεία περιοχής.....	16
1.2.3 Κλιματολογικά στοιχεία της περιοχής.....	16
1.3 Χλωροφύλλη.....	17
1.3.1 Φωτοσυνθετικές χρωστικές.....	17
1.4 Οργανικό περιεχόμενο.....	21
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	23
2.1 Δειγματοληψία.....	23
2.2. Προετοιμασία δειγμάτων.....	24
2.3 Προσδιορισμός φυτοχρωστικών.....	25
2.3.1 Υπολογισμοί.....	26
2.4 Οργανικό περιεχόμενο.....	28
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ–ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	29
3.1 Παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	29

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	47
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	50
5.1 Διεθνής βιβλιογραφία.....	50
5.2 Ελληνική Βιβλιογραφία.....	53
5.3 Ηλεκτρονική βιβλιογραφία.....	55
6. ABSTRACT.....	56

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ένα βασικό χαρακτηριστικό της Γης είναι η αφθονία νερού, που εκτείνεται στο 71% της γήινης επιφάνειας μέχρις ενός μέσου βάθους 3800m. Περισσότερο από το 99% αυτής της αχανούς υδρόσφαιρας αποτίθεται στις ωκεάνιες κοιλότητες (Πίν. 1). Οι σχετικώς μικρές ποσότητες νερού που περιέχονται σε λίμνες γλυκών υδάτων και σε ποταμούς παραπλανούν ως προς τη θεμελιώδη σπουδαιότητα τους στη διατήρηση και επιβίωση της χερσαίας ζωής (Wetzel 2001).

Πίνακας 1.1: Τα ύδατα στη Βιόσφαιρα (Vallentyne 1972)

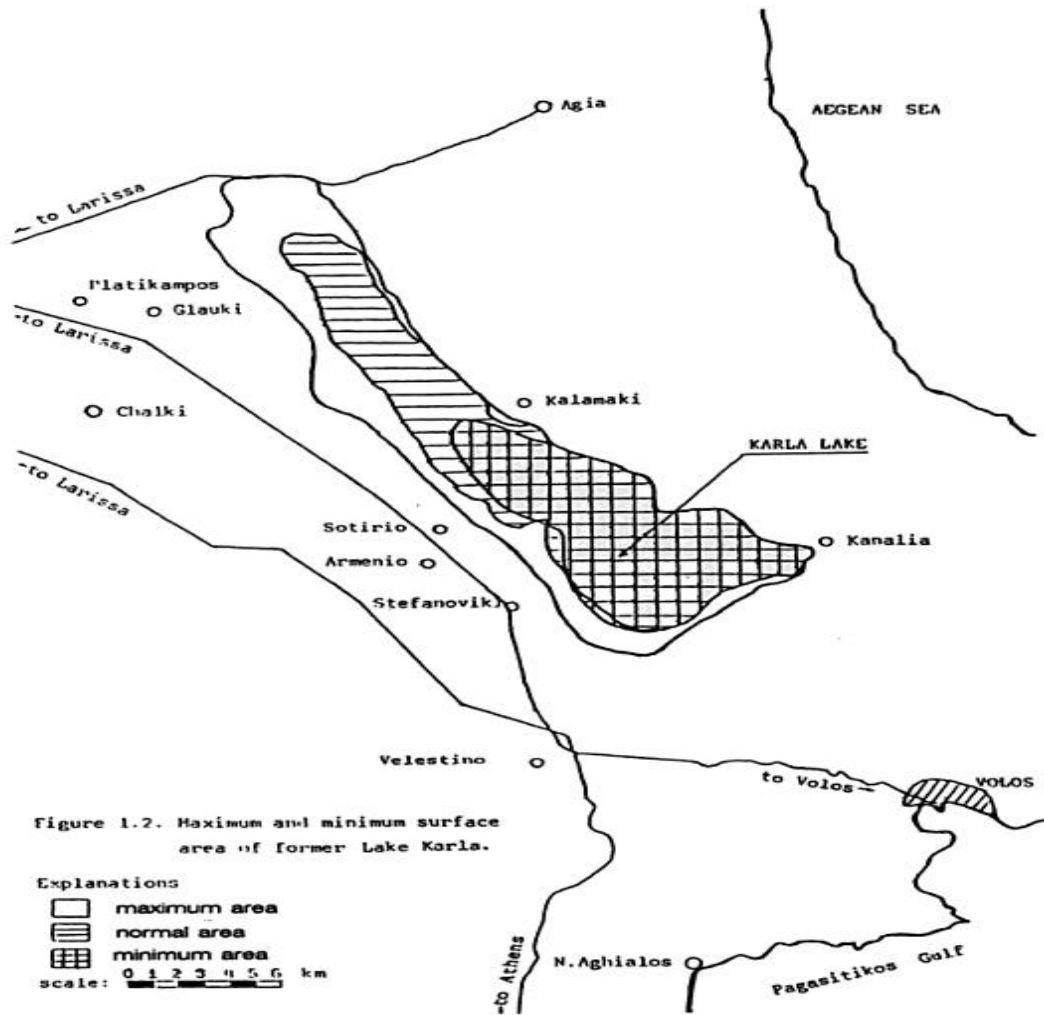
	Όγκος (χιλιάδες km ³)	Ποσοστό % του συνόλου
Ωκεανοί	1370000	97.61
Πολικός πάγος, παγετώνες	29000	2,08
Υπόγεια ύδατα	4067	0,295
Λίμνες γλυκών υδάτων	126	0,009
Αλμυρές λίμνες	104	0,008
Εδαφική και υπεδαφική υγρασία	67	0,005
Ποταμοί	1.2	0,00009
Ατμοσφαιρικοί υδρατμοί	14	0,0009

Τις τελευταίες δεκαετίες τόσο η παγκόσμια κοινότητα όσο και διεθνείς περιβαλλοντικοί οργανισμοί και οργανώσεις δίνουν μεγάλη έμφαση στην προστασία, αποκατάσταση και επανασύσταση υγροτόπων που καταστράφηκαν από ανθρώπινες

δραστηριότητες και επιλογές. Η αποκατάστασή τους κρίνεται επιτακτική λόγω των ποικίλων λειτουργιών που επιτελούν και των σημαντικών κοινωνικοοικονομικών και περιβαλλοντικών αξιών, καθώς και των προβλημάτων που δημιουργήθηκαν από τις αποξηράνσεις αλλά και της δριμείας υποβάθμισης της ποιότητας του νερού από ρυπογόνα υλικά (Χατζηαποστόλου 2009).

Οι αποξηράνσεις υδροτόπων στην Ελλάδα, με εκτεταμένα αποστραγγιστικά έργα, έλαβαν χώρα κυρίως στο βόρειο τμήμα της χώρας στις αρχές της δεκαετίας του 1920. Οι κυριότεροι λόγοι για την αποξήρανση ήταν η καλλιέργεια των εκτάσεων, η αποφυγή πλημμυρικών φαινομένων, η εξάπλωση νοσημάτων, οι κοινωνικοοικονομικές συνθήκες της εποχής με την αλλαγή του ιδιοκτησιακού καθεστώτος, η κατάργηση των μεγαλοϊδιοκτησιών, καθώς και η διανομή της γης στους αγρότες (Εξαρχόπουλος 1999).

Μία από τις λίμνες που αποξηράνθηκε είναι και η λίμνη Κάρλα. Αποξηράνθηκε το 1962, επειδή την εποχή εκείνη προκαλούσε πλημμύρες στις πέριξ γεωργικές καλλιέργειες, ενώ ορισμένες βαλτώδεις εκτάσεις γύρω της προκαλούσαν την έντονη παρουσία εντόμων με κίνδυνο ελονοσίας.



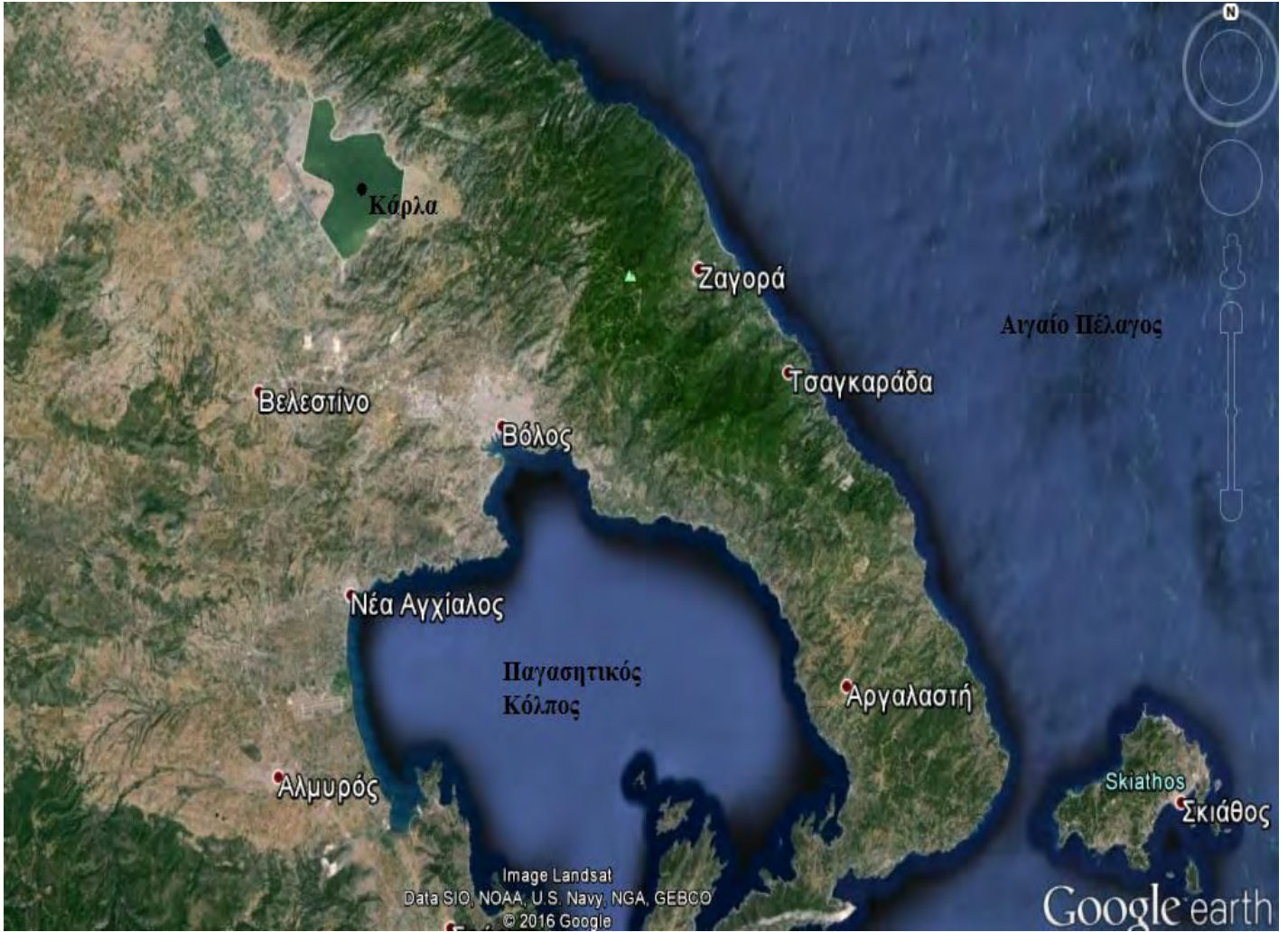
Εικόνα 1.1: Μέγεθος έκτασης της λίμνης Κάρλας πριν την αποξήρανση (Ananiadis, 1956).

Σήμερα για την επανασύσταση της εφαρμόζεται επαναπλημμυρισμός της περιοχής με τη δημιουργία πολλών μικρών ταμιευτήρων. Η αποκατάσταση της είναι επιτακτική λόγω των προβλημάτων που δημιουργήθηκαν στα υπάρχοντα αποθέματα νερού από την κατασπατάληση τόσο του επιφανειακού όσο και του υπόγειου νερού, καθώς και από την εκτεταμένη ρύπανση των υδάτων από τη χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων στην περιοχή (Koutseris 1989, Zalidis et al. 2005).

1.2 Βιβλιογραφικά στοιχεία

1.2.1 Περιοχή μελέτης

Η αρχική λίμνη είχε μέγεθος 180- 195 χιλιάδες στρέμματα και το βάθος της έφτανε τα 4-6 μ. Ο νέος ταμιευτήρας της Κάρλας είναι κατασκευασμένη στο χαμηλότερο τμήμα της παλιάς λίμνης Κάρλας κοντά στο χωριό Κανάλια. Η λεκάνη της βρίσκεται στο νότιο ανατολικό άκρο της πεδιάδας της Λάρισας και παρουσιάζει μορφή κλειστής επιμήκους λεκάνης με την έκταση της να υπολογίζεται περίπου στα 38.000 στρέμματα, το μέγιστο μήκος στα 25 km και το μέγιστο πλάτος στα 46 km. Το μέγιστο εκτιμώμενο βάθος της υπολογίζεται στα 6 m. Η λεκάνη έχει όρια, στο βορρά τον ποταμό Πηνειό και τον ορεινό όγκο της Όσσας, στην ανατολή τους ορεινούς όγκους του Μαυροβούνιου και του Πηλίου, στο νότο το Χαλκοδόνιο όρος και το Μεγαβούνι και στη δύση το Φυλλήιον όρος. Στο μέσο της λεκάνη αυτής βρίσκεται στο βαθύτερο τμήμα της Θεσσαλικής πεδιάδας, τα χαμηλότερα της οποίας μέχρι το 1961, καλυπτόταν από τα νερά της λίμνης, που αποτελούσε πριν από την εκτέλεση των έργων αποξήρανσης και τον κύριο αποδεκτή της.



Εικόνα 1.2: Τοποθεσία ταμιευτήρα της Κάρλας

Οι εισροές του ταμιευτήρα της Κάρλας είναι η επιφανειακή απορροή του υδροκρίτη, η εκτροπή των πλημμυρικών ροών του ποταμού Πηνειού, και οι απευθείας ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις στην επιφάνεια του ταμιευτήρα. Ο όγκος του νερού που προέρχεται από την εκτροπή των πλημμυρικών ροών του ποταμού Πηνειού έχει βρεθεί να είναι η σημαντικότερη εισροή στον ταμιευτήρα της Κάρλας και είναι κρίσιμη για τη λειτουργία του ταμιευτήρα κατά τη διάρκεια των ξηρών περιόδων (Μαργαρίτη 2012).

Ακόμη, ένας μεγάλος όγκος νερού προέρχεται από τις επιφανειακές απορροές μέσω των τριών συλλεκτήρων και δύο αντλιοστασίων.



Εικόνα 1.2: Οι συλλεκτήρες και οι υπολεκάνες στον ταμιευτήρα της Κάρλα

Τέλος, σημαντικός όγκο νερού προέρχεται από τα ρέματα της περιοχής που εκβάλλουν απευθείας στον ταμιευτήρα.

Σήμερα στην μείζονα περιοχή Κάρλα αντλούνται από τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα περί τα $40,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ το χρόνο, $37 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ για άρδευση και $3,80 \text{ εκατ. m}^3$ για ύδρευση (της πόλης του Βόλου και των οικισμών Βελεστίνου, Αγίου Γεωργίου, Ριζομύλου και Στεφανοβικείου γύρω από τον ταμιευτήρα) (Μαργαρίτη 2012).

1.2.2 Υδρολογικά στοιχεία περιοχής

Σύμφωνα με τον Ν.3199/2003 η ευρύτερη περιοχή μελέτης ανήκει στο 8 υδατικό διαμέρισμα της Ελλάδας με έκταση 13.370 km² (ypeka.gr)

Η λεκάνη απορροής του ταμιευτήρα της Κάρλας έχει συνολική έκταση 1.050 km² και αποτελείται από τις λεκάνες απορροής των υψηλών περιοχών (συλλεκτήρες Σ₃, Σ₄, Σ₆), από τη λεκάνη απορροής 47 km² των περιοχών που απορρέουν απευθείας στον ταμιευτήρα καθώς και από τις λεκάνες απορροής των χαμηλών περιοχών έκτασης 276 km² (ΥΠΕΧΩΔΕ 2005).

1.2.3 Κλιματολογικά στοιχεία της περιοχής

Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως Μεσογειακό ηπειρωτικού τύπου με θερμά και ξηρά καλοκαίρια και ψυχρούς και υγρούς χειμώνες. Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται από 1 ως 17⁰C με το ετήσιο θερμομετρικό εύρος ξεπερνά τους 22⁰C. Οι πιο θερμοί μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος και οι πιο ψυχροί ο Ιανουάριος, ο Φεβρουάριος και ο Δεκέμβριος. Οι παγετοί είναι συχνοί και εμφανίζονται κατά την περίοδο Νοεμβρίου - Απριλίου. Το ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στο διαμέρισμα είναι σχετικά μεγάλο στα δυτικά στη συνέχεια μειώνεται στο πεδινό τμήμα και αυξάνεται πάλι στο ορεινό ανατολικό τμήμα. Η μέση ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση εκτιμάται σε 678 mm και είναι σπάνιες κατά την περίοδο του Ιουνίου- Αυγούστου (hnms.gr, ypeka.gr).

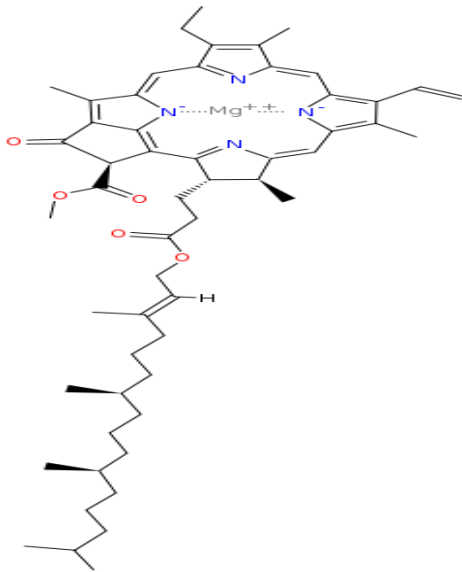
1.3 Χλωροφύλλη

Η διατήρηση της ζωής πάνω στη γη στηρίζεται στην ηλιακή ενέργεια. Τα φυτά έχουν τη μοναδική ικανότητα να μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε χημική. Ο βασικός μηχανισμός που παράγει την ενέργεια, η οποία είναι αναγκαία για κάθε μορφή λειτουργίας των φυτών, είναι η χλωροφύλλη. Η χλωροφύλλη δεσμεύει την ηλιακή ενέργεια που εισέρχεται στο οικοσύστημα ως ηλιακό φως, και συνθέτει οργανική ύλη από το νερό και το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Όλοι οι οργανισμοί που συγκροτούν τη βιοκοινωνία του οικοσυστήματος χρησιμοποιούν την χλωροφύλλης έμμεσα ή άμεσα για την αύξηση, το πολλαπλασιασμό, τη συντήρηση και τις άλλες λειτουργίες τους.

Οι χλωροφύλλες αποτελούν τις βασικές φυτικές χρωστικές, οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο στην διαδικασία της φωτοσύνθεσης και άρα είναι σημαντικές για το υδάτινο οικοσύστημα. Ο προσδιορισμός τους μας δίνει πληροφορίες για τον φυτοπλαγκτικό πληθυσμό ενός οικοσυστήματος και η αναλογία των χρωστικών εξαρτάται από το είδος του φυτοπλαγκτού στην περιοχή μέτρησης.

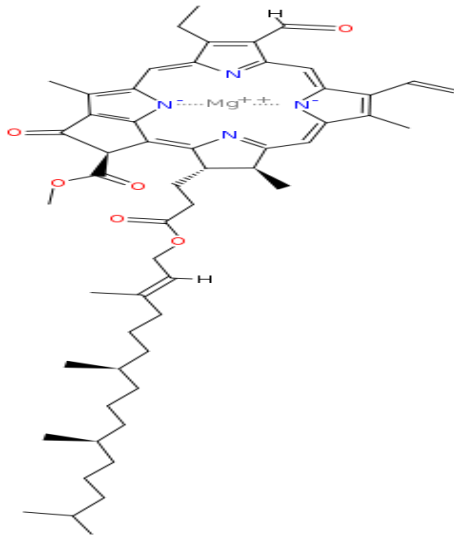
1.3.1 Φωτοσυνθετικές χρωστικές

Χλωροφύλλη-a: Αποτελεί την κύρια φωτοσυνθετική χρωστική όλων των φωτοσυνθετικών οργανισμών που παράγουν οξυγόνο και είναι παρούσα σε όλα τα φύκη, τα κυανοβακτήρια καθώς και σε άλλους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς. Οι δύο φασματικές ζώνες απορρόφησης *in vitro* που παρουσιάζει η χλωροφύλλη-a, βρίσκονται στην περιοχή του ερυθρού φωτός (660-665nm) και σε μικρότερα μήκη κύματος (430nm) (Wetzel 2001).



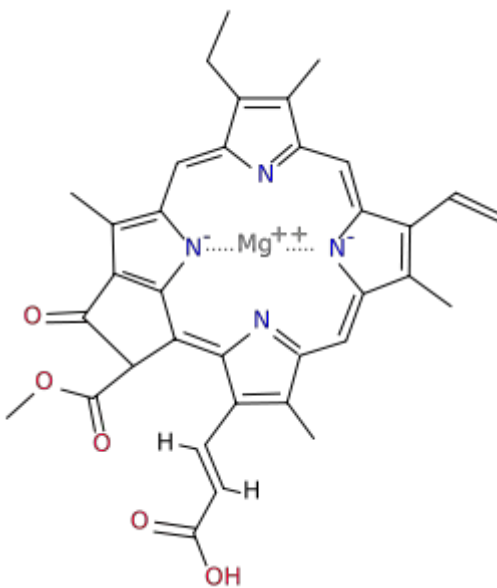
Εικόνα 1.3: Χημική σύσταση χλωροφύλλης -a (David Richfield 2007)

Χλωροφύλλη-b: Υπάρχει μόνο στα χλωροφύκη, τα ευγληνοειδή φύκη και σε ορισμένες μικρότερες ομάδες φυκών. Η χλωροφύλλη-b είναι μία φωτοσυλλεκτική χρωστική που μεταφέρει την απορροφημένη φωτεινή ενέργεια προς τη χλωροφύλλη -a για τις κύριες φωτοχημικές αντιδράσεις. Οι μέγιστες φασματικές ζώνες απορρόφησης κυμαίνονται από 645 έως 435 nm (Wetzel 2001).



Εικόνα 1.4: Χημική σύσταση χλωροφύλλης -b (David Richfield 2007)

Χλωροφύλλη-*c*: Είναι μία επικουρική χρωστική στο φωτοσύστημα, αποτελούμενη από τρία φασματικώς διακριτά συστατικά. Οι ζώνες απορρόφησης βρίσκονται στα 630-635nm, ενώ στην κυανή περιοχή του φάσματος στα 583-586 nm και 444-452 nm (Wetzel 2001).



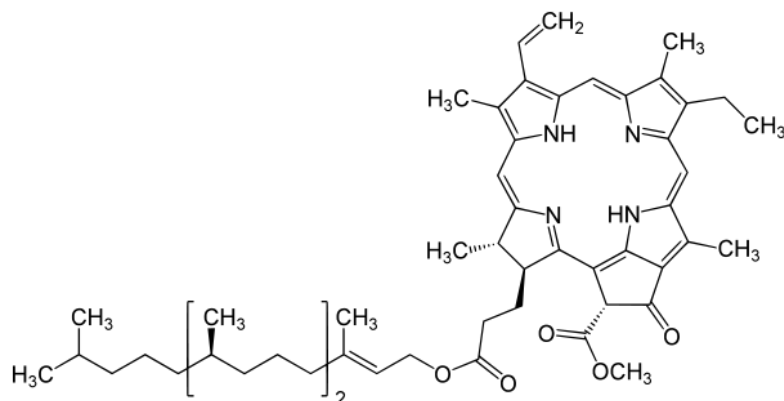
Εικόνα 1.5: Χημική σύσταση χλωροφύλλης -c (David Richfield 2007)

Καροτενοειδή: Είναι υδρόφοβες, λιποδιαλυτές, βοηθητικές, φωτοσυνθετικές χρωστικές, που απαντώνται σε όλους τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς. Είναι επίσης οι κύριες χρωστικές των χρωμοπλαστών. Απορροφούν ακτινοβολία στην περιοχή του κυανού (400-500nm) και δεν απορροφούν καθόλου στο ερυθρό, γι αυτό άλλωστε εμφανίζουν χρώματα όπως το κίτρινο, πορτοκαλί, κόκκινο ανάλογα με τη μοριακή δομή. Διακρίνονται σε καροτένια (α και β, λυκοπένιο) τα οποία είναι καθαρά τερπενοειδή και τις ξανθοφύλλες (βιολαξανθίνη, ζεαξανθίνη, νεοξανθίνη, κ.α.) οι οποίες είναι υδροξυλιωμένες-εποξειδωμένες μορφές τερπενοειδών (Σανιδάς 2010).

Φαιοφυτίνες: Είναι ένα φυσικό προϊόν αποικοδόμησης της χλωροφύλλης όπου το μόριο του μαγνησίου χάνεται από τον δακτύλιο πορφυρίνης. Εάν το μόριο χλωροφύλλης χάσει την αλυσίδα πορφυρίνης του (μέσω της δράσης του ενζύμου χλωροφυλλάση) προκύπτει μία νέα χημική ένωση. Η περαιτέρω απώλεια μορίων μαγνησίου από τον δακτύλιο πορφυρίνης αυτής της ένωσης έχει ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό καινούριας χημικής ένωσης που έχει τις ίδιες φασματικές ιδιότητες όπως η φαιοφυτίνη (Brown, 1968).

Η συγκέντρωση τους προσδιορίζεται είτε με όξυνση του εκχυλίσματος, μετατρέποντας έτσι την χλωροφύλλη σε φαιοφυτίνη και παρατηρώντας τις αλλαγές στη φασματική περιοχή των 665 nm (Lorenzen, 1967), είτε με την αναλογία της σε σχέση με το σύνολο των χρωστικών ουσιών, όπως υποδεικνύεται από το λόγο της απορρόφησης στα 430 nm προς την απορρόφηση στα 410 nm (Moss, 1967). Ωστόσο και οι δύο μέθοδοι εξαρτώνται από τη φύση του διαλύτη εκχύλισης, τη φύση των χρωστικών ουσιών και το ποσό του χρόνου επαφής του οξέος που χρησιμοποιείται για την όξυνση των χλωροφυλλών (Holm-Hansen & Riemann, 1978).

Τέλος, όσο μεγαλύτερη είναι η παρουσία τους τόσο περισσότερο παρεμποδίζεται ο προσδιορισμός της χλωροφύλλης -a (Χατζής 1995).



Εικόνα 1.6 Χημική σύσταση φαιοφυτίνης (David Richfield 2007)

1.4 Οργανικό περιεχόμενο

Οργανικός άνθρακας, ο οποίος περιέχει τόσο βιοτικούς όσο και αβιοτικούς παράγοντες, είναι η θεμελιώδης ροή ενέργειας που ρέει στο υδάτινο οικοσυστήμα (Wetzel 2001). Προέρχεται από εξωτερικές πηγές δίπλα ή κοντά στην παράκτια ζώνη όπως η βλάστηση και το υπέδαφος και από εσωτερικές πηγές, όπως τα φύκη και τα υδρόβια μακρόφυτα.

Ο διαλυμένος οργανικός άνθρακας είναι η κύρια μορφή του άνθρακα που μεταφέρεται σε λίμνες από την παράκτια ζώνη τους και αποτελείται από τα οργανικά μόρια που περνούν μέσα από ένα φίλτρο 0,45 μm (Kolka et al. 2008).

Μέσα σε μια λίμνη, ο διαλυμένος οργανικός άνθρακας παίζει κεντρικό ρόλο στην ποιότητα του νερού (Dillon και Molot 1997, Williamson et al. 1999). Τα οργανικά οξέα που τον σχηματίζουν, επηρεάζουν τα επίπεδα αλκαλικότητας και pH. Ο οργανικός άνθρακας σε συνδυασμό με τα θρεπτικά συστατικά, όπως ο φώσφορος, μειώνει τη

διαθεσιμότητα των θρεπτικών ουσιών και να μεταβάλλει τον κύκλο τους μέσα σε μια λίμνη. Η εξασθένιση του φωτός επηρεάζεται επίσης από το την συγκέντρωση του οργανικού περιεχομένου, η οποία με τη σειρά της μπορεί να επηρεάσει την αφθονία και την κατανομή των φυκών εντός μιας λίμνης (Williamson et al. 1999)

Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι ο προσδιορισμός της μεταβολής των φυτοχρωστικών και του οργανικού περιεχομένου στο σύστημα εισροής-εκροής του ταμιευτήρα της Κάρλας.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Δειγματοληψία

Η Δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στον ταμιευτήρα της Κάρλα το δεύτερο τρίμηνο του 2014 από τις 05/03 έως τις 03/06. Η θερμοκρασία κυμαινόταν σε αναμενόμενα για την εποχή επίπεδα από 15°C έως και 25°C.

Τα σημεία στα οποία έλαβε μέρος η συλλογή των δειγμάτων ήταν τα ακόλουθα:

- η τάφος T1 (χείμαρρος)
- ο ταμιευτήρα της Κάρλα
- η έξοδος του ταμιευτήρα (χείμαρρος)

Για τα δείγματα από το εσωτερικό του ταμιευτήρα της Κάρλας επιλέχθηκε μία παράκτια περιοχή κοντά στον Κόμβο των Καναλιών και η συλλογή από το σημείο που χαρακτηρίζεται ως έξοδος του ταμιευτήρα, έγινε στον χείμαρρο που εκβάλλει στον Παγασητικό και διασχίζει την Βιομηχανική περιοχή του Δ. Βόλου.

Συνολικά συλλέχθηκαν 9 δείγματα νερού, ένα από κάθε σημείο δειγματοληψίας, κατά την διάρκεια των τριών επισκέψεων που έλαβαν χώρα στον ταμιευτήρα, με διαφορά περίπου ένα μήνα η μία από την άλλη (05/03/14, 31/03/14, 03/06/14).

Η συλλογή του νερού από τις τρεις διαφορετικές περιοχές έγινε σε δοχεία πολυαιθυλενίου όγκου 2L. Έπειτα, ακολούθησε η φύλαξη τους σε σκιερό και δροσερό μέρος για τη διατήρηση των δειγμάτων. Τα δείγματα αυτά θα μεταφέρονταν στο εργαστήριο, 2 ώρες μετά την συλλογή τους, όπου και θα ακολουθούσε η επεξεργασία για τον προσδιορισμό της χλωροφύλλης και του οργανικού περιεχομένου στην υδάτινη στήλη του νερού.

2.2. Προετοιμασία δειγμάτων

Η προετοιμασία των δειγμάτων στο εργαστήριο για την καταγραφή της χλωροφύλλης και του οργανικού περιεχομένου έγινε σύμφωνα με τη φασματοφωτομετρική μέθοδο των Strickland & Parsons (1968)

Αρχικά, σε διάστημα 2 ωρών μετά την δειγματοληψία λάμβανε χώρα η διήθηση των δειγμάτων σε φίλτρο GF/F (Hewes et al. 1990) με διάμετρο 47mm και διάμετρο πλέγματος ινών 0,7 μm. Για κάθε περιοχή χρησιμοποιήθηκε διαφορετικό δοχείο διήθησης και αναλόγως με την περιοχή η ονομασία των δοχείων ήταν η εξής, KRL2T ή T1 για την τάφρο, KLR για τον ταμιευτήρα της Κάρλα και KRLX για την έξοδο (ΒΙ.ΠΕ. ΒΟΛΟΥ). Ακόμη, για κάθε σημείο δειγματοληψίας, ακολουθήθηκαν δύο διηθήσεις νερού τόσο για την χλωροφύλλη όσο και για το οργανικό περιεχόμενο. Το εύρος του όγκου που διηθήθηκε κυμαινόταν από 0.25L έως 1,5L.

Πίνακας 2.1: Σχηματική απεικόνιση εύρος όγκου που διηθήθηκε

Δείγμα	L
T1 05/03/2014	1,5
KRL 05/03/2014	0,25
X 05/03/14	0,5
T1 31/03/14	0,5
KRL 31/03/14	0,25
X 31/03/14	0,5
T1 03/06/14	0,5
KRL 03/06/14	0,25
X 03/06/14	0,5

Στην τελική φάση της διήθησης και λίγο πριν την αφαίρεση του φίλτρου στο δοχείο προσθέτονταν μερικές σταγόνες απεσταγμένου νερού.

Στο τέλος κάθε διήθησης, τα φίλτρα διπλώνονταν προσεκτικά στη μέση με λαβίδα και φυλάσσονταν στους -20°C (κατάψυξη), αφού πρώτα είχαν τοποθετηθεί σε αλουμινόχαρτο όπου αναγράφονταν με ανεξίτηλο μαρκαδόρο ο κωδικός κάθε δείγματος, καθώς και η ημερομηνία και ο όγκος τους.

2.3 Προσδιορισμός φυτοχρωστικών

Για την μέτρηση της χλωροφύλλης στα δείγματα ακολουθήθηκε το εξής πρωτόκολλο:

Αρχικά, αφαιρέθηκε το φίλτρο από το αλουμινόχαρτο στο οποίο φυλασσόταν και τοποθετήθηκε σε σωλήνα φυγοκέντρησης των 10 ml. Στη συνέχεια, προστέθηκαν 6 ml ακετόνης 90% για να επιτευχθεί εκχύλιση των φυτοχρωστικών την ίδια στιγμή που ασκούταν μηχανική πίεση από γυάλινη ράβδο για την λύση των κυττάρων. Τέλος, ο σωλήνας καλύφθηκε με parafilm και τοποθετήθηκε στους 4°C (ψυγείο) για 16-24 ώρες.

Μετά το πέρας του διαστήματος των 24 ωρών, το δείγμα αφαιρέθηκε από το ψυγείο και αφού απέκτησε ξανά θερμοκρασία δωματίου και, αφού αφαιρέθηκε το parafilm, φυγοκεντρήθηκε στις 4000 στροφές/λεπτό για 20 λεπτά ώστε να απομακρυνθούν τα στερεά υπολείμματα και να είναι κατάλληλο για φωτομέτρηση. Μετά το τέλος της φυγοκέντρησης, το υπερκείμενο αφαιρέθηκε προσεκτικά με πιπέτα Pasteur και μεταφέρθηκε σε κυψελίδα χαλαζία 1 cm ώστε να φωτομετρηθεί με την βοήθεια φασματοφωτόμετρου.

Το φασματοφωτόμετρο μετράει την ποσότητα του φωτός που οι χρωστικές απορροφούν στην περιοχή των μηκών κύματος του ορατού φωτός. Κάθε χρωστική έχει χαρακτηριστικό μήκος κύματος στο οποίο ο συντελεστής απορρόφησης αυτής γίνεται μέγιστος και από τη θέση της κορυφής αναγνωρίζεται η κάθε μία.

Το δείγμα φωτομετρήθηκε έναντι ακετόνης 90% στα εξής μήκη κύματος: 750, 664, 647, 630, 510 και 480 nm. Στο κάθε μήκος κύματος αντιστοιχεί και μία διαφορετική ένδειξη. Στα 750 nm διακρίνουμε την θολερότητα του δείγματος. Στα 664, 647 και 630 nm διακρίνονται οι χλωροφύλλες a, b και c αντίστοιχα. Στα 510 nm και στα 480 nm τα καροτενοειδή

Τέλος, στο δείγμα προστέθηκαν 2 σταγόνες HCl 10% και μετά την φραγή και ανακίνηση της κυψελίδας με ένα μικρό κομμάτι parafilm, φωτομετρήθηκε ξανά στα 750 και 644 nm για τις φαιοφυτίνες.

2.3.1 Υπολογισμοί

Για όλες τις χρωστικές εκτός από τις φαιοφυτίνες, αρχικά υπολογίζονται οι παράγοντες Cx σύμφωνα με τους παρακάτω τύπους:

Πίνακας 2.1: Εξισώσεις υπολογισμού χρωστικών (Jeffrey and Humphrey's Trichromatic Equations) (Jeffrey & Humphrey, 1975)

Χρωστική	Εξίσωση
Χλωροφύλλη a (Ca)	$11,85(E_{664}) - 1,54(E_{647}) - 0,08(E_{630})$
Χλωροφύλλη b (Cb)	$21,03(E_{647}) - 5,43(E_{664}) - 2,66(E_{630})$
Χλωροφύλλη c (Cc)	$24,52(E_{630}) - 1,67(E_{664}) - 7,60(E_{647})$
Ολικά καροτινοειδή (Cok)	$7,6(E_{480} - 1,49 * E_{510})$

Όπου:

$E_{664,647,630}$ = απορρόφηση στα αντίστοιχα μήκη κύματος – απορρόφηση στα 750 nm

E_{510} = απορρόφηση στα 510 nm – το διπλάσιο της απορρόφησης στα 750 nm

E_{480} = απορρόφηση στα 480 nm – το διπλάσιο της απορρόφησης στα 750 nm

Η συγκέντρωση της κάθε χρωστικής υπολογίζεται σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$\text{mg l}^{-1} = C_x * v / V * l$$

όπου:

C_x = αποτελέσματα από τον παραπάνω πίνακα για κάθε χρωστική

v = ο όγκος της ακετόνης που χρησιμοποιήθηκε (ml)

V = ο όγκος του θαλασσινού νερού που διηθήθηκε (l)

l = το μήκος της κυψελίδας

Η συγκέντρωση για τις φαιοφυτίνες υπολογίζεται άμεσα από τον τύπο:

$$\text{mg l}^{-1} = (26,7 * ((1,7 * E_{664,\mu}) - E_{664,\pi})) * v / V * l$$

όπου:

$E_{664,\pi}$ = όπως E_{664} (π = πριν την προσθήκη του οξέως)

$E_{664,\mu}$ = όπως E_{664} αλλά μετά την προσθήκη του οξέως (μ = μετά)

l = το μήκος της κυψελίδας (cm)

2.4 Οργανικό περιεχόμενο

Για να προσδιοριστεί το οργανικό περιεχόμενο από τα δείγματα στον ταμιευτήρα της Κάρλας χρησιμοποιήθηκε το εξής πρωτόκολλο:

Αρχικά, τοποθετήθηκε το φίλτρο μαζί με το αλουμινόχαρτο στο φούρνο στους 55°C για μία ώρα. Έπειτα, από το πέρας της ώρας το φίλτρο ζυγίστηκε χωρίς το αλουμινόχαρτο και επανατοποθετήθηκε ξανά στον φούρνο στους 500°C για περίπου 2 ώρες. Μετά το πέρας και της 2^{ης} καύσης το φίλτρο ζυγίστηκε ξανά χωρίς το αλουμινόχαρτο για να προσδιοριστεί η τελική τιμή του οργανικού περιεχομένου.

Το αποτέλεσμα του οργανικού περιεχομένου προσδιορίζεται από την αφαίρεση του πρώτου ζυγίσματος του φίλτρου μετά την καύση στους 55°C – το δεύτερο ζύγισμα μετά την καύση στους 500°C.

Για το οργανικό περιεχόμενο έλαβαν χώρα δύο επιπλέον δειγματοληψίες στον ταμιευτήρα της Κάρλα, από τις περιοχές «παρατηρητήριο» και «Αριάνη» στις 25/09/14.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

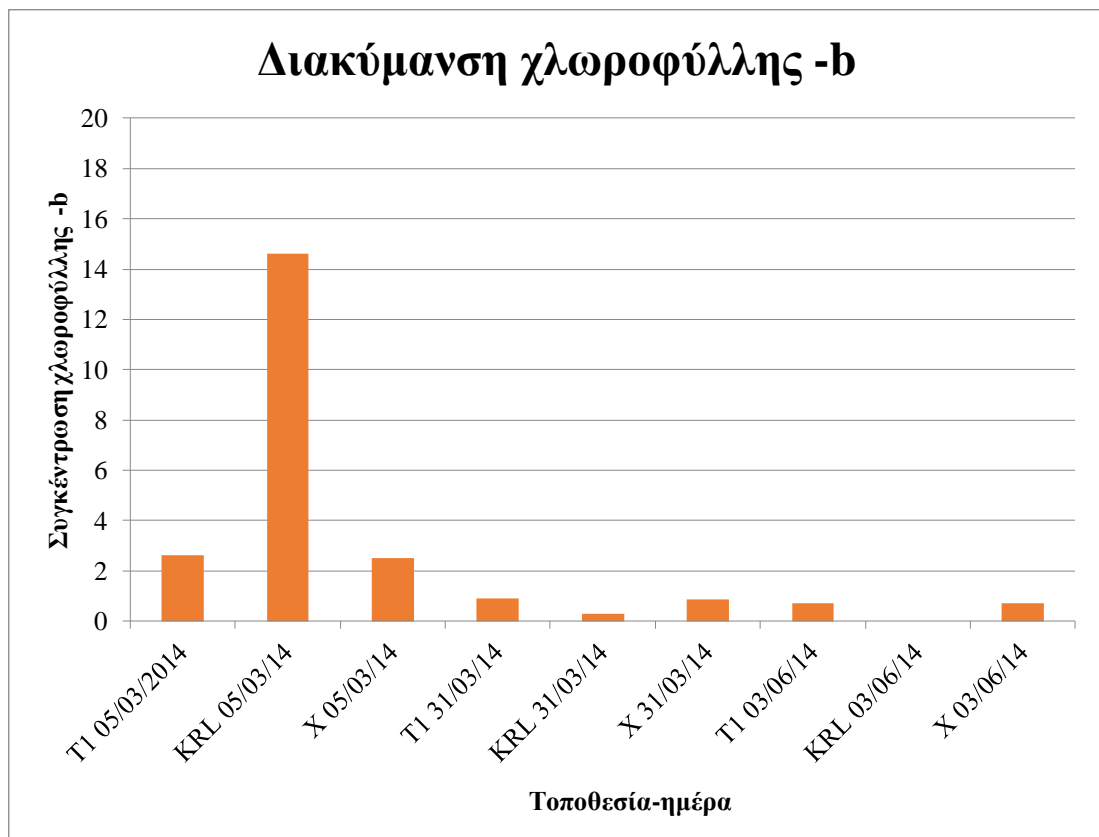
3.1 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης -a διαφέρει ανάλογα με τον μήνα δειγματοληψίας στον ταμιευτήρα της Κάρλα. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα 3.1 που ακολουθεί, η συγκέντρωση της συγκεκριμένης χλωροφύλλης που εισέρχεται από την τάφρο (T1) και στις τρεις δειγματοληψίες, είναι της τάξης των 2 $\mu\text{g/L}$. Στη συνέχεια, μέσα στον ταμιευτήρα της Κάρλα (KRL) η συγκέντρωση αυξάνεται και ξεπερνά σε ποσότητα τα 10 $\mu\text{g/L}$ (με μέγιστο τα 13 $\mu\text{g/L}$) έως ότου μειωθεί και πάλι, όπως δείχνουν οι μετρήσεις από την έξοδο (X), σε τιμές παρόμοιες με αυτές της εισόδου, <2 $\mu\text{g/L}$. Εξαίρεση αποτελεί η συγκέντρωση της χλωροφύλλης στην έξοδο (X), στη μέτρηση που έγινε στις 05/03/14.



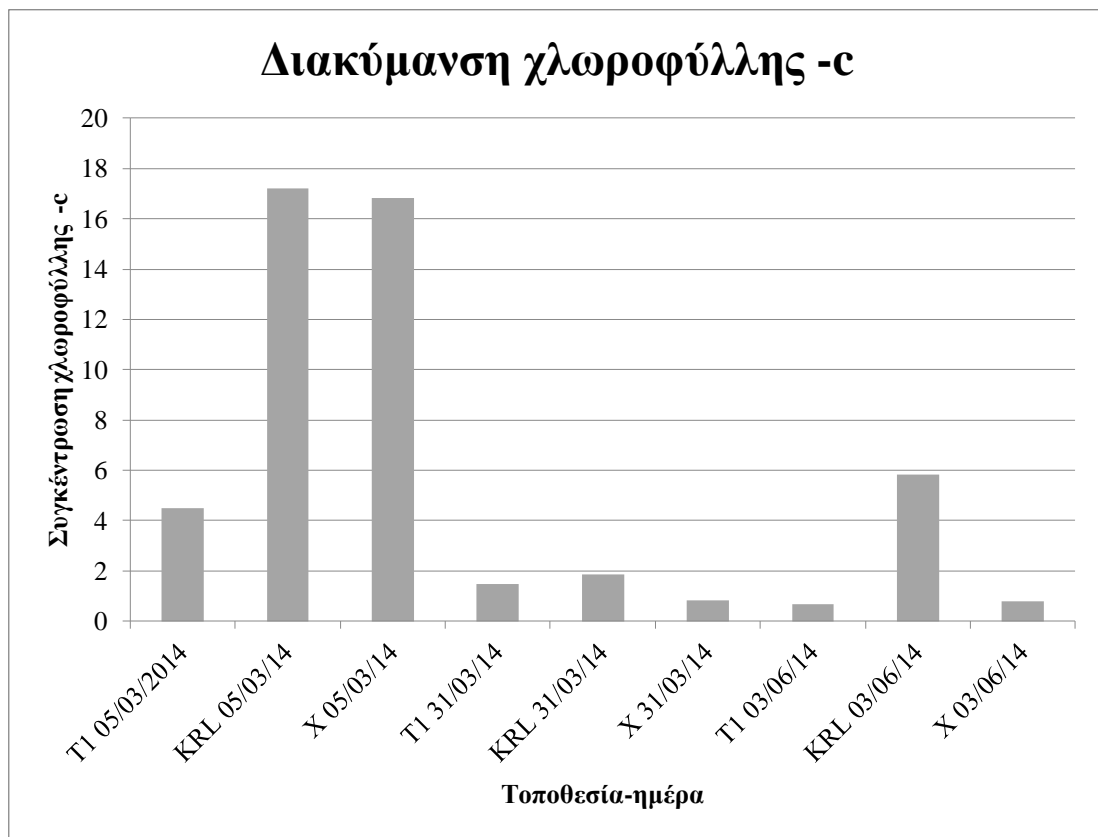
Διάγραμμα 3.1: Διακύμανση χλωροφύλλης -a

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης *b* διαφέρει ανάλογα με τον μήνα δειγματοληψίας στον ταμιευτήρα της Κάρλα. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα 3.2 που ακολουθεί, η συγκέντρωση της συγκεκριμένης χλωροφύλλης που εισέρχεται από την τάφρο (T1) και στις τρεις δειγματοληψίες, είναι ίση ή και μικρότερη των 2 $\mu\text{g/L}$. Στη συνέχεια, μέσα στο ταμιευτήρα της Κάρλα (KRL) η συγκέντρωση αυξάνεται και ξεπερνά σε ποσότητα τα 14 $\mu\text{g/L}$ μόνο στην πρώτη δειγματοληψία που έλαβε χώρα στις 05/03/14. Στις υπόλοιπες χρονικές περιόδους η συγκέντρωση της χλωροφύλλης *-b* από το εσωτερικό του ταμιευτήρα μειώνεται (KRL 31/03/14) σε σχέση με αυτή που εισέρχεται, ή ακόμη και μηδενίζεται (KRL 03/06/14) όπως φαίνεται και στο διάγραμμα που ακολουθεί. Τέλος, οι μετρήσεις από την έξοδο (X) κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα με αυτά της εισόδου (T1)



Διάγραμμα 3.2: Διακύμανση χλωροφύλλης -b

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης -c διαφέρει και αυτή με την σειρά της ανάλογα με τον μήνα δειγματοληψίας στον ταμιευτήρα της Κάρλα. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα 3.3 που ακολουθεί, η συγκέντρωση της συγκεκριμένης χλωροφύλλης που εισέρχεται από την τάφρο (T1) και στις τρεις δειγματοληψίες, είναι ίση ή και μικρότερη των 4 $\mu\text{g/L}$. Όσον αφορά το εσωτερικό του ταμιευτήρα (KRL), η συγκέντρωση της χλωροφύλλης γ φαίνεται να αυξάνεται, με διαφορετικό εύρος τιμών όμως, ανάλογα με την περίοδο που έλαβε χώρα η κάθε δειγματοληψία. Τέλος, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης c κατά την έξοδο της από τον ταμιευτήρα της Κάρλα (X) φαίνεται να επιστρέφει σε επίπεδα μικρότερα από αυτά της εισόδου (T1) με ποσοστό $<2 \mu\text{g/L}$. Εξάιρεση, αποτελεί η έξοδος στις 05/03/14 όπου η συγκέντρωση παραμένει σχεδόν όμοια με αυτή στον ταμιευτήρα της Κάρλας.



Διάγραμμα 3.3: Διακύμανση χλωροφύλλης -c

Στα 3 διαγράμματα που παρουσιάστηκαν για τις χλωροφύλλες -a,-b,-c, μπορεί κανείς να παρατηρήσει πως η μεταβολή τους στον ταμιευτήρα της Κάρλα αυξάνεται, σχεδόν, δραματικά. Η αύξηση της χλωροφύλλης σχετίζεται άμεσα και με την παραγωγικότητα μίας λίμνης (ολιγοτροφικές , μεσοτροφικές και εύτροφες). Ολιγοτροφικός χαρακτηρίζεται ένας υδροβιότοπος όταν οι τιμές της χλωροφύλλης -a είναι έως 3 ppm. Σε περίπτωση που οι τιμές της είναι έως 15 ppm ονομάζεται

μεσοτροφικός, ενώ όταν οι τιμές της χλωροφύλλης -a ξεπεράσουν αυτή τη τιμή χαρακτηρίζονται ευτροφικός (Ignatiades 2005).

Όταν ο εμπλουτισμός των λιμνών με θρεπτικά άλατα οφείλεται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως είναι οι εισροές λιπασμάτων από γεωργικές καλλιέργειες και αστικά λύματα, τότε αναπτύσσεται τεχνητός ευτροφισμός (Λυκάκης, 1996). Στην περίπτωση όπου ποσότητες των θρεπτικών αλάτων και των ρύπων είναι σημαντικές είναι δυνατόν να επηρεάσουν την τροφική δομή της λίμνης και να την μετατρέψουν από oligότροφη σε εύτροφη και υπερέυτροφη με ανάλογες επιπτώσεις στην ιχθυοπαραγωγή και στην οικολογία της λίμνης γενικότερα (Gower, 1980). Με την παρουσία μεγάλης πυκνότητα των μακροφύκων και των φυκιών τα προϊόντα της αποσύνθεσης τους βυθίζονται, με αποτέλεσμα να λαμβάνει χώρα αύξηση του ευτροφισμού (Mulligan et al., 1976). Συνήθως τις συνθήκες ευτροφισμού ενός στάσιμου υδάτινου βιοτόπου επηρεάζουν τα διαφορά ανόργανα άλατα, τα οποία μεταφέρονται σε αυτή μέσω του δικτύου αποχέτευσης της λεκάνης απορροής, από την έκπλυση των εδαφών και τα βιομηχανικά και αστικά απόβλητα. Τα ανόργανα άλατα είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη της βιομάζας μιας λίμνης ωστόσο υπερβολικές συγκεντρώσεις αυτών προκαλούν θανάτους στα ψάρια.

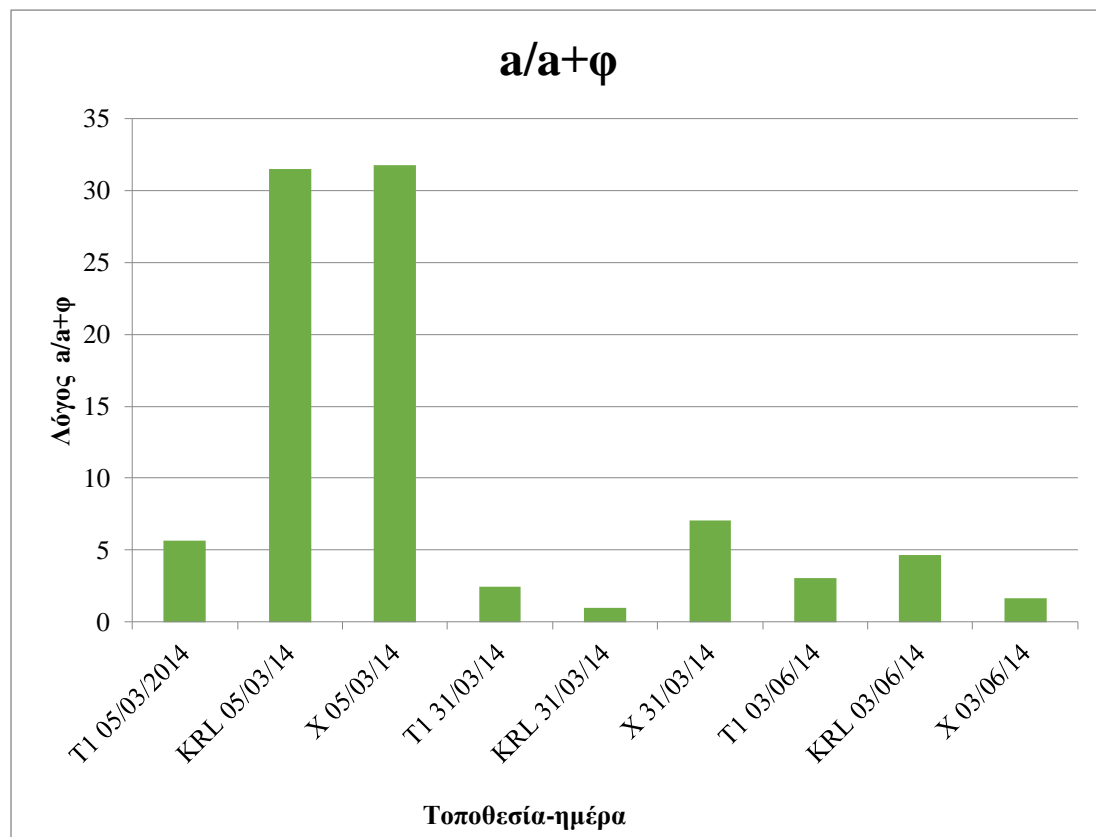
Σε μελέτη που εκπονήθηκε το 2000 στον ταμιευτήρα της Κάρλας καθώς και στην τάφρο T1 από την Χ.Β. Ζαχίδου με τίτλο «Η επίδραση του ευτροφισμού στην ιχθυοπανίδα της τέως λίμνης Κάρλας», οι τιμές της χλωροφύλλης -a ήταν οι ακόλουθες:

Δειγματοληψία	Θέση	Chl a ppm	Χαρακτηρισμός
Μάιος 1999	1.Τ1-Ταμειυτήρας Καλαμακίου	3,585	Μεσοτροφική
	2.Τ1-Γέφυρα Σωτηρίου	4,033	Μεσοτροφική
	3.Τ1- Ελικοδρόμιο	5,380	Μεσοτροφική
	4.Ταμειυτήρας Στεφανοβικείου	3,244	Μεσοτροφική
	5.Ταμειυτήρας Στεφανοβικείου	1,884	Ολιγοτροφική
	6.Ταμειυτήρας Καλαμακίου	5,507	Μεσοτροφική
	7.Τ2 (Δευτερεύουσα τάφρος)	1,306	Ολιγοτροφική
Σεπτέμβριος 1999	1.Τ1-Ταμειυτήρας Καλαμακίου	2,147	Μεσοτροφική
	2.Τ1-Γέφυρα Σωτηρίου	2,947	Μεσοτροφική
	3.Τ1- Ελικοδρόμιο	5,005	Μεσοτροφική
	4.Ταμειυτήρας Στεφανοβικείου	2,395	Μεσοτροφική
	5.Ταμειυτήρας Στεφανοβικείου	1,185	Ολιγοτροφική
	6.Ταμειυτήρας Καλαμακίου	6,665	Μεσοτροφική
	7.Τ2(Δευτερεύουσα τάφρος)	2,615	Μεσοτροφική

Εικόνα 3.1: Μετρήσεις χλωροφύλλης –a (Χ.Β. Ζαχίδου, 2000)

Σε σύγκριση με τις τωρινές τιμές, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης στην Τάφρο (Τ1) κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα. Μεγάλη αλλαγή παρουσιάζεται στον ταμειυτήρα της Κάρλας καθώς οι τιμές έχουν σχεδόν διπλασιαστεί 15 χρόνια μετά. Η αύξηση αυτή, όπως προαναφέρθηκε, οφείλεται σε εισροές λιπασμάτων από γεωργικές καλλιέργειες και αστικά λύματα, καθώς και σε μεταβολές του καιρού όπως είναι οι βροχές και η ταχεία μεταβολή στην θερμοκρασία του αέρα. Τέλος, η παρούσα μελέτη έλαβε χώρα την άνοιξη όπου η ομογενοποίηση των υδάτων που γίνεται κατά την διάρκεια του χειμώνα και η έκπλυση των εδαφών από τις εποχικές βροχοπτώσεις αυξάνουν την ύπαρξη θρεπτικών αλάτων στην υδάτινη στήλη που σε συνδυασμό με την αύξηση της θερμοκρασίας και της ηλιοφάνειας δημιουργούν τις προϋποθέσεις για την ανάπτυξη των μακροφυκών και

φυκών. με αποτέλεσμα περαιτέρω αύξησης της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης με συνέπεια το φαινόμενο του ευτροφισμού (Λυκάκης, 1996).



Διάγραμμα 3.4: Λόγος χλωροφύλλης -a προς το άθροισμα χλωροφύλλης -a και φαιοφυτίνων

Στο σχήμα 3.4 παρουσιάζεται ο λόγος της χλωροφύλλης -a προς το άθροισμα της ίδιας και της φαιοφυτίνης. Το ποσοστό ($a/a+\phi$) παρουσιάζει μέγιστο στη μέτρηση που έλαβε χώρα στις 05/03/14 και ελάχιστο στις 31/03/14. Και οι δύο αυτές μετρήσεις προήλθαν στον ταμιευτήρα της Κάρλα. Γενικά, παρατηρείται μία αυξομείωση στις τιμές της χλωροφύλλης -a σε σχέση με τις φαιοφυτίνες και στις τρεις ημερομηνίες δειγματοληψίας.

Γι αυτήν την διαφοροποίηση στις τιμές πρέπει να ληφθεί υπ'όψιν πως ο λόγος αυτός μπορεί να μην είναι απόλυτα ακριβής λόγω των σφαλμάτων που μπορεί να έχουν προκληθεί κατά την διάρκεια των μετρήσεων των δειγμάτων.

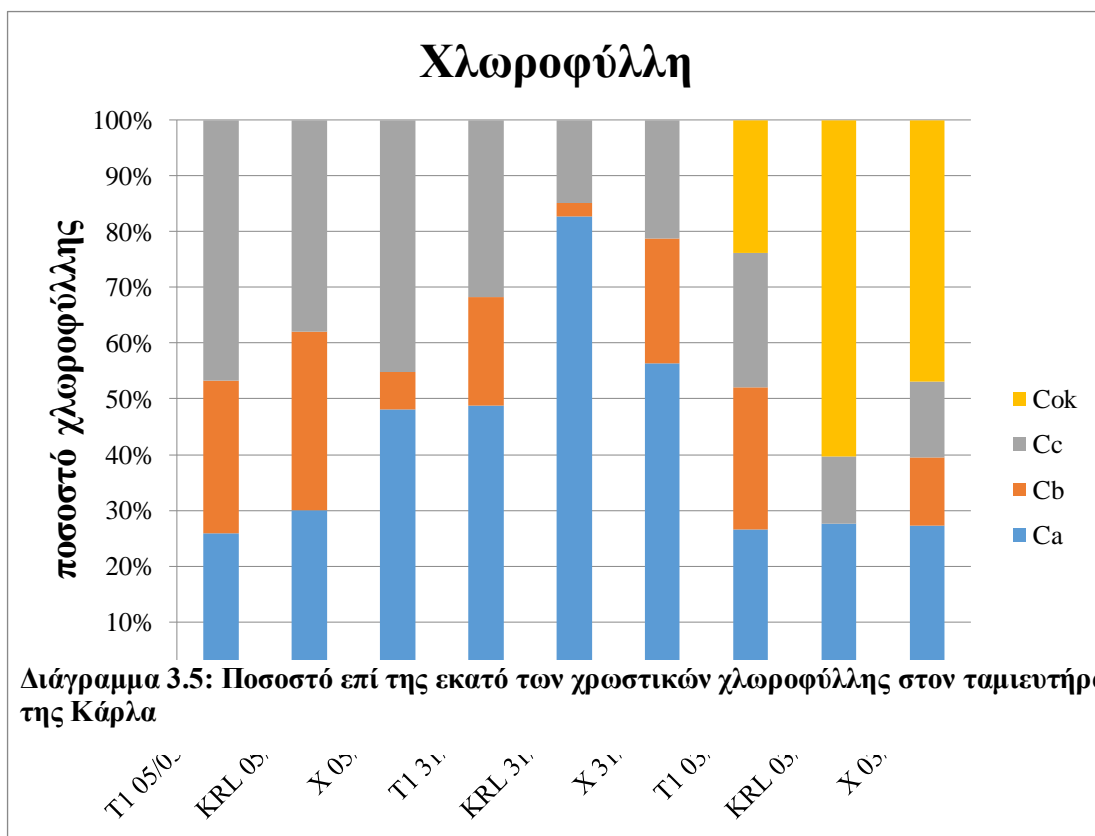
Χαρακτηριστικά, οι πηγές σφαλμάτων είναι οι εξής (Marker 1994):

- Η παρουσία χλωροφύλλης -b και -c στο δείγμα
- Η αποτυχία επίτευξης πλήρους εξαγωγή της χλωροφύλλης
- Η έκθεση του εκχυλίσματος ή του δείγματος στο φως
- Η σταθερότητα των διαλυμάτων εκχύλισης
- Η απώλεια διαλύτη με εξάτμιση κατά τη διάρκεια αναλυτικές διαδικασίες
- Σφάλμα στις ενδείξεις του φασματοφωτόμετρου κατά την απορρόφηση φωτός ή στη ρύθμιση των μήκων κύματος.

Στο διάγραμμα 3.5 που ακολουθεί παρουσιάζεται η διακύμανση του ποσοστού των χρωστικών στον ταμιευτήρα της Κάρλας ανάλογα με την περίοδο δειγματοληψίας. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα που ακολουθεί, η χλωροφύλλη -a καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό σε σύγκριση με τις άλλες 2 χλωροφύλλες (-b και -c) σχεδόν σε όλες τις δειγματοληψίες. Μεγαλύτερο ποσοστό (<80%) εμφανίζει η χλωροφύλλη -a στις 31/03/14 στον ταμιευτήρα της Κάρλα και μικρότερο σε αυτόν της Τάφρου (T1) τόσο στις 05/03/14 όσο και στις 03/06/14. Τα αποτελέσματα για τις άλλες δύο χλωροφύλλες ήταν αντιστρόφως ανάλογα με αυτά της -a. Όταν η -a αυξανόταν η -b και η -c χλωροφύλλες μειώνονταν αντίστοιχα. Σε όλες όμως τις περιπτώσεις, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης -c ήταν μεγαλύτερη από αυτής της -b. Στις μετρήσεις που έλαβαν χώρα στις 03/06/14 συμπεριλήφθησαν και τα ολικά καροτινοειδοί, όπως παρουσιάζονται και στο παρακάτω σχήμα (3.5). Στην είσοδο του ταμιευτήρα (T1) οι ποσότητες των χλωροφυλλών φαίνονται να βρίσκονται σε απόλυτη αρμονία μεταξύ τους. Στη συνέχεια, τόσο στο εσωτερικό του ταμιευτήρα της Κάρλας (KRL) όσο και στην έξοδό της (X) η ποσότητα των καροτινοειδών αυξάνεται ξεπερνώντας το 50% του συνολικού ποσοστού των

χλωροφυλλών, με αποτέλεσμα την δραματική μείωση των υπόλοιπων τριών και ειδικά των -b και -c.

Σε παρόμοιες εργασίες που έλαβαν χώρα σε λίμνες και ταμιευτήρες της Ελλάδος οι τιμές της χλωροφύλλης -a κυμάνθηκαν στα ακόλουθα επίπεδα:



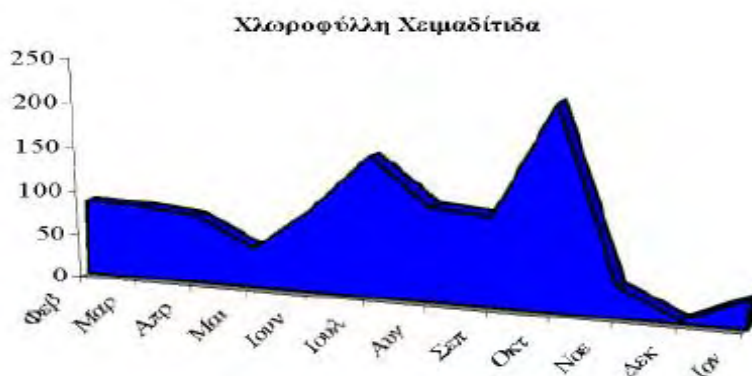
Πίνακας 3.1: Σύγκριση χλωροφύλλης -a ανάμεσα σε 5 λίμνες και τον ταμιευτήρα της Κάρλας

Λίμνες	Βάθος (m)	Chl- a (μg/L)	Βιβλιογραφίες
Χειμαδίτιδα	2,7	2,1-671,8	Νικολαΐδης-Αλυγιζάκη, 2005

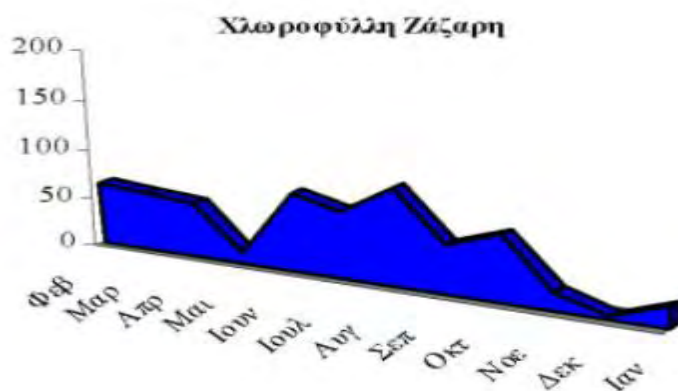
Ζάζαρη	6	0,5-161	Νικολαΐδης-Αλυγιζάκη, 2005
Μ. Πρέσπα	7	3,5-61,6	Tryfon et al., 1994
Καστοριά	8.5	7,6-114,7	Μουστάκα-Γούνη, 2000
Παμβώτιδα	8	5,1-64	Kangalou et al., 2001
Κάρλα	6	0,7-13,6	Παρούσα εργασία

Όπως φαίνεται και από τον πίνακα 3.1, οι ελάχιστες τιμές της χλωροφύλλης –a στον ταμιευτήρα της Κάρλας κυμαίνονται σε παρόμοια επίπεδα με αυτές των άλλων πέντε, ίδιων σε βάθος, λιμνών. Οι διαφορές είναι πως στις εργασίες που εκπονήθηκαν για τις λίμνες Χειμαδίτιδα, Ζάζαρη, Μ. Πρέσπα, Καστοριά και Παμβώτιδα , τα δεδομένα ήταν για ένα ολόκληρο έτος ενώ στην παρούσα εργασία οι δειγματοληψίες έλαβαν χώρα το 2^ο τρίμηνο του έτους, περίοδο που, όπως προαναφέρθηκε, λόγω ομογενοποίησης των υδάτων κατά την διάρκεια του χειμώνα καθώς και έκπλυσης των εδαφών από τις εποχικές βροχοπτώσεις, αυξάνεται η ποσότητα της χλωροφύλλης (Διαμαντίδης, 1984). Ακόμη, μία βασική διαφορά που πρέπει να επισημανθεί είναι πως η Κάρλα είναι ταμιευτήρας και επέρχονται μεγαλύτερες χημικές αλλαγές στην σύσταση της από τις άλλες 5 φυσικές λίμνες

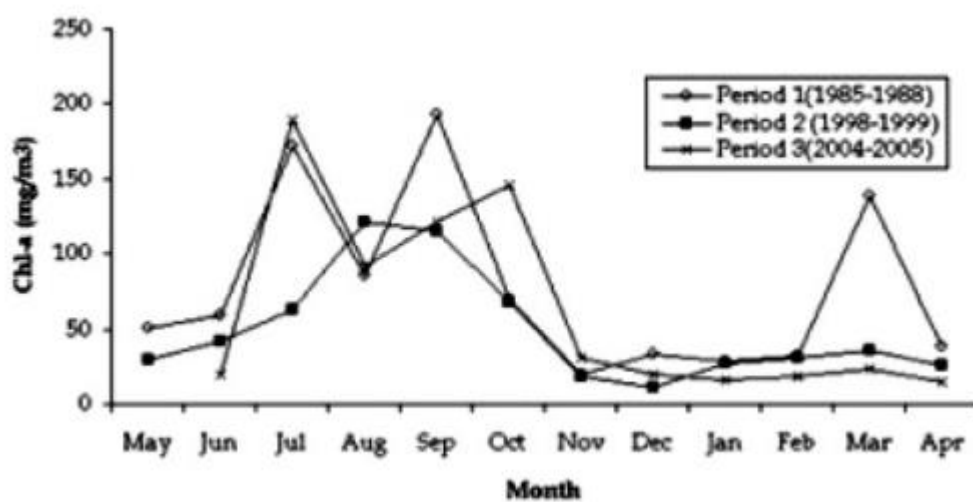
Σχηματική απεικόνιση και σύγκριση συγκέντρωσης χλωροφύλλης –a στον ταμιευτήρα της Κάρλας με τις λίμνες Χειμαδίτιδα, Ζάζαρη και Παμβώτιδα:



Εικόνα 3.3: Σχηματική απεικόνιση χλωροφύλλης (Νικολαΐδης-Αλυγιζάκη, 2005)



Εικόνα 3.4: Σχηματική απεικόνιση χλωροφύλλης (Νικολαΐδης-Αλυγιζάκη, 2005)



Εικόνα 3.5: Σχηματική απεικόνιση χλωροφύλλης (Kangalou et al., 2001)

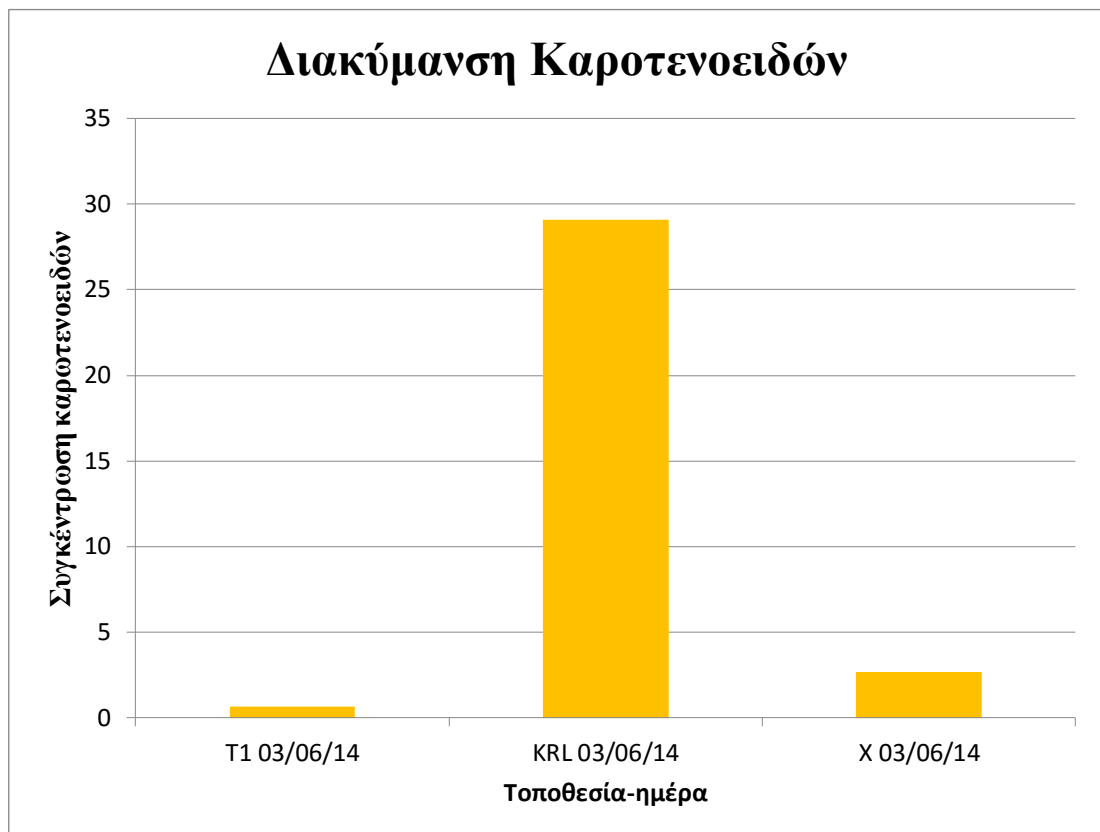
Παρατηρείται πως και στις τέσσερις λίμνες κατά την περίοδο του Απριλίου υπάρχει μία μείωση στην συγκέντρωση της χλωροφύλλης και επέρχεται αύξηση ξανά τον Ιούνιο.

Για τις χλωροφύλλες –b και –c δεν έχουν γίνει ακριβείς μελέτες στις εργασίες που συγκρίθηκαν με την παρούσα μελέτη, λόγω του μικρού τους ποσοστού σε σχέση με την χλωροφύλλη –a .

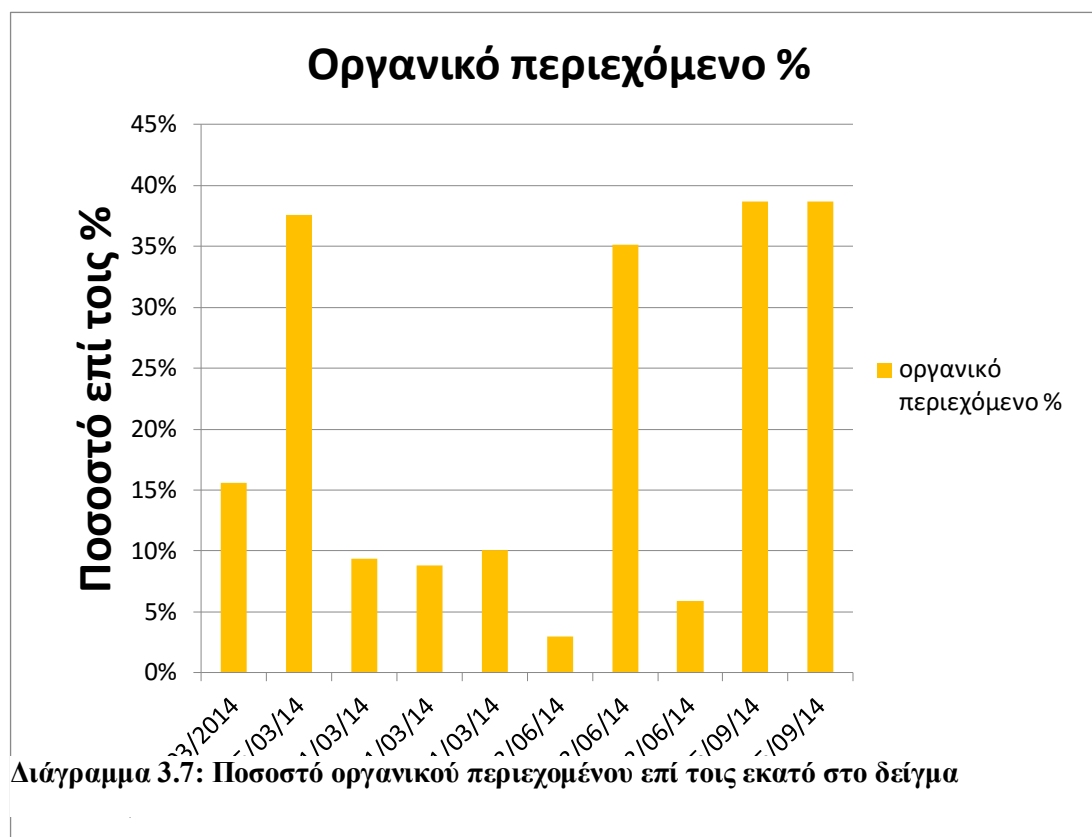
Στο σχήμα 3.6 που ακολουθεί, παρουσιάζεται η διακύμανση των καροτενοειδών στην τελευταία δειγματοληψία στις 03/06/14. Όπως κανείς μπορεί να διακρίνει από το σχήμα, η μέγιστη συγκέντρωσή τους βρίσκεται στο εσωτερικό του ταμιευτήρα (KRL), με την είσοδο (T1) και την έξοδο (X) να παρουσιάζουν σχεδόν όμοια συγκέντρωση.

Διάγραμμα 3.6: Διακύμανση καροτενοειδών

Τέλος, στο σχήμα 3.7 παρουσιάζεται η ποσότητα επί τοις εκατό του οργανικού περιεχομένου στις δειγματοληψίες που έλαβαν χώρα στο σύστημα εισροής-εκροής του ταμιευτήρα της Κάρλας. Η δειγματοληψία KRL 05/03/14 δεν συμπεριλαμβάνεται στο σχήμα λόγω σφάλματος κατά την μέτρηση. Επίσης στο σχήμα έχουν προστεθεί και



ακόμη δύο μετρήσεις που έλαβαν χώρα στις 25/09/14 στις περιοχές «Αριάνη» (ARI) και

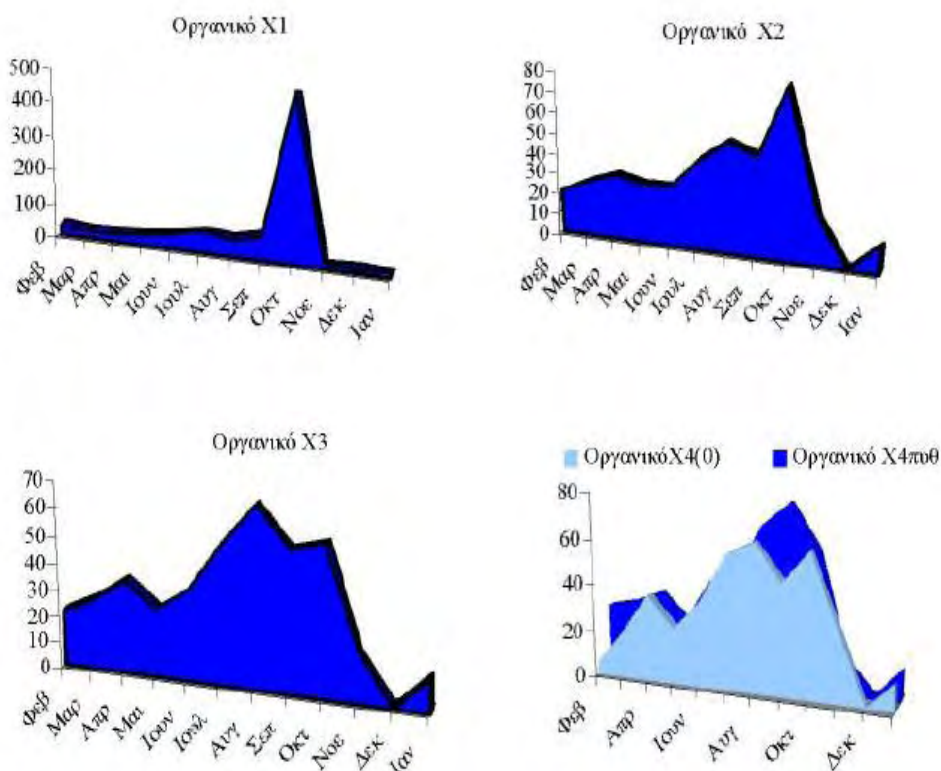


«παρατηρητήριο» (OBS) για ανίχνευση περαιτέρω μεταβολής του οργανικού περιεχομένου. Η ελάχιστη τιμή καταγράφηκε στις 03/06/14 στην Τάφρο (T1) με ποσοστό οργανικού περιεχομένου 3%. Η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στις περιοχές «ΑΡΙΑΝΗ» (ARI) και «Παρατηρητήριο» (OBS) στις 25/09/14 με ποσοστό οργανικού περιεχομένου 38,7%. Εξίσου σημαντικά ποσοστά αποτελούν και αυτά της Εξόδου (X) στις 05/03/14 με ποσοστό 37,6% καθώς και αυτό στον ταμιευτήρα της Κάρλα (KRL) με 35%.

Σε μελέτες που διεξήχθησαν στις λίμνες Χειμαδίτιδα και Ζάζαρη (Νικολαΐδης-Αλνγιάκη, 2005) καθώς και στον Πηνειό ποταμό (Λαζογιάννης et al 2014) οι συγκεντρώσεις του αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού ήταν οι ακόλουθες:

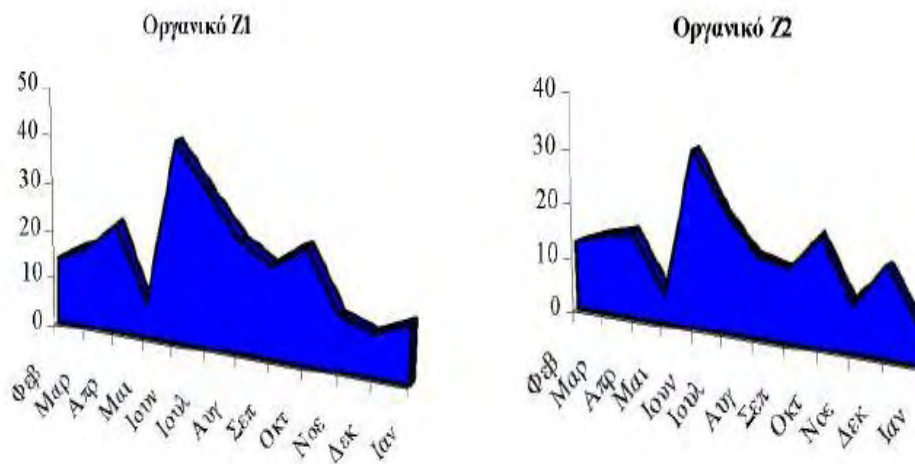
- Στη λίμνη Χειμαδίτιδα το αιωρούμενο σωματιδιακό υλικό συνίστατο σε ποσοστό περίπου 11,6% από ανόργανο και 88,4% από οργανικό σωματιδιακό υλικό. Οι

τιμές του ολικού αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού κυμάνθηκαν μεταξύ 10 και 476,2 mg/L, του ανόργανου μεταξύ 0 και 38,75 και του οργανικού μεταξύ 4,67 και 476,2 mg/L



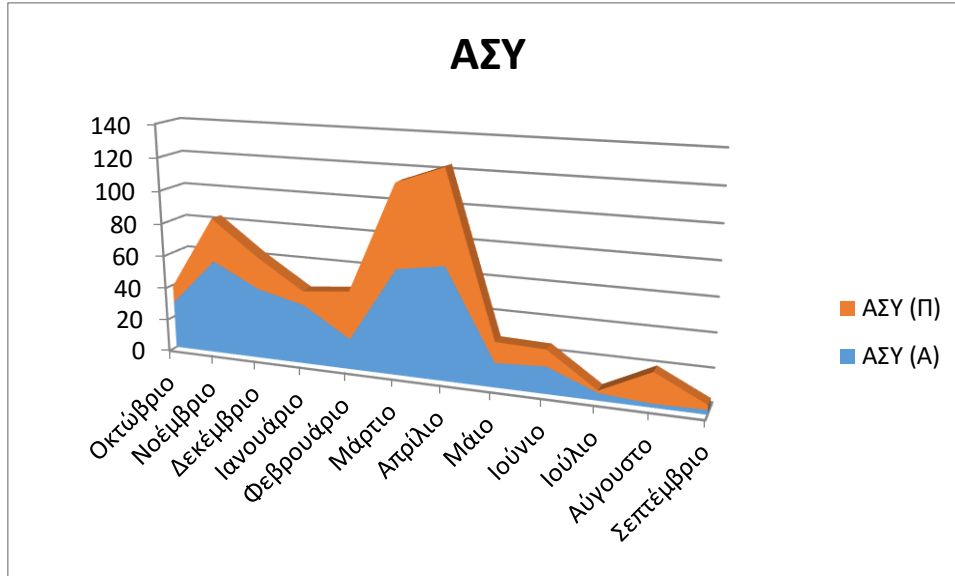
Εικόνα 3.6: Χρονικές μεταβολές της συγκέντρωσης (mg/L) του οργανικού αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού στους σταθμούς της λίμνης Χειμαδίτιδας

- Στη λίμνη Ζάζαρη το αιωρούμενο σωματιδιακό υλικό συνίστατο σε ποσοστό περίπου 4% από ανόργανο και 96% από οργανικό σωματιδιακό υλικό. Μεταξύ των σταθμών της λίμνης Ζάζαρης δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στα επίπεδα των τιμών του αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού. Οι τιμές του ολικού αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού κυμάνθηκαν μεταξύ 5,6 και 40,7 mg/L, του ανόργανου μεταξύ 0 και 12,78 mg/L και του οργανικού μεταξύ 5,2 και 40,7 mg/L



Εικόνα 3.7: Χρονικές μεταβολές της συγκέντρωσης (mg/L) του οργανικού αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού στους σταθμούς της λίμνης Χειμαδίτιδας

- Οι μηνιαίες τιμές παροχής και συγκέντρωσης του ΑΣΥ του Πηνειού εμφανίζονται υψηλότερες κατά την υγρή περίοδο (Νοέμβριος – Απρίλιος) και κυμαίνονται από 8,5 mg/L έως 68,0 mg/L αντίστοιχα. Οι μεγαλύτερες τιμές εμφανίζονται Μάρτιο και Απρίλιο, ενώ κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου (Μάιος – Οκτώβριος) κυμαίνονται από 1,4 mg/L έως 28,8 mg/L ((Λαζογιάννης et al 2014).



Εικόνα 3.8: Συγκέντρωση αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού στον Πηνειό (Λαζογιάννης et al 2014)

Αν και οι τιμές του οργανικού περιεχομένου είναι μεγαλύτερες τόσο στη Χειμαδίτιδα όσο και στη Ζάζαρη από την παρούσα εργασία, παρατηρείται η ίδια εποχιακή μεταβολή. Στο τέλος της υγρής περιόδου (Νοέμβριος – Απρίλιος) οι τιμές του οργανικού περιεχομένου μειώνεται λόγω της αύξησης των κατακρημνισμάτων και αυξάνονται ξανά σταδιακά τον Ιούλιο λόγω της ξηρής περιόδου που επέρχεται, καθώς και της συχνότερης άντλησης των υδάτων.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας που παρουσιάστηκαν παραπάνω, μπορούμε να πούμε με βεβαιότητα πως ο ταμιευτήρα της Κάρλα παρουσιάζει ευτροφικό χαρακτήρα λόγω της αυξημένης ποσότητας χλωροφύλλης -a.

Λόγω του γεγονότος ότι το αιωρούμενο σωματιδιακό υλικό επηρεάζει τις συνθήκες φωτός στο νερό, στα οικοσυστήματα αυτά η αύξηση του φυτοπλαγκτόν, και κατά συνέπεια της χλωροφύλλης, μπορεί κατά περιόδους λόγω υψηλής θολερότητας, να περιορίζεται από το διαθέσιμο φως (Cloern 1996). Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις του αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού παρατηρήθηκαν τις περιόδους που η φυτοπλαγκτική βιομάζα παρατηρήθηκε σε υψηλές τιμές. Η ταύτιση αυτή φαίνεται να υποδεικνύει το φυτοπλαγκτόν ως έναν από τους παράγοντες καθορισμού των συνθηκών φωτός στη στήλη του νερού στον ταμιευτήρα της Κάρλα, όπως έχει αποδειχθεί στο Μαλιακό Κόλπο την περίοδο ιδιαίτερα της φυτοπλαγκτικής άνθισης (Kormas et al. 2003)

Η ανάλυση των χρωστικών ουσιών που ακολουθήθηκε αποτελεί μια σχετικά γρήγορη μέθοδο και, ως εκ τούτου, διαθέτει προοπτικές για την μελλοντική ενσωμάτωσή της στην ρουτίνα των ερευνών όπως λόγω χάρη σε μεγάλα προγράμματα παρακολούθησης όπου οι μέχρι τώρα συνήθως χρονοβόρες μετρήσεις δεν είναι πρακτικές, ή είναι δυνατό να επιτρέψουν την επέκταση της περιοχής έρευνας με τον συνδυασμό μερικών μικροσκοπικών μετρήσεων και εκτεταμένων χρωστικών ερευνών. Παρ' όλα αυτά, η φύση των χρωστικών ουσιών απαιτεί μέτρα ελαχιστοποίησης του φωτός και της θερμότητας κατά το χειρισμό και την αποθήκευση των δειγμάτων έτσι

ώστε τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από την έρευνα να είναι αξιόπιστα (Reus & Conley, 2005).

Η πρόβλεψη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής είναι διεθνούς σημασίας, καθώς το κλίμα δεν γνωρίζει σύνορα. Η μελέτη που παρουσιάζεται συνεισφέρει στην κατανόηση των οικολογικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και την σημασία των εσωτερικών διεργασιών και της τοποθεσίας στην πρόκληση της ανταπόκρισης μιας λίμνης (Reuss, Anderson & Fritz 2005). Ωστόσο, η γνώσεις σχετικά με την σχέση μεταξύ των διεργασιών στην υδάτινη στήλη χρήζουν περαιτέρω προσοχής. Οι χρωστικές ουσίες αποδείχθηκαν ως ένας καλός δείκτης της απόκρισης του λιμναίου οικοσυστήματος στην κλιματική αλλαγή και στην μακροπρόθεσμη μεταβλητότητα της φωτο-τροφικής κοινότητας, εφόδια που είναι απαραίτητα για την πρόβλεψη των πιθανών επιπτώσεων της μελλοντικής κλιματικής αλλαγής. Μεγάλες διαφορές στην ανταπόκριση της κλιματικής αλλαγής διαφορετικών τύπων λιμνών από την ΝΔ Γροιλανδία απέδειξαν πως οι εσωτερικές λιμναίες διεργασίες ασκούν σημαντική επίδραση στην μεσολάβηση της ατομικής ανταπόκρισης στη λίμνη. Οι πλήρως στρωματοποιημένες λίμνες διαθέτουν την μεγαλύτερη μεταβλητότητα ενώ τα βενθικά κυριαρχούμενα συστήματα είναι πιο σταθερά. Επιπροσθέτως, οι χρωστικές ουσίες παρείχαν μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της φωτο-τροφικής κοινότητας σε σχέση με άλλους βιοδείκτες που χρησιμοποιούνται ευρέως στη μελέτη της μακροπρόθεσμης μεταβλητότητας των λιμναίων οικοσυστημάτων. Ωστόσο, το ιστορικό των χρωστικών δείχνει κυρίως οικολογικές διαφορές ενώ συμπληρωματικά στοιχεία απαιτούνται για την πλήρη ερμηνεία της κλιματικής μεταβλητότητας στην περιοχή μελέτης.

Για τους λόγους αυτούς, θεωρείται απαραίτητη η περαιτέρω μελέτη των συγκεντρώσεων χλωροφύλλης και αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού από τον ταμιευτήρα της Κάρλα.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

5.1 Ξένη βιβλιογραφία

Ananiadis C.I. (1956). Limnological study of Lake Karla. Bulletin de L'Institut Océanographique, 1083:1-19.

Brown, S.R., 1968. Absorption coefficients of chlorophyll derivatives. J. Fish. Res. Bd. Can. 25: 523-540.

Cloern J. E. 1996. Phytoplankton bloom dynamics in coastal ecosystems: a review with some general lessons from sustained investigation of San Francisco Bay, California. Reviews of Geophysics 34: 127-168.

Dillon P. J., L. A. Molot. 1997. Effect of landscape form on export of dissolved organic carbon, iron, and phosphorus from forested stream catchments. Water Resources research 33:2591-2600.

Gower A.M., (1980) Water Quality in Catchment Ecosystems. John Wiley and Sons, N.Y. Toronto.

Hewes CD, sakshaug E, Reid FMH, Holm-Hansen O (1990) Microbial autotrophic and heterotrophic eucaryotes in Antarctic waters: relationships between biomass and chlorophyll, adenosine triphosphate and particulate organic carbon. Mar. Ecol. Prog. Ser. 63: 27-35

Holm-Hansen O and Riemann B., (1978). Chlorophyll a determination: improvement in methodology, Oikos, 30, 438-447.

Ignatiades, L., (2005). Scaling the trophic status of the Aegean Sea, eastern Mediterranean, *Journal of Sea Research*. Vol. 54, Issue 1, p.p 51-57

Jeffrey, S.W. and G.F. Humphrey, (1975) "New Spectrophotometric Equations for Determining Chlorophylls a, b, c1 + c2 in Higher Plants, Algae and Natural Phytoplankton," *Biochem. Physiol. Pflanzen*. Bd, 167,S. pp. 191-4

Kangalou I., Tsimarakis G. & Patsias P., 2001. Phytoplankton dynamics and physical-chemical features of a shallow lake (Lake Pamvotis, Greece). *Fres. Envir. Bull.*, 10: 845 - 849.

Kolka R., P. Weishampel, M. Froberg. 2008. Measurements and Importance of Dissolved Organic Carbon. *Field Measurements for Forest Carbon Monitoring*. Springer Science + Business Media B.V. New York, NY.

Kormas AR. K., Nicolaidou A. and Thessalou-Legaki M. 2003. Variability of environmental factors of an eastern Mediterranean Sea river influenced coastal system. *Mediterranean Marine Science* 4: 67-77.

Koutseris E. (1989) Land reclamation, crop production, rural sociological problems and environmental quality in the Karla area. Prefecture of Magnesia, Volos, Greece, pp15

Lorenzen C.J., (1967) Determination of chlorophyll and pheo-pigments: spectrophotometric equations. *Limnology and Oceanography*, 12, 343-346

Marker, A. F. H., (1994) Chlorophyll a SCA Method Revision, National Rivers Authority, Institute of Freshwater Ecology, Cambridgeshire, pp 45

Mulligan H. F., A. Baranowski & R. Johnson, (1976). Nitrogen and phosphorus fertilization of aquatic vascular plants and algae in replicated ponds. I. Initial response to fertilisation. *Hydrobiologia*, 48, 109-116.

Moss, B., (1967) A spectrophotometric method for the estimation of percentage degradation of chlorophylls to pheo-pigments in extracts of algae. *Limnology and Oceanography*, 12, 335-340

Parsons TR, Maita Y, Lalli CM (1984) A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press, Oxford

Reuss, N. and Conley, D.J. (2005). Effects of storage of sediment samples for pigment analyses. *Limnology and Oceanography: Methods*.

Reuss, N., Anderson, N.J. and Fritz, S., (2005) Climate change and lake ecosystem structure during late Holocene in Southwest Greenland based on sediment pigments. Manuscript ready for submission

Tryfon E., Mustaka -Gouni M., Nikolaidis G. & Tsekos I., 1994. Phytoplankton and physical-chemical features of the shallow Lake Mikri Prespa, Macedonia, Greece. *Arch. Hydrobiol.*, 131 (4): 477 - 494.

Vallentyne, J. R. 1972. Freshwater supplies and pollution: Effects of the demographic explosion on water and man. In N. Polunin, ed. *The Environmental Future*. Macmillan Press Ltd., London. pp. 181-211

Wetzel R.G., (2001) *Limnology – Lake and River Ecosystems*, Elsevier Science, USA

Williamson, C. E., D. P. Morris, M. L. Pace, O. G. Olson. 1999. Dissolved organic carbon and nutrients as regulators of lakes ecosystems: resurrection of a more integrated paradigm. *Limnology and Oceanography* 44:795-803.

Zalidis, G.C., Takavakoglou V., Panoras A., Bilas G., Katsavouni S., (2005) Reestablishing a sustainable wetland at former Lake Karla, using Ramsar restoration guidelines. *Environmental Management*, 34: 875-886

5.2 Ελληνική Βιβλιογραφία

Διαμαντίδης Γ., (1984). Εποχιακές μεταβολές της πρωτογενούς παραγωγικότητας και της βιομάζας της Λίμνης Βεγορίτιδας. *Γεωτεχνικά επιστημονικά θέματα*. Τεύχος 4: 93-107

Ζαχίδου Χ.Β., (2000) Η επίδραση του ευτροφισμού στην ιχθυοπανίδα της τέως λίμνης Κάρλα, Μελέτη-Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ & ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, Βόλος, σελ 40-42

Εξαρχόπουλος Μ., (1999). Λίμνη Κάρλα η αρχαία Βοιβηίς, η αποκατάσταση ενός υγροτόπου στην Ελλάδα από τους σημαντικότερους της Ευρώπης, Βόλος ΤΕΕ Μαγνησίας, σελ 191

Λαζογιάννης, Κ., Κωτσόπουλος, Σ., Κακαγιάννης, Γ., Μπακούρας, Σ., Φαρσιρώτου, Ε., Πούλος, Σ., Παναγόπουλος, Α., Ηλίας, Α., Πισινάρας, Β., Αραμπατζής, Γ., Παρασκευάς, Χ., Νάστος, Π., Αλεξόπουλος, Ι., Ματιάτος, Ι., Γκιώνης, Γ., Καραμουσαλής, Θ., Κοτίνας, Β., Γκάγκας, Ζ., Πάππας, Ι. Μελέτη της διαθεσιμότητας επιφανειακού αρδευτικού νερού και της συγκέντρωσης σωματιδιακού υλικού του Πηνειού ποταμού (Θεσσαλία) κατά το υδρολογικό έτος 2013/14, Πρακτ. 11ου Πανελ. Συμπ. Ωκεανογρ. & Αλιείας

Λυκάκης Σ., (1996). *Οικολογία*. Τρίτη έκδοση. Πάτρα

ΜΟΥΣΤΑΚΑ -ΓΟΥΝΗ Μ., 2000. Διερεύνηση Υδροβιολογικών παραμέτρων στη λίμνη Καστοριάς. Επιλογή βέλτιστης μεθόδου αποκατάστασης της οικολογικής ισορροπίας. Ερευνητικό Πρόγραμμα Ε.Ε. του Α.Π.Θ., σελ. 227.

Μαργαρίτη Μ., (2012). ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ, Η ΑΝΑΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ, Βόλος ΤΕΕ Μαγνησίας, σελ 29

Νικολαΐδης Γ., Αλυγιζάκη Αικ., (2003). Μελέτη του φυτοπλαγκτού & των φυσικοχημικών παραμέτρων των υγροτόπων Χειμαδίτιδας και Ζάζαρης Ν. Φλώρινας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη

Σανιδάς Ι. Κ., (2010). Φωτοσυνθετικές Χρωστικές Στη Διάρκεια Της Ανάπτυξης των Φύλλων Στην Αμπελο. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Αθηνών, σελ 36

Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ.(2005). Μελέτη Συμπληρωματικών Αντιπλημμυρικών Έργων και Έργων Ορεινής Υδρονομίας στη Λεκάνη της Λίμνης Κάρλα. Προμελέτη Δασοτεχνικών Έργων - Τεχνική Έκθεση, Αθήνα.

Χατζηαποστόλου Α., (2009).Γεωλογικές – Εδαφολογικές παράμετροι της αποξηραμένης Λίμνης Μουριάς (Ν. Ηλείας) ως παράγοντες για τον καθορισμό κριτηρίων εφαρμογής αποκατάστασης και αειφορικής διαχείρισης υγροτόπων. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, σελ 369

Χατζής Μ., (1995). Μέθοδοι μέτρησης χλωροφυλλών. Μελέτη, Τ.Ε.Ι Μεσολογγίου

5.3 Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

el.wikipedia.org

www.boebes-karla.gr/

www.fdkarlas.gr/

www.google.com

www.hnms.gr

wfd.ypeka.gr/

6. ABSTRACT

Title: "Determination of the alteration of photosynthetic pigments and the organic material in the inflow-outflow in the reservoir of Karla"

Draining of wetlands in Greece, took place mainly in the northern part of the country in early 1920. Reservoir of Karla was also one of those drained in 1962. However, restoring it was considered urgent because of the problems created in the existing water supply from the waste of both surface and underground water. The new Karla reservoir is estimated at about 38,000 hectares, with a maximum length of 25 km and a maximum width of 46 km. The maximum depth is estimated at 6 m. Inflows of reservoir of Karla are the runoff of the watershed, divert flood flows of Pinios river, and the direct precipitation on the reservoir surface.

The preservation of life on earth is based mostly on solar energy. The basic mechanism that produces energy, which is necessary for any kind of operation on plants, is chlorophyll. Chlorophylls are the main photosynthetic pigments, which play an important role in photosynthesis and hence are important for the aquatic ecosystem. Their identification gives us information on the phytoplankton population of an ecosystem and the ratio of pigments depends on the species of phytoplankton in the measurement area.

The aim of this research was to determine the alteration of photosynthetic pigments (chlorophyll -a, -b, -c, carotenoids, pheophytin) and the concentration of the organic material in the inflow-outflow system of Karla Lake. Preparation of samples at the laboratory, for chlorophyll and organic material recording, was made according to the spectrophotometric method of Strickland & Parsons (1968).

The concentrations of all three chlorophylls (-a, -b, -c) showed variations depending on the sampling month. For chlorophyll -a, rates ranged from 0.7 $\mu\text{g/L}$ to 17.8 $\mu\text{g/L}$, for

chlorophyll -b from 0 µg/L up to 14.6 µg/L and the chlorophyll -c 0, 6 µg/L to 17.2 µg/L. The concentration of carotenoids in the sample ranged from 0.6 µg/L to 29 µg/L (03/06/14) and the pheophytin from 0 µg/L to 30.7 µg/L. Furthermore, the percentage of organic content in the sample ranged from 3% to 38.7%. Finally, the values of suspended particulate matter in the sample ranged from 0,015 mg / L to 0,234 mg / L. Considering all results, we can say with certainty that reservoir of Karla presents increased turbidity and eutrophic character due to the increased amount of chlorophyll -a.

Key words: chlorophyll, photosynthetic pigments, organic material, Karla reservoir