



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**«Υδατοκαλλιέργειες» -**  
**«Παθολογικά Προβλήματα Εκτρεφόμενων Υδρόβιων Οργανισμών»**

**ΣΕ ΣΥΜΠΡΑΞΗ ΜΕ ΤΟ ΤΜΗΜΑ ΙΧΘΥΟΚΟΜΙΑΣ-ΑΛΙΕΙΑΣ ΤΟΥ Τ.Ε.Ι. ΗΠΕΙΡΟΥ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**

**“Φυτοπλαγκτό στη λίμνη Παμβώτιδα: Εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης”**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ**

Χατζόπουλος Χρήστος

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

Ελισάβετ Βαρδάκα

ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ 2010



**UNIVERSITY OF THESSALY  
SCHOOL OF HEALTH SCIENCES  
FACULTY OF VETERINARY MEDICINE**

---

**POSTGRADUATE STUDIES PROGRAM**

***“Aquaculture” – “Aquatic Animal Health”***

***IN COLLABORATION WITH  
THE DEPARTMENT OF AQUACULTURE & FISHERIES, TEI OF EPIRUS***

**Thesis:**

**“Phytoplankton of Lake Pamvotis: An estimation of the ecological status”**

**POSTGRADUATE STUDENT**

Chatzopoulos Christos

**SUPERVISOR**

Elisavet Vardaka

IGOUMENITSA 2010

## Περίληψη

Στην παρούσα μελέτη διερευνήθηκαν οι μεταβολές τόσο στη δομή όσο και στη δυναμική της φυτοπλαγκτικής κοινωνίας της λίμνης Παμβώτιδας κατά τη θερινή-φθινοπωρινή περίοδο (Αύγουστος-Οκτώβριος 2009).

Κατά τη θερινή περίοδο του έτους 2009, η φυτοπλαγκτική κοινωνία της λίμνης χαρακτηρίζεται από μεγάλη ποικιλότητα ειδών, υψηλά επίπεδα και έντονες διακυμάνσεις αφθονίας και βιομάζας, εμφάνιση ανθίσεων νερού, επικράτηση χλωροφυκών όσον αφορά στην ποικιλότητα, και κυανοβακτηρίων (εν δυνάμει τοξικών ή μη) όσον αφορά στη βιομάζα. Το μεγαλύτερο ποσοστό επί της συνολικής βιομάζας αντιπροσωπεύουν τα κυανοβακτήρια του γένους *Microcystis* (*M. aeruginosa*) και του γένους *Anabaena* (*A. flos-aquae*).

Η επίδραση των κλιματολογικών συνθηκών (θερμοκρασία νερού, βροχόπτωση, ηλιοφάνεια, αέρας) αλλά και οι διαειδικές αλληλεπιδράσεις και τα φαινόμενα ανταγωνισμού μεταξύ των οργανισμών, είχαν καθοριστική σημασία στη διαμόρφωση της σύνθεσης και της επικράτησης των κυανοβακτηρίων επί των υπολοίπων ταξινομικών ομάδων αλλά και στην επικράτηση συγκεκριμένων οργανισμών μεταξύ των ειδών του ίδιου φύλου.

Ο επιπολασμός των κυανοβακτηρίων χρήζει ειδικού ενδιαφέροντος, επειδή πολλά είδη ευθύνονται για την παραγωγή τοξινών. Η παρουσία των κυανοβακτηριακών τοξινών σε υδάτινα οικοσυστήματα που χρησιμοποιούνται για ύδρευση και αναψυχή αντιμετωπίζεται σοβαρά σε παγκόσμια κλίμακα και οδήγησε τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (Π.Ο.Υ) να καθορίσει όρια ασφαλείας (Ουδούς Συναγερμού και Ουδούς Καθοδήγησης αντίστοιχα).

## Abstract

In the present study variations regarding both structure and the potential of phytoplankton society were investigated in lake Pamvotida (Ioannina, Greece) during the summer-autumn period between August and October of 2009.

During the afore mentioned period, phytoplankton society of the lake is characterized by an increased variety of species, high levels and intense fluctuations of abundance and biomass, formation of water bloom, domination of chlorococcal chlorophytes regarding variations in species and domination of cyanobacteria (potentially toxic or not) regarding biomass. The greatest percentage of the total biomass quantities is occupied by cyanobacteria of the genus *Microcystis* (*M. aeruginosa*) and of the genus *Anabaena* (*A. flos-aquae*).

Is of vital importance for the formation of composition and dominance of cyanobacteria, versus the rest of the classified groups, as well as at the domination of specific organisms among species of the same phylum.

The effect of climate conditions (water temperature, rainfall, sunshine duration, wind) not excluding, however, the intra-species reciprocity and competitive phenomena amongst organisms.

Cyanobacterial blooms deserve special interest due to fact that several genera of bloom-forming cyanobacterial can be responsible for toxin production. Presence of cyanobacterial toxins in aquatic ecosystems utilized for hydration and recreation is considered to be very serious at a global scale and has led the World Healthcare Association to define security limits for these parameters (Alert levels, and Guidance levels respectively).

Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης, Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών (Παράρτημα Μουδανιών) κατά το ακαδημαϊκό έτος 2009-2010.

Για την πραγμάτωση της παρούσας εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς:

Την επιβλέπουσά μου, Καθηγήτρια Εφαρμογών Ελισάβετ Βαρδάκα, για την ουσιαστική βοήθεια και καθοδήγησή της στο επιστημονικό κομμάτι, την υπομονή και ηθική συμπαράστασή της, αλλά κυρίως γιατί μου μετέδωσε τον ενθουσιασμό και την αγάπη για το νέο για εμένα, κόσμο του φυτοπλαγκτού.

Τον επιστημονικό σύμβουλο, Καθηγητή Ιωάννη Πάσχο, για την επιστημονική του συμβολή, τις εύστοχες παρατηρήσεις του αλλά και την ιδιότητά του ως Δασκαλος καθ' όλη τη διάρκεια φοίτησής μου στο συγκεκριμένο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών.

Τη φίλη και συνάδελφο Κατσιάπη Σταματία για την υπερπολύτιμη βοήθειά της στη συστηματική κατάταξη και προσδιορισμό των ειδών αλλά και στον ενθουσιασμό που με ενέπνευσε να συνεχίσω στις δύσκολες στιγμές.

Τους φίλους μου, Θωμά Θαυμαστό και τον Θεμιστοκλή Γκίκη που εκτός από φίλοι ήταν αυτοί που «τράβηξαν και κουπί» μεταφορικά και κυριολεκτικά για να πραγματοποιηθούν οι δειγματοληψίες στη Λίμνη Παμβώτιδα.

Τους φίλους και συμφοιτητές μου Θοδωρή Παντελίδη και Κωνσταντίνο Κηπουρό για την συμπαράσταση στις κοινές δυσκολίες και αγώνες που είχαμε κατά τη διάρκεια του μεταπτυχιακού και όχι μόνο.

Την οικογένειά μου και ιδιαίτερα τους γονείς μου Θωμά και Δήμητρα που μου τα έδωσαν όλα απλόχερα και είναι πάντα εκεί όταν τους χρειάζομαι.

Την Ιωάννα που κάνει για μένα τη μεγαλύτερη θυσία, να με υπομένει, να μου συμπαραστέκεται και να μου δίνει δύναμη να υλοποιώ τα όνειρά μου.

## Περιεχόμενα

1. <b>Εισαγωγή</b> .....	8
1.1. Φυτοπλαγκτό.....	8
1.2. Σύνθεση και αφθονία οικοσυστημάτων.....	8
1.3. Ευτροφισμός.....	8
1.3.1. Επιπολασμοί κυανοβακτηρίων.....	9
1.4. Ανθρώπινη Έκθεση.....	9
1.4.1. Πόσιμο νερό.....	10
1.4.2. Δραστηριότητες αναψυχής.....	10
1.4.3. Όρια ασφαλείας.....	10
1.5. Σκοπός έρευνας.....	11
2. <b>Περιοχή μελέτης</b> .....	12
2.1. Λίμνη Παμβώτιδα.....	12
2.1.1. Κλιματικά στοιχεία.....	13
3. <b>Υλικά &amp; Μέθοδοι</b> .....	15
3.1. Δειγματοληψίες πεδίου.....	15
3.1.1. Νερό.....	15
3.1.2. Συλλογή.....	15
3.1.3. Μεταφορά – Επεξεργασία – Αποθήκευση.....	16
3.1.4. Κλιματικά στοιχεία.....	16
3.1.5. Καταγραφή γεωγραφικής θέσης.....	16
3.2. Ταξινομικοί προσδιορισμοί.....	16
3.3. Καταμέτρηση ειδών.....	17
3.4. Υπολογισμός βιοόγκου και μετατροπή σε βιομάζα.....	18
3.5. Ρυθμός αύξησης βιομάζας.....	18
3.6. Επικρατούντα είδη.....	18
3.7. Στατιστική ανάλυση.....	19
4. <b>Αποτελέσματα</b> .....	20
4.1. Φυσικές παράμετροι νερού.....	20
4.1.1. Θερμοκρασία νερού.....	20

## Περιεχόμενα

4.1.2. Βάθος δίσκου Secchi.....	21
4.2. Μικροσκοπική ανάλυση του φυτοπλανκτού.....	21
4.2.1. Σύνθεση ειδών.....	21
4.2.2. Χωρική και χρονική κατανομή ειδών.....	24
4.3. Βιομάζα φυτοπλανκτού.....	31
4.3.1. Επικρατούντα είδη κυανοβακτηρίων.....	32
4.3.2. Συσχέτιση μεταβολής βιομάζας μεταξύ των επικρατούντων ειδών.....	43
4.4. Ρυθμός αύξησης.....	45
4.4.1. Σύγκριση του ρυθμού αύξησης για κάθε είδος ξεχωριστά.....	46
4.5. Εν δυνάμει τοξικά κυανοβακτήρια.....	56
4.6. Βιομάζα κυανοβακτηρίων και όρια ασφαλείας.....	57
5. <b>Συζήτηση</b> .....	59
5.1. Φυσικές παράμετροι.....	59
5.1.1. Θερμοκρασία νερού.....	59
5.1.2. Βάθος δίσκου Secchi.....	59
5.2. Φυτοπλανκτό: Σύνθεση και Αριθμός ειδών.....	61
5.3. Βιομάζα κυανοβακτηρίων.....	62
5.3.1. Επικρατούντα κυανοβακτήρια.....	64
5.3.2. Ομαδοποίηση επικρατούντων ειδών κυανοβακτηρίων.....	64
5.4. Εν δυνάμει τοξικά κυανοβακτήρια –Εκτίμηση οικολογικής κατάστασης.....	66
6. <b>Συμπεράσματα</b> .....	69
6.1. Λίμνη Παιβώτιδα.....	69
6.2. Τοξικοί επιπολασμοί και όρια ασφαλείας.....	71
7. <b>Βιβλιογραφία</b> .....	72
7.1. Διεθνής βιβλιογραφία.....	72
7.2. Ελληνική βιβλιογραφία.....	76
8. <b>Παράρτημα I</b> .....	78

## Εισαγωγή

1.

### 1.1 Φυτοπλαγκτό

Με τον όρο φυτοπλαγκτό χαρακτηρίζουμε το σύνολο των μικροσκοπικών φωτοσυνθετικών οργανισμών που ζουν σε αιώρηση στο νερό και υπόκεινται σε παθητική μεταφορά από τον άνεμο και τα ρεύματα (Reynolds, 1984). Πρόκειται για οργανισμούς που ανέπτυξαν μια μεγάλη ποικιλία μορφολογικών χαρακτηριστικών που τους επιτρέπει να προσαρμόζονται και να εκμεταλλεύονται τις συνθήκες του περιβάλλοντος στο οποίο διαβιούν. Σε ταξινομικό επίπεδο, οι πιο συχνά απαντόμενες ομάδες φυτοπλαγκτονικών οργανισμών σε γλυκά νερά, είναι οι ομάδες των κυανοβακτηρίων, των χλωροφυκών, των διατόμων, των κρυπτοφυκών, των δινοφυκών, των ευγληνοφυκών και των ξανθοφυκών (Huisman et al., 2004).

### 1.2 Σύνθεση και αφθονία οικοσυστημάτων

Στα λιμναία οικοσυστήματα, η σύνθεση, η αφθονία και η σχετική επικράτηση των διαφόρων ειδών μιας φυτοπλαγκτικής κοινότητας, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις διακυμάνσεις των περιβαλλοντικών παραγόντων και την δυνατότητα απόκρισης των ειδών σε αυτές (Reynolds, 1984b).

Μεταξύ των περιβαλλοντικών παραγόντων που επηρεάζουν τη φυτοπλαγκτική κοινότητα είναι οι φυσικοί (βροχόπτωση, θερμοκρασία, ένταση φωτεινής ακτινοβολίας, ανάμειξη νερού), οι χημικοί (διαθεσιμότητα σε θρεπτικά, pH), αλλά και οι βιοτικοί παράγοντες (θήρευση, βόσκηση, παρασιτισμός). Η ένταση της επίδρασης του κάθε παράγοντα και το κατά πόσο θα επηρεάσει τελικά την λιμναία φυτοπλαγκτική βιοκοινότητα εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της λίμνης (βάθος, τοποθεσία, κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, ανθρωπογενείς παρεμβάσεις) (Reynolds, 1984a).

### 1.3 Ευτροφισμός

Με τον όρο εύτροφα λιμναία οικοσυστήματα αναφερόμαστε σε οικοσυστήματα στα οποία παρατηρείται μεγάλη είσοδος θρεπτικών που αποτελούν περιοριστικό παράγοντα (κυρίως αζώτου και φωσφόρου), με αποτέλεσμα τα οικοσυστήματα αυτά να μπορούν να υποστηρίξουν υψηλά επίπεδα οργανικής παραγωγής (βιομάζας). Η αύξηση των θρεπτικών έχει αντίκτυπο στη σύνθεση και εποχικότητα των ειδών, αλλά



## Εισαγωγή

και στη διακύμανση του οξυγόνου, το οποίο ελαττώνεται στα κατώτερα στρώματα κυρίως κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών (Reynolds, 1984a).

### 1.3.1 Επιπολασμοί κυανοβακτηρίων

Χαρακτηριστικό της σύνθεσης της φυτοπλαγκτικής κοινότητας αυτών των λιμναίων οικοσυστημάτων είναι η εμφάνιση κατά τους θερινούς μήνες του φαινομένου της άνθισης του νερού (waterbloom). Ο όρος άνθιση του νερού ή κυανοβακτηριακός ανθός αναφέρεται στη μαζική συσσώρευση πλαγκτικών κυανοβακτηρίων στο επιφανειακό στρώμα του νερού κατά τη διάρκεια της περιόδου που αυτά σχηματίζουν σημαντικούς πληθυσμούς (Reynold & Walsby, 1975). Κατά τη διάρκεια της άνθισης του νερού συχνά παρατηρείται ανομοιόμορφη οριζόντια κατανομή των κυανοβακτηριακών ανθών οι οποίοι με τον κυματισμό του νερού είναι δυνατόν να συσσωρεύονται στην ακτή σχηματίζοντας μια επιφανειακή κυανοπράσινη κρούστα (scum). Στην παρούσα εργασία ο όρος επιπολασμός των κυανοβακτηρίων χρησιμοποιείται για να περιγράψει το αποτέλεσμα της άνθισης του νερού ανεξάρτητα εάν έχει δημιουργηθεί κυανοβακτηριακή κρούστα ή όχι.

Ο σχηματισμός του κυανοβακτηριακού ανθού οφείλεται σε ένα συνδυασμό παραγόντων. Από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που συμβάλλουν στο σχηματισμό επιπολασμών είναι οι αβιοτικοί παράγοντες που προάγουν την αύξηση και επικράτηση των κυανοβακτηρίων στο φυτοπλαγκτό, όπως: η υψηλή θερμοκρασία νερού (>20 °C), ο μεγάλος χρόνος παραμονής του νερού, η στρωμάτωση της στήλης νερού στα υδάτινα οικοσυστήματα, τα αυξημένα φορτία θρεπτικών και ο χαμηλός ατομικός λόγος ανόργανου αζώτου:φωσφόρου (<5) και το υψηλό pH (>8). Επιπλέον οικολογικά χαρακτηριστικά των ίδιων των κυανοβακτηρίων όπως η ρύθμιση της πλευστότητάς τους με τη βοήθεια αεροτοπίων, η ανθεκτικότητα πολλών ειδών στη σκίαση και στην ανάμειξη του νερού, η παραγωγή τοξινών, η επιλεκτική θήρευσή τους από το ζωοπλαγκτό, θεωρούνται ότι ευνοούν την επικράτηση ορισμένων ειδών (Reynold & Walsby, 1975; Dokulil & Teubner, 2000).

## 1.4 Ανθρώπινη Έκθεση

Οι επιπολασμοί των κυανοβακτηρίων στα υδάτινα οικοσυστήματα αποτελούν παράγοντες κινδύνου για την υγεία του ανθρώπου που κυμαίνονται από ήπιους μέχρι θανατηφόρους, ανάλογα με την έκθεση

## Εισαγωγή

(Codd et al., 2005). Οι άνθρωποι μπορούν να εκτεθούν στις κυανοτοξίνες που βρίσκονται είτε δεσμευμένες στα κύτταρα των κυανοβακτηρίων είτε έχουν απελευθερωθεί στο νερό. Η ανθρώπινη έκθεση στις κυανοτοξίνες συμβαίνει κυρίως μέσω του πόσιμου νερού ή των δραστηριοτήτων αναψυχής που πραγματοποιούνται στα εσωτερικά ύδατα.

### 1.4.1 Πόσιμο νερό

Η έκθεση σε τοξικά κυανοβακτήρια μέσω του πόσιμου νερού οδηγεί είτε σε οξείες είτε σε χρόνιες επιδράσεις για την υγεία του ανθρώπου (Fitzgerald, 2001).

### 1.4.2 Δραστηριότητες αναψυχής

Οι τρεις πιθανές οδοί έκθεσης στις κυανοτοξίνες μέσω δραστηριοτήτων αναψυχής είναι: 1) η άμεση επαφή εκτεθειμένων μερών του σώματος, 2) ακούσια κατάποση και 3) εισπνοή σταγονιδίων νερού (Falconer et al., 1999). Τα παραπάνω σχετίζονται άμεσα με δραστηριότητες που σχετίζονται με συνεχή επαφή με το νερό όπως η ιστιοπλοΐα, το σκι στο νερό, η κωπηλασία και το κολύμπι. Τα συχνότερα συμπτώματα στην υγεία του ανθρώπου από την ακούσια έκθεση σε κυανοβακτηριακές τοξίνες κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων αναψυχής είναι οι δερματικοί ερεθισμοί και εξανθήματα, οφθαλμικοί ερεθισμοί, αλλεργικές αντιδράσεις, διάρροια, εξέμεση, στοματικά έλκη και πυρετός (Falconer et al., 1999; Pilotto et al., 1997).

### 1.4.3 Όρια ασφάλειας

Η αναγνώριση των προβλημάτων υγείας από τις κυανοτοξίνες οδήγησε στη διεξαγωγή τοξικολογικών μελετών που χρησιμοποιήθηκαν για την πρόταση θέσπισης ανώτατων συγκεντρώσεων κυανοβακτηριακών τοξινών, κυρίως σε υδάτινα συστήματα που χρησιμοποιούνται για υδροδότηση. Προκειμένου να θεσπιστούν όρια ασφαλείας για τις τοξικές ουσίες, είναι απαραίτητο να καθοριστεί η “υψηλότερη συγκέντρωση της ουσίας στην οποία δεν παρατηρούνται συμπτώματα” (NOAEL- No Observed Adverse Effect Levels) ή “η χαμηλότερη συγκέντρωση της ουσίας στην οποία παρατηρούνται συμπτώματα” (LOAEL – Lowest Observed Adverse Effect Levels) (Kuiper-Goodman et al., 1999). Χρησιμοποιώντας τις τιμές NOAEL και LOAEL ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (Π.Ο.Υ.) προσδιόρισε τα κρίσιμα σημεία για τον έλεγχο της ασφάλειας (Falconer et al., 1999), ανάλογα με το αν το

## Εισαγωγή

υδάτινο σύστημα χρησιμοποιείται για υδροδότηση (Πλαίσιο Ορίων Συναγερμού – Alert Levels Framework) ή για αναψυχή (Επίπεδα Καθοδήγησης – Guidance Levels) (Bartram et al., 1999; Falconer et al., 1999). Τόσο το Πλαίσιο Ορίων Συναγερμού (ΠΟΣ) όσο και τα Επίπεδα Καθοδήγησης, βασίζονται στα επίπεδα αφθονίας ή και βιομάζας των κυανοβακτηρίων (Bartram et al., 1999; Falconer et al., 1999). Το μοντέλο διαχειριστικής ανταπόκρισης που προκύπτει από το ΠΟΣ περιλαμβάνει τρεις «ουδούς» βάσει των οποίων εκτιμάται η κατάσταση των υδάτων, ως προς την παρουσία κυανοβακτηρίων ή και κυανοβακτηριακών τοξινών, και προτείνονται οι ανάλογες διαχειριστικές δράσεις ανάλογα με την περίπτωση (Bartram et al., 1999).

### 1.5 Σκοπός έρευνας

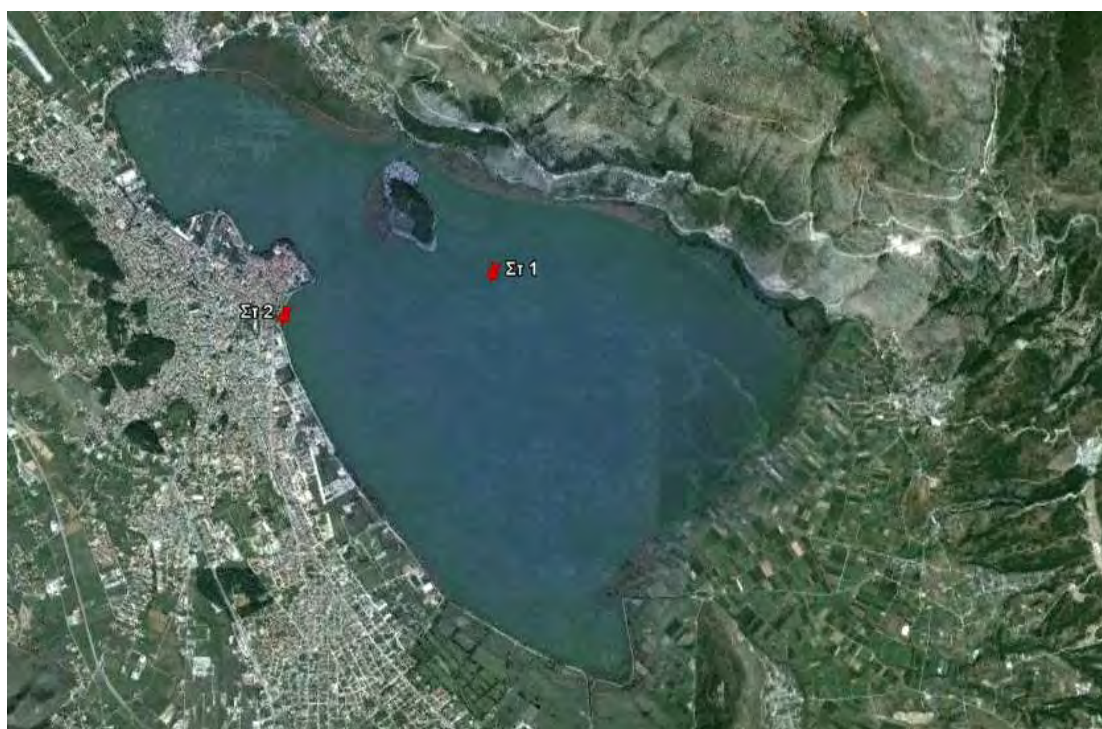
Η καλή ποιότητα των επιφανειακών υδάτων είναι πρωταρχικής σημασίας για ένα λιμναίο οικοσύστημα, ειδικά εάν σε αυτό υπάρχουν ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως π.χ. ψάρεμα, υδατοκαλλιέργειες, αναψυχή. Η σημασία της εκτίμησης της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων αντανακλάται από την Οδηγία 2000/60/EC, η οποία βρίσκεται σε διαδικασία εφαρμογής στο Ελλαδικό χώρο. Κεντρική θέση στην εκτίμηση της οικολογικής ποιότητας των υδάτων αποτελεί το φυτοπλαγκτό (σύνθεση ειδών, αφθονία, βιομάζα) το οποίο αποτελεί βασικό στοιχείο για την εφαρμογή της Οδηγίας. Στην αστική και εύτροφη λίμνη Παμβώτιδα παρότι έχουν παρατηρηθεί συχνές ανθίσεις του νερού (Vardaka et al., 2005) και έχουν αναφερθεί προβλήματα από την παρουσία κυανοβακτηριακών τοξινών τόσο στο νερό (Gkelis et al., 2005) όσο και σε εδώδιμους ιστούς αλιευμάτων (Gkelis et al., 2006), υπάρχουν περιορισμένες πληροφορίες σχετικά με το φυτοπλαγκτό (Anagnostidis & Oikonomou-Amilli, 1980; Vardaka et al., 2005).

Στη παρούσα εργασία θα διερευνηθεί: α) το φυτοπλαγκτό στη λίμνη Παμβώτιδα σε επίπεδο πληθυσμών και ταξινομικών ομάδων και β) ο κίνδυνος από την παρουσία κυανοβακτηρίων. Η έρευνα θα διεξαχθεί τη χρονική περίοδο Αυγούστου – Οκτωβρίου, η οποία χαρακτηρίζεται ως η καταλληλότερη εποχή για τέτοιου είδους έρευνες αφού το σύστημα έχει τη χειρότερη πιθανή οικολογική ποιότητα (τελευταίο στάδιο της διαδοχής του φυτοπλαγκτού καθώς και αύξηση της συχνότητας και της έντασης φαινομένων άνθισης κυανοβακτηρίων) σε σχέση με άλλες περιόδους του έτους (Sommer et al., 1986).

2.

### 2.1 Λίμνη Παμβώτιδα

Η λίμνη Παμβώτιδα (γνωστή και ως λίμνη των Ιωαννίνων) βρίσκεται στη ΒΔ Ελλάδα (γεωγραφικές συντεταγμένες: (N) 39°40' (E) 20°51') και σε υψόμετρο 470m (Georgiadis et al., 2000). Η λίμνη Παμβώτιδα είναι αστική λίμνη. Γειτνιάζει με την πόλη των Ιωαννίνων όπου εκτείνεται κατά μήκος της δυτικής ακτογραμμής (Vardaka et al., 2005; Romero et al., 2002) (Εικόνα 2.1).



**Εικόνα 2.1.** Φωτογραφία της λίμνης Παμβώτιδας όπου σημειώνονται οι θέσεις των σταθμών δειγματοληψίας (πελαγικός σταθμός (Στ.1) και παράκτιος σταθμός (Στ.2) (πηγή: Goolge Earth).

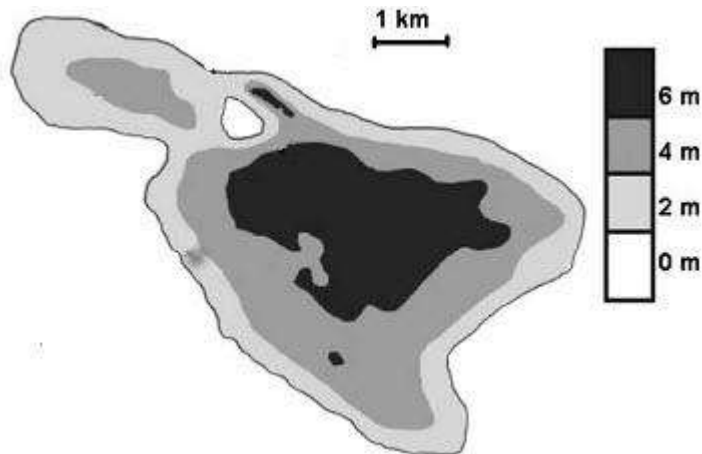
Από γεωλογικής άποψης η λίμνη είναι καρστική λίμνη, χωρίς επιφανειακές φυσικές οδούς εκροής και η διατήρηση της στάθμης σε σχετικά σταθερά επίπεδα γίνεται είτε ελεγχόμενα είτε με φυσικούς τρόπους αποστράγγισης που διαθέτει η λίμνη από τον πιθμένα προς τους ποταμούς Λούρο, Άραχθο και Καλαμά (Romero et al., 2002).

Με βάση τον κανονισμό 2000/60/EC του Water Framework Directive (WFD), η λίμνη χαρακτηρίζεται ως ρηχή και μεγάλου μεγέθους λίμνη με μέσο βάθος 4m (Εικόνα 2) και έκταση 22,8 km<sup>2</sup> (Romero & Imberger, 1999; Kagalou & Leonardos, 2009).

## Περιοχή Μελέτης

Το pH στη στήλη του νερού κυμαίνεται από 7,5 έως 8,7 (Kagalou et al., 2001). Η λίμνη σύμφωνα με τις μέσες τιμές pH κατατάσσεται από το ECOFRAME στις λίμνες με κακές περιβαλλοντικές συνθήκες ( $\text{pH} > 8,1$ ) που χαρακτηρίζονται και με το φαινόμενο του ευτροφισμού (Moss et al., 2003; Kagalou & Leonardos, 2009). Ο ατομικός λόγος ανόργανου αζώτου:φωσφόρου (N/P) στη λίμνη (Schindler's ratio) είναι χαμηλός ( $<5$ ) γεγονός που επηρεάζει άμεσα την ανάπτυξη φωτοσυνθετικών οργανισμών και κυρίως κυανοβακτηριακού ανθού.

Η λίμνη αποτελεί θέση αναπαραγωγής, τροφής ή πόσης της άγριας πανίδας (Dafis et al., 1996). Επιπρόσθετα, παρατηρούνται στη λίμνη ή στη λεκάνη αυτής πολλές ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως άρδευση, αλιεία, γεωργία, ναυταθλητισμός και άλλες δραστηριότητες αναψυχής (Βαρδάκα, 2001). Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις που έγιναν στη λίμνη (π.χ. παραλιακοί δρόμοι, τοιχία, μπαζώματα, οικοπεδοποίηση του πεδίου πλημμύρας της λίμνης) συνέβαλαν βαθμιαία στην αλλαγή της φυσικής παραλίας, στη μείωση της έκτασης της λίμνης, του συνολικού όγκου νερού της και τη δυνατότητα αυτοκαθαρισμού της (Ziogas et al., 1982; Stalikas et al., 1994).



**Εικόνα 2.2.** Χάρτης της λίμνη Παμβώτιδας όπου φαίνονται οι ισοβαθείς.

### 2.1.1 Κλιματικά στοιχεία

Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται από ψυχρούς και υγρούς χειμώνες με μέσες θερμοκρασίες  $<0^{\circ}\text{C}$  και ξηρά υγρά καλοκαίρια με θερμοκρασίες  $>30^{\circ}\text{C}$ . Οι ετήσιες τιμές βροχόπτωσης φτάνουν τα 1,1-

## Περιοχή Μελέτης

1,2m που δύσκολα μπορούν να αντισταθμίσουν την επιφανειακή εξάτμιση του νερού (Bartzokas & Metaxas, 1995).

Το συνολικό ύψος βροχόπτωσης κατά την περίοδο μελέτης ήταν 114mm. Σε καμία από τις ημερομηνίες δειγματοληψίας δεν σημειώθηκε βροχόπτωση ενώ μόνο στις 10/08/09 και 30/08/09 σημειώθηκε κατά την προηγούμενη μέρα. Αναλυτικά τα συνολικά επίπεδα βροχόπτωσης ανά διάστημα μεταξύ δειγματοληψιών όπως επίσης και αριθμός ημερών χωρίς φαινόμενα πριν από κάθε δειγματοληψία παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1).

**Πίνακας 1.** Αναλυτικός πίνακας καταγραφής των επιπέδων βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης (Στοιχεία Εθνικού Αστεροσκοπίου Αθηνών από τον Μετεωρολογικό σταθμό Ιωαννίνων. Αναλυτικά στο Παράρτημα Ι)

έως 1/08/09	01/08 - 10/08/09	10/08 - 20/08/09	20/08 - 30/08/09	30/8- 10/09/09	10/09 - 20/09/09	20/09 - 30/09/09	30/09 - 10/10/09
25 ημέρες χωρίς βροχόπτωση	38,4 mm  (3,8 mm την προηγούμενη)	0,8 mm  (6 ημέρες χωρίς βροχή)	23 mm  (13,2 mm την προηγούμενη)	7 mm  (3 ημέρες χωρίς βροχή)	20,6 mm  (2 ημέρες χωρίς βροχή)	5 mm  (3 ημέρες χωρίς βροχή)	19,2 mm  (2 ημέρες χωρίς βροχή)

Η επικρατούσα διεύθυνση των ανέμων που έπνεαν στην περιοχή των Ιωαννίνων κατά τη διάρκεια της παρούσας μελέτης ήταν ΝΑ ασθενούς έως μέτριας έντασης (Παράρτημα Ι).

3.

### 3.1 Δειγματοληψίες πεδίου

#### 3.1.1 Νερό

Κατά την περίοδο Αύγουστος – Οκτώβριος του έτους 2009, πραγματοποιήθηκαν στη Λίμνη Παμβώτιδα (Λίμνη Ιωαννίνων) οκτώ συνολικά δειγματοληψίες, με συχνότητα δειγματοληψιών ανά 10 μέρες. Τα δείγματα συλλέγονταν από 2 σταθμούς δειγματοληψίας, έναν πελαγικό (Στ.1) και παράκτιο (Στ. 2) με γεωγραφικές συντεταγμένες long.: 20,5307 - lat.: 39,4012 και long.: 20,5135 - lat.: 39,3956 αντίστοιχα (Εικόνα 2.1). Ο πελαγικός σταθμός βρίσκεται νοτίως του νησιού της λίμνης και σε σημείο όπου ενώνονται τα ρεύματα του νερού που κινούνται ανατολικά και δυτικά του νησιού. Το μέγιστο βάθος του σταθμού φτάνει τα 5,5m. Ο παράκτιος σταθμός βρίσκεται δίπλα στην πόλη των Ιωαννίνων και αποτελεί θέση όπου παρατηρήθηκαν επιπολασμοί κυανοβακτηρίων όπως επίσης και διεξαγωγή ανθρώπινων δραστηριοτήτων (π.χ. ψάρεμα) στο νερό με στους επιπολασμούς.

#### 3.1.2 Συλλογή

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιούνταν πρωινές ώρες μεταξύ 8.00 – 10.00 π.μ. όσον αφορά τον πελαγικό σταθμό και 11.00 – 13.00 για τον παράκτιο διότι σε εκείνο το χρονικό διάστημα της ημέρας παρατηρήθηκε να σχηματίζονται επιπολασμοί με μεγαλύτερη συγκέντρωση κυανοβακτηρίων.

Δείγματα νερού συνολικού όγκου 5 L συλλέχθηκαν από το επιφανειακό στρώμα νερού (0 – 0,2 m) στον παράκτιο σταθμό. Η συλλογή του δείγματος πραγματοποιήθηκε με τη χρήση δοχείου χωρητικότητας 5 L το οποίο βυθίζονταν αργά στα πρώτα 20 cm για την αποφυγή διατάραξης της επιφάνειας.

Στον πελαγικό σταθμό η δειγματοληψία έγινε με δειγματολήπτη τύπου Ruttner (model 436 131, Hydro-bios, Kiel, Germany) χωρητικότητας 1L και μήκους 30 cm. Δείγματα νερού συνολικού όγκου 5 L συλλέχθηκαν: α) από το επιφανειακό στρώμα νερού (Στ.1 B1: 0 – 0,3 m), β) από το βάθος 2 - 2,5 m (Στ.1 B2) και γ) από το βάθος 4,5 – 5 m (Στ.1 B3). Για την καταγραφή της θερμοκρασίας του νερού τόσο στην επιφάνεια όσο και στα επιλεγμένα βάθη ο δειγματολήπτης διέθετε ενσωματωμένο θερμόμετρο.

## Υλικά και Μέθοδοι

Τα δείγματα νερού που συλλέχθηκαν από κάθε σταθμό και κάθε βάθος ξεχωριστά, χρησιμοποιήθηκαν για τον ταξινομικό προσδιορισμό του φυτοπλαγκτού και την καταμέτρηση και υπολογισμό της βιομάζας των κυανοβακτηρίων.

Για τον υπολογισμό της εύφωτης ζώνης χρησιμοποιήθηκε ο δίσκος secchi διαμέτρου 250 mm, δεμένος σε νήμα μήκους 5 m και βαθμονομημένο ανά 10 cm.

### 3.1.3 Μεταφορά – Επεξεργασία - Αποθήκευση

Τα δείγματα που προορίζονταν για τον ταξινομικό προσδιορισμό του φυτοπλαγκτού, την καταμέτρηση των ατόμων και τον υπολογισμό της βιομάζας των κυανοβακτηρίων, τοποθετώνταν σε πλαστικά δοχεία όγκου 500 mL και στερεώνονταν *in situ* με διάλυμα Lugol (20 g KI, 10 g I<sub>2</sub>, 180 mL απεσταγμένο νερό, 20 mL οξικό οξύ) (Rott, 1981). Τα δείγματα τοποθετούνταν σε σκοτεινό φορητό ψυγείο και η μεταφορά τους στο εργαστήριο γινόταν αμέσως μετά το πέρας της δειγματοληψίας σε διάστημα 5 h (εντός των ορίων που δίδονται από τον Castenholz, 1998).

### 3.1.4 Κλιματικά στοιχεία

Τα κλιματικά στοιχεία (θερμοκρασία αέρα, ύψος βροχόπτωσης, αριθμός ημερών με ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις, ένταση και διεύθυνση ανέμου) για την περιοχή των Ιωαννίνων λαμβάνονταν από τον Μετεωρολογικό σταθμο Ιωαννίνων (Ιδιοκτησία Εθνικού Αστεροσκοπίου Αθηνών) που βρίσκεται στην περιοχή Ανατολή Ιωαννίνων και σε υψόμετρο 475 m. Τα στοιχεία καταγράφονταν για διάστημα 3 ημερών πριν από κάθε προγραμματισμένη ημερομηνία δειγματοληψίας.

### 3.1.5 Καταγραφή γεωγραφικής θέσης σταθμών

Η καταγραφή της γεωγραφικής θέσης κάθε σταθμού δειγματοληψίας γινόταν με GPS (Global Positioning System, του MLS Destinator 3D-Real view 4300).

## 3.2 Ταξινομικοί προσδιορισμοί

Η μικροσκοπική ανάλυση και ταξινόμηση του φυτοπλαγκτού πραγματοποιήθηκε σε ανάστροφο μικροσκόπιο Nikon ECLIPSE TE2000-S φωτεινού πεδίου και αντίθετης φάσης. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν συντηρημένα με Lugol δείγματα νερού.



## Υλικά και Μέθοδοι

Η αναγνώριση και ταξινόμηση των φυτοπλαγκτικών οργανισμών στηρίχτηκε στη χρήση ταξινομικών συγγραμμάτων των Huber-Pestalozzi (1938), Tikkanen (1986), Komárek & Anagnostidis (1999, 2005). Επιπρόσθετα, για το γένος *Planktothrix* χρησιμοποιήθηκε η εργασία των Komárek & Komárkova (2004) και για το γένος *Anabaena* οι εργασίες των Komárek & Zapomělová (2007, 2008).

Η περιγραφή των μορφολογικών και μορφομετρικών χαρακτηριστικών των ειδών των κυανοβακτηρίων έγινε με την μελέτη παραμέτρων όπως το μήκος (*l*) και πλάτος (*w*) των βλαστητικών κυττάρων, ετεροκυτίων και ακινέτιων και του λόγου *l:w*, την παρουσία ή απουσία επάκριων ετεροκυτίων και αεροτοπίων, το σχήμα των επάκριων κυττάρων και το σχήμα και το μήκος των τριχωμάτων.

### 3.3 Καταμέτρηση ειδών

Η καταμέτρηση των ειδών του φυτοπλαγκτού πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τη μέθοδο του Utermöhl (1958) και την τροποποίηση κατά Sandgren & Robinson (1984) σε ανάστροφο μικροσκόπιο Nikon ECLIPSE TE2000-S με μικροσκοπία αντίθεσης φάσης.

Δείγματα συντηρημένα με Lugol εξετάστηκαν σε θαλάμους των 2 mL, αφού προηγήθηκε έλεγχος αυτών στο ανάστροφο μικροσκόπιο ως προς την πυκνότητά τους σε οργανισμούς (μεγάλη πυκνότητα οργανισμών → μεγαλύτερη αραιώση στο υπό εξέταση δείγμα). Ο χρόνος καθίζησης των οργανισμών στους θαλάμους ήταν τουλάχιστον ίσος με 6 h (όπως ορίζεται στους Willen, 1976 και Rott, 1981).

Σε πρώτο στάδιο γινόταν έλεγχος για την ομοιογένεια και κατανομή, την αφθονία και το μέγεθος των οργανισμών. Η επιλογή της επιφάνειας του θαλάμου καθώς και της μεγέθυνσης του φακού που χρησιμοποιήθηκαν για την καταμέτρηση των οργανισμών, έγινε με βάση το μέγεθος των οργανισμών και το πλήθος των παρόντων ατόμων. Η καταμέτρηση έγινε είτε με σάρωση όλου του θαλάμου είτε με την εξέταση τουλάχιστον 37 οπτικών πεδίων η θέση των οποίων καθορίστηκε σύμφωνα με τη σχέση του εμβαδού της επιφάνειας της κεντρικής περιοχής προς το εμβαδόν της περιφέρειας του θαλάμου (Sandgren & Robinson, 1984). Σε κάθε θάλαμο, καταμετρήθηκαν τουλάχιστον 100 άτομα των ειδών με την υψηλότερη αφθονία και 400 άτομα συνολικά, ώστε το μέγιστο ποσοστό σφάλματος να περιορίζεται στο 20% και 10% αντίστοιχα (Willén, 1976). Η αφθονία των ατόμων εκφράστηκε ως αριθμός ατόμων ανά mL νερού.

## Υλικά και Μέθοδοι

Για τον υπολογισμό των κυττάρων ανά αποικία στα είδη του γένους *Microcystis* χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση (Reynolds & Jaworski, 1978):

$$y = 0,0021 * \text{Διάμετρος αποικίας}^{2,8812}$$

### 3.4 Υπολογισμός βιοόγκου ειδών και μετατροπή σε βιομάζα

Ο βιοόγκος των ειδών που καταμετρήθηκαν προέκυψε από τη μετατροπή των τιμών αφθονίας τους, αφού αρχικά υπολογίστηκε ο μέσος κυτταρικός όγκος για κάθε είδος. Ο μέσος κυτταρικός όγκος υπολογίστηκε μετά από μέτρηση των διαστάσεων 30 τουλάχιστον ατόμων (κυττάρων, τριχωμάτων ή νημάτων) από τα πιο άφθονα είδη και σύμφωνα με τους γεωμετρικούς τύπους των Hillebrand et al. (1999). Η μέτρηση των κυτταρικών διαστάσεων πραγματοποιήθηκε σε μικροσκόπιο Nikon ECLIPSE TE2000-S με τη χρήση κάμερας Nikon (DS-L1 & DS-5M) σε μεγεθύνσεις x20 για τα μεγαλύτερου μεγέθους είδη και σε x40 για τα μικρότερα σε μέγεθος είδη. Η μετατροπή των κυτταρικών όγκων σε βιομάζα έγινε με βάση την παραδοχή ότι η μέση ειδική πυκνότητα του κυττάρου είναι  $1 \text{ g/cm}^3$  (Rott, 1981).

### 3.5 Ρυθμός αύξησης βιομάζας

Με βάση τις τιμές βιομάζας των επικρατούντων taxa κατά τη χρονική περίοδο της έρευνας, υπολογίστηκε ο ρυθμός αύξησης ( $r$ ) της βιομάζας των κυανοβακτηρίων. Για τον υπολογισμό του ρυθμού αύξησης χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση (Lambert & Sommer, 1997):

$$r = (\ln N_{t1} - \ln N_t) / (t_1 - t)$$

όπου  $N_{t1}$ : η τιμή της βιομάζας τη χρονική στιγμή  $t_1$

$N_t$ : η τιμή της βιομάζας τη χρονική στιγμή  $t$

### 3.6 Επικρατούντα είδη

Ο χαρακτηρισμός των ειδών ως επικρατεί αφορά τα είδη τα οποία είχαν συνεισφορά >10% στη συνολική βιομάζα του φυτοπλαγκτού έστω και

αν αυτό συνέβη σε μία ημερομηνία κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης (Sommer, 1981).

### 3.7 Στατιστική ανάλυση

Για την αριθμητική περιγραφή των μεταβλητών χρησιμοποιήθηκαν τα μέτρα μεταβλητότητας: μέση τιμή, τυπική απόκλιση (SD) και υπολογίστηκε ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV) σύμφωνα με την εξίσωση

$$CV = SD / \text{μέση τιμή} \times 100$$

Οι τιμές της βιομάζας των κυανοβακτηρίων, λογαριθμήθηκαν για να ακολουθούν κανονική κατανομή (Sokal & Rohlf, 1981). Οι λογαριθμημένες τιμές χρησιμοποιήθηκαν σε όλες τις στατιστικές αναλύσεις. Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με τη χρήση του προγράμματος SPSS for Windows release 12.0.0 (SPSS Inc., 1989-2003) και το Statistica 7.0 (StatSoft, Inc. 1984-2004). Ο συντελεστής συσχέτισης Spearman χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη της συσχέτισης μεταξύ βιολογικών παραμέτρων (βιομάζα κυανοβακτηρίων ρυθμός αύξησης) όπως επίσης μεταξύ βιολογικών και αβιοτικών παραμέτρων (θερμοκρασία νερού) (Sokal & Rohlf, 1981). Η Canonical Correspondence Analysis (CCA) χρησιμοποιήθηκε για να ελεχθεί η κατακόρυφη ταξίθηση των επικρατούντων κυανοβακτηρίων στη στήλη του νερού (Legendre & Legendre, 1998). Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες τιμές βιομάζας των επικρατούντων ειδών για κάθε βάθος ξεχωριστά, καθόλη τη διάρκεια της παρούσας έρευνας.

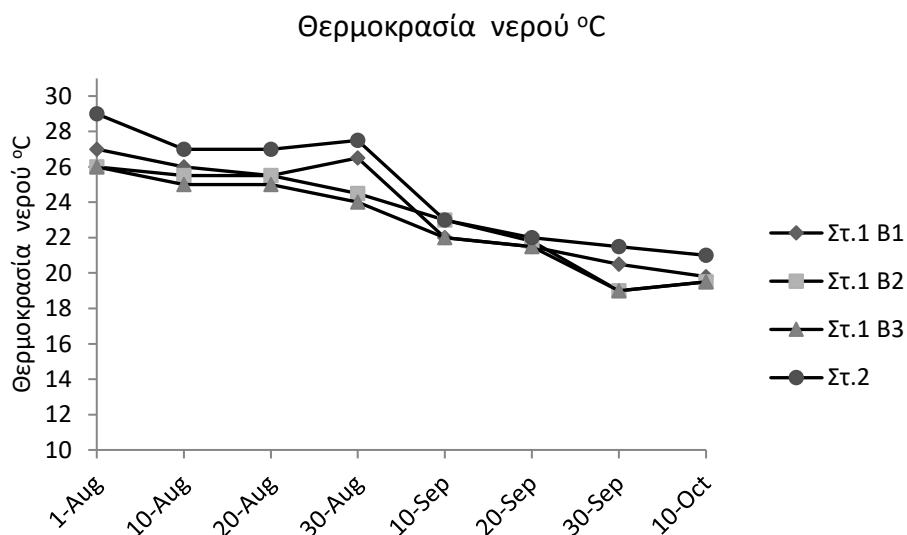
## Αποτελέσματα

4.

### 4.1 Φυσικές Παράμετροι του νερού

#### 4.1.1 Θερμοκρασία Νερού

Η περίοδος που πραγματοποιήθηκε η παρούσα έρευνα συμπίπτει με τη θερμή περίοδο στην οποία και παρατηρούνται οι υψηλότερες θερμοκρασίες του νερού. Συγκεκριμένα η θερμοκρασία του νερού, κυμάνθηκε από 19-29 °C. Η υψηλότερη τιμή μετρήθηκε κατά την πρώτη ημερομηνία δειγματοληψίας (01/08/09) στον παράκτιο σταθμό (Στ.2). Η χαμηλότερη θερμοκρασιακή τιμή εμφανίζεται στον πελαγικό σταθμό για τα βάθη Στ.1 B2 και Στ.1 B3 στις 30/09/09 και είναι 19 °C. Καθ' όλη τη διάρκεια της παρούσας έρευνας ο παράκτιος εμφανίζει υψηλότερες ή παρόμοιες τιμές θερμοκρασίας σε σχέση με τους άλλους σταθμούς. Στον πελαγικό σταθμό τα θερμοκρασιακά εύρη τιμών είναι πολύ μικρά με εξαίρεση στις 30/08/09 όπου παρατηρήθηκε ασταθής θερμική στρωμάτωση της στήλης του νερού, με θερμοκλίνο (κλίση: 1°C m<sup>-1</sup>) που σχηματίστηκε μεταξύ των βαθών 1 και 2 (Στ.1 B1 και Στ.1 B2). Η θερμική στρωμάτωση χαρακτηρίζεται ως ασταθής διότι εμφανίστηκε μόνο στη συγκεκριμένη ημερομηνία και για τα βάθη 1 και 2. (Εικόνα 4.1)

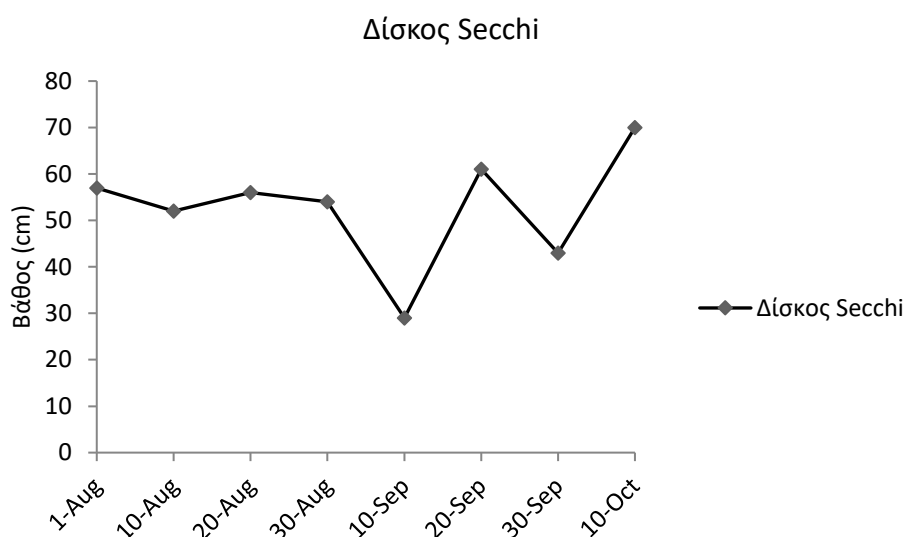


**Εικόνα 4.1.** Θερμοκρασιακές τιμές του νερού των των τριών βαθών του πελαγικού σταθμού και του παράκτιου σταθμού κατά την περίοδο μελέτης.

## Αποτελέσματα

### 4.1.2 Βάθος δίσκου Secchi

Το βάθος του δίσκου του Secchi κατά την περίοδο μελέτης, μετρήθηκε στον πελαγικό σταθμό. Οι τιμές παρουσίασαν σημαντικές διακυμάνσεις με το βάθος να κυμαίνεται από 29 έως 70 cm. Η μέγιστη τιμή που αντιστοιχεί και στη μεγαλύτερη διαύγεια του νερού παρατηρήθηκε στις 10/10/09 ενώ η μικρότερη τιμή (μικρότερη διαύγεια) παρατηρήθηκε στις 10/09/09. Κατά την περίοδο 01/08/09 έως 30/08/09 οι τιμές του βάθους του δίσκου δεν παρουσίασαν μεγάλη διακύμανση (52 έως 57cm), ενώ την περίοδο 10/09/09 έως 10/10/09 υπήρξε και η μεγαλύτερη διακύμανση (29 έως 70 cm) με διαδοχικές αυξομειώσεις του βάθους σε κάθε ημερομηνία παρατήρησης.



**Εικόνα 4.2.** Τιμές του βάθους δίσκου του Secchi κατά την περίοδο μελέτης.

## 4.2 Μικροσκοπική ανάλυση του φυτοπλαγκτού

### 4.2.1 Σύνθεση ειδών

Από τη μικροσκοπική ανάλυση των δειγμάτων διαπιστώθηκε η παρουσία 77 taxa φυτοπλαγκτικών οργανισμών με αντιπροσώπους από τις ταξινομικές ομάδες των κυανοβακτηρίων, των χλωροφυκών, των διατόμων, των δινοφυκών, των κρυπτοφυκών των χρυσοφυκών, των ευγληνοφυκών, των ξανθοφυκών και των συζυγών φυκών. Από αυτά, τα 56 προσδιορίστηκαν σε επίπεδο είδους, ενώ τα υπόλοιπα 21 σε επίπεδο γένους (Πίνακας 2).

## Αποτελέσματα

**Πίνακας 2.** Κατάλογος των ειδών φυτοπλαγκτού που προσδιορίστηκαν στα δείγματα που συλλέχθηκαν από τη Λίμνη Παμβώτιδα κατά τη χρονική περίοδο Αύγουστος –Οκτώβριος 2009 (\* είδη που αναφέρονται για πρώτη φορά στη λίμνη Παμβώτιδα).

### CYANOBACTERIA

*Anabaena delicatissima*\*  
*Anabaena flos-aquae*  
*Anabaena affinis*\*  
*Aphanizomenon issatschenkoi*\*  
*Aphanocapsa* sp.  
*Chroococcus limneticus*\*  
*Cylindrospermopsis raciborskii*\*  
*Jaaginema subtilissima*\*  
*Limnothryx redekeei*\*  
*Microcystis aeruginosa*  
*Microcystis panniformis*\*  
*Merismopedia* sp.  
*Planktothrix agardhii*\*  
*Planktolyngbya limnetica*\*  
*Planktolyngbya* sp.  
*Pseudoanabaena limnetica*\*  
*Pseudoanabaena musicola*\*

### BACILLARIOPHYCEAE

*Aulacoseira granulate*\*  
*Cyclotella* sp.  
*Nitzschia acicularis*  
*Nitzschia* sp.  
*Synedra acus*

### XANTHOPHYCEAE

*Goniochloris contorta*\*  
*Goniochloris* sp.

### CHRYSOPHYCEAE

*Mallomonas* sp.  
*Ochromonas lundibunda*\*

### EUGLENOPHYCEAE

*Euglena* sp.  
*Trachelomonas cuspidata*\*  
*Trachelomonas volvocinopsis*\*

### DINOPHYCEAE

*Ceratium furcoides*\*  
*Peridinium* sp.

## Αποτελέσματα

### DESMIDIACEAE

---

*Closterium aciculare*\*

*Closterium gracile*

*Cosmarium* sp.

*Pseudostaurastrum* sp.

*Staurastrum* sp.

*Staurastrum tetracerum*\*

*Staurodesmus* sp.

### CHLOROPHYCEAE

---

*Actinastrum hantzschii*

*Ankistrodesmus bibralanus*\*

*Ankyra* sp.

*Chlorogonium minimum*\*

*Coelastrum astroeideum*\*

*Crucigeniella neglecta*\*

*Dictyosphaerium ehrenbergianum*

*Diplochlois* sp.

*Elakatothrix genevensis*\*

*Franceia* sp.

*Golenkinia radiata*\*

*Haematococcus* sp.

*Monoraphidium arcuatum*\*

*Monoraphidium contortum*\*

*Monoraphidium griffithii*\*

*Monoraphidium minutum*\*

*Nephrochlamys* sp.

*Oocystis* sp.

*Pediastrum duplex*

*Pediastrum simplex*\*

*Pediastrum tetras*

*Scenedesmus acuminatus*

*Scenedesmus dimorphus*\*

*Scenedesmus obtusus*

*Scenedesmus opoliensis*\*

*Scenedesmus* sp.

*Selenastrum capricornutum*\*

*Schroederia seligera*\*

*Sorastrum spinulosum*\*

*Sphaerocystis schroeteri*\*

*Tetraedron caudatum*

*Tetraedron minimum*

## Αποτελέσματα

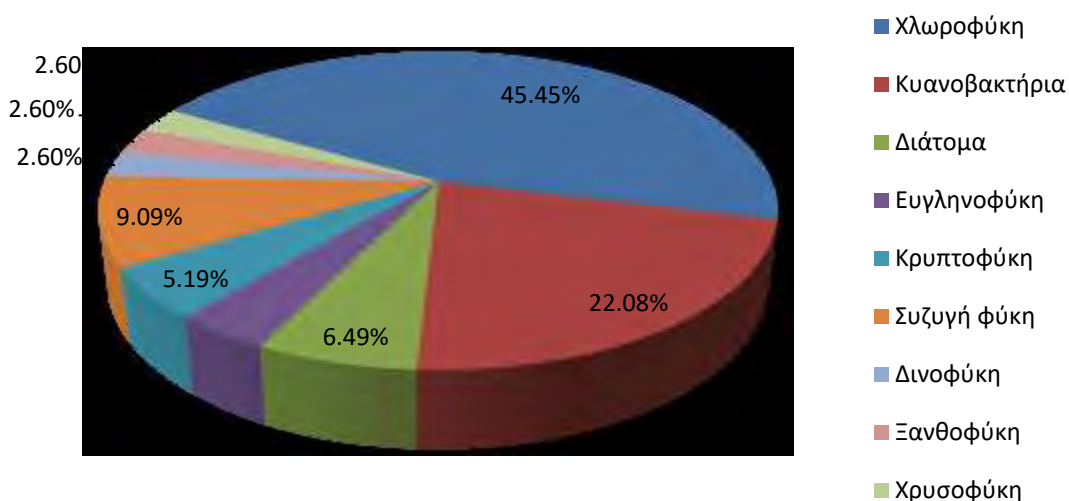
*Tetraedron triangulare*\*  
*Tetrastrum staurogeniaeforme*\*  
*Treubaria triappendiculata*\*

### CRYPTOPHYCEAE

*Cryptomonas anas*\*  
*Cryptomonas* sp.  
*Rhodomonas lens*\*  
*Rhodomonas minuta*\*

#### 4.2.2 Χωρική και χρονική κατανομή των ειδών

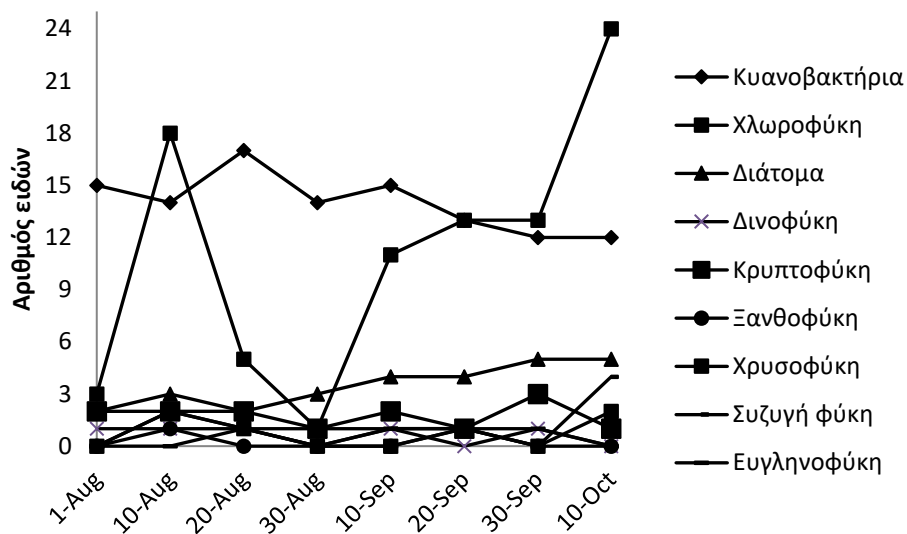
Η πολυπληθέστερη ταξινομική ομάδα ήταν η ομάδα των χλωροφυκών με τριανταπέντε εκπροσώπους (45,45% επί του συνολικού αριθμού των ειδών), ενώ ακολουθούν η ομάδα των κυανοβακτηρίων με δεκαεπτά (22,08%) η ομάδα των συζυγών φυκών με επτά (9,09%), η ομάδα των διατόμων με πέντε εκπροσώπους (6,49%), η ομάδα των κρυπτοφυκών με τέσσερις (5,19%), των ευγληνοφυκών με τρεις (3,90%) και τέλος οι ομάδες των δινοφυκών, χρυσοφυκών και ξανθοφυκών με δύο εκπροσώπους η κάθε μία (2,60%). Στις Εικόνες 4.3 και 4.4 φαίνεται η κατανομή του αριθμού των ειδών στις ομάδες του φυτοπλαγκτού της λίμνης συνολικά κατά την περίοδο έρευνας και της χρονικής μεταβολής του αριθμού των εκπροσώπων κάθε ομάδας κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας, αντίστοιχα.



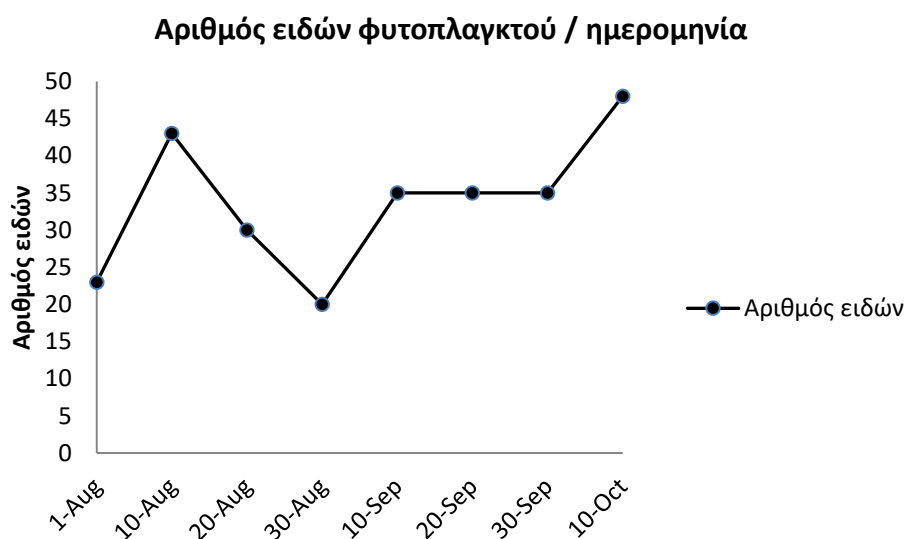
**Εικόνα 4.3.** Κατανομή του αριθμού των ειδών που προσδιορίστηκαν στις ομάδες του φυτοπλαγκτού της Λίμνης Παμβώτιδας κατά τη χρονική περίοδο Αυγούστου-Οκτωβρίου 2009.



## Αποτελέσματα



**Εικόνα 4.4.** Χρονικές μεταβολές του αριθμού ειδών κάθε ταξινομικής ομάδας φυτοπλαγκτού που αναγνωρίστηκαν στη Λίμνη Παμβώτιδα την περίοδο Αυγούστος-Οκτώβριος 2009.



**Εικόνα 4.5.** Χρονικές μεταβολές του συνολικού αριθμού ειδών του φυτοπλαγκτού που αναγνωρίστηκαν στη Λίμνη Παμβώτιδα την περίοδο Αυγούστος-Οκτώβριος 2009.

Ο μεγαλύτερος αριθμός ειδών (48) καταγράφηκε στην τελευταία ημερομηνία δειγματοληψίας (10/10/2009), ενώ ο μικρότερος (20) στα τέλη Αυγούστου (30/8/2009) (Εικόνα 4.5). Σε πέντε από τις οκτώ ημερομηνίες δειγματοληψίας, τα κυανοβακτήρια αποτέλεσαν ίση ή και μεγαλύτερη σε αριθμό ειδών ταξινομική ομάδα με το ποσοστό να φτάνει

## Αποτελέσματα

έως και 70% επί του συνολικού αριθμού ειδών, ενώ στις υπόλοιπες τρεις ημερομηνίες δειγματοληψίας η πολυπληθέστερη ταξινομική ομάδα είναι αυτή των χλωροφυκών (με μέγιστο ποσοστό επί του συνολικού αριθμού ειδών, 50% κατά την τελευταία ημερομηνία δειγματοληψίας) (Εικόνες 4.4 & 4.5).

Στον πίνακα 3 φαίνεται η χρονική κατανομή των ειδών του φυτοπλαγκτού στις ημερομηνίες δειγματοληψίας. Από τα 77 είδη που προσδιορίστηκαν:

α) τα 11 είδη (π.χ. *Anabaena flos-aquae*, *Aphanizomenon issatschenkoi*, *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Microcystis aeruginosa*, *Aulacoseira granulate*, *Cryptomonas* sp.) είχαν συνεχή παρουσία σε όλες τις ημερομηνίες δειγματοληψίας.

β) τα περισσότερα σε αριθμό είδη (30 είδη) εμφανίστηκαν περιοδικά (π.χ. *Planktolyngbya limnetica*, *Pseudoanabaena limnetica*, *Cyclotella* sp., *Mallomonas* sp., *Trachelomonas volvocinopsis*, *Closterium aciculare*, *Dictyosphaerium ehrenbergianum*, *Oocystis* sp., *Sphaerocystis schroeteri*, *Rhodomonas minuta*),

γ) μερικά είδη παρατηρήθηκαν για ένα ορισμένο συνεχόμενο χρονικό διάστημα (11) (π.χ. *Schroederia seligera*, *Monoraphidium arcuatum*, *Elakatothrix genevensis*, *Actinastrum hantzschii*, *Nitzschia acicularis*, *Anabaena affinis*, *Microcystis panniformis*)

δ) και ένας μεγάλος αριθμός ειδών (25) παρατηρήθηκαν μόνο μια φορά στη στήλη του νερού (π.χ. *Goniochloris contorta*, *Euglena* sp., *Peridinium* sp., *Closterium gracile*, *Ankyra* sp., *Crucigeniella neglecta*, *Pediastrum tetras*, *Scenedesmus dimorphus*, *Rhodomonas lens*).

## Αποτελέσματα

**Πίνακας 3.** Παρουσία (●) των taxa του φυτοπλαγκτού στη λίμνη Παμβώτιδα κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας (1/8/2009 – 10/10/2009).

	1-Αυγ- 09	10-Αυγ- 09	20-Αυγ- 09	30-Αυγ- 09	10-Σεπ- 09	20-Σεπ- 09	30-Σεπ- 09	10-Οκτ- 09
<b>CYANOBACTERIA</b>								
<i>Anabaena delicatissima</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Anabaena flos-aquae</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Anabaena cf planctonica</i>	●	●	●	●	●			
<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Aphanocapsa sp.</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Chroococcus limneticus</i>	●	●	●				●	
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Jaaginema subtilissima</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Limnothrix redekeei</i>	●		●	●	●	●	●	●
<i>Microcystis aeruginosa</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Microcystis panniformis</i>	●	●	●	●	●			
<i>Merismopedia sp.</i>		●	●	●	●	●		
<i>Planktothrix agardhii</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Planktolyngbya limnetica</i>	●		●	●				
<i>Planktolyngbya sp.</i>			●		●	●	●	●
<i>Pseudoanabaena limnetica</i>	●	●	●		●	●	●	●
<i>Pseudoanabaena musicola</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>								
<i>Aulacoseira granulate</i>	●		●	●	●	●	●	●

## Αποτελέσματα

	1-Αυγ-09	10-Αυγ-09	20-Αυγ-09	30-Αυγ-09	10-Σεπ-09	20-Σεπ-09	30-Σεπ-09	10-Οκτ-09
<i>Cyclotella</i> sp.				•	•	•	•	•
<i>Nitzschia acicularis</i>							•	•
<i>Nitzschia</i> sp.					•	•	•	•
<i>Synedra acus</i>	•		•	•	•	•	•	•
<b>XANTHOPHYCEAE</b>								
<i>Goniochloris contorta</i>		•						
<i>Goniochloris</i> sp.						•		
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>								
<i>Mallomonas</i> sp.						•		•
<i>Ochromonas lundibunda</i>			•					•
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>								
<i>Euglena</i> sp.							•	
<i>Trachelomonas cuspidata</i>					•			
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>			•			•		
<b>DINOPHYCEAE</b>								
<i>Ceratium furcoides</i>	•		•	•			•	
<i>Peridinium</i> sp.					•			
<b>DESMIDIACEAE</b>								
<i>Closterium aciculare</i>								•
<i>Closterium gracile</i>								•
<i>Cosmarium</i> sp.					•			
<i>Pseudostaurastrum</i> sp.						•		
<i>Staurastrum</i> sp.								•
<i>Staurastrum tetracerum</i>								•

## Αποτελέσματα

	1-Αυγ-09	10-Αυγ-09	20-Αυγ-09	30-Αυγ-09	10-Σεπ-09	20-Σεπ-09	30-Σεπ-09	10-Οκτ-09
<i>Staurodesmus</i> sp.			•					
<b>CHLOROPHYCEAE</b>								
<i>Actinastrum hantzschii</i>			•	•	•	•	•	•
<i>Ankistrodesmus bibralanus</i>								•
<i>Ankyra</i> sp.		•						
<i>Chlorogonium minimum</i>							•	
<i>Coelastrum astroeideum</i>	•				•	•	•	•
<i>Crucigeniella neglecta</i>		•						
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>			•					•
<i>Diplochlois</i> sp.								•
<i>Elakatothrix genevensis</i>	•							
<i>Franceia</i> sp.		•						
<i>Golenkinia radiata</i>							•	
<i>Haematococcus</i> sp.					•	•	•	
<i>Monoraphidium arcuatum</i>							•	•
<i>Monoraphidium contortum</i>							•	•
<i>Monoraphidium griffithii</i>						•	•	•
<i>Monoraphidium minutum</i>						•		•
<i>Nephrochlamys</i> sp.								•
<i>Oocystis</i> sp.	•		•		•	•		•
<i>Pediastrum duplex</i>						•	•	•
<i>Pediastrum simplex</i>					•			•
<i>Pediastrum tetras</i>		•						
<i>Scenedesmus acuminatus</i>					•	•	•	•

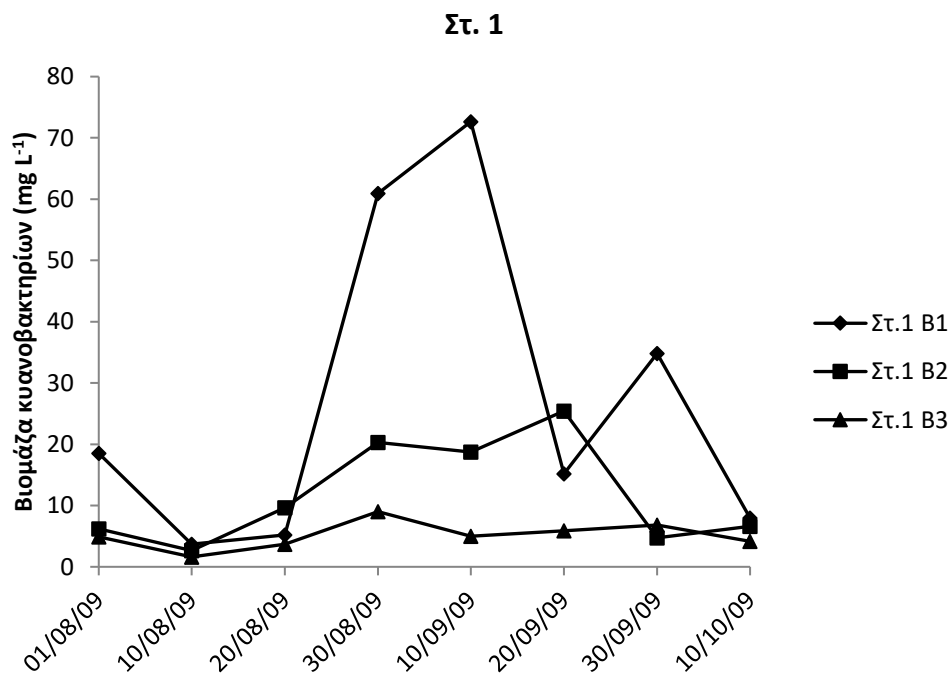
## Αποτελέσματα

	1-Αυγ-09	10-Αυγ-09	20-Αυγ-09	30-Αυγ-09	10-Σεπ-09	20-Σεπ-09	30-Σεπ-09	10-Οκτ-09
<i>Scenedesmus dimorphus</i>					•			
<i>Scenedesmus obtusus</i>			•			•		•
<i>Scenedesmus opoliensis</i>								•
<i>Scenedesmus sp.</i>					•	•	•	•
<i>Selenastrum capricornutum</i>			•					
<i>Schroederia seligera</i>					•	•	•	•
<i>Sorastrum spinulosum</i>								•
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>					•			•
<i>Tetraedron caudatum</i>								•
<i>Tetraedron minimum</i>								•
<i>Tetraedron triangulare</i>						•		
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>						•		•
<i>Treubaria triappendiculata</i>					•		•	•
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>								
<i>Cryptomonas anas</i>							•	
<i>Cryptomonas sp.</i>	•		•	•	•	•	•	•
<i>Rhodomonas lens</i>		•						
<i>Rhodomonas minuta</i>	•		•		•		•	

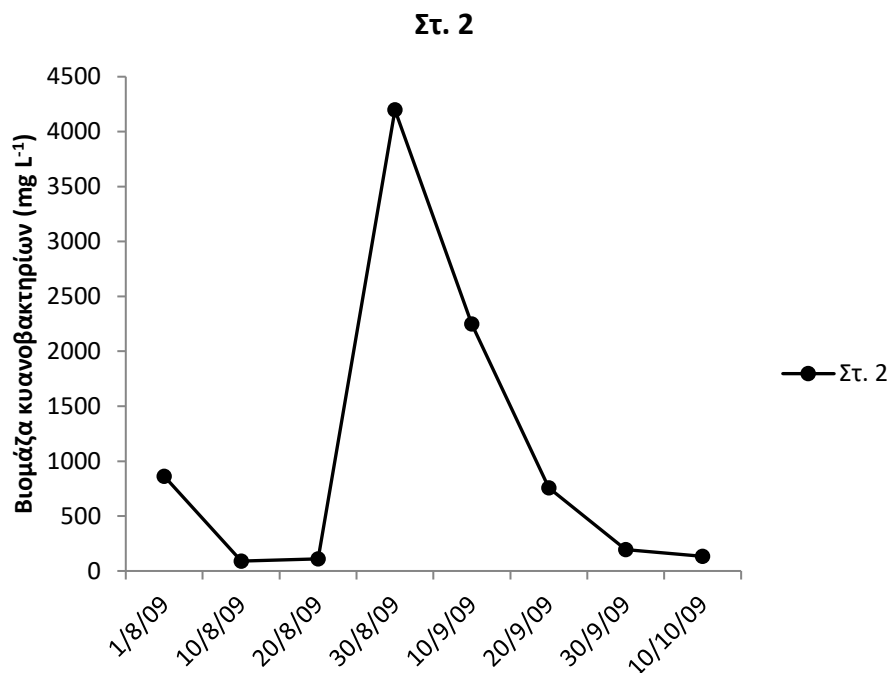
### 4.3 Βιομάζα φυτοπλαγκτού

Κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας, η ταξινομική ομάδα των κυανοβακτηρίων βρέθηκε να έχει μετρήσιμες πληθυσμιακές πυκνότητες και με βάση τις τιμές βιομάζας, σημαντική παρουσία στη στήλη του νερού. Η βιομάζα των κυανοβακτηρίων συμμετείχε σε ποσοστό περίπου 90% της συνολικής βιομάζας του φυτοπλαγκτού. Το υπόλοιπο 10% αποτελούνταν κυρίως από διάτομα, δινοφύκη και χλωροφύκη.

Η βιομάζα των κυανοβακτηρίων κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας κυμάνθηκε από 1,6 έως 4197,5 mg L<sup>-1</sup> (Εκόνα 4.6) Άνθιση του νερού στο επιφανειακό στρώμα νερού του πελαγικού σταθμού παρατηρήθηκε κατά την πρώτη ημερομηνία δειγματοληψίας (01/08/09) και κατά την περίοδο 30/08/09 έως 30/09/09 (βιομάζα κυανοβακτηρίων >15 mg L<sup>-1</sup>). Στον επιφανειακό στρώμα του παράκτιου σταθμού παρατηρήθηκε άνθιση του νερού καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου μελέτης.



## Αποτελέσματα



**Εικόνα 4.6.** Συνολική βιομάζα κυανοβακτηρίων σε κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας για τα τρία βάθη του πελαγικού σταθμού (Στ.1) και για τον παράκτιο σταθμό (Στ.2).

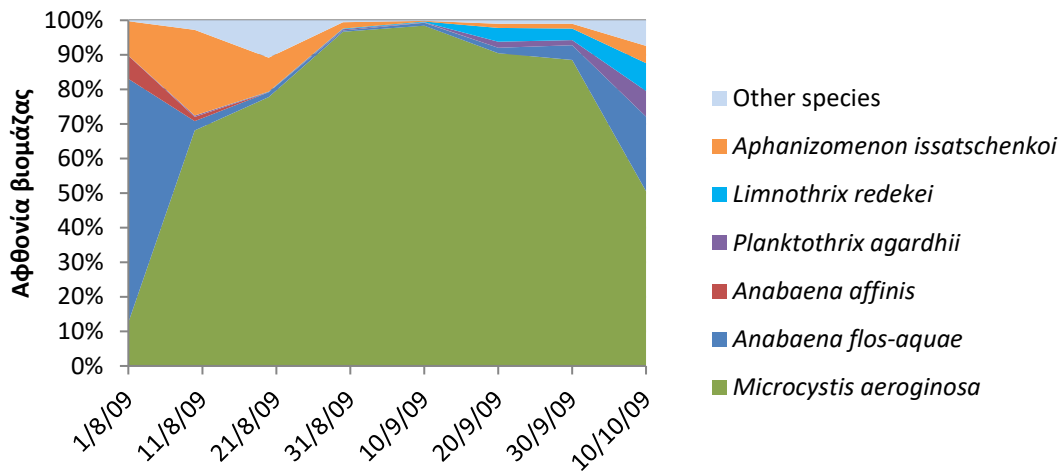
### 4.3.1 Επικρατούντα είδη κυανοβακτηρίων

Από τα δεκαεπτά taxa που συνεισέφεραν στη βιομάζα κυανοβακτηρίων της λίμνης, τα ακόλουθα έξι βρέθηκαν να επικρατούν (συνεισφορά >10% στη συνολική βιομάζα για κάθε σταθμό και κάθε βάθος ξεχωριστά): *Microcystis aeruginosa*, *Aphanizomenon issatschenkoii*, *Limnothrix redekei*, *Planktothrix agardhii*, *Anabaena affinis* και *Anabaena flos-aquae* (Εικόνα 4.7). Τα υπόλοιπα κυανοβακτήρια σημείωσαν χαμηλότερες τιμές βιομάζας.

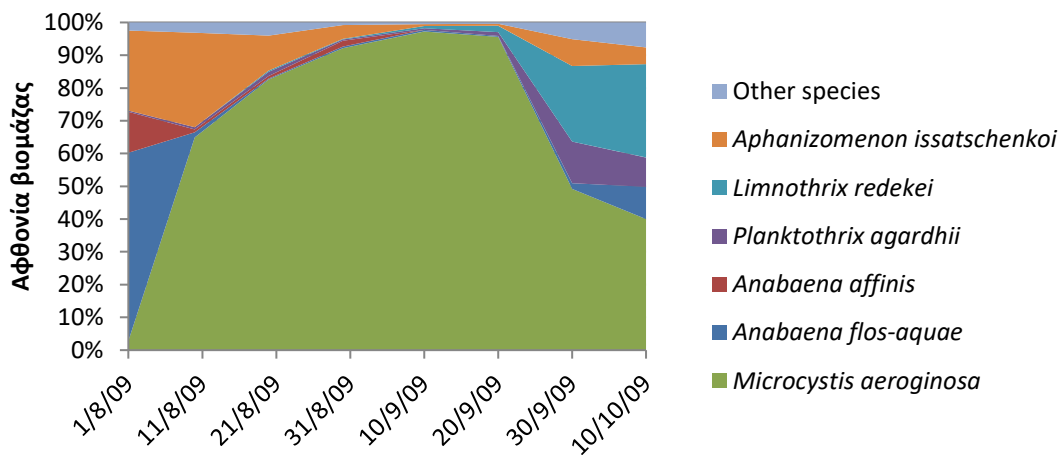


## Αποτελέσματα

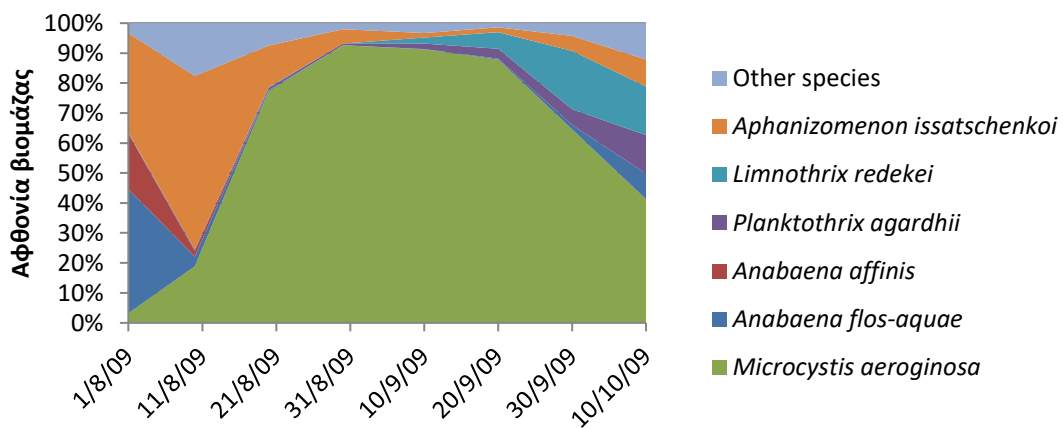
### Στ.1 B1

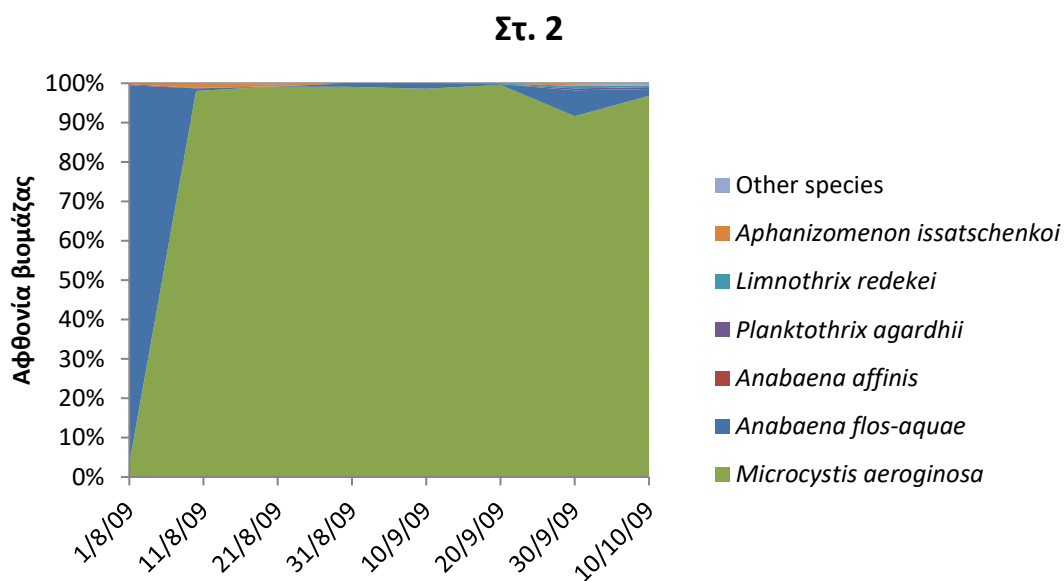


### Στ.1 B2



### Στ.1 B3





**Εικόνα 4.7.** Ποσοστιαία συμμετοχή των επικρατούντων ειδών κυανοβακτηρίων στη συνολική φυτοπλαγκτική βιομάζα για τον κάθε σταθμό ξεχωριστά.

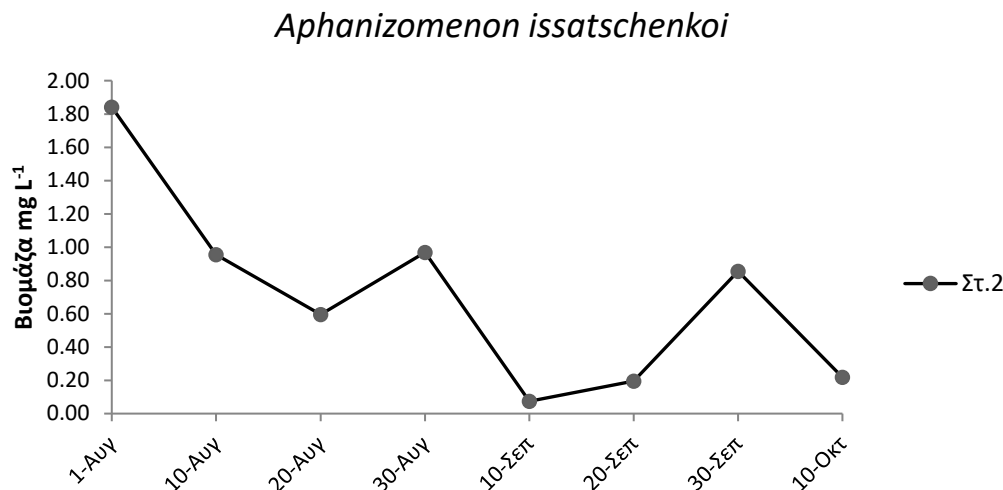
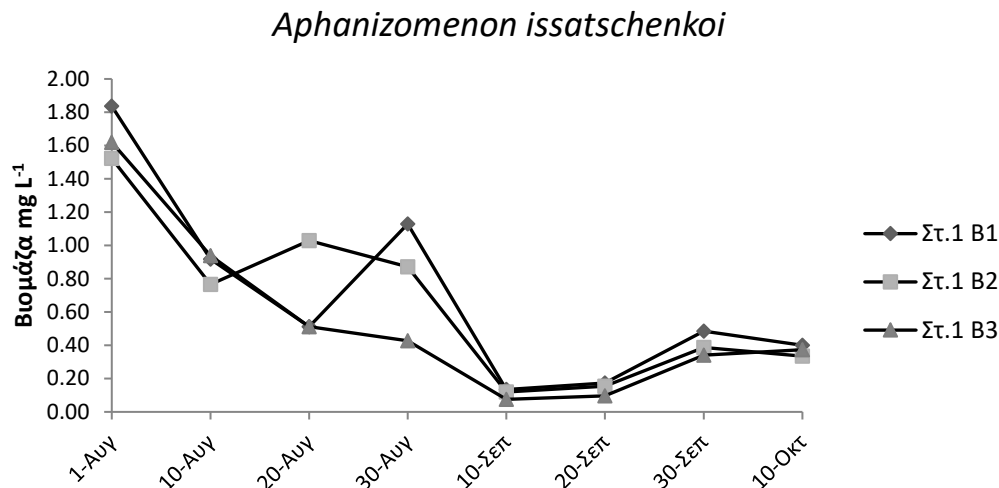
### *Aphanizomenon issatschenkoii*

Η βιομάζα του *Aphanizomenon issatschenkoii* στη λίμνη Παμβώτιδα κυμάνθηκε από 0,07 – 1,84 mg L<sup>-1</sup> τόσο στον πελαγικό όσο και στον παράκτιο σταθμό.

### Χρονική μεταβολή

Η βιομάζα του *Aphanizomenon issatschenkoii* μεταβάλλεται σημαντικά κατά τη διάρκεια της περιόδου έρευνας (CV > 75%) για τον κάθε σταθμό ξεχωριστά ακολουθώντας παρόμοιο πρότυπο τόσο στον πελαγικό όσο και στον παράκτιο σταθμό. Εμφανίζει τις μέγιστες τιμές στους Στ.1 Β1 και Στ. 2 στις 1/8/09 (1,84 mg L<sup>-1</sup>) και τις ελάχιστες στους Στ.1 Β3 και Στ. 2 στις 10/9/09 (0,07 mg L<sup>-1</sup>). Κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης εμφανίζονται δύο κορυφές για του σταθμούς Στ1. Β1, Στ1. Β2 και Στ.2 και μια κορυφή για τον Στ.1 Β3. Οι σταθμοί Στ.1 Β1 και Στ. 2 εμφανίζουν τις δύο κορυφές στις ίδιες ημερομηνίες, 30/8/09 και 30/9/09 (30/8/09: Στ.1 Β1 1,13 mg L<sup>-1</sup>, Στ. 2 0,97 mg L<sup>-1</sup> και 30/9/09: Στ.1 Β1 0,48 mg L<sup>-1</sup>, Στ. 2 0,86 mg L<sup>-1</sup>), ο σταθμός Στ.1 Β2 εμφανίζει τις κορυφές στις 20/8/09 και 30/9/09 (1,03 mg L<sup>-1</sup> και 0,39 mg L<sup>-1</sup> αντίστοιχα) ενώ ο Στ.1 Β3 μόνο στις 10/10/09 (0,37 mg L<sup>-1</sup>). Οι ελάχιστες τιμές βιομάζας παρατηρήθηκαν και για τους τέσσερις σταθμούς στις 10/9/09 (Εικόνα 4.8).

## Αποτελέσματα



**Εικόνα 4.8.** Διάγραμμα μεταβολής της βιομάζας του *Aphanizomenon issatschenkoi* στον πελαγικό και στον παράκτιο σταθμό, κατά τη διάρκεια της περιόδου έρευνας.

### Κατακόρυφη μεταβολή βιομάζας

Το πρότυπο μεταβολής της βιομάζας του *Aphanizomenon issatschenkoi* μεταξύ των βαθών του πελαγικού σταθμού ήταν παρόμοιο (Spearman  $r_{1,2} = 0,897$ ,  $P < 0,05$ ,  $r_{1,3} = 0,909$ ,  $P < 0,05$ ,  $r_{2,3} = 0,876$ ,  $P < 0,05$ ).

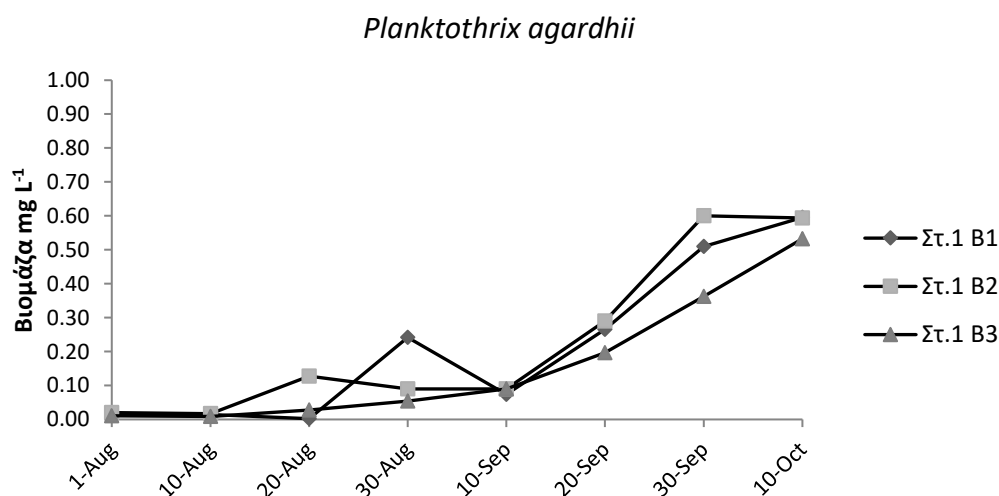
### *Planktothrix agardhii*

Η βιομάζα του *Planktothrix agardhii* στη λίμνη Παμβώτιδα κυμάνθηκε από 0,002 - 0,86 mg L<sup>-1</sup> με την κατώτερη τιμή να εμφανίζεται στον πελαγικό σταθμό (Στ.1 B1) στις 20/08/09 και την ανώτερη στον παράκτιο σταθμό (Στ.2) στις 30/09/09.

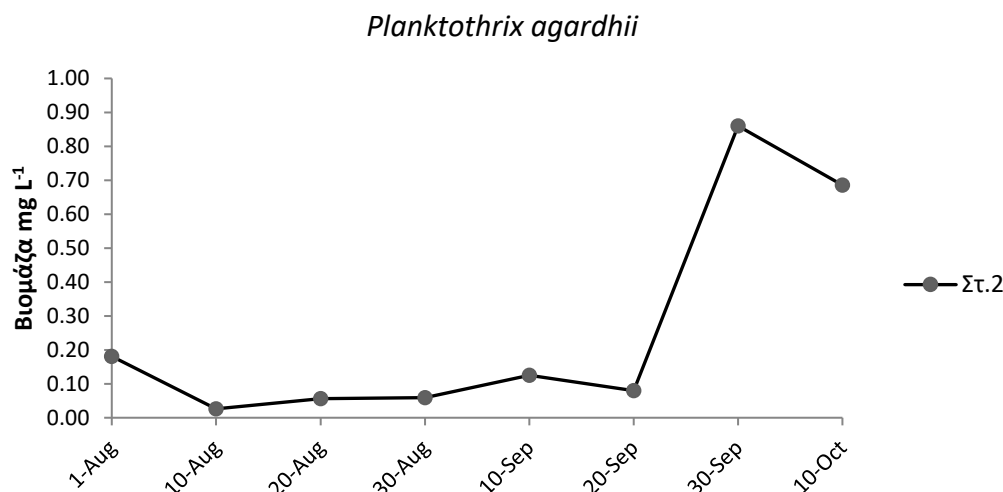
## Αποτελέσματα

### Χρονική μεταβολή

Η βιομάζα του *Planktothrix agardhii* μεταβάλλεται σημαντικά κατά τη διάρκεια της περιόδου έρευνας (CV >106%) για τον κάθε σταθμό ξεχωριστά ακολουθώντας παρόμοιο πρότυπο τόσο στον πελαγικό όσο και στον παράκτιο σταθμό. Ο πελαγικός σταθμός Στ.1 B2 και ο παράκτιος σταθμός (Στ.2) εμφανίζουν τις μέγιστες τιμές βιομάζας στις 30/09/09 (0,6 και 0,86 mg L<sup>-1</sup> αντίστοιχα) ενώ οι πελαγικοί σταθμοί Στ.1 B2 και Στ.1 B3 εμφανίζουν τις μέγιστες τιμές βιομάζας στις 10/10/09 (0,6 και 0,53 mg L<sup>-1</sup> αντίστοιχα). Τις ελάχιστες τιμές βιομάζας ο Στ.1 B2 και ο παράκτιος σταθμός (Στ.2) τις εμφανίζουν στις 10/08/09 (0,02 και 0,03 mg L<sup>-1</sup> αντίστοιχα), ενώ ο Στ.1 B1 στις 20/08/09 και ο Στ.1 B3 στις 01/08/09 με τιμές βιομάζας 0,002 και 0,01 mg L<sup>-1</sup> αντίστοιχα. Κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης όλοι οι σταθμοί (εκτός του πελαγικού σταθμού Στ.1 B3) εμφανίζουν μια ή δύο επιπλέον κορυφές στη βιομάζα τους. Οι σταθμοί Στ.1 B1 και Στ.1 B2 εμφανίζουν μία κορυφή τις ημερομηνίες 30/08/09 και 20/08/09 (τιμές βιομάζας: 0,24 και 0,13 mg L<sup>-1</sup> αντίστοιχα), ενώ ο Στ.2 εμφανίζει δύο κορυφές στις ημερομηνίες 01/08/09 και 10/09/09 (τιμές βιομάζας: 0,18 και 0,13 mg L<sup>-1</sup> αντίστοιχα) (Εικόνα 4.9).



## Αποτελέσματα



**Εικόνα 4.9.** Διάγραμμα μεταβολής της βιομάζας του *Planktothrix agardhii* στον πελαγικό και στον παράκτιο σταθμό, κατά τη διάρκεια της περιόδου έρευνας.

### Κατακόρυφη μεταβολή βιομάζας

Το πρότυπο μεταβολής της βιομάζας του *Planktothrix agardhii* μεταξύ των βαθών του πελαγικού σταθμού ήταν παρόμοιο (Spearman  $r_{1,2} = 0,941$ ,  $P < 0,05$ ,  $r_{1,3} = 0,949$ ,  $P < 0,05$ ,  $r_{2,3} = 0,961$ ,  $P < 0,05$ ).

### *Limnothrix redekei*

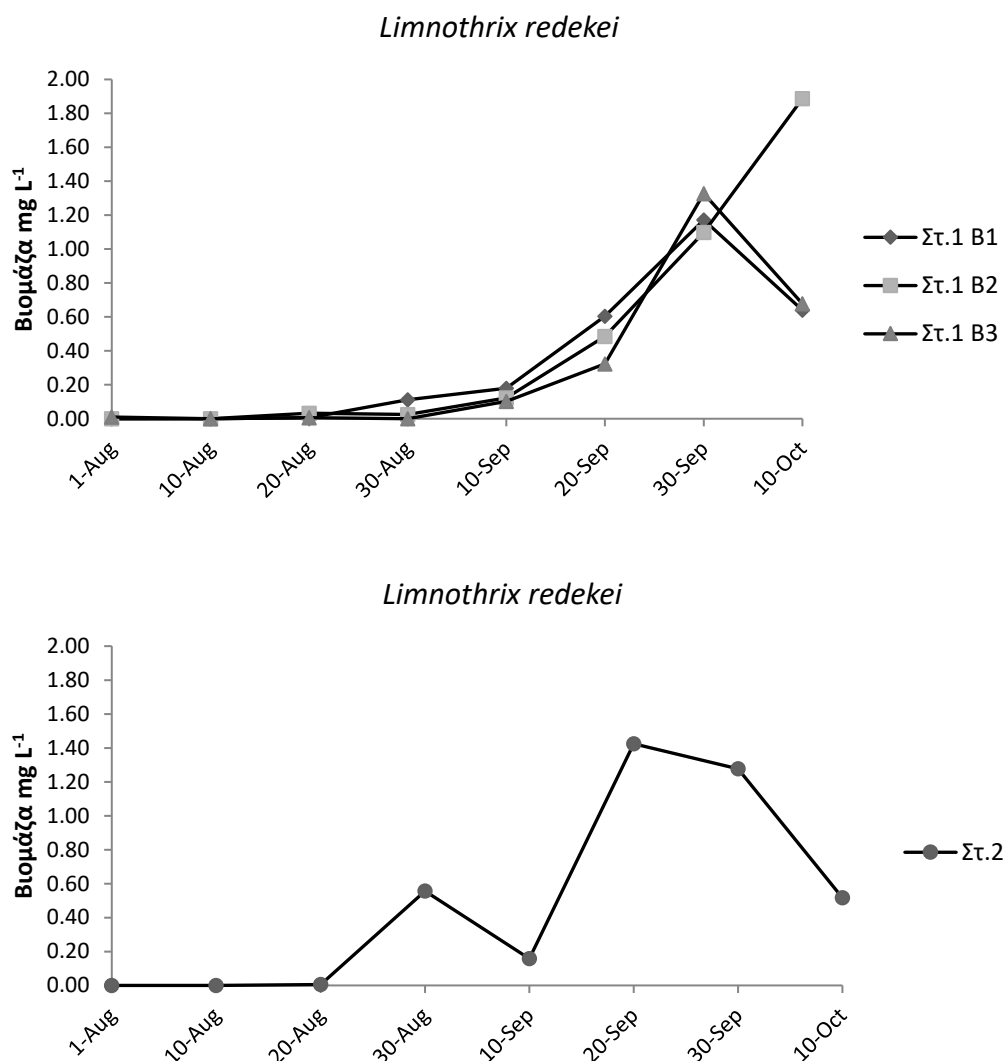
Κατά τη διάρκεια μελέτης η παρουσία του *L. redekei* στη στήλη του νερού, ήταν σποραδική (Πίνακας 3) και η υψηλότερη τιμή της βιομάζας του παρατηρήθηκε στον πελαγικό σταθμό Στ.1 B2 στις 10/10/09 (1,89 mg L<sup>-1</sup>).

### Χρονική μεταβολή

Η βιομάζα του *L. redekei* μεταβάλλεται σημαντικά κατά τη διάρκεια της περιόδου έρευνας (ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV) κυμάνθηκε από 117 - 156% για τους σταθμούς Στ.2 και Στ.1 B3 αντίστοιχα). Οι πελαγικοί σταθμοί Στ.1 B1 και Στ.1 B3 εμφανίζουν τις μέγιστες τιμές βιομάζας στις 30/09/09 (1,17 και 1,33 mg L<sup>-1</sup> αντίστοιχα) ενώ ο παράκτιος σταθμός (Στ.2) εμφανίζει τη μέγιστη τιμή στις 20/09/09 (1,42 mg L<sup>-1</sup>). Ο μοναδικός σταθμός που εμφανίζει κατά τη διάρκεια της μελέτης επιπλέον κορυφή στη βιομάζα, είναι ο παράκτιος σταθμός Στ.2 στις 30/08/09 (0,56 mg L<sup>-1</sup>). Οι ελάχιστες τιμές βιομάζας, για τις ημερομηνίες στις οποίες υπήρχε παρουσία του *L. redekei*, εμφανίζονται στις 20/8/09 για τους σταθμούς

## Αποτελέσματα

Στ.1 B1, Στ.1 B3 και Στ.2 (0,006, 0,005 και 0,004 mg L<sup>-1</sup> αντίστοιχα) και 30/08/09 για τον Στ.1 B2 (0,02 mg L<sup>-1</sup>) (Εικόνα 4.10).



**Εικόνα 4.10.** Διάγραμμα μεταβολής της βιομάζας του *Limnothrix redekei* στον πελαγικό και στον παράκτιο σταθμό, κατά τη διάρκεια της περιόδου έρευνας.

### Κατακόρυφη μεταβολή βιομάζας

Το πρότυπο μεταβολής της βιομάζας του *Limnothrix redekei* μεταξύ των βαθών του πελαγικού σταθμού ήταν παρόμοιο (Spearman  $r_{1,2} = 0,780$ ,  $P < 0,05$ ,  $r_{1,3} = 0,965$ ,  $P < 0,05$ ,  $r_{2,3} = 0,795$ ,  $P < 0,05$ ).

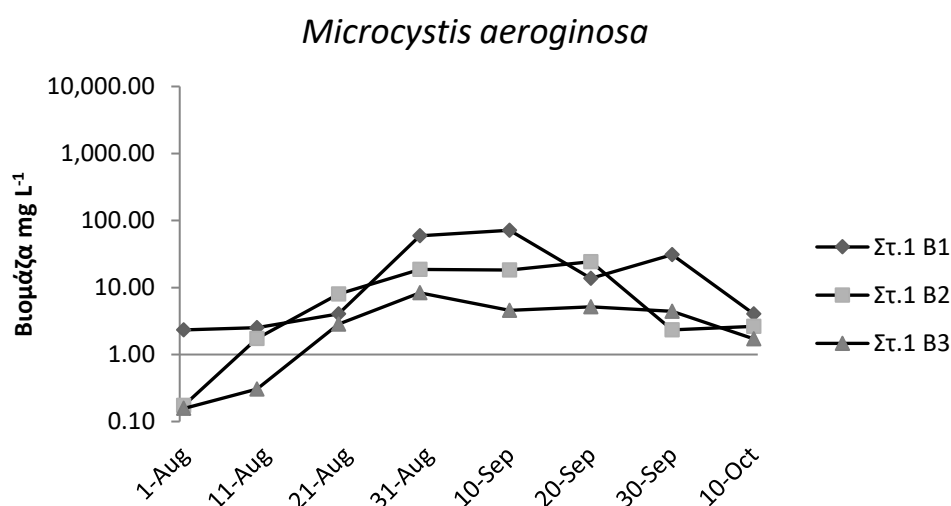
## Αποτελέσματα

### *Microcystis aeruginosa*

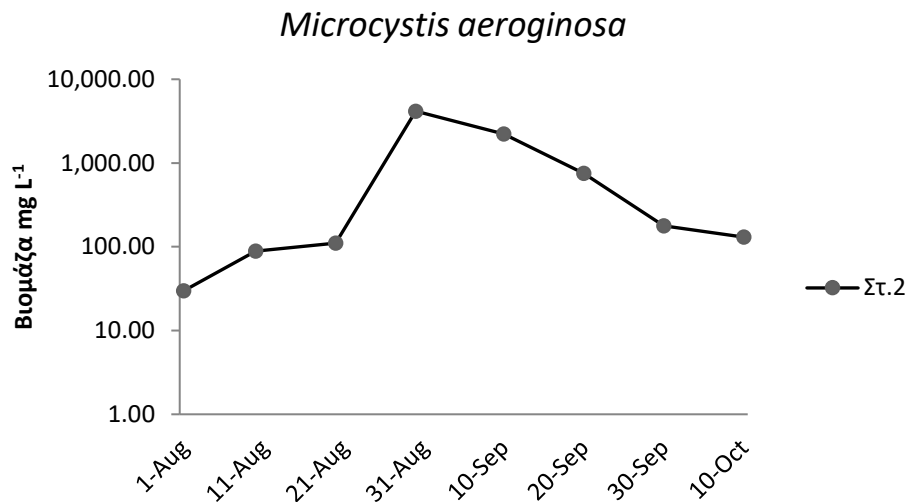
Το *M. aeruginosa* ήταν από άποψη βιόγκου ο πιο σημαντικός οργανισμός. Η βιομάζα του *M. aeruginosa* στη λίμνη Παμβώτιδα κυμάνθηκε από 0,16 – 4158,21 mg L<sup>-1</sup> με την κατώτερη τιμή να εμφανίζεται στον πελαγικό σταθμό (Στ.1 B3) στις 01/08/09 και την ανώτερη στον παράκτιο σταθμό (Στ.2) στις 30/08/09.

### Χρονική μεταβολή

Η βιομάζα του *M. aeruginosa* μεταβάλλεται σημαντικά κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης (ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV) κυμάνθηκε από 80 - 155% για τους σταθμούς Στ.1 B3 και Στ.2 αντίστοιχα). Η βιομάζα τείνει σημαντικά αυξανόμενη από την πρώτη ημερομηνία δειγματοληψίας (01/08/09) και παίρνει τις μέγιστες τιμές για τους σταθμούς Στ.1 B3 και Στ. 2 στις 30/08/09 (8,34 και 4158 mg L<sup>-1</sup> αντίστοιχα) ενώ για τους πελαγικούς σταθμούς Στ.1 B1 και Στ.1 B2 οι μέγιστες τιμές εμφανίζονται αργότερα και συγκεκριμένα στις 10/09/09 και 20/09/09 αντίστοιχα (71,52 και 24,32 mg L<sup>-1</sup> αντίστοιχα). Στη συνέχεια η βιομάζα του *M. aeruginosa* μειώνεται στον παράκτιο σταθμό ενώ η βιομάζα του στον πελαγικό σταθμό Στ.1 B1 εμφανίζει μια δεύτερη κορυφή στις 30/09/09 (30,83 mg L<sup>-1</sup>). Οι ελάχιστες τιμές βιομάζας του *M. aeruginosa* εμφανίζονται σε όλους τους σταθμούς στις 01/08/09 (2,33 , 0,17 , 0,16 , 29,82 mg L<sup>-1</sup> αντίστοιχα) (Εικόνα 4.11).



## Αποτελέσματα



**Εικόνα 4.11.** Διάγραμμα μεταβολής της βιομάζας του *Microcystis aeruginosa* (σε λογαριθμική κλίμακα) στον πελαγικό και στον παράκτιο σταθμό, κατά τη διάρκεια της περιόδου έρευνας.

### Κατακόρυφη μεταβολή βιομάζας

Το πρότυπο μεταβολής της βιομάζας του *M. aeruginosa* μεταξύ των βαθών του πελαγικού σταθμού ήταν παρόμοιο (Spearman  $r_{1,2} = 0,642$ ,  $P < 0,05$ ,  $r_{1,3} = 0,828$ ,  $P < 0,05$ ,  $r_{2,3} = 0,795$ ,  $P < 0,05$ ).

### *Anabaena flos-aquae*

Η βιομάζα του *A. flos-aquae* στη λίμνη Παμβώτιδα κυμάνθηκε από 0,00 – 828,53 mg L<sup>-1</sup> (Στ1.B3 και Στ.2 αντίστοιχα). Η υψηλότερη τιμή εμφανίστηκε στις 01/08/09 ενώ δεν παρατηρήθηκε το συγκεκριμένο κυανοβακτήριο στις 30/08/09 στο βάθος 3 (Στ.1 B3) του πελαγικού σταθμού.

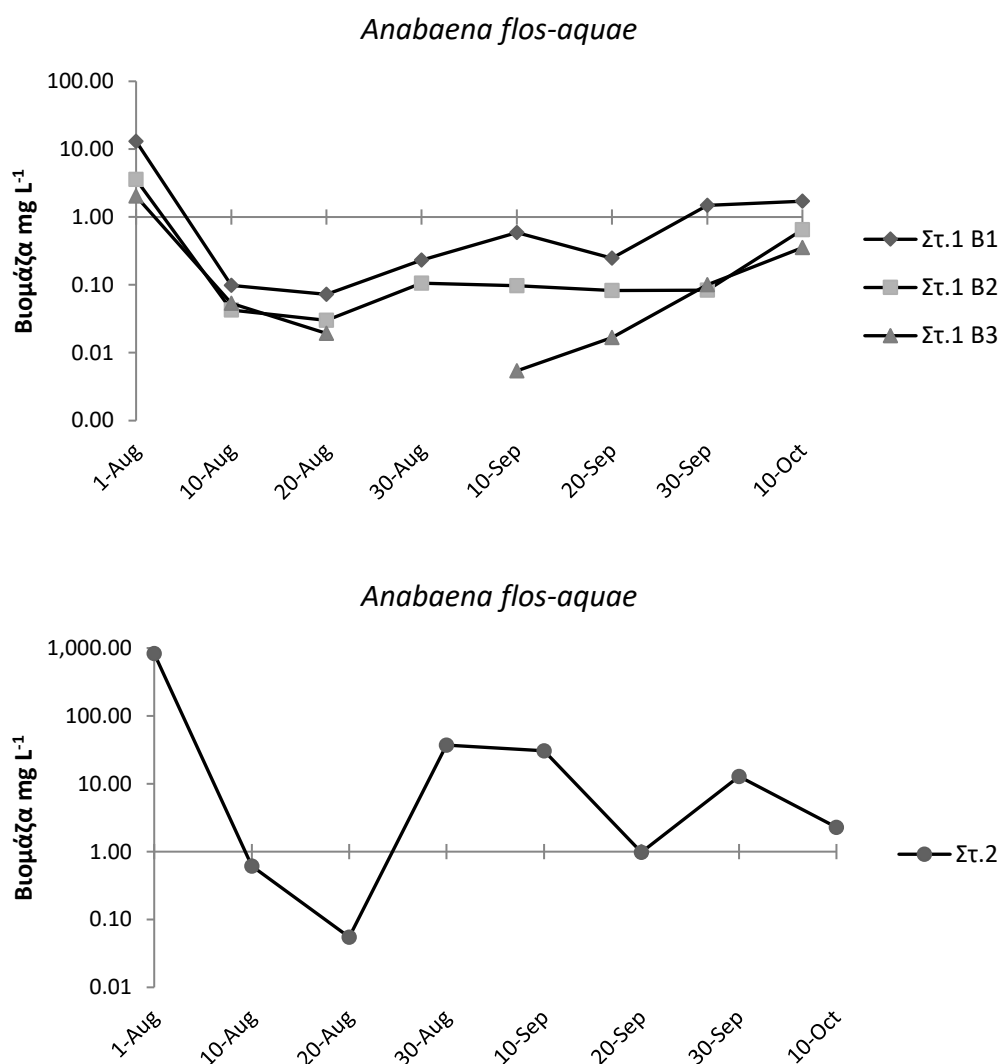
### Χρονική μεταβολή

Η βιομάζα του *A. flos-aquae* μεταβάλλεται σημαντικά κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης (CV: 203 – 253% για τους σταθμούς Στ.1 B1 και Στ.2 αντίστοιχα). Εμφανίζει τις υψηλότερες τιμές σε όλους του σταθμούς (Στ.1 B1, Στ.1 B2, Στ.1 B3 και Στ.2) στις 01/08/09 (13,05 , 3,57 , 2,03 και 828,53 mg L<sup>-1</sup> αντίστοιχα) και τις ελάχιστες στους Στ.1 B1 Στ.1 B2 και Στ. 2 στις 20/8/09 (0,07 , 0,03 και 0,05 mg L<sup>-1</sup> αντίστοιχα) ενώ στις 30/8/09 το κυανοβακτήριο δεν παρουσιάζεται καθόλου στον πελαγικό σταθμό στο βάθος 3 (Στ.1 B3). Κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης εμφανίζονται δύο επιπλέον κορυφές που είναι περισσότερο ευδιάκριτες στον πελαγικό



## Αποτελέσματα

σταθμό Στ.1 B1 (10/09/09: 0,59 mg L<sup>-1</sup> και 10/10/09: 1,71 mg L<sup>-1</sup>) και στον παράκτιο σταθμό Στ.2 (30/08/09: 37,37 mg L<sup>-1</sup> και 10/10/09: 2,29 37,37 mg L<sup>-1</sup>) (Εικόνα 4.12).



**Εικόνα 4.12.** Διάγραμμα μεταβολής της βιομάζας του *Anabaena flos-aquae* (σε λογαριθμική κλίμακα) στον πελαγικό και στον παράκτιο σταθμό, κατά τη διάρκεια της περιόδου έρευνας.

### Κατακόρυφη μεταβολή βιομάζας

Το πρότυπο μεταβολής της βιομάζας του *A. flos-aquae* μεταξύ των βαθών του πελαγικού σταθμού ήταν παρόμοιο (Spearman  $r_{1,2} = 0,988$ ,  $P < 0,05$ ,  $r_{1,3} = 0,992$ ,  $P < 0,05$ ,  $r_{2,3} = 0,998$   $P < 0,05$ ).

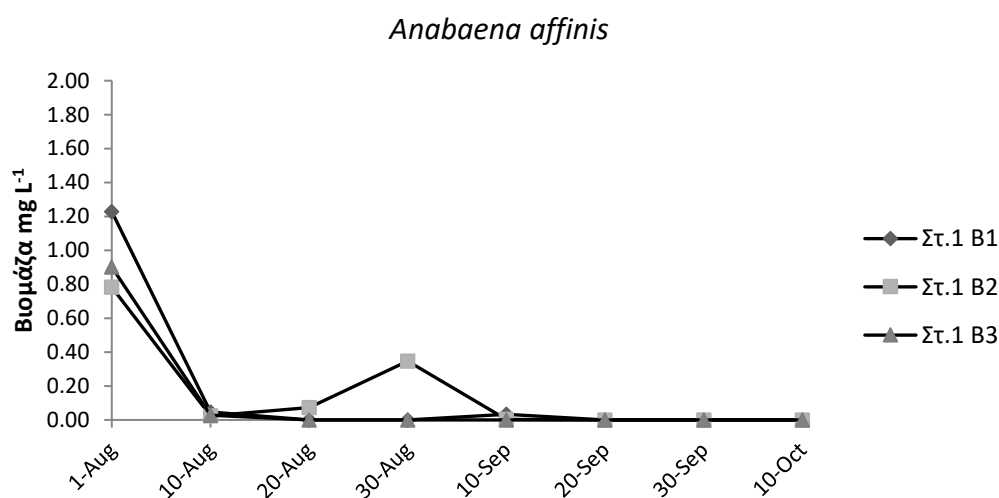
## Αποτελέσματα

### *Anabaena affinis*

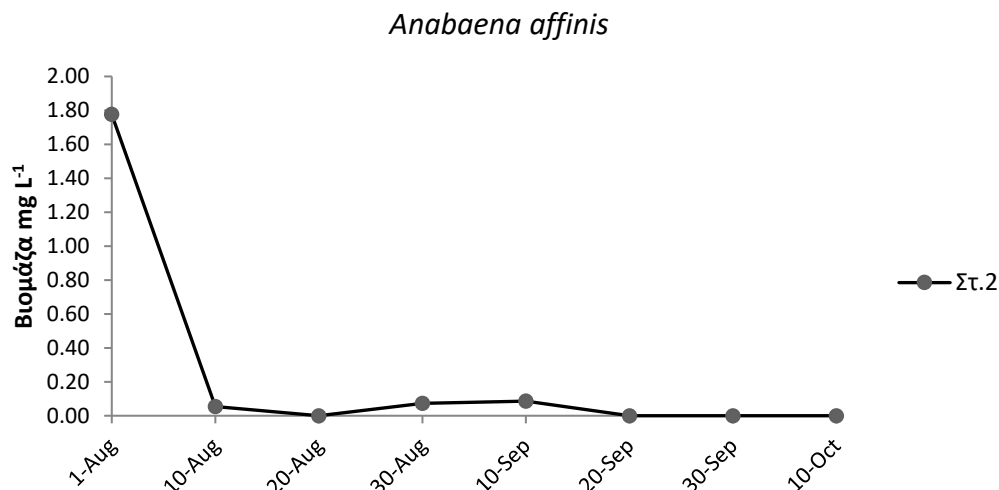
Το κυανοβακτήριο *A. affinis* παρουσίασε τη μικρότερη σε διάρκεια εμφάνιση, σε σχέση με τα επικρατούντα είδη, κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης (01/08/09 έως 10/09/09). Η βιομάζα του *A. affinis* στη λίμνη Παμβώτιδα κυμάνθηκε από 0,00 – 1,78 mg L<sup>-1</sup>. Η υψηλότερη τιμή εμφανίστηκε στον παράκτιο σταθμό στις 01/08/09 ενώ δεν παρατηρήθηκε επίσης (εκτός από την περίοδο 20/09/09 έως 10/10/09 που δεν εμφανίστηκε σε κανέναν από τους σταθμούς), στον πελαγικό σταθμό Στ.1 Β1 (περίοδος: 20-30/08/09), στον Στ.1 Β3 (περίοδος: 20/08/09 έως 10/09/09) και στον παράκτιο σταθμό, Στ.2, στις 20/08/09 (Εικόνα 4.13).

### Χρονική μεταβολή

Η βιομάζα του *A. affinis* μεταβάλλεται σημαντικά κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης (CV: 182 – 273% για τους σταθμούς Στ.1 Β1 και Στ.1 Β3 αντίστοιχα). Εμφανίζει τις υψηλότερες τιμές σε όλους του σταθμούς (Στ.1 Β1, Στ.1 Β2, Στ.1 Β3 και Στ.2) στις 01/08/09 (1,23 , 0,78 , 0,90 , 1,78 mg L<sup>-1</sup> αντίστοιχα) και τις ελάχιστες στους Στ.1 Β1 και Στ.1 Β2 στις 10/09/09 (0,03 , 0,002 mg L<sup>-1</sup> αντίστοιχα) και στους Στ. Β3 και Στ.2 στις 10/08/09. Κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης η βιομάζα εμφανίζει μία επιπλέον κορυφή στο ενδιάμεσο βάθος του πελαγικού σταθμού Στ.1 Β2 στις 30/08/09 (0,35 mg L<sup>-1</sup>) και μια μικρότερη κορυφή στον παράκτιο σταθμό (Στ.2) στις 10/09/09 (0,09 mg L<sup>-1</sup>).



## Αποτελέσματα



**Εικόνα 4.13.** Διάγραμμα μεταβολής της βιομάζας του *Anabaena affinis* στον πελαγικό και στον παράκτιο σταθμό, κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης.

### Κατακόρυφη μεταβολή βιομάζας

Το πρότυπο μεταβολής της βιομάζας του *A. affinis* μεταξύ των βαθών του πελαγικού σταθμού ήταν παρόμοιο (Spearman  $r_{1,2} = 0,897$ ,  $P < 0,05$ ,  $r_{1,3} = 0,999$ ,  $P < 0,05$ ,  $r_{2,3} = 0,900$ ,  $P < 0,05$ ).

### 4.3.2 Συσχέτιση μεταβολής βιομάζας μεταξύ των επικρατούντων ειδών

Με βάση τα παραπάνω διαγράμματα που αφορούν τη μεταβολή της βιομάζας ανά σταθμό, του κάθε επικρατούντος είδους, κατά την περίοδο μελέτης, ορισμένα από τα επικρατούντα είδη εμφανίζουν παρόμοια τάση μεταβολής της βιομάζας τους κατά την διάρκεια της περιόδου μελέτης. Συγκεκριμένα το *P. agardhii* παρουσιάζει σημαντική θετική συσχέτιση μόνο με το *L. redekei*, δηλαδή η τάση αύξησης ή αντίστοιχα μείωσης της βιομάζας των δύο ειδών συμπίπτει χρονικά. Επίσης σημαντική θετική συσχέτιση παρατηρείται και μεταξύ του *A. issatschenkoi* και των ειδών του γένους *Anabaena* (*A. flos-aquae* και *A. affinis*). Τέλος, η βιομάζα του είδους *M. aeruginosa* δεν εμφανίζει σημαντική συσχέτιση με κανένα από τα υπόλοιπα επικρατούντα είδη. Η μοναδική σημαντική περίπτωση αρνητικής συσχέτισης παρατηρήθηκε μόνο στην περίπτωση του *L. redekei* με το *A. issatschenkoi*. Αναλυτικά ο βαθμός συσχέτισης ( $r$ ) και η σημαντικότητα της συσχέτισης ( $P$ ) μεταξύ των επικρατούντων ειδών, όσον αφορά τη χρονική μεταβολή της βιομάζας τους, δίνεται στον Πίνακα 4, όπου με έντονη γραφή επισημαίνονται οι περιπτώσεις όπου υπάρχει σημαντική συσχέτιση ( $P < 0,05$ ).

## Αποτελέσματα

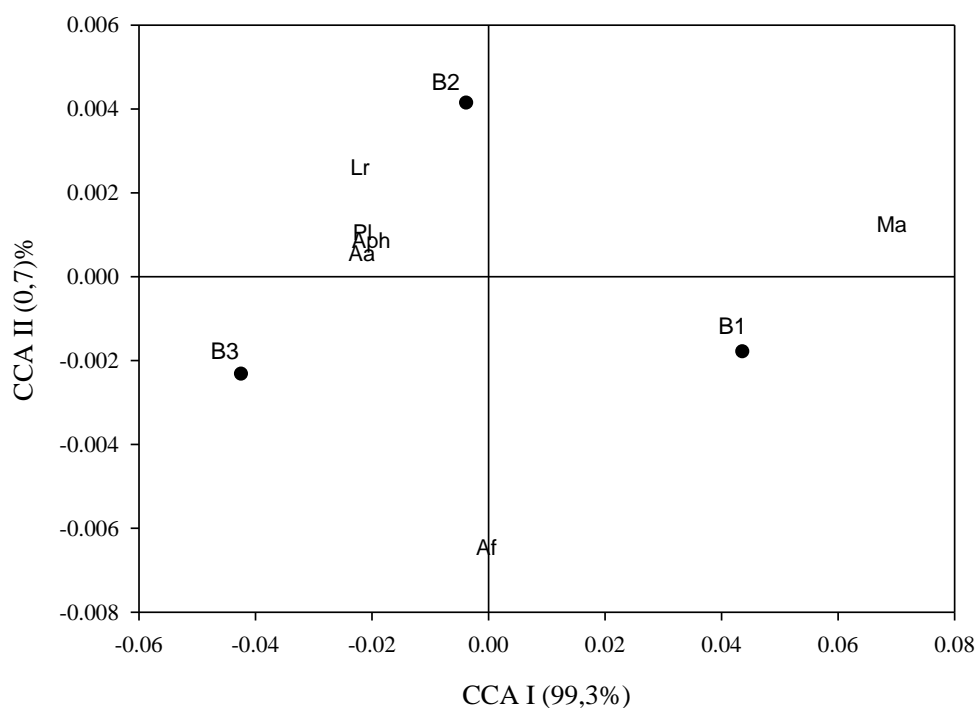
**Πίνακας 4.** Στατιστική ανάλυση (Spearman) συσχέτισης της μεταβολής της βιομάζας των επικρατούντων ειδών στη λίμνη Παμβώτιδα κατά τη χρονική περίοδο Αύγουστος-Οκτώβριος 2009 (με έντονη γραφή παρουσιάζονται οι τιμές που το μεγάλο βαθμό συσχέτισης μεταξύ των επικρατούντων ειδών).

Συσχέτιση (Spearman)								
		<i>P. agardhii</i>	<i>L. redekei</i>	<i>A. issatschenkoii</i>	<i>M. aeruginosa</i>	<i>A. flos-aquae</i>	<i>A. affinis</i>	TOTAL
<i>P. agardhii</i>	r	1	<b>0,734</b>	-0,293	0,017	-0,009	-0,247	0,007
	P	.	<b>0,000</b>	0,104	0,925	0,962	0,174	0,968
<i>L. redekei</i>	r	0	1	<b>-0,3848</b>	0,165	-0,09581	-0,316	0,114
	P	0	.	<b>0,030</b>	0,367	0,602	0,078	0,535
<i>A. issatschenkoii</i>	r	0	0	1	-0,150	<b>0,455</b>	<b>0,779</b>	0,050
	P	0	0	.	0,413	<b>0,009</b>	<b>0,000</b>	0,784
<i>M. aeruginosa</i>	r	0	0	0	1	0,334	-0,144	<b>0,939</b>
	P	0	0	0	.	0,062	0,432	<b>0,000</b>
<i>A. flos-aquae</i>	r	0	0	0	0	1	<b>0,705</b>	<b>0,627</b>
	P	0	0	0	0	.	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
<i>A. affinis</i>	r	0	0	0	0	0	1	0,154
	P	0	0	0	0	0	.	0,400

### 4.3.3 Κατακόρυφη ταξιθέτηση επικρατούντων ειδών στη στήλη του νερού.

Με βάση τις τιμές βιομάζας παρατηρούμε ότι το *M. aeruginosa* εμφανίζει σχετικά υψηλότερες τιμές στο βάθος 1 (Στ.1 B1) της στήλης του νερού. Τα υπόλοιπα βάθη (Στ.1 B2 και Στ.1 B3), χαρακτηρίζονται από σχετικά υψηλότερες τιμές βιομάζας των ειδών *A. issatschenkoii*, *P. agardhii*, *L. redekei* και *A. affinis* (Εικόνα 4.20).

## Αποτελέσματα



**Εικόνα 4.20.** Canonical correspondence analysis (CCA) όπου εμφανίζεται η ταξιθέτηση των επικρατούντων ειδών ως προς τα βάθη 1, 2 και 3 σύμφωνα με τη μέση τιμή της βιομάζας τους.

### 4.4 Ρυθμός αύξησης

Με βάση τις τιμές βιομάζας των επικρατούντων ειδών τη χρονική περίοδο έρευνας, υπολογίστηκε ο ρυθμός αύξησης ( $r$ ) των πληθυσμών. Ο ρυθμός αύξησης εμφανίζει είτε θετικές τιμές (που αντιστοιχούν στην αύξηση της βιομάζας των κυανοβακτηρίων), είτε αρνητικές τιμές (που αντιστοιχούν σε μείωση της βιομάζας των κυανοβακτηρίων) (Εικόνες 4.14 – 4.19). Μηδενικές τιμές του καθαρού ρυθμού αύξησης αντιστοιχούν είτε σε περιόδους μη μεταβολής της βιομάζας είτε σε περιόδους όπου τα κυανοβακτήρια δεν ανιχνεύτηκαν στη στήλη του νερού (μηδενικές τιμές βιομάζας).

Ο ρυθμός αύξησης εμφανίζει υψηλές διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας. Την υψηλότερη τιμή ρυθμού αύξησης εμφάνισε ο πληθυσμός του *Microcystis aeruginosa* ( $0,36 \text{ d}^{-1}$ ) την χρονική περίοδο 20-30/08/09 στον παράκτιο σταθμό (Στ.2) (Εικόνα 4.17).

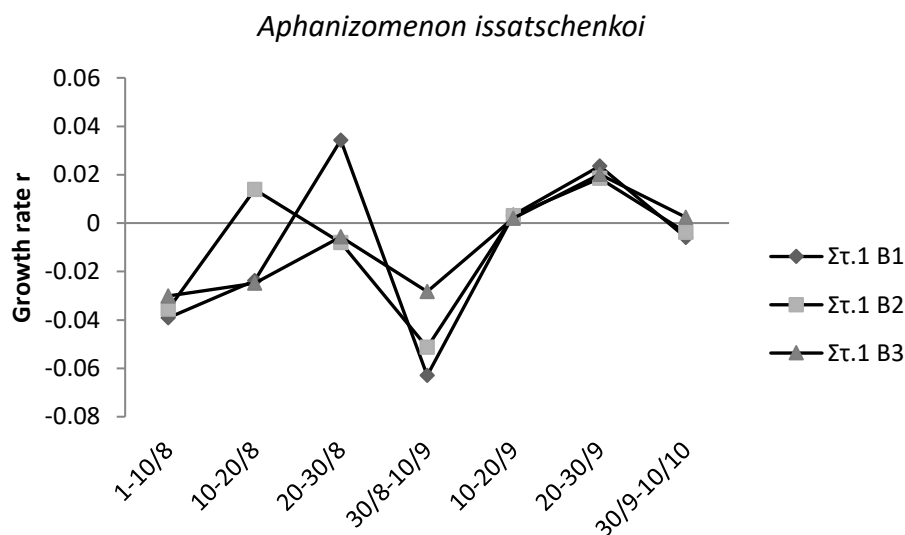
## Αποτελέσματα

### 4.4.1 Σύγκριση του ρυθμού αύξησης για κάθε είδος ξεχωριστά.

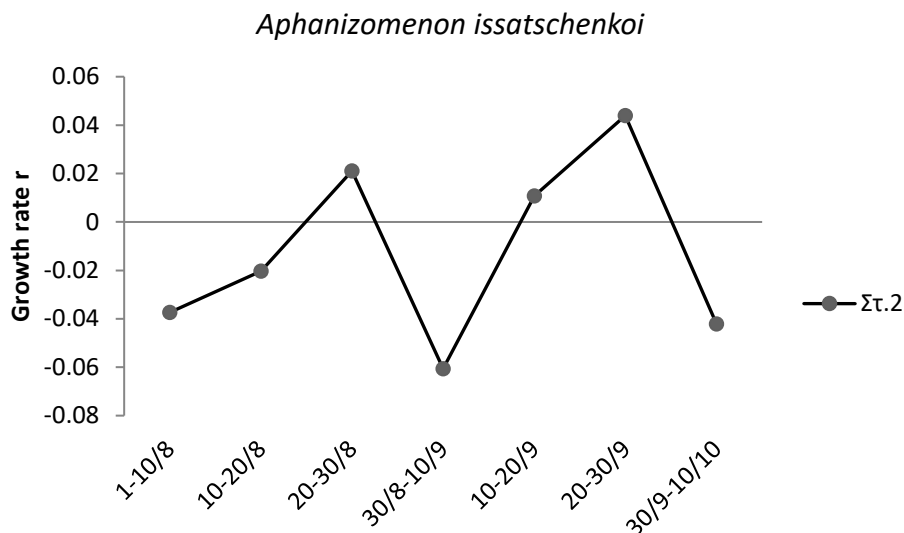
#### *Aphanizomenon issatschenkoii*

Ο ρυθμός αύξησης του *A. issatschenkoii* παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης. Τις μεγαλύτερες τιμές ρυθμού αύξησης παρουσιάζει ο παράκτιος σταθμός (Στ.2) το διάστημα μεταξύ 20/09/09 και 30/09/09 ενώ για τον πελαγικό σταθμό τη μεγαλύτερη θετική τιμή παρουσιάζει ο Στ.1 Β1 την περίοδο 20-30/08/09.

Το πρότυπο μεταβολής του ρυθμού αύξησης ήταν παρόμοιο τόσο μεταξύ των τριών βαθών του πελαγικού σταθμού όσο και μεταξύ του επιφανειακού στρώματος νερού των δύο σταθμών (Spearman  $r_{1,3}=0,71$ ,  $P<0,05$ ,  $r_{2,3}=0,71$ ,  $P<0,05$ ,  $r_{1,4}=0,857$ ,  $P<0,05$ ) (Εικόνα 4.14).



## Αποτελέσματα



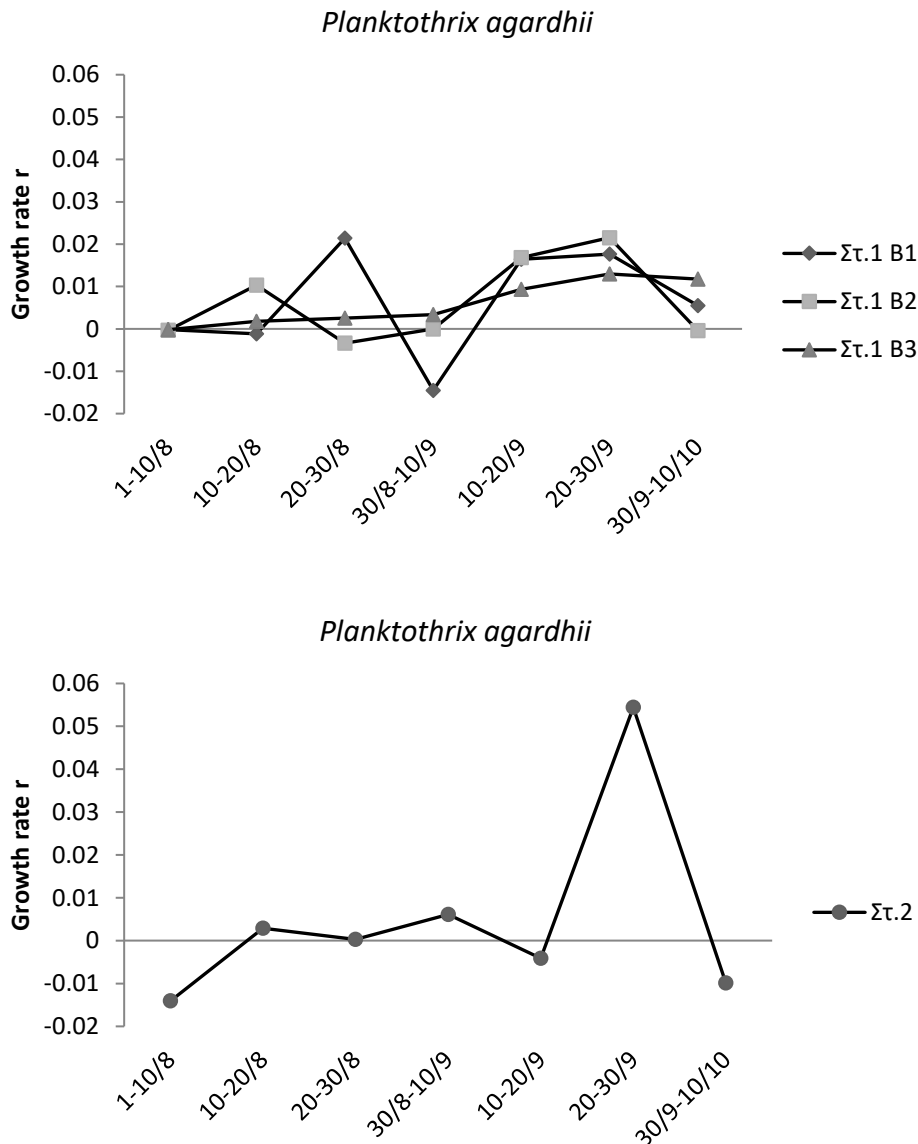
**Εικόνα 4.14.** Μεταβολή του ρυθμού αύξησης του είδους *Aphanizomenon issatschenkoii* κατά την περίοδο μελέτης.

### *Planktothrix agardhii*

Ο ρυθμός αύξησης του *P. agardhii* δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα μεγάλη διακύμανση κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης. Μεγαλύτερη τιμή ρυθμού αύξησης παρουσιάζει ο παράκτιος σταθμός (Στ.2) το διάστημα μεταξύ 20/09/09 και 30/09/09 ( $0,054 \text{ d}^{-1}$ ) ενώ για τον πελαγικό σταθμό τη μεγαλύτερη θετική τιμή παρουσιάζει ο Στ.1 Β1 την περίοδο 20-30/08/09 ( $0,021 \text{ d}^{-1}$ ). Τόσο τα τρία βάθη του πελαγικού σταθμού όσο και ο παράκτιος σταθμός χαρακτηρίζονται από θετικές τιμές του ρυθμού αύξησης για το μεγαλύτερο διάστημα κατά την περίοδο μελέτης.

Το πρότυπο μεταβολής του ρυθμού αύξησης τόσο μεταξύ των τριών βαθών του πελαγικού σταθμού, όσο και μεταξύ των επιφανειακών στρωμάτων του πελαγικού και του παράκτιου δεν ήταν παρόμοιο ( $P > 0,05$ ) (Εικόνα. 4.15).

## Αποτελέσματα



**Εικόνα 4.15.** Μεταβολή του ρυθμού αύξησης του είδους *Planktothrix agardhii* κατά την περίοδο έρευνας.

### *Limnothrix redekei*

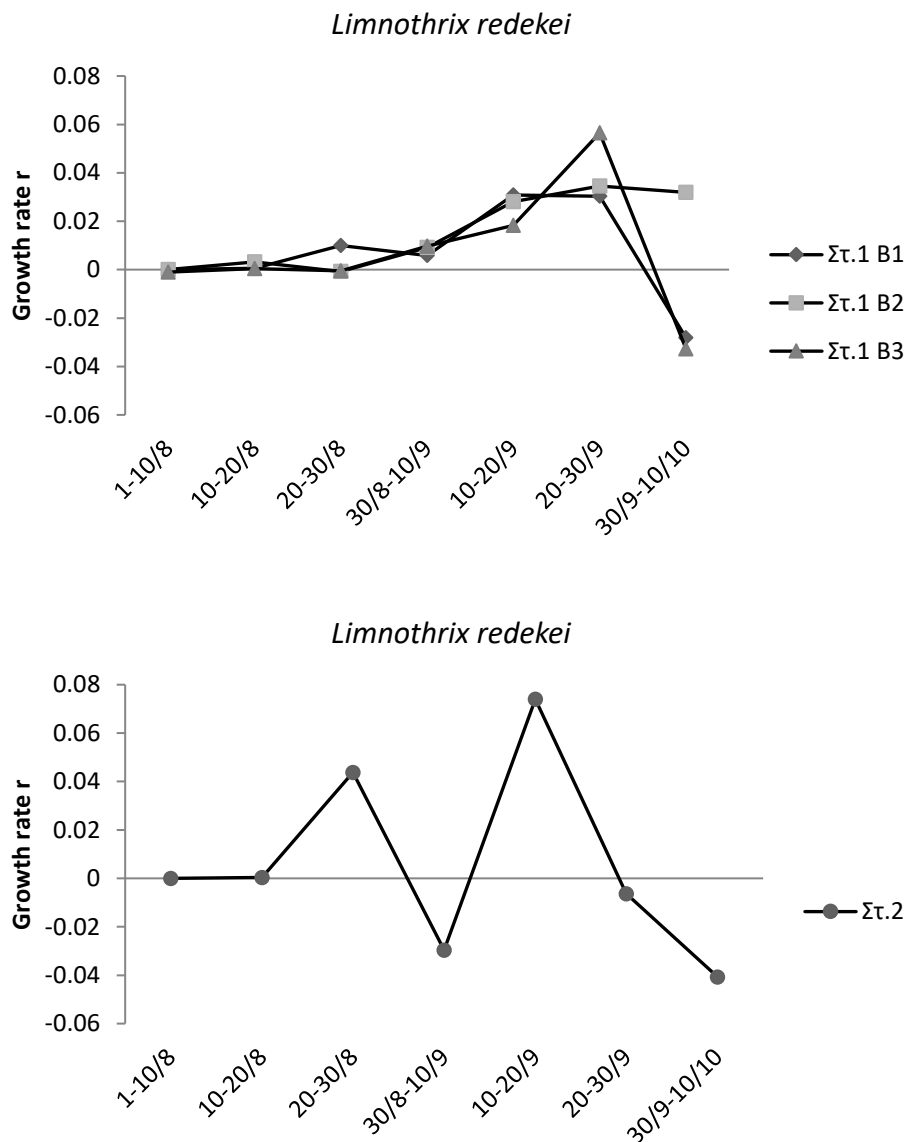
Ο ρυθμός αύξησης του *L. redekei* στα τρία βάθη του πελαγικού σταθμού (Στ.1 B1, B2, B3) εμφανίζει σχεδόν μηδενικές τιμές για την περίοδο 1/08/09 έως 30/08/09 διότι στις περισσότερες ημερομηνίες δεν εμφανίζεται ενώ εμφανίζει θετικές τιμές κατά την περίοδο 30/08/09 έως 30/09/09. Κατά την τελευταία περίοδο (30/09/09 έως 10/10/09) τα βάθη Στ.1 B1 και Στ.1 B3 του πελαγικού σταθμού εμφανίζουν αρνητικό ρυθμό αύξησης. Η μέγιστη τιμή ρυθμού αύξησης στον πελαγικό σταθμό, εμφανίζεται την περίοδο 20-30/09/09 για το βάθος τρία (Στ.1 B3:  $r = 0,06 \text{ d}^{-1}$ ). Ο παράκτιος σταθμός εμφανίζει μεγάλες διακυμάνσεις στο ρυθμό



## Αποτελέσματα

αύξησης (κατά την περίοδο 20/08/09 έως 10/10/09) παρουσιάζοντας είτε θετικές είτε αρνητικές τιμές.

Το πρότυπο μεταβολής του ρυθμού αύξησης μεταξύ των βαθών B1 και B3 του πελαγικού σταθμού ήταν παρόμοιο (Spearman  $r_{1,3} = 0,857$ ,  $P < 0,05$ ), ενώ δεν ήταν παρόμοιο μεταξύ των υπολοίπων βαθών του πελαγικού σταθμού αλλά και μεταξύ του επιφανειακού στρώματος του πελαγικού και του παράκτιου σταθμού ( $P > 0,05$ ). (Εικόνα 4.16).



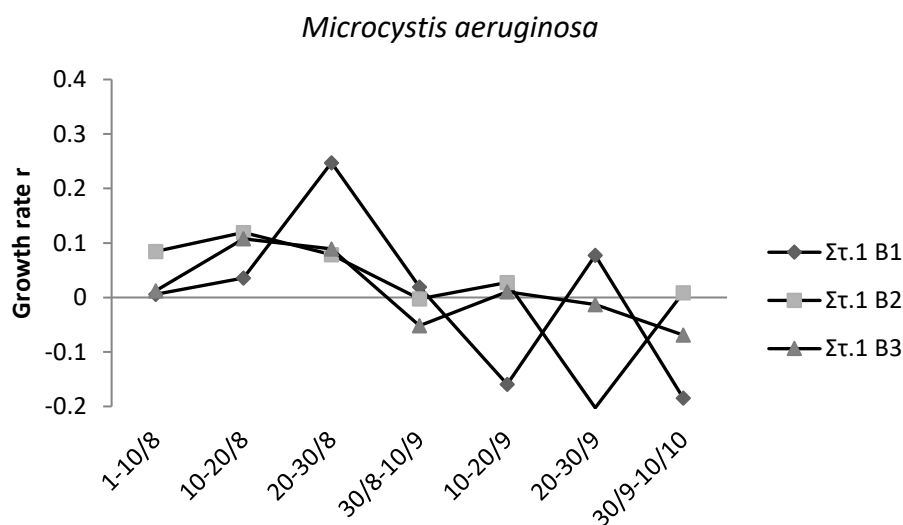
**Εικόνα 4.16.** Μεταβολή του ρυθμού αύξησης του είδους *Limnothrix redekei* κατά την περίοδο έρευνας.

## Αποτελέσματα

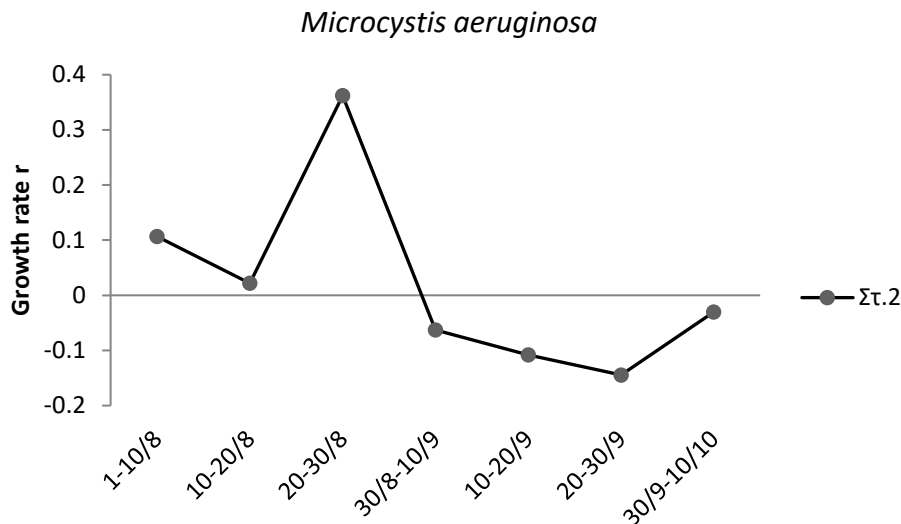
### *Microcystis aeruginosa*

Ο ρυθμός αύξησης του *M. aeruginosa* στους πελαγικούς σταθμούς εμφανίζει μεγάλες διακυμάνσεις παίρνοντας είτε θετικές είτε αρνητικές τιμές. Ο μεγαλύτερος ρυθμός αύξησης τόσο για τον πελαγικό σταθμό όσο και για τον παράκτιο, εμφανίζεται στην περίοδο 20-30/08/09 (Στ.1 B1:  $r = 0,25 \text{ d}^{-1}$ , Στ.2:  $r = 0,36 \text{ d}^{-1}$ ). Ο πιο αρνητικός ρυθμός αύξησης παρατηρείται την περίοδο 30/09/09 έως 10/10/09 για τον Στ.1 B1 και την περίοδο 20-30/09/09 για τον παράκτιο σταθμό Στ.2 ( $r: -0,18$  και  $-0,14 \text{ d}^{-1}$  αντίστοιχα).

Το πρότυπο μεταβολής του ρυθμού αύξησης μεταξύ των βαθών B2 και B3 του πελαγικού σταθμού ήταν παρόμοιο (Spearman  $r_{2,3} = 0,821$ ,  $P < 0,05$ ), ενώ δεν ήταν παρόμοιο το πρότυπο μεταβολής μεταξύ των υπολοίπων βαθών του πελαγικού σταθμού αλλά και μεταξύ του επιφανειακού στρώματος του πελαγικού και του παράκτιου σταθμού ( $P > 0,05$ ) (Εικόνα 4.17).



## Αποτελέσματα



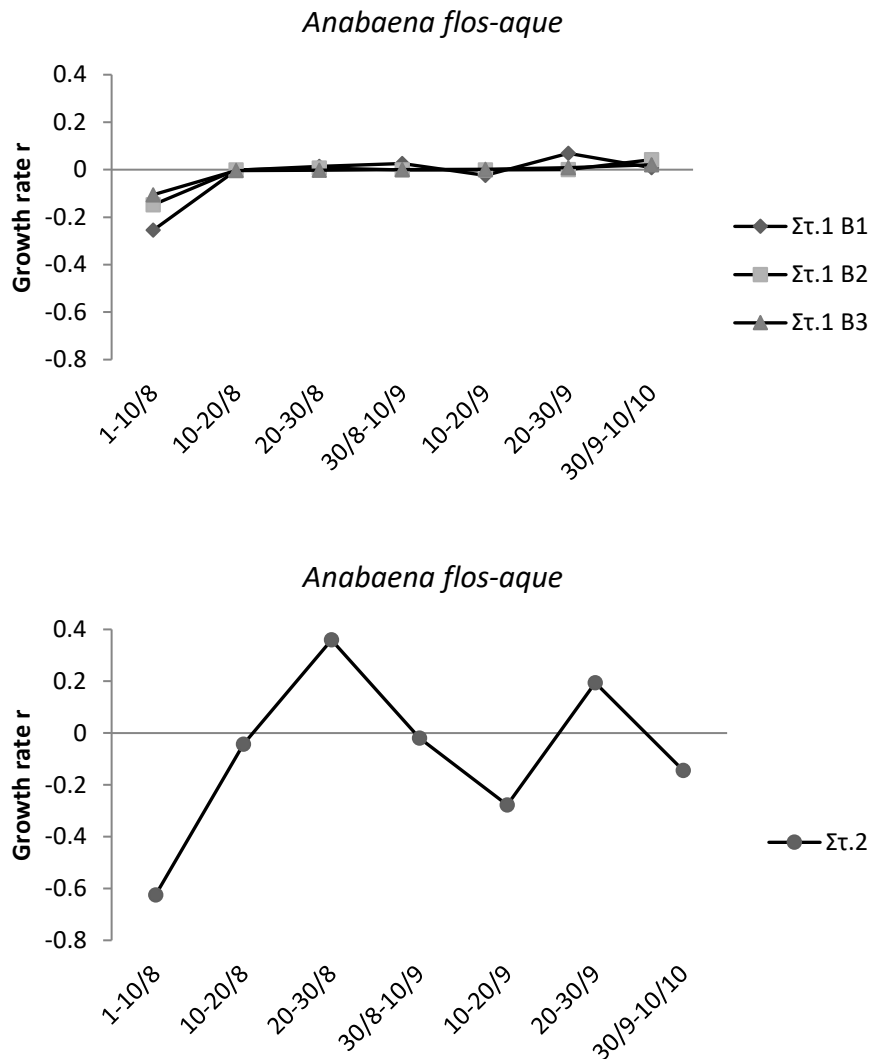
**Εικόνα 4.17.** Μεταβολή του ρυθμού αύξησης του είδους *Microcystis aeruginosa* κατά την περίοδο έρευνας.

### *Anabaena flos-aque*

Ο ρυθμός αύξησης του *A. flos-aque* μεταξύ των πελαγικών σταθμών, δεν εμφανίζει μεγάλες διακυμάνσεις παίρνοντας είτε θετικές (αύξηση της βιομάζας) είτε αρνητικές τιμές (μείωση της βιομάζας). Υψηλότερη τιμή στον ρυθμό αύξησης εμφάνισε ο πληθυσμός στον παράκτιο σταθμό (Στ.2:  $r = 0,36 \text{ d}^{-1}$ ) κατά την περίοδο 20-30/08/09, ενώ στον πελαγικό σταθμό, υψηλότερη τιμή εμφάνισε το βάθος 1 (Στ.1 Β1:  $r = 0,06 \text{ d}^{-1}$ ) κατά τη χρονική περίοδο 20-30/09/09.

Το πρότυπο μεταβολής του ρυθμού αύξησης ήταν παρόμοιο τόσο μεταξύ των βαθών 1 και 2 όσο και μεταξύ των βαθών 2 και 3 του πελαγικού σταθμού (Spearman  $r_{1,2} = 0,679$ ,  $P < 0,05$ ,  $r_{2,3} = 0,645$ ,  $P = 0,05$ ). Επιπλέον παρόμοιο πρότυπο μεταβολής του ρυθμού αύξησης παρατηρήθηκε και μεταξύ του επιφανειακού στρώματος νερού του πελαγικού και του παράκτιου (Spearman  $r_{1,4} = 0,857$ ,  $P < 0,05$ ). (Εικόνα 4.18).

## Αποτελέσματα



**Εικόνα 4.18.** Μεταβολή του ρυθμού αύξησης του είδους *Anabaena flos-aquae* κατά την περίοδο έρευνας.

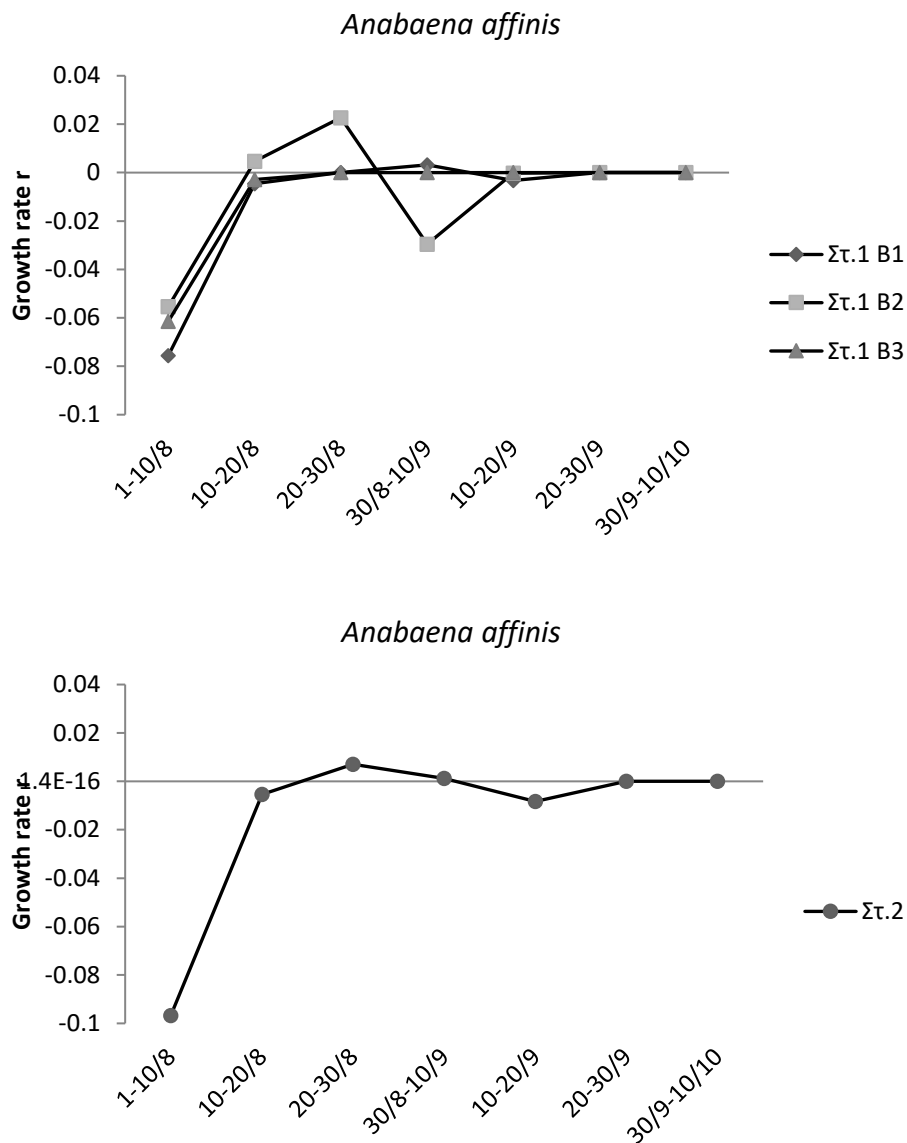
### *Anabaena affinis*

Ο ρυθμός αύξησης των πληθυσμών του *A. affinis* εμφανίζει είτε θετικές είτε αρνητικές τιμές με μικρότερες διακυμάνσεις σε σχέση με τα υπόλοιπα επικρατούντα είδη. Υψηλότερη τιμή ρυθμού αύξησης εμφανίζεται στον πελαγικό σταθμό την περίοδο 20-30/08/09 στο βάθος 2 (Στ.1 B2:  $r = 0,23 \text{ d}^{-1}$ ), ενώ η χαμηλότερη τιμή εμφανίζεται στον παράκτιο σταθμό (Στ.2:  $r = 0,097 \text{ d}^{-1}$ ) κατά την περίοδο 1-10/08/09.

Το πρότυπο μεταβολής του ρυθμού αύξησης μεταξύ των βαθών B1 και B3 του πελαγικού σταθμού ήταν παρόμοιο (Spearman  $r_{1,3} = 0,832$ ,  $P < 0,05$ ), ενώ δεν ήταν παρόμοιο μεταξύ των υπολοίπων βαθών του πελαγικού σταθμού ( $P > 0,05$ ). Παρόμοιο πρότυπο μεταβολής του

## Αποτελέσματα

ρυθμού αύξησης υπάρχει και μεταξύ του επιφανειακού στρώματος νερού του πελαγικού και του παράκτιου σταθμού (Spearman  $r_{1,4} = 0,860$ ,  $P < 0,05$ ) (Εικόνα 4.19).



**Εικόνα 4.19.** Μεταβολή του ρυθμού αύξησης του είδους *Anabaena affinis* κατά την περίοδο έρευνας.

Η μεταβολή του ρυθμού αύξησης των επικρατούντων ειδών σε κάθε βάθος ξεχωριστά δεν ακολουθεί πάντα παρόμοιο πρότυπο μεταβολής. Συγκεκριμένα για το επιφανειακό στρώμα νερού του πελαγικού σταθμού τα είδη που χαρακτηρίζονται από παρόμοιο πρότυπο μεταβολής του ρυθμού αύξησης είναι το *Aphanizomenon issatschenkoi* με το *Planktothrix agardhii* και τα είδη του γένους *Anabaena* (*A. flos-aquae* και *A. affinis*) (Πίνακας 4). Το πρότυπο μεταβολής του ρυθμού αύξησης

## Αποτελέσματα

στον παράκτιο σταθμό είναι παρόμοιο μεταξύ των ειδών *A. flos-aquae* και *Planktothrix agardhii* αλλά και μεταξύ των ειδών του γένους *Anabaena* (Πίνακας 5).

**Πίνακας 5.** Στατιστική ανάλυση (Spearman) μεταβολής του ρυθμού αύξησης της βιομάζας των επικρατούντων ειδών στη λίμνη Παμβώτιδα κατά τη χρονική περίοδο Αύγουστος-Οκτώβριος 2009 για το επιφανειακό στρώμα νερού του πελαγικού και παράκτιου σταθμού (με έντονη γραφή παρουσιάζονται οι σημαντικές τιμές  $P < 0,05$ )

		PL1	PL4	LIM1	LIM4	MICRO1	MICRO4	ANAF1	ANAF4	ANA1	ANA4
APH1	r	<b>0,964</b>	0,142	0,535	0,428	0,428	-0,035	0,286	0,5	0,111	0,324
	p	<b>0,000</b>	0,379	0,107	0,168	0,168	0,469	0,267	0,126	0,406	0,238
APH4	r	0,821	0,321	0,679	0,571	0,607	-0,142	0,214	0,428	-0,148	0,054
	p	0,011	0,241	0,047	0,090	0,074	0,379	0,322	0,168	0,375	0,454
PL1	r	1	0	0,5	0,393	0,357	0	0,214	0,392	0,074	0,252
	p	.	0,5	0,126	0,192	0,216	0,5	0,322	0,191	0,437	0,292
PL4	r	0	1	0,5	-0,107	0,643	-0,5	0,821	<b>0,75</b>	0,555	0,522
	p	0	.	0,126	0,409	0,059	0,126	0,012	<b>0,026</b>	0,097	0,114
LIM1	r	0	0	1	0,607	0,393	-0,5	0,285	0,357	0,185	0,126
	p	0	0	.	0,074	0,192	0,126	0,267	0,215	0,345	0,393
LIM4	r	0	0	0	1	0,285	0,214	-0,428	-0,035	-0,481	-0,252
	p	0	0	0	.	0,267	0,322	0,168	0,469	0,136	0,292
MICRO1	r	0	0	0	0	1	0,214	0,535	0,821	0,185	0,522
	p	0	0	0	0	.	0,322	0,107	0,011	0,345	0,114
MICRO4	r	0	0	0	0	0	1	-0,392	0	-0,333	0,090
	p	0	0	0	0	0	.	0,191	0,5	0,232	0,423
ANAF1	r	0	0	0	0	0	0	1	<b>0,857</b>	<b>0,852</b>	0,811
	p	0	0	0	0	0	0	.	<b>0,006</b>	<b>0,007</b>	0,013
ANAF4	r	0	0	0	0	0	0	0	1	0,667	<b>0,883</b>
	p	0	0	0	0	0	0	0	.	0,050	<b>0,004</b>
ANA1	r	0	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>0,860</b>
	p	0	0	0	0	0	0	0	0	.	<b>0,006</b>
ANA4	r	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	p	0	0	0	0	0	0	0	0	0	.

Για το βάθος 2 του πελαγικού σταθμού (Στ.1 Β2), κανένα από τα επικρατούντα είδη δεν παρουσιάζει παρόμοιο πρότυπο μεταβολής του ρυθμού αύξησης ( $P > 0,05$ ). Επιπλέον τα είδη *Limnothrix redekei* και *Microcystis aeruginosa* παρουσιάζουν σημαντική αρνητική συσχέτιση του ρυθμού αύξησης ( $P < 0,05$ ) όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.

## Αποτελέσματα

**Πίνακας 6.** Στατιστική ανάλυση (Spearman) μεταβολής του ρυθμού αύξησης της βιομάζας των επικρατούντων ειδών στη λίμνη Παμβώτιδα κατά τη χρονική περίοδο Αύγουστος-Οκτώβριος 2009 για το βάθος 2 του πελαγικού (με έντονη γραφή παρουσιάζονται οι σημαντικές τιμές  $P < 0,05$ )

		APH2	PL2	LIM2	MICRO2	ANAF2	ANA2
APH2	r	1,000	0,643	0,536	-0,071	0,107	0,487
	P	.	0,060	0,108	0,440	0,410	0,134
PL2	r	0	1,000	0,607	-0,321	-0,393	-0,198
	P	0	.	0,074	0,241	0,192	0,335
LIM2	r	0	0	1,000	<b>-0,750</b>	0,286	-0,126
	P	0	0	.	<b>0,026</b>	0,267	0,394
MICRO2	r	0	0	0	1,000	-0,464	0,180
	P	0	0	0	.	0,147	0,350
ANAF2	r	0	0	0	0	1,000	0,613
	P	0	0	0	0	.	0,072
ANA2	r	0	0	0	0	0	1,000
	P	0	0	0	0	0	.

Για το βάθος 3 του πελαγικού σταθμού (Στ.1 Β3), το είδος *Aphanizomenon issatschenkoi* παρουσιάζει παρόμοιο πρότυπο μεταβολής του ρυθμού αύξησης με τα είδη *Planktothrix agardhii*, *Anabaena flos-aquae* και *Anabaeana affinis*. Το είδος *Planktothrix agardhii* παρουσιάζει παρόμοιο πρότυπο μεταβολής του ρυθμού αύξησης με τα είδη του γένους *Anabaena* (*A. flos-aquae* και *A. affinis*) ενώ παρουσιάζει σημαντική αρνητική συσχέτιση με το *Microcystis aeruginosa*. Παρόμοιο πρότυπο μεταβολής του ρυθμού αύξησης παρουσιάζεται και μεταξύ των ειδών του γένους *Anabaena* ενώ το είδος *Limnothrix redekei* δεν παρουσιάζει παρόμοιο πρότυπο με κανένα από τα επικρατούντα είδη (Πίνακας 7).

**Πίνακας 7.** Στατιστική ανάλυση (Spearman) μεταβολής του ρυθμού αύξησης της βιομάζας των επικρατούντων ειδών στη λίμνη Παμβώτιδα κατά τη χρονική περίοδο Αύγουστος-Οκτώβριος 2009 για το βάθος 2 του πελαγικού (με έντονη γραφή παρουσιάζονται οι σημαντικές τιμές  $P < 0,05$ )

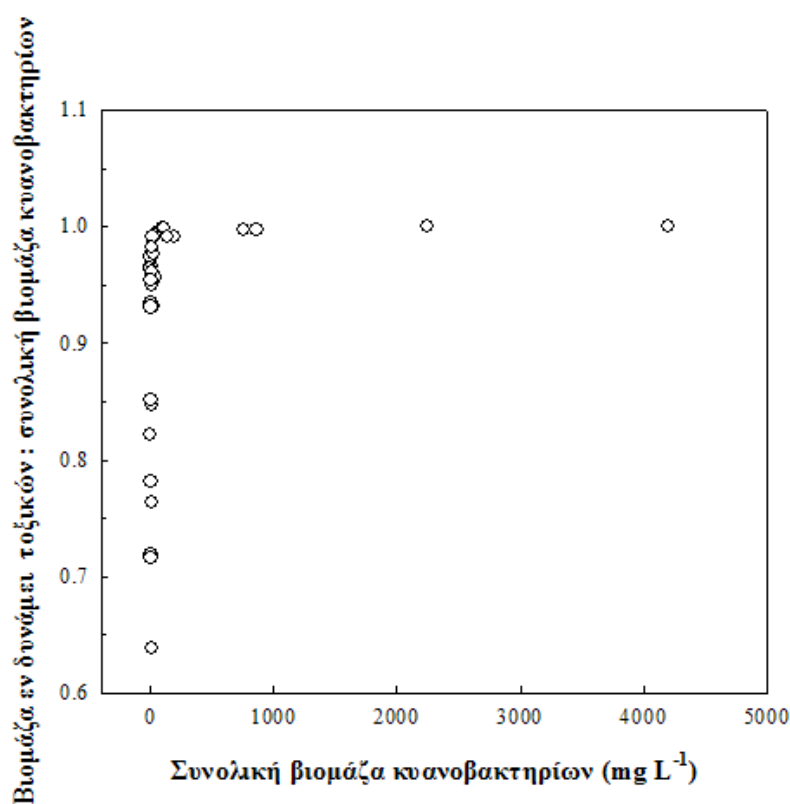
		APH3	PL3	LIM3	MICRO3	ANAF3	ANA3
APH3	r	1	<b>0,893</b>	0,321	-0,393	<b>0,857</b>	<b>0,668</b>
	P	.	<b>0,003</b>	0,241	0,192	<b>0,007</b>	<b>0,050</b>
PL3	r	0	1	0,429	<b>-0,714</b>	<b>0,964</b>	<b>0,802</b>
	P	0	.	0,169	<b>0,036</b>	<b>0,000</b>	<b>0,015</b>
LIM3	r	0	0	1	0,000	0,214	0,356
	P	0	0	.	0,500	0,322	0,216
MICRO3	r	0	0	0	1	<b>-0,786</b>	-0,579
	P	0	0	0	.	<b>0,018</b>	0,087

## Αποτελέσματα

ANAF3	r	0	0	0	0	1	<b>0,802</b>
	P	0	0	0	0	.	<b>0,015</b>
ANA3	r	0	0	0	0	0	1
	P	0	0	0	0	0	.

### 4.5 Εν δυνάμει τοξικά κυανοβακτήρια

Στην παρούσα μελέτη διαπιστώθηκε ότι από τα 17 είδη κυανοβακτηρίων που παρατηρήθηκαν τα 5 (*Microcystis aeruginosa*, *Anabaena flos-aquae*, *Aphanizomenon issatschenkoii*, *Planktothrix agardhii* και *Cylindrospermopsis raciborskii*) είναι εν δυνάμει τοξικά (Sivonen & Jones, 1999). Η συνεισφορά της βιομάζας των εν δυνάμει τοξικών κυανοβακτηρίων (TCBM) στη συνολική βιομάζα των κυανοβακτηρίων (CBM), βρίσκεται περίπου στο 65% όταν οι τιμές της συνολικής βιομάζας είναι πολύ χαμηλές και αυξάνεται παράλληλα με την αύξηση της συνολικής βιομάζας των κυανοβακτηρίων με αποτέλεσμα σε μεγάλους επιπολασμούς κυανοβακτηρίων όπου και παρατηρείται κυανοβακτηριακή κρούστα (scum) το ποσοστό των TCBM να είναι >95% του CBM (Εικόνα 4.21).

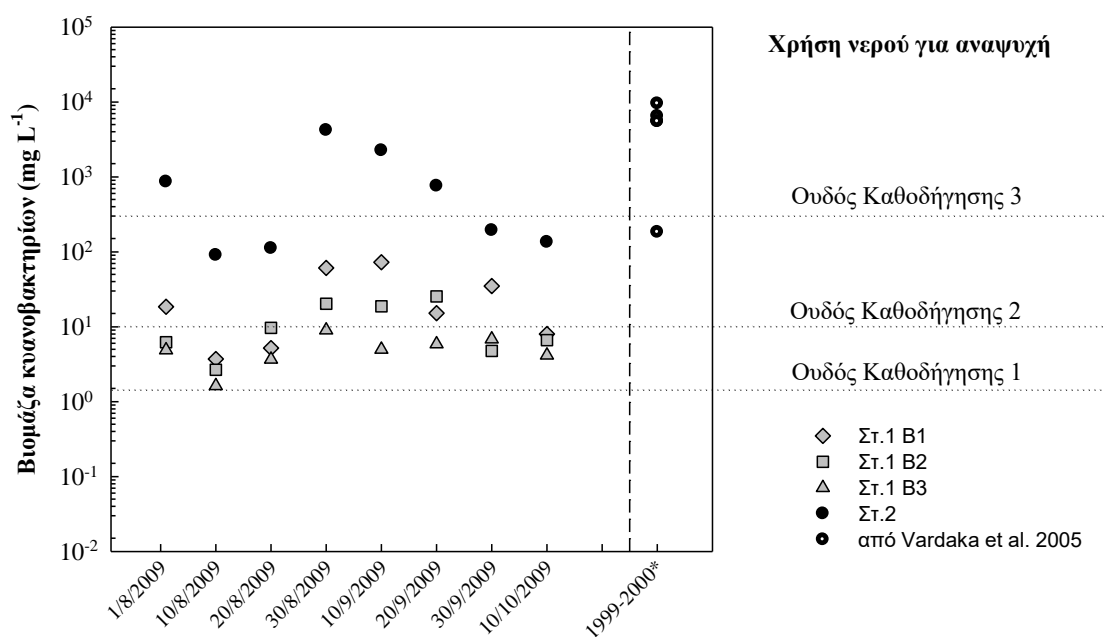


**Εικόνα 4.21.** Διάγραμμα που δείχνει τη σχέση του λόγου βιομάζας εν δυνάμει τοξικών κυανοβακτηρίων : συνολική βιομάζα κυανοβακτηρίων (TCBM:CBM) και συνολικής βιομάζας κυανοβακτηρίων (CBM)



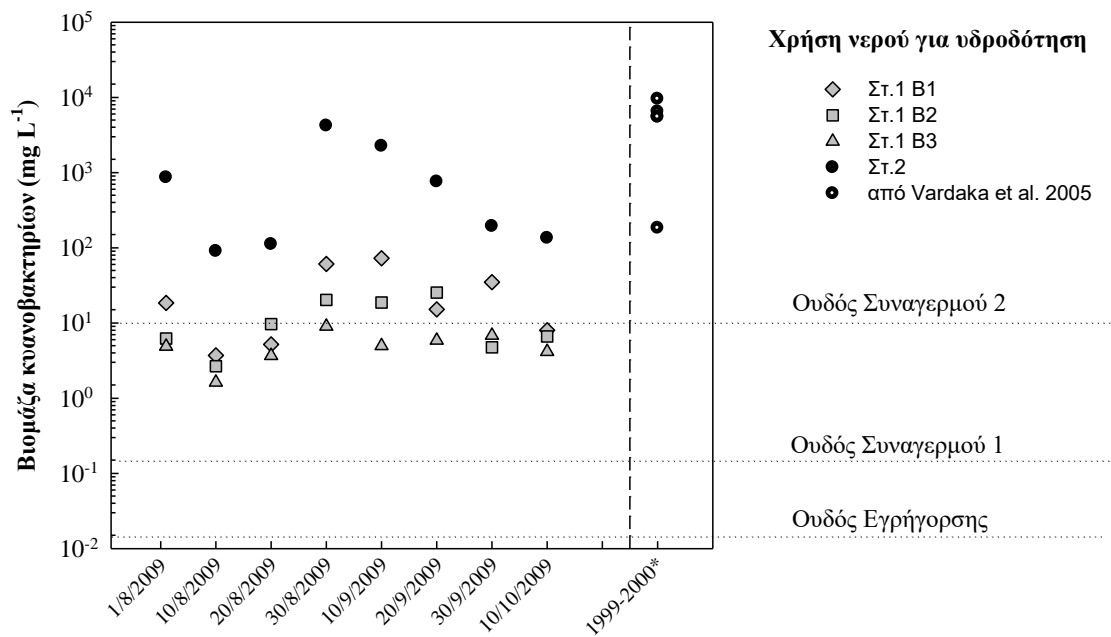
#### 4.6. Βιομάζα κυανοβακτηρίων και όρια ασφαλείας

Η χαμηλότερη βιομάζα κυανοβακτηρίων κατά την περίοδο μελέτης παρατηρήθηκε στις 10/09/09 και για το βάθος 3 του πελαγικού σταθμού (Στ.1 B3:  $1,621 \text{ mg L}^{-1}$ ). Με βάση τα όρια συναγερμού που έχουν θεσπιστεί και ορίζονται από τον Π.Ο.Υ., οι τιμές της βιομάζας των κυανοβακτηρίων βρίσκονται πάνω από τον «ουδό καθοδήγησης 1» ( $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ) στην περίπτωση που το νερό χρησιμοποιείται για αναψυχή (Εικόνα 4.22). Στην περίπτωση που το νερό χρησιμοποιείται για υδροδότηση όλες οι τιμές βιομάζας βρίσκονται πάνω από τον «Ουδό Εγρήγορσης» ( $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ) και από τον «Ουδό Συναγερμού 1» ( $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ ) (Εικόνα 4.23)



**Εικόνα 4.22.** Βιομάζα κυανοβακτηρίων στη λίμνη Παμβώτιδα σε σύγκριση με τα θεσπισμένα όρια από τον Π.Ο.Υ για χρήση νερού για αναψυχή.

## Αποτελέσματα



**Εικόνα 4.23.** Βιομάζα κυανοβακτηρίων στη λίμνη Παμβώτιδα σε σύγκριση με τα θεσπισμένα όρια από τον Π.Ο.Υ για χρήση νερού για αναψυχή.

## Συζήτηση

5.

### 5.1 Φυσικές Παράμετροι του νερού

#### 5.1.1 Θερμοκρασία Νερού

Η θερμοκρασία του νερού στη λίμνη Παμβώτιδα κατά την περίοδο της παρούσας έρευνας (Αύγουστος – Οκτώβριος 2009), κυμάνθηκε από 19-27°C στον πελαγικό σταθμό και από 21,5-27°C στον παράκτιο σταθμό. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες που παρατηρήθηκαν στον παράκτιο σταθμό (έως 29°C), οφείλονται στο βάθος της λίμνης στο συγκεκριμένο σημείο (<1m) που έχει ως συνέπεια να επηρεάζεται σε μεγαλύτερο βαθμό από τη θερμοκρασία του αέρα (Παράρτημα Ι).

Κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας, στον πελαγικό σταθμό, θερμόκλινο (>1°C m<sup>-1</sup>) παρατηρήθηκε να σχηματίζεται μεταξύ του επιφανειακού στρώματος του νερού και του βάθους 2 - 2,5 m (Εκόνα 4.1). Η θερμική αυτή στρωμάτωση δεν ήταν σταθερή: είχε χρονική διάρκεια μικρότερη των 10 ημερών και παρατηρήθηκε μία φορά τον Αύγουστο. Την υπόλοιπη χρονική περίοδο οι μη σημαντικές διαφορές στη θερμοκρασία του νερού μεταξύ των βαθών (<1°C m<sup>-1</sup>) υποδεικνύουν ανάμειξη της στήλης. Έρευνα που διεξήχθη κατά τη διάρκεια ενός έτους από τους Kagalou & Leonardos (2009) έδειξε ότι η λίμνη Παμβώτιδα είναι πολυμεικτικού τύπου, με θερμική στρωμάτωση να παρατηρείται από τον Απρίλιο έως τον Αύγουστο.

Η ανάμειξη της στήλης του νερού σε ρηχές λίμνες συνδέεται κυρίως με καιρικά φαινόμενα (π.χ. άνεμος, βροχοπτώσεις) (Reynolds, 1994). Η λίμνη Παμβώτιδα κατά την περίοδο έρευνας (θερμή περίοδος) χαρακτηρίστηκε από αυξημένα ποσοστά βροχόπτωσης ανά μήνα (>27 - 114mm) αλλά και ανέμων μια ημέρας πριν ή και κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας (Παράρτημα Ι). Οι παραπάνω παράγοντες σε συνδυασμό με το μικρό βάθος της λίμνης φαίνεται να ευθύνονται για την ανάμειξη της στήλης νερού.

#### 5.1.2 Βάθος δίσκου Secchi

Ο δίσκος του Secchi δίνει χρήσιμες πληροφορίες για τη διαφάνεια του νερού και αποτελεί μια βοηθητική μέθοδο για τη μέτρηση της μείωσης του φωτός σε σχέση με το βάθος (Wetzel, 2001; Moss et al., 2003). Κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας οι τιμές του βάθους εξαφάνισης του δίσκου Secchi κυμάνθηκαν από 29-70cm. Οι μεταβολές στις τιμές του βάθους εξαφάνισης του δίσκου Secchi φαίνεται να επηρεάζονται

## Συζήτηση

αντιστόφως ανάλογα με τη βιομάζα των κυανοβακτηρίων. Ειδικότερα, την ημερομηνία 10/09/09 που παρουσιάστηκε η χαμηλότερη τιμή για το βάθος δίσκου Secchi (29cm) παρατηρήθηκε και η υψηλότερη τιμή της βιομάζας των κυανοβακτηρίων στην επιφάνεια ( $73 \text{ mg L}^{-1}$ ) ενώ η υψηλότερη τιμή (70cm) παρατηρήθηκε κατά την τελευταία ημερομηνία δειγματοληψίας (10/10/09) και συμπίπτει με χαμηλές τιμές βιομάζας κυανοβακτηρίων ( $7,9 \text{ mg L}^{-1}$ ). Επιπρόσθετα, τον Αύγουστο που παρατηρήθηκαν υψηλές τιμές και μικρές διακυμάνσεις στο βάθος του δίσκου Secchi (52 -57cm) παρατηρήθηκαν χαμηλές τιμές και μικρή διακύμανση στη βιομάζα των επικρατούντων κυανοβακτηρίων ( $3,7 - 18,5 \text{ mg L}^{-1}$ ).

Η διαφάνεια του νερού που εκφράζεται με το βάθος εξαφάνισης του δίσκου Secchi χρησιμοποιείται ως μία εκ των παραμέτρων για τον χαρακτηρισμό της ποιοτικής κατάστασης μιας λίμνης. Ειδικότερα, όταν οι τιμές είναι μεγαλύτερες από 3 m, η ποιοτική κατάσταση της λίμνης χαρακτηρίζεται ως καλή, από 2 - 2,9 m ως μέτρια και μικρότερη των 0,9 m ως κακή (Moss et al., 2003). Οι τιμές που παρατηρήθηκαν την περίοδο Αύγουστος – Οκτώβριος 2009 υποδεικνύουν κακή ποιοτική κατάσταση της λίμνης. Έρευνα που διεξήχθη στη λίμνη Παμβώτιδα από τους Kagalou et al. (2001) έδειξε το βάθος του δίσκου Secchi να κυμαίνεται από 50 έως 90 cm. Με βάση τις ανωτέρω τιμές, η ποιοτική κατάσταση της λίμνης χαρακτηρίστηκε από τους Kagalou & Leonardos (2009) ως κακή.

## 5.2 Φυτοπλαγκτό: Σύνθεση και Αριθμός ειδών

Κατά τη χρονική περίοδο Αύγουστος – Οκτώβριος 2009 αναγνωρίστηκαν στο φυτοπλαγκτό της Λίμνης Παμβώτιδας 77 taxa φυτοπλαγκτικών οργανισμών, με αντιπροσώπους από τις ταξινομικές ομάδες των κυανοβακτηρίων, των χλωροφυκών, των διατόμων, των δινοφυκών, των κρυπτοφυκών των ξανθοφυκών, των ευγληνοφυκών, των χρυσοφυκών και των συζυγών φυκών. Ο κατάλογος αυτός περιλαμβάνει μόνο είδη με πλαγκτικό τρόπο ζωής (μεροπλαγκτικά ή ολοπλαγκτικά).

Ο αριθμός των taxa που αναγνωρίστηκαν είναι μικρότερος από τον πραγματικό καθώς: α. υπάρχουν πάντοτε ορισμένα είδη τα οποία δεν παρατηρούνται λόγω του πολύ μικρού αριθμού των ατόμων τους· επιπλέον, η απουσία ενός είδους σε ορισμένες ημερομηνίες δειγματοληψίας μπορεί να οφείλεται στην πτώση της πληθυσμιακής

## Συζήτηση

πυκνότητας κάτω από το όριο ανίχνευσης της μεθόδου καταμέτρησης και β. εξαιτίας της μικρότερης ποσότητας δείγματος που εξετάζεται στην περίπτωση δειγμάτων με πολύ μεγάλες βιομάζες φυτοπλαγκτού.

Ο αριθμός ειδών φυτοπλαγκτού που καταμετρήθηκαν κατά την περίοδο μελέτης στη λίμνη Παμβώτιδα κυμάνθηκε από 20 – 48 taxa και παρουσίασε 2 κορυφές (10/08/09 και 10/10/09). Ο αριθμός των ειδών φαίνεται να εμφανίζει αντίστροφη σχέση με τις τιμές βιομάζας των κυανοβακτηρίων. Ειδικότερα, ο μικρότερος αριθμός taxa παρατηρήθηκε στις 30/08/09 και συμπίπτει με τη μεγαλύτερη τιμή συνολικής βιομάζας για τον παράκτιο σταθμό (Στ. 2 4.197 mg L<sup>-1</sup>) βιομάζας (Εικόνα 4.6), ενώ ο υψηλότερος αριθμός παρατηρήθηκε κατά την τελευταία ημερομηνία δειγματοληψίας (10/10/09) και συμπίπτει με τη σταδιακή μείωση της συνολικής βιομάζας και με τη χαμηλότερη θερμοκρασία του επιφανειακού νερού τόσο στον πελαγικό όσο και στον παράκτιο σταθμό.

Κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας η παρουσία 43 ειδών αναφέρεται για πρώτη φορά στη λίμνη Παμβώτιδα, όπως για π.χ. *Aphanizomenon issatschenkoi*, *Limnothrix redekei*, *Planktothrix agardhii*, *Anabaena affinis*, *Planktolyngbya limnetica*, *Anabaena delicatissima*, *Chroococcus limneticus*, *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Jaaginema subtilissima*, *Microcystis panniformis*, *Pseudoanabaena limnetica*, *Pseudoanabaena musicola*, *Aulacoseira granulate*, *Ochromonas lundibunda*, *Ceratium furcoides*, *Elakatothrix genevensis*, *Monoraphidium arcuatum*, *Scenedesmus dimorphus*, *Cryptomonas anas*, *Rhodomonas lens* κ.α. (Πίνακας 2). Οι δημοσιευμένες επιστημονικές πληροφορίες σχετικά με τη σύνθεση του φυτοπλαγκτού στη λίμνη Παμβώτιδα είναι περιορισμένες και καλύπτουν μόνο το χρονικό διάστημα της θερμής περιόδου του έτους (Anagnostidis & Economou, 1980; Vardaka et al., 2005). Επομένως η παρουσία των ειδών που αναφέρονται για πρώτη φορά στη λίμνη Παμβώτιδα, δεν μπορεί να ερμηνευτεί με «ξαφνική» εμφάνισή τους στη λίμνη και αλλαγή στη σύνθεση της φυτοπλαγκτικής κοινότητας.

Οι ομάδες που συνεισέφεραν με τον μεγαλύτερο αριθμό ειδών ήταν τα χλωροφύκη (35 taxa) και τα κυανοβακτήρια (17 taxa) (Πίνακας 2). Περισσότερο από κάθε άλλη ομάδα φυτοπλαγκτού τα κυανοβακτήρια έχουν συνδεθεί με τον ευτροφισμό των νερών και τα προβλήματα που δημιουργούν με τη μεγάλη ανάπτυξή τους (Reynolds & Walsby, 1975). Στην παρούσα έρευνα προσδιορίστηκαν 14 taxa κυανοβακτηρίων σε επίπεδο είδους και 3 σε επίπεδο γένους (Πίνακας 2).

## Συζήτηση

Από τα είδη των κυανοβακτηρίων που προσδιορίστηκαν στη λίμνη Παμβώτιδα το *M. aeruginosa* έχει κοσμοπολιτική εξάπλωση και αποτελεί κοινό είδος των ευτροφικών και υπερτροφικών εσωτερικών επιφανειακών νερών (Reynolds, 1984a). Έχει παρατηρηθεί συχνά σε ευτροφικές λίμνες της Ελλάδας όπως: Λίμνη Καστοριάς (Moustaka-Gouni et al., 2007), Βόλβη (Moustaka-Gouni, 1988), Μικρή Πρέσπα (Tryfon et al., 1997), Δοϊράνη (Temponeras et al., 2000), Κερκίνη, Βιστωνίδα, Αμβρακιά και Ζάζαρη (Vardaka et al., 2005).

Τα είδη *Anabaena flos-aquae* και *Aphanizomenon issatschenkoii* έχουν επίσης παρατηρηθεί σε ένα μεγάλο αριθμό λιμνών όπως οι λίμνες Καστοριάς (Moustaka-Gouni et al., 2007), Δοϊράνης (Temponeras et al., 2000), Κερκίνης και Ζάζαρης (Vardaka et al., 2005).

Τα είδη *Limnothrix redekei*, *Anabaena affinis* και *Cylindrospermopsis raciborskii* έχουν αναφερθεί στη λίμνη της Καστοριάς (Vardaka et al., 2000).

Το είδος *Chroococcus limneticus* και το *Aphanocapsa* sp. έχουν αναφερθεί στις λίμνες Μικρή Πρέσπα (Tryfon et al., 1997), και Βόλβη (Moustaka-Gouni, 1988).

Τέλος η μοναδική αναφορά στην Ελλάδα για το είδος *Jaaginema subtilissima*, είναι στη λίμνη Δοϊράνη (Temponeras et al., 2000).

### 5.3. Βιομάζα κυανοβακτηρίων

Τα κυανοβακτήρια συμμετείχαν σε ποσοστό περίπου 90% της συνολικής βιομάζας του φυτοπλαγκτού. Το υπόλοιπο 10% αποτελούνταν κυρίως από διάτομα, δινοφύκη και χλωροφύκη. Η επικράτηση των κυανοβακτηρίων έναντι των άλλων φυτοπλαγκτικών οργανισμών, υποδεικνύει τον υπερτροφικό χαρακτήρα της λίμνης (Alvarez Cobelas & Jacobsen, 1992). Οι παράγοντες, φυσικοί και χημικοί, που εν δυνάμει ρυθμίζουν την επικράτηση των κυανοβακτηρίων είναι πολλοί (Paerl, 1996). Στη λίμνη Παμβώτιδα ορισμένοι παράγοντες που πιθανόν να ευνόησαν την επικράτηση των κυανοβακτηρίων είναι:

α) η υψηλή θερμοκρασία του νερού. Καθ' όλη τη διάρκεια της παρούσας έρευνας οι τιμές θερμοκρασίας ήταν > 19°C. Είναι γνωστό ότι σε ευτροφικά νερά όταν η θερμοκρασία του νερού ξεπερνά τους 20°C, αυξάνεται η πιθανότητα επικράτησης των κυανοβακτηρίων (Paerl, 1996).

## Συζήτηση

β) ο ασβεστολιθικός χαρακτήρας της λίμνης Παμβώτιδας που επάγει υψηλές τιμές pH. Από μία έρευνα των Romero et al. (2002), διαπιστώθηκε ότι στη λίμνη Παμβώτιδα οι τιμές pH κυμαίνονται από 6,7 – 8,4. Είναι γνωστό ότι οι υψηλές τιμές pH / χαμηλή συγκέντρωση CO<sub>2</sub>, ευνοούν την επικράτηση των κυανοβακτηρίων λόγω της υψηλότερης ικανότητάς τους να αφομοιώνουν CO<sub>2</sub> (Reynolds, 1997).

γ) τα κυανοβακτήρια που αναγνωρίστηκαν στο φυτοπλαγκτό κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας είναι ευμεγέθη (π.χ. αποικίες *Microcystis aeruginosa* διαμέτρου 140 μm, μεγάλα τριχώματα *Anabaena flos-aquae*), γεγονός που μειώνει την πιθανότητα βόσκησής τους από το ζωοπλαγκτό (Sommer et al. 1986)

δ) η ανάμειξη της στήλης του νερού που συνήθως συνδυάζεται με χαμηλή διαφάνεια του νερού. Ορισμένα κυανοβακτήρια έχουν σχετικά υψηλότερη ταχύτητα αύξησης σε χαμηλές φωτεινές εντάσεις και επομένως είναι περισσότερα ανταγωνιστικά σε σχέση με τους άλλους φυτοπλαγκτικούς οργανισμούς (Dokulil & Teubner, 2000).

Υψηλές τιμές βιομάζας των κυανοβακτηρίων σε λίμνες της εύκρατης ζώνης παρατηρούνται κυρίως την περίοδο καλοκαίρι φθινόπωρο (Sommer et al., 1986; Cook et al., 2004). Στη λίμνη Παμβώτιδα οι τιμές βιομάζας κυανοβακτηρίων κυμάνθηκε από 1,6 – 72,6 mg L<sup>-1</sup> στον πελαγικό σταθμό και από 90,2 – 4197,5 mg L<sup>-1</sup> στον παράκτιο σταθμό. Οι μέγιστες τιμές βιομάζας που παρατηρήθηκαν στον πελαγικό σταθμό της λίμνης Παμβώτιδας είναι: α) μεγαλύτερες ή παρόμοιες (2 – 70 mg L<sup>-1</sup>) με αυτές που έχουν αναφερθεί σε άλλες ελληνικές εύτροφες λίμνες π.χ. λίμνη Καστοριάς (ελάχιστη που έχει αναφερθεί 11 mg L<sup>-1</sup>) (Βαρδακα, 2001), λίμνη Μικρή. Πρέσπα (μέγιστη τιμή βιομάζας που έχει αναφερθεί 35 mg L<sup>-1</sup>) (Tryfon et al., 1997), 12 mg L<sup>-1</sup> λίμνη Βόλβη (Moustaka-Gouni & Tsekos, 1989), 9 mg L<sup>-1</sup> στη λίμνη Βεγορίτιδα (Moustaka-Gouni & Nikolaidis, 1990) και β) παρόμοιες ή μικρότερες με αυτές (40 – 175 mg L<sup>-1</sup>) που έχουν αναφερθεί σε ορισμένες ευτροφικές και υπερτροφικές ρηχές λίμνες της εύκρατης ζώνης π.χ. λίμνη Arreskov, Δανία (Jacobsen, 1994), λίμνες Veveri, Võrtsjärv και Ülemiste, Εστονία (Olli, 1996) και η λίμνη Balaton, Ουγγαρία (Padisák & Istvánovics, 1997).

Η βιομάζα των κυανοβακτηρίων εμφάνισε υψηλή χρονική μεταβλητότητα τόσο στον πελαγικό (CV> 75%) όσο και στον παράκτιο σταθμό (CV> 81%). Υψηλές χρονικές μεταβολές της βιομάζας των κυανοβακτηρίων έχουν παρατηρηθεί σε ρηχές ευτροφικές ή υπερτροφικές λίμνες (Jacobsen, 1994; Padisák & Istvánovics, 1997).

## Συζήτηση

Η βιομάζα των κυανοβακτηρίων στη λίμνη Παμβώτιδα εμφάνισε δύο πρότυπα κατανομής κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας:

α) σχεδόν ομοιόμορφη κατακόρυφη κατανομή. Η ομοιόμορφη κατανομή παρατηρήθηκε στον πελαγικό στις ημερομηνίες 10/08/09 και 10/10/09 και συνδεόταν με συμβάντα ανάμειξης λόγω μετεωρολογικών φαινομένων

β) μη ομοιόμορφη κατανομή που χαρακτηρίζεται από άνθιση στο επιφανειακό στρώμα νερού της λίμνης. Άνθιση του νερού παρατηρήθηκε στο επιφανειακό στρώμα νερού του πελαγικού σταθμού την περίοδο 30/8/09 έως 30/09/09, ενώ στον παράκτιο σταθμό σε όλη τη διάρκεια της παρούσας έρευνας. Στη λίμνη Παμβώτιδα όλα τα κυανοβακτήρια συμμετείχαν στην άνθιση του νερού.

### 5.3.1 Επικρατούντα κυανοβακτήρια

Με βάση την ποσοστιαία συμμετοχή του κάθε είδους κυανοβακτηρίου στη συνολική βιομάζα του φυτοπλαγκτού προσδιορίστηκαν 6 επικρατούντα είδη (συμμετοχή > 10% επί της συνολικής βιομάζας για κάθε ημερομηνία και σταθμό ξεχωριστά). Τα επικρατούντα είδη στη λίμνη Παμβώτιδα είναι τα *M. aeruginosa*, *Anabaena flos-aquae*, *A. affinis*, *Limnothrix redekei*, *Planktothrix agardhii*, *Aphanizomenon issatschenkoii*. Αυτά τα είδη είναι χαρακτηριστικά των εύτροφων και υπερεύτροφων λιμνών (Padisák et al., 2009). Στην Ελλάδα ειδικότερα, **taxa** κυρίως των γενών *Microcystis* ή *Anabaena* έχουν βρεθεί να επικρατούν στις ευτροφικές λίμνες, Βόλβη (Moustaka-Gouni and Tsekos, 1989), Μικρή Πρέσπα (Tryfon et al., 1997), Δοϊράνη (Temponeras et al., 2000) και Καστοριάς (Vardaka et al., 2000). Το είδος *Limnothrix redekei* έχει αναφερθεί ως επικρατόν μόνο στη λίμνη της Καστοριάς (Vardaka et al., 2005), ενώ για τα είδη *Aphanizomenon issatschenkoii* και *Planktothrix agardhii* δεν υπάρχουν προηγούμενες αναφορές για την επικράτησή τους.

### 5.3.2 Ομαδοποίηση επικρατούντων κυανοβακτηρίων

Τα επικρατούντα είδη κυανοβακτηρίων στη λίμνη Παμβώτιδα μπορούν να διακριθούν σε τρεις ομάδες με βάση τα διαφορετικά πρότυπα χρονικής και χωρικής κατανομής που αυτά εμφανίζουν.

Η πρώτη ομάδα αποτελείται από τα αζωτοδεσμευτικά είδη *Anabaena flos-aquae*, *A. affinis* και *Aphanizomenon issatschenkoii*. Όλα απέκτησαν μέγιστες τιμές βιομάζας κατά την πρώτη ημερομηνία δειγματοληψίας



## Συζήτηση

(01/08/09) (Εικόνες 4.8, 4.12, 4.13), σε περίοδο όπου εμφανίστηκαν οι υψηλότερες θερμοκρασίες (θερμοκρασιακό εύρος νερού μεταξύ σταθμών 26-29°C). Επιπλέον, η ημερομηνία επικράτησής τους, συμπίπτει με τη μέγιστη περίοδο (25 ημέρες) χωρίς την εκδήλωση βροχόπτωσης (Παράρτημα 1) και επομένως μικρότερης εισαγωγής θρεπτικών (π.χ.  $\text{NO}_3$ ) που τα καθιστά ανταγωνιστικά επικρατέστερα σε σχέση με τα υπόλοιπα μη αζωτοδεσμευτικά είδη. Ο ρυθμός αύξησης των τριών ειδών κυμάνθηκε από  $-0,06$  έως  $0,04 \text{ d}^{-1}$  για το *Aphanizomenon issatschenkoi*, από  $-0,1$  έως  $0,02 \text{ d}^{-1}$  για το *Anabaena affinis* και  $-0,62$  έως  $0,36 \text{ d}^{-1}$  για το *Anabaena flos-aquae*. Ο ρυθμός αύξησης ήταν παρόμοιος μεταξύ των τριών ειδών. Τα τρία είδη εμφανίζουν σχετικά υψηλότερες τιμές βιομάζας στα βάθη B2 και B3 (Εικόνα 4.20)

Η δεύτερη ομάδα αποτελείται ουσιαστικά από ένα είδος, το *Microcystis aeruginosa*. Η βιομάζα του αυξανόταν σταδιακά αποκτώντας τις μέγιστες τιμές την περίοδο (30/08/09 έως 10/09/09) περίοδος που συμπίπτει με τις ευνοϊκότερες συνθήκες ανάπτυξης του σύμφωνα με την οικολογία του (pH: >8, χαμηλά επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου και σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας (Kagalou et al., 2001). Την περίοδο αυτή παρατηρήθηκαν και οι μέγιστες τιμές βιομάζας, ενώ η ποσοστιαία αναλογία του *M. aeruginosa* επί της συνολικής βιομάζας κυμάνθηκε από 91-99%. Ο ρυθμός αύξησης του *M. aeruginosa* κυμάνθηκε από  $-0,18$  έως  $0,36 \text{ d}^{-1}$  και ήταν ο υψηλότερος σε σχέση με τα υπόλοιπα κυανοβακτήρια. Ο ρυθμός αύξησης του *M. aeruginosa* δεν εμφάνισε καμία συσχέτιση με τα υπόλοιπα επικρατούντα κυανοβακτήρια. Το γένος *Microcystis* θεωρείται ότι συμμετέχει στο όψιμο θερινό φυτοπλαγκτό των λιμνών με θερμική στρωμάτωση, αφού οι συνθήκες που ενεργοποιούν την ανάπτυξη των αποικιών που διαχειμάζουν λαμβάνουν χώρα μόνο κατόπιν στρωμάτωσης της λίμνης (Reynolds, 1984b). Τα συχνά συμβάντα ανάμειξης που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας στη λίμνη Παμβώτιδα δεν φαίνεται να περιορίζουν την αύξηση της βιομάζας του. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν αναφερθεί και από άλλες ρηχές εύτροφες λίμνες όπως για παράδειγμα λίμνη Μ. Πρέσπα (Tryfon et al., 1997) και λίμνη Καστοριάς (Vardaka et al., 2000). Το *M. aeruginosa* εμφάνισε σχετικά υψηλότερες τιμές στο βάθος 1 (Στ.1 B1) της στήλης του νερού (Εικόνα 4.20). Το είδος αυτό χαρακτηρίζεται από την δυνατότητα κατακόρυφης μετακίνησης με τα αεροτόπια που διαθέτει και από την ανάγκη μεγαλύτερης ηλιακής ακτινοβολίας (Reynolds, 1984a). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τον

## Συζήτηση

σχηματισμό αποικιών που ευθύνονται σε μεγάλο βαθμό για το σχηματισμό κυανοβακτηριακού ανθού ή κυανοβακτηριακής κρούστας.

Η τρίτη ομάδα αποτελείται από το είδος *Limnothrix redekei* και το είδος *Planktothrix agardhii*. Τα δύο είδη κυανοβακτηρίων εμφάνισαν πολύ χαμηλές τιμές βιομάζας κατά την θερμότερη περίοδο (01-30/08/09) ενώ στη συνέχεια υπήρξε σταδιακή αύξηση της βιομάζας τους με αποτέλεσμα να επικρατούν την περίοδο 30/09/09 έως 10/10/09 (η ψυχρότερη περίοδος κατά τη διάρκεια της έρευνας). Το χρονικό πρότυπο μεταβολής της βιομάζας του κάθε είδους για κάθε βάθος του πελαγικού σταθμού ήταν παρόμοιο (Εικόνα 4.9 & 4.10). Η επικράτησή τους στη στήλη του νερού συμπίπτει με συμβάντα ανάμειξης της στήλης (θερμοκρασιακό εύρος νερού 19-21,8°C στα τρία βάθη του πελαγικού σταθμού). Ιδιαίτερα οικολογικά χαρακτηριστικά τους όπως: α) η ικανότητα ρύθμισης της πλευστότητάς τους με αεροτόπια (Meffert, 1987; Komárek & Anagnostidis, 2005), β) η ανθεκτικότητα στην ανάμειξη (Padisák et al., 2009) και γ) η ανθεκτικότητα στη σκίαση και τη βόσκηση από το ζωοπλαγκτό (Reynolds, 1994), τα καθιστούν ανταγωνιστικά. Αμφότερα εμφανίζουν σχετικά υψηλότερες τιμές βιομάζας στα βάθη B2 και B3 (Εικόνα 4.20). Ο ρυθμός αύξησης των *Limnothrix redekei* και *Planktothrix agardhii* κυμάνθηκε από -0,04 έως 0,07 και -0,015 έως 0,05 αντίστοιχα.

### 5.4 Εν δυνάμει τοξικά κυανοβακτήρια – Εκτίμηση οικολογικής κατάστασης

Κατά τη διάρκεια της παρούσας μελέτης στη λίμνη Παμβώτιδα, παρατηρήθηκαν είδη που είναι γνωστά για την παραγωγή τοξινών (*Microcystis aeruginosa*, *Anabaena flos-aquae*, *Aphanizomenon issatschenkoii*, *Planktothrix agardhii* και *Cylindrospermopsis raciborski*), (Sivonen & Jones 1999). Εκτός του *Cylindrospermopsis raciborski*, τα υπόλοιπα χαρακτηρίστηκαν ως επικρατεί είδη σύμφωνα με τις τιμές βιομάζας που εμφάνισαν ως προς την συνολική φυτοπλαγκτική βιομάζα.

Η μελέτη της συσχέτισης της βιομάζας των εν δυνάμει τοξικών κυανοβακτηρίων ως προς τη συνολική κυανοβακτηριακή βιομάζα εμφανίζει μια τάση της τελευταίας να αποτελείται κυρίως από τα εν δυνάμει τοξικά κυανοβακτήρια. Στην πραγματικότητα όσο μεγαλύτερη η συνολική βιομάζα των κυανοβακτηρίων (CBM) τόσο αυξάνονταν η συνεισφορά των εν δυνάμει τοξικών κυανοβακτηρίων (TCBM) στην πρώτη (CBM) (Εικόνα 4.21). Τα τοξικά είδη κυανοβακτηρίων δεν

## Συζήτηση

αποτελούν είδη που επηρεάζονται από τη βόσκηση και επομένως αυτό μπορεί να οδηγήσει τη συνολική κυανοβακτηριακή βιομάζα να συνίσταται κυρίως από τα τοξικά είδη (TCBM) (Vardaka et al., 2005).

Με βάση τα όρια συναγερμού που έχουν θεσπιστεί και ορίζονται από τον Π.Ο.Υ. για την καταλληλότητα χρήσης του νερού για υδροδότηση φαίνεται ότι το νερό της λίμνης Παμβώτιδας είναι ακατάλληλο διότι όλες οι τιμές βιομάζας βρίσκονται πάνω από τον «Ουδό Συναγερμού 1» και πολλές από αυτές βρίσκονται πάνω και από τον «Ουδό Συναγερμού 2» (Εικόνες 4.22 & 4.23). Κρίνεται λοιπόν απαραίτητος ο σχεδιασμός και η εφαρμογή προληπτικών μέτρων για την προστασία της δημόσιας υγείας, των κτηνοτροφικών ζώων αλλά και ψαριών που καλλιεργούνται και της άγριας πανίδας. Για τον σωστότερο και αποτελεσματικότερο σχεδιασμό απαιτείται η κατανόηση παραγόντων όπως για παράδειγμα οι παράγοντες που ευνοούν την παρουσία των κυανοβακτηρίων, η αναγνώριση των εν δυνάμει τοξικών κυανοβακτηρίων, ο προσδιορισμός των επιπέδων συγκέντρωσης των κυανοβακτηριακών τοξινών στο οικοσύστημα της λίμνης (Bartram et al., 1999).

Το γεγονός ότι στη λίμνη Παμβώτιδα λαμβάνει χώρα ένας μεγάλος αριθμός δραστηριοτήτων αναψυχής (ναυταθλητισμός, αλιεία κ.α.) και δεδομένου ότι ο Π.Ο.Υ. έχει ορίσει ελάχιστα όρια για τον έλεγχο και την ασφάλεια των υδάτων που χρησιμοποιούνται γι' αυτόν τον σκοπό (βασισζόμενα στα επίπεδα αφθονίας ή βιομάζας των κυανοβακτηρίων), προκύπτει ότι τα επίπεδα των τελευταίων βρίσκονται πάνω από τον «Ουδό Καθοδήγησης 1» ( $2 \text{ mg L}^{-1}$ , Μικρή πιθανότητα κινδύνου). Πολλές από τις τιμές βιομάζας του πελαγικού σταθμού και κυρίως οι τιμές που αναφέρονται στα βάθη 1 και 2 (Στ.1 B1 και Στ.1 B2 αντίστοιχα), βρίσκονται πάνω από τον «Ουδό Καθοδήγησης 2» ( $10 \text{ mg L}^{-1}$ , Μέτρια πιθανότητα κινδύνου), ενώ οι περισσότερες τιμές βιομάζας του παράκτιου σταθμού βρίσκονται πάνω ακόμα και από τον «Ουδό Καθοδήγησης 3» (βιομάζα  $>100 \text{ mg L}^{-1}$ , Μεγάλη πιθανότητα κινδύνου). Με βάση τις δράσεις που προτείνει ο Π.Ο.Υ. και τις τιμές βιομάζας που μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας στη λίμνη Παμβώτιδα, χρειάζεται, για τις περιπτώσεις που ξεπερνούν τον Ουδό καθοδήγησης 2, να γίνει ενημέρωση των αρμοδίων αρχών, να γίνει τοποθέτηση προειδοποιητικών πινακίδων, να υπάρχει παρακολούθηση για τυχόν σχηματισμό κυανοβακτηριακής κρούστας και περαιτέρω έρευνα για τους κινδύνους που ελοχεύουν. Στην περίπτωση που η τιμές της βιομάζας υπερβαίνουν τον Ουδό Καθοδήγησης 3 πρέπει επιπλέον να υπάρξει άμεση δράση για την αποτροπή επαφής του πληθυσμού με την κυανοβακτηριακή κρούστα, απαγόρευση δραστηριοτήτων που

## Συζήτηση

φέρουν τον πληθυσμό σε άμεση επαφή με το νερό και επακόλουθη έρευνα για τη δημόσια υγεία.

Προηγούμενη έρευνα που πραγματοποιήθηκε στη λίμνη Παμβώτιδα κατά την περίοδο 1999-2000 (Vardaka et al., 2005) εμφανίζει παρόμοιες τιμές βιομάζας κυανοβακτηρίων με τις τιμές που προέκυψαν στην παρούσα εργασία (Εικόνα 24). Προκύπτει λοιπόν, ότι παρ'όλες τις προσπάθειες διαχείρισης τόσο από τον Φορέα Διαχείρισης της λίμνης, όσο και από το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, δεν έχει παρατηρηθεί σημαντική βελτίωση της οικολογικής κατάστασης της λίμνης Παμβωτίδας και απαιτείται εντατικοποίηση των προσπαθειών με γνώμονα το κοινό συμφέρον περιοχής.

6.

### 6.1 Λίμνη Παμβώτιδα

Η λίμνη Παμβώτιδα μπορεί να θεωρηθεί ως πολυμεικτικού τύπου λίμνη: κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου παρατηρήθηκε θερμική στρωμάτωση με θερμόκλινο ( $>1^{\circ}\text{C m}^{-1}$ ) που σχηματίστηκε σε διαφορετικά βάθη, με χρονική διάρκεια μικρότερη των 10 ημερών και εναλλάσσονταν με συμβάντα ανάμειξης της στήλης του νερού.

Η φυτοπλαγκτική σύνθεση της λίμνης Παμβώτιδας αποτελούνταν από 77 taxa με αντιπροσώπους από τις ταξινομικές ομάδες των κυανοβακτηρίων, των χλωροφυκών, των διατόμων, των δινοφυκών, των κρυπτοφυκών των ξανθοφυκών, των ευγληνοφυκών, των χρυσοφυκών και των συζυγών φυκών. Η πολυπληθέστερη ομάδα ήταν τα χλωροφύκη με 35 είδη και ακολούθως τα κυανοβακτήρια με 17 είδη. Ο αριθμός των ειδών που αναφέρθηκαν για πρώτη φορά στη λίμνη Παμβώτιδα είναι 43. Ο υψηλότερος αριθμός ειδών παρατηρήθηκε σε περιόδους με μικρή βιομάζα κυανοβακτηρίων και με τις μικρότερες θερμοκρασιακές τιμές που σημειώθηκαν κατά την περίοδο έρευνας, ενώ ο μικρότερος αριθμός ειδών συμπίπτει με την μεγαλύτερη βιομάζα κυανοβακτηρίων ( $4197\text{mg L}^{-1}$ ).

Τα κυανοβακτήρια ήταν οι επικρατέστεροι οργανισμοί έναντι των άλλων φυτοπλαγκτικών οργανισμών. Συνολικά 14 taxa κυανοβακτηρίων προσδιορίστηκαν σε επίπεδο είδους και 3 σε επίπεδο γένους. Η παρουσία του *Microcystis aeruginosa* και του *Anabaena flos-aquae* είχε αναφερθεί, ενώ των υπολοίπων 12 αναφέρεται για πρώτη φορά.

Η κυανοβακτηριακή βιομάζα στη λίμνη Παμβώτιδα ήταν υψηλή ( $>2\text{mg L}^{-1}$ ) και εμφανίζει χρονική και χωρική μεταβολή.

#### A. Χρονική μεταβολή

Η βιομάζα των κυανοβακτηρίων εμφάνισε υψηλή χρονική μεταβλητότητα τόσο στον πελαγικό ( $\text{CV} > 75\%$ ) όσο και στον παράκτιο σταθμό ( $\text{CV} > 81\%$ ) που είναι αποτέλεσμα του ευτροφικού χαρακτήρα της λίμνης.

Η υψηλότερη τιμή βιομάζας που παρατηρήθηκε στον πελαγικό σταθμό σημειώθηκε στις 10/09/09 ( $72,6 \text{ mg L}^{-1}$ ) ενώ στον παράκτιο σταθμό σημειώθηκε στις 30/08/09 ( $4197,5 \text{ mg L}^{-1}$ ).

#### B. Χωρική μεταβολή

## Συμπεράσματα

Παρατηρήθηκαν δύο διαφορετικά πρότυπα κατανομής των κυανοβακτηρίων:

α) Σχεδόν ομοιόμορφη κατανομή, όπου σημειώθηκε στον πελαγικό σταθμό και συνδέεται με συμβάντα ανάμειξης της στήλης του νερού. Τις ημερομηνίες που σημειώθηκε υπήρχε ομοιόμορφη κατανομή της βιομάζας των κυανοβακτηρίων τόσο μεταξύ των βαθών του πελαγικού σταθμού όσο και μεταξύ των σταθμών πελαγικού και παράκτιου.

β) Μη ομοιόμορφη κατανομή που χαρακτηρίζεται από επιπολασμό κυανοβακτηρίων. Επικρατούσαν συνθήκες που δεν επιτρέπουν την ανάμειξη του νερού και ευνοούν την αύξηση της κυανοβακτηριακής βιομάζας στα επιφανειακά στρώματα νερού με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή της βιομάζας τόσο μεταξύ των βαθών στο πελαγικούς σταθμούς όσο και μεταξύ των επιφανειακών στρωμάτων νερού του παράκτιου και του πελαγικού σταθμού.

Τα *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena flos-aquae*, *Anabaena affinis*, *Limnothrix redekei*, *Planktothrix agardhii* και *Aphanizomenon issatschenkoii* επικρατούσαν στη λίμνη Παμβώτιδα κατά τη διάρκεια της περιόδου έρευνας. Αυτά τα είδη είναι χαρακτηριστικά των ευτροφικών και υπερτροφικών λιμνών. Τα επικρατούντα είδη κυανοβακτηρίων στη λίμνη Παμβώτιδα μπορούν να διακριθούν σε τρεις ομάδες με βάση τόσο τα διαφορετικά πρότυπα χρονικής και χωρικής κατανομής που αυτά εμφανίζουν όσο και με βάση το ρυθμό αύξησης.

Η πρώτη ομάδα αποτελείται από τα αζωτοδεσμευτικά είδη *Anabaena flos-aquae*, *A. affinis* και *Aphanizomenon issatschenkoii*. Όλα απέκτησαν μέγιστες τιμές βιομάζας, σε περίοδο όπου εμφανίστηκαν οι υψηλότερες θερμοκρασίες και με το μεγαλύτερο διάστημα χωρίς εκδήλωση βροχόπτωσης. Σε αυτές τις συνθήκες καθίστανται ανταγωνιστικά επικρατέστερα έναντι των άλλων ειδών. Ο ρυθμός αύξησης ήταν παρόμοιος μεταξύ των τριών ειδών και εμφάνισαν σχετικά υψηλότερες τιμές βιομάζας στα βάθη B2 και B3.

Η δεύτερη ομάδα αποτελείται από ένα είδος, το *Microcystis aeruginosa*. Η βιομάζα του αυξανόταν σταδιακά αποκτώντας τις μέγιστες τιμές την περίοδο (30/08/09 έως 10/09/09) περίοδος η οποία ευνοεί το όψιμο θερινό φυτοπλαγκτό των λιμνών με θερμική στρωμάτωση. Την περίοδο αυτή παρατηρήθηκαν και οι μέγιστες τιμές βιομάζας, και η βιομάζα του συμμετείχε σε ποσοστό από 91-99% επί της συνολικής βιομάζας. Ο ρυθμός αύξησης του *M. aeruginosa* ήταν ο υψηλότερος και δεν

## Συμπεράσματα

εμφάνισε καμία συσχέτιση με τα υπόλοιπα κυανοβακτήρια σε σχέση με τα υπόλοιπα επικρατούντα κυανοβακτήρια.

Η τρίτη ομάδα αποτελείται από το είδος *Limnothrix redekei* και το είδος *Planktothrix agardhii*. Η βιομάζα των δύο ειδών κυανοβακτηρίων αυξήθηκε σταδιακά με αποτέλεσμα να επικρατούν την ψυχρότερη περίοδο κατά τη διάρκεια της περιόδου έρευνας (30/09/09 έως 10/10/09). Το χρονικό πρότυπο μεταβολής της βιομάζας του κάθε είδους για κάθε βάθος του πελαγικού σταθμού ήταν παρόμοιο. Η επικράτησή τους στη στήλη του νερού συμπίπτει με συμβάντα ανάμειξης της στήλης (μικρό θερμοκρασιακό εύρος) που ευνοεί τα ιδιαίτερα οικολογικά χαρακτηριστικά των δύο ειδών (διαθέτουν αεροτόπια για ρύθμιση πλευστότητας και είναι ανθεκτικά στην ανάμειξη και στη βόσκηση από το ζωοπλαγκτό). Αμφότερα εμφανίζουν σχετικά υψηλότερες τιμές βιομάζας στα βάθη B2 και B3 (Εικόνα 4.20). Ο ρυθμός αύξησης των *Limnothrix redekei* και *Planktothrix agardhii* κυμάνθηκε από -0,04 έως 0,07 και -0,015 έως 0,05 αντίστοιχα.

## 6.2 Τοξικοί επιπολασμοί και ορια ασφαλείας

Τέσσερα είδη από τα επικρατούντα κυανοβακτήρια (*Microcystis aeruginosa*, *Anabaena flos-aquae*, *Aphanizomenon issatschenkoii*, και *Planktothrix agardhii*) που παρατηρήθηκαν στη λίμνη Παμβώτιδα είναι γνωστά για την παραγωγή τοξινών. Η μελέτη της συσχέτισης της βιομάζας των εν δυνάμει τοξικών κυανοβακτηρίων ως προς τη συνολική κυανοβακτηριακή βιομάζα εμφανίζει μια τάση της τελευταίας να αποτελείται κυρίως από τα εν δυνάμει τοξικά κυανοβακτήρια διότι α τοξικά είδη κυανοβακτηρίων δεν αποτελούν είδη που επηρεάζονται από τη βόσκηση και μπορούν να αυξάνουν σε μεγάλα επίπεδα τη βιομάζα τους.

Η λίμνη Παμβώτιδα αποτελώντας χώρο ανάπτυξης διαφόρων δραστηριοτήτων αναψυχής και με βάση τα ελάχιστα όρια που έχει ορίσει ο Π.Ο.Υ. για τον έλεγχο και την ασφάλεια των υδάτων που χρησιμοποιούνται για τον σκοπό αυτό, προκύπτει ότι οι τιμές βιομάζας του επιφανειακού στρώματος νερού που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης βρίσκονται πάνω από τον «Ουδό Καθοδήγησης 2» και ορισμένες από αυτές πάνω από τον «Ουδό Καθοδήγησης 3» (κυρίως όσον αφορά τις τιμές για τον παράκτιο σταθμό). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανάγκη άμεσης εφαρμογής μέτρων προστασίας και ενημέρωσης του πληθυσμού για την αποφυγή δυσάρεστων συνεπειών στην υγεία των ανθρώπων.

## Βιβλιογραφία

### Διεθνής Βιβλιογραφία

Alvarez Cobelas, M. & B. A. Jacobsen, 1992. Hypertrophic phytoplankton: An overview. *Freshwater Forum*, 2: 184-199.

Anagnostidis, K., and Oikonomou-Amilli, A., 1980. Limnological studies on Lake Pamvotis (Ioannina), Greece. *Arch. Hydrobiol.*, 89(3): 313-342

Bartzokas, A. and Metaxas, D.A., 1995. Factor Analysis of some climatological elements in Athens. *Theoretical and applied climatology*, 52: 195-205.

Castenholz, R. W., 1988. Culturing methods for cyanobacteria. *Methods Enzymol.*, 167: 68-93.

Codd, G.A., Morrison, L.F., Metcalf, J., 2005. Cyanobacterial toxins: risk management for health protection. *Toxicol. Appl. Pharm.* 203: 264-272.

Dafis, S., Papastergiadou, E., Georgiou, K., Babalonas, D., Georgiadis, T., Papageorgiou, M., Lazaridou, M., and Tsiaoussi, V., 1996. Directive 92/43/EEC. The Greek 'Habitat' Project NATURA 2000: An Overview.-Life Cotract B4-3200/94/756, Commission of the European Communities DG XI, The Goulandris Natural History Museum- Greek Biotope/Wetland Centre. pp. 917

Dokullil, M.T., Teubner, K. 2000. Cyanobacterial dominance in lakes. *Hydrobiologia*, 438: 1-12.

Falconer, I.R., Bartram, J., Chorus, I., Kuiper-Goodman, T., Utkilen, H., Burch, M., Codd, G.A., 1999. Safe levels and safe practices. -In: Chorus, I., Bartram, J. (Eds). *Toxic Cyanobacteria in Water*. First Edition. World Health Organization, E. & F.N. Spon, London and New York, pp. 155-178.

Fitzgerald, D.J., 2001. Cyanotoxins and human health-Overview. -In: Chorus I, (Ed). *Cyanotoxins: Occurrence, causes, consequences*. Berlin: Springer. pp 75-78.

Foy, R. H., 1980. The influence of surface to volume ratio on the growth rate of planktonic blue-green algae. *Br. Phycol. J.*, 15: 278-289.

Gkelis, S., Harjunpää, V., Lanaras T. & Sivonen, K., 2005. Diversity of hepatotoxic microcystins and bioactive anabaenopeptins in cyanobacterial blooms from Greek freshwaters. *Environ. Toxicol.*, 20: 249-256.



## Βιβλιογραφία

Gkelis, S., Lanaras, T., Sivonen, K. 2006 The presence of microcystins and other cyanobacterial bioactive peptides in aquatic fauna collected from Greek freshwaters. *Aquat. Toxicol.*, 78: 32-41

Georgiadis, Th., Artelari, P., Chondropoulos V., Kaspiris, P. and Legakis, A., 2000. *Natura biotopes*, Proj. Report, Univ. of Patras, Univ. of Athens, Greece.

Hillebrand, H., Dürselen, D.C., Kirschtel, D., Pollinger, U. & Zohary, T., 1999. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *J. Phycol.* 35: 403-424.

Huber-Pestalozzi, G., 1938. *Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie. I. Allgemeiner Teil., Blaualgen, Bakterien, Pilze.* -In Thienemann, A. (Ed), *Die Binnengewässer*, 16, Schweizerbart, Stuttgart, pp. 1-342.

Huisman, J., Sharples, J., Stroom, M., Visser, P. M., Kardinaal, W. E. A., Verspagen, J. M. H. and Sommeijer, B., 2004. Changes in turbulence mixing shift competition for light between phytoplankton species. *Ecology*, 85(11): 2960-2970.

Jacobsen, B. A., 1994. Bloom formation of *Gloeotrichia echinulata* and *Aphanizomenon flos-aquae* in a shallow, eutrophic, Danish lake. *Hydrobiologia*, 289: 193-197.

Kagalou, I. and Leonardos, I., 2009. Typology, classification and management issues of Greek lakes: implication of the Water Framework Directive (2000/60/EC). *Environ. Monit. Assess*, 150: 469-484

Kagalou, I., Tsimarakis, G. and Paschos, I., 2001. Water chemistry and biology in a shallow lake (Lake Pamvotis – Greece). Present state and perspectives. *Global Nest: the Intern. Journal*, 3(2): 85-94

Komárek, J., Anagnostidis, K. 1999 *Cyanoprokaryota. 1. Teil: Chroococcales. Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 19/1.* Spektrum Akademischer Verlag, pp 27-30, 270-323.

Komárek, J. & Komárková, J., 2004. Taxonomic review of the cyanoprokaryotic genera *Planktothrix* and *Planktothricoides*. *Czech Phycology*, Olomouc, 4: 1-18

Komárek, J., Anagnostidis, K. 2005. *Cyanoprokaryota. 2. Teil: Oscillatoriales Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 19/2.* Spektrum Akademischer Verlag, pp 1-759.

## Βιβλιογραφία

Komárek, J. and Zapomělová, E., 2007. Planktic morphospecies of the cyanobacterial genus *Anabaena* = subg. *Dolichospermum* – 1. part: coiled types. *Fottea*, Olomouc, 7(1):1-31

Komárek, J. and Zapomělová, E., 2008. Planktic morphospecies of the cyanobacterial genus *Anabaena* = subg. *Dolichospermum* – 2. part: straight types. *Fottea*, Olomouc, 8(1):1-14

Kuiper-Goodman, T., Falconer, I., Fitzgerald, J., 1999. Human health aspects. –In: Chorus, I., Bartram, J., (Eds). *Toxic Cyanobacteria in Water*. World Health Organization, E & FN Spon, London and New York, pp. 113-153.

Legendre, P. and Legendre, L., 1998. *Numerical ecology*, 2nd English Edition. *Developments in Environmental Modelling* 20, Elsevier, Amsterdam. pp 870.

Meffert, M. E., 1987. Planktic unsheathed filaments (Cyanophyceae) with polar and central gas-vacuoles. I. Their morphology and taxonomy. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 76: 315-346.

Moss, B., Stephen, D., Balayla, D.M., Bécares, E., Collings, S.E., Fernández-Aláez, C., Fernández-Aláez, M., Ferriol, C., García, P., Gomá, J., Gyllström, M., Hansson, L.-A., Hietala, J., Kairesalo, T., Miracle, M.R., Romo, S., Rueda, J., Russell, V., Ståhl-Delbanco, A., Svensson, M., Vakkilainen, K., Valentín, M., Van de Bund, W.J., Van de Donk, E., Vicente, E. & Villena, M.J., 2004. Continental-scale patterns of nutrient and fish effects on shallow lakes: synthesis of a pan-European mesocosm experiment. *Freshwater Biology*, 49(12): 1633-1649.

Moss, B., Stephens, D., Alvarez, C., Becares, E., Van De Bund, W., Collings, S., et al., 2003. The determination of ecological status in shallow lakes—A tested system (ECOFRAME) for implementation of the European Water Framework Directive. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13: 507–549.

Moustaka-Gouni, M., 1988. The structure and dynamics of the phytoplankton assemblages in Lake Volvi, Greece. I. Phytoplankton composition and abundance during the period March 1984–March 1985. *Arch. Hydrobiol.*, 112(2): 251-264.

Moustaka-Gouni, M. & Nikolaidis, G., 1990. Phytoplankton of a warm monomictic lake – Lake Vegoritis, Greece. *Arch. Hydrobiol.*, 119: 299-313

## Βιβλιογραφία

Moustaka-Gouni, M. & I. Tsekos, 1989. The structure and dynamics of the phytoplankton assemblages in Lake Volvi, Greece. II. Phytoplankton biomass and environmental factors. Arch. Hydrobiol., 115(4): 575-588

Moustaka-Gouni, M., Vardaka, E. & Tryfon, E., 2007. Phytoplankton species succession in a shallow Mediterranean lake (L. Kastoria, Greece): steady-state dominance of *Limnothrix redekei*, *Microcystis aeruginosa* and *Cylindrospermopsis raciborskii*. Hydrobiologia, 375: 129-140.

Olli, K., 1996. Mass occurrences of cyanobacteria in Estonian waters. Phycologia, 35: 156-159

Padisák, J., Crossetti, O. L. and Naselli-Flores L., 2009. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. Hydrobiologia, 621: 1-19.

Padisák, J. & Istvánovics, V., 1997. Differential response of blue-green algal groups to phosphorus load reduction in a large shallow lake: Balaton, Hungary. Verh. Internat. Verein. Limnol. 26: 574-580.

Pearl, H. W., 1996. A comparison of cyanobacterial bloom dynamics in freshwater, estuarine and marine environments. Phycologia 35: 25-35

Pilotto, L.S., Douglas, R.M., Burch, M.D., Cameron, S., Beers, M., Rouch, G.R., Robinson, P., Kirk, M., Cowie, C.T., Hardiman, S., Moore, C., Attwell, R.G. 1997. Health effects of exposure of to cyanobacteria (blue-green algae) due to recreational water-related activities. Aust. N. Zealand J. Public Health, 21: 562-566.

Reynolds, C. S., 1997. Vegetation process in the pelagic: a model for ecosystem theory. Ecology Institute. Oldendorf, Luhe.

Reynolds, C. S., 1994. The long, the short and the stalled: on the attributes of phytoplankton selected by physical mixing in lakes and rivers. Hydrobiologia, 289: 9-21.

Reynolds, C. S., 1984 (a). The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge.

Reynolds, C. S., 1984 (b). Phytoplankton periodicity: the interactions of form, function and environmental variability. Freshwater Biol. 14: 111-142.

REYNOLDS C.S. and JAWORSKI G.H.M., 1978. Enumeration of natural *Microcystis* populations. Br. Phycol. J., 13: 269-277

## Βιβλιογραφία

- Reynolds, C.S., Walsby, A.E. 1975. Water-blooms. *Biol. Rev.* 50: 437-481
- Romero, R.J., Kagalou, I., Imberger, J., Hela, D., Kotti, M., Bartzokas, A., Albanis, T., Evmerides, N., Karkabounas, S., Papagiannis, J. and Bithava, A., 2002. Seasonal water quality of shallow and eutrophic Lake Pamvotis, Greece: implications for restoration. *Hydrobiologia*, 474: 91-105.
- Romero, J. and Imberger, J., 1999. Lake Pamvotis Project, Fin. Report, Centre for Water Research, Univ. of W. Australia, Perth, W. Australia.
- Rott, E., 1981. Some results from phytoplankton counting intercalibrations. *Schweiz. Z. Hydrol.* 43(1): 34-62.
- Sandgren, C. D. and Robinson, J. V., 1984. A stratified sampling approach to compensating for non-random sedimentation of phytoplankton cells in inverted microscope settling chambers. *Br. Phycol. J.*, 19: 67-72.
- Sivonen, K. and Jones, G., 1999. Cyanobacterial toxins. -In: Chorus I. and Bartram J. (eds). *Toxic cyanobacteria in water*. and FN Spon, London and New York., pp.41-111
- Sommer, U., 1981. The role of r- and k- selection in the succession of phytoplankton in Lake Constance. *Acta Oecol.*, 2(4): 327-342.
- Sommer, U., Z. Gliwicz, W. Lampert & A. Duncan, 1986. The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters. *Arch. Hydrobiol.* 106 (4): 433-471.
- Stalikas, C., Pilidis, G. and Karayannis, M., 1994. Heavy metal concentrations in sediments of Lake Pamvotis and Kalamas River in North-Western Greece, *Fres. Environ.Bull.* 3: 575-579
- Temponeras, M., Kristiansen, J. & Moustaka-Gouni, M., 2000. Seasonal variation in phytoplankton composition and physical-chemical features of the shallow Lake Doirani, Macedonia, Greece. *Hydrobiologia*, 424: 109-122.
- Tikkanen, T. 1986. *Kasviplanktonopas*. Suomen Luonnonsuojelun Tuki Oy, Helsinki, pp. 1-278.
- Tryfon, E., Moustaka-Gouni, M. & Nikolaidis, G., 1997. Planktic cyanophytes and their ecology in the shallow Lake Mikri Prespa, Greece. *Nord. J. Bot.*, 17(4): 439-448.

## Βιβλιογραφία

Utermöhl, H., 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplanktonmethodik. Mit. Int. Verein. Theor. Angew. Limnology, 9: 1-38.

Vardaka, E., Moustaka-Gouni, M., Cook, C.M. and Lanaras T., (2005). Cyanobacterial blooms and water quality in Greek waterbodies. J. appl. Phycol. 17: 391 – 401.

Vardaka, E., Moustaka-Gouni, M. and Lanaras T., 2000. Temporal and spatial distribution of planktic cyanobacteria in Lake Kastoria, Greece, a shallow, urban lake. Nord. J.Bot., 20: 501-511.

Wetzel, R., 2001. Limnology. Lake and River Ecosystems. New York, USA: Academic Press.

Willén, E., 1976. A simplified method of phytoplankton counting. Br. Phycol. J., 11: 265-278.

Ziogas, G., Stamoulakis, G., Kostantis, C. and Kalfakakou, V., 1982. The pollution and the environmental problems in the basin of Ioannina, Techn. Report T.E.E, Ioannina (in Greek).

## Ελληνική βιβλιογραφία

Βαρδάκα, Ε., 2001. Τοξικά κυανοβακτήρια και κυανοβακτηριακές τοξίνες στη λίμνη της Καστοριάς και σε άλλα υδάτινα οικοσυστήματα της Ελλάδας. Διδακτορική Διατριβή.

# Παράρτημα Ι

MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for JULY. 2009

ELEV: 475 m LAT: 39° 37' 08" N LONG: 20° 51' 03" E

DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	AVG WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
1	17.7	26.9	13:40	12.8	4:40	1.9	1.3	4.4	0.6	30.6	15:20	NW
2	18.9	28.1	15:30	13.3	4:50	1.5	2.1	4.8	2.3	35.4	16:30	NW
3	20.3	28.7	16:30	14.0	4:50	1.2	3.1	0.2	2.9	29.0	18:20	SE
4	20.6	29.3	15:50	14.6	4:40	1.0	3.3	0.4	3.1	35.4	19:10	WNW
5	20.1	29.8	15:40	14.1	6:50	1.5	3.3	10.8	2.7	43.5	18:50	ESE
6	20.6	28.1	15:50	14.1	4:20	1.2	3.5	0.2	2.7	27.4	14:50	WNW
7	22.2	30.1	16:30	14.8	6:50	0.8	4.7	0.0	2.7	25.7	17:30	WNW
8	23.3	31.5	15:50	15.4	6:00	0.5	5.5	0.0	3.1	27.4	16:30	WNW
9	22.5	32.3	16:00	13.6	6:40	1.2	5.4	0.0	2.7	29.0	17:10	WNW
10	21.5	30.2	14:40	12.0	6:20	1.4	4.6	0.0	3.2	27.4	16:20	WNW
11	20.1	27.9	15:30	10.7	6:20	1.9	3.6	0.0	3.9	32.2	17:40	WNW
12	19.4	26.7	15:30	11.6	6:40	1.8	2.9	0.0	5.6	30.6	15:40	WNW
13	20.0	28.6	17:30	10.2	6:30	2.2	3.9	0.0	3.2	24.1	12:20	WNW
14	22.1	31.4	16:30	11.9	6:40	1.5	5.3	0.0	2.3	22.5	18:00	WNW
15	23.0	32.8	16:30	12.4	6:40	1.3	6.0	0.0	2.7	24.1	16:30	WNW
16	25.3	35.1	16:20	14.7	6:50	0.6	7.6	0.0	2.1	24.1	16:40	WNW
17	25.1	33.9	16:10	18.0	5:40	0.0	6.8	0.0	2.9	29.0	17:40	ESE
18	25.1	33.8	15:30	16.3	6:50	0.2	6.9	0.0	3.7	48.3	14:40	WNW
19	22.9	30.4	16:10	14.8	6:50	0.6	5.3	0.0	6.1	33.8	12:00	WNW
20	23.2	32.7	16:10	13.6	5:10	1.0	5.8	0.0	2.3	20.9	19:00	WNW
21	23.6	32.1	17:10	14.4	6:50	0.6	5.9	0.0	2.4	25.7	18:40	WNW
22	23.7	32.4	15:20	14.2	6:40	0.6	6.1	0.0	1.9	19.3	16:10	ENE
23	24.7	34.4	15:50	15.3	7:10	0.7	7.0	0.0	2.1	19.3	13:50	ENE
24	25.8	38.5	17:00	14.6	6:50	0.6	8.2	0.0	1.6	19.3	17:50	NW
25	26.2	38.3	15:50	14.2	6:30	0.6	8.5	0.0	2.4	24.1	15:40	WNW
26	24.9	34.1	16:30	12.8	5:50	1.0	7.6	0.0	2.7	32.2	22:50	WNW
27	24.7	32.2	16:00	14.8	6:40	0.3	6.7	0.0	2.4	22.5	18:40	WNW
28	23.5	32.2	16:50	14.2	7:00	0.8	6.0	0.0	2.3	37.0	16:00	WNW
29	24.0	33.5	16:00	14.3	6:20	0.9	6.6	0.0	1.8	29.0	13:00	NE
30	24.6	32.5	15:20	16.1	5:10	0.3	6.5	0.0	2.6	27.4	13:00	SE
31	23.5	32.2	17:10	15.3	7:00	0.4	5.6	0.0	1.1	20.9	18:10	NW
	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
	22.7	38.5	24	10.2	13	29.9	165.3	20.8	2.7	48.3	18	WNW

Max >= 32.0: 17

Max <= 0.0: 0

Min <= 0.0: 0

Min <= -18.0: 0

Max Rain: 10.80 ON 05/07/09

Days of Rain: 6 (> .2 mm) 3 (> 2 mm) 0 (> 20 mm)

MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for AUG. 2009

# Παράρτημα Ι

DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	AVG WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
1	24.3	32.6	16:40	14.7	7:10	0.7	6.7	0.0	2.1	22.5	17:50	WNW
2	24.6	33.7	14:40	14.8	6:50	0.6	6.8	0.0	2.4	27.4	18:20	WNW
3	24.2	33.6	15:10	15.0	6:50	0.5	6.3	0.0	2.6	27.4	18:00	WNW
4	22.9	33.6	14:30	11.5	6:30	1.4	6.0	0.0	2.1	19.3	16:20	SE
5	20.9	30.7	14:20	13.7	7:10	0.9	3.5	33.6	2.4	48.3	16:50	WNW
6	22.1	30.2	15:10	14.6	7:20	1.0	4.8	0.2	1.4	19.3	11:50	ESE
7	21.9	30.9	14:40	15.5	7:00	0.3	3.9	0.8	1.6	29.0	16:00	SE
8	23.0	30.7	16:00	16.4	7:00	0.2	4.9	0.0	2.4	30.6	19:20	SE
9	20.9	28.3	14:00	16.3	7:20	0.2	2.9	3.8	1.6	29.0	17:20	SE
10	21.7	29.8	15:00	14.1	7:10	0.9	4.3	0.2	2.1	27.4	16:20	WNW
11	22.5	30.9	15:00	13.8	6:50	1.1	5.3	0.0	2.3	29.0	17:30	WNW
12	22.7	30.0	15:20	16.7	6:20	0.2	4.6	0.0	1.8	30.6	18:20	SE
13	22.6	29.8	15:50	14.5	7:10	0.5	4.8	0.0	2.3	25.7	19:10	WNW
14	21.3	27.2	12:40	17.3	7:40	0.1	3.1	0.6	1.0	16.1	14:40	N
15	20.8	30.4	15:30	12.7	7:30	1.4	3.9	0.0	1.4	24.1	16:30	SE
16	23.2	30.4	16:00	16.0	7:10	0.3	5.2	0.0	4.2	27.4	17:10	NE
17	23.4	31.3	16:20	14.4	5:50	0.8	6.0	0.0	3.1	27.4	14:40	NE
18	23.7	32.3	16:10	15.7	6:20	0.4	5.8	0.0	1.6	33.8	15:10	WNW
19	23.2	31.9	16:20	14.0	7:00	0.9	5.8	0.0	3.2	27.4	16:30	NE
20	23.9	31.4	15:00	15.0	4:10	0.7	6.3	0.0	5.8	33.8	13:20	NNE
21	23.2	31.7	16:10	12.9	5:00	1.0	5.9	0.0	1.6	20.9	20:50	SE
22	22.5	32.6	15:40	13.2	6:00	1.0	5.2	0.0	1.0	24.1	17:50	W
23	23.3	31.6	17:10	14.3	7:30	0.8	5.8	0.0	2.7	27.4	14:00	NE
24	19.7	29.4	14:20	12.8	7:20	1.3	2.7	3.6	2.4	30.6	14:40	SE
25	19.3	29.1	15:30	12.8	6:50	1.7	2.7	6.2	1.4	40.2	18:10	SE
26	21.0	30.3	17:00	12.3	6:40	1.4	4.2	0.2	1.0	19.3	18:20	WNW
27	21.9	31.5	17:30	12.5	7:10	1.4	5.1	0.0	1.1	19.3	19:10	WNW
28	22.2	32.1	16:50	12.2	7:20	1.5	5.4	0.0	1.4	25.7	18:40	SE
29	19.7	30.2	13:20	14.8	5:30	1.0	2.4	13.2	1.1	41.8	16:10	NNE
30	20.1	30.3	15:00	13.8	6:30	1.1	2.8	0.6	1.8	33.8	21:40	SE
31	20.5	29.8	16:50	15.0	7:10	0.8	3.0	5.0	1.6	35.4	18:50	NW
	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	22.2	33.7	2	11.5	4	25.9	145.8	68.0	2.1	48.3	5	SE

Max >= 32.0: 7  
 Max <= 0.0: 0  
 Min <= 0.0: 0  
 Min <= -18.0: 0  
 Max Rain: 33.60 ON 05/08/09

# Παράρτημα Ι

MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for SEP. 2009

DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	AVG WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
1	21.5	30.1	16:30	13.9	7:20	1.0	4.2	0.2	1.9	29.0	17:10	WNW
2	21.7	29.9	16:30	14.2	7:40	0.8	4.2	0.0	1.9	27.4	16:40	WNW
3	21.2	30.0	16:50	12.3	7:40	1.6	4.5	0.0	1.9	22.5	14:40	WNW
4	22.1	31.1	16:10	14.3	7:00	0.8	4.6	0.2	1.3	22.5	18:00	N
5	21.8	31.2	16:20	13.2	7:20	1.2	4.7	0.0	1.1	19.3	18:10	NE
6	19.9	28.7	16:00	15.3	00:00	0.7	2.4	1.6	2.3	32.2	16:40	SE
7	18.3	24.9	14:40	12.1	7:50	1.9	1.9	0.0	6.8	46.7	16:20	NE
8	18.8	24.6	16:40	12.3	7:30	1.5	2.0	0.0	5.6	32.2	19:30	NE
9	18.6	26.2	15:30	9.2	6:20	2.1	2.4	0.0	1.1	22.5	0:30	ESE
10	18.3	26.3	14:40	10.1	7:20	2.3	2.3	0.2	1.3	19.3	15:50	ESE
11	20.5	25.3	15:30	14.2	2:40	0.6	2.8	0.0	5.6	40.2	21:00	ENE
12	20.4	25.7	14:30	13.6	00:00	0.3	2.5	0.0	5.6	35.4	10:30	ENE
13	15.8	23.4	12:20	10.7	7:40	2.9	0.4	18.2	0.8	29.0	14:10	SE
14	18.9	25.2	15:40	14.4	7:40	1.4	2.0	1.0	2.9	29.0	16:00	SE
15	19.4	26.8	16:50	12.3	7:50	1.8	3.0	0.2	1.0	19.3	18:20	SSE
16	19.3	27.3	16:00	11.8	7:10	1.7	2.8	0.0	1.0	24.1	16:50	SE
17	19.2	24.3	15:50	14.1	6:50	0.9	1.8	1.2	1.0	16.1	21:30	ESE
18	18.8	27.3	15:50	10.8	7:30	2.2	2.7	0.0	2.3	27.4	15:10	WNW
19	18.6	27.1	16:20	11.3	7:50	1.9	2.2	0.0	1.3	20.9	17:10	ESE
20	18.8	24.8	15:20	13.2	00:00	1.3	1.8	0.0	1.3	19.3	14:00	SE
21	16.7	24.7	15:00	9.7	7:00	3.2	1.7	0.0	2.9	32.2	15:10	NE
22	16.5	23.6	14:30	10.1	4:10	3.2	1.5	0.0	2.3	22.5	15:00	SE
23	15.9	25.0	15:00	6.7	7:50	4.3	1.9	0.0	1.1	17.7	18:20	SE
24	16.4	23.3	13:20	8.7	7:40	3.1	1.2	0.2	0.5	11.3	23:10	NE
25	16.3	23.7	13:10	11.7	7:50	3.0	0.9	4.2	2.3	29.0	17:20	SE
26	17.9	22.4	13:40	13.8	5:30	1.3	0.9	0.6	4.7	37.0	10:50	ENE
27	19.3	23.2	14:00	13.1	00:00	0.4	1.3	0.0	7.4	37.0	11:10	NE
28	16.1	24.6	16:20	7.4	7:20	4.0	1.8	0.0	1.1	17.7	18:20	WNW
29	16.1	25.1	16:40	7.7	7:20	3.8	1.6	0.0	1.4	20.9	18:00	WNW
30	16.3	25.7	16:00	8.3	7:20	3.8	1.8	0.0	1.1	19.3	16:00	WNW
	18.6	31.2	5	6.7	23	59.3	69.8	27.8	2.4	46.7	7	NE

Max >= 32.0: 0

Max <= 0.0: 0

Min <= 0.0: 0

Min <= -18.0: 0

Max Rain: 18.21 ON 13/09/09

Days of Rain: 11 (> .2 mm) 2 (> 2 mm) 0 (> 20 mm)



# Παράρτημα Ι

MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for OCT. 2009

DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	AVG WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
1	16.1	24.2	13:30	9.2	7:50	3.8	1.6	0.2	1.4	27.4	18:00	SSE
2	14.8	22.9	12:30	8.7	5:30	4.0	0.6	2.0	3.5	40.2	17:00	SE
3	16.9	21.2	13:10	14.1	0:10	1.7	0.3	16.6	2.9	30.6	18:10	SE
4	15.7	20.0	14:40	10.4	00:00	2.8	0.1	0.0	1.8	19.3	17:40	ESE
5	14.2	22.2	16:40	7.8	7:10	4.9	0.8	0.2	0.6	17.7	14:30	WNW
6	15.2	24.9	16:20	6.8	7:20	4.7	1.6	0.0	1.1	20.9	20:00	WNW
7	15.3	25.4	17:00	6.7	8:00	4.8	1.8	0.2	0.3	14.5	15:50	NE
8	15.2	25.7	17:10	5.6	8:00	5.0	1.9	0.0	0.6	17.7	18:00	NE
9	15.4	26.4	16:10	6.1	7:50	4.8	2.0	0.0	0.8	16.1	17:10	NE
10	15.8	27.3	15:20	6.9	8:10	4.7	2.1	0.2	1.6	24.1	16:20	SE
11	15.4	25.3	14:30	6.7	8:10	4.5	1.6	0.0	3.1	33.8	14:40	SSE
12	15.4	20.3	14:10	11.3	2:20	3.0	0.1	15.0	3.7	32.2	15:40	SE
13	13.1	17.3	14:10	5.3	23:10	5.2	0.0	13.6	6.4	45.1	7:20	SW
14	6.9	15.0	15:50	1.3	7:40	11.4	0.0	0.2	1.1	24.1	16:10	WNW
15	7.7	15.0	16:20	1.9	1:20	10.6	0.0	7.2	0.6	14.5	19:20	SE
16	14.2	19.1	12:30	9.2	00:00	4.1	0.0	7.8	3.4	30.6	5:10	SE
17	12.1	18.4	15:40	7.4	3:00	6.2	0.0	0.0	1.0	16.1	13:20	NW
18	10.9	14.7	14:20	5.6	3:30	7.4	0.0	9.4	2.4	27.4	11:40	SE
19	12.8	17.4	15:00	9.6	23:20	5.5	0.0	15.6	4.3	45.1	20:10	SE
20	10.3	17.1	15:10	4.9	7:10	8.0	0.0	3.8	1.1	25.7	15:40	SSE
21	9.2	17.2	14:40	2.3	6:20	9.2	0.0	0.2	0.3	12.9	14:40	S
22	13.9	20.9	16:20	9.3	8:30	4.6	0.2	0.2	1.0	14.5	17:40	SE
23	12.8	15.6	13:20	11.2	2:00	5.5	0.0	43.8	1.6	24.1	11:30	ESE
24	14.1	18.3	16:00	11.6	00:00	4.2	0.0	15.8	3.2	29.0	15:30	ESE
25	15.2	19.9	12:40	10.2	1:50	3.3	0.1	4.0	6.0	40.2	23:00	NE
26	17.7	19.5	14:00	16.1	5:00	0.6	0.1	0.0	6.9	37.0	11:20	NE
27	16.3	21.7	14:10	12.1	22:10	2.4	0.4	0.0	1.4	22.5	0:30	NW
28	14.1	21.1	13:40	7.7	23:10	4.6	0.4	0.0	0.6	16.1	15:20	WNW
29	10.9	18.7	15:20	3.4	7:20	7.4	0.0	0.2	0.3	9.7	13:40	N
30	12.1	18.8	14:10	6.8	7:20	6.2	0.0	0.0	3.1	33.8	20:00	NE
31	10.3	14.6	14:20	6.9	7:30	8.0	0.0	0.0	5.5	41.8	18:40	NNE
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	13.5	27.3	10	1.3	14	162.9	15.8	156.2	2.3	45.1	13	SE

Max >= 32.0: 0

Max <= 0.0: 0

Min <= 0.0: 0

Min <= -18.0: 0

Max Rain: 43.79 ON 23/10/09

Days of Rain: 20 (> .2 mm) 12 (> 2 mm) 1 (> 20 mm)