ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ (Ν. ΣΕΡΡΩΝ) ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΙΧΘΥΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 1987

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ:

ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ ΚΙΛΙΚΙΔΗΣ, Καθηγητής Οικολογίας και Προστασίας Περιβάλλοντος, Τμήματος Κτηνιατρικής, Α.Π.Θ.

ΜΕΛΗ:

ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΚΑΜΑΡΙΑΝΟΣ, Δρ. Επίκουρος καθηγητής Οικολογίας και Προστασίας Περιβάλλοντος, Τμήματος Κτηνιατρικής, Α.Π.Θ.

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΦΩΤΗΣ, Δρ. Ιχθυολόγος - Ιχθυοπαθολόγος του Κτηνιατρικού Ινστιτούτου Θεσσαλονίκης του Υπουργείου Γεωργίας.

ΞΑΝΘΙΠΠΟΣ ΚΑΡΑΜΑΝΛΗΣ, Ε.Μ.Υ. Οικολογίας και Προστασίας Περιβάλλοντος, Τμήματος Κτηνιατρικής, Α.Π.Θ.

ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ, M.Sc. Υδροβιολόγος, Ε.Κ.Θ.Ε.

Στην ερευνητική ομάδα συμμετείχε και ο τελειόφοιτος φοιτητής του Τμήματος Κτηνιατρικής του Α.Π.Θ. ΣΤΕΦΑΝΟΣ ΝΤΕΛΛΗΣ.

Το πρόγραμμα αυτό χρηματοδοτήθηκε από το Υπουργείο Γεωργίας, Δ/νση Κτηνιατρικής.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε θερμώς την 1η ΔΕΚΕ Σερρών, η οποία μας παραχώρησε σημαντικά στοιχεία για την ολοκλήρωση της εργασίας αυτής, μέσω του μηχανικού κ. Ιωάννη Γούδα.

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

Σελίδα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1

Η ΛΙΜΝΗ ΚΕΡΚΙΝΗ 2

Γεωμορφολογία της περιοχής 3

Μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής 4

ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗ 5

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΙΧΘΥΟΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ 5

1. Ποιότητα και ρύπανση του νερού 6

2. Τροφική δομή και προβλήματα λειτουργικότητας των λιμνών 7

ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ 10

1. Μεταβολές της επιφάνειας, της στάθμης και του όγκου του νερού της λίμνης Κερκίνης 11

2. Υδατικό ισοζύγιο της λίμνης Κερκίνης 13

3. Επίδραση της παραλίμνιας περιοχής στην Κερκίνη 16

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ 17

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ 17

Α. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ 17

1. Θερμοκρασία και Διαλυμένο οξυγόνο 18

2. pH 22

3. Αγωγιμότητα και Αλατότητα 22

4. Ολική σκληρότητα 24

5. Διαφάνεια 25

6. Πυριτικά 25

7. Θειικά 26

8. Ολικός φωσφόρος - Ορθοφωσφορικά 27

9. Αζωτούχες ενώσεις (Νιτρικά - Νιτρώδη - Αμμώνιο) 29

10. Χλωροφύλλη-α 33

11. Σωματιδιακός άνθρακας 34

12. Βιοχημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (BOD_5) 35

13. Απορρυπαντικά 35

14. Χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες 36

Β. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ ΥΔΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ 38

1. Πλαγκτονικοί οργανισμοί 38

α) Φυτοπλαγκτό 38

Σελίδα

β) Ζωοπλαγκτό 43
2. Τροφική κατάσταση της λίμνης Κερκίνης 49
ΙΧΘΥΟΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗ 50
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ 53
ΙΧΘΥΟΠΑΘΟΛΟΓΙΑ 54
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 55
ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ 56
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 57
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 60

ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ (Ν.ΣΕΡΡΩΝ) ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΙΧΘΥΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΗΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται έντονη υποβάθμιση της ιχθυοπαραγωγής των υδάτινων οικοσυστημάτων και ιδιαίτερα των λιμνών. Το γεγονός αυτό αποδίδεται κυρίως στην αλλοίωση της ποιότητας των υδάτων, εξαιτίας της ρύπανσής τους με γεωργικά, αστικά και βιομηχανικά απόβλητα. Αποτέλεσμα της κατάστασης αυτής είναι η αλλοίωση της τροφικής δομής των οικοσυστημάτων που προαναφέρθηκαν και η έξαρση ασθενειών στον ιχθυοπληθυσμό τους. Ένας επιπρόσθετος λόγος υποβάθμισης της ιχθυοπαραγωγής είναι η μη προγραμματισμένη εκμετάλλευση του ενάλιου πλούτου.

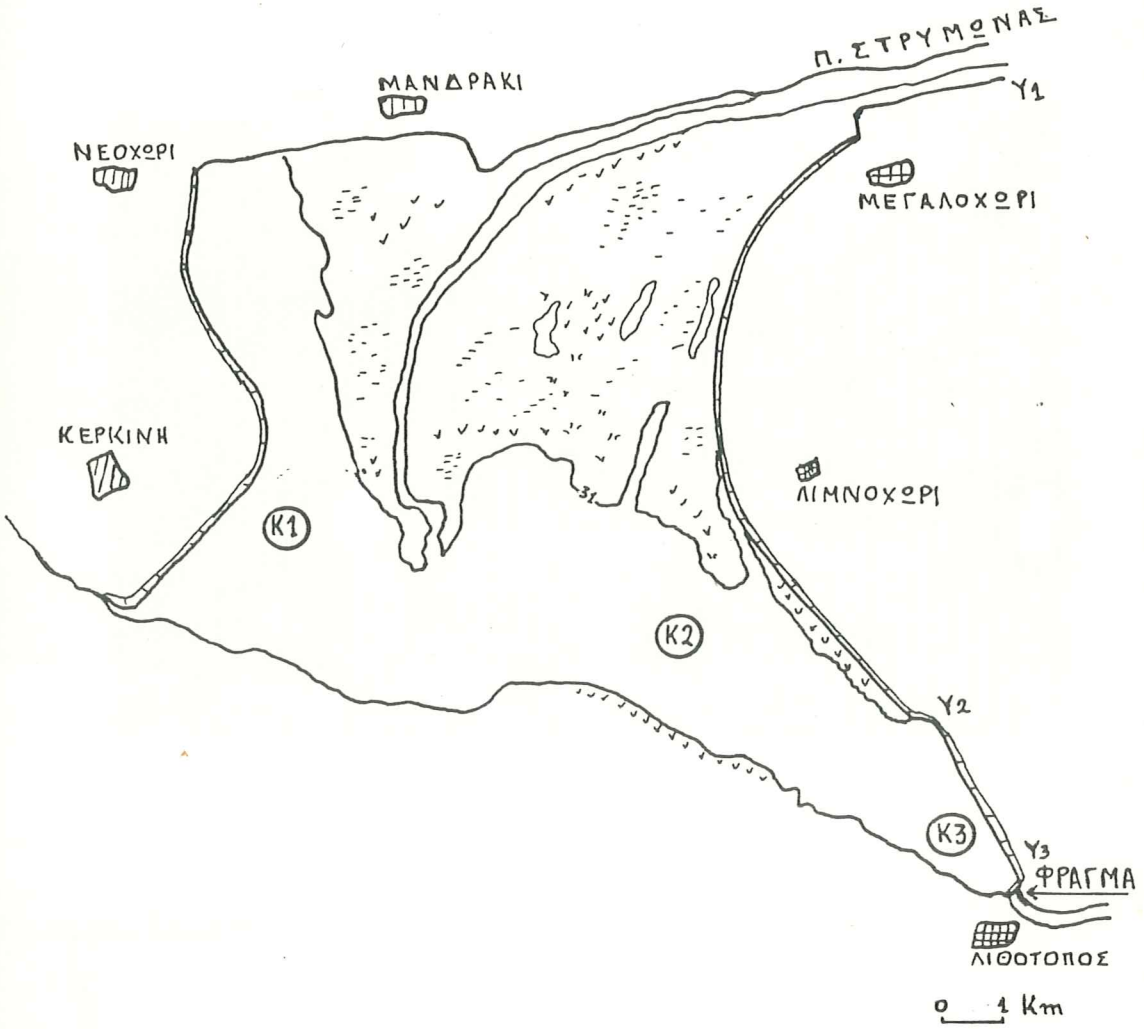
Η χώρα μας διαθέτει αξιόλογο υδάτινο δυναμικό, με ευνοϊκές για την ιχθυοπαραγωγή γεωγραφικές, κλιματολογικές και υδροβιολογικές συνθήκες. Εντούτοις όμως η ιχθυοπαραγωγή είναι ελλειμματική και η αξιοποίηση των υδάτινων πόρων περιορισμένη. Έτσι για την αντιμετώπιση των αναγκών της αγοράς σε ιχθυηρά, εισάγονται από διάφορες χώρες σημαντικές ποσότητες φαριών, με αποτέλεσμα την απώλεια συναλλάγματος.

Η αντιμετώπιση του προβλήματος της παραγωγικότητας των λιμνών γίνεται μέχρι σήμερα χωρίς προγραμματισμό και έλεγχο, αντίθετα προς την επιστημονική μεθοδολογία, της οποίας η πρώτη βαθμίδα είναι η έρευνα για τη σαφή γνώση του προβλήματος. Έτσι και στην τεχνητή λίμνη της Κερκίνης, που είναι προστατευταίος με τη σύμβαση Ramsar υδροβιότοπος, η έρευνα που έχει γίνει είναι πολύ περιορισμένη. Η ανάγκη επομένως για μια οικολογική έρευνα στη λίμνη αυτή, που να προσδιορίζει την κατάσταση που επικρατεί, από υδροβιολογικής πλευράς και από πλευράς ποιότητας του νερού, ρύπανσης και υγιεινών συνθηκών διαβίωσης των φαριών, κρίθηκε επιτακτική.

Η ερευνητική εργασία που έγινε στη λίμνη Κερκίνη άρχισε τον Οκτώβριο του 1985 και περατώθηκε το Σεπτέμβριο του 1986, αποτελεί μέρος ευρύτερου ερευνητικού προγράμματος μελέτης, από οικολογικής και ιχθυοπαραγωγικής πλευράς, των λιμνών της Β.Ελλάδας (Κυλικίδης και συν., 1982, 1984, 1987).

Η ΛΙΜΝΗ ΚΕΡΚΙΝΗΣ

Η τεχνητή λίμνη Κερκίνης βρίσκεται στο ΒΔ τμήμα του νομού Σερρών (επαρχία Συντικής), με γεωγραφικό μήκος και πλάτος αντίστοιχα 23^{o} 08' και 41^{o} 13' (Σχ. 1).



Σχ. 1. Σχεδιάγραμμα της τεχνητής λίμνης Κερκίνης και της γύρω περιοχής.

Η τεχνητή αυτή λίμνη σχηματίστηκε το 1932, ύστερα από την κατασκευή φράγματος στον ποταμό Στρυμώνα, στη θέση της κοινότητας Λιθότοπου. Μετά την κατασκευή νέου φράγματος το 1982, στην ίδια θέση, η ανώτερη στάθμη της λίμνης (υψομετρική στάθμη) έφθασε τα 39 m (Εικ. 2).

Η λεκάνη απορροής της λίμνης Κερκίνης περιλαμβάνεται στην ευρύτερη λεκάνη απορροής του ποταμού Στρυμώνα, που πηγάζει από τη Βουλγαρία. Το ελληνικό τμήμα της λεκάνης απορροής της λίμνης καθορίζεται από τα όρη Μπέλλες, Κρούσια και Μαυροβούνι. Στο τμήμα αυτό της λεκάνης απορροής περιλαμβάνονται οι κοινότητες Λιθότοπος, Κερκίνη, Βυρώνεια, Μανδράκι, Μεγαλοχώρι, Λειβαδιά, Θρακινό, Πετρίτσι, Πονιμό, Λιμνοχώρι, Χρυσοχώραφα, Ομαλά, Ακριτοχώρι, Προμαχώνας, Άγκιστρο και Στρυμονοχώρι.

Η λίμνη Κερκίνη τροφοδοτείται κυρίως από τον ποταμό Στρυμώνα και μικρό

Εικ. 2. Γενική άποψη της λίμνης Κερκίνης.

αριθμό χειμάρρων που εισρέουν στο ΒΔ τμήμα της λίμνης, με κυριότερο τον Κερκινίτη. Η λίμνη χρησιμοποιείται ως αποταμιευτήρας νερού για τις ανάγκες του αρδευτικού δικτύου του κάμπου των Σερρών. Το δίκτυο αυτό προμηθεύεται νερό μέσω τριών αγωγών υδροληψίας. Ο ένας αγωγός τροφοδοτείται απ'ευθείας από τον ποταμό Στρυμώνα, πριν από την εϋσοδό του στη λίμνη και οι υπόλοιποι δύο αγωγοί τροφοδοτούνται απ'ευθείας από τη λίμνη (Εικ. 1).

Γεωμορφολογία της περιοχής

Ο σχηματισμός της γεωτεκτονικής δομής και της επιφανειακής ανάγλυφης όψης της περιοχής ανάγεται στην τριτογενή περίοδο του καινοζωικού αιώνα, όταν ολόκληρη η περιοχή αναδύθηκε από τη θάλασσα. Από τότε όμως συνεχείς ηπειρογενετικές κινήσεις και ιδίως κατά τη μειόκαινο υποπερίοδο άλλαξαν εντελώς τη μορφή της περιοχής.

Τα σημερινά εδάφη της περιοχής μπορούν να χαρακτηριστούν καθ'ολοκληρία σχεδόν ως αλλοθιγενή ή πλανητικά και αλλουβιακά αποθέματα, κυριότερος φορέας των οποίων θεωρείται ο ποταμός Στρυμώνας.

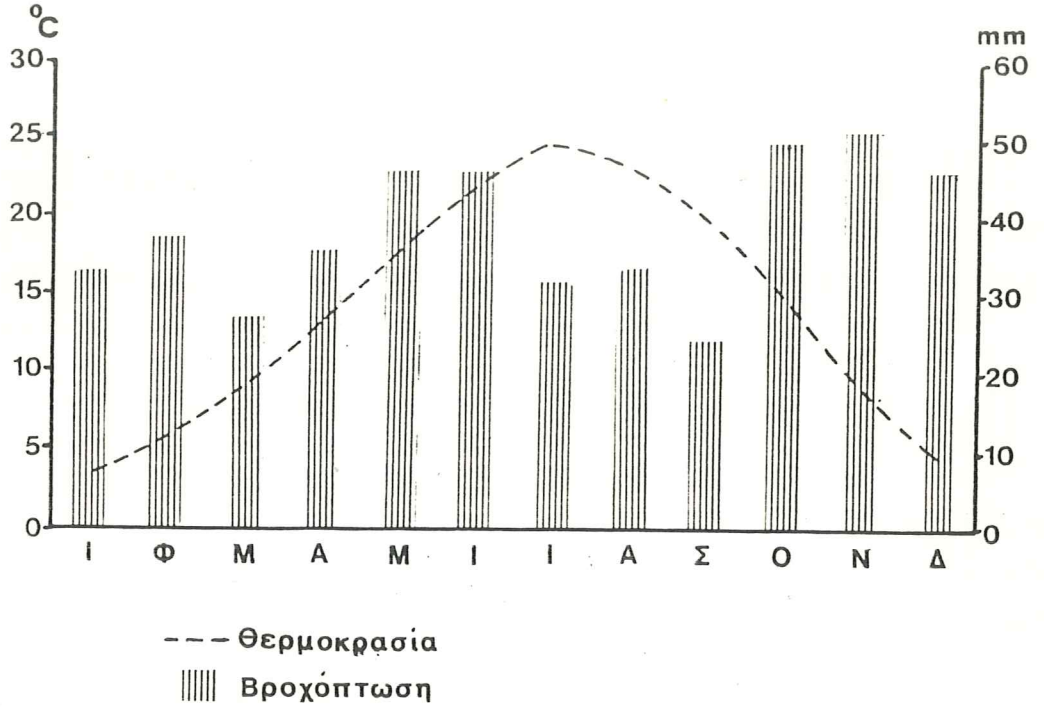
Ο ποταμός Στρυμώνας κατά τη διέλευσή του από την περιοχή αποθέτει κατά κύριο λόγο αδρανή εδαφολογικά υλικά, με άφθονη λεπτόκοκκη χαλαζιακή και πυριτική άμμο. Αυτά σε συνδυασμό με την άργιλο, τον πηλό και τα χα-

λίκια, αποτελούν τα σημερινά εδάφη της περιοχής.

Ο πυθμένας της λεκάνης έχει αμμοαργιλώδη σύσταση που σε πολλά σημεία έχει καλυφθεί από λευκή άμμο προερχόμενη από τις αποθέσεις του Στρυμώνα. Το κέντρο της λεκάνης της λίμνης καλύπτεται από λάσπη. Ο βυθός της λίμνης είναι ως επί το πλείστον ομαλός και επίπεδος με ελάχιστες εξάρσεις, λόγω ακριβώς των τεράστιων αποθέσεων των φερτών υλών. Στο σημείο εισροής του ποταμού Στρυμώνα στη λίμνη, δηλαδή στο Δέλτα, ο βυθός παρουσιάζει μεγάλη αστάθεια, εξαιτίας της ασυνδετότητας άμμου και αργίλου (ΥΠΕΧΩΔΕ, 1986).

Μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής

Από τον Μετεωρολογικό Σταθμό Σερρών, ο οποίος βρίσκεται ανατολικά της λίμνης και απέχει απ'αυτή 38 km, πάρθηκαν τα μετεωρολογικά στοιχεία για τη λίμνη Κερκίνη. Στο σχήμα 3 δίνονται το μέσο ύψος βροχής και η μέση θερμοκρασία της ατμόσφαιρας κατά μήνα. Οι μέσες τιμές κατά μήνα που προαναφέρθηκαν υπολογίστηκαν από τα μετεωρολογικά δεδομένα της χρονικής περιόδου 1972-1984.



Σχ. 3. Μέσο ύψος βροχής και θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας κατά μήνα της περιοχής της λίμνης Κερκίνης.

Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως ηπειρωτικό με ζεστό καλοκαίρι και ψυχρό χειμώνα, όπου η θερμοκρασία κατά την περίοδο αυτή μπορεί να κατέβει πολλές φορές κάτω από το μηδέν.

Το μέσο ετήσιο ύψος της βροχής, για τη χρονική περίοδο που προαναφέρ-

θηκε υπολογίστηκε σε 462 mm. Έτσι το κλίμα της περιοχής μπορεί να χαρακτηριστεί ως ημίξηρο.

ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ

Η γεωργία είναι η κυριότερη ασχολία των κατοίκων των οικισμών της λεκάνης απορροής της λίμνης Κερκίνης και κατά συνέπεια η κυριότερη ανθρώπινη παρέμβαση στη λίμνη αυτή προέρχεται από την παραπάνω δραστηριότητα.

Η γεωργική γη της περιοχής ανέρχεται σε 200.000 στρέμματα, όπου καλλιεργούνται κυρίως σιτηρά, ενώ η δενδροκαλλιέργεια καταλαμβάνει έκταση μόνο 8.000 στρεμμάτων. Οι βοσκότοποι εξάλλου καλύπτουν έκταση 250.000 στρεμμάτων, από τα οποία τα 30.000 στρέμματα βρίσκονται γύρω από το δέλτα του ποταμού Στρυμώνα.

Για τις ανάγκες των καλλιεργειών που προαναφέρθηκαν χρησιμοποιήθηκαν το 1984 8.468.300 kg χημικά λιπάσματα και 26.576 kg γεωργικά φάρμακα. Ο ζωικός εξάλλου πληθυσμός της περιοχής αποτελείται από 14.500 βοοειδή, 4.600 χοίρους, 32.000 αιγοπρόβατα, 58.000 πουλερικά και 1700 κουνέλια (ΥΠΕΧΩΔΕ, 1986).

Η παραπάνω δραστηριότητα αφορά μικρό μόνο μέρος της λεκάνης απορροής της λίμνης, που ανήκει στην ελληνική επικράτεια. Επιδράσεις ασφαλώς δέχεται η λίμνη Κερκίνη και από την υπόλοιπη λεκάνη απορροής, που ανήκει στη Βουλγαρία, μέσω του ποταμού Στρυμώνα. Όπως άλλωστε προαναφέρθηκε, ο ποταμός Στρυμώνας είναι ο κυριότερος παράγοντας που ρυθμίζει και επηρεάζει τη λειτουργία της τεχνητής αυτής λίμνης.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΙΧΘΥΟΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ

Η τεχνητή λίμνη Κερκίνη, εκτός από τη χρησιμοποίησή της ως αποταμιευτήρας νερού για τις αρδευτικές ανάγκες του κάμπου των Σερρών, λειτουργεί και ως ιχθυοπαραγωγικό οικοσύστημα. Επομένως οι παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγικότητα τέτοιων οικοσυστημάτων επηρεάζουν και την ιχθυοπαραγωγή της Κερκίνης.

Για την εκτίμηση της ιχθυοπαραγωγικής ικανότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι περιοριστικοί εκείνοι παράγοντες που καθορίζουν και οριοθετούν την παραγωγή αυτή. Οι παράγοντες αυτοί θα πρέπει να αναζητηθούν στην ποιότητα και στη ρύπανση του νερού του οικοσυστήματος, στην τροφική του δομή καθώς επίσης και στην αλιευτική πολιτική που ασκείται για την εκμετάλλευση των υδάτινων αυτών πόρων. Έτσι

το πρόβλημα της ιχθυοπαραγωγής και γενικότερα της αξιοποίησης των υδάτινων πόρων είναι σύνθετο, η επίλυση του οποίου θα πρέπει να στηρίζεται στη διερεύνηση και στην εκτίμηση των βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων. Η γνώση αυτή δίνει τη δυνατότητα για την εφαρμογή του καταλληλότερου τρόπου εκμετάλλευσης, ώστε να επιτευχθεί η άριστη ποσοτικά ιχθυοπαραγωγή με το μικρότερο δυνατό κόστος.

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν θετικά ή αρνητικά τη ζωική παραγωγή των υδάτινων οικοσυστημάτων και ιδιαίτερα την ιχθυοπαραγωγή είναι, όπως προαναφέρθηκε, η ποιότητα του νερού και η ποιότητα και η ποσότητα της τροφής των ψαριών. Άλλοι τέλος παράγοντες που καθορίζουν την ιχθυοπαραγωγή είναι η σύνθεση του ιχθυοπληθυσμού, ο τρόπος εκμετάλλευσης του υδάτινου οικοσυστήματος και οι παθογόνοι παράγοντες που επηρεάζουν τον ιχθυοπληθυσμό.

1. Ποιότητα και ρύπανση του νερού

Η πιο σημαντική παράμετρος για την παραγωγικότητα κάθε υδάτινου οικοσυστήματος είναι η ποιότητα του νερού. Από την άλλη πλευρά υπάρχουν πολλοί παράγοντες που καθορίζουν, μεταβάλλουν ή αλλοιώνουν την ποιότητα του νερού.

Κάθε παράγοντας που μεταβάλλει τη σύνθεση του νερού έχει επιπτώσεις σ'όλους τους υδρόβιους οργανισμούς, φυτικούς ή ζωικούς, μονοκύτταρους ή πολυκύτταρους. Έτσι οι μεταβολές στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων στο νερό, η παρουσία ρυπαντών ή οι μεταβολές άλλων φυσικοχημικών παραμέτρων, επιφέρουν σημαντικές μεταβολές στην τροφική δομή του οικοσυστήματος με άμεσες επιπτώσεις στην υγεία των ψαριών και στην ιχθυοπαραγωγή γενικότερα. Πρέπει να τονιστεί πως οι λίμνες δέχονται σημαντικές επιδράσεις από τη λεκάνη απορροής και ιδιαίτερα οι τεχνητές λίμνες από τον ποταμό από τον οποίο κυρίως τροφοδοτούνται.

Στον πίνακα Ι, δίνονται οι παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα του νερού των λιμνών που χρησιμοποιούνται για ιχθυοπαραγωγή καθώς και τα επιτρεπτά όρια των παραμέτρων αυτών για την εκτροφή κυπρινιδών και σαλμονιδών (Bohl, 1982· ΦΕΚ 438/1985).

Σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του νερού των τεχνητών λιμνών παίζει η συχνότητα ανανέωσης του νερού της λίμνης, η οποία εκτιμάται από τη σχέση:

$$p = \frac{Q}{V}$$ όπου: p = Μέση συχνότητα ανανέωσης
V = Όγκος νερού της λίμνης
Q = Όγκος εκροής

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

ΕΠΙΤΡΕΠΤΑ ΟΡΙΑ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

Π Α Ρ Α Μ Ε Τ Ρ Ο Ι	ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	
	Σαλμονιδών	Κυπρινιδών
Θερμοκρασία (^{o}C)	$\leq 21,5$	$\leq 30,0$
pH	6,0 - 8,5	5,5 - 9,0
Διαλυμένο οξυγόνο (mg O_2/L)	≥ 6	≥ 5
Αιωρούμενα στερεά (mg SS/L)	25	25
Ολικό αμμώνιο (mg NH_4/L)	≤ 1	≤ 1
Ελεύθερη αμμωνία (mg NH_3/L)	$\leq 0,025$	$\leq 0,025$
Νιτρικά (mg NO_3/L)	≤ 3	≤ 6
Νιτρώδη (mg NO_2/L)	$\leq 0,05$	$\leq 0,05$
Φωσφορικά (mg PO_4/L)	$\leq 0,2$	$\leq 0,4$
BOD_5 (mg O_2/L)	≤ 3	≤ 6
Ολικό υπολειμματικό χλώριο (mg HOCl/L)	$\leq 0,005$	$\leq 0,005$
Φαινολικές ενώσεις (mg C_6H_5OH/L)	$\leq 0,005$	$\leq 0,005$
*Ψευδάργυρος (mg Zn/L)	$\leq 0,03$ - 0,5	$\leq 0,3$ - 20
*Χαλκός (mg Cu/L)	0,005 - 0,112	0,005 - 0,112

* Ανάλογα με τη σκληρότητα του νερού, εκφρασμένη σε $CaCO_3$. Οι μικρότερες τιμές αντιστοιχούν σε σκληρότητα νερού 10 mg $CaCO_3$/L και οι μεγαλύτερες σε σκληρότητα 500 mg $CaCO_3$/L.

ενώ ο μέσος ετήσιος χρόνος παραμονής του νερού από τη σχέση: $T(W) = \frac{V}{Q}$

Ο βαθμός ρύπανσης και γενικότερα η ποιότητα του νερού της λίμνης επηρεάζεται, όπως προαναφέρθηκε, από τη λεκάνη απορροής και ιδιαίτερα από την παράκτια περιοχή της λίμνης. Η επίδραση αυτή σε σημαντικό βαθμό εξαρτάται από το σχήμα της λίμνης (ακτογραμμή). Ο βαθμός επίδρασης προσδιορίζεται από το συντελεστή D_L της σχέσης:

$$D_L = \frac{L}{2\sqrt{\pi Ao}} \qquad \text{(Wetzel, 1983)}$$

όπου: L = μήκος ακτογραμμής
Ao = επιφάνεια λίμνης

2. Τροφική δομή και προβλήματα λειτουργικότητας των λιμνών

Για την αυξημένη παραγωγικότητα των υδάτινων οικοσυστημάτων εκτός των άλλων προϋποθέσεων (ευνοϊκό περιβάλλον, σύνθεση ιχθυοπληθυσμού, ορθολογική εκμετάλλευση), πρέπει να υπάρχει η κατάλληλη ποιότητα και ποσότητα τροφής. Έτσι οι καλά αναπτυγμένες τροφικές δομές και ιδιαίτερα τα κατώτερα τροφικά επίπεδα (πλαγκτονικού οργανισμού), αποτελούν προϋπόθεση για καλή ιχθυοπαραγωγή.

Το ιδιότυπο υδρολογικό καθεστώς των τεχνητών λιμνών επιδρά στη διαμόρφωση ασταθών βιοτικών τύπων, όπως ασταθής είναι και η τροφική δομή των λιμνών αυτών. Έτσι στα αρχικά στάδια της δημιουργίας μιας τεχνητής λίμνης συναντάται σχετικά μεγάλη ανάπτυξη πλαγκτονικών οργανισμών, στους οποίους κυριαρχούν μόνο ορισμένα είδη. Γενικότερα μπορεί να λεχθεί ότι το πλαγκτό των τεχνητών λιμνών είναι παρόμοιο με εκείνο του ποταμού, από τον οποίο δημιουργήθηκε η λίμνη και κυριαρχείται από Διάτομα και Τροχόζωα. Ιδιαίτερη κατάσταση επικρατεί στις λίμνες αυτές μόνο κοντά στο φράγμα, όταν αυτό δε λειτουργεί, όπου οι συνθήκες είναι ήρεμες και η σύνθεση του πλαγκτού προσομοιάζει με εκείνη των τυπικών λιμνών. Στην περιοχή αυτή κυριαρχούν τα Κυανοφύκη και τα Κλαδοκερωτά.

Σε ό,τι αφορά το βένθος σε μια τεχνητή λίμνη, μεγάλη σημασία έχει η διακύμανση της στάθμης του νερού και η μορφολογία της λεκάνης. Η διακύμανση της στάθμης του νερού της λίμνης λειτουργεί ως παράγοντας αποσάθρωσης των πετρωμάτων και τα πρανή της λίμνης έχουν στην περίπτωση αυτή κλιμακωτή μορφολογία. Στην περίπτωση που η κλίση των ακτών της λίμνης είναι μεγάλη, τότε και μικρές μόνο μεταβολές της στάθμης του νερού, έχουν ως αποτέλεσμα την καταστροφή του βένθους της παράκτιας αυτής περιοχής (Zhadin και Gerd, 1963).

Ιδιαίτερου ενδιαφέροντος διεργασίες επιτελούνται στο σημείο εισροής του ποταμού στην τεχνητή λίμνη (Δέλτα). Οι διεργασίες αυτές, που σχετίζονται με τη μεταφορά από τον ποταμό φερτών υλικών στη λίμνη, επηρεάζουν το βενθικό πληθυσμό κατά τον ακόλουθο τρόπο. Το συνεχώς μεταφερόμενο από τον ποταμό φερτό υλικό επικαλύπτει οποιαδήποτε βενθική πανίδα, η οποία επιχειρεί να καταλάβει την περιοχή. Η πανίδα αυτή, που αποτελείται κυρίως από λάρβες εντόμων (Εφυμενόπτερα, Τριχόπτερα κ.ά.), διαβιεί ανάμεσα στα χαλίκια, τα οποία γρήγορα καλύπτουνται από λεπτόκοκκη λάσπη, με αποτέλεσμα να καταστρέφονται οι παραπάνω ρεόφιλοι οργανισμοί.

Με τον όρο "Ευτροφισμός" προσδιορίζεται η κατάσταση εκείνη που δημιουργείται στα υδάτινα οικοσυστήματα εξαιτίας της υπέρμετρης ανάπτυξης των φυτικών οργανισμών και ιδιαίτερα των μικροσκοπικών. Η κατάσταση αυτή, που ευνοεί την ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών, καθορίζεται από τη μεταβολή των οικολογικών συνθηκών που επικρατούν στα υδάτινα οικοσυστήματα, εξαιτίας κυρίως του εμπλουτισμού τους με θρεπτικά άλατα, όπως είναι τα φωσφορικά, νιτρικά, θειικά. Η εισροή τέτοιων θρεπτικών υλικών στα υδάτινα οικοσυστήματα διαταράσσει τη σχέση Άνθρακα (C), Αζώτου (N) και Φωσφόρου (P), η οποία, όταν μεταβληθεί, αποτελεί προϋπόθεση για την εμφάνιση του φαι-

νομένου του Ευτροφισμού. Κατά τον Järnefelt (1956), κριτήριο για τον καθορισμό του Ευτροφισμού μιας λίμνης, αποτελεί η βιομάζα του φυτοπλαγκτού κατά τη θερινή περίοδο. Σύμφωνα με τις απόψεις του παραπάνω συγγραφέα η τιμή των 800 mg βιομάζας/m^3 νερού αντιδιαστέλλει μια ολιγότροφη από μια εύτροφη λίμνη. Η ιδιαίτερη κατάσταση που ευνοεί την υπερβολική ανάπτυξη των φυκών, ιδιαίτερα των κυανοφυκών, χαρακτηρίζεται ως "Άνθιση του ύδατος" (water bloom).

Ο Ευτροφισμός των λιμνών και η "Άνθιση του ύδατος" έχουν άμεσες ή έμμεσες επιπτώσεις στην ιχθυοπαραγωγή, είτε εξαιτίας της δημιουργίας αναερόβιων συνθηκών (έλλειψη οξυγόνου), είτε εξαιτίας της παραγωγής τοξικών αερίων (υδροθείου, αμμωνίας, μεθανίου κλπ.). Τονίζεται ότι τα ψάρια, ιδιαίτερα τα μικρής ηλικίας, είναι ευαίσθητα στις τοξικές αυτές καταστάσεις. Στην περίπτωση του φαινομένου της "Άνθισης του ύδατος" η κατάσταση επιδεινώνεται, γιατί ορισμένα κυανοφύκη εκκρίνουν τοξικές ουσίες που βλάπουν όχι μόνο τα ψάρια, αλλά ολόκληρη την τροφική δομή του οικοσυστήματος.

ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ

Η λίμνη Κερκίνη, όπως προαναφέρθηκε, είναι τεχνητή λίμνη που σχηματίστηκε ύστερα από την κατασκευή φράγματος στον ποταμό Στρυμώνα, με σκοπό τη δημιουργία δεξαμενής ύδατος για τις αρδευτικές ανάγκες του κάμπου των Σερρών. Η λίμνη όμως αυτή αποτελεί επίσης ένα ιχθυοπαραγωγικό οικοσύστημα, του οποίου η παραγωγή καλύπτει σε σημαντικό βαθμό τις ανάγκες της περιοχής σε ψάρια. Τέλος η λίμνη Κερκίνη είναι ένας από τους πιο σημαντικούς υδροβιότοπους της χώρας, εξαιτίας της σπάνιας πτερωτής πανίδας, που προστατεύεται με τη σύμβαση Ramsar. Η αποδοτικότητα όμως των λειτουργιών της λίμνης, που προαναφέρθηκαν, εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τον όγκο και την ποιότητα του νερού της.

Ο όγκος του νερού της Κερκίνης καθορίζεται από τη χωρητικότητα της λεκάνης της λίμνης και από τις υδάτινες εισροές και εκροές. Η ποιότητα εξάλλου του νερού της λίμνης αυτής, που είναι σημαντικός παράγοντας για την επιβίωση και ανάπτυξη του ιχθυοπληθυσμού, επηρεάζεται από την ποιότητα του νερού του ποταμού Στρυμώνα, που είναι ο κύριος τροφοδότης της τεχνητής αυτής λίμνης, καθώς και από την ποιότητα του νερού των εισροών της λεκάνης απορροής της λίμνης. Τονίζεται επιπλέον, ότι ο βαθμός επίδρασης της παραλίμνιας περιοχής στην ποιότητα του νερού της λίμνης εξαρτάται σημαντικά από το σχήμα της ακτογραμμής της λίμνης, σύμφωνα με τις απόψεις του Wetzel (1983).

Θα πρέπει να προστεθεί τέλος, ότι ο όγκος της λίμνης Κερκίνης, όπως και όλων των τεχνητών λιμνών γενικότερα, είναι μεταβλητός. Τούτο συμβαίνει γιατί ο όγκος του νερού των λιμνών αυτών δεν εξαρτάται μόνο από τις υδάτινες εισροές και εκροές αλλά και από τον όγκο των φερτών υλικών, που μεταφέρονται με τα νερά των ποταμών και αποθέτονται στον πυθμένα της λίμνης, μειώνοντας έτσι τη στάθμη του νερού της.

Από στοιχεία που παραχωρήθηκαν από την 1η ΔΕΚΕ Σερρών (Υπηρεσία που διαχειρίζεται την Κερκίνη ως δεξαμενή νερού για τις αρδευτικές ανάγκες του κάμπου των Σερρών), έγιναν οι παρακάτω εκτιμήσεις, σχετικά με το υδατικό ισοζύγιο της Κερκίνης και τη μεταβολή της στάθμης του νερού της λίμνης αυτής, εξαιτίας του όγκου των φερτών υλικών του Στρυμώνα. Καθορίστηκε τέλος ο βαθμός επίδρασης της παραλίμνιας περιοχής στην ποιότητα του νερού της Κερκίνης.

1. Μεταβολές της επιφάνειας, της στάθμης και του όγκου του νερού της λίμνης Κερκίνης

Σύμφωνα με στοιχεία της 1ης ΔΕΚΕ Σερρών το υψόμετρο της στάθμης της ελεύθερης επιφάνειας της λίμνης, κατά τη διάρκεια της έρευνας, κυμάνθηκε από 31,1 m μέχρι 35,4 m, από την επιφάνεια της θάλασσας, με μέση τιμή 33,03 m. Η επιφάνεια εξάλλου της λίμνης κατά την ίδια χρονική περίοδο ήταν κατά μ.ό. 59,4 km^2, με όρια που κυμάνθηκαν από 45 km^2 μέχρι 72 km^2. Το μέγιστο και μέσο βάθος της λίμνης καθώς και η παροχή του ποταμού Στρυμώνα κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 4,7 m μέχρι 9,2 m, από 1,3 m μέχρι 4,7 m (μέση τιμή 3,08 m) και από 12 μέχρι 240 m^3/sec (μέση τιμή 75 m^3/sec).

Στον πίνακα II δίνονται αναλυτικά οι μέσες μηνιαίες τιμές του υψομέτρου της στάθμης της επιφάνειας (Η) και του όγκου της λίμνης Κερκίνης. Επίσης δίνεται το μέγεθος της παροχής του ποταμού Στρυμώνα καθώς και της εκροής του φράγματος κατά τη διάρκεια της έρευνας.

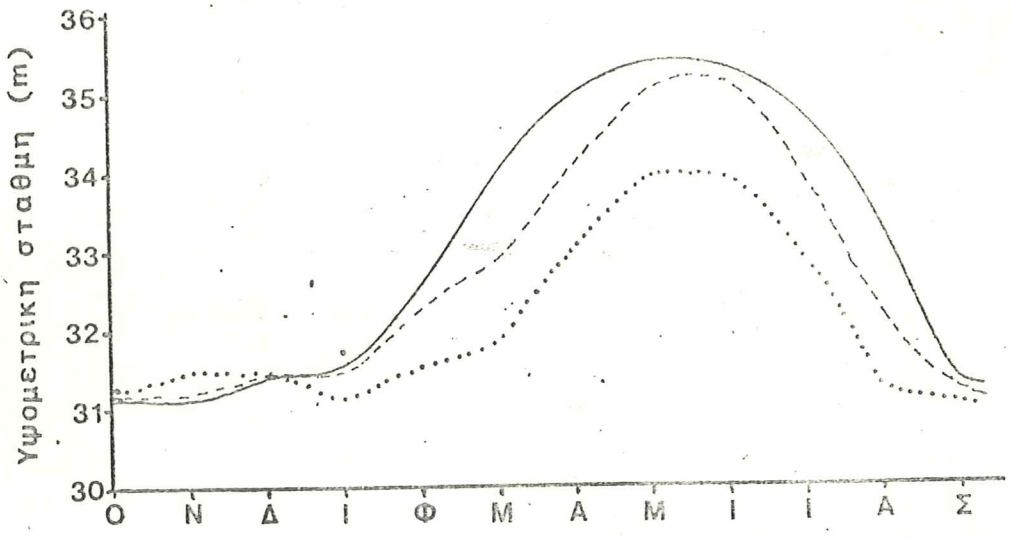
ΠΙΝΑΚΑΣ II

ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ, ΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΤΟΥ ΣΤΡΥΜΩΝΑ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΚΡΟΗΣ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.

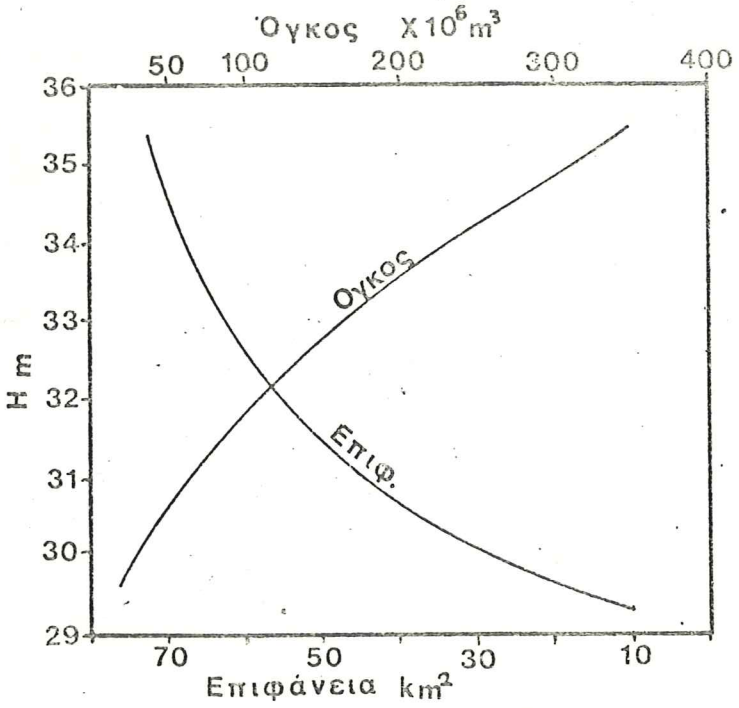
	Η	Επιφάνεια km^2	Όγκος $x10^6$ m^3	Παροχή Στρυμώνα m^3/sec	Εκροή φράγματος $x10^6$ m^3
ΟΚΤ. '85	31,10	46,0	67	25	26,8
ΝΟΕΜ. '85	31,10	45,0	60	50	139,5
ΔΕΚ. '85	31,40	49,0	82	25	167,2
ΙΑΝ. '86	31,50	50,0	82	30	146,4
ΦΕΒΡ. '86	32,50	59,0	136	160	349,4
ΜΑΡΤ. '86	34,00	68,0	233	240	537,0
ΑΠΡΙΛ.'86	34,70	70,0	300	150	139,7
ΜΑΪΟΣ '86	35,40	72,0	338	140	258,9
ΙΟΥΝ. '86	35,35	72,0	330	85	124,6
ΙΟΥΛ. '86	34,74	70,0	300	30	Ø
ΑΥΓ. '86	33,30	65,0	199	12	Ø
ΣΕΠΤ. '86	31,20	46,5	70	15	Ø

Οι μεταβολές της στάθμης της ελεύθερης επιφάνειας της λίμνης κατά τη χρονική περίοδο 1983-86 δίνονται στο σχήμα 4 . Εξάλλου στο σχήμα 5 παρουσιάζονται οι μεταβολές του όγκου και της επιφάνειας της Κερκίνης, σε σχέση με τη στάθμη της ελεύθερης επιφάνειας της λίμνης κατά τη διάρκεια της έρευνας.

Σύμφωνα με υπόμνημα του Υπουργείου Δημοσίων Έργων (1978), που αφορά την αποτύπωση της λίμνης Κερκίνης, η μείωση της χωρητικότητας της λεκάνης



Σχ. 4 . Μεταβολές της στάθμης της ελεύθερης επιφάνειας της λίμνης Κερκίνης για τη χρονική περίοδο 1983-84 (...), 1984-85 (---) και 1985-86 (——).



Σχ. 5 . Μεταβολές του όγκου του νερού και της επιφάνειας της Κερκίνης, σε συνάρτηση με τη στάθμη της ελεύθερης επιφάνειας της λίμνης.

της λίμνης αυτής ήταν ραγδαία μέχρι το 1962, εξαιτίας των προσχώσεων, από τα φερτά υλικά του ποταμού Στρυμώνα, που ανέρχονταν κατά μ.ό. σε $.5x10^6$ m^3/yr. Από το 1962 μέχρι το 1977 ο ρυθμός πρόσχωσης μειώθηκε σημαντικά, αφού σύμφωνα με το παραπάνω υπόμνημα ο όγκος των φερτών υλικών μειώθηκε σε $1,7x10^6$ m^3/yr.

Για να εκτιμηθεί ο σημερινός βαθμός πρόσχωσης της λίμνης σε σχέση με εκείνον του 1977, έγιναν βυθομετρήσεις στην Κερκίνη με κατάλληλο ηχοβολιστικό όργανο. Οι μετρήσεις αυτές έγιναν σε εγκάρσιες τομές, όπως φαίνεται στο χάρτη της τελευταίας αποτύπωσης του 1977, μεταξύ των σημείων από 1 μέχρι 11 (Σχ. 6).

Από τις καταγραφές των βυθομετρήσεων που έγιναν κατά τη διάρκεια της έρευνας (Σχ. 7) δε φαίνεται να υπάρχουν ουσιώδεις μεταβολές στη στάθμη της λίμνης σε σχέση με την αποτύπωση του 1977.

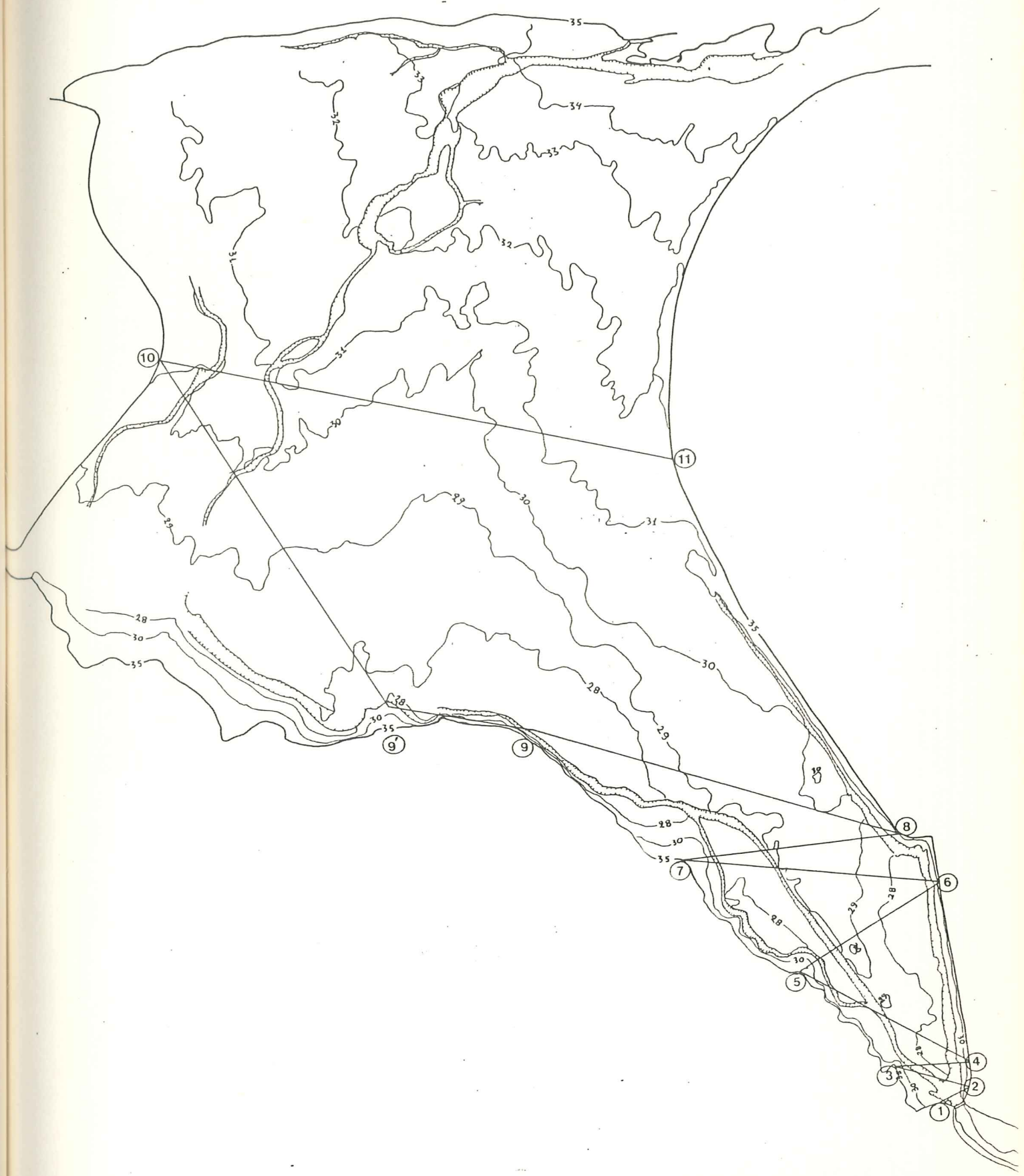
Από τα αποτελέσματα των βυθομετρήσεων φαίνεται ότι και σήμερα ο ρυθμός πρόσχωσης της λίμνης εξακολουθεί να είναι μικρός, όπως και το 1977. Πρέπει όμως να τονιστεί ότι η ακρίβεια των μετρήσεων ήταν σχετική (±0,5 m) και ότι οι μετρήσεις δεν αφορούσαν την περιοχή της εισόδου του ποταμού Στρυμώνα στη λίμνη (Δέλτα του ποταμού), όπου εκεί αποθέτεται ο μεγαλύτερος όγκος των φερτών υλικών.

2. Υδατικό ισοζύγιο της λίμνης Κερκίνης (water balance)

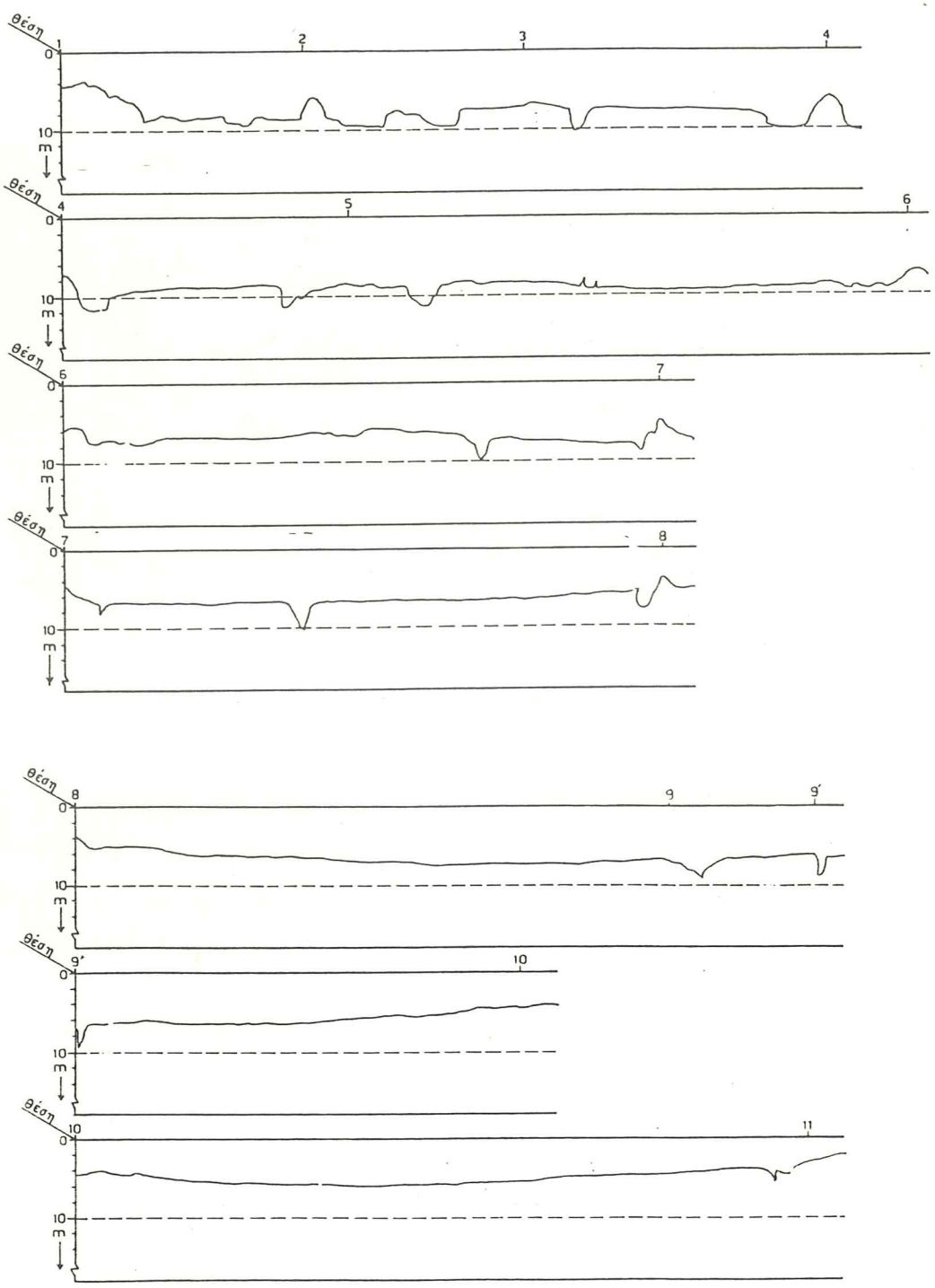
Από το σύνολο των εισροών και εκροών της λίμνης Κερκίνης υπολογίστηκε το υδατικό ισοζύγιο της λίμνης αυτής. Στις εισροές περιλήφθηκαν, εκτός από τη μέση ετήσια παροχή του Στρυμώνα και εκείνες του χειμάρρου Κερκινίτη και των άλλων χειμάρρων της λεκάνης απορροής καθώς επίσης και οι βροχοπτώσεις. Από την παροχή του Στρυμώνα αφαιρέθηκε η ποσότητα νερού που απομακρύνεται από τον ποταμό μέσω της υδροληψίας Υ1 (βλ. σχήμα 1) επειδή η υδροληψία αυτή γίνεται πριν από την είσοδο του ποταμού στη λεκάνη της λίμνης.

Στις εκροές υπολογίστηκαν οι ποσότητες νερού που απομακρύνονται από τη λίμνη μέσω του φράγματος και των υδροληψιών Υ2 και Υ3 (βλ. σχήμα 1), καθώς και εκείνες οι ποσότητες που εκφεύγουν από τη λίμνη με την εξάτμιση και τη διήθηση.

Εισροές:-Ποταμός Στρυμώνας (Μέση ετήσια παροχή 75 m^3/sec)	$2332,8 \times 10^6$ m^3/yr
-Χείμαρρος Κερκινίτης και λεκάνη απορροής.	$68,6 \times 10^6$ m^3/yr
-Βροχόπτωση	$30,0 \times 10^6$ m^3/yr
-Απώλεια της παροχής του Στρυμώνα μέσω της υδροληψίας Υ1	$-117,8 \times 10^6$ m^3/yr
ΣΥΝΟΛΟ ΕΚΡΟΩΝ	$2313,8 \times 10^6$ m^3/yr



Σχ. 6. Χάρτης αποτύπωσης της λίμνης Κερκίνης του 1977 με τις διαδρομές των βυθομετρήσεων κατά τη διάρκεια της έρευνας.



Σχ. 7. Καταγραφές των βυθομετρήσεων που έγιναν στη λίμνη Κερκίνη κατά τη διάρκεια της έρευνας.

Εκροές:-Από το φράγμα	$1886,5 \times 10^6$	m^3/yr
-Από τις υδροληψίες Υ2 και Υ3. . .	$327,0 \times 10^6$	m^3/yr
-Από εξάτμιση και διήθηση	$100,0 \times 10^6$	m^3/yr
ΣΥΝΟΛΟ ΕΚΡΟΩΝ	$2313,5 \times 10^6$	m^3/yr

Από τη διαφορά των ειροών και εκροών το υδατικό ισοζύγιο της λίμνης Κερκίνης κατά την περίοδο 1985-86 ήταν θετικό και ίσο με $0,3 \times 10^6$ m^3/yr.

Για τον υπολογισμό του μέσου χρόνου παραμονής του νερού στη λίμνη Κερκίνη (Tw) και της μέσης συχνότητας ανανέωσης του νερού της (p), εφαρμόστηκαν οι σχέσεις της σελίδας 6.

$$Tw \frac{U}{Q} = \frac{183,08 \times 10^6}{2313,5 \times 10^6} \simeq 0,08 \text{ yr ή } 28,5 \text{ ημέρες}$$

$$p = \frac{Q}{V} = \frac{2313,5 \times 10^6}{183,08 \times 10^6} = 12,6 \text{ φορές/yr}$$

Από τους υπολογισμούς που έγιναν παραπάνω διαπιστώνεται ότι ο μέσος χρόνος παραμονής του νερού στη λίμνη είναι 28,5 ημέρες και ότι επί 12,6 φορές το χρόνο ανανεώνεται το νερό της λίμνης Κερκίνης.

Η ταχεία αυτή ανανέωση του νερού της λίμνης Κερκίνης συνεπάγεται και την ταχεία απομάκρυνση των ρυπαντών από το οικοσύστημα της λίμνης αυτής. Βέβαια για την περίοδο που το φράγμα παραμένει κλειστό η ανανέωση του νερού της λίμνης γίνεται με βραδύτερο ρυθμό.

3. Επίδραση της παραλίμνιας περιοχής στην Κερκίνη

Όπως προαναφέρθηκε και σύμφωνα με τις απόψεις των Wetzel (1983) και Goldman και Horne (1983), ο βαθμός επίδρασης της παραλίμνιας περιοχής στην ποιότητα του νερού της λίμνης, προσδιορίζεται από ένα συντελεστή D_L (βλ. σχέση σελ. 7). Ο συντελεστής αυτός εξαρτάται από το μήκος της ακτογραμμής και την επιφάνεια της λίμνης. Όταν η τιμή του συντελεστή αυτού είναι μεγαλύτερη του 2, η επίδραση της παραλίμνιας περιοχής στη λίμνη είναι έντονη. Όσο η τιμή του συντελεστή D_L είναι μικρότερη του 2, τόσο και η επίδραση είναι μικρότερη.

Για τη λίμνη Κερκίνη με εμβαδόν επιφάνειας 72 km^2 και μήκος ακτογραμμής 51 km η τιμή του συντελεστή D_L είναι 1,7.

$$D_L = \frac{L}{2\sqrt{\pi \cdot Ao}} = \frac{51}{2\sqrt{3,14 \cdot 72}} = 1,7$$

Από την τιμή του συντελεστή D_L φαίνεται ότι η επίδραση της παραλίμνιας περιοχής στη λίμνη Κερκίνη δεν είναι πολύ σημαντική.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα ερευνητική εργασία είχε ως σκοπό την εκτίμηση της ποιότητας και του βαθμού ρύπανσης του νερού της λίμνης Κερκίνης, καθώς και την εκτίμηση των ενδεχόμενων προβλημάτων που ανακύπτουν στην τροφική δομή της λίμνης αυτής (ευτροφισμός, άνθιση του ύδατος κλπ.), από τις μεταβολές της ποιότητας του νερού σε συνδυασμό με την ανάπτυξη των πλαγκτονικών οργανισμών.

Για την επίτευξη των στόχων που προαναφέρθηκαν καθορίστηκαν σε ολόκληρη τη λίμνη Κερκίνη τρεις σταθμοί δειγματοληψίας (Σχ. 1), όπου γίνονταν περιοδικώς (κάθε μήνα) επιτόπιες μετρήσεις. Η ερευνητική αυτή εργασία άρχισε τον Οκτώβριο του 1985 και περατώθηκε το Σεπτέμβριο του 1986.

Ο προσδιορισμός των φυσικοχημικών παραμέτρων καθώς και των παραμέτρων ρύπανσης του νερού της λίμνης έγινε είτε με αυτόματα όργανα, είτε με φασματοφωτομετρικές μεθόδους, σύμφωνα με τις τεχνικές του Standard Methods (APHA, 1975). Η εκτίμηση της διαφάνειας του νερού έγινε με το δίσκο Secchi, ο προσδιορισμός των νιτρικών και νιτρωδών και του σωματιδιακού άνθρακα έγινε με την τεχνική των Strickland και Parsons (1968), της χλωροφύλλης-α με την τεχνική H.M.S.O. (1980), των απορρυπαντικών με την τεχνική των Hedrich και Berger (1966) και ο προσδιορισμός των χλωριωμένων υδρογονανθράκων με τις τεχνικές των Johnson (1965) και Jensen et al. (1973).

Η δειγματοληψία των πλαγκτονικών και βενθικών οργανισμών έγινε με τα κατάλληλα δειγματοληπτικά όργανα και η ταυτοποίησή τους με ανάστροφο μικροσκόπιο, χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες κλίδες προσδιορισμού (Bourrelly, 1966· Pestalozzi, 1968· Kiefer και Fryer, 1972· Starmach και Sieminska, 1974).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό παραθέτονται τα αποτελέσματα και η συζήτηση επί των αποτελεσμάτων, τόσο για την ποιότητα και τη ρύπανση του νερού της λίμνης Κερκίνης, όσο και για την τροφική της δομή, την υδροβιολογία και την ιχθυοπαραγωγή της λίμνης αυτής.

Α. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ

Οι παράμετροι που μελετήθηκαν για την εκτίμηση της ποιότητας και της ρύπανσης του νερού της λίμνης Κερκίνης, καθώς και οι ακραίες τιμές που

προσδιορίστηκαν για τις παραμέτρους αυτές δίνονται στον πίνακα III.

ΠΙΝΑΚΑΣ III

ΑΚΡΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ

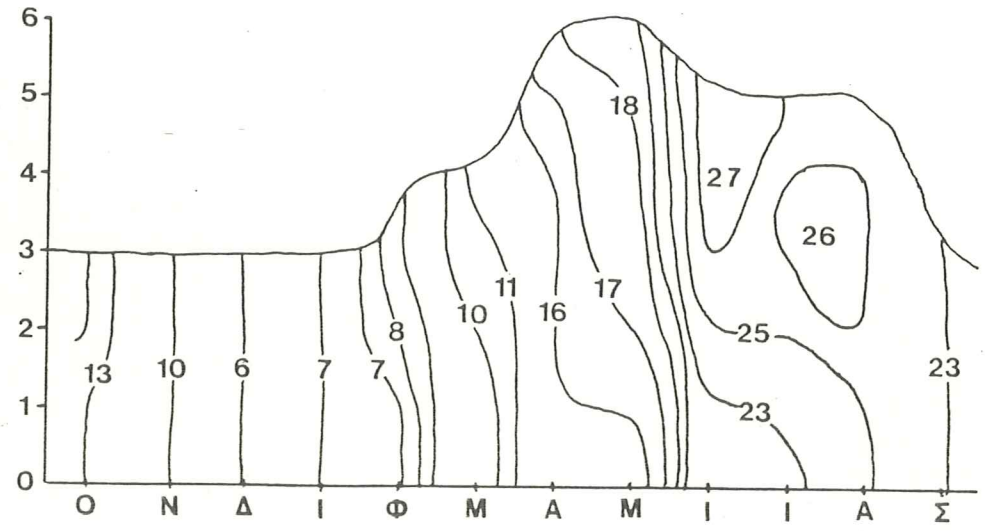
Θερμοκρασία (^{o}C)	6,5 - 27,5
Διαλυτό Οξυγόνο (D.O) (mg O_2/L)	2,5 - 14,6
pH	7,2 - 9,3
Αγωγιμότητα (μmhos/cm)	200 - 750
Αλατότητα (mg NaCl/L)	110 - 260
Ολική Σκληρότητα (mg $CaCO_3$/L)	42 - 120
Διαφάνεια (δίσκος Secchi) (m)	0,10 - 1,20
Ολικός Φωσφόρος (mg P/L)	0,01 - 0,32
Ορθο-φωσφορικά (mg PO_4/L)	Ø - 0,32
Θειικά (mg SO_4/L)	10,0 - 17,5
Πυριτικά (mg SiO_2/L)	0,7 - 2,8
N-Αμμωνιακό (mg N-NH_4/L)	0,05 - 0,48
N-Νιτρικών (μg N-NO_3/L)	6,0 - 1477
N-Νιτρωδών (μg N-NO_2/L)	Ø - 26
Χλωροφύλλη-α (μg/L)	5,0 - 33,8
Σωματιδιακός άνθρακας (μg/L)	425 - 2584
BOD_5 (mg O_2/L)	1,2 - 6,0
Απορρυπαντικά (L.A.S) (μg/L)	Ø - 35
Χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες (ppt)	6,8 - 30,4

Αναλυτικά τα αποτελέσματα και η συζήτηση για κάθε μια από τις παραμέτρους που σχετίζονται με την ποιότητα και τη ρύπανση του νερού της λίμνης Κερκίνης δίνονται παρακάτω.

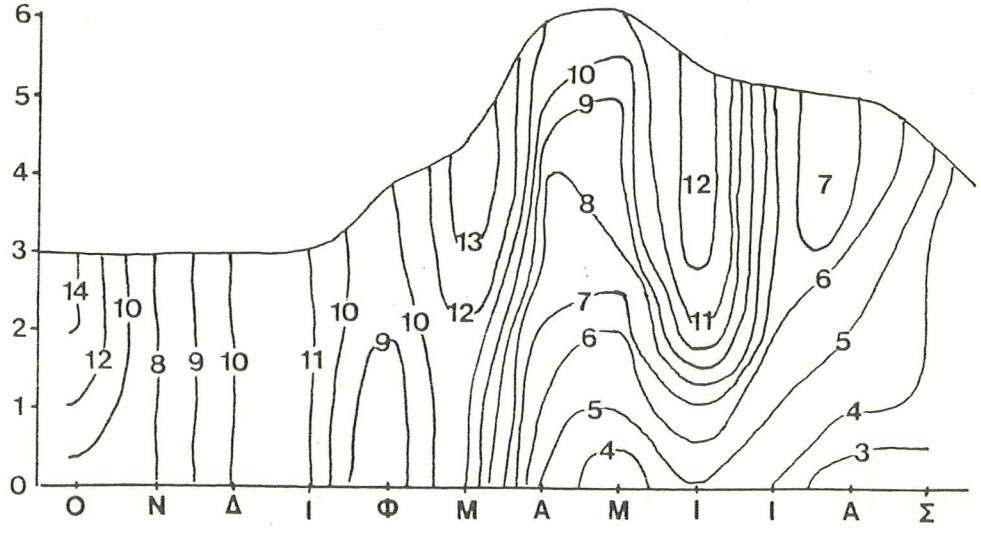
1. Θερμοκρασία (Temperature) και Διαλυμένο Οξυγόνο (Dissolved Oxygen)

Η θερμοκρασία του νερού της λίμνης Κερκίνης κατά τη διάρκεια της έρευνας κυμάνθηκε από 6,5 μέχρι 27,5^{o}C, ανάλογα με το σταθμό δειγματοληψίας, το βάθος που έγινε η μέτρηση και την εποχή του έτους. Αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων δίνονται στον πίνακα VII του παραρτήματος. Στο σχήμα 8 δίνεται διάγραμμα ισόθερμων καμπυλών της λίμνης κατά βάθος, σε συνάρτηση με την εποχή.

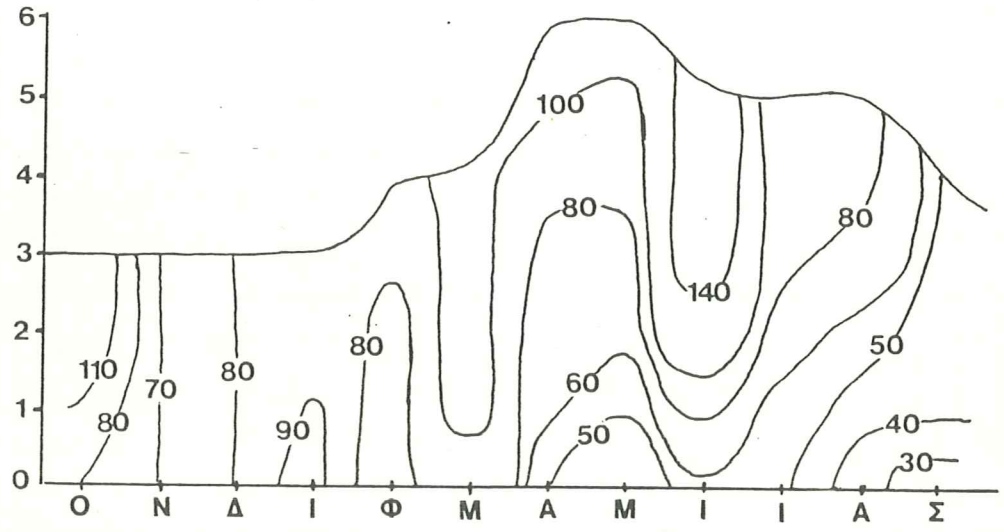
Οι συγκεντρώσεις του διαλυτού οξυγόνου στη λίμνη Κερκίνη, ανάλογα με το βάθος που έγινε η μέτρηση, με το σταθμό δειγματοληψίας και την εποχή της μέτρησης κυμάνθηκαν από 2,5 μέχρι 14,6 mg O_2/L. Τα αναλυτικά αποτελέσματα των μετρήσεων δίνονται στους πίνακες VIII και IX του παραρτήματος. Στα σχεδιαγράμματα 9 και 10 δίνονται αντίστοιχα, η κατανομή της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό της λίμνης και ο βαθμός κορεσμού (%) του νερού σε οξυγόνο κατά βάθος σε συνάρτηση με την εποχή.



Σχ. 8. Διάγραμμα ισόθερμων καμπυλών στη λίμνη Κερκίνη κατά βάθος σε συνάρτηση με την εποχή.



Σχ. 9. Διάγραμμα κατανομής της συγκέντρωσης του οξυγόνου στο νερό της λίμνης Κερκίνης κατά βάθος σε συνάρτηση με την εποχή.



Σχ. 10. Διάγραμμα βαθμού κορεσμού (%) σε οξυγόνο του νερού της λίμνης Κερκίνης κατά βάθος σε συνάρτηση με την εποχή.

Από τα αποτελέσματα που προαναφέρθηκαν, σχετικά με τη θερμοκρασία και την οξυγόνωση του νερού της λίμνης Κερκίνης, δε διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας ως προς τις τιμές των δύο αυτών παραμέτρων. Παρατηρήθηκαν όμως σημαντικές διακυμάνσεις των τιμών κατά τη διάρκεια της έρευνας.

Οι σημαντικότερες μεταβολές στη θερμοκρασία και στην οξυγόνωση του νερού της λίμνης παρατηρήθηκαν στο σταθμό δειγματοληψίας Κ3, που βρίσκεται κοντά στο φράγμα της λίμνης (βλ. Σχ. 1). Τονίζεται, ότι, λόγω του μεγάλου βάθους της λίμνης στην περιοχή αυτή (το βάθος φθάνει τα 6 μέτρα), είναι συγκεντρωμένη η μεγαλύτερη υδάτινη μάζα.

Σε ό,τι αφορά τη θερμοκρασία του νερού της λίμνης, τον Οκτώβριο του 1985, όπου η εκροή από το φράγμα και η παροχή του Στρυμώνα στη λίμνη ήταν μικρή, παρατηρήθηκαν σημαντικές θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας, με υψηλότερες θερμοκρασίες στο σταθμό Κ3. Τονίζεται, ότι την περίοδο αυτή ο χρόνος παραμονής του νερού στη λίμνη είναι σχετικά μεγάλος. Αντίθετα το Μάρτιο, όπου η εκροή νερού από το φράγμα είναι μεγαλύτερη, η θερμοκρασία στο σταθμό Κ3 ήταν χαμηλότερη, συγκριτικά με τους σταθμούς Κ1 και Κ2. Τέλος τον Ιούνιο, όπου η εκροή νερού από το φράγμα ήταν περιορισμένη, η θερμοκρασία στο σταθμό δειγματοληψίας Κ3 ήταν υψηλότερη συγκριτικά με τους υπόλοιπους σταθμούς. Τη χρονική αυτή περίοδο, η διαφορά θερμοκρασίας των στρωμάτων νερού της επιφάνειας και του

πυθμένα στο Κ3 ήταν 5-6°C.

Όπως και στην περίπτωση της θερμοκρασίας έτσι και η οξυγόνωση του νερού της λίμνης Κερκίνης επηρεάζεται από τη λειτουργία του φράγματος και την εισροή του ποταμού Στρυμώνα, όπως φαίνεται από τα αναλυτικά αποτελέσματα. Έτσι τον Οκτώβριο π.χ., όπου η εκροή νερού από το φράγμα ήταν μικρή, η οξυγόνωση του νερού της λίμνης ήταν ικανοποιητική, μολονότι η θερμοκρασία του νερού την περίοδο αυτή ήταν σχετικά υψηλή. Τονίζεται ότι η οξυγόνωση επηρεάζεται αρνητικά από τη θερμοκρασία του νερού.

Η θερμοκρασία του νερού το Νοέμβριο ήταν χαμηλή. Εντούτοις η οξυγόνωση του νερού δεν ήταν ικανοποιητική την περίοδο αυτή. Το γεγονός αυτό αποδόθηκε στη μικρή εισροή νερού από το Στρυμώνα στη λίμνη. Από το Δεκέμβριο και μέχρι το Μάρτιο η οξυγόνωση του νερού βελτιώθηκε, εξαιτίας της αυξημένης εισροής του Στρυμώνα, παρά τις διαφοροποιήσεις που παρατηρήθηκαν ως προς την οξυγόνωση τόσο μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας, όσο και μεταξύ των επιφανειακών και βαθιών στρωμάτων του νερού της λίμνης.

Από τον Απρίλιο και μέχρι τον Ιούνιο σημειώθηκε καλή οξυγόνωση των επιφανειακών στρωμάτων της λίμνης. Σε βάθος όμως 4-5 m από την επιφάνεια η οξυγόνωση του νερού ήταν περιορισμένη. Το γεγονός αυτό αποδόθηκε στις σχετικά υψηλές θερμοκρασίες του νερού και ιδιαίτερα στις διεργασίες αποσύνθεσης του οργανικού υλικού του πυθμένα, που γίνεται με δαπάνες του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου.

Με εξαίρεση τον Ιούνιο, όπου η οξυγόνωση στο σταθμό Κ3 ήταν ικανοποιητική, παρατηρήθηκε μικρός βαθμός κορεσμού του νερού σε οξυγόνο στην υπόλοιπη λίμνη. Μικρός βαθμός κορεσμού σημειώθηκε και τη χρονική περίοδο Ιουλίου - Αυγούστου, όπου οι εκροές από το φράγμα ήταν περιορισμένες.

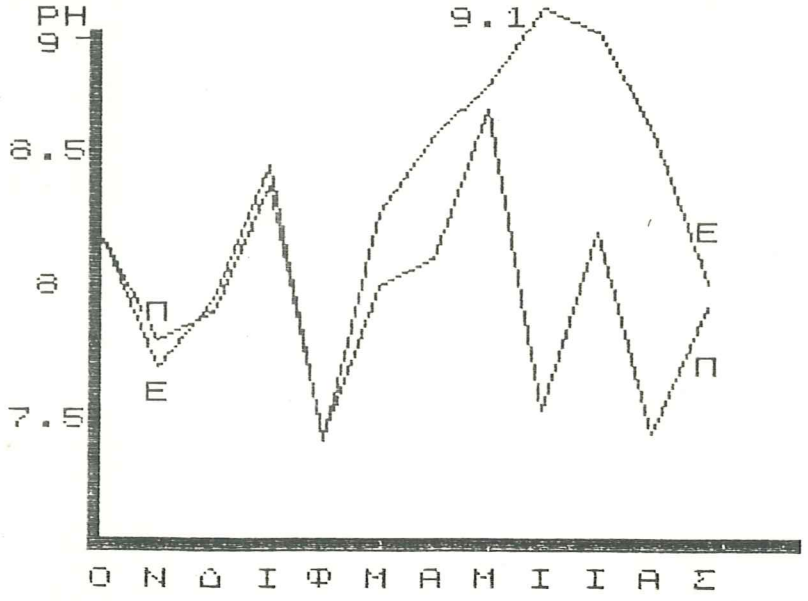
Γενικότερα μπορεί να λεχθεί ότι η θερμοκρασία και η οξυγόνωση του νερού της λίμνης επηρεάζεται τόσο από τη λειτουργία του φράγματος όσο και από τις εισροές του ποταμού Στρυμώνα. Οι παρατηρήσεις αυτές συμπίπτουν με τις απόψεις των Zhadin και Gerd (1963) και Straskraba et al. (1973), όπως και με τα αποτελέσματα άλλων ερευνητικών εργασιών (Νταουλάς και συν., 1986· Κιλικίδης και συν., 1987).

Τονίζεται τέλος, ότι η θερμοκρασία και η οξυγόνωση του νερού της λίμνης μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική για ιχθυοκαλλιέργεια κυπρινιδών, μολονότι τη θερινή κυρίως περίοδο η συγκέντρωση του οξυγόνου στον πυθμένα της λίμνης ήταν σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

2. pH

Οι τιμές pH κυμάνθηκαν από 7,2 μέχρι 9,3, ανάλογα με το σταθμό δειγματοληψίας, τη χρονική περίοδο και το βάθος της λίμνης που έγινε η μέτρηση. Αναλυτικά τα αποτελέσματα για όλες τις μετρήσεις που έγιναν δίνονται στον πίνακα X του παραρτήματος.

Οι υψηλότερες τιμές pH (9,0 μέχρι 9,3) διαπιστώθηκαν στα επιφανειακά νερά και σε όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας κατά τη χρονική περίοδο Ιουνίου - Ιουλίου. Αντίθετα στην περιοχή του πυθμένα δεν παρατηρήθηκαν μεγάλες αποκλίσεις από τα κανονικά για την ιχθυοκαλλιέργεια όρια (Σχ. 11).



Σχ.11. Εποχιακές μεταβολές των τιμών pH του νερού στην επιφάνεια και στον πυθμένα της λίμνης Κερκίνης.

Οι υψηλές τιμές pH που προαναφέρθηκαν συμπίπτουν με την έντονη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των αυτότροφων οργανισμών (Alabaster και Lloyd, 1980). Οι σχετικά χαμηλές τιμές pH που προσδιορίστηκαν στον πυθμένα την ίδια χρονική περίοδο, θα πρέπει να αποδοθούν, σύμφωνα με τις απόψεις του Cole (1975), στην παραγωγή CO_2 που απελευθερώνεται κατά την αποσύνθεση της οργανικής ύλης του πυθμένα.

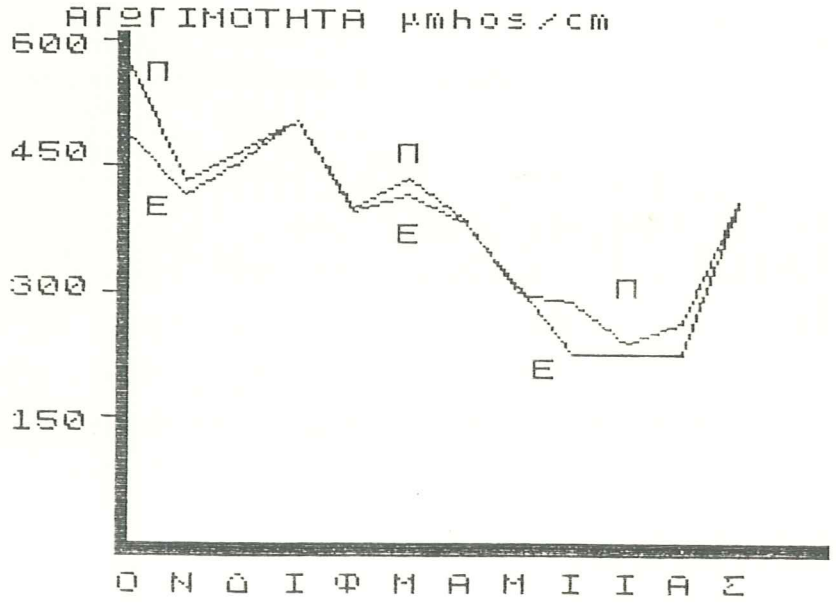
Οι τιμές pH που διαπιστώθηκαν στη λίμνη δε δημιουργούν πρόβλημα στην ιχθυοπανίδα, αν και η τιμή 9,3 θεωρείται υπερβολική (Πίνακας I).

3. Αγωγιμότητα (Conductivity) και Αλατότητα (Salinity)

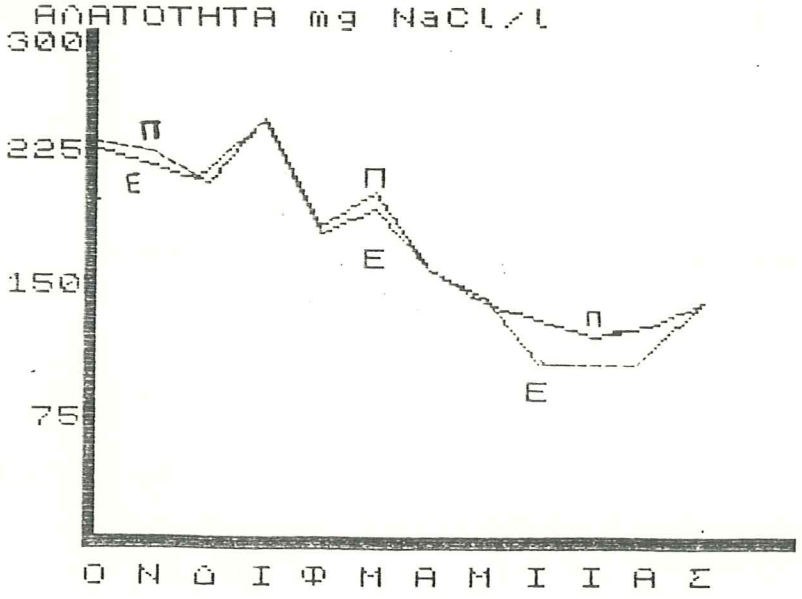
Οι τιμές της αγωγιμότητας και αλατότητας στο νερό της λίμνης Κερκίνης ανάλογα με την εποχή, το σταθμό δειγματοληψίας και το βάθος που έγινε η

μέτρηση κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 200 μέχρι 750 μmhos/cm και από 110-260 mg NaCl/L. Αναλυτικά τα αποτελέσματα για όλες τις μετρήσεις που έγιναν δίνονται στον πίνακα XI του παραρτήματος.

Στα σχήματα 12 και 13 δίνονται αντίστοιχα οι εποχιακές μεταβολές της αγωγιμότητας και αλατότητας που παρατηρήθηκαν κατά την περίοδο της έρευνας.



Σχ. 12 . Εποχιακές μεταβολές της αγωγιμότητας του νερού στην επιφάνεια και στον πυθμένα της λίμνης Κερκύνης.



Σχ. 13 . Εποχιακές μεταβολές της αλατότητας στο νερό της λίμνης Κερκύνης.

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων που προαναφέρθηκαν δε διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές ως προς τις τιμές των παραμέτρων αυτών μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας, όπως επίσης και μεταξύ επιφάνειας και πυθμένα. Οι σχετικά υψηλές τιμές αγωγιμότητας και αλατότητας που προσδιορίστηκαν κατά τη χειμερινή περίοδο θα πρέπει να αποδοθούν στις αυξημένες παροχές του ποταμού Στρυμώνα κατά την περίοδο αυτή. Γενικότερα όμως οι τιμές αγωγιμότητας και αλατότητας που υπολογίστηκαν στο νερό της λίμνης Κερκίνης κρίνονται ικανοποιητικές για ιχθυοκαλλιέργεια.

4. Ολική Σκληρότητα (Total Hardness)

Οι ακραίες τιμές της ολικής σκληρότητας που προσδιορίστηκαν στο νερό της λίμνης Κερκίνης, κυμάνθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας από 42 μέχρι 120 mg $CaCO_3$/L. Αναλυτικά οι τιμές της ολικής σκληρότητας για όλες τις μετρήσεις που έγιναν στη λίμνη δίνονται στον πίνακα X του παραρτήματος. Στο σχήμα 14 δίνονται οι εποχιακές μεταβολές της ολικής σκληρότητας που διαπιστώθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας.

Σχ. 14. Εποχιακές μεταβολές της ολικής σκληρότητας στο νερό της λίμνης Κερκίνης.

Οι υψηλότερες τιμές ολικής σκληρότητας στο νερό της λίμνης παρατηρήθηκαν το φθινόπωρο και το χειμώνα, εποχή που συμπίπτει με την αυξημένη παροχή του Στρυμώνα. Το νερό της λίμνης Κερκίνης, σύμφωνα με τις απόψεις του Boyd (1982), είναι "ελαφρώς σκληρό", κατάλληλο όμως για ιχθυοκαλλιέργεια.

5. Διαφάνεια (Transparency)

Η διαφάνεια του νερού της λίμνης Κερκίνης, που υπολογίστηκε με το δίσκο του Secchi, κυμάνθηκε κατά τη διάρκεια της έρευνας από 0,10 μέχρι 1,20 m ανάλογα με το σταθμό δειγματοληψίας και την εποχή που έγινε η μέτρηση. Αναλυτικά τα αποτελέσματα δίνονται στον πίνακα XII του παραρτήματος. Στο σχήμα 15 δίνονται οι εποχιακές μεταβολές της διαφάνειας του νερού της λίμνης.

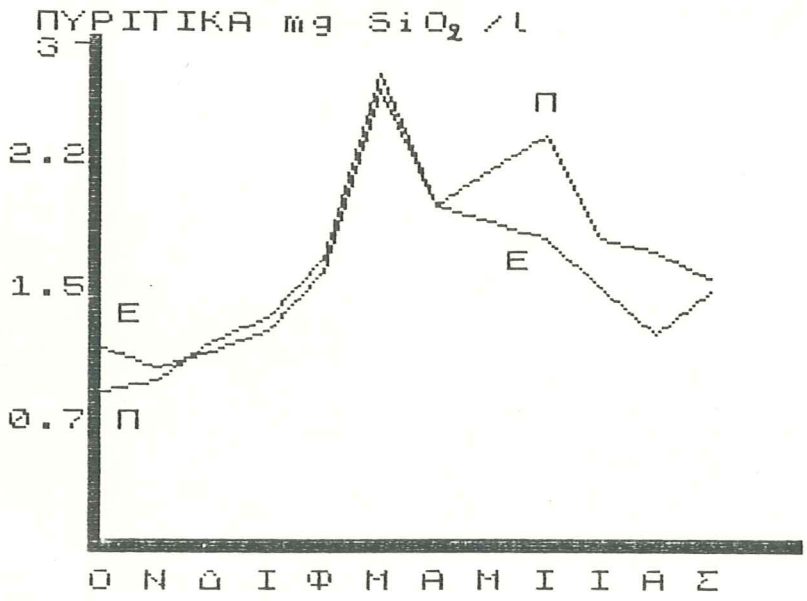
Σχ. 15. Εποχιακές μεταβολές της διαφάνειας του νερού της λίμνης Κερκίνης.

Από τα αποτελέσματα που προαναφέρθηκαν διαπιστώνεται ότι η διαφάνεια του νερού της λίμνης είναι περιορισμένη. Το γεγονός τούτο αποδίδεται, κατά κύριο λόγο, στις φερτές ύλες που μεταφέρονται με τα νερά του Στρυμώνα και στην ανάπτυξη των πλαγκτονικών οργανισμών, τους θερινούς ιδιαίτερα μήνες, που περιορίζουν τη διαπερατότητα του φωτός.

6. Πυριτικά (Silicates - SiO_2)

Οι συγκεντρώσεις των πυριτικών στο νερό της λίμνης Κερκίνης κυμάνθηκαν, κατά τη διάρκεια της έρευνας, από 0,7 μέχρι 2,8 mg SiO_2/L. Αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων δίνονται στον πίνακα XIII του παραρτήματος. Στο σχήμα 16 εμφανίζονται οι εποχιακές μεταβολές των συγκεντρώσεων των πυριτικών στα επιφανειακά και βαθιά νερά της λίμνης Κερκίνης.

Από τα αποτελέσματα που έχουν εκτεθεί διαπιστώνεται ότι οι διακυμάνσεις στις συγκεντρώσεις των πυριτικών που υπολογίστηκαν κατά τη διάρκεια



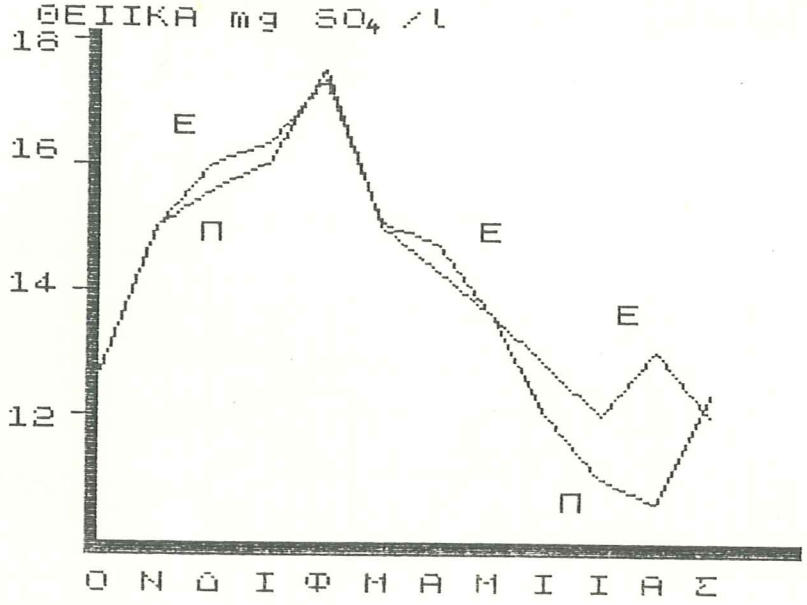
Σχ. 16. Εποχιακές μεταβολές των συγκεντρώσεων των πυριτικών στο νερό της λίμνης Κερκίνης.

της έρευνας δεν είναι σημαντικές. Η αύξηση των πυριτικών που παρουσιάζεται τους χειμερινούς μήνες θα πρέπει να αποδοθεί στην αυξημένη παροχή του Στρυμώνα κατά την περίοδο αυτή. Αντίθετα η μείωση που παρατηρείται την άνοιξη και το καλοκαίρι και η οποία συμπίπτει με την αύξηση του πληθυσμού των Διατόμων, θα πρέπει να αποδοθεί στην κατανάλωση των πυριτικών από τους φυτοπλαγκτονικούς αυτούς οργανισμούς (βλ. αποτελέσματα πλαγκτού). Άλλωστε τη χρονική αυτή περίοδο οι συγκεντρώσεις των πυριτικών στα επιφανειακά νερά, όπου ο αριθμός των Διατόμων είναι αυξημένος, είναι χαμηλότερες από εκείνες του πυθμένα της λίμνης (Σχ. 16). Τονίζεται πάντως ότι οι συγκεντρώσεις των πυριτικών στη λίμνη Κερκίνη δεν μπορούν να δημιουργήσουν πρόβλημα στην ιχθυοκαλλιέργεια.

7. Θειικά (Sulfates - SO_4)

Οι συγκεντρώσεις των θειικών στο νερό της λίμνης Κερκίνης κατά τη διάρκεια της έρευνας κυμάνθηκαν από 10,0 μέχρι 17,5 mg SO_4/L, ανάλογα με το σταθμό δειγματοληψίας, την εποχή και το βάθος που έγινε η μέτρηση. Στον πίνακα XIII του παραρτήματος δίνονται αναλυτικά οι τιμές όλων των μετρήσεων. Εξάλλου οι εποχιακές διακυμάνσεις των θειικών στην επιφάνεια και στον πυθμένα του νερού της λίμνης δίνονται στο σχήμα 17.

Από τα αποτελέσματα που προαναφέρθηκαν δε διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές στις συγκεντρώσεις των θειικών μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας.



Σχ. 17. Εποχιακές μεταβολές των συγκεντρώσεων των θειικών στο νερό της επιφάνειας και του πυθμένα της λίμνης Κερκίνης.

Βρέθηκαν όμως εποχιακές διακυμάνσεις καθώς και διαφορές στις συγκεντρώσεις των θειικών μεταξύ επιφάνειας και πυθμένα.

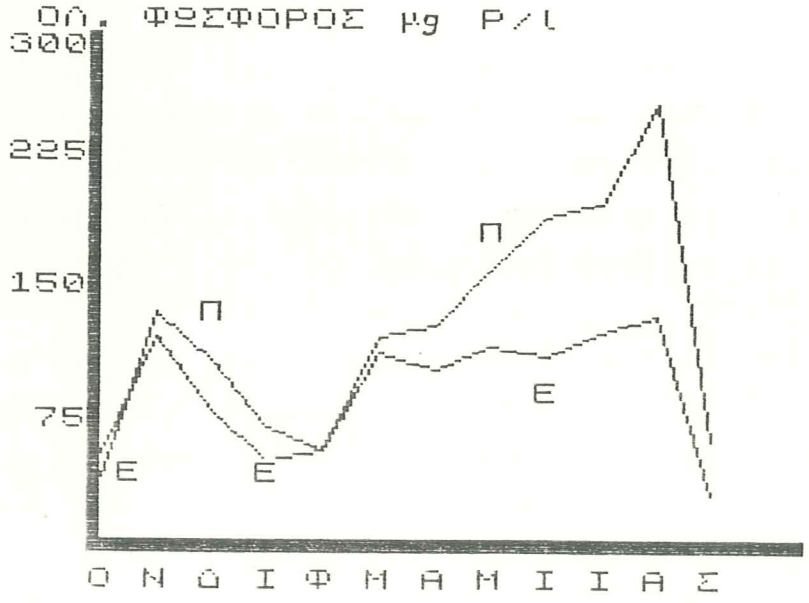
Οι αυξημένες συγκεντρώσεις των θειικών κατά τη χειμερινή περίοδο θα πρέπει να αποδοθούν στην αυξημένη παροχή του Στρυμώνα. Αντίθετα οι μειωμένες συγκεντρώσεις των θειικών κατά την περίοδο του θέρους θα πρέπει να αποδοθούν στη μετατροπή των θειικών σε θειούχα (υδρόθειο), σύμφωνα με τις απόψεις του Wetzel (1983), όπου σε εύτροφες λίμνες λειτουργούν μηχανισμού αναγωγής των θειικών σε θειούχα. Άλλωστε από το σχήμα 17 φαίνεται ότι οι συγκεντρώσεις των θειικών στον πυθμένα κατά τη θερινή περίοδο είναι χαμηλότερες συγκριτικά με εκείνες της επιφάνειας. Τονίζεται ότι οι μηχανισμού μετατροπής θειικών σε θειώδη λειτουργούν στον πυθμένα.

Η παραπάνω άποψη επιβεβαιώθηκε τους θερινούς μήνες του 1987, όπου την εποχή αυτή, και ενώ είχε περατωθεί η ερευνητική αυτή εργασία, προσδιορίστηκε στο νερό της λίμνης Κερκίνης σημαντική ποσότητα υδροθείου, η συγκέντρωση του οποίου στο νερό του πυθμένα ξεπέρασε το 1 ppm.

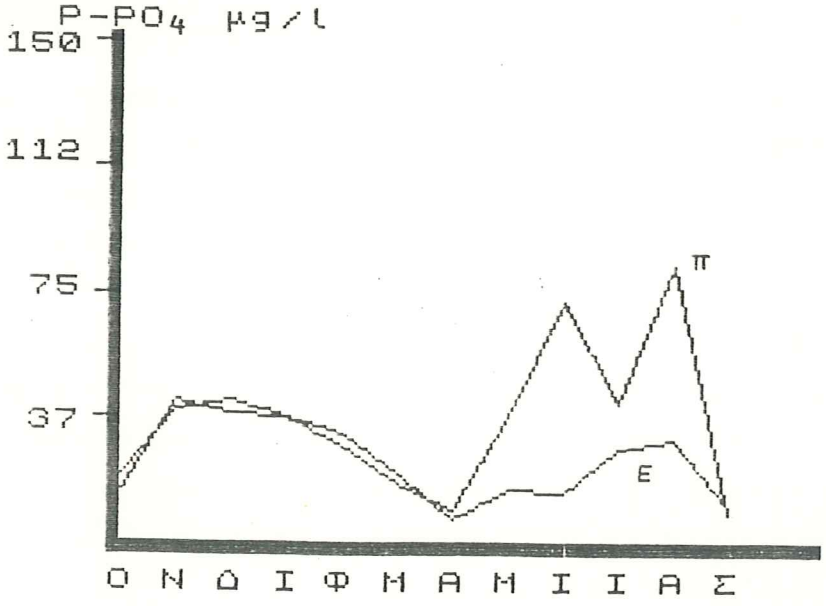
8. Ολικός Φωσφόρος (Total Phosphorus) - Ορθοφωσφορικά (Ortho-phosphates-PO_4)

Οι συγκεντρώσεις του ολικού φωσφόρου στο νερό της λίμνης Κερκίνης, ανάλογα με το σταθμό δειγματοληψίας, την εποχή και το βάθος που έγινε η μέτρηση, κυμάνθηκαν από 0,01 μέχρι 0,32 mg P/L και των ορθοφωσφορικών από Ø μέχρι 0,32 mg PO_4/L. Αναλυτικά οι τιμές για όλες τις μετρήσεις παρατί-

θενται στους πίνακες XIV και $\overline{XV}$ του παραρτήματος αντίστοιχα. Στα σχήματα 18 και 19 δίνονται αντίστοιχα οι εποχιακές μεταβολές των συγκεντρώσεων του ολικού φωσφόρου και των ορθοφωσφορικών στο νερό της λίμνης Κερκίνης.



Σχ. 18. Εποχιακές μεταβολές των συγκεντρώσεων του ολικού φωσφόρου στο νερό της λίμνης Κερκίνης.



Σχ. 19. Εποχιακές μεταβολές των συγκεντρώσεων των ορθοφωσφορικών στο νερό της λίμνης Κερκίνης.

Από τα αποτελέσματα που έχουν εκτεθεί καθώς και από τα σχήματα 18 και 19 φαίνεται ότι τόσο οι συγκεντρώσεις των ορθοφωσφορικών όσο και οι συγκεντρώσεις του ολικού φωσφόρου είναι αυξημένες την άνοιξη και το καλοκαίρι. Ιδιαίτερα αυξημένες είναι οι συγκεντρώσεις στα νερά του πυθμένα την περίοδο αυτή, συγκριτικά με τις συγκεντρώσεις των φωσφορικών στα επιφανειακά νερά.

Οι σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις των φωσφορικών στα επιφανειακά στρώματα θα πρέπει να αποδοθούν στην κατανάλωση των ουσιών αυτών από τους φυτοπλαγκτονικούς οργανισμούς. Αντίθετα οι υψηλές συγκεντρώσεις των φωσφορικών στα βαθιά στρώματα πρέπει να προέρχονται από την αποσύνθεση της οργανικής ύλης του πυθμένα, όταν υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες (Golterman, 1975).

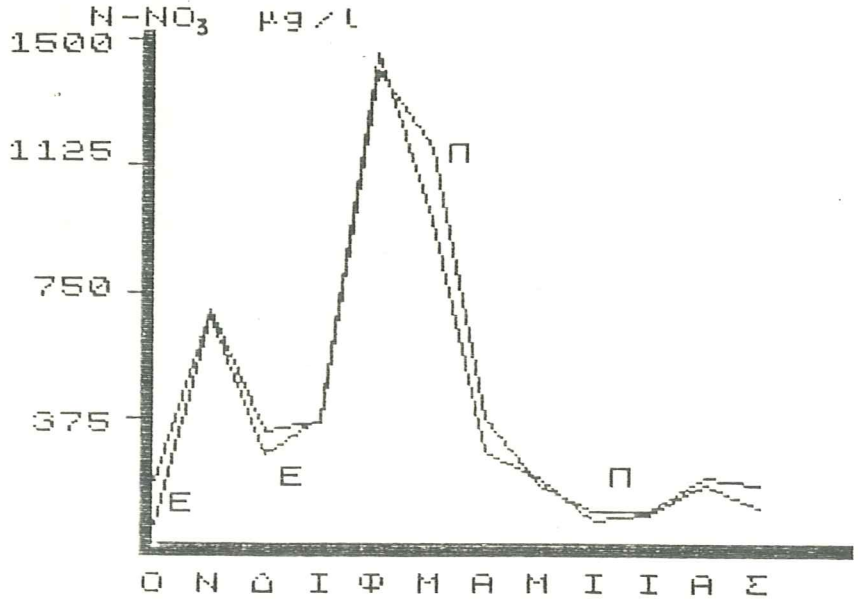
Οι συγκεντρώσεις των φωσφορικών που προσδιορίστηκαν στη λίμνη Κερκίνη είναι υψηλές και επηρεάζουν δυσμενώς την τροφική δομή (OECD, 1982). Οι πηγές των φωσφορικών δεν πρέπει να προέρχονται μόνο από τη λεκάνη απορροής, αλλά θα πρέπει να είναι και αυτόχθονες (πυθμένας), αφού κατά τη θερινή περίοδο τα βαθιά στρώματα του νερού της λίμνης έχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις φωσφορικών. Τέλος συγκρίνοντας τα αποτελέσματα αυτά με εκείνα της επίσης τεχνητής λίμνης του Πολυφύτου, διαπιστώνεται ότι οι συγκεντρώσεις των φωσφορικών στην τελευταία λίμνη είναι κατά πολύ χαμηλότερες της Κερκίνης (Κιλικίδης και συν., 1987α).

9. Αζωτούχες ενώσεις (Νιτρικά - Νιτρώδη - Αμμώνιο) - Nitrogen Compounds (Nitrates, Nitrites, Ammonium)

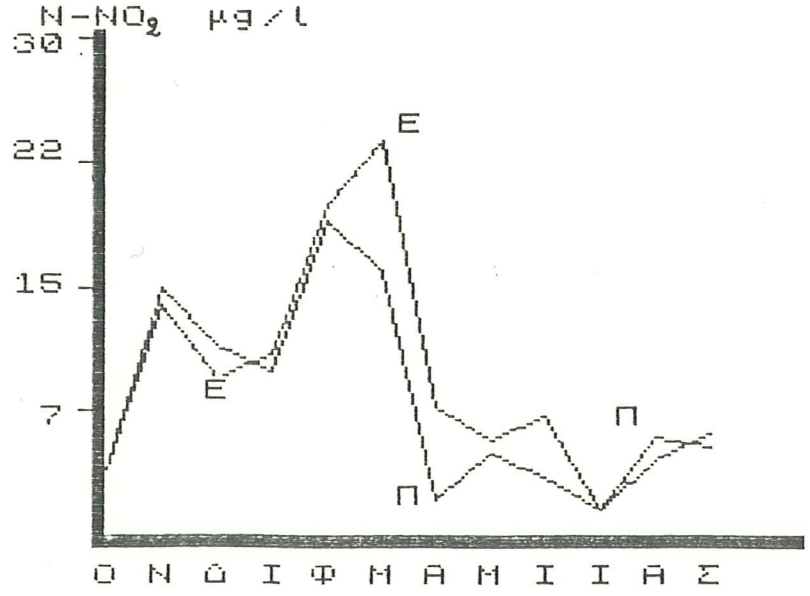
Οι συγκεντρώσεις του αζώτου των νιτρικών, των νιτρωδών και του αμμωνίου στο νερό της λίμνης Κερκίνης κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 6,0 μέχρι 1477,0 μg $N\text{-}NO_3/L$, από Ø μέχρι 26,0 μg $N\text{-}NO_2/L$ και από 0,05 μέχρι 0,48 mg $N\text{-}NH_4/L$ ανάλογα με την εποχή, το σταθμό δειγματοληψίας και το βάθος που έγινε η μέτρηση. Αναλυτικά τα αποτελέσματα για όλες τις μετρήσεις που έγιναν δίνονται στους πίνακες XIV και XVI του παραρτήματος. Στα σχήματα 20, 21 και 22 δίνονται αντίστοιχα οι εποχιακές μεταβολές των νιτρικών, νιτρωδών και του αμμωνίου στο νερό της λίμνης Κερκίνης.

Από τα αποτελέσματα που προαναφέρθηκαν, τόσο για τα νιτρικά και τα νιτρώδη, όσο και για τις συγκεντρώσεις του αμμωνίου, δε διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας, αλλά και μεταξύ των επιφανειακών και των νερών του πυθμένα της λίμνης. Αντίθετα επισημάνθηκαν εποχιακές μεταβολές στις συγκεντρώσεις όλων των αζωτούχων ενώσεων.

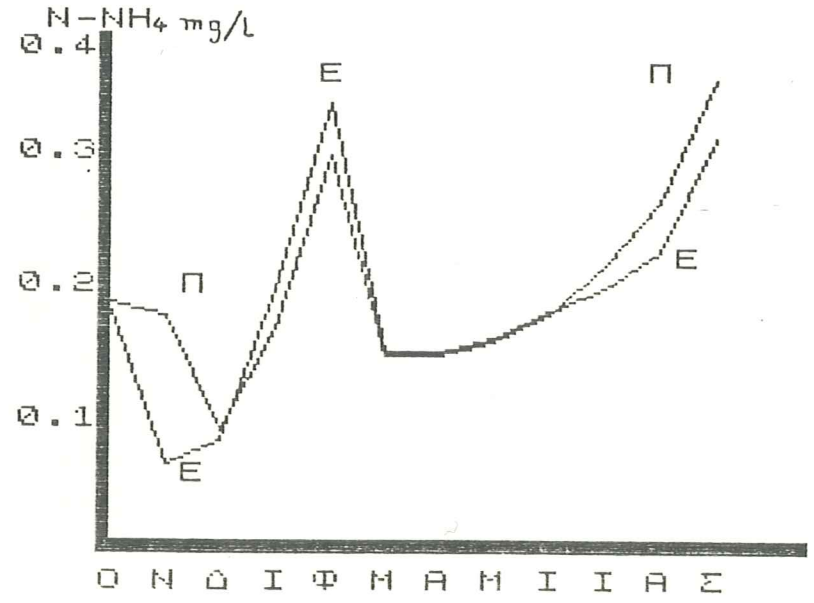
Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις για όλες τις αζωτούχες ενώσεις σημειώθηκαν τη χειμερινή περίοδο μεταξύ Δεκεμβρίου - Φεβρουαρίου. Από την άνοιξη και μέχρι το φθινόπωρο διαπιστώθηκε πτώση στις συγκεντρώσεις των νιτρικών και νιτρωδών, εκτός του αμμωνίου, του οποίου οι συγκεντρώσεις κατά το φθινόπωρο παρουσίασαν ανοδική τάση. Η απουσία σημαντικών διαφορών στις συγκεντρώσεις των αζωτούχων μεταξύ επιφανειακών νερών και του πυθμένα, οφείλεται στο μικρό βάθος της λίμνης αλλά και στην αυξημένη συχνότητα ανα-



Σχ. 20. Εποχιακές μεταβολές της συγκέντρωσης των νιτρικών στο νερό της επιφάνειας και του πυθμένα της λίμνης Κερκίνης.



Σχ. 21. Εποχιακές μεταβολές της συγκέντρωσης των νιτρωδών στο νερό της επιφάνειας και του πυθμένα της λίμνης Κερκίνης.



Σχ. 22. Εποχιακές μεταβολές της συγκέντρωσης του αμμωνιακού αζώτου στο νερό της επιφάνειας και του πυθμένα της λίμνης Κερκίνης.

νέωσης του νερού της λίμνης αυτής.

Οι υψηλές συγκεντρώσεις των νιτρικών που προσδιορίστηκαν στη λίμνη Κερκίνη, από τον Ιανουάριο μέχρι το Μάρτιο, θα πρέπει να συσχετιστούν με την αυξημένη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων, τα οποία εύκολα αποπλύνονται από τα εδάφη και μεταφέρονται στο λιμναίο οικοσύστημα. Αντίθετα οι χαμηλές συγκεντρώσεις που παρατηρήθηκαν από τον Απρίλιο και ολόκληρη τη διάρκεια του καλοκαιριού θα πρέπει να αποδοθούν στην κατανάλωση των ουσιών αυτών από τους φωτοσυνθετικούς αυτότροφους οργανισμούς.

Στα λιμναία οικοσυστήματα ο κύκλος του αζώτου λειτουργεί με το μηχανισμό οξείδωσης και αναγωγής των αζωτούχων ενώσεων, μέσω των φωτοσυνθετικών αυτότροφων οργανισμών. Επομένως ο μηχανισμός αυτός επηρεάζεται κατά κύριο λόγο από το διαθέσιμο οξυγόνο στο νερό της λίμνης καθώς επίσης και από τη θερμοκρασία, η οποία ελέγχει τις βακτηριακές δραστηριότητες. Έτσι οι αυξημένες συγκεντρώσεις του αμμωνίου το καλοκαίρι οφείλονται στην υψηλή θερμοκρασία του νερού και στην υψηλή αφομοιωτική ικανότητα του φυτοπλαγκτού.

Τέλος οι αυξημένες συγκεντρώσεις των νιτρωδών το Νοέμβριο και το Μάρτιο θα πρέπει να συσχετιστούν με τις χαμηλές συγκεντρώσεις των αμμωνιακών, τις χρονικές αυτές περιόδους, γεγονός που φανερώνει ότι τα νιτρώδη προέρχονται από την οξείδωση των αμμωνιακών. Γενικότερα μπορεί να λεχθεί ότι ο μηχανισμός νιτροποίησης και απονιτροποίησης λειτουργεί ικανοποιητικά

στη λίμνη Κερκίνη, διαρκεί μεγάλο χρονικό διάστημα μέσα σε ένα ετήσιο κύκλο, με αποτέλεσμα το βιολογικό υπόστρωμα να αξιοποιεί κατά τον καλύτερο τρόπο τα προσφερόμενα θρεπτικά άλατα.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα αυτά με εκείνα άλλων ερευνητικών εργασιών που έγιναν σε άλλες ελληνικές τεχνητές λίμνες, όπως του Πολυφύτου και των Κρεμαστών, διαπιστώνεται ότι οι αζωτούχες ενώσεις στη λίμνη Κερκίνη είναι περισσότερο αυξημένες συγκριτικά με τις λίμνες που προαναφέρθηκαν. Στη λίμνη Πολυφύτου Κοζάνης, οι συγκεντρώσεις των αζωτούχων κυμάνθηκαν ως εξής· Τα νιτρικά από Ø μέχρι 800 μg $N-NO_3/L$, τα νιτρώδη από Ø μέχρι 35 μg $N-NO_2/L$ και τα αμμωνιακά από Ø μέχρι 300 μg $N-NH_4/L$ (Κιλικίδης και συν., 1987α). Στη λίμνη των Κρεμαστών τα αμμωνιακά κυμάνθηκαν από 18 μέχρι 154 μg/L (Thomas, 1969). Πρέπει όμως να τονιστεί ότι οι τιμές του αμμωνιακού αζώτου που κυμάνθηκαν από 0,05 μέχρι 0,480 mg $N-NH_4/L$ στο νερό της λίμνης Κερκίνης, δεν μπορούν να δημιουργήσουν πρόβλημα στον ιχθυοπληθυσμό, σε σχέση πάντοτε με τη θερμοκρασία και το pH του νερού, γιατί απέχουν από το ανεκτό όριο (0,6 mg/L), σύμφωνα με τις απόψεις του Boyd (1982).

Για την εκτίμηση του ρυθμού νιτροποίησης του αμμωνιακού αζώτου χρησιμοποιήθηκε η σχέση:

$$N-NH_4 : T.I.N$$

όπου T.I.N (Συνολικό ανόργανο άζωτο) είναι το άθροισμα του αζώτου των νιτρικών, νιτρωδών και αμμωνιακού ($N-NO_3$, $N-NO_2$ και $N-NH_4$). Όσο μικρότερος από τη μονάδα είναι ο λόγος αυτός, τόσο εντονότερος είναι ο ρυθμός νιτροποίησης. Από τα δεδομένα του πίνακα IV διαπιστώνεται ότι ο ρυθμός βακτηριακής νιτροποίησης στη λίμνη Κερκίνη είναι ικανοποιητικός, ιδιαίτερα τους χειμερινούς μήνες και την άνοιξη.

Ο βαθμός ρύπανσης της λίμνης Κερκίνης με αζωτούχα γεωργικά απόβλητα, ιδιαίτερα το καλοκαίρι και το φθινόπωρο, πρέπει να θεωρηθεί σημαντικός, αφού ο λόγος $N-NO_3 : N-NH_4$ είναι μικρότερος της μονάδας (Wetzel, 1983)*.

---

* Όταν ο λόγος $N-NO_3 : N-NH_4$ είναι 25 η λίμνη δεν έχει ρυπανθεί. Όταν ο λόγος είναι 1 η ρύπανση θεωρείται μικρή και όταν ο λόγος είναι 0,1 τότε η ρύπανση είναι ισχυρή.

ΠΙΝΑΚΑΣ IV

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΒΑΚΤΗΡΙΑΚΗΣ ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΑΜΜΩΝΙΑΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΜΕ ΑΖΩΤΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ. (μg/L)

Χρονική περίοδος	Συνολικό ανόργανο άζωτο (T.I.N.)	Αμμωνιακό προς συνολικό ανόργανο άζωτο ($N\text{-}NH_4$:T.I.N.)	Άζωτο νιτρικών προς αμμωνιακό άζωτο ($N\text{-}NO_3$:$N\text{-}NH_4$)	Συνολικό ανόργανο άζωτο προς ορθοφωσφορικά (T.I.N:$P\text{-}PO_4$)
ΟΚΤ. '85	310	0,596	0,6	16,4
ΝΟΕΜ. '85	818	0,146	5,7	19,6
ΔΕΚΕΜ.'85	393	0,216	3,5	9,5
ΙΑΝ. '86	565	0,327	2,0	15,0
ΦΕΒΡ. '86	1777	0,185	4,3	57,3
ΜΑΡΤ. '86	1236	0,127	7,1	64,0
ΑΠΡ. '86	475	0,315	2,1	57,2
ΜΑΪΟΣ '86	359	0,473	1,0	13,4
ΙΟΥΝ. '86	262	0,687	0,4	5,9
ΙΟΥΛ. '86	288	0,694	0,4	8,2
ΑΥΓ. '86	443	0,575	0,7	7,7
ΣΕΠΤ. '86	491	0,702	0,4	49,1

10. Χλωροφύλλη-α

Οι συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α στο νερό της λίμνης Κερκίνης, ανάλογα με την εποχή, το σταθμό δειγματοληψίας και το βάθος που έγινε η μέτρηση, κυμάνθηκαν από 5,0 μέχρι 33,8 μg/L. Αναλυτικά τα αποτελέσματα για όλες τις μετρήσεις δίνονται στον πίνακα XVII του παραρτήματος. Στο σχήμα 23 παρουσιάζονται οι εποχιακές μεταβολές της χλωροφύλλης-α στο νερό της λίμνης Κερκίνης.

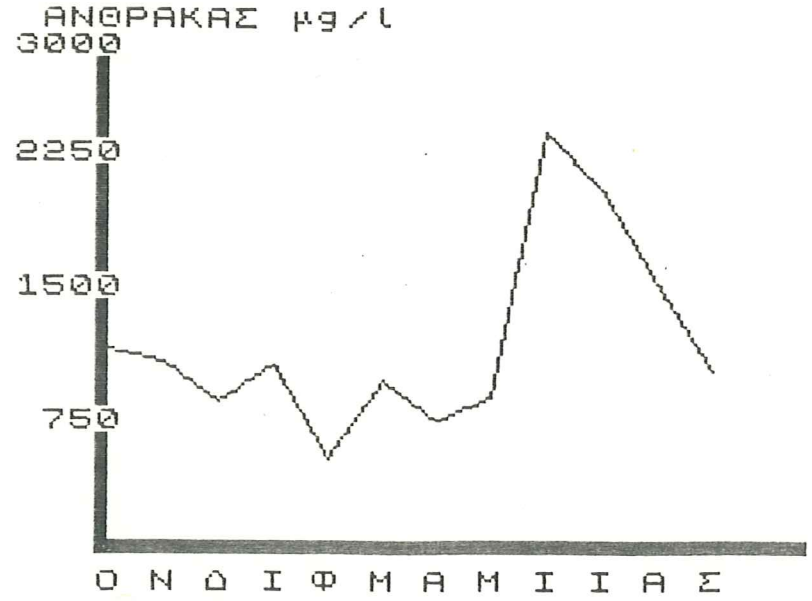
Η χλωροφύλλη-α στο νερό της λίμνης σχετίζεται με την αφθονία των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών. Έτσι κατά τη διάρκεια της έρευνας διαπιστώθηκαν εναλλαγές ως προς την κατανομή της χλωροφύλλης-α στο νερό της λίμνης. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις της ουσίας αυτής τον Ιανουάριο θα πρέπει να συσχετιστούν με την αφθονία των Διατόμων κατά την περίοδο αυτή. Το Φεβρουάριο, όπου αυξήθηκε ο αριθμός των Κωπηπόδων που κατανάλωσαν σημαντικές ποσότητες Διατόμων, οι συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α μειώθηκαν σημαντικά (βλ. κεφ. πλαγκτονικών οργανισμών).

Τόσο η μέση ετήσια συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α (18,4 μg/L), όσο και η μέγιστη θερινή (29,7 μg/L) δίνουν τη δυνατότητα κατάταξης της Κερκίνης στις εύτροφες λίμνες, σύμφωνα με τις απόψεις του OECD (1982) και Wetzel (1983).

Σχ. 23. Εποχιακές μεταβολές της χλωροφύλλης-α στο νερό της λίμνης Κερκύνης.

11. Σωματιδιακός άνθρακας (Particulate carbon)

Οι συγκεντρώσεις του σωματιδιακού άνθρακα κατά τη διάρκεια της έρευνας κυμάνθηκαν από 425 μέχρι 2584 μg/L. Αναλυτικά τα αποτελέσματα για όλες τις μετρήσεις δίνονται στον πίνακα XVII του παραρτήματος. Οι εποχιακές μεταβολές της συγκέντρωσης του σωματιδιακού άνθρακα εμφανίζονται στο σχήμα 24.

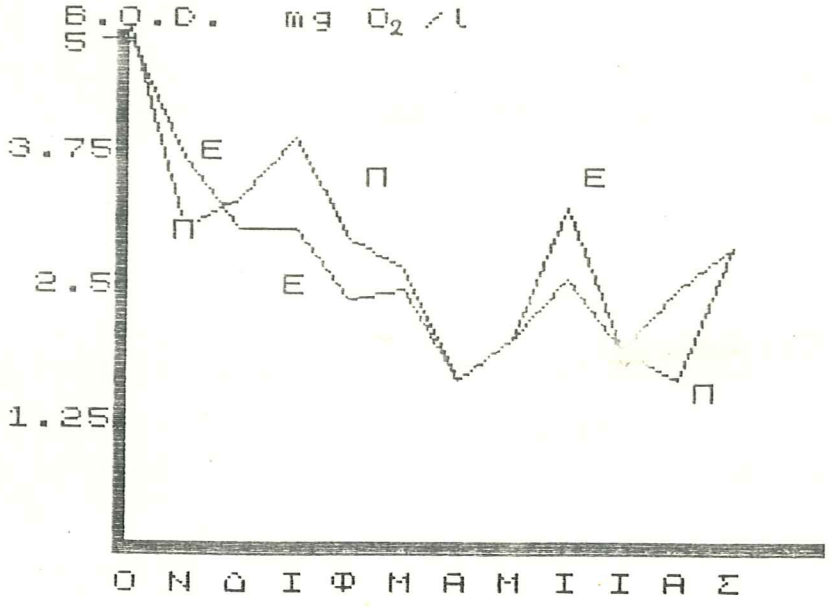


Σχ. 24. Εποχιακές μεταβολές της συγκέντρωσης του σωματιδιακού άνθρακα στο νερό της λίμνης Κερκύνης (μg/L).

Οι συγκεντρώσεις του σωματιδιακού άνθρακα παρουσίασαν την ίδια εποχιακή κατανομή, όπως και της χλωροφύλλης-α. Εξάλλου οι υψηλές τιμές των συγκεντρώσεων τους θερινούς μήνες (2584 μg/L) φανερώνουν τη μεγάλη αφθονία των πλαγκτονικών οργανισμών και επιβεβαιώνουν την εύτροφη κατάσταση της λίμνης.

12. Βιοχημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (BOD_5)

Οι τιμές BOD_5 στο νερό της λίμνης Κερκίνης κυμάνθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας από 1,2 μέχρι 6,0 mg O_2/L. Αναλυτικά οι τιμές για όλες τις μετρήσεις δίνονται στον πίνακα XVIII του παραρτήματος. Οι μεταβολές των τιμών BOD_5 που προσδιορίστηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας εμφανίζονται στο σχήμα 25.



Σχ. 25. Εποχιακές μεταβολές των τιμών BOD_5 στο νερό της λίμνης Κερκίνης (mg O_2/L).

Από τα αποτελέσματα που έχουν εκτεθεί φαίνεται, ότι το οικοσύστημα της λίμνης δε φορτίζεται σημαντικά με οργανικά φορτία από τη λεκάνη απορροής. Οπωσδήποτε όμως διαπιστώνεται η επιρροή της λεκάνης απορροής στη λίμνη από το γεγονός ότι την περίοδο των αυξημένων εισροών, λόγω των βροχοπτώσεων (Οκτώβριο μέχρι Δεκέμβριο) οι τιμές BOD_5 εμφανίζονται αυξημένες.

13. Απορρυπαντικά (Detergents)

Οι συγκεντρώσεις των απορρυπαντικών στο νερό της λίμνης Κερκίνης κατά τη διάρκεια της έρευνας κυμάνθηκαν από Ø μέχρι 35 μg/L, ανάλογα με την

εποχή και το σταθμό δειγματοληψίας. Αναλυτικά τα αποτελέσματα δίνονται στον πίνακα XIX του παραρτήματος. Στο σχήμα 26 εμφανίζονται οι εποχιακές μεταβολές των συγκεντρώσεων των απορρυπαντικών στο νερό της λίμνης.

Σχ. 26. Εποχιακές μεταβολές των συγκεντρώσεων των απορρυπαντικών (L.A.S) στο νερό της λίμνης Κερκύνης (μg/L).

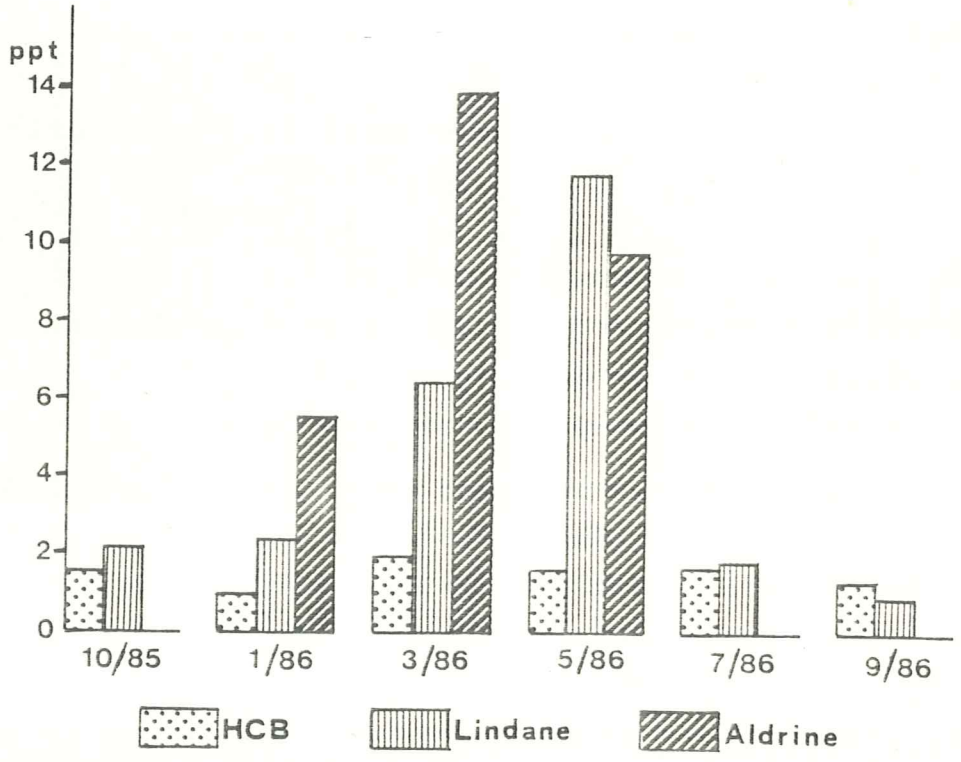
Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας, παρά μόνο εποχιακές μεταβολές σε ό,τι αφορά τη συγκέντρωση των απορρυπαντικών. Η αύξηση των τιμών που προσδιορίστηκε συμπίπτει με την περίοδο των αυξημένων βροχοπτώσεων (Σεπτέμβριο μέχρι Νοέμβριο), με συνέπεια τη μεταφορά των απορρυπαντικών από την αστική περιοχή στο οικοσύστημα της λίμνης.

Γενικότερα μπορεί να λεχθεί ότι οι συγκεντρώσεις των απορρυπαντικών που προσδιορίστηκαν στο νερό της λίμνης δεν μπορούν να θεωρηθούν προβληματικές για τον ευθυοπληθυσμό. Φανερώνουν όμως την επίδραση της αστικής περιοχής στο οικοσύστημα της λίμνης.

14. Χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες (Chlorinated Hydrocarbons)

Για τον έλεγχο της ρύπανσης της λίμνης Κερκύνης με χλωριωμένους υδρογονάνθρακες, ελέγχθηκαν οι παρακάτω χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες: HCB, Lindane, Aldrin, Dieldrin, Heptachlor, pp'-DDT και τα παράγωγά του, pp'-DDD και pp'-DDT καθώς επίσης και τα PCB's. Από τις ουσίες αυτές ανιχνεύτηκαν μόνο το HCB, το Lindane και το Aldrin, σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονταν αντίστοιχα από 1,0 μέχρι 2,2 ppt, από 0,8 μέχρι 12,6 ppt και από 5,0 μέχρι

15,6 ppt. Αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων δίνονται στον πίνακα XX του παραρτήματος. Στο σχήμα 27 εμφανίζονται οι συγκεντρώσεις των χλωριωμένων υδρογονανθράκων που προσδιορίστηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας.



Σχ. 27. Εποχιακές μεταβολές των συγκεντρώσεων των χλωριωμένων υδρογονανθράκων που προσδιορίστηκαν στη λίμνη Κερκίνη (ppt).

Από τα αποτελέσματα που έχουν εκτεθεί φαίνεται, ότι οι υψηλότερες συγκεντρώσεις χλωριωμένων υδρογονανθράκων εμφανίζονται το χειμώνα και την άνοιξη. Την περίοδο αυτή είναι αισθητή η παρουσία του Aldrin, ουσία της οποίας η χρήση έχει απαγορευτεί στην Ελλάδα από το 1972.

Οι συγκεντρώσεις των παρασιτοκτόνων που προσδιορίστηκαν δε θεωρούνται επικίνδυνες για τον ιχθυοπληθυσμό. Φανερώνουν όμως τη ρύπανση της λίμνης με γεωργικά απόβλητα.

Β. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ ΥΔΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΡΟΦΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ

Για την εκτίμηση της υδροβιολογικής κατάστασης της λίμνης Κερκίνης προσδιορίστηκαν οι πλαγκτονικοί οργανισμοί που συνθέτουν τις πρώτες τροφικές βαθμίδες του οικοσυστήματος της λίμνης. Η σύνθεση των πλαγκτονικών οργανισμών και οι φυσικοχημικές παράμετροι που συμβάλλουν στην πληθυσμιακή ανάπτυξη των οργανισμών αυτών συνεκτιμήθηκαν για να προσδιοριστεί η κατάσταση ευτροφισμού της λίμνης Κερκίνης.

1. Πλαγκτονικοί οργανισμοί

Για τον ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό των πλαγκτονικών οργανισμών που αποτελούν τις κατώτερες βαθμίδες της υδάτινης τροφικής αλυσίδας στη λίμνη Κερκίνη, έγιναν 9 δειγματοληψίες κατά τη διάρκεια της έρευνας. Τα αποτελέσματα και η συζήτηση από τις εξετάσεις αυτές δίνονται παρακάτω.

α) **Φυτοπλαγκτό.** Οι κυριότερες ομάδες φυτοπλαγκτονικών οργανισμών που βρέθηκαν στη λίμνη Κερκίνη είναι: Τα Κυανοφύκη, τα Χλωροφύκη, τα Δινομαστιγωτά, τα Διάτομα, τα Χρυσοφύκη και τα Κρυπτοφύκη. Τα είδη των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών που προσδιορίστηκαν και ανήκουν στις παραπάνω ομάδες δίνονται στον πίνακα V. Η συμμετοχή εξάλλου των ομάδων των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών στη σύνθεση του φυτοπλαγκτού της λίμνης Κερκίνης εμφανίζεται στο ιστόγραμμα 28. Εξάλλου στο σχήμα 29 δίνεται η αφθονία των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών (αφθονία κυττάρων $X 10^3/L$).

Στις αρχές του φθινοπώρου δεν υπάρχει σαφής κυριαρχία φυτοπλαγκτονικών οργανισμών. Τα Κυανοφύκη, τα Διάτομα και τα Χλωροφύκη υπερισχύουν έναντι των Δινομαστιγωτών και των Κρυπτοφυκών. Το Νοέμβριο όμως κυριαρχούν κατά πολύ τα Κυανοφύκη, ενδεχομένως λόγω της μη λειτουργίας του φράγματος.

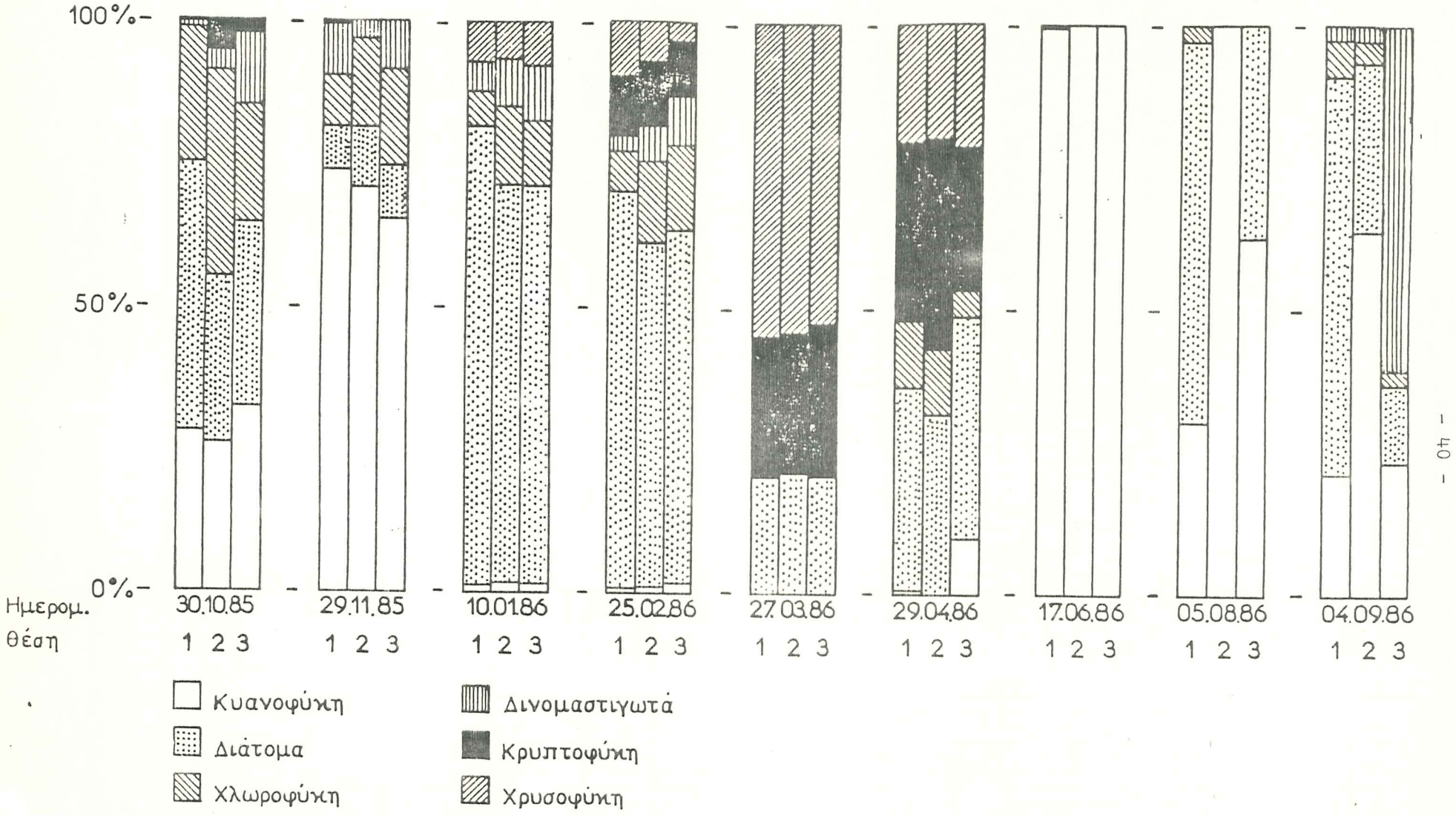
Τους χειμερινούς μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο κυριαρχούν τα Διάτομα, ενώ έντονες διαφοροποιήσεις παρατηρούνται την άνοιξη. Το Μάρτιο κυριαρχούν τα Χρυσοφύκη και δευτερευόντως τα Κρυπτοφύκη και τα Διάτομα, ενώ τον Απρίλιο κυριαρχούν τα Διάτομα. Την περίοδο αυτή σημαντική είναι η συνεισφορά των Κρυπτοφυκών και λιγότερο των Χρυσοφυκών.

Τους θερινούς μήνες η κυριαρχία των Κυανοφυκών είναι απόλυτη με χαρακτηριστικές τοπικές ή γενικές εξάρσεις "άνθιση του ύδατος" (water bloom). "Άνθιση του ύδατος" παρατηρήθηκε και το Σεπτέμβριο, μόνο στο σταθμό δειγματοληψίας Κ3 (κοντά στο φράγμα) από το είδος *Ceratium hirundinella* των Δινομαστιγωτών. Στο σχήμα 30 δίνεται η βιομάζα των πλαγκτονικών οργανισμών

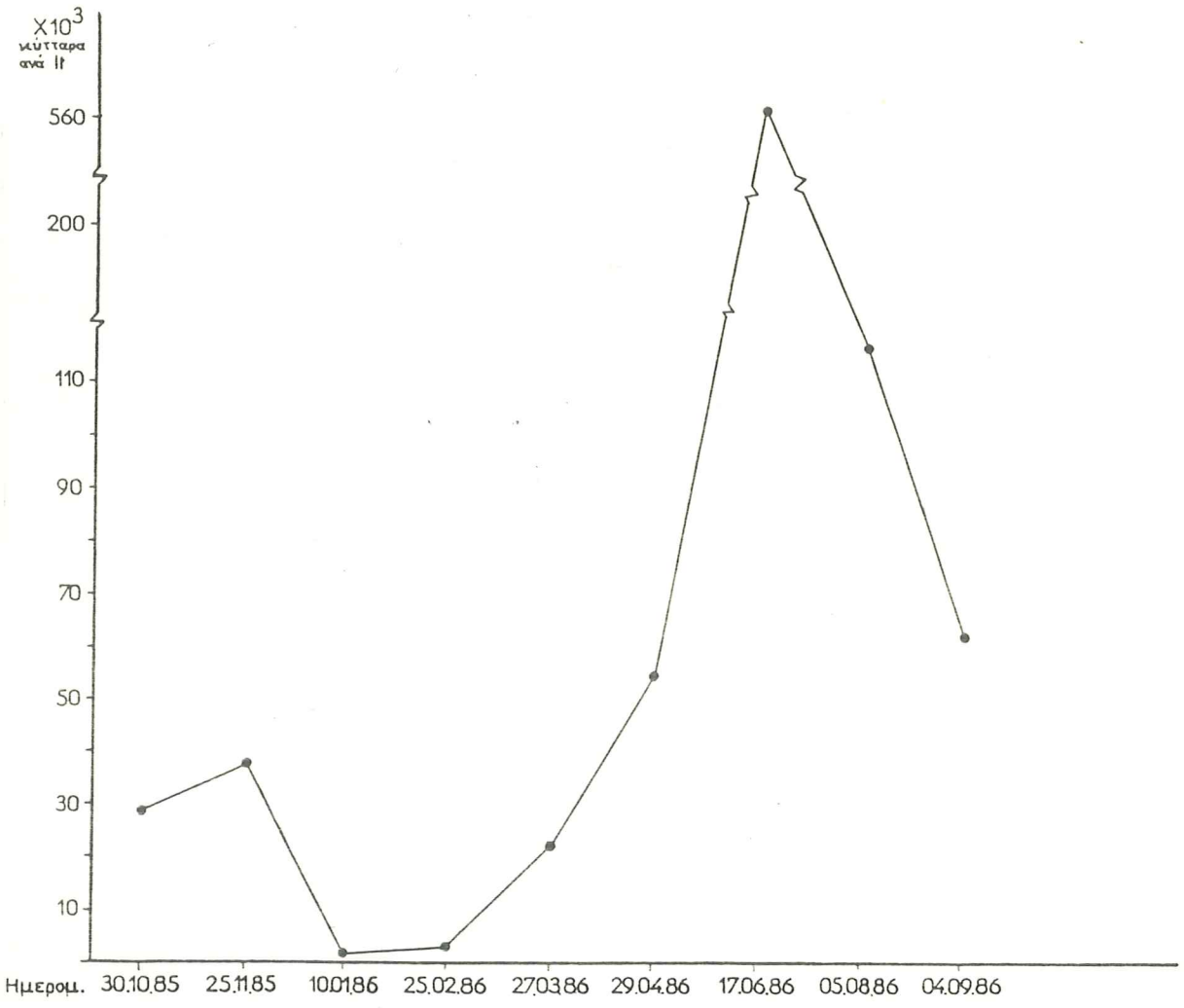
ΠΙΝΑΚΑΣ V

ΕΠΙΚΡΑΤΕΣΤΕΡΑ ΕΙΔΗ ΦΥΤΟΠΛΑΓΚΤΟΝΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ ΚΕΡΚΙΝΗ

Κυανοφύκη	Χλωροφύκη	Διάτομα	Δινομαστιγωτά
Anabaena flos-aquae	*Ankistrodesmus falsatus*	*Amphora ovalis*	*Ceratium hirundinella*
" *scheremetievi*	*Chlorella* spp	*Asterionella gracillima*	*Phytodinium* sp
Aphanocapsa elachista	*Coelastrum microporum*	*Cymbella lanceolata*	
Chroococcus dispersus	*Crucigenia rectangularis*	*Cyclotella planctonica*	
" *limneticus*	" *tetrapedia*	*Fragilaria crotonensis*	Χρυσοφύκη
Coelosphaerium naegelianum	*Closterium* sp	*Melosira granulata* var.	
" *Kützingianum*	*Golenkinia radiata*	*angustissima*	*Dinoloryon divergens*
Microcystis aeruginosa	*Eudorina alegans*	" *granulata*	
" *flos-aquae*	*Kirchneriella lunaris*	" *varians*	
Phormidium mucicola	*Oocystis lacustris*	*Navicula* spp	Κρυπτοφύκη
	Pediastrum boryanum	*Nitzschia* spp	
	" *clathratum*	*Stephanodiscus astraea*	*Cryptomonas erosa*
	" *duplex*	*Synedra ulna*	*Rhodomonas* sp_1
	" *simplex*		" sp_2
	Planktosphaeria		
	Plendorina		
	Scenedesmus equadricauda		
	Selenastrum gracile		
	Undetermined small chlorophyta		



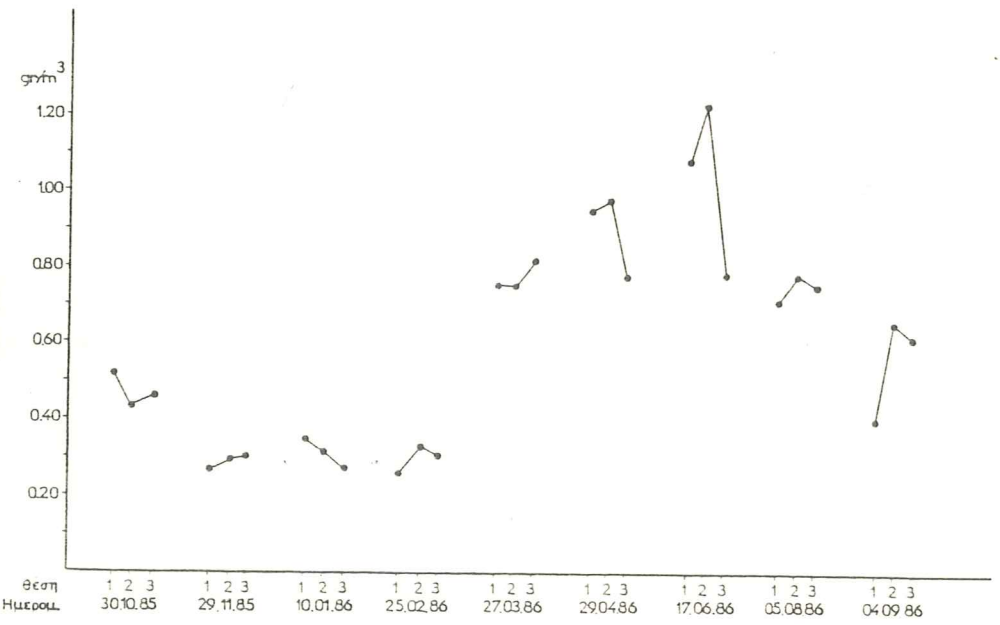
Σχ. 28. Ποσοστιαία (%) συμμετοχή των ομάδων των πλαγκτονικών οργανισμών στη σύνθεση του φυτοπλαγκτού της λίμνης Κερκίνης.



Σχ. 29. Αφθονία φυτοπλαγκτονικών οργανισμών (αριθμός κυττάρων $X\,10^3/L$) στο νερό της λίμνης Κερκίνης.

επί ξηράς ουσίας (g/m^3) στο νερό της λίμνης Κερκίνης κατά σταθμό δειγματοληψίας, στις ημερομηνίες που έγινε ο έλεγχος. Οι υψηλότερες τιμές βιομάζας εμφανίστηκαν την άνοιξη και ιδιαίτερα το καλοκαίρι.

Όπως φαίνεται από το σχήμα 30 η βιομάζα του πλαγκτού δεν παραλλάσσει μόνο εποχιακώς, αλλά και κατά σταθμό δειγματοληψίας. Η εποχιακή αύξηση της βιομάζας του πλαγκτού την άνοιξη και το καλοκαίρι σχετίζεται απόλυτα με την αριθμητική αύξηση των πλαγκτονικών οργανισμών (Σχ. 29). Οι παραλλαγές όμως της βιομάζας που παρατηρούνται στους σταθμούς δειγματοληψίας σχετίζονται με τις τοπικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε σταθμό και οι οποίες διαμορφώνονται από τις εισροές και εκροές της λίμνης. Τονίζεται ότι η ανάπτυξη και η αφθονία του πλαγκτού στις τεχνητές λίμνες επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τις εισροές και εκροές των υδάτων της λίμνης.



Σχ. 30. Συνολική βιομάζα πλαγκτονικών οργανισμών επί ξηράς ουσίας (g/m^3) στη λίμνη Κερκίνη.

Η λειτουργικότητα αυτή των τεχνητών λιμνών δημιουργεί τοπικώς διάφορες συνθήκες, οι οποίες ευνοούν ή όχι την ανάπτυξη του ενός ή του άλλου οργανισμού.

Σχετικά με τη σύνθεση και την αφθονία του φυτοπλαγκτού στη λίμνη Κερκίνη σε συνδυασμό με τη σύσταση του νερού για την εκτίμηση της τροφικής της δομής αναφέρονται και τα ακόλουθα:

Τα Κυανοφύκη αφθονούν συνήθως σε λίμνες, όπου η συγκέντρωση των θρεπτικών αλάτων στα νερά τους είναι αυξημένες. Σε ορισμένες εποχές μάλιστα η ανάπτυξή τους είναι εκρηκτική, προξενώντας έτσι "άνθιση του ύδατος" (Järnefelt, 1956). Στην Κερκίνη τα είδη εκείνα των Κυανοφυκών που αναπτύσσονται σε ολιγότροφα λιμναία οικοσυστήματα λείπουν ή η ανάπτυξή τους είναι πολύ περιορισμένη. Αντίθετα τα είδη που αναπτύσσονται σε εύτροφα νερά, όπως το *Microcystis aeruginosa* είναι χαρακτηριστική. Η κυριαρχία τού είδους αυτού στην Κερκίνη είχε διάρκεια τριών τουλάχιστον εποχών (από άνοιξη μέχρι φθινόπωρο). Τονίζεται ότι το είδος αυτό αναπτύσσεται εκρηκτικά σε λίμνες με άφθονα θρεπτικά υλικά, όπως συνέβη στην Κερκίνη (Hörnström, 1981).

Τα χλωροφύκη αναπτύσσονται περισσότερο σε εύτροφες λίμνες παρά σε ολιγότροφες. Η αφθονία τους όμως εξαρτάται από την αφθονία των Κυανοφυκών και των Διατόμων. Στην Κερκίνη, μολονότι η αφθονία των Χλωροφυκών είναι περιορισμένη και υπολείπεται κατά πολύ των άλλων ομάδων, συναντώνται συχνά

τα είδη *Scenedesmus* και *Pediastrum*. Τα είδη αυτά αφθονούν σε μεσότροφα ή εύτροφα νερά, σύμφωνα με τις απόψεις του Rösen (1981).

Τα Διάτομα σπάνια απουσιάζουν από τη σύνθεση του φυτοπλαγκτού των λιμναίων οικοσυστημάτων, όπως εκείνα τα εξαιρετικώς ολιγότροφα. Οι οργανισμοί αυτοί κυριαρχούν συνήθως κατά τη θερινή περίοδο με εκδηλώσεις εκρηκτικές (Άνθιση του ύδατος - water bloom). Στην Κερκίνη η εκρηκτική αυτή περίοδος παρατηρήθηκε την άνοιξη (Φεβρουάριο - Απρίλιο) γιατί υπήρξαν οι κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξή τους. Τη χρονική περίοδο που προαναφέρθηκε τα Διάτομα έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην επί τοις % σύνθεση του φυτοπλαγκτού της Κερκίνης. Ιδιαίτερα για τη συχνή παρουσία των ειδών *Fragilaria crotonensis* και *Melosira granulata s. angustissima* στην Κερκίνη συνηγορεί υπέρ του εύτροφου χαρακτήρα της λίμνης, αφού τα είδη αυτά κυριαρχούν σε μεσότροφες έως εύτροφες λίμνες, όπου τα Κυανοφύκη δεν παίζουν σπουδαίο ρόλο στη σύνθεση του πληθυσμού του φυτοπλαγκτού (Rösen, 1981).

Τα Δινομαστιγωτά αναπτύσσονται σε νερά πλούσια σε ασβέστιο, γιατί οι απαιτήσεις των οργανισμών αυτών για το στοιχείο που προαναφέρθηκε είναι αυξημένες (Höll, 1928). Γενικότερα η ανάπτυξη των Δινομαστιγωτών στη λίμνη Κερκίνη είναι περιορισμένη. Ιδιαίτερα για το είδος *Ceratium hirundinella*, που έχει μεσοτροφικές απαιτήσεις, ο αριθμός του ήταν περιορισμένος, εκτός μιας εκρηκτικής παρουσίας στο σταθμό δειγματοληψίας Κ3 το Σεπτέμβριο του 1986.

Τα Κρυπτοφύκη τέλος είναι κοινού φυτοπλαγκτονικού οργανισμού σε όλα τα λιμναία οικοσυστήματα. Η μαζική τους όμως ανάπτυξη σημειώνεται στις εξόδους αποχετευτικών αγωγών και νερών πλούσιων σε θρεπτικά ανόργανα και οργανικά υλικά.

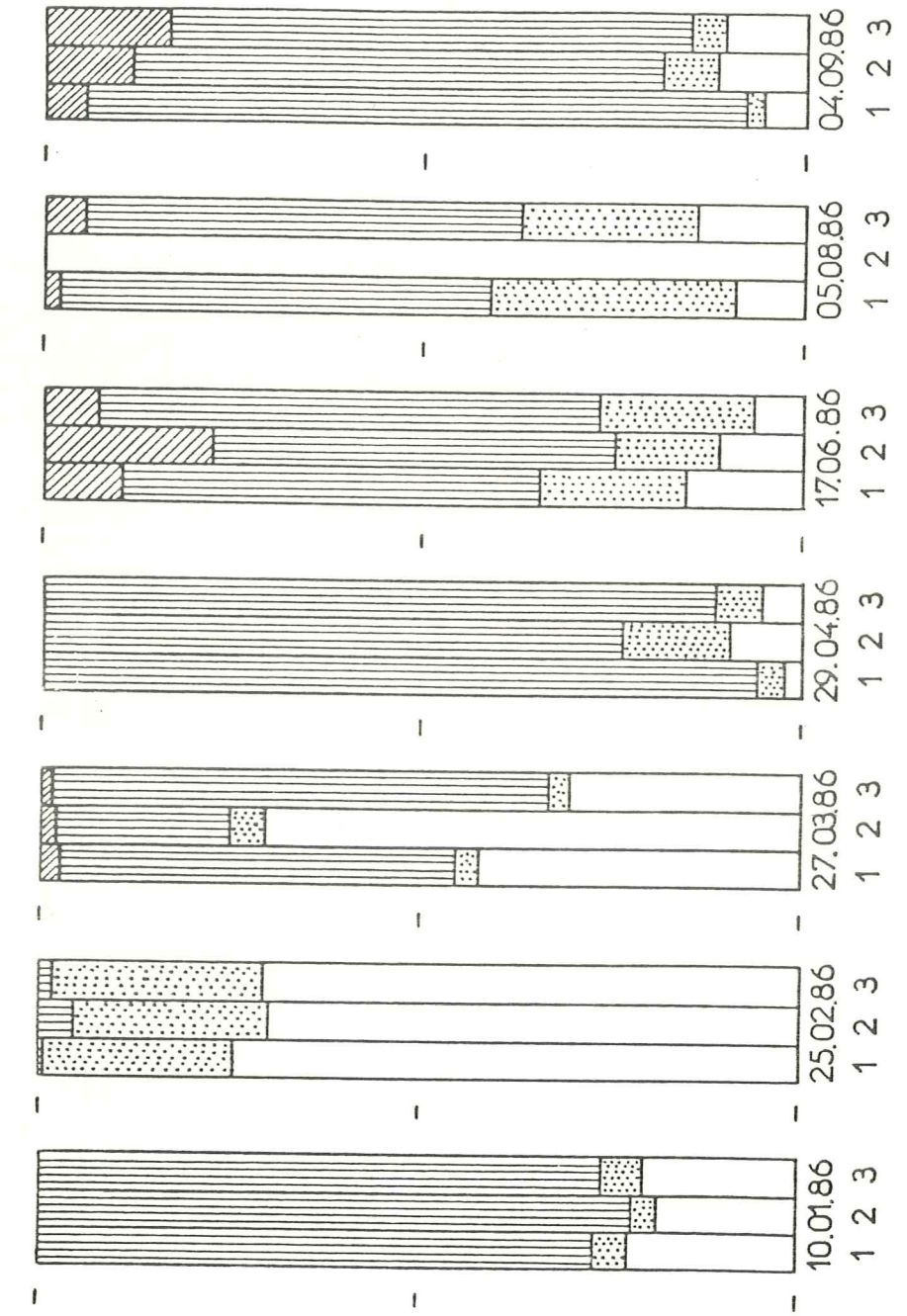
Απ'όλα όσα έχουν αναφερθεί σχετικά με το φυτοπλαγκτό της λίμνης Κερκίνης, φαίνεται ότι στο οικοσύστημα αυτό επικρατούν συνθήκες ευτροφισμού που ευνοούν την ανάπτυξη φυτοπλαγκτονικών οργανισμών με τέτοιες απαιτήσεις.

β) Ζωοπλαγκτό. Οι κυριότερες ομάδες ζωοπλαγκτονικών οργανισμών που βρέθηκαν στη λίμνη Κερκίνη είναι: Τα Κωπήποδα, τα Κλαδοκεραιωτά, τα Τροχόζωα και τα Βλεφαριδωτά (πρωτόζωα). Τα είδη των ζωοπλαγκτονικών οργανισμών που προσδιορίστηκαν και ανήκουν στις παραπάνω ομάδες δίνονται στον πίνακα VI. Η ταυτοποίηση των ζωοπλαγκτονικών οργανισμών έγινε με τις κλείδες των Hauer (1930-1938), Bick και Ruttner-Kolisko (1972) και Kiefer και Fryer (1978). Η συμμετοχή εξάλλου των ομάδων των ζωοπλαγκτονικών οργανι-

ΠΙΝΑΚΑΣ VI

ΕΠΙΚΡΑΤΕΣΤΕΡΑ ΕΙΔΗ ΖΩΟΠΛΑΓΚΤΟΝΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ ΚΕΡΚΙΝΗ

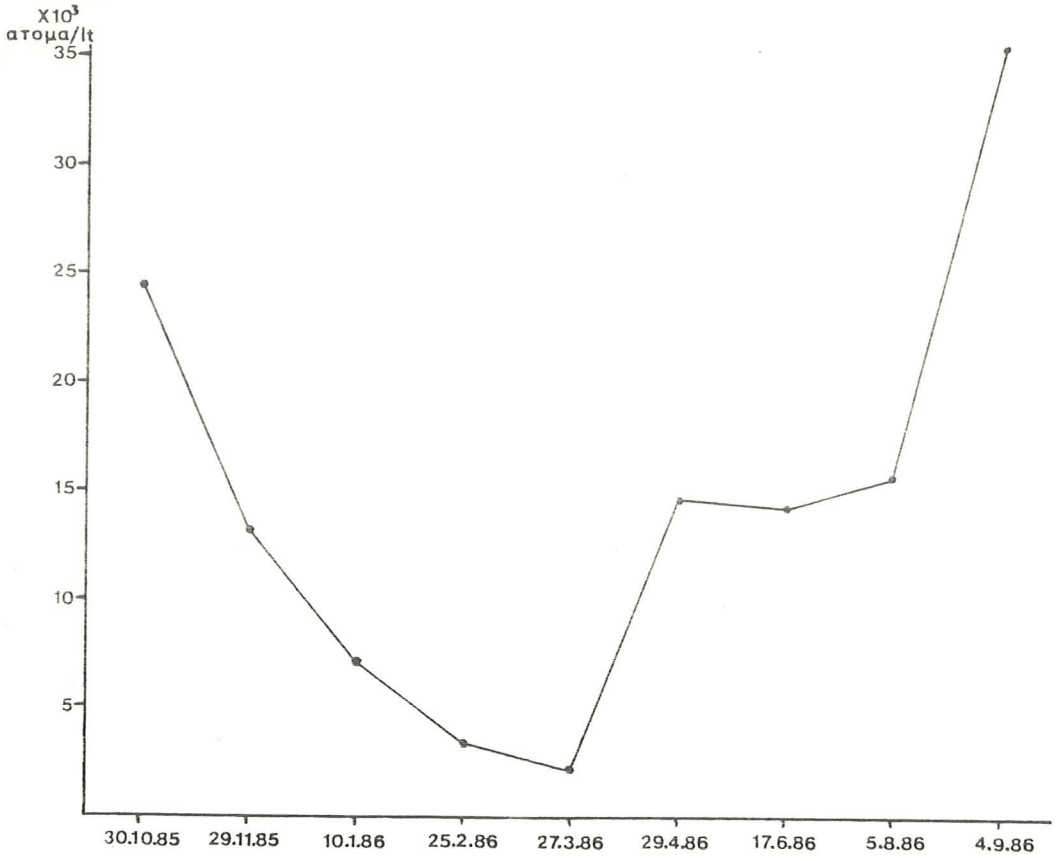
Κωπήποδα	Κλαδοκεραιωτά	Τροχόζωα	Βλεφαριδωτά (Πρωτόζωα)
Arctodiaptomus steindachneri " *pectinicornis* *Cyclops vicinus* *Mesocyclops leuckarti* *Thermocyclops crassus*	*Bosmina longirostris* *Daphnia hyalina* *Diaphanosoma brachyurum*	*Anuraeopsis fissa* *Asplanchnopus multiceps* *Brachionus angularis* v. *chelonis* " *calyciflorus* " *diversicornis* v.*daday* *Filinia longiseta* *Hexarthra mirum* *Keratella cochlearis* " " v. *tecta* " *quadrata* *Polyarthra trigla* " *vulgaris* *Trichocerca birostris* " *cylidraca* " *pusilla*	*Tintinnopsis lacustris* " sp



Σχ. 31. Ποσοστιαία (%) συμμετοχή των ομάδων των πλαγκτονικών οργανισμών στη σύνθεση του ζωοπλαγκτού της λίμνης Κερκύνης.

σμών στη σύνθεση του ζωοπλαγκτού της λίμνης Κερκίνης εμφανίζεται στι ι-στόγραμμα 31 .

Κατά τη διάρκεια της έρευνας δε διαπιστώθηκαν ποιοτικές και ποσοτικές στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας. Η σύνθεση των πληθυσμών σε μέσες τιμές (άτομα/L) κατά τις δειγματοληπτικές περιόδους δίνονται στη σχήμα 32 .



Σχ. 32. Αφθονία των ζωοπλαγκτονικών οργανισμών κατά τις δειγματοληπτικές περιόδους (άτομα/L).

Από τα αποτελέσματα που προαναφέρθηκαν διαπιστώνεται η κυριαρχία των Τροχοζώων στη λίμνη Κερκίνη κατά τη διάρκεια της περιόδου των δειγματοληψιών τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά. Ακόμη πολλά από τα ναυπλιακά στάδια και τα στάδια των κωπηποδιτών των Κωπηπόδων συμμετέχουν στο ζωοπλαγκτό της λίμνης ολόκληρο το χρόνο. Το γεγονός τούτο θα πρέπει να αποδοθεί στη συνεχή τροφοδοσία της λίμνης με ναυπλίους κωπηπόδων από τις λανθάνουσες φάσεις τους, που υπάρχουν στην ιλύ του πυθμένα της λίμνης, όπως είναι

τα *Mesocyclops leuckarti* και *Cyclops vicinus*. Η συχνή ανάδευση της ιλύος της λίμνης εξαιτίας της μορφολογίας της λεκάνης της λίμνης, της λειτουργικότητάς της και του μικρού της βάθους συμβάλλει στην τροφοδοσία που προαναφέρθηκε. Άλλωστε και οι Strascraba και Hrbacek (1966) διαπίστωσαν τέτοιες καταστάσεις σε ανάλογες αβαθείς τεχνητές λίμνες.

Γενικότερα γίνεται παραδεκτό ότι η κατανομή του πλαγκτού στις λίμνες σε έκταση και βάθος εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Ιδιαίτερα για τις τεχνητές αβαθείς λίμνες στους παράγοντες αυτούς θα πρέπει να προστεθούν και εκείνοι, όπως είναι: Το υδρολογικό καθεστώς, η λειτουργικότητα του φράγματος και ο χρόνος παραμονής του νερού στη λίμνη (Machay, 1951· Barthelmes, 1960· Brandl, 1973).

Χαρακτηριστική για την υδρολογική κατάσταση της λίμνης Κερκίνης είναι η ποιοτική και ποσοτική επικράτηση των Τροχοζώων ολόκληρο το χρόνο. Η ποσοστιαία συμμετοχή των Τροχοζώων κατά την περίοδο της άνοιξης κυμαίνεται από 76 μέχρι 95% και τα είδη που κυριαρχούν την περίοδο αυτή είναι τα: *Polyarthra trigla*, *Polyarthra vulgaris*, *Keratella cochlearis* και *Trichocerca cylindracea*. Τονίζεται ότι την περίοδο αυτή η επικράτηση των Τροχοζώων, συγκριτικά με τις άλλες χρονικές περιόδους ήταν η υψηλότερη.

Τη θερινή περίοδο η ποσοστιαία συμμετοχή των Τροχοζώων στη σύνθεση του ζωοπλαγκτού της λίμνης κυμάνθηκε από 53 μέχρι 66% και τα είδη που κυριαρχούν είναι τα: *Keratella cochlearis*, *Trichocerca cylindraca* και *Brachionus calyciflorus*. Το φθινόπωρο η ποσοστιαία συμμετοχή αυξάνει και κυμαίνεται από 68 μέχρι 86%, ενώ παράλληλα την ίδια περίοδο έχουμε και αύξηση του αριθμού των ειδών των Τροχοζώων. Τη φθινοπωρινή περίοδο τα είδη Τροχοζώων που επικρατούν είναι τα: *Filinia longiseta*, *Trichocerca birostris*, *Polyarthra vulgaris*, *Polyarthra trigla*, *Keratella cochlearis*, *Keratella cochlearis* v. *tecta*.

Τη χειμερινή περίοδο αρχίζει η υποχώρηση της απόλυτης κυριαρχίας των Τροχοζώων, η οποία στις αρχές του χειμώνα κυμαίνεται από 62 μέχρι 81% και φθάνει την περίοδο Φεβρουαρίου - Μαρτίου στη χαμηλότερη ποσοστιαία συμμετοχή των Τροχοζώων στη σύνθεση του ζωοπλαγκτού της λίμνης. Η συμμετοχή αυτή κυμαίνεται από 1,0 μέχρι 66% και το κυρίαρχο είδος είναι το *Keratella cochlearis*. Παρόμοιες ποιοτικές και ποσοτικές διαφοροποιήσεις στη σύνθεση των Τροχοζώων έχουν διαπιστωθεί και σε άλλες τεχνητές και αβαθείς λίμνες (Rozmajzlova - Rehackova, 1966).

Με την υποχώρηση της κυριαρχίας των Τροχοζώων αρχίζει η επικράτηση των Κωπηπόδων (ενήλικα άτομα, ναύπλιοι και κωπηποδίτες). Η επικράτηση αυτή

των Κωπηπόδων συμπίπτει με τις αυξημένες παροχές του ποταμού Στρυμώνα και με τη λειτουργία του φράγματος, όπου απομακρύνονται από τη λίμνη μεγάλες ποσότητες νερού. Με τη λειτουργικότητα αυτή της λίμνης δημιουργείται έντονη ανάδευση των ιζημάτων του πυθμένα, με αποτέλεσμα να τροφοδοτείται το ζωοπλαγκτό της λίμνης με ναυπλιακά στάδια και κωπηποδίτες, δεδομένου ότι η λανθάνουσα φάση (rosting stages) των Κωπηπόδων βρίσκεται στο ίζημα της λίμνης. Έτσι την περίοδο αυτή (Φεβρουαρίου - Μαρτίου) η συμμετοχή των Κωπηπόδων στο ζωοπλαγκτό κυμαίνεται από 30 μέχρι 74% και τα είδη που επικρατούν είναι τα: *Mesocyclops leuckarti* και *Cyclops vicinus*. Αργότερα την άνοιξη τα Κωπήποδα υποχωρούν και η ποσοστιαία συμμετοχή τους κυμαίνεται από 2 μέχρι 9%. Τις υπόλοιπες χρονικές περιόδους η συμμετοχή των Κωπηπόδων στη σύνθεση του ζωοπλαγκτού της λίμνης κυμαίνεται από 5 μέχρι 24%.

Η μεγαλύτερη συμμετοχή των Κλαδοκεραιωτών στη σύνθεση του ζωοπλαγκτού της λίμνης Κερκίνης διαπιστώθηκε το Φεβρουάριο (24 μέχρι 27%), χωρίς όμως μεγάλες ποσοτικές διακυμάνσεις στους σταθμούς δειγματοληψίας. Αντίθετα το καλοκαίρι (Ιούλιο - Αύγουστο) σημειώθηκαν διακυμάνσεις στους σταθμούς δειγματοληψίας. Το ποσοστό συμμετοχής την περίοδο αυτή κυμάνθηκε από 23 μέχρι 32% και το συνηθέστερο και επικρατέστερο είδος ήταν το *Bosmina longirestris*.

Η μεγαλύτερη συμμετοχή των Πρωτοζώων Βλεφαριδωτών στη σύνθεση του ζωοπλαγκτού της λίμνης Κερκίνης παρατηρήθηκε το καλοκαίρι. Έτσι η συμμετοχή αυτή στις αρχές του καλοκαιριού κυμάνθηκε από 7 μέχρι 22% και αργότερα από 5 μέχρι 16%.

Οι παραπάνω χρονικές διαφοροποιήσεις στις ομάδες του ζωοπλαγκτού και η εναλλαγή τους στην ποσοστιαία συμμετοχή θα πρέπει να αποδοθεί στη μορφολογία και υδρολογία της λίμνης καθώς επίσης και στη λειτουργικότητά της. Στους παραπάνω παράγοντες θα πρέπει να προστεθούν και άλλοι γενικότεροι, όπως είναι το κλίμα, η παρουσία ορισμένων φυτοπλαγκτονικών οργανισμών, η ανταγωνιστικότητα για τροφή μεταξύ των διαφόρων ομάδων του ζωοπλαγκτού, καθώς επίσης και η κατανάλωσή του από τα ψάρια κυρίως της λίμνης (Hutchinson, 1957).

Στη λίμνη Κερκίνη το φθινόπωρο από το ζωοπλαγκτό κυριαρχούν τα Τροχόζωα, ενώ τα Κωπήποδα, Κλαδοκεραιωτά και Πρωτόζωα υπολείπονται κατά πολύ. Στους χειμερινούς μήνες επικρατούν τα Τροχόζωα αλλά το Φεβρουάριο αρχίζει η επικράτηση των Κωπηπόδων. Στις αρχές της άνοιξης (Μάρτιος) επικρατούν τα Κωπήποδα και Τροχόζωα, ενώ τον Απρίλιο υπήρξε κυριαρχία των Τροχοζώων. Η κυριαρχία αυτή συνεχίστηκε στις αρχές του καλοκαιριού, ενώ

αργότερα (Αύγουστο) επικράτησαν τα Κλαδοκεραιωτά.

2. Τροφική κατάσταση της λίμνης Κερκίνης

Η υπέρμετρη πληθυσμιακή ανάπτυξη των μικροσκοπικών φυτικών οργανισμών (φυτοπλαγκτό), καθορίζει την κατάσταση ευτροφισμού της λίμνης, η οποία δημιουργείται κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, όπως είναι ο εμπλουτισμός του οικοσυστήματος με θρεπτικά άλατα (φωσφορικά, νιτρικά κλπ.), κλιματολογικές συνθήκες κ.ά. και δημιουργεί προβλήματα λειτουργικότητας των οικοσυστημάτων.

Για την εκτίμηση της τροφικής κατάστασης της λίμνης Κερκίνης, με σκοπό την κατάταξή της σε μια από τις κατηγορίες τροφικής δομής (ολιγότροφη, μεσότροφη, εύτροφη, υπερεύτροφη), όπως επίσης και για τον καθορισμό της κατάστασης ευτροφισμού που ενδεχομένως υπάρχει στη λίμνη αυτή, προσδιορίστηκε η σύνθεση και ο αριθμός των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών, η ολική βιομάζα τους και οι χημικοί παράγοντες που ευνοούν την ανάπτυξή τους.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου των πλαγκτονικών οργανισμών και των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού της λίμνης, που έχουν εκτεθεί σε προηγούμενα κεφάλαια, διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα, τα οποία προσδιορίζουν την τροφική κατάσταση της λίμνης Κερκίνης:

α) Υπερβολική ανάπτυξη των παρακάτω φυτοπλαγκτονικών οργανισμών που αναπτύσσονται σε μεσότροφα ή εύτροφα νερά, πολλά των οποίων κατά τη διάρκεια της έρευνας δημιούργησαν το φαινόμενο της "άνθισης του ύδατος" (water bloom).

- Το είδος *Microcystis aeruginosa* από τα Κυανοφύκη.
- Τα είδη *Scenedesmus* και *Pediastrum* από τα Χλωροφύκη.
- Τα είδη *Fragilaria crotonensis* και *Melosira granulata* v. *angustissima* από τα Διάτομα και
- Το είδος *Ceratium hirudinella* από τα Δινομαστιγωτά.

β) Η ολική βιομάζα (επί ξηράς ουσίας) τους θερινούς μήνες ξεπέρασε το 1,20 g/m^3, ενώ η ελάχιστη τιμή στα τέλη του φθινοπώρου και το χειμώνα ήταν 0,30 g/m^3.

γ) Οι μέσες τιμές των παραμέτρων εκείνων που επηρεάζουν και καθορίζουν την ανάπτυξη των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών ήταν:

- Ολικός φωσφόρος 106,6 μg/L (μέση ετήσια τιμή).
- Χλωροφύλλη-α 18,4 μg/L (μέση ετήσια τιμή).
- Μέγιστη χλωροφύλλη-α (χλωροφύλλη στο στάδιο της μέγιστης παραγωγής της) 29,7 μg/L.

Από τη συνεκτίμηση όλων των παραπάνω, η λίμνη Κερκίνη πρέπει να καταταγεί, από απόψεως τροφικής δομής, στις εύτροφες λίμνες με τάσεις να μετατραπεί σε υπερεύτροφη. Η άποψη αυτή τεκμηριώνεται και από τα ακόλουθα:

Σύμφωνα με τις απόψεις του Jumppanen (1976) το *F.crotonensis* χαρακτηρίζει τη μεσότροφη κατάσταση μιας λίμνης, όπως επίσης και η ανάπτυξη των άλλων ειδών των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών που προαναφέρθηκαν. Ο Järnefelt (1956) εξάλλου παραδέχεται ότι η μέση τιμή βιομάζας του φυτοπλαγκτού κατά την καλοκαιρινή περίοδο αποτελεί κριτήριο για την τροφική κατάσταση μιας λίμνης. Το κριτήριο αυτό είναι η τιμή των 800 mg βιομάζας/m^3, που αντιδιαστέλλει μια ολιγότροφη από μια εύτροφη λίμνη. Η βιομάζα στη λίμνη Κερκίνη κατά τη θερινή περίοδο έφθασε τα 1200 mg/L και είναι ανώτερη του ορίου που ορίστηκε παραπάνω και επομένως η λίμνη Κερκίνη θα πρέπει να καταταγεί στις εύτροφες.

Συγκρίνοντας τις μέσες τιμές των συγκεντρώσεων του ολικού φωσφόρου (P) και της χλωροφύλλης-α (Chl-α) με μοντέλο που σχεδιάστηκε από τον OECD (1982) (Σχ. 33), η λίμνη Κερκίνη κατά 56 μέχρι 61% ανήκει στις εύτροφες λίμνες, κατά 24 μέχρι 30% στις υπερεύτροφες και κατά 11 μέχρι 20% στις μεσότροφες. Έτσι σύμφωνα με το μοντέλο OECD, οι πιθανότητες να καταταγεί η λίμνη στις εύτροφες με τάσεις μετατροπής της σε υπερεύτροφη είναι μεγάλες.

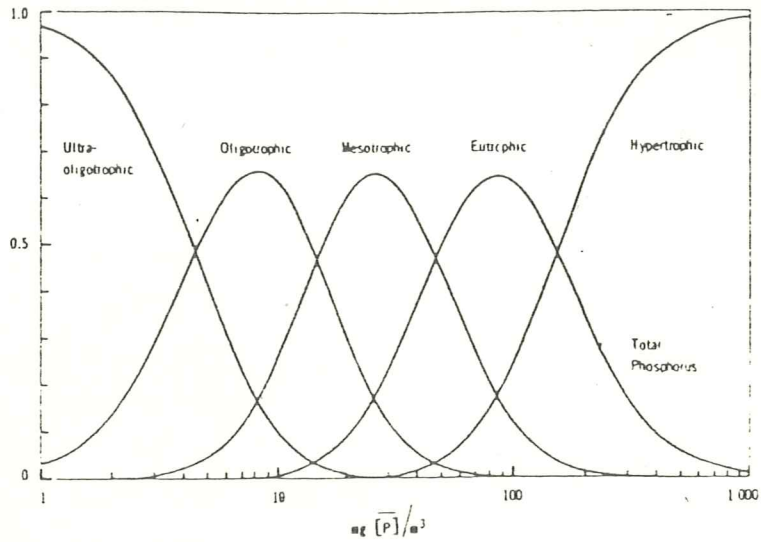
Από τη σχέση T.I.N : $P-PO_4$ (βλ. πίνακα IV), σύμφωνα με τον OECD (1982), περιοριστικός παράγοντας της ανάπτυξης του φυτοπλαγκτού είναι ο φωσφόρος (>15), για τους περισσότερους μήνες του έτους, ενώ τους θερινούς μήνες ο παραπάνω λόγος είναι μικρότερος του 7, οπότε περιοριστικός παράγοντας είναι το άζωτο (N).

Η "άνθιση του ύδατος" που παρατηρείται από την άνοιξη μέχρι τον Οκτώβριο είναι χαρακτηριστική της κατάστασης ευτροφισμού που επικρατεί στη λίμνη Κερκίνη, ιδιαίτερα στο Β.Δυτικό τμήμα της. Η ισορροπία όμως που επικρατεί στο οικοσύστημα οφείλεται στην ταχεία ανανέωση του νερού της λίμνης τους μήνες της άνοιξης και έτσι η παραμονή των θρεπτικών αλάτων και ρυπαντών στη λεκάνη της λίμνης είναι χρονικά μικρή.

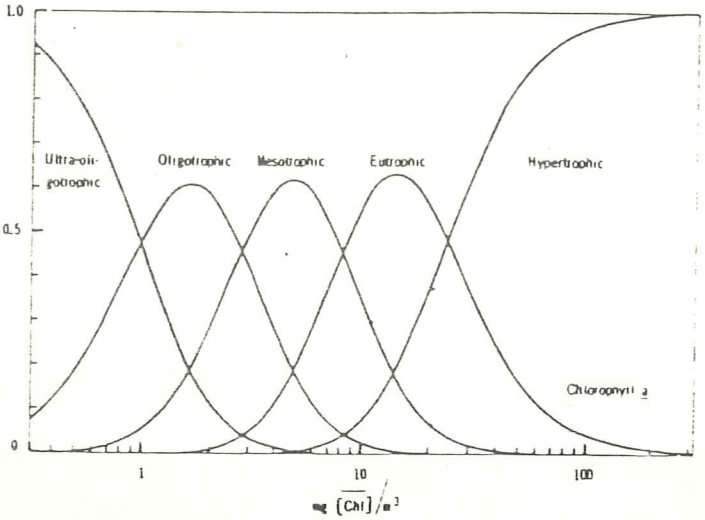
ΙΧΘΥΟΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗ

Η λίμνη Κερκίνη εκτός από τη χρήση της ως δεξαμενή ύδατος για τις αρδευτικές ανάγκες της περιοχής χρησιμοποιείται και για αλιεία, αφού η λίμνη αυτή είναι και ιχθυοπαραγωγικό οικοσύστημα. Τα κυριότερα είδη ψαριών που υπάρχουν στη λίμνη είναι τα ακόλουθα:

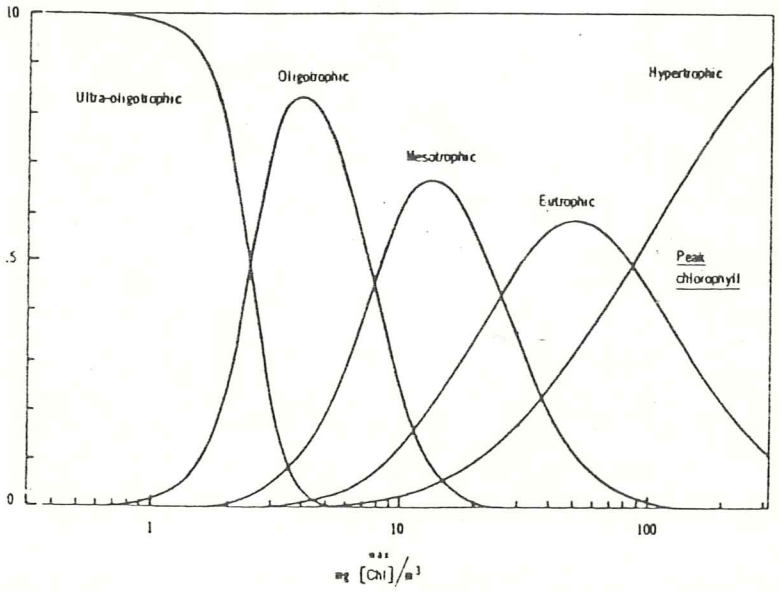
α)



β)



γ)



Σχ. 33. Μοντέλα κατανομής πιθανοτήτων για την κατάταξη των λιμνών, από απόψεως τροφικής κατάστασης σε σχέση με τον ολικό φωσφόρο (α), τη χλωροφύλλη-α (β) και τη μέγιστη χλωροφύλλη-α (γ).
(OECD, 1982)

- *Aspius aspius* (Ασπρόφαρο)
- *Cyprinus carpio* (Γριβάδι)
- *Carassius carassius* (Πεταλούδα)
- *Perca fluviatilis* (Πέρκα)
- *Silurus glanis* (Γουλιανός)
- *Rutilus rutilus* (Κοκκινοφτέρα)
- *Anguilla anguilla* (Χέλι)
- *Tinca tinca* (Γλήνι)
- *Esox lucius* (Τούρνα)
- *Alburnus alburnus* (Σύρκο)
- *Chondrostoma nasus* (Συρτάρι)

Ορισμένα από τα φάρια που προαναφέρθηκαν τείνουν να εξαφανιστούν ή έχουν εκκλείψει. Η πέρκα π.χ. έχει εξαφανιστεί γιατί δεν υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες για την αναπαραγωγή της, ύστερα από την εκτροπή του ποταμού Στρυμώνα και τη δημιουργία νέου φράγματος. Το χέλι επίσης έχει εξαφανιστεί από την Κερκίνη, γιατί δεν υπάρχει δυνατότητα ανόδου του χελιού προς τη λίμνη, ύστερα από την ανύψωση του φράγματος. Τέλος ο γουλιανός παρουσιάζει αισθητή αριθμητική μείωση, γιατί το περιβάλλον για την αναπαραγωγή του έχει αλλοιωθεί αφού κατά την περίοδο της ωοτοκίας μειώνεται αισθητά η στάθμη της λίμνης. Στην εικόνα 34 παρουσιάζονται ορισμένα είδη φαριών της λίμνης Κερκίνης.

Εικ. 34. Είδη φαριών από τη λίμνη Κερκίνη.

Αριθμητικά τα είδη των φαριών που υπερτερούν στον ιχθυοπληθυσμό της λίμνης είναι τα *Rutilus rutilus* (Κοκκινοφτέρα) και *Alburnus alburnus* (Σίρκο), γιατί τα είδη αυτά δεν αλιεύονται συστηματικά.

Η λίμνη Κερκίνη, ως ιχθυότοπος, μπορεί να καταταγεί στις λίμνες της κατηγορίας Χελιού - Τούρνας - Γλήνιού (Κυπρίνου), σύμφωνα με τις απόψεις του Müller (1963), με βάση τις συγκεντρώσεις του οξυγόνου και τις τιμές pH (βλ. αντίστοιχα κεφάλαια), που είναι ανεκτές για τα είδη που προαναφέρθηκαν.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ

Η Κερκίνη, που ανήκει στο Δημόσιο, εκμεταλλεύεται από 355 αλιείς των κοινοτήτων Λιθότοπος, Κερκίνη, Χρυσοχώραφα και Λιμνοχώρι. Σε κάθε μία από τις κοινότητες αυτές έχει δημιουργηθεί και ένας αλιευτικός συνεταιρισμός.

Τα μέσα που χρησιμοποιούνται για την αλιεία και την εκμετάλλευση της λίμνης είναι αυτοσχέδιες παραδοσιακές βάρκες (πλάβες), που ο αριθμός τους υπολογίζεται στις 140.

Τα δίχτυα που χρησιμοποιούνται για την αλιεία (απλάδια, μανομένα και βολκοί) έχουν συνήθως διάμετρο βρόγχων (μάτια) που κυμαίνεται από 10 mm μέχρι 80 mm, ανάλογα με το είδος του διχτυού. Εντούτοις όμως πολλές φορές χρησιμοποιούνται δίχτυα με μικτότερους βρόγχους για την αλίευση μικρόσωμων φαριών, που χρησιμοποιούνται για ιχθυοτροφές. Με τα δίχτυα όμως αυτά συλλαμβάνονται και ιχθύδια εδώδιμων φαριών, που δεν έχουν όμως το κατάλληλο εμπορεύσιμο βάρος.

Απ'όσα αναφέρθηκαν παραπάνω διαπιστώνεται ότι η αλιεία στη λίμνη Κερκίνη γίνεται χωρίς οργάνωση και προγραμματισμό, φθάνοντας πολλές φορές στα όρια της υπερεκμετάλλευσης. Εξαιτίας της κατάστασης αυτής είναι δύσκολο να εκτιμηθεί το μέγεθος της παραγωγής της λίμνης. Σύμφωνα με ορισμένα στοιχεία της Δ/νσης Γεωργίας Σερρών οι ποσότητες των αλιευμάτων της Κερκίνης των τελευταίων χρόνων ήταν οι ακόλουθες:

Για το 1978, 85.451 kg αλιευμάτων
" " 1979, 239.969 kg "
" " 1981, 215.213 kg "

Κατά τη χρονική διάρκεια Ιανουαρίου - Μάρτιού 1982 αλιεύτηκαν από τη λίμνη 576.448 kg φάρια, από τα οποία όμως τα 519.700 kg ήταν αλιεύματα που προορίζονταν για ιχθυοτροφές.

Το 1983 η παραγωγή ήταν 780.500 kg φαριών, από τα οποία τα 450.000 kg ήταν κυπρίνοι, τα 300.000 kg πεταλούδες, τα 500 kg χέλια και τα 30.000 kg διάφορα άλλα είδη φαριών (ΥΠΕΧΩΔΕ, 1986).

Στην περιοχή της λίμνης δεν υπάρχει συστηματική ιχθυοκαλλιέργεια. Ένα μόνο κυπρινοτροφείο που υπάρχει στο Ν.Πετρίτσι Σερρών λειτουργεί με ικανοποιητικά αποτελέσματα.

ΙΧΘΥΟΠΑΘΟΛΟΓΙΑ

Από μετρήσεις που έγιναν σε κυπρίνους που αλιεύτηκαν από την Κερκίνη εκτιμήθηκε ο Συντελεστής Ευρωστίας* των ψαριών αυτών. Ο συντελεστής αυτός για τους κυπρίνους ηλικίας 2 ετών ήταν κατά μ.ό. 1,67, με όρια που κυμάνθηκαν από 0,99 μέχρι 2,8. Κατά τον Steffens (1969) ο συντελεστής ευρωστίας για τον κυπρίνο της Κερκίνης είναι σε ικανοποιητικά επίπεδα. Σύμφωνα πάντοτε με τις απόψεις του παραπάνω συγγραφέα ο συντελεστής ευρωστίας για το είδος αυτό του ψαριού στην ηλικία των 2 ετών πρέπει να κυμαίνεται από 1,4 μέχρι 1,7.

Η λίμνη Κερκίνη, όπως προαναφέρθηκε, είναι εύτροφη με τάσεις υπερευτροφισμού και κατά καιρούς εμφανίζεται το φαινόμενο της "άνθισης του ύδατος" (βλ. αντίστοιχα κεφάλαια). Από τις καταστάσεις αυτές προκαλείται έλλειψη οξυγόνου και παραγωγή τοξικών αερίων, όπως του υδροθείου, της αμμωνίας κλπ. με επιπτώσεις στον ιχθυοπληθυσμό του οικοσυστήματος. Οι ανοξικές αυτές καταστάσεις παρατηρούνται τις πρωινές κυρίως ώρες και τα ψάρια που αλιεύονται τότε έχουν αλλοιωμένα βράγχια.

Οι καταστάσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω συμβάλλουν και στην έξαρση της νόσου της "Ερυθροδερματίτιδας των κυπρίνων". Εντούτοις από τα ψάρια που εξετάστηκαν μικρός μόνο αριθμός απ'αυτά παρουσίαζε συμπτώματα Ερυθροδερματίτιδας. Αντίθετα σε νεαρά άτομα διαπιστώθηκε έντονος παρασιτισμός που οφειλόταν στα εξωπαράσιτα *Ichthiophthirius multifiliis*, *Dactylogyrus vastator* και *Trichodina*. Στην κοκκινοφτέρα επιπλέον εντοπίστηκαν στα νεφρά ενδοπαράσιτα (Μυξοσπορίδια). Η παθολογική αυτή κατάσταση χρειάζεται παραπάνω μελέτη. Επίσης από τα νεφρά των κυπρίνων απομονώθηκε το αιμοπαράσιτο *Sanguinicola inermis* (Τρηματώδες). Τα άτομα που είχαν προσβληθεί, το ποσοστό των οποίων κυμάνθηκε από 3 μέχρι 6%, παρουσίαζαν έντονη αναιμία.

---

* Συντελεστής Ευρωστίας (K): Υπολογίζεται από το μήκος (M) και το βάρος (B) του ψαριού με τη σχέση $K = 100 \cdot \frac{B}{M}$, και φανερώνει τη θρεπτική κατάσταση του ψαριού.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την οικολογική έρευνα που έγινε στη λίμνη Κερκίνη με σκοπό τη βελτίωση της ιχθυοπαραγωγής της και από τη συζήτηση που επακολούθησε πάνω στα αποτελέσματα της έρευνας αυτής προέκυψαν τα ακόλουθα γενικά συμπεράσματα.

α) **Οι παράμετροι της ποιότητας του νερού της λίμνης παρουσιάζουν σημαντικές μεταβολές κατά τη διάρκεια του έτους.** Οι αυξημένες τιμές pH (9,0 μέχρι 9,3) κατά τη θερινή περίοδο, όπως επίσης και οι χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου στο νερό της λίμνης (2,5 mg O_2/L), κατά την ίδια χρονική περίοδο μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα υγείας στον ιχθυοπληθυσμό της λίμνης.

β) **Το οικοσύστημα της λίμνης δέχεται δυσμενείς επιδράσεις από τη γεωργική και αστική περιοχή.** Οι αυξημένες συγκεντρώσεις των φωσφορικών (0,32 mg P/L) και 0,32 mg PO_4/L) και των αζωτούχων ενώσεων (1477 μg $N-NO_3$/L, 26,0 μg $N-NO_2$/L και 0,48 mg $N-NH_4$/L), φανερώνουν την επίδραση της γεωργικής περιοχής στη λίμνη και δημιουργούν τις προϋποθέσεις για την εμφάνιση του φαινομένου του ευτροφισμού. Η παρουσία εξάλλου του εξαχλωριούχου βενζολίου και του Aldrin συνηγορούν υπέρ της παραπάνω άποψης. Τέλος η παρουσία των απορρυπαντικών και οι τιμές BOD_5 φανερώνουν την επίδραση της αστικής περιοχής στη λίμνη. Ιδιαίτερα η παρουσία του Aldrin στο νερό της λίμνης (ουσία της οποίας η χρήση στη γεωργία έχει απαγορευτεί στην Ελλάδα από το 1972), τεκμηριώνει την υπόθεση για τη μεταφορά της ουσίας αυτής από τη γειτονική χώρα (Βουλγαρία) με τα νερά του Στρυμώνα.

γ) **Από απόψεως τροφικής δομής η λίμνη Κερκίνη είναι εύτροφη με τάσεις να μετατραπεί σε υπερεύτροφη.** Η αφθονία των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών, των οποίων η ολική βιομάζα τους θερινούς μήνες φθάνει τα 1,20 g/m^3, όπως επίσης και οι αυξημένες μέσες τιμές του ολικού φωσφόρου (106,6 μg/L) και της χλωροφύλλης-α (18,4 μg/L), τεκμηριώνουν την παραπάνω υπόθεση. Χαρακτηριστικό για την κατάσταση ευτροφισμού που επικρατεί στη λίμνη είναι και το φαινόμενο της "Άνθισης του ύδατος" που διαρκεί από την άνοιξη μέχρι το φθινόπωρο. Η ισορροπία που επικρατεί στο οικοσύστημα της Κερκίνης, παρόλες τις αντίξοες συνθήκες, οφείλεται στην ταχεία ανανέωση του νερού της λίμνης, η οποία συμβαίνει κάθε 28,5 ημέρες.

δ) **Η ιχθυοπαραγωγή της Κερκίνης μειώνεται συνεχώς.** Το γεγονός αυτό αποδίδεται στην πλημμελή οργάνωση των αλιέων και στην κακή διαχείριση και υπερεκμετάλλευση της λίμνης. Αποδίδεται ακόμη στις δυσμενείς για την ανα-

παραγωγή των φαριών συνθήκες που επικρατούν στη λίμνη αλλά και στην παρεμπόδιση της μετακίνησης των χελιών προς τη λίμνη, ύστερα από την ανύψωση του φράγματος. Οι ασθένειες των φαριών της λίμνης, όπως η ασφυξία, λόγω έλλειψης οξυγόνου, η δηλητηρίαση από το υδρόθειο και άλλα τοξικά αέρια, οι παρασιτώσεις, η ερυθροδερματίτιδα των κυπρίνων κ.ά., οφείλονται κατά κύριο λόγο στο δυσμενές περιβάλλον της λίμνης εξαιτίας της ρύπανσης και της αλλοίωσης της ποιότητας του νερού της.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η τεχνητή λίμνη Κερκίνη, ως υδροβιότοπος και ιχθυοπαραγωγικό οικοσύστημα, παρουσιάζει λειτουργικά προβλήματα, τα οποία έχουν επιπτώσεις στην παραγωγή της λίμνης. Για την επίλυση των προβλημάτων αυτών με σκοπό τη βελτίωση της λειτουργικότητας και την αύξηση της ιχθυοπαραγωγής της λίμνης θα πρέπει:

α) Η διαχείριση του νερού της λίμνης για αρδευτικούς σκοπούς να γίνεται κατά τέτοιον τρόπο, ώστε η στάθμη της λίμνης να μη μεταβάλλεται απότομα κατά την περίοδο αναπαραγωγής των φαριών (Απρίλιο - Μάϊο). Η απότομη πτώση της στάθμης της λίμνης παρεμποδίζει την ωοτοκία, επώαση και εκκόλαφη των αβγών των φαριών, που γίνεται σε παράκτια περιοχή της λίμνης.

β) Να γίνεται περιοδικός εμπλουτισμός της λίμνης με γηγενείς ιχθυοπληθυσμούς. Για το σκοπό αυτό θα πρέπει να ιδρυθεί σταθμός αναπαραγωγής φαριών (κυπρίνων) σε παραλίμνια περιοχή που έχει τις κατάλληλες προϋποθέσεις, όπως π.χ. η κοινότητα Χρυσοχώραφα.

γ) Αποτροπή παραπέρα επιβάρυνσης της λίμνης με γεωργικά απόβλητα και ιδιαίτερα με φωσφόρο, με την ανάλογη διαχείριση, ώστε να μειωθεί το ποσοστό των πιθανοτήτων για μετατροπή της λίμνης σε υπερεύτροφη με τις ανάλογες επιπτώσεις στον ιχθυοπληθυσμό. Με τα σημερινά δεδομένα, όπου εισέρχονται στη λίμνη ετησίως 414 τόνοι φωσφόρου, οι πιθανότητες να μετατραπεί η λίμνη σε υπερεύτροφη είναι αυξημένες (30%), σύμφωνα με μοντέλο του OECD (1982). Για να περιοριστούν οι πιθανότητες στο 10%, οι ποσότητες του φωσφόρου που εισέρχονται στη λίμνη ετησίως από τη λεκάνη απορροής θα πρέπει να μειωθούν στους 192 τόνους, σύμφωνα πάντοτε με το μοντέλο που προαναφέρθηκε. Ορθολογική χρήση των λιπασμάτων στις καλλιέργειες της λεκάνης απορροής της λίμνης και κατεργασία των αποβλήτων (κτηνοτροφικών, αστικών κλπ.), για την απομάκρυνση του φωσφόρου θα περιορίσει τη ρύπανση της λίμνης με φωσφορικές ενώσεις.

δ) Επειδή όπως έχει αποδειχθεί από την εργασία αυτή αλλά και από άλλη

παράλληλη ερευνητική εργασία, που αφορούσε τη ρύπανση του Στρυμώνα (Κιλκίδης και συν., 1987), η γειτονική χώρα (Βουλγαρία) συμβάλλει στη ρύπανση του Στρυμώνα και της Κερκίνης με γεωργικά απόβλητα (φωσφορικά, Aldrin κλπ.). Μια διμερής συμφωνία (ελληνοβουλγαρική) για τη διαχείριση των νερών του Στρυμώνα και τη χρήση γεωργικών φαρμάκων θα συμβάλλει στην προστασία της Κερκίνης και του φυσικού περιβάλλοντος γενικότερα.

ε) Τέλος η καλύτερη συνεταιριστική οργάνωση (ενιαίος φορέας εκμετάλλευσης της λίμνης), χρήση σύγχρονων αλιευτικών μέσων και περιορισμός της υπεραλιείας θα συμβάλουν ασφαλώς στη βελτίωση της ιχθυοπαραγωγής της Κερκίνης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ALBASTER, J.S., and R. LLOYD (1980): Water quality criteria for freshwater fish. Buttersworths. London.

APHA (1975): Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington D.C.

BARTHELMES, D. (1960): Die horizontale Zooplankton verteilung im Grossen Müggele. I. Einige Beobachtungen über die Verhältnisse im Eulimnion. Z. Fischerei, 9:333-352.

BICK, H., and A. RUTTNER-KOLISKO (1972): Das Zooplankton der Binnengewässer. Band XXVI, 1. Teil 31-83, 99-234. E. Schweiz. Verlagsbuch. Stuttgart.

BOHL, M. (1982): Zucht und Produktion von Süsswasserfischen. DLG-Verlag, Frankfurt.

BOURRELLY, P. (1966): Les algues d'eau douce I, II, III. Ed. N.Boubée & Cie, Paris.

BOYD, C.E. (1982): Water quality management for pond fish culture. Elsevier Scien. Publ. Co., N.Y.

BRANDL, Z. (1973): Relation between the amount of netzooplankton and the depth of station in the shallow Lipno Reservoir. Hydrob. Studies. 3:7-51.

COLE, G. (1975): Textbook of limnology. The C.V. Mosby Co., S.Louis, 283 p.

GALDMAN, C.R., and A.J. HORN. (1983): Limnology. McGraw-Hill.

GOLTERMAN, H.L. (1975): Physiological Limnology. Elsevier Publ. Co. Amsterdam.

HAUER, J. (1930-1938): Zur Rotatorienfauna Deutschlands I-VII. Zool. Anz.

92:219-222, 93:7-13, 94:173-184, 110:260-264, 113:154-157, 115:334-336, 126:213-219.

HEDRICK, C.F., and B.A. BERGER (1966): Extraction of Anions Using Triphenylmethane Dyes. Anal. Chem. 38:791.

H.M.S.O. (1980): Phosphorus in waters effluents and sewages. H.M.S.O. London.

HÖLL, K. (1928): Ökologie des Pesidineen. Pflanzenforschung. 11:1-105.

HÖRNSTRÖM, E. (1981): Trophic characterization of lakes by means of qualitative phytoplankton analysis. Limnologia. 13(2):249-261.

HUTCHINSON, G.E. (1957): A treatise on limnology. Vol. I, J.Wiley and Sons Inc., N.Y., London.

JÄRNEFELT, H. (1956): Zur Limnologie einiger Gewasser Finlands. Ann. Zool. Soc., Vanamo, 17(7):1-201.

JENSEN, S., RENBERG, L., and R.VAZ. (1973): Problems in the quantitation of PCB in biological material. PCB conference. 2. Publ. Natl. Swed. Environ. Protect. (4E):7.

JOHNSON, L.Y. (1965): Collaborative study of a multiple detection method for chlorinated pesticides residues in fatty foods. J.A.O.A.C., 48:668.

JUMPPANEN, K. (1976): Effects of waste waters on a lake ecosystem. Ann. Zool. Fennici. 13:85-138.

KIEFER, F., and G.FRYER (1972-1978): Das Zooplankton der Binnengewässer. 1-2 Teil. E.Schweiz. Verlag, Stuttgart.

ΚΙΛΙΚΙΔΗΣ, Σ., ΚΑΜΑΡΙΑΝΟΣ, Α., ΦΩΤΗΣ, Γ. και Α.ΓΚΟΓΚΟΣ (1982): Η δημιουργία ασφυκτικού περιβάλλοντος σε εύτροφες λίμνες και η επίδρασή του στην επιβίωση του ιχθυοπληθυσμού (Περίπτωση λίμνης Μητρικού Ροδόπης). Πρακτικά Ζ'Πανελλήνιου Συνεδρίου Χημείας, Τόμος Α, σελ. 144-151.

ΚΙΛΙΚΙΔΗΣ, Σ., ΚΑΜΑΡΙΑΝΟΣ, Α., ΦΩΤΗΣ, Γ., ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ, Θ., ΚΑΡΑΜΑΝΛΗΣ, Ξ. και Κ.ΟΥΖΟΥΝΗΣ (1984): Οικολογική έρευνα στις λίμνες της Β.Ελλάδας, Αγ.Βασιλείου, Δοϊράνη και Βιστωνίδα. Επιστ. Επετ. Κτην. Σχολής Α.Π.Θ. 22:269-439.

ΚΙΛΙΚΙΔΗΣ, Σ., ΚΑΜΑΡΙΑΝΟΣ, Α. και Ξ.ΚΑΡΑΜΑΝΛΗΣ (1987): Έρευνα που αφορά τη ρύπανση του ποταμού Στρυμώνα με χλωριωμένους υδρογονάνθρακες και λιπάσματα (υπό δημοσίευση).

ΚΙΛΙΚΙΔΗΣ, Σ., ΦΩΤΗΣ, Γ. ΚΑΜΑΡΙΑΝΟΣ, Α., ΚΑΡΑΜΑΝΛΗΣ, Ξ., ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ, Θ. και Π.ΜΗΤΛΙΑΓΚΑΣ (1987α): Οικολογική μελέτη της λίμνης Πολυφύτου (Ν.Κοζάνης) με σκοπό τη βελτίωση της ιχθυοπαραγωγής της (υπό δημοσίευση).

MACHAY, H.H. (1951): The net plankton of lake Nipigon. Ph.D. Thesis, Univ. of Toronto, Toronto. 208 pp.

MÜLLER, H. (1963): Richtlinien für die klassifizierung Fischreiwirtschaftliche Genutzer Seen Norddeutschlands. Dt Fischereizkg. 10:189-200.

ΝΤΑΟΥΛΑΣ, Χ., ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ, Θ. και Θ.ΨΑΡΡΑΣ. (1986): Μελέτη τεχνητής λίμνης Κρεμαστών. Υφιστάμενη αβιοτική και βιοτική κατάσταση. Αξιοποίηση. Τεχνική Έκθεση Ε.Κ.Θ.Ε. 109 σ.

O.E.C.D. (1982): Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. O.E.C.D., Paris.

PESTALOZZI, G.H. (1968): Die Binnengewässer. Das Phytoplankton des Süsswassers. E. Schweiz, Verlag. Stuttgart.

RÖSEN, G. (1981): Phytoplankton indicators and their relations to certain chemical and physical factors. Limnologica, 13(2),263-290.

ROZMAJZLOVA-REHACKOVA, V. (1966): A hydrobiological study of the water supply reservoir on the Klicava near Zbecno during 1952-59. Hydrob. Studies. 2:165-220.

STARMACH, K., and J.SIEMINSKA (1964-1974): Flara Slodkowodna Polski. Tom 1-12A. Polska Akadem. Nauk., Instyt. Bot. Warszawa, Krakow.

STEFFENS, W. (1969): Der Karpfen. A-Ziemsen-Verlag, Wittenberg Lutherstadt 3 Avelage.

STRASKRABA, M., HRBACEK, J. and P.JAVORNICKY (1973): Effect of an upstream reservoir on the stratification conditions in Slapy Reservoir. In Hydrobiological Studies N^{o} 2. Ed. by J.Hrbacek and M.Straskraba, Acad. Publ. House of Czechoslovak Academy of Sciences, Prague.

STRASKRABA, M., and J.HRBACEK (1966): Net-plankton cycle in Slapy Reservoir during 1958-60. Hydrob. Studies 1:113-154.

STRICKLAND, J.D.H., and T.R. PARSONS (1968): A practical handbook of seawater analysis. Pub. by Fisheries Res. Board of Canada. Ottawa.

THOMAS, E.A. (1969): The process of eutrophication in central European lakes, p. 22-49, NA,S (Ed), Washington D.C.

WETZEL, R.G. (1983): Limnology, CBS College Publ., N.Y.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ (1978): Αποτύπωση λίμνης Κερκίνης πεδιάδος Σερρών κατά το έτος 1977. Υπόμνημα. Υ.Δ.Ε., 5η Περιφερειακή Υπηρεσία Δημ. Έργων, 1η Δ.Ε.Κ.Ε. Υδραυλικών.

Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.(1986): Πρόγραμμα οριοθέτησης υγροβιοτόπων σύμβασης Ramsar. Υγροβιότοπος: Λ.Κερκίνη, Αθήνα.

ZHADIN, I., and S.GERD (1963): Fauna and flora of the rivers, lakes and reservoirs of the U.S.S.R. From Russian, Israel. Pr. Sc. Transl. Jerusalem.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ VII

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ (°C)

	m	0	1	2	3	4	5	6
	K1	13,0	13,0	12,5				
10/85	K2	13,0	12,5	12,5				
	K3	14,0	13,0	13,0	13,0			
	K1	11,0	11,0	11,0				
11/85	K2	10,0	10,0	10,0				
	K3	10,5	10,5	10,5	10,5			
	K1	7,0	6,8	6,8				
12/85	K2	6,8	6,5	6,5				
	K3	6,0	6,0	6,0	6,0			
	K1	7,0	6,5	6,5				
1/86	K2	7,0	7,0	7,0				
	K3	7,0	7,0	7,0	7,0			
	K1	8,0	8,0	8,0	8,0	7,5		
2/86	K2	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0		
	K3	8,5	8,5	8,0	7,5	7,5		
	K1	15,2	12,8	12,0	11,0			
3/86	K2	13,5	11,5	11,0	10,0			
	K3	12,5	11,5	11,0	10,5	10,0		
	K1	19,0	18,0	17,5	17,0	16,5	16,0	
4/86	K2	19,0	17,5	16,5	16,0	16,0	15,5	15,0
	K3	19,0	17,0	16,0	16,0	16,0	16,0	15,0
	K1	22,5	20,0	20,0	19,0	18,0	17,0	
5/86	K2	21,0	20,0	20,0	19,0	18,0	17,0	
	K3	21,0	19,0	19,0	18,0	17,0	16,0	15,0
	K1	26,0	25,0	24,0	23,0	21,0		
6/86	K2	28,0	27,0	25,0	23,0	22,0		
	K3	28,0	28,0	27,0	25,0	23,0	22,0	
	K1	27,5	26,0	26,0	25,0	23,0		
7/86	K2	27,0	26,0	26,0	25,0	23,0		
	K3	27,0	26,0	26,0	25,0	23,0	22,0	
	K1	27,0	27,0	27,0	25,0	24,0		
8/86	K2	27,0	27,0	26,0	26,0	25,0		
	K3	27,0	26,0	26,0	26,0	25,0	25,0	
	K1	23,0	23,0	23,0	23,0			
9/86	K2	23,0	23,0	23,0	23,0			
	K3	23,0	23,0	23,0	23,0			

ΠΙΝΑΚΑΣ VIII

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΔΙΑΛΥΤΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ (mg O_2/L)

	m	0	1	2	3	4	5	6
	K1	12,5	11,0	7,0				
10/85	K2	9,8	8,8	8,0				
	K3	14,6	11,8	9,2	9,2			
	K1	8,3	8,3	7,1				
11/85	K2	8,0	8,0	7,8				
	K3	8,2	8,2	8,2	8,2			
	K1	9,0	9,3	9,1				
12/85	K2	10,0	9,8	9,8				
	K3	10,0	10,0	10,0	10,0			
	K1	10,2	10,2	10,0				
1/86	K2	12,5	12,5	12,5				
	K3	10,8	11,0	11,4	11,0			
	K1	10,1	10,0	10,0	10,0	9,4		
2/86	K2	10,0	9,9	9,9	9,9	9,8		
	K3	10,0	9,6	9,1	8,6	8,3		
	K1	15,0	12,0	10,0	9,7			
3/86	K2	14,3	14,3	11,2	9,3			
	K3	14,3	14,0	12,0	11,6	10,8		
	K1	11,8	12,0	12,0	11,0	7,0	3,0	
4/86	K2	11,2	11,4	9,2	9,2	5,3	4,2	3,2
	K3	10,8	10,4	8,4	7,8	6,6	6,2	5,2
	K1	11,4	10,8	10,8	9,2	7,0	4,0	
5/86	K2	10,9	9,4	9,4	8,0	6,3	5,2	3,1
	K3	10,8	9,0	9,0	8,2	6,1	5,0	4,0
	K1	11,2	8,8	8,4	6,8	6,8		
6/86	K2	11,0	11,0	11,0	7,5	5,0		
	K3	12,2	12,4	12,8	11,2	7,2	5,2	
	K1	8,0	8,0	7,8	7,5	6,2		
7/86	K2	7,5	7,5	7,2	6,4	5,0		
	K3	7,5	7,5	7,0	6,3	4,8	4,5	
	K1	8,4	8,0	8,0	8,0	5,5		
8/86	K2	7,2	7,2	7,2	6,5	5,8		
	K3	7,0	7,2	6,2	4,5	4,0	3,2	
	K1	4,4	3,9	3,5	2,5			
9/86	K2	9,9	9,7	9,2	8,4			
	K3	4,4	4,2	4,0	3,8	2,5		

ΠΙΝΑΚΑΣ IX

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥ (%) ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΣΕ ΟΞΥΓΟΝΟ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ

	m	0	1	2	3	4	5	6
	K1	117,9	103,7	65,4				
10/85	K2	92,4	82,2	74,7				
	K3	140,0	111,3	86,7	86,7			
	K1	74,7	78,3	66,9				
11/85	K2	70,7	70,7	69,0				
	K3	73,2	73,2	73,2	73,2			
	K1	73,7	76,2	74,5				
12/85	K2	81,9	79,6	79,6				
	K3	80,0	80,0	80,0	80,0			
	K1	83,6	82,9	81,3				
1/86	K2	102,4	102,4	102,4				
	K3	88,5	90,1	93,4	93,4			
	K1	84,8	84,0	84,0	78,3			
2/86	K2	84,0	83,1	83,1	82,3			
	K3	85,4	82,0	76,4	71,6	69,1		
	K1	147,0	113,2	92,5	87,3			
3/86	K2	136,1	131,1	100,9	82,3			
	K3	133,6	128,4	108,1	103,5	95,5		
	K1	125,5	126,3	126,3	113,4	71,4	30,0	
4/86	K2	119,1	118,7	93,8	92,0	53,0	42,0	31,3
	K3	114,8	107,2	84,0	78,0	66,0	62,0	50,9
	K1	129,5	117,3	117,3	97,6	73,6	41,2	
5/86	K2	121,1	102,1	102,1	85,1	66,3	53,6	
	K3	120,0	95,7	95,7	86,3	62,8	50,0	39,2
	K1	136,5	104,7	98,8	78,1	75,5		
6/86	K2	139,2	135,8	130,9	86,2	56,8		
	K3	154,4	156,9	158,0	133,3	82,7	59,0	
	K1	100,0	97,5	95,1	88,2	71,2		
7/86	K2	92,5	91,4	87,8	76,1	57,4		
	K3	92,5	91,4	85,3	75,0	55,1	51,1	
	K1	103,5	98,7	98,7	95,2	64,7		
8/86	K2	88,8	88,8	87,8	79,2	69,0		
	K3	86,4	87,8	75,6	54,8	47,6	38,0	
	K1	50,5	44,8	40,2	28,7			
9/86	K2	113,7	111,4	105,7	96,5			
	K3	50,5	48,2	45,9	43,6	28,7		

ΠΙΝΑΚΑΣ Χ

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ pH ΚΑΙ ΤΗΣ ΟΛΙΚΗΣ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ

		pH				Ολική σκληρότητα (mg $CaCO_3$/L)			
		K1	K2	K3	MT	K1	K2	K3	MT
10/85	Ε	8,4	8,0	8,4	8,3	110,0	110,0	110,0	110,0
	Π	8,2	8,0	8,4	8,2	120,0	120,0	110,0	116,7
11/85	Ε	7,8	7,7	7,8	7,8	110,0	110,0	110,0	110,0
	Π	7,8	7,8	7,8	7,8	110,0	110,0	110,0	110,0
12/85	Ε	8,0	7,9	8,0	8,0	110,0	110,0	110,0	110,0
	Π	8,0	8,0	7,8	7,9	110,0	100,0	100,0	103,3
1/86	Ε	8,4	8,6	8,5	8,5	110,0	110,0	110,0	110,0
	Π	8,3	8,6	8,4	8,4	110,0	110,0	110,0	110,0
2/86	Ε	7,4	7,2	7,8	7,5	60,0	70,0	70,0	66,7
	Π	7,4	7,2	7,8	7,5	70,0	65,0	75,0	70,0
3/86	Ε	8,4	8,2	8,3	8,3	70,0	65,0	70,0	68,3
	Π	8,0	8,0	8,0	8,0	80,0	60,0	75,0	71,7
4/86	Ε	8,4	8,7	8,7	8,6	60,0	60,0	70,0	63,3
	Π	8,4	8,1	8,0	8,2	60,0	65,0	65,0	63,3
5/86	Ε	8,6	8,8	9,0	8,8	55,0	55,0	60,0	56,7
	Π	8,5	8,8	8,8	8,7	60,0	60,0	60,0	60,0
6/86	Ε	9,0	9,3	9,0	9,1	50,0	50,0	50,0	50,0
	Π	7,3	7,6	7,7	7,5	70,0	70,0	60,0	66,7
7/86	Ε	9,0	9,0	9,0	9,0	45,0	45,0	45,0	45,0
	Π	8,7	7,6	8,5	8,3	50,0	60,0	50,0	53,3
8/86	Ε	8,7	8,8	8,5	8,7	45,0	45,0	42,0	44,0
	Π	7,5	7,4	7,3	7,4	53,0	55,0	58,0	55,3
9/86	Ε	7,6	8,8	7,7	8,0	65,0	50,0	45,0	53,3
	Π	7,6	8,7	7,6	8,0	50,0	50,0	55,0	51,7

ΠΙΝΑΚΑΣ XI

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ

		Αγωγιμότητα (μmhos/cm)				Αλατότητα (mg NaCl/L)			
		K1	K2	K3	MT	K1	K2	K3	MT
10/85	Ε	500,0	500,0	450,0	483,3	230,0	260,0	210,0	233,3
	Π	750,0	500,0	450,0	566,7	260,0	240,0	210,0	236,7
11/85	Ε	425,0	400,0	420,0	415,0	240,0	200,0	230,0	223,3
	Π	400,0	420,0	470,0	430,0	220,0	230,0	250,0	233,3
12/85	Ε	450,0	450,0	460,0	453,3	210,0	200,0	230,0	213,3
	Π	450,0	500,0	450,0	466,7	210,0	220,0	230,0	220,0
1/86	Ε	500,0	500,0	500,0	500,0	250,0	250,0	250,0	250,0
	Π	500,0	500,0	500,0	500,0	250,0	250,0	250,0	250,0
2/86	Ε	390,0	410,0	380,0	393,3	180,0	200,0	170,0	183,3
	Π	390,0	410,0	390,0	396,7	180,0	200,0	180,0	186,7
3/86	Ε	420,0	420,0	400,0	413,3	200,0	200,0	190,0	196,7
	Π	450,0	420,0	420,0	430,0	220,0	200,0	200,0	206,7
4/86	Ε	380,0	380,0	380,0	380,0	160,0	160,0	160,0	160,0
	Π	380,0	380,0	380,0	380,0	160,0	160,0	160,0	160,0
5/86	Ε	300,0	310,0	300,0	303,3	150,0	140,0	140,0	143,3
	Π	300,0	300,0	280,0	293,3	150,0	140,0	130,0	140,0
6/86	Ε	240,0	220,0	210,0	223,3	120,0	110,0	110,0	113,3
	Π	280,0	280,0	280,0	280,0	130,0	130,0	130,0	130,0
7/86	Ε	250,0	200,0	220,0	223,3	120,0	120,0	100,0	113,3
	Π	250,0	220,0	230,0	233,3	130,0	120,0	110,0	120,0
8/86	Ε	220,0	230,0	220,0	223,3	110,0	120,0	110,0	113,4
	Π	260,0	250,0	260,0	256,7	130,0	120,0	130,0	126,7
9/86	Ε	400,0	400,0	400,0	400,0	140,0	140,0	140,0	140,0
	Π	400,0	400,0	400,0	400,0	140,0	140,0	140,0	140,0

ΠΙΝΑΚΑΣ XII

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΔΙΑΦΑΝΕΙΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ

	Secchi Disc (m)			
	K1	K2	K3	MT
10/85	0,50	0,60	0,45	0,52
11/85	0,20	0,10	0,20	0,17
12/85	0,70	0,70	0,60	0,67
1/86	0,85	0,80	0,50	0,72
2/86	0,15	0,25	0,15	0,18
3/86	0,65	0,95	1,10	0,90
4/86	1,20	1,20	1,20	1,20
5/86	0,95	1,10	0,95	1,00
6/86	0,85	1,00	1,00	0,95
7/86	0,50	0,50	0,60	0,53
8/86	0,50	0,50	0,80	0,60
9/86	0,65	0,50	0,90	0,68

ΠΙΝΑΚΑΣ XIII

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΥΡΙΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΘΕΙΙΚΩΝ ΣΤΟ ΝΕΡΟ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ

		Πυριτικά (mg SiO_2/L)				Θειικά (mg SO_4/L)			
		K1	K2	K3	MT	K1	K2	K3	MT
10/85	Ε	1,20	1,20	1,05	1,15	13,0	13,0	12,0	12,7
	Π	0,70	1,00	1,00	0,90	13,0	13,0	12,0	12,7
11/85	Ε	1,00	1,10	1,00	1,03	15,0	15,0	15,0	15,0
	Π	1,10	1,05	0,75	0,97	15,0	15,0	15,0	15,0
12/85	Ε	1,20	1,10	1,10	1,13	16,0	16,0	16,0	16,0
	Π	1,20	1,20	1,20	1,20	16,0	15,0	16,0	15,6
1/86	Ε	1,25	1,25	1,25	1,25	17,0	17,0	15,0	16,3
	Π	1,25	1,25	1,50	1,33	17,0	15,0	16,0	16,0
2/86	Ε	1,37	1,60	1,87	1,61	17,5	17,0	17,5	17,3
	Π	1,49	1,70	1,87	1,69	17,5	17,5	17,5	17,5
3/86	Ε	2,50	2,80	2,80	2,70	15,0	15,0	15,0	15,0
	Π	2,80	2,80	2,80	2,80	15,0	15,0	15,0	15,0
4/86	Ε	1,80	1,90	2,30	2,00	15,0	15,0	14,0	14,7
	Π	2,00	2,00	2,00	2,00	15,0	14,0	14,0	14,3
5/86	Ε	1,80	1,90	2,00	1,90	14,0	14,0	13,0	13,7
	Π	2,10	2,30	2,30	2,23	14,0	13,0	14,0	13,7
6/86	Ε	1,80	1,80	1,80	1,80	13,0	12,5	13,0	12,8
	Π	2,30	2,50	2,50	2,43	12,0	12,0	12,0	12,0
7/86	Ε	1,50	1,50	1,50	1,50	12,0	12,0	12,0	12,0
	Π	1,80	1,80	1,80	1,80	12,0	11,0	10,0	11,0
8/86	Ε	1,10	1,20	1,35	1,22	13,0	13,0	13,0	13,0
	Π	1,70	1,70	1,75	1,72	12,0	10,0	10,0	10,7
9/86	Ε	1,35	1,63	1,40	1,46	12,0	12,0	12,0	12,0
	Π	1,65	1,50	1,50	1,55	12,0	13,0	12,0	12,3

ΠΙΝΑΚΑΣ XIV

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΟΛΙΚΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΜΜΩΝΙΑΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΟ ΝΕΡΟ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ

		Ολικός φωσφόρος (mg P/L)				Αμμωνιακό άζωτο (mg $N\text{-}NH_4$/L)			
		K1	K2	K3	MT	K1	K2	K3	MT
10/85	Ε	0,060	0,046	0,046	0,051	0,18	0,17	0,20	0,18
	Π	0,060	0,026	0,026	0,037	0,19	0,20	0,19	0,19
11/85	Ε	0,086	0,164	0,113	0,121	0,05	0,05	0,08	0,06
	Π	0,135	0,100	0,167	0,134	0,14	0,25	0,15	0,18
12/85	Ε	0,060	0,090	0,080	0,077	0,07	0,09	0,08	0,08
	Π	0,100	0,110	0,110	0,107	0,10	0,08	0,10	0,09
1/86	Ε	0,043	0,050	0,050	0,048	0,18	0,30	0,13	0,20
	Π	0,080	0,060	0,060	0,067	0,20	0,20	0,12	0,17
2/86	Ε	0,047	0,050	0,060	0,052	0,48	0,30	0,28	0,35
	Π	0,050	0,050	0,057	0,052	0,32	0,25	0,35	0,31
3/86	Ε	0,103	0,140	0,060	0,101	0,18	0,20	0,08	0,15
	Π	0,160	0,111	0,090	0,120	0,15	0,17	0,12	0,15
4/86	Ε	0,090	0,120	0,090	0,100	0,18	0,18	0,10	0,15
	Π	0,110	0,150	0,120	0,127	0,13	0,22	0,10	0,15
5/86	Ε	0,110	0,110	0,120	0,113	0,17	0,16	0,17	0,17
	Π	0,150	0,180	0,150	0,160	0,12	0,20	0,18	0,17
6/86	Ε	0,110	0,110	0,100	0,107	0,18	0,16	0,20	0,18
	Π	0,180	0,200	0,200	0,193	0,20	0,17	0,18	0,18
7/86	Ε	0,120	0,120	0,120	0,120	0,20	0,21	0,20	0,20
	Π	0,200	0,200	0,200	0,200	0,20	0,22	0,18	0,20
8/86	Ε	0,130	0,130	0,130	0,130	0,20	0,25	0,25	0,23
	Π	0,220	0,250	0,320	0,263	0,25	0,28	0,30	0,28
9/86	Ε	0,020	0,040	0,010	0,023	0,36	0,30	0,30	0,32
	Π	0,080	0,040	0,050	0,057	0,35	0,45	0,30	0,37

ΠΙΝΑΚΑΣ XV

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΟΡΘΟ-ΦΩΣΦΟΡΙΚΩΝ ΣΤΟ ΝΕΡΟ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ

		μg $P-PO_4/L$			
		K1	K2	K3	MT
10/85	Ε	16,6	16,6	16,6	16,6
	Π	23,3	23,3	16,6	21,0
11/85	Ε	36,6	50,0	43,3	43,3
	Π	46,6	40,0	33,0	40,0
12/85	Ε	33,0	43,3	40,0	39,0
	Π	43,3	43,3	43,3	43,3
1/86	Ε	33,3	40,0	40,0	38,0
	Π	40,0	40,0	33,3	38,0
2/86	Ε	46,6	26,6	25,0	33,0
	Π	30,0	25,0	33,3	29,4
3/86	Ε	26,6	16,6	20,0	21,0
	Π	20,0	16,6	16,6	18,0
4/86	Ε	10,0	10,0	0	7,0
	Π	0	20,0	10,0	10,0
5/86	Ε	16,6	13,3	16,6	15,5
	Π	40,0	33,3	40,0	38,0
6/86	Ε	23,3	6,9	16,6	15,6
	Π	66,6	66,6	83,3	72,1
7/86	Ε	26,6	26,6	30,0	28,0
	Π	36,6	40,0	50,0	42,2
8/86	Ε	16,6	33,3	43,3	31,0
	Π	60,0	83,3	106,6	83,3
9/86	Ε	16,6	6,6	10,0	11,0
	Π	3,3	o	23,3	9,0

ΠΙΝΑΚΑΣ XVI

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΑΖΩΤΟΥ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΖΩΤΟΥ ΝΙΤΡΩΔΩΝ ΣΤΟ ΝΕΡΟ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ

		Άζωτο νιτρικών (μg $N-NO_3/L$)				Άζωτο νιτρωδών (μg $N-NO_2/L$)			
		K1	K2	K3	MT	K1	K2	K3	MT
10/85	Ε	6,0	150,0	9,0	55,0	3,0	6,0	3,0	4,0
	Π	270,0	255,0	36,0	187,0	3,0	3,0	6,0	4,0
11/85	Ε	521,0	833,0	671,0	675,0	18,0	6,0	18,0	14,0
	Π	428,0	947,0	707,0	694,0	21,0	12,0	12,0	15,0
12/85	Ε	285,0	230,0	265,0	260,0	7,0	12,0	10,0	9,7
	Π	302,0	280,0	427,0	336,3	9,0	14,0	12,0	11,7
1/86	Ε	114,0	354,0	644,0	370,7	6,0	12,0	15,0	11,0
	Π	114,0	321,0	674,0	369,7	6,0	9,0	15,0	10,0
2/86	Ε	1477,0	1420,0	1448,0	1448,3	21,0	18,0	21,0	20,0
	Π	1387,0	1393,0	1448,0	1409,3	21,0	15,0	21,0	19,0
3/86	Ε	845,0	1021,0	997,0	954,3	24,0	26,0	21,0	23,7
	Π	1174,0	1147,0	1216,0	1179,0	16,0	20,0	12,0	16,0
4/86	Ε	230,0	229,0	329,0	262,7	7,0	8,0	8,0	7,7
	Π	359,0	360,0	419,0	379,3	4,0	1,0	2,0	2,3
5/86	Ε	185,0	200,0	167,0	184,0	5,0	7,0	5,0	5,7
	Π	162,0	203,0	184,0	183,0	6,0	3,0	6,0	5,0
6/86	Ε	100,0	50,0	10,0	53,3	7,0	8,0	6,0	7,0
	Π	100,0	50,0	150,0	100,0	4,0	2,0	5,0	3,7
7/86	Ε	90,0	84,0	37,0	70,3	0	3,0	1,0	1,3
	Π	106,0	112,0	93,0	103,7	0	3,0	2,0	1,7
8/86	Ε	100,0	185,0	200,0	161,7	7,0	2,0	4,0	4,3
	Π	200,0	210,0	200,0	203,3	9,0	3,0	6,0	6,0
9/86	Ε	102,0	89,0	92,0	94,3	8,0	7,0	3,0	6,0
	Π	187,0	211,0	162,0	186,7	8,0	6,0	2,0	5,3

ΠΙΝΑΚΑΣ XVII

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΗΣ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ-α ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΟ ΝΕΡΟ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ

	Χλωροφύλλη-α (μg/L)				Σωματιδιακός άνθρακας (μg/L)			
	K1	K2	K3	MT	K1	K2	K3	MT
10/85	15,2	20,0	20,0	18,4	1010	1004	1433	1149,0
11/85	5,0	5,0	6,8	5,6	804	1723	689	1072,0
12/85	6,0	9,5	5,7	7,1	811	903	797	837,0
1/86	30,7	33,8	24,4	29,6	1057	1263	822	1047,3
2/86	7,0	7,2	7,0	7,1	486	425	546	485,7
3/86	27,2	10,8	6,0	14,7	770	845	1190	935,0
4/86	18,8	18,1	19,9	18,9	621	717	726	688,0
5/86	20,0	19,7	19,9	19,9	802	735	908	815,0
6/86	23,5	25,3	20,6	23,1	2584	2350	2232	2388,7
7/86	28,4	30,1	30,7	29,7	2320	1975	1833	2042,7
8/86	32,4	27,4	25,3	28,4	2056	1233	1145	1478,0
9/86	14,2	33,9	7,8	18,6	734	1315	839	962,7

ΠΙΝΑΚΑΣ XVIII

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ BOD_5 ΣΤΟ ΝΕΡΟ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ

		mg O_2/L			
		K1	K2	K3	MT
10/85	Ε	5,7	3,4	6,0	5,0
	Π	7,1	4,5	4,8	5,5
11/85	Ε	4,6	3,3	3,5	3,8
	Π	2,9	3,1	3,3	3,1
12/85	Ε	3,5	3,0	2,8	3,1
	Π	3,5	3,2	3,5	3,4
1/86	Ε	3,2	3,3	2,7	3,1
	Π	4,5	4,0	3,5	4,0
2/86	Ε	1,5	3,0	2,7	2,4
	Π	2,7	3,6	2,6	3,0
3/86	Ε	3,0	2,3	2,1	2,5
	Π	3,2	2,7	2,3	2,7
4/86	Ε	2,2	1,2	1,5	1,6
	Π	1,7	1,7	1,4	1,6
5/86	Ε	2,2	2,0	1,8	2,0
	Π	2,0	2,0	2,2	2,1
6/86	Ε	3,1	3,4	3,5	3,3
	Π	2,4	2,8	2,6	2,6
7/86	Ε	1,9	1,8	2,0	1,9
	Π	2,0	1,9	2,0	2,0
8/86	Ε	1,4	1,7	1,9	1,7
	Π	2,6	2,5	2,4	2,5
9/86	Ε	2,1	4,0	2,7	2,9
	Π	2,5	3,8	2,3	2,9

ΠΙΝΑΚΑΣ XIX

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΤΙΚΩΝ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ ΚΕΡΚΙΝΗ

	μg/L			
	K1	K2	K3	MT
10/85	18,0	20,0	10,0	16,0
11/85	20,0	35,0	8,0	21,0
12/85	9,0	12,0	10,0	10,3
1/86	10,0	10,0	11,0	10,3
2/86	0	0	15,0	5,0
3/86	12,0	10,0	10,0	10,6
4/86	27,0	6,0	2,0	11,6
5/86	16,0	8,0	8,0	10,6
6/86	12,0	9,0	10,0	10,3
7/86	10,0	11,0	12,0	11,0
8/86	16,0	12,0	9,0	12,3
9/86	21,0	10,0	15,0	15,3

ΠΙΝΑΚΑΣ XX

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΧΛΩΡΙΩΜΕΝΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ ΚΕΡΚΙΝΗ

		ppt			
		K1	K2	K3	MT
10/85	HCB	1,4	1,5	1,8	1,5
	LINDANE	1,8	2,1	2,6	2,1
	ALDRIN	Ø	Ø	Ø	Ø
	PCB's	Ø	Ø	Ø	Ø
1/86	HCB	2,1	1,2	1,0	1,4
	LINDANE	3,0	2,0	2,3	2,4
	ALDRIN	6,2	5,5	5,0	5,5
	PCB's	Ø	Ø	Ø	Ø
3/86	HCB	2,1	2,2	1,7	2,0
	LINDANE	5,6	7,8	5,8	6,4
	ALDRIN	12,0	14,2	15,6	13,9
	PCB's	Ø	Ø	Ø	Ø
5/86	HCB	1,5	1,5	1,8	1,6
	LINDANE	12,0	10,8	12,6	11,8
	ALDRIN	9,5	9,8	9,7	9,7
	PCB's	Ø	Ø	Ø	Ø
7/86	HCB	1,6	1,8	1,6	1,7
	LINDANE	1,9	1,9	1,9	1,9
	ALDRIN	Ø	Ø	Ø	Ø
	PCB's	Ø	Ø	Ø	Ø
9/86	HCB	1,2	1,2	1,5	1,3
	LINDANE	0,8	1,0	1,0	0,9
	ALDRIN	Ø	Ø	Ø	Ø
	PCB's	Ø	Ø	Ø	Ø