

## Λιμνολογικά χαρακτηριστικά μιας τεχνητής λίμνης επεξεργασμένη με « Αποτελεσματικούς Μικροοργανισμούς » ( EM ).

Univ.-Doz. Dr. Mag. Katrin Teubner\*  
Mag. Judith Ausserbrunner, MSc\*\*  
Dr. Gerhard Watschinger

28. August 2007

Corresponding authors: \* [katrin.teubner@univie.ac.at](mailto:katrin.teubner@univie.ac.at), \*\* [j.ausserbrunner@silverserver.at](mailto:j.ausserbrunner@silverserver.at)

Η μελέτη περιγράφει το λιμνολογικό υπόβαθρο των υδατικών συστημάτων μιας τεχνητής λίμνης κολύμβησης (Eco-Camp Eggerding στην Άνω Αυστρία) επεξεργασμένη με "Αποτελεσματικούς Μικροοργανισμούς" (EM). Σύμφωνα με τον **Higa** και **Parr** η κυτταρική αναστολή του EM είναι ένα μείγμα των μικροοργανισμών που αποτελείται κυρίως από βακτήρια γαλακτικού οξέος και μαγιά, ενώ φωτοσυνθετικά βακτήρια, ακτινομύκητες και άλλα είδη μικροοργανισμών είναι λιγότερο άφθονα.

EM προστέθηκε εβδομαδιαία στο καταρρακτώδες σύστημα πτώσης του συστήματος δικτύου νερού που συνδέεται με τις λίμνες κολύμβησης. Οι μετρήσεις των φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων πραγματοποιήθηκαν για δύο μικρές λίμνες κολύμβησης ( μέγιστο βάθος 5-6 μ.) και σε ένα καταρράκτη των λιμνών κατακράτησης. Τα δείγματα ελήφθησαν σε διάστημα τριών εβδομάδων από Μάιο έως Σεπτέμβριο 2005, κατά την κολυμβητική περίοδο. Σε σύγκριση με τις φυσικές λίμνες οι τεχνητές λίμνες μπορούν να περιγραφούν ως περιβάλλοντα μεσοτροφικά έως ευτροφικά. Η διαφάνεια του νερού ήταν καλή. Σύμφωνα με την υψηλή διαφάνεια του νερού που μετράται με υποβρύχιο φως προφίλ και βάθος Secchi υπολογίσαμε ένα euphotic στρώμα 10 m κατά μέσο όρο. Αυτή η euphotic ζώνη περιγράφει το επιφανειακό στρώμα νερού, όπου υπάρχει επαρκές φως διαθέσιμο για φωτοσύνθεση φυκών. Εφόσον το euphotic βάθος των 10 μ., υπερβαίνει το μέγιστο μορφομετρικό βάθος των 6 μ., η φωτοσυνθετική έκλυση οξυγόνου από τα φύκια παράγεται από την επιφάνεια προς τα κάτω στρώματα ιζημάτων στις λίμνες κολύμβησης. Υποθέτουμε ότι η αυξημένη διαθεσιμότητα του ορθο - φωσφορικού για την ανάπτυξη των φυτών οφειλόταν στην ενισχυμένη μικροβιακή δραστηριότητα από το EM μαζί με τους φυσικά υπάρχοντες ετεροτροφικούς οργανισμούς στο σύστημα λίμνης κολύμβησης.

Οι ετεροτροφικοί μικροοργανισμοί είναι σημαντικοί για τα κυκλικά και βιολογικά - και σωματιδιακά - φωσφορικά άλατα στο ανόργανο φώσφορο ( π.χ. ορθο - φωσφορικού άλατος). Βρέθηκαν αποδεικτικά στοιχεία για την ενίσχυση θρεπτικών ουσιών κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας με EM από τις ακόλουθες τρεις παρατηρήσεις. 1: Το στρώμα ιζήματος ( λάσπης στο βυθό ) που έχει συσσωρευτεί επί χρόνια με EM - θεραπεία ήταν πιο ρηχό από ό,τι σε σχέση με τα προηγούμενα έτη χωρίς προσθήκη EM (προσωπική παρατήρηση που αναφέρθηκε από τον ιδιοκτήτη του συστήματος λίμνης για κολύμβηση).

2: Η αυξημένη διαθεσιμότητα του φωσφόρου συνέπεσε με υψηλή αναλογία συγκέντρωσης χλωροφύλλης ανά ολικού φωσφόρου της στήλης του νερού. Η χλωροφύλλη είναι ένας πρόχειρος εκτιμητής για τη βιομάζα φυκών ενώ το σύνολο του φωσφόρου είναι μια κοινή παράμετρος μέτρησης ποικιλίας συστατικών μερών φωσφόρου στον όγκο νερού. Ως εκ τούτου, ένα υψηλό ποσοστό της χλωροφύλλης- α για τον ολικό φώσφορο δείχνει ότι ένα σχετικά υψηλό μέρος του συνόλου του φωσφόρου της πισίνας ήταν διαθέσιμο για την ανάπτυξη φυκών και ως εκ τούτου χρησιμοποιείται από τα πλαγκτονικά φύκια. Το φαινόμενο αυτό της αποτελεσματικής χρησιμοποίησης του φωσφόρου από τα φύκια συνήθως περιγράφεται σε μεσοτροφικές λίμνες όπου ο φωσφόρος περιορίζει την ανάπτυξη των φυκών στη στήλη του νερού.

3: Η δομή της κοινότητας των φυκών (φυτοπλαγκτόν), δείχνει και πάλι την υψηλή απόδοση της χρήσης του φωσφόρου κατά της ανάπτυξης των φυκών κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Το καλοκαιρινό πλαγκτόν στις λίμνες κολύμβησης κυριαρχούσαν μορφές με σχήμα βελόνας και μικρό κύτταρο. Αυτά τα κύτταρα που χαρακτηρίζονται από σχετικά υψηλές λόγου επιφάνειας όγκου και είναι αντιπροσωπευτικά για τα ταχέως αναπτυσσόμενα είδη κατά τις περιόδους των αρχικών σταδίων της υψηλής διαθεσιμότητας φωσφόρου.

Η επιτυχία για τη διατήρηση της ποιότητας του νερού του συστήματος λίμνης κολύμβησης από την επεξεργασία με EM, ωστόσο, φάνηκε να επιτυγχάνεται μόνο σε συνδυασμό με άλλη μια συνοδευτική θεραπεία. Η δεύτερη αυτή μεταχείριση είχε ως στόχο να αφαιρέσει το φωσφορο που είχε αρχικά συγκεντρωθεί από το EM και ως εκ τούτου ήταν

διαθέσιμο ως θρεπτική πηγή φωσφόρου για την αύξηση των αλγών στο σύστημα πισίνας. Το βήμα αυτό επιτεύχθηκε με την καλλιέργεια και συγκομιδή νηματοειδούς πράσινη άλγη στους καταρράκτες των λιμνών διατήρησης. Θα μπορούσαμε να δείξουμε ότι ο φωσφορος σε αυτές τις δεξαμενές διατήρησης κυρίως έχει διατεθεί για τα νηματοειδή πράσινη άλγη των γενών *Cladophora*, *Zygnema* και *Spirogyra* ενώ μικροφύκια της κοινότητας πλαγκτόν αναπτύσσονται μόνο χαμηλή βιομάζα. Επιπλέον, η επίδραση του δεσμευτικού φωσφόρου από νηματοειδή φύκη ενισχύθηκε από την χωρητικότητα πρόσληψης φωσφόρου των φυτοβενθικών φύκων. Αυτά τα αβλαβή 'χαλάκια' των πρασίνων φυκών στις λίμνες κατακράτησης διακανονίζονται με άλλα μικροβιακά διάτομα που αύξησαν το ποσοστό του φωσφόρου. Τονίζουμε ότι η τακτική συγκομιδή της βιομάζας αυτών των μακροφυκών και της προσκολλημένης φυτοβενθικής κοινότητας είναι ο αποφασιστικός εγγυητής διατηρώντας την υψηλή ποιότητα των υδάτων στην EM θεραπεία τεχνητού συστήματος λίμνης κολύμβησης. Σε άλλα τεχνητά συστήματα βιομάζας των πρωτογενών παραγωγών συνήθως προέρχονται από τη συγκομιδή μακρόφυτων (υδρόβια φυτά). Αξίζει να γνωστοποιηθεί ότι το χρονοδιάγραμμα για τη συγκομιδή μακροφυκών έχει ένα πλεονέκτημα σε σύγκριση με των μακρόφυτων. Η απομάκρυνση της βιομάζας των μακροφυκών μπορεί να πραγματοποιηθεί συνεχόμενα κατά κολυμβητική περίοδο του καλοκαιριού. Σε αντίθεση η συγκομιδή των υδρόβιων φυτών έχει νόημα μόνο το φθινόπωρο.



Σχήμα 1. Η λίμνη κολύμβησης T2 με μια ρηχή λεκάνη για τα παιδιά (τα δύο αριστερά εικόνες) και η θέα προς την τοπική μπιστρό. Το δεξί παράθυρο δείχνει το καθαρό νερό λεπτομερώς κατά την έναρξη της κολυμβητικής περιόδου από το τέλος του Ιουνίου.

### Σύντομη περιγραφή των αποτελεσμάτων

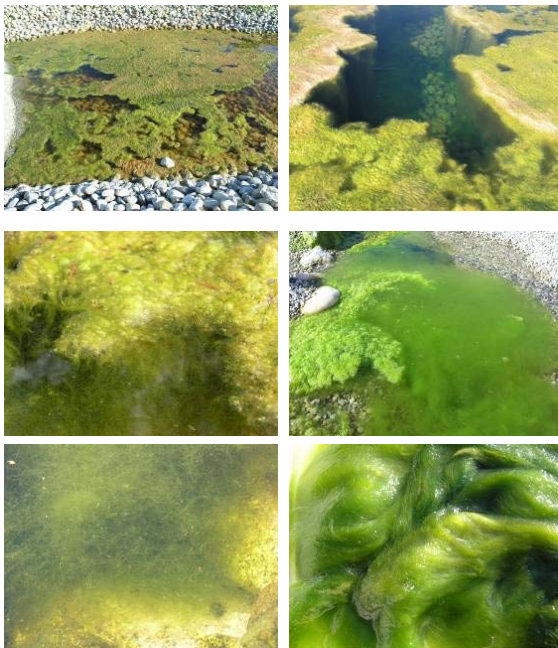
Το σύστημα τεχνητής λίμνης κολύμβησης στο Edenaichet κοντά στο Eggerding στην Άνω Αυστρία λειτουργεί από τον Felix Hingsamer ως « οικολογικό - στρατόπεδο». Το σύστημα αποτελείται από τρεις λίμνες κολύμβησης και μια σειρά καταρρακτών των λιμνών διατήρησης. Τις ηλιόλουστες μέρες, κατά τη διάρκεια της σεζόν υπολογίζονται μέχρι και 1.300 επισκέπτες. (<http://www.oekocamp.at/folgeseiten/index2.html>) Οι λιμνολογικές μετρήσεις διεξήχθησαν σε διάστημα τριών εβδομάδων από τις 19 Μαΐου - 22 Σεπτεμβρίου 2006, κατά τη διάρκεια της κολυμβητικής περιόδου. Τα δείγματα ελήφθησαν από δύο μικρές λίμνες (T2 και 3) και ένα καταρράκτη των λιμνών κατακράτησης (RB2) που φαίνονται στο σχήμα 1 και 2. Η «αποτελεσματικοί μικροοργανισμοί» (EM) επωάστηκαν με τη μορφή ενός ζωντανού κυττάρου στις λίμνες διατήρησης μία φορά την εβδομάδα από τον Απρίλιο του 2006 και κατά την περίοδο της έρευνας. Οι EM είναι μέρος των αναγεννητικών μικροοργανισμών που προλαμβάνουν τις αναερόβιες συνθήκες ιζημάτων. Αυτοί οι μικροοργανισμοί συμβάλουν στην αποσύνθεση της λάσπης από θρεπτικές ουσίες και, συνεπώς, διαθέτουν τις θρεπτικές ουσίες εκ νέου για την ανάπτυξη της άλγης. Σκοπός της μελέτης ήταν να περιγράψει ένα σύστημα τεχνητής λίμνης κολύμβησης που έλαβε θεραπεία με EM από τα λιμνολογικά χαρακτηριστικά του. Επιπλέον, αυτές που περιγράφονται επιδράσεις της θεραπείας EM θα συγκριθούν με τις κοινότητες πλαγκτόν και θρεπτικών ουσιών στα φυσικά νερά.



Σχήμα 2. Αεροφωτογραφία με διερευνόμενες λίμνες T2 με T3 και καταρράκτη των δεξαμενών διατήρησης RB 2 (φωτογραφία: Ιούλιος 2005).

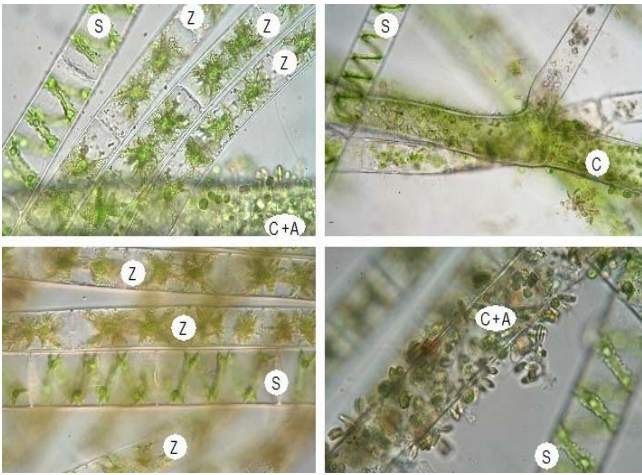


Σχήμα 3. Καταρράκτης δεξαμενών διατήρησης. Η σωστή εικόνα δείχνει το κρεβάτι από χαλίκι και άμμο.



Σχήμα 4. Καλλιέργεια των νηματοειδών μακροφυκών στις λίμνες διατήρησης. Η νωπή βιομάζα ανά όγκο νερού ήταν μέχρι 100 φορές υψηλότερη για νηματοειδή πράσινα μακροφύκια στις λίμνες διατήρησης απ'ό,τι για μικροφύκη πλαγκτόν στις λίμνες κολύμβησης. Το ματς των μακροφυκών συγκομίστηκε τακτικά για την άρση του φωσφόρου από το σύστημα του δικτύου νερού. Περίπου 87 mg φωσφόρου ανά δεξαμενή διατήρησης αφαιρέθηκαν μέσω της συγκομιδής της συνολικής βιομάζας των μακροφυκών που καλύπτει 65-80% της επιφάνειας της λίμνης διατήρησης. Η επεξεργασία των ΕΜ ενίσχυσε την ανάπτυξη των μακροφυκών στις λίμνες διατήρησης. Οι μικροσκοπικές εικόνες των νηματοειδών μακροφυκών φαίνονται στο σχήμα 5.



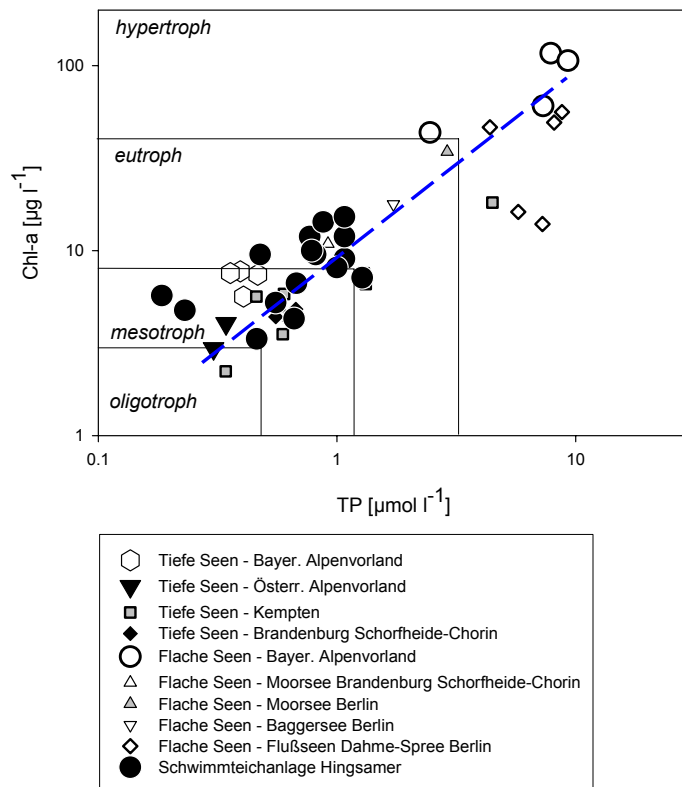


Σχήμα 5. Το 'χαλάκι' των νηματοειδών μακροφυκών στις δεξαμενές διατήρησης ήταν είδη από τα τρία γένη *Zygnema* (Z), *Spirogyra* (S) και *Cladophora* (Γ). Αυτά τα πράσινα φύκη είναι αβλαβή, δεδομένου ότι δε μπορούν να σχηματίσουν οποιοσδήποτε τοξίνες φυκών. Η καλλιέργεια και συγκομιδή αυτών των "χαλιών" από φύκια είχαν ως στόχο την άρση του φωσφόρου από το σύστημα τεχνητής λίμνης κολύμβησης (βλέπε λεπτομέρειες στο σχήμα 4). Ορισμένες ίνες καλύπτονται από βενθικά μικροφυκών (C + A), τα οποία επίσης δεσμεύουν φωσφορο δημιουργώντας βιομάζα. Είναι πλεονεκτικό να καλλιεργείς και να μαζεύεις μακροφύκια παρά μακρόφυτα (υδρόβια φυτά), δεδομένου ότι η βιομάζα μακροφυκών μπορεί να αφαιρεθεί κατά τη διάρκεια της κολυμβητικής περιόδου. Η συγκομιδή των υδρόβιων φυτών έχει νόημα μόνο το φθινόπωρο.

Μικροσκοπικές φωτογραφίες: Charlotte Wöber.

Ασθενής θερμική διαστρωμάτωση το καλοκαίρι παρατηρήθηκε για τις δύο λίμνες κολύμβησης, με μέγιστο βάθος 5-6 μ. Η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας κατά μήκος της στήλης του νερού ήταν μόλις 0,5 βαθμούς ° Κελσίου. Κατά συνέπεια, μόνο ένας ασθενής εμπλουτισμός των θρεπτικών ουσιών σε βαθύτερα στρώματα βάθους παρατηρήθηκε κατά την καλοκαιρινή διαστρωμάτωση. Σύμφωνα με τη διαστρωμάτωση, οι συγκεντρώσεις του ολικού φωσφόρου (TP) ήταν 1,3 φορές υψηλότερες σε στρώμα βαθών υδάτων σε σχέση με το επιφανειακό στρώμα(επιλίμνιον). Αντίστοιχα μετρήσαμε 1,35 φορές υψηλότερες συγκεντρώσεις του διαλυτού δραστικού διοξειδίου του πυριτίου (SRSi) σε βαθύτερα στρώματα από ό, τι κοντά στην επιφάνεια. Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών αλάτων στα βαθύτερα στρώματα, ωστόσο, συμπίπτουν με εκείνες των επιφανειακών υδάτων. Η μέση ευρhotic ζώνη ορίζεται ως το στρώμα νερού αποτελεσματικής φωτοσύνθεσης και ήταν κατά μέσο όρο 10 μ βάθος (μέγιστο 14 m). Το ευρhotic βάθος υπολογίστηκε από το μετρούμενο υποβρύχιο φως προφίλ. Αυτή η τιμή των 10 m υπερβαίνει θεωρητικά το πραγματικό βάθος των υδάτων κατά 5-6 μ. Ακόμη και αν οι λεκάνες απορροής ήταν δύο φορές πιο βαθιές, η διαφάνεια του νερού είναι τόσο υψηλή που η φωτοσύνθεση θα εξακολουθούσε να είναι δυνατή στο κάτω μέρος των πισίνων. Ο ετήσιος μέσος όρος του βάθους Secchi ήταν 2.8 έως 2.9 m και στις δυο λίμνες κολύμβησης και 3,1 εκατ. το καλοκαίρι. Από το γεγονός της καλής διαφάνειας του νερού ως εκ τούτου οι λίμνες κολύμβησης κατατάσσονται ως μεσοτροφικές

Το σχήμα 6 δείχνει τη σχέση μεταξύ της βιομάζας του φυτοπλαγκτόν (που μετράται από τη χρωστική ουσία της χλωροφύλλης η οποία είναι πανταχού παρούσα σε όλα τα φύκια του γλυκού νερού) και το σύνολο της ομάδας φωσφόρου. Τα στοιχεία παρουσιάζονται για την τεχνητές λιμνούλες κολύμβησης και για τις λίμνες. Είναι εμφανές ότι ένα υψηλότερο ποσοστό του φωσφόρου διατέθηκε στα πλαγκτονικά μικροφύκια στις λίμνες κολύμβησης σε σύγκριση με τις περισσότερες λίμνες. Η κατάσταση αυτή δείχνει την κινητοποίηση και, επομένως, την αυξημένη διαθεσιμότητα των θρεπτικών πηγών φωσφόρου για την ανάπτυξη φυκιών στο σύστημα λιμνών κολύμβησης που επεξεργάστηκαν με EM. Μια παρόμοια σχέση βρέθηκε στις αλπικές μεσοτροφικές λίμνες. Η αυξημένη κινητοποίηση και οι μικρότερες τιμές του κύκλου εργασιών των θρεπτικών ουσιών σε φυσικές λίμνες, ωστόσο, αποτελούσαν συγκεκριμένες απαντήσεις για τις «κλασικές» τροφικές αλυσίδες των θρεπτικά φτωχών οικοσυστημάτων (π.χ. μεσοτροφικές λίμνες των Άλπεων "Tiefe Seen-Österr. Alpenvorland, βαθιές λίμνες αυστριακές Άλπεις-Bayer Alpenvorland, βαθιά αλπικές λίμνες της Βαυαρίας, σχήμα 6).. Σύμφωνα με την εικόνα 6, της τροφικής κατάστασης των λιμνών κολύμβησης που αξιολογείται από χλωροφύλλη: TP η αναλογία είναι μεσοτροφισμός προς αδύναμο ευτροφισμού. Ως εκ τούτου, η ποιότητα του νερού που αξιολογήθηκε από βιομάζα φυκών και την πρίνα φωσφόρου είναι λιγότερο καλή από ό, τι περιγράφεται παραπάνω υπό το πρίσμα της διαφάνειας του νε

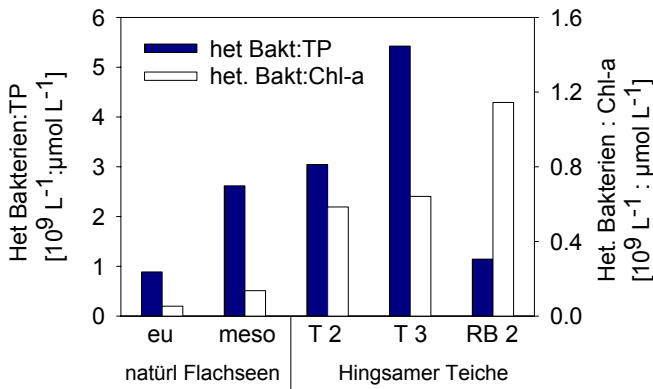


Σχήμα 6. Σχέσεις μεταξύ συγκεντρώσεων χλωροφύλλης (Chl a) και του ολικού φωσφόρου (TP) στην επιφάνεια στρώματος των λιμνών κολύμβησης της οικολογικής κατασκήνωσης (μαύρος πλήρης κύκλος) σε σύγκριση με τις λίμνες.

Αξίζει να κοινοποιηθεί, ότι τα σημεία του Chl-a: είναι TP αναλογία του οικολογικού στρατοπέδου διανέμονται κυρίως στην αριστερή πλευρά της μπλε διακεκομμένη γραμμής. Αυτό δείχνει ότι το νερό που έλαβε επεξεργασία με EM με την πάροδο μηνών αποτελεσματικά, δημιουργώντας μια σχετική βιομάζα φυκών (που εκτιμάται από την χρωστική ουσία χλωροφύλλης).

(Στοιχεία από άλλες λίμνες από Teubner 1996, Teubner et al. 2006)

Σύμφωνα με την αυξημένη διαθεσιμότητα του φωσφόρου κατά τη διάρκεια της κολυμβητικής περιόδου, η δομή του καλοκαιρινού φυτοπλαγκτού έμοιαζε με την τυπική κοινότητα φυκών που είναι συνήθεις την άνοιξη σε ρηχές λίμνες. Το καλοκαιρινό φυτοπλαγκτόν στις τεχνητέςλίμνες κολύμβησης κυριαρχούνταν από βελονοειδή διάτομα που συνήθως αναπτύσσονταν την άνοιξη σε περιόδους υψηλού φωσφόρου και συγκεντρώσεων διοξειδίου του πυριτίου σε μια μικτή στήλη νερού. Αυτά τα διατομικά κύτταρα που χαρακτηρίζονται από σχετικά υψηλή επιφάνεια κυττάρου σε κύτταρο σε αναλογία όγκων. Μια άλλη κυρίαρχη ομάδα φυκών ήταν μικρά κύτταρα πρασίνων φυκών που οφείλονται σε χαμηλή αφθονία φυκών βόσκησης του ζωοπλαγκτού (κυρίως είδη *Daphnia* και *Megacyclops*) άγλη βόσκηση. Ο αριθμός των ετεροτροφικών βακτηριακών κυττάρων σε σχέση με τη συγκέντρωση του ολικού φωσφόρου και η χλωροφύλλη εμφανίζονται για τις λίμνες κολύμβησης και λίμνες διατήρησης της οικολογικής κατασκήνωσης και σε σύγκριση και για τις ρηχές λίμνες των μέτριων ευτροφικών (μεσοτροφικά) και ευτροφικών καταστάσεων (σχήμα 7). Βρήκαμε ένα σχετικά υψηλό ποσοστό μεταξύ του αριθμού των ετεροτροφικών βακτηριακών κυττάρων και TP συγκέντρωσης για τις λίμνες κολύμβησης, καθώς συνήθως απαντώνται σε μεσοτροφικές λίμνες (υψηλή αναλογία του αριθμού των ετεροτροφικών βακτηριακών κυττάρων στην συγκέντρωση TP). Επιπλέον, βρήκαμε επίσης μια ενισχυμένη μερίδα βακτηριακών κυττάρων σε πλαγκτονικά μονοκύτταρα άγλη που εκτιμάται από χλωροφύλλη (υψηλή αναλογία του αριθμού των ετεροτροφικών βακτηριακών κυττάρων συγκέντρωσης chl-) και για τις λίμνες κολύμβησης και για τις μεσοτροφικές λίμνες. Αυτή η σχετική ενίσχυση των ετεροτροφικών οργανισμών δείχνει υψηλότερη μικροβιακή δραστηριότητα, πραγματοποιώντας μείωση του χρόνου κύκλου εργασιών για θρεπτικές ουσίες. Βρήκαμε μια συγκεκριμένη, ακόμη μεγαλύτερη αναλογία της αφθονίας των ετεροτροφικών βακτηριακών κυττάρων στη συγκέντρωση χλωροφύλλης των φυκών στις λίμνες διατήρησης. Η διαπίστωση αυτή, συμφωνεί με την παρατήρηση ότι η βιομάζα των πρωτογενών παραγωγόντων κατά κύριο λόγο αποκτήθηκε από 'χαλάκια' μακροφυκών filamentous (σχήμα 4) και όχι από μικροσκοπικά πλαγκτονικά φύκια στις λίμνες διατήρησης. Επιπλέον, ο δείκτης βενθικών ειδών φυκών, ένα μέτρο για το επίπεδο της οργανικής ρύπανσης, ανέφερε μια καλή ποιότητα των υδάτων για το σύστημα λίμνης κολύμβησης(κατηγορία II).



Σχήμα 7. Αναλογίες μεταξύ του αριθμού των ετεροτροφικών βακτηριακών κυττάρων και συγκέντρωσης TP (het. Bakt: TP) ή χλωροφύλλης (het. Bakt: Chl-a). Το σχήμα δείχνει στοιχεία για τις λίμνες κολύμβησης (T2 και 3) και τη λίμνη διατήρησης (RB2) της οικολογικής κατασκήνωσης («Hingsamer Teiche»), σε σύγκριση με τις ρηχές μεσοτροφικές λίμνες («natürl Flachseen»). Όλα τα σημεία των στοιχείων αναφέρονται στο μέσο όρο κατά τη διάρκεια των δύο μηνών Ιουνίου-Ιουλίου (τα στοιχεία από τις λίμνες από Teubner 2006).

Μπορεί να αναφερθεί ότι λιγότερο υλικό ίζημα είχε συσσωρευτεί στο κάτω στρώμα στις λίμνες κολύμβησης, εφόσον το τεχνητό σύστημα αντιμετωπίστηκε με EM.

Αφού δεν έχουμε μετρήσει τις συνθήκες αναφοράς για ένα τεχνητό σύστημα λίμνης για κολύμβηση, δεν μας επιτρέπεται να δίνουμε αριθμούς για τον υπολογισμό της συνεισφοράς που δχιατρεί την ποιότητα των υδάτων από τη μικροβιακή δραστηριότητα της επεξεργασίας με EM. Ανάμεσα σε ανοικτά ζητήματα που έχουμε δεν υπάρχουν περαιτέρω πληροφορίες ποια μερίδα των ζωντανών κυττάρων των ειδών EM-καθώς και ποικιλία των ανωτέρω προτεινόμενων οργανισμών ήταν πιο αποτελεσματικές για τις θρεπτικές ουσίες στις λίμνες κολύμβησης, πόσο αποτελεσματικές ήταν οι συνεισφορές από νεκρό κυτταρικό υλικό (π.χ. ενδο-και εξω-ενζύμων στο αναστολή EM) και αν η επιτυχία της επεξεργασίας με EM οφειλόταν κυρίως στην συντριπτική μικροβιακή δραστηριότητα τους ή στην παρεμπόδιση και την καταστροφή των φυσικών μικροβιακών κοινοτήτων στη λίμνη. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο σχήμα 6 και 7 και η κατάθεση μόνο μικρών ποσοτήτων υλικού ιζήματος στο κάτω στρώμα αναφέρουν, ωστόσο, ότι η συνολική μικροβιακή κοινότητα εκτός από καλλιέργεια 'χαλιών' από μακροφύκια φαίνεται να κατασκευάζουν θρεπτικά στοιχεία συγκρίσιμα με τις μεσοτροφικές φυσικές λίμνες.

Περαιτέρω βιβλιογραφία σχετικά με τους μηχανισμούς της χρήσης των ενώσεων του φωσφόρου από τα φύκια στις λίμνες και τα τεχνητά συστήματα λιμνών κολύμβησης και άλλων προαναφερθέντων στοιχείων συνιστώνται στις ακόλουθες αναφορές:

- DOKULIL, M., HAMM, A. & KOHL, J.-G. (Hg.), 2001: Ökologie und Schutz von Seen. 1. Auflage, ISBN 3-8252-2110-5, UTB für Wissenschaft: Uni Taschenbücher; 2110, Facultas-Univ.-Verlag, Wien.
- DOKULIL, M.T. & TEUBNER, K. 2000. Cyanobacterial dominance in lakes, *Hydrobiologia* 438: 1-12.
- HIGA, T. & J.F. PARR (2007) internet publication: <http://www.agriton.nl/higa.html> (download 1 August 2007)
- JEPPESEN, E., et al. (2005) Lake responses to reduced nutrient loading – an analysis of contemporary long-term data from 35 case studies. *Freshwater Biology* (50) 1547-1571.
- NIXDORF, B. & DENEKE, R. 1997: Why 'very shallow' lakes are more successful opposing reduced nutrient loads. *Hydrobiologia* 342/343: 269-284.
- TEUBNER, K. 1996. Teubner, K. 1996. ..Phytoplankton..., PhD thesis Humboldt-Univ. zu Berlin, Berlin, 232p.
- TEUBNER, K. 2003. Algen als natürlicher Bestandteil in Seen: Wann und warum werden Algenentwicklungen problematisch? In: Kongressband 2. Int. Kongr. naturnahe Badegewässer, Salzburg: 40-44.
- TEUBNER, K. 2006: Ergebnisse des Forschungsvorhabens „Bedingungen für das Auftreten toxinbildender Cyanobakterien (Blaualgen) in bayerischen Seen und anderen stehenden Gewässern“. p. 49-74. In: Toxinbildende Cyanobakterien (Blaualgen) in bayerischen Gewässern: Massenentwicklungen, Gefährdungspotential, wasserwirtschaftlicher Bezug. Materialienband Nr. 125, pp. 145 Bayerisches Landesamt für Umwelt. ISBN: 13: 978-3-940009-08-1. [http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu\\_was\\_00006.htm](http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_was_00006.htm)
- TEUBNER, K., CROSBIE, N., Donabaum, K., KABAS, W., KIRSCHNER, A., PFISTER, G., SALBRECHTER M. and DOKULIL, M.T. 2003a: Enhanced phosphorus accumulation efficiency by the pelagic community at reduced phosphorus supply: a lake experiment from bacteria to metazoan zooplankton, *Limn. & Oceanogr.* 48 (3): 1141-9.
- TEUBNER, K., CROSBIE, N., Donabaum, K., KABAS, W., KIRSCHNER, A., PFISTER, G., SALBRECHTER M. and DOKULIL, M.T. 2003b: Erhöhte Phosphorakkumulation durch die pelagische Gemeinschaft bei reduzierter Gesamtphosphorbelastung: Eine Gesamtstudie von den Bakterien bis zum Zooplankton in dem städtischen Flachsee Alte Donau. In: DGL-Tagungsbericht 2003 (29.9.-2.10.2003) Köln.