



# Λιμνοποτάμιο Περιβάλλον & Οργανισμοί

Ενότητα 9: Φυτοπλαγκτό

Καθηγήτρια Μουστάκα Μαρία

Τμήμα Βιολογίας

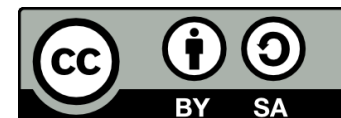


Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση & Δια Βίου Μάθηση» & συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) & από εθνικούς πόρους.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΧΤΑ  
ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΑ  
ΜΑΘΗΜΑΤΑ



# Φυτοπλαγκτό

# Περιεχόμενα ενότητας

1. Τι περιλαμβάνει το φυτοπλαγκτό
2. Πως το γνωρίζουμε στην καθημερινότητα
3. Ανθίσεις φυτοπλαγκτού
4. Κυανοβακτήρια
5. Χλωροφύκη
6. Διάτομα & Χρυσοφύκη
7. Εξάπλωση
8. Χημική Σύνθεση φυτοπλαγκτικών κυττάρων



# Περιεχόμενα ενότητας

9. Φυτοπλαγκτό: προσαρμογές για ζωή σε αιώρηση
10. Ποικιλότητα
11. Διασπορά
12. Εποχικότητα – Διακυμάνσεις
13. Μέθοδοι έρευνας φυτοπλαγκτού
14. Στρατηγικές ζωής
15. Διαδοχή
16. Παράμετροι φυτοπλαγκτού στην Οδηγία 2000/60/ΕΚ



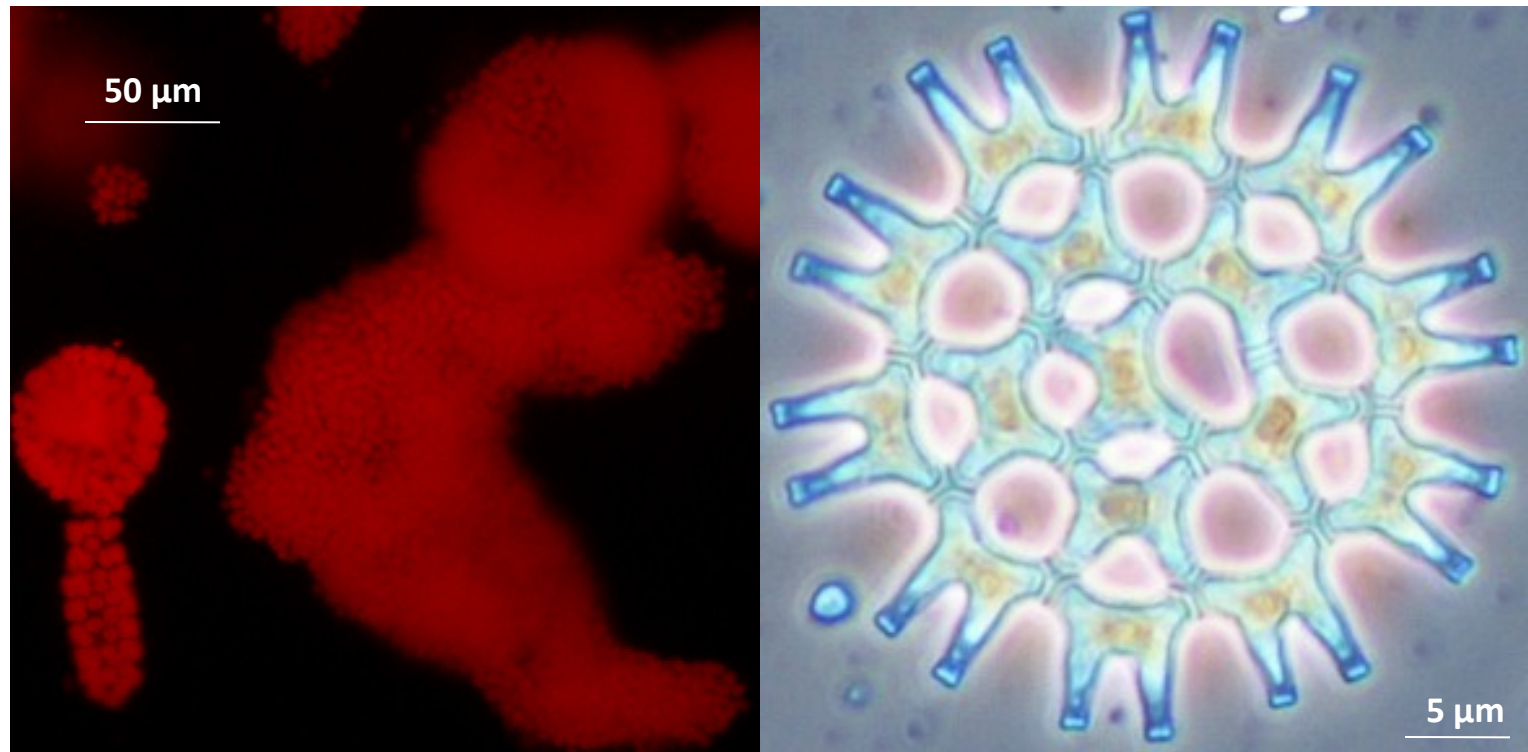
# Σκοποί ενότητας

- Το μάθημα στοχεύει στη γνώση και κατανόηση βασικών χαρακτηριστικών της βιοκοινότητας του φυτοπλαγκτού, από τις προσαρμογές των οργανισμών για ζωή σε αιώρηση στο νερό σε συνθήκες κυριαρχίας ιξώδους μέχρι τη βιοποικιλότητα, δυναμική και διαδοχή του φυτοπλαγκτού και την εφαρμογή για την εκτίμηση της οικολογικής ποιότητας του νερού
- Ο φοιτητής μαθαίνει να ερμηνεύει και να εκτιμά το ρόλο, φαινόμενα και μεταβολές του φυτοπλαγκτού σε διαφορετικές κλίμακες χρόνου και χώρου σε λιμναία οικοσυστήματα



# Τι περιλαμβάνει

προκαρυωτικούς & ευκαρυωτικούς  
μικροσκοπικούς οργανισμούς (χρόνος γεννεάς: ώρες-ημέρες)  
✓(τέσσερις τάξεις μεγέθους από 0.6  $\mu\text{m}$  έως  $> 1 \text{ mm}$ ) και ποικιλία σχημάτων





# Τι περιλαμβάνει

- Το φυτοπλαγκτό αποτελείται από φωτοσυνθετικούς μικροσκοπικούς οργανισμούς (κυανοβακτήρια & μικροφύκη) που έχουν προσαρμοστεί να ζουν σε αιώρηση στο νερό στις λίμνες & στις θάλασσες και υπόκεινται σε παθητική μετακίνηση με τον άνεμο & τα ρεύματα
- ✓ Το μέγεθος των ατόμων των περισσότερων ειδών του φυτοπλαγκτού κυμαίνεται στο εύρος 2 - 200  $\mu\text{m}$
- ✓ Μερικές φορές οι αποικίες των οργανισμών αυτών ξεπερνούν το 1mm και γίνονται ορατές με γυμνό μάτι όταν συσσωρεύονται στο νερό
- ✓ Υπάρχουν προκαρυωτικοί και ευκαρυωτικοί φυτοπλαγκτικοί οργανισμοί με μέγεθος 0.6 – 2.0  $\mu\text{m}$  σε υψηλή αφθονία



# Τι περιλαμβάνει

- Ο χρόνος γενεάς των φυτοπλαγκτικών οργανισμών (συνήθως 1-2 ημέρες) είναι ο παράγοντας κλειδί για την παραγωγικότητα και το ρόλο του στα τροφικά πλέγματα και στη λειτουργία των υδάτινων οικοσυστημάτων
- Οι αλληλοσυσχετίσεις ανάμεσα στο χρόνο γενεάς που αντανακλά το ρυθμό αύξησης, το βέλτιστο εύρος στο φάσμα των περιβαλλοντικών παραγόντων και την ικανότητα των μικροοργανισμών για διαχείμαση, είναι θεμελιώδους σημασίας για την πλαγκτική παρουσία και επικράτηση σε ένα οικοσύστημα
- ✓ **Μέχρι σήμερα στις λίμνες έχουν αναγνωριστεί περισσότερα από 10000 είδη φυτοπλαγκτού με βάση την κλασική μορφολογική ταξινόμηση ενώ πολύ περισσότεροι φυλότυποι αναμένεται να αναγνωρισθούν**



# Πως το γνωρίζουμε

## Ρόλοι:

- γνωστό ως ανεπιθύμητο συνθετικό

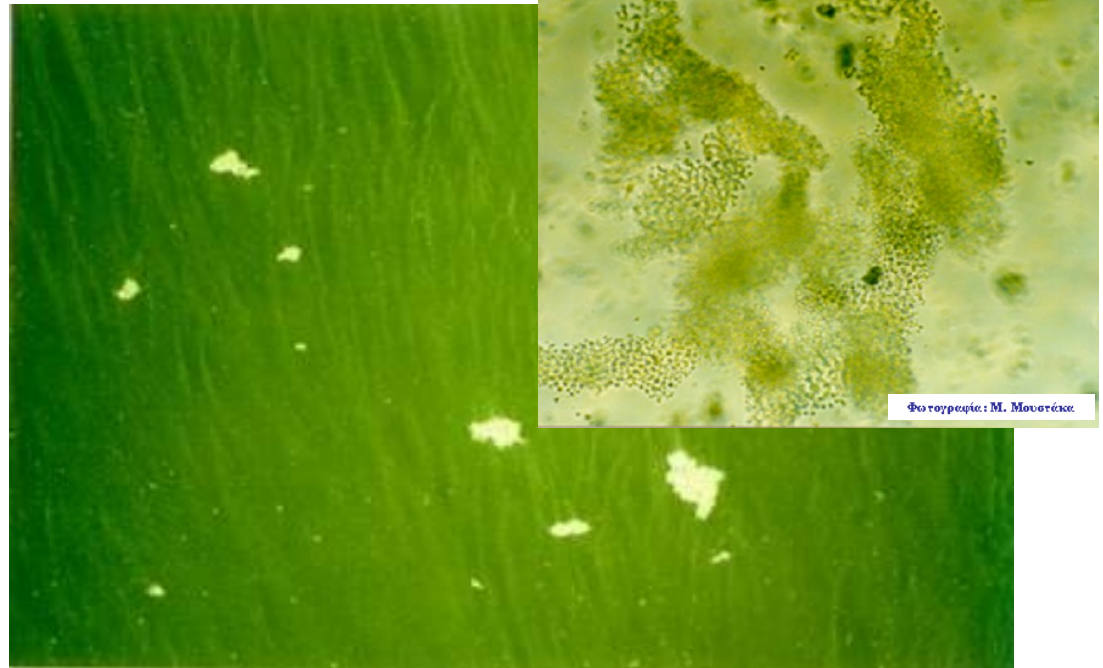
- ανθίσεις

- τοξικά & μη εδώδιμα είδη

όμως είναι

- ζωτικής σημασίας  
για τη ζωή στον πλανήτη

- Έχει 50% συμμετοχή στην παγκόσμια παραγωγή οξυγόνου & τροφής



Φωτογραφία: Μ. Μουστάκα

# Τι είναι Ανθίσεις Φυτοπλαγκτού

**άνθιση του φυτοπλαγκτού:** Όρος που αρχικά χρησιμοποιήθηκε σε αναλογία με τα ανώτερα φυτά της ξηράς για να περιγράψει τις ανοιξιάτικες πληθυσμιακές εκρήξεις των διατόμων στις θαλάσσιες περιοχές



σύνθεση από διάτομο του Θερμαϊκού



# Τι είναι Ανθίσεις Φυτοπλαγκτού

Η άνθιση του φυτοπλαγκτού αναφέρεται σε υπέρμετρη αύξησή του (πληθυσμιακή, βιομάζας) και ο όρος χρησιμοποιείται για να εκφράσει το χρωματισμό του νερού θαλασσών & λιμνών εξαιτίας της μεγάλης συγκέντρωσης φυτοπλαγκτού και των χρωστικών που περιέχει



σύνθεση από διάτομο του Θερμαϊκού





# Ανθίσεις: εικόνες

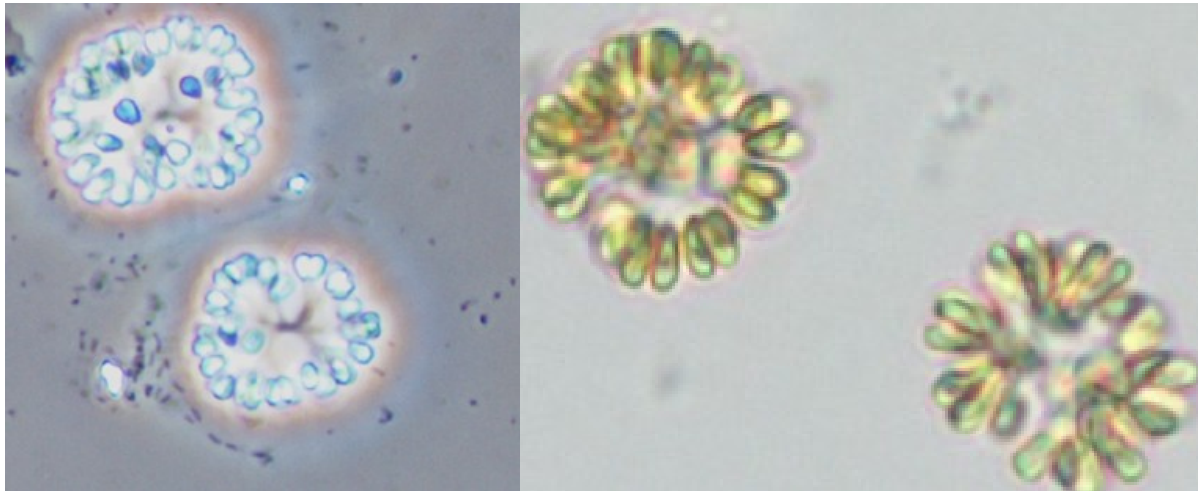


Εικόνες άνθισης φυτοπλαγκτού



# Ποικιλότητα: Κυανοβακτήρια

## Κυανοβακτήρια (Cyanobacteria)



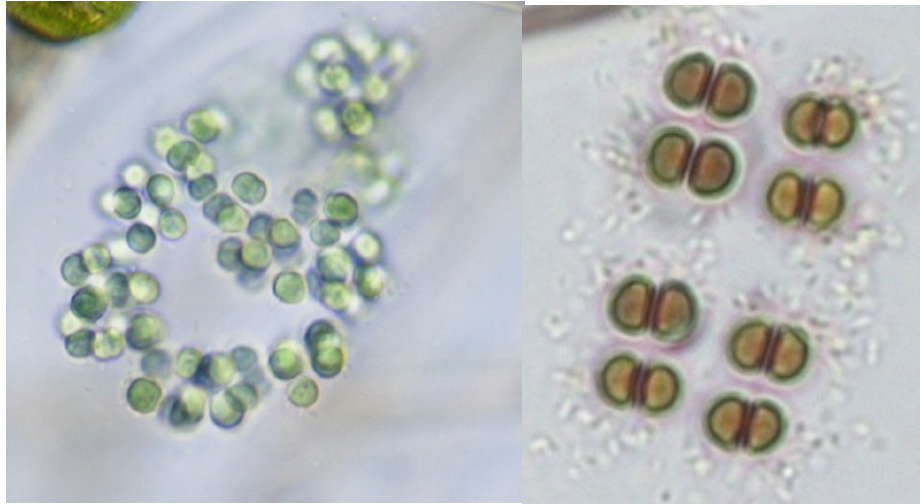
*Snowella lacustris*

- Κοκκοειδές κυανοβακτήριο με κύτταρα μεγέθους  $<3\mu\text{m}$ , σχηματίζει χαρακτηριστική αποικία κυττάρων ( $15\mu\text{m}$ ). Συνήθως βρίσκεται σε μικρούς αριθμούς στο φυτοπλαγκτό τη θερμή περίοδο του έτους
- ✓Μπορεί να είναι άφθονο σε ορισμένες λίμνες, ακόμη & να κυριαρχεί για σύντομες περιόδους (π.χ. Λίμνη Βόλβη).



# Ποικιλότητα: Κυανοβακτήρια

## Κυανοβακτήρια (Cyanobacteria)



*Chroococcus limneticus*

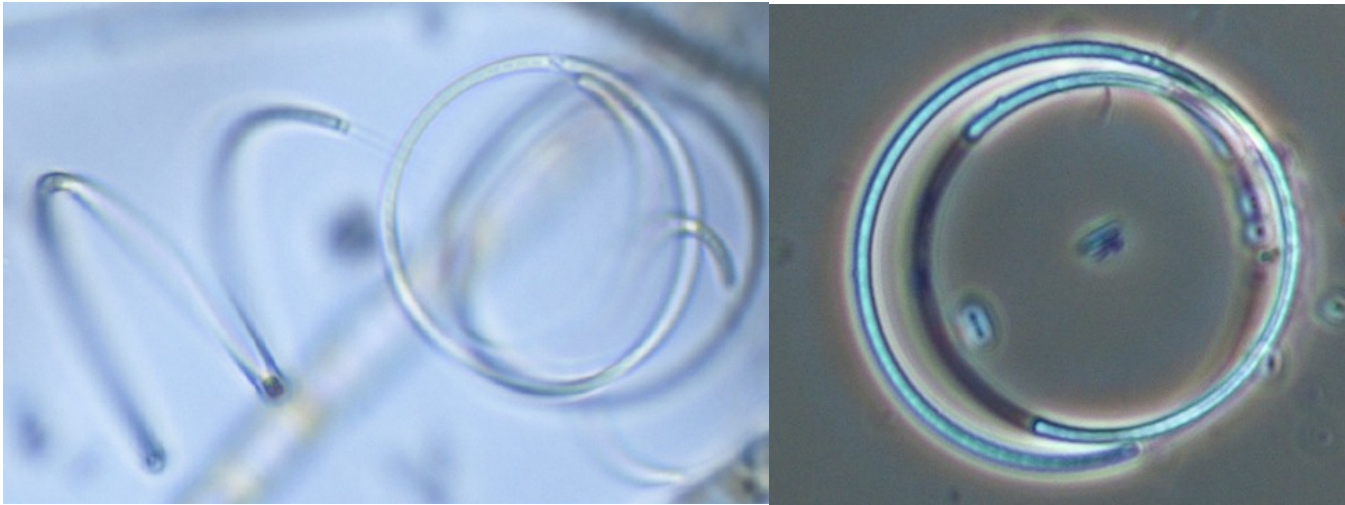
- Κοκκοειδές κυανοβακτήριο με κύτταρα μεγέθους μεγέθους  $\sim 3-4\mu\text{m}$ , σχηματίζει αποικία κυττάρων σε βλενώδη θήκη με διαίρεση των κυττάρων σε  $>3$  επίπεδα. Βρίσκεται σε μικρούς αριθμούς στο φυτοπλαγκτό τη θερμή περίοδο του έτους
- ✓ Μπορεί να είναι άφθονο σε ορισμένες λίμνες (π.χ. Λίμνη Βόλβη, Μικρή Πρέσπα)





# Ποικιλότητα: Κυανοβακτήρια

## Κυανοβακτήρια (Cyanobacteria)



*Planktolyngbya circumcreta*

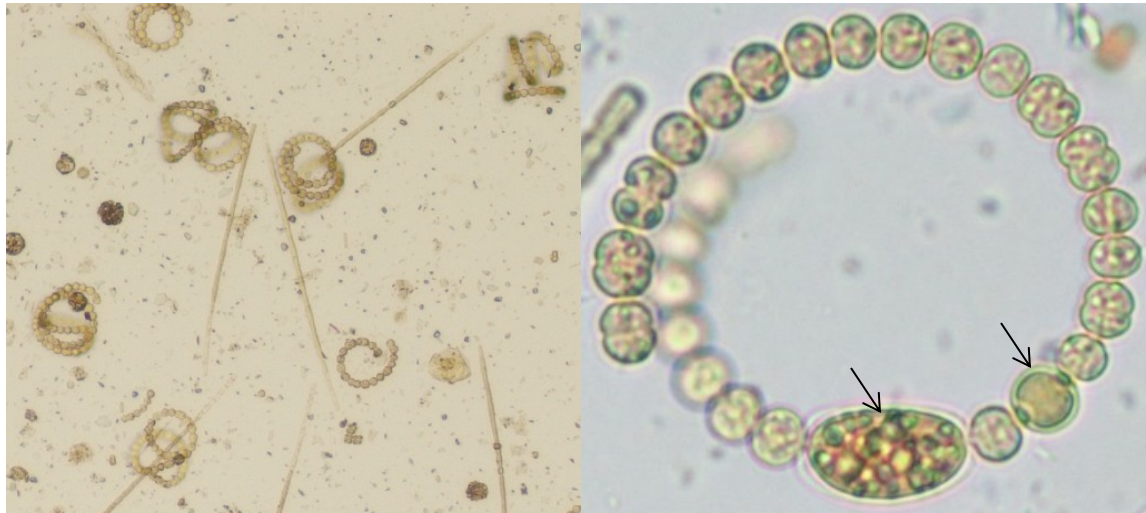
- Νηματοειδές κυανοβακτήριο με κύτταρα πλάτους  $< 2\mu\text{m}$ , σχηματίζει αποικία κυττάρων σε νήμα κυκλικής μορφής (το μήκος ξεπερνά τα  $100\mu\text{m}$ ) όπου τα εγάρσια τοιχώματα των κυττάρων δεν διακρίνονται. Βρίσκεται σε μικρούς αριθμούς στο φυτοπλαγκτό των λιμνών

✓ Έχει παρατηρηθεί άφθονο στη Λίμνη Βόλβη



# Ποικιλότητα: Κυανοβακτήρια

## Κυανοβακτήρια (Cyanobacteria)



*Anabaena flos-aquae*

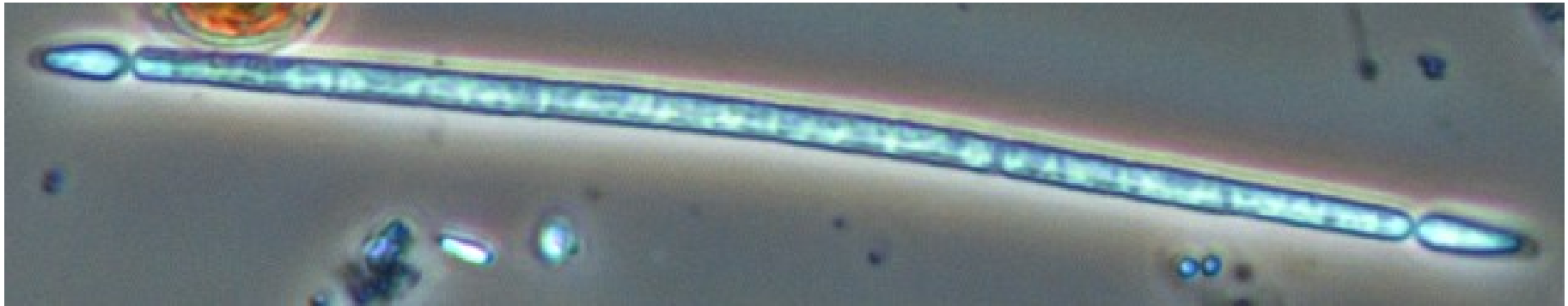
• Νηματοειδές κυανοβακτήριο με κύτταρα πλάτους 3-5μm, σχηματίζει αποικία κυττάρων σε νήμα που σχηματίζει σπείρες. Διαφοροποιημένα κύτταρα: ετεροκύτιο, ακινέτιο. Βρίσκεται άφθονο στο φυτοπλαγκτό των εύτροφων λιμνών τη θερμή περίοδο του έτους, συνήθως νωρίς το καλοκαίρι.

✓ Κυριαρχεί στο φυτοπλαγκτό πολλών Ελληνικών λιμνών (εύτροφων) & σχηματίζει συχνά το φαινόμενο άνθισης του νερού (π.χ. λίμνη Κερκίνη)



# Ποικιλότητα: Κυανοβακτήρια

## Κυανοβακτήρια (Cyanobacteria)



### *Cylandrospermopsis raciborskii*

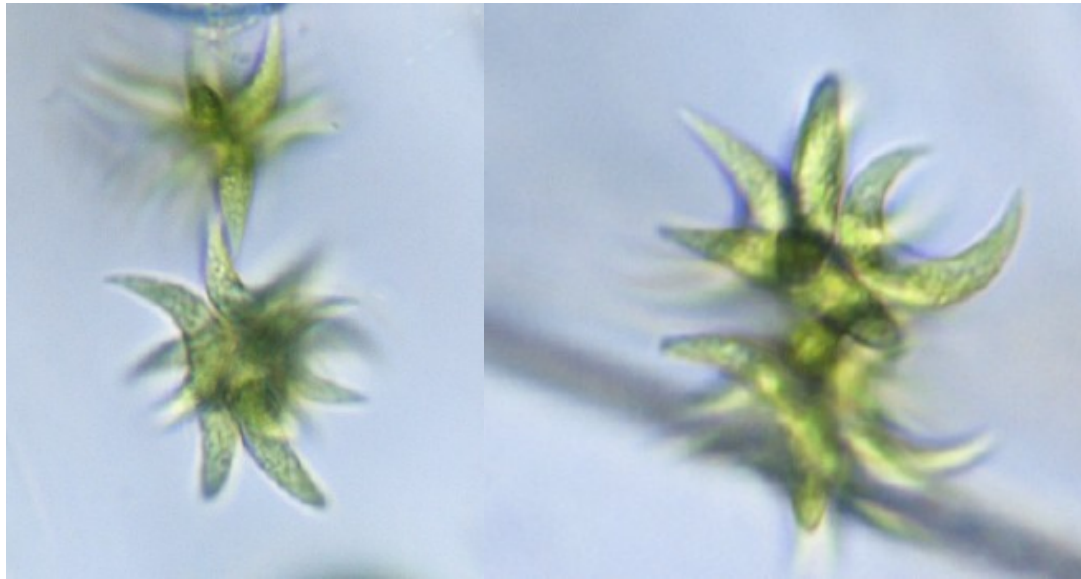
• Νηματοειδές κυανοβακτήριο με κύτταρα πλάτους 2-3μm & μήκους 8 μm, σχηματίζει αποικία κυττάρων σε νήμα σχήματος λόγχης με χαρακτηριστικά ετεροκύτια στα άκρα του νήματος. Βρίσκεται στο φυτοπλαγκτό των εύτροφων λιμνών τη θερμή περίοδο του έτους, περισσότερο στις τροπικές περιοχές (για την αύξησή του απαιτεί θερμοκρασίες νερού > 20 °C).

**Θεωρείται οργανισμός εισβολέας σε λίμνες και ποτάμια μεγάλου γεωγραφικού πλάτους λόγω της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας (γνωστή ισχυρή τοξικότητά του)**



# Ποικιλότητα: Χλωροφύκη

## Χλωροφύκη (Chlorophyceae)



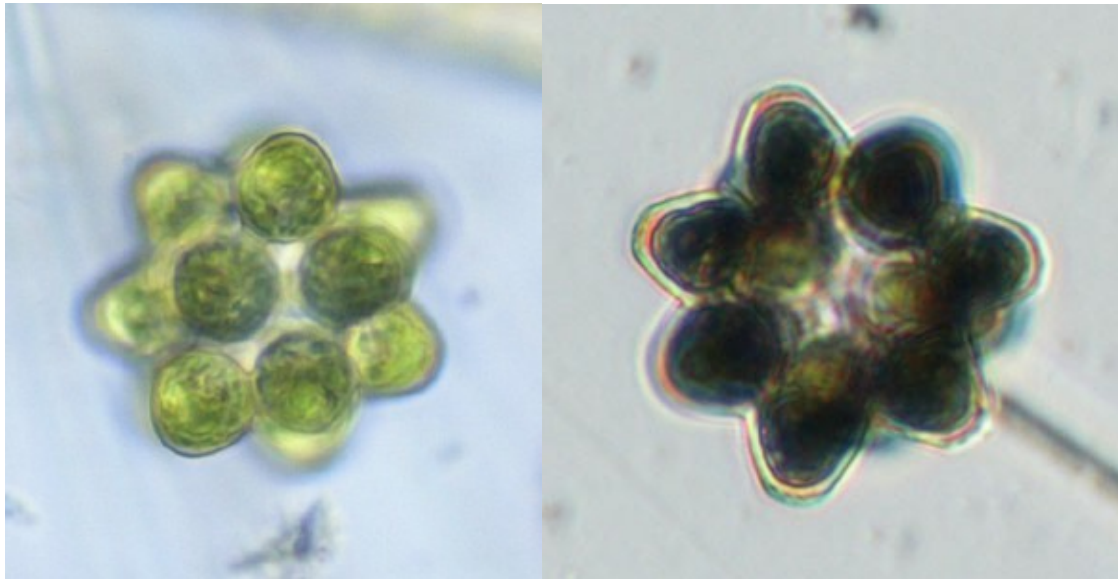
*Ankistrodesmus fusiformis*

- Χλωροφύκος από την τάξη των Chlorococcales, σχηματίζει χαρακτηριστική αποικία περιορισμένου αριθμού κυττάρων (κοινόβιο). Βρίσκεται σε μικρούς αριθμούς στο φυτοπλαγκτό των λιμνών και ποταμών



# Ποικιλότητα: Χλωροφύκη

## Χλωροφύκη (Chlorophyceae)



*Coelastrum astroideum*

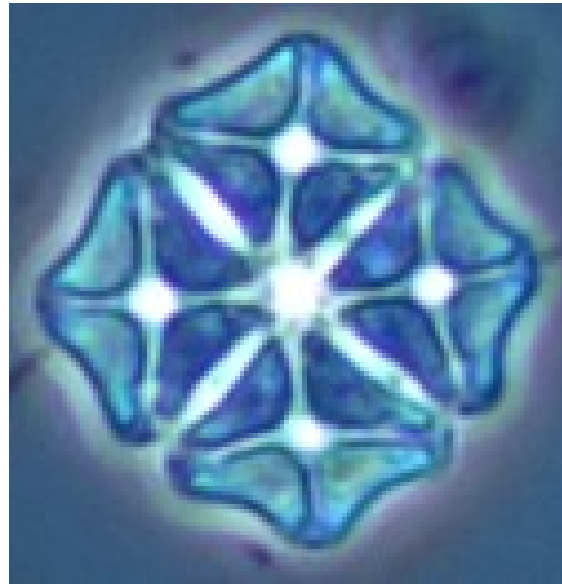
- Χλωροφύκος από την τάξη των Chlorococcales, σχηματίζει χαρακτηριστική αποικία περιορισμένου αριθμού κυττάρων (κοινόβιο). Βρίσκεται σε μικρούς αριθμούς στο φυτοπλαγκτό των λιμνών και ποταμών

Δε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι άφθονο (Λίμνη Βεγορίτιδα)



# Ποικιλότητα: Χλωροφύκη

## Χλωροφύκη (Chlorophyceae)



*Crucigenia tetrapedia*

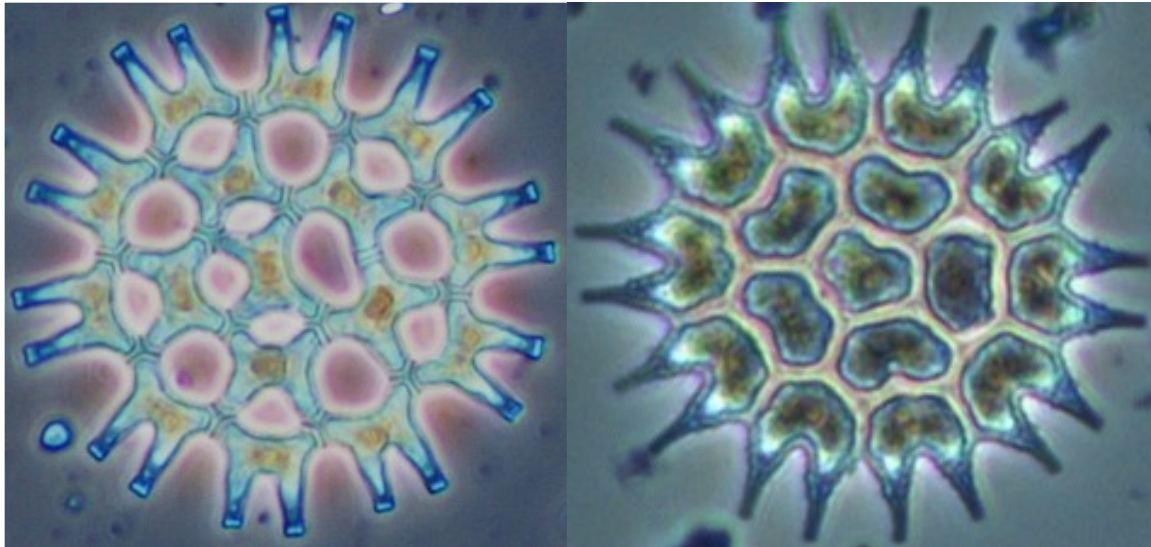
- Χλωροφύκος από την τάξη των Chlorococcales, σχηματίζει χαρακτηριστική αποικία περιορισμένου αριθμού κυττάρων (κοινόβιο). Βρίσκεται σε μικρούς αριθμούς στο φυτοπλαγκτό των λιμνών





# Ποικιλότητα: Χλωροφύκη

## Χλωροφύκη (Chlorophyceae)



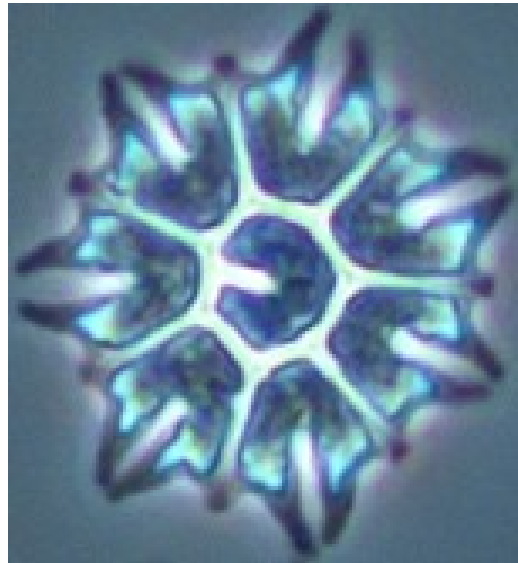
*Pediastrum spp.*

- Χλωροφύκος από την τάξη των Chlorococcales, σχηματίζει χαρακτηριστική αστεροειδή αποικία καθορισμένου αριθμού κυττάρων (κοινόβιο). Βρίσκεται σε μικρούς αριθμούς στο φυτοπλαγκτό των λιμνών και ποταμών
- ✓ μπορεί όμως να είναι & ιδιαίτερα άφθονο σε υπερέυτροφες ρηχές λίμνες (π.χ. Λίμνη Κορώνεια)



# Ποικιλότητα: Χλωροφύκη

## Χλωροφύκη (Chlorophyceae)



*Pediastrum tetras*

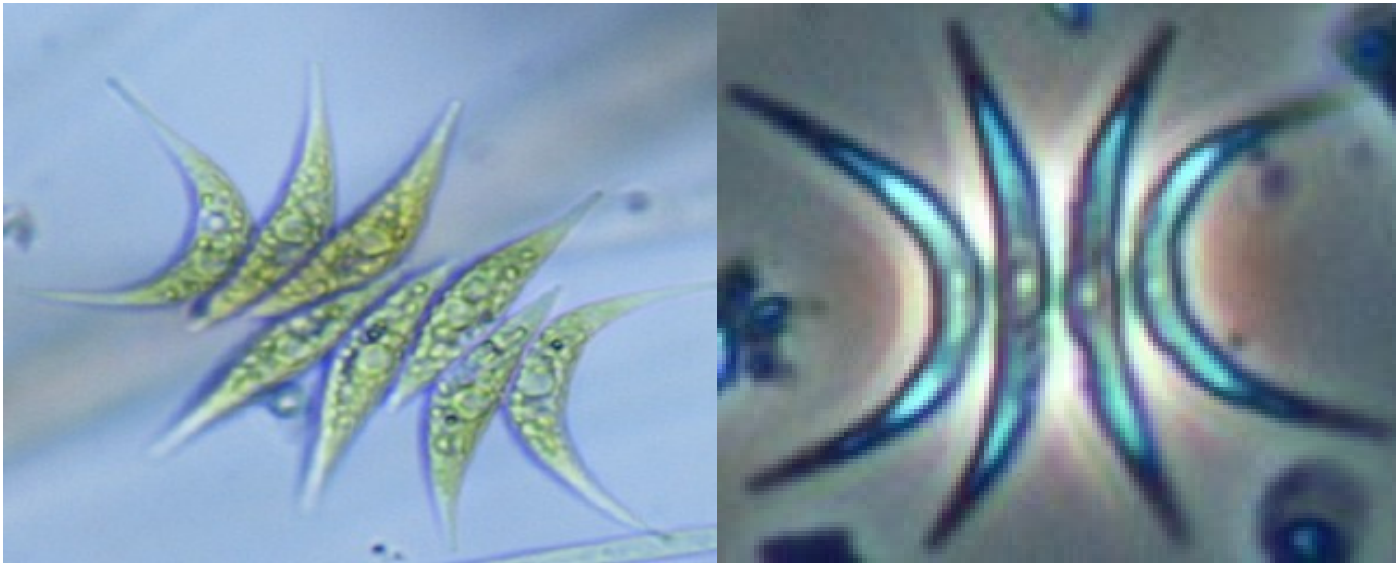
- Χλωροφύκος από την τάξη των Chlorococcales, σχηματίζει χαρακτηριστική αστεροειδή αποικία καθορισμένου αριθμού κυττάρων (κοινόβιο). Βρίσκεται σε μικρούς αριθμούς στο φυτοπλαγκτό των λιμνών.





# Ποικιλότητα: Χλωροφύκη

## Χλωροφύκη (Chlorophyceae)

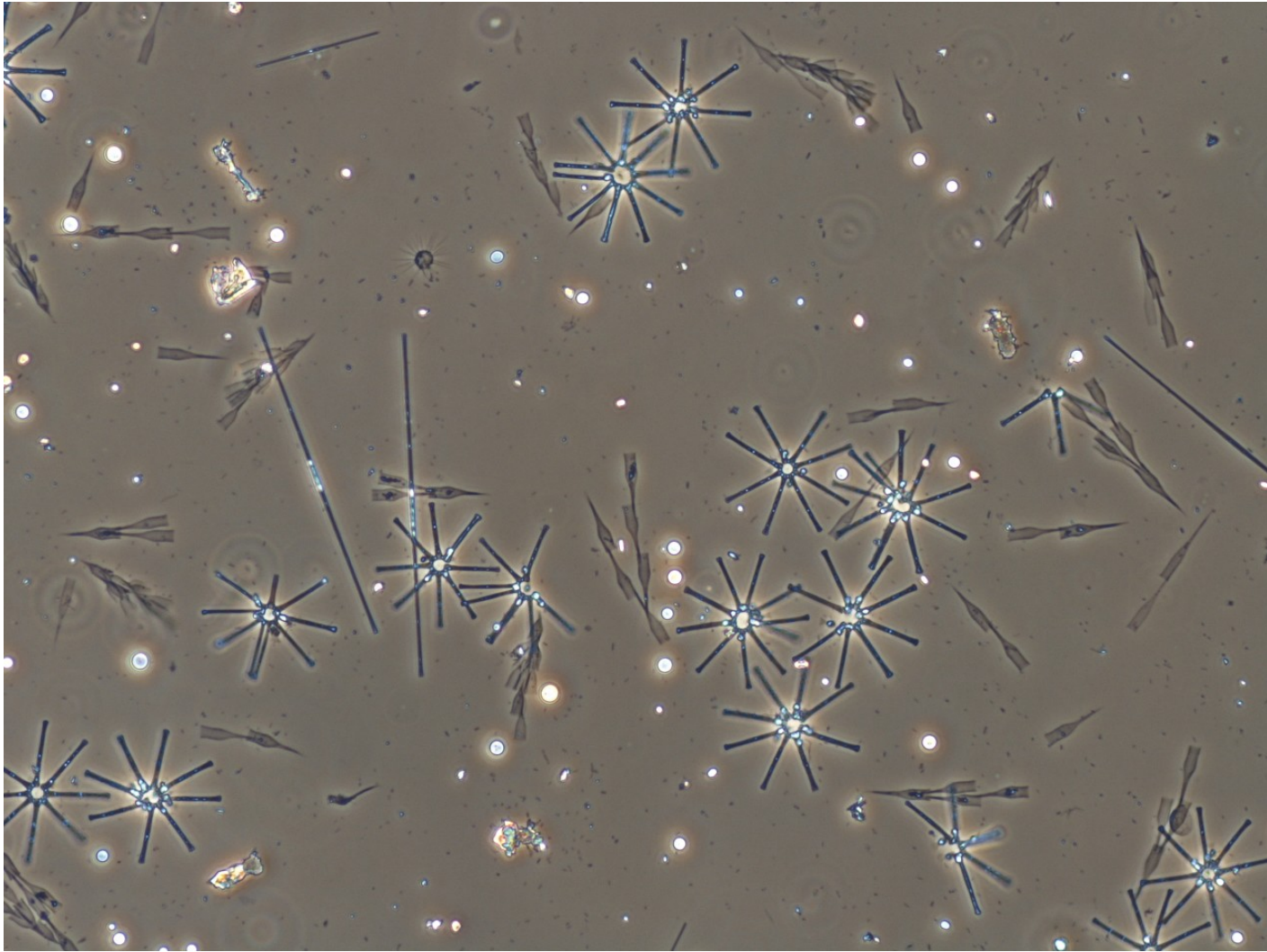


*Scenedesmus acuminatus*

- Χλωροφύκος από την τάξη των Chlorococcales, σχηματίζει χαρακτηριστική αποικία καθορισμένου αριθμού κυττάρων (κοινόβιο). Βρίσκεται σε μικρούς αριθμούς στο φυτοπλαγκτό των λιμνών και ποταμών



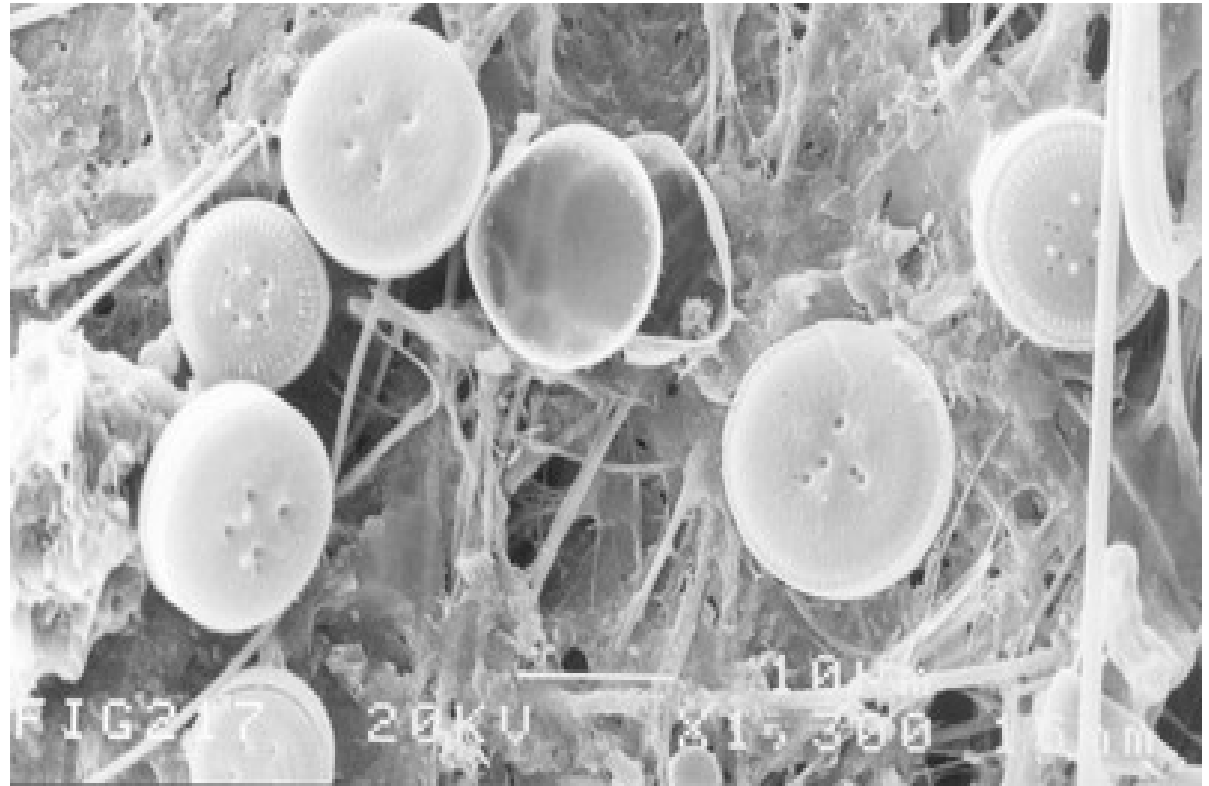
# Ποικιλότητα: Διάτομα & Χρυσοφύκη



# Ποικιλότητα: Διάτομα & Χρυσοφύκη

Διάτομο *Cyclotella ocellata* κυρίαρχο κυρίως σε φραγμαλίμνες και ποτάμια

- Αξιός
- Νέστος,
- Στρυμώνας
- Φραγμαλίμνες
- Πολυμικτικές λίμνες

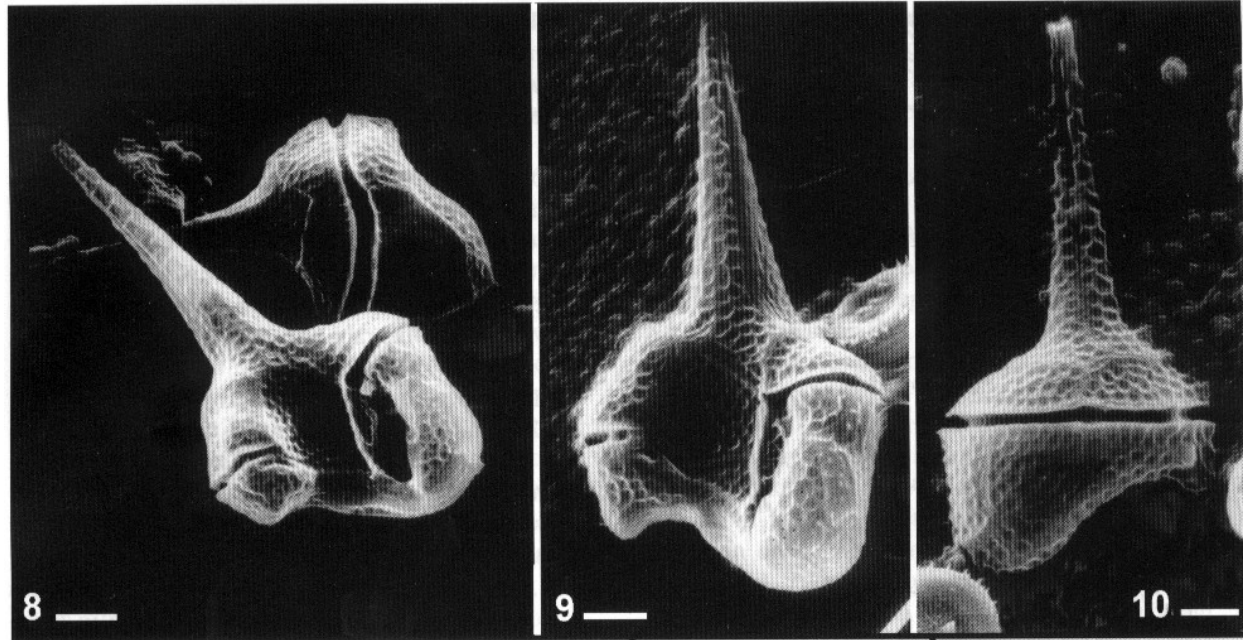


Κυτταρικά τοιχώματα από  $\text{SiO}_2$ -Si



# Εξάπλωση

Τα περισσότερα είδη Κοσμοπολίτικα  
Σπανίως ενδημικά  
Συχνά κρυπτικά είδη



Temponeras, M., J. Kristiansen & M. Moustaka-Gouni, Hydrobiologia 2000

## Δινομαστιγωτό *Ceratium monoceras*

➤ Το δινομαστιγωτό που έως σήμερα έχει αναφερθεί μόνο από τη Λίμνη Δοϊράνη αποτελεί ενδημικό είδος; Υπάρχουν ενδημικά είδη στο φυτοπλαγκτό ή είναι κοσμοπολίτικα; (θεωρία)



# Εξάπλωση

Μαστιγωτά από υφάλμυρα

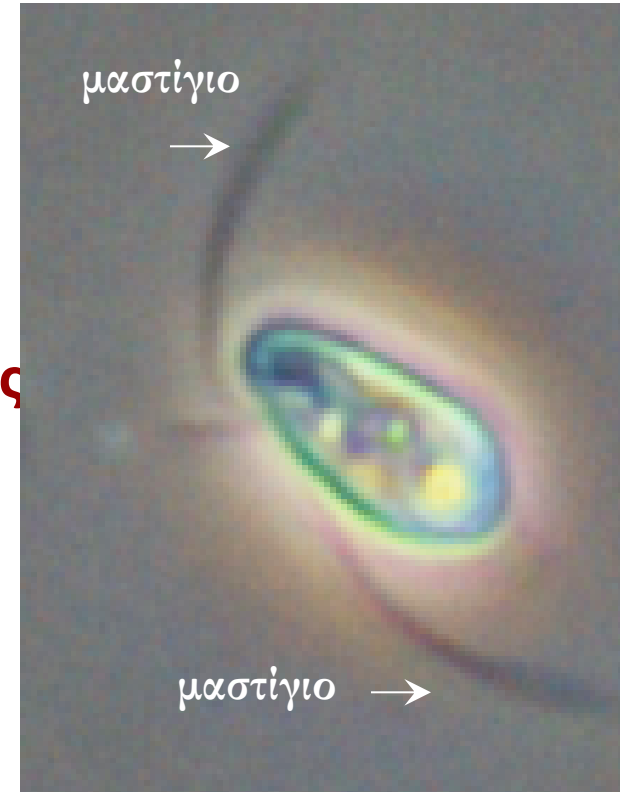
Πρυμναιοφύκος *Prymnesium parvum*

Η μεγαλύτερη απειλή για τα εσωτερικά  
ύδατα στις ΗΠΑ λόγω εξάπλωσης  
(λόγω κλιματικής αλλαγής: χρόνος παραμονής  
νερού, αύξηση αλατότητας)

✓Κορώνεια (μαζικοί θάνατοι)

✓Κάρλα (μαζικοί θάνατοι)

✓Πόρτο-Λάγος

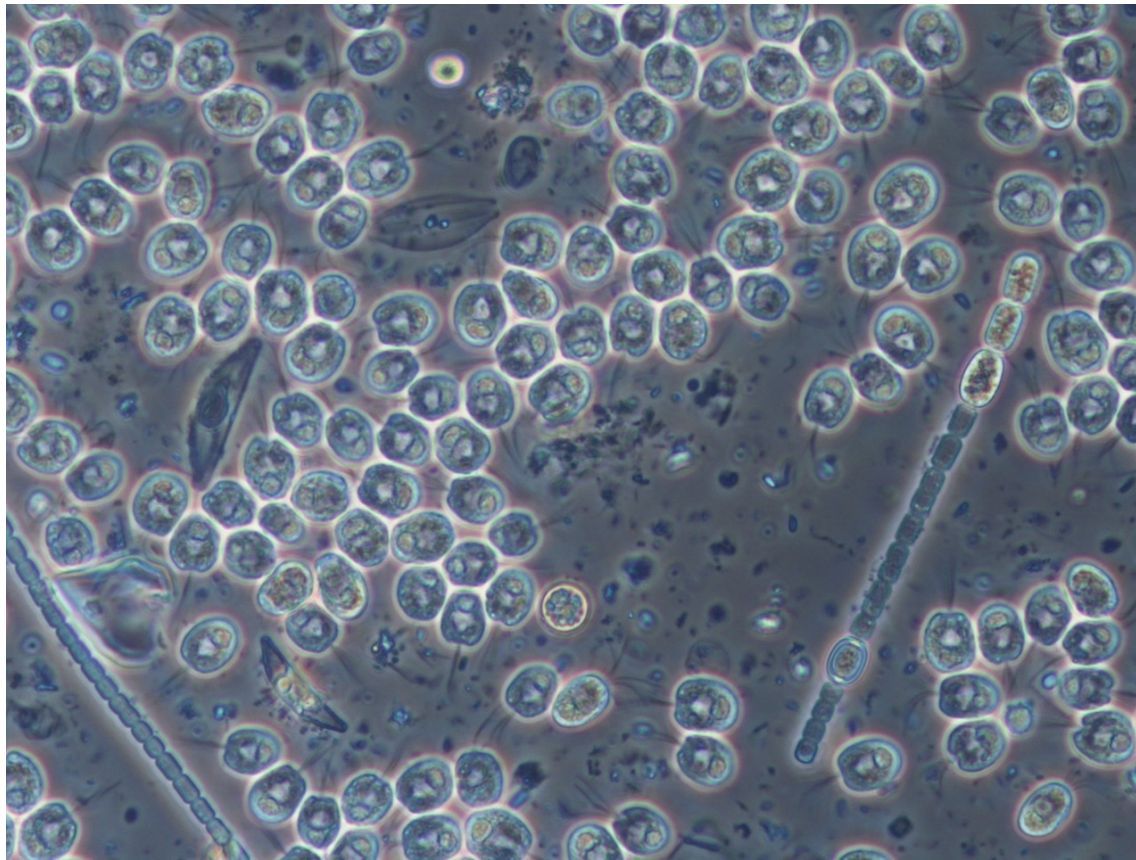




# Κατανομή

Πρασινοφύκη από θάλασσα με κυανοβακτήρια

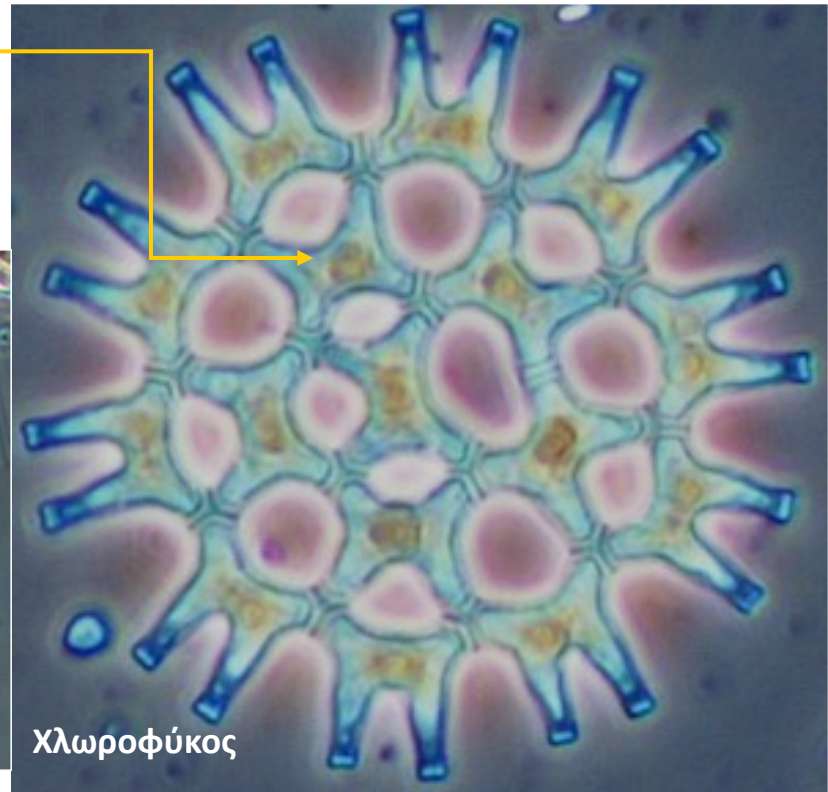
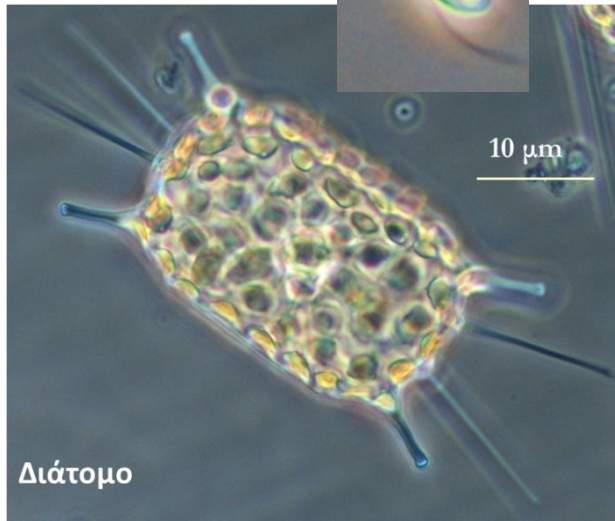
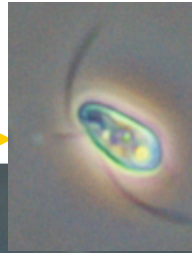
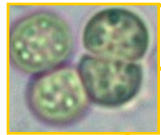
✓Κορώνεια 2009-2010 , υψηλή αλατότητα λόγω εξάτμισης και ρύπανσης



# Κυανοβακτήρια - Εξέλιξη

Κυανοβακτήρια: Ενδοσυμβίωση → Φυτά

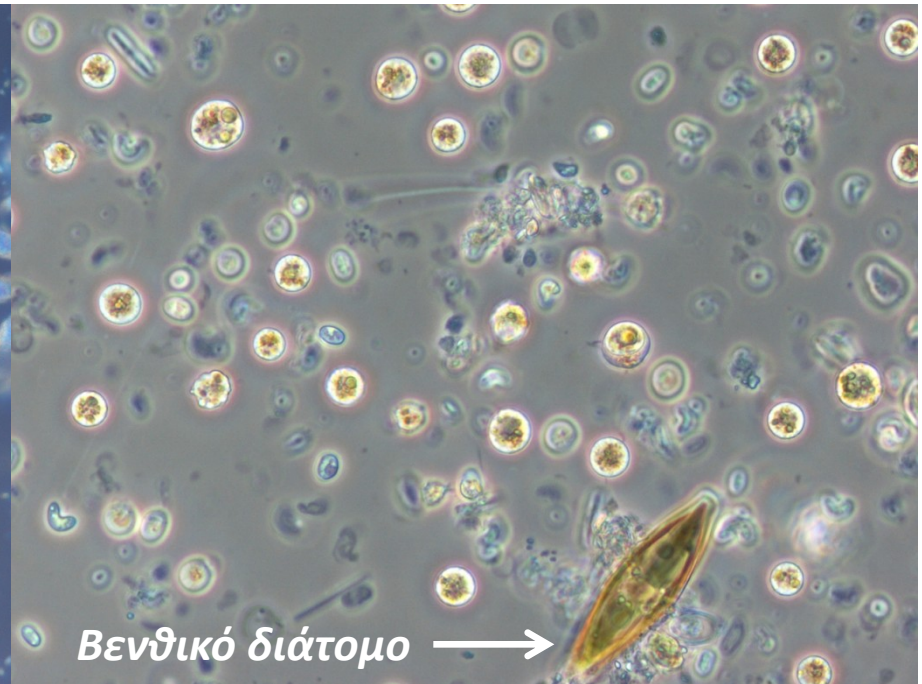
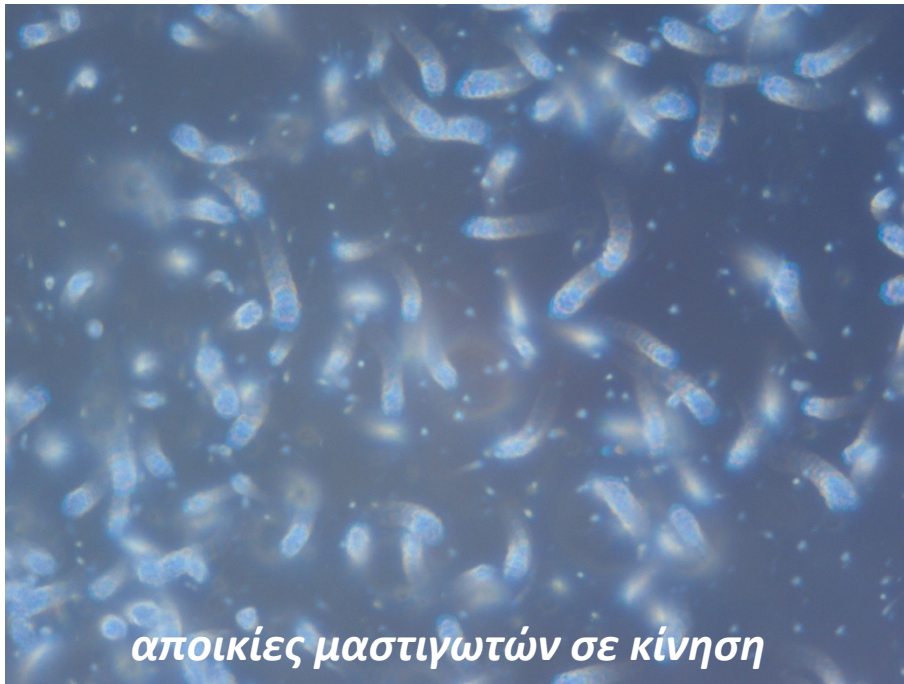
κοκκοειδή  
αποκτήθηκαν ως χλωροπλάστες από μαστιγωτά





# Ζωή σε αιώρηση

## Πλευστότητα & Βύθιση





# Χημική Σύνθεση

## Κυτταρικό περιεχόμενο φυτοπλαγκτού

- Το κύριο συστατικό των ζωντανών φυτοπλαγκτικών κυττάρων είναι το νερό. Με την ξήρανση και την απομάκρυνση του νερού απομένει το οργανικό & ανόργανο τμήμα του. Με την οξείδωση του οργανικού μέρους (500°C) προκύπτει η ανόργανη τέφρα.
- Στα διάτομα, το οξείδιο του πυριτίου μπορεί να αποτελεί έως το 40% του ξηρού βάρους των κυττάρων.
- ✓ Μεταβάλλεται σημαντικά από είδος σε είδος και ανάλογα με τη διαθεσιμότητά του στο περιβάλλον



# Χημική Σύνθεση

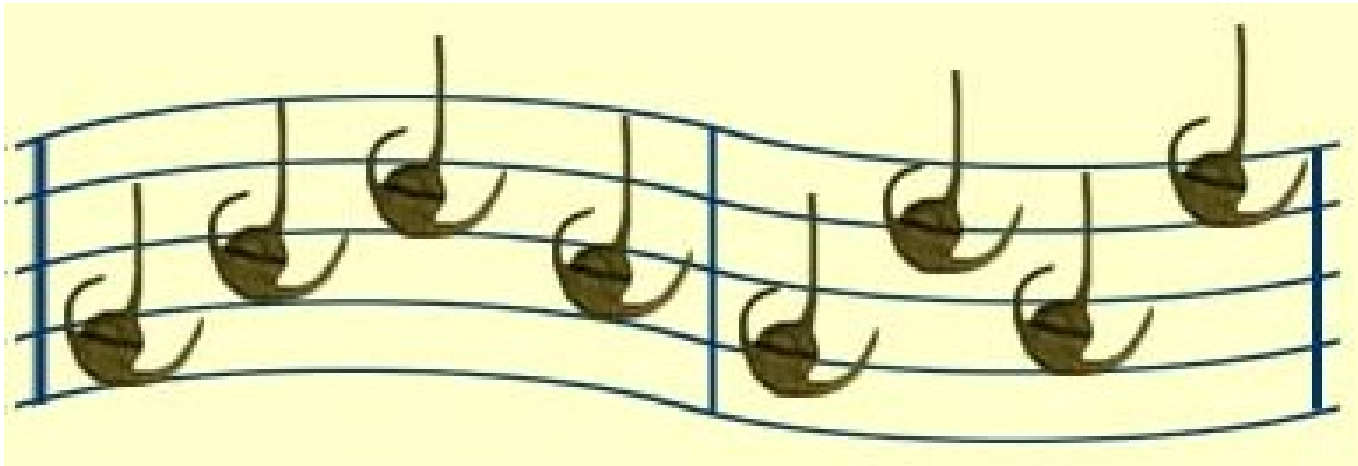
## Κυτταρικό περιεχόμενο φυτοπλαγκτού




- Η χημική σύνθεση του κυτταρικού περιεχομένου των φυτοπλαγκτικών οργανισμών στη λογαριθμική φάση της αύξησής τους είναι παρόμοια για διαφορετικά είδη και παρουσιάζει υπεροχή πρωτεϊνών έναντι υδατανθράκων & λιπών
- Η σύνθεση μεταξύ διαφορετικών ειδών κατά τη στάσιμη φάση αύξεσης (μετά την κατανάλωση των θρεπτικών) διαφέρει σημαντικά
- Η χημική σύνθεση των φυτοπλαγκτικών οργανισμών επηρεάζεται σημαντικά από τις μεταβολές των περιβαλλοντικών συνθηκών. Κύριοι περιβαλλοντικοί παράγοντες: θρεπτικά, φως, θερμοκρασία, αλατότητα



# Χημική Σύνθεση

## Κυτταρικό περιεχόμενο φυτοπλαγκτού



-  **1/2 Πρωτεΐνες (μέση πυκνότητα 1.3 g/ml)**
-  **1/4 Υδατάνθρακες (1.5 g/ml)**
-  **1/8 Λιπίδια (0.86 g/ml)**

**μέση πυκνότητα κυττάρου (1.02 - 1.30 g/ml),**



# Ζωή σε αιώρηση

## Προσαρμογές

Η ροή γύρω από τα βυθιζόμενα σωματίδια (φυτοπλαγκτικοί οργανισμοί) είναι ομαλή (στρωτή) όταν ο αριθμός **Reynolds** είναι μικρός

**Re** τυρβώδης ροή (δυνάμεις αδράνειας > δυνάμεις ιξώδους)



**Re** στρωτή ροή (ιξώδες)



• Ο Αριθμός **Reynolds** συμβολίζεται με **Re** και εκφράζει το πηλίκο

**Re** = δυνάμεις αδράνειας / δυνάμεις ιξώδους

• όπως εκφράζεται από τη μαθηματική σχέση **Re = UI/v** όπου:

**U** ταχύτητα με την οποία νερό και αντικείμενο κινούνται σχετικά το ένα με το άλλο (m/s),

**I** χαρακτηριστικό μήκος σώματος ή διαμέτρου σωλήνα (m),

**v** κινηματικό ιξώδες νερού ( $1 \times 10^{-6} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ )

ενώ

**v = μ/δ** όπου μ δυναμικό ιξώδες και δ πυκνότητα



# Ζωή σε αιώρηση

- Θεμελιώδης ανάγκη για το φυτοπλαγκτό - η διατήρησή του σε αιώρηση στην εύφωτη ζώνη για κάποιο μέρος της ζωής του
- Η συνεχής παραμονή στην εύφωτη ζώνη δεν είναι ούτε αναγκαία ούτε επιθυμητή. Μια χαμηλή ταχύτητα βύθισης είναι προϋπόθεση για την παρατεταμένη παραμονή στην πλαγκτική κοινωνία
- Διάφορες ομάδες φυτοπλαγκτού επιτυγχάνουν μείωση της ταχύτητας βύθισης με διαφορετικούς τρόπους
- ✓ Η πιο διαδεδομένη είναι το μικροσκοπικό μέγεθος (1-100  $\mu\text{m}$ ). Ως εκ τούτου οι ταχύτερες βύθισης βρίσκονται μέσα στο εύρος που καθορίζεται από την εξίσωση του Stokes



# Ζωή σε αιώρηση

Ο Αριθμός Reynolds για το φυτοπλαγκτό είναι  $Re < 10^{-2}$

Τα σωματίδια με  $Re < 1$  (άτομα του φυτοπλαγκτού) κατά τη βύθιση στο νερό ακολουθούν τον νόμο **Stokes'** που εκφράζεται από την εξίσωση:

$$V_s = 2/9[gr^2(q'-q)\mu^{-1}\phi^{-1}]$$

Όπου:

$V_s$  (m/s) ταχύτητα βύθισης,

$g$  (9.8 m/s<sup>2</sup>),

$r$  ακτίνα ισοδύναμης σφαίρας σώματος,

$q'$  πυκνότητα κυττάρου,

$q$  πυκνότητα νερού,

$\mu$  δυναμικό ιξώδες νερού (1 kg m<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup>)

$\phi$  αντίσταση μορφής,  $\phi = V_s / V'$ , όπου  $V'$  η νέα ταχύτητα βύθισης



# Ζωή σε αιώρηση

$$V_s = 2/9 [g r^2 (\rho' - \rho) \mu^{-1} \phi^{-1}]$$

1<sup>η</sup> Προσαρμογή. **Μικροσκοπικό μέγεθος (μέγιστη διάσταση < 1000 μm)**

✓ Οι κυρίαρχοι φυτοπλαγκτικοί οργανισμοί στον πλανήτη ως προς την αφθονία έχουν μέγιστη ακτίνα  $r < 2 \mu m$

*κύτταρα φυτοπλαγκτού  $r < 1 \mu m$  με πρωτογενή  
φθορισμό*



# Ζωή σε αιώρηση

$$V_s = 2/9 [g r^2 (\rho' - \rho) \mu^{-1} \Phi^{-1}]$$

2<sup>η</sup> Προσαρμογή. **Μείωση πυκνότητας του κυττάρου ( $\rho'$ ):**

α) με βλεννώδη θήκη ( $\rho' = 1.02$  g/ml),

β) σχηματισμό αεροτοπίων ( $\rho' = 0.12$  g/ml)

γ) αύξηση του περιεχομένου σε έλαια





# Ζωή σε αιώρηση

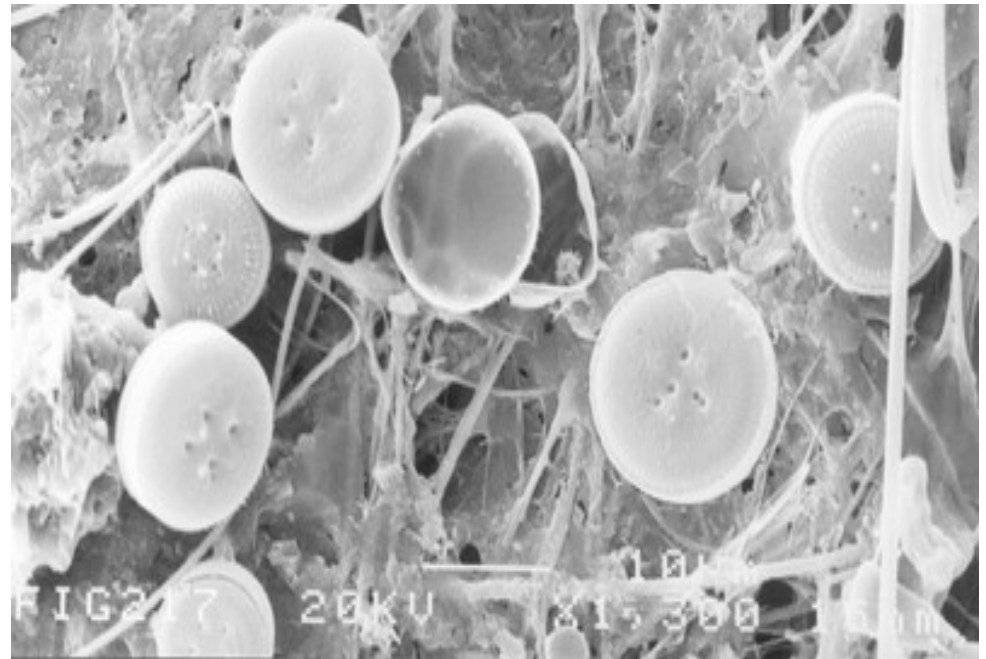
$$V_s = \frac{2}{9} [g r^2 (\rho' - \rho) \mu^{-1} \phi^{-1}]$$

2<sup>η</sup> Προσαρμογή. **Μείωση πυκνότητας του κυττάρου ( $\rho'$ ):**

Ερώτηση: Πόσο πιο γρήγορα βυθίζεται ένα διάτομο από ένα χλωροφύκος με ίδιο σχήμα & ίδιο μέγεθος αλλά πυκνότητα (1.2 g/ml) μεγαλύτερη κατά 15% από αυτή του χλωροφύκους;

## Διάτομα

- κυτταρικό τοίχωμα SiO<sub>2</sub>
- $\rho'$  μέση πυκνότητα κυττάρου (1.2 g/ml) >  $\rho$  πυκνότητα νερού

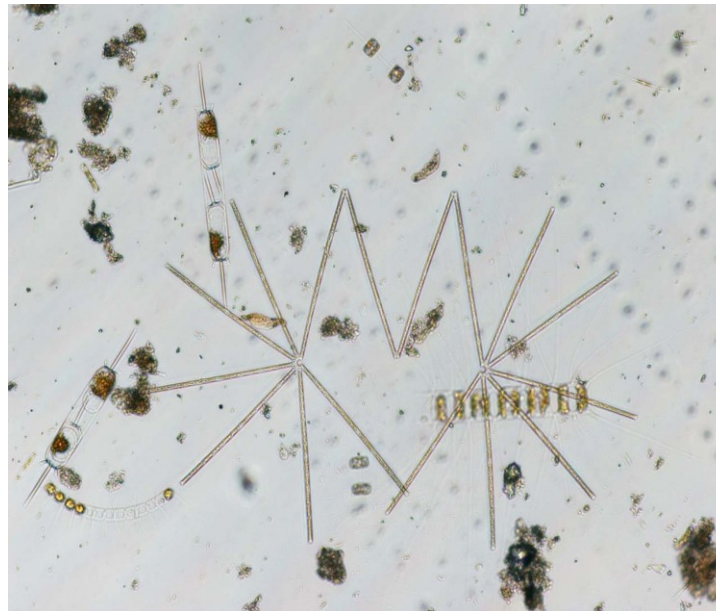


# Ζωή σε αιώρηση

$$V_s = 2/9 [g r^2 (\rho' - \rho) \mu^{-1} \Phi^{-1}]$$

**3<sup>η</sup> Προσαρμογή. Αύξηση αντίστασης μορφής ( $\Phi$ ):**

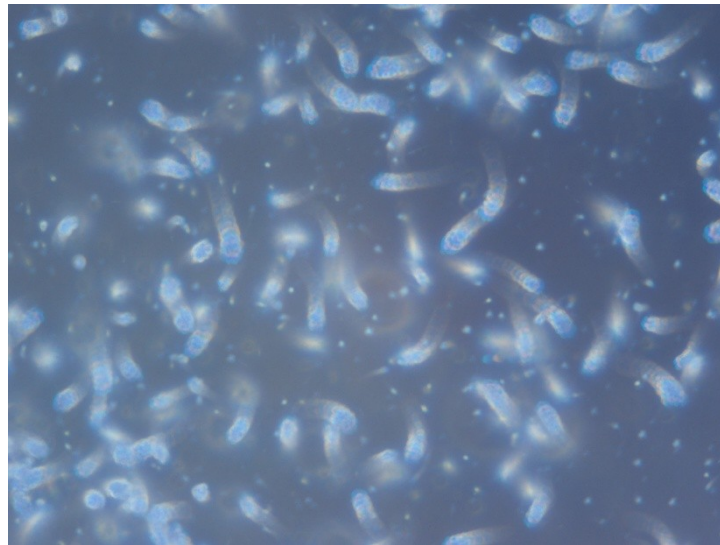
- Με σχήματα ατόμων φυτοπλαγκτού που αποκλίνουν από αυτό της σφαίρας
- Επιτυγχάνεται μείωση ταχύτητας βύθισης (μέγιστη μείωση 4 φορές)
- αντίσταση μορφής σφαίρας  $\Phi=1$ , για τις περισσότερες μορφές  $>1$



# Ζωή σε αιώρηση

## Προσαρμογές – Ενεργή κίνηση

Η κίνηση των φυτοπλαγκτικών οργανισμών στο νερό δεν μπορεί να θεωρηθεί ως μία μικρής κλίμακας κίνηση των ψαριών. Το πλαγκτό αντιλαμβάνεται το μέσο (νερό) πολύ διαφορετικά. Αυτή τη διαφορά την εκφράζει πολύ καλά ο αριθμός Reynolds



## Αριθμός Reynolds

για ψάρια

$$Re = 10^4 - 10^7$$

για φυτοπλαγκτό

$$Re < 10^{-2}$$

ενεργή κίνηση ( $\text{cm min}^{-1}$ )

(όπως θα κινείται ένα ψάρι σε μια δεξαμενή με μέλι)

$Re$  τυρβώδης ροή



$Re$  στρωτή ροή



# Ζωή σε αιώρηση

## Πλευστότητα & βύθιση

1. μικροσκοπικό μέγεθος
2. μείωση μέσης πυκνότητας κυττάρου
3. αύξηση αντίστασης μορφής
4. ενεργή κίνηση  
(μαστιγωτά, κυανοβακτήρια με αεροτόπια)



# Βιοποικιλότητα

ποικιλότητα φυτοπλαγκτού: περισσότερα από 30 είδη σε 1 L νερού



# Βιοποικιλότητα

## Παράδοξο πλαγκτού (Am.Nat. 95: 137-147, G.E. Hutchinson)

Ένας σημαντικός αριθμός ειδών (>30) συνυπάρχει σε έναν μικρό όγκο νερού (<1 L). Το θέμα αντιβαίνει στην «αρχή της ανταγωνιστικής εξαίρεσης» των ειδών.

- Η κύρια απάντηση στη διατήρηση υψηλής ποικιλότητας βρίσκεται στο γεγονός ότι οι συνθήκες στην 'κατοικία' του πλαγκτού δεν είναι ούτε σταθερές (χωρίς συνθήκες ισορροπίας) ούτε ιδανικές για ένα είδος.
- Τα πλεονεκτήματα που αποκτούνται από τον ανταγωνισμό μεταβάλλονται γρήγορα από το ένα είδος στο άλλο, προτού το πιο ανταγωνιστικό έχει την ευκαιρία να αντικαταστήσει το προηγούμενο





# Βιοποικιλότητα

**Παράδοξο πλαγκτού** (Am.Nat. 95: 137-147, G.E. Hutchinson)

Γιατί να συνυπάρχουν πολλά είδη φυτοπλαγκτού τα οποία ανταγωνίζονται για τους ίδιους πόρους, λίγους σε αριθμό σε ένα ομοιογενές μέσον (περιβάλλον);

• Το Παράδοξο του πλαγκτού διατυπώθηκε με βάση την ανταγωνιστική εξαίρεση των ειδών, σε συνθήκες ισορροπίας (ομοιογενές περιβάλλον)

Είναι ομοιογενές το υδάτινο περιβάλλον στο χρόνο αντικατάστασης ενός είδους από ένα νέο ανταγωνιστικότερο;



# Βιοποικιλότητα

Το **Παράδοξο πλαγκτού** (Am.Nat. 95: 137-147, G.E. Hutchinson)

ερμηνεύεται σήμερα με βάση:

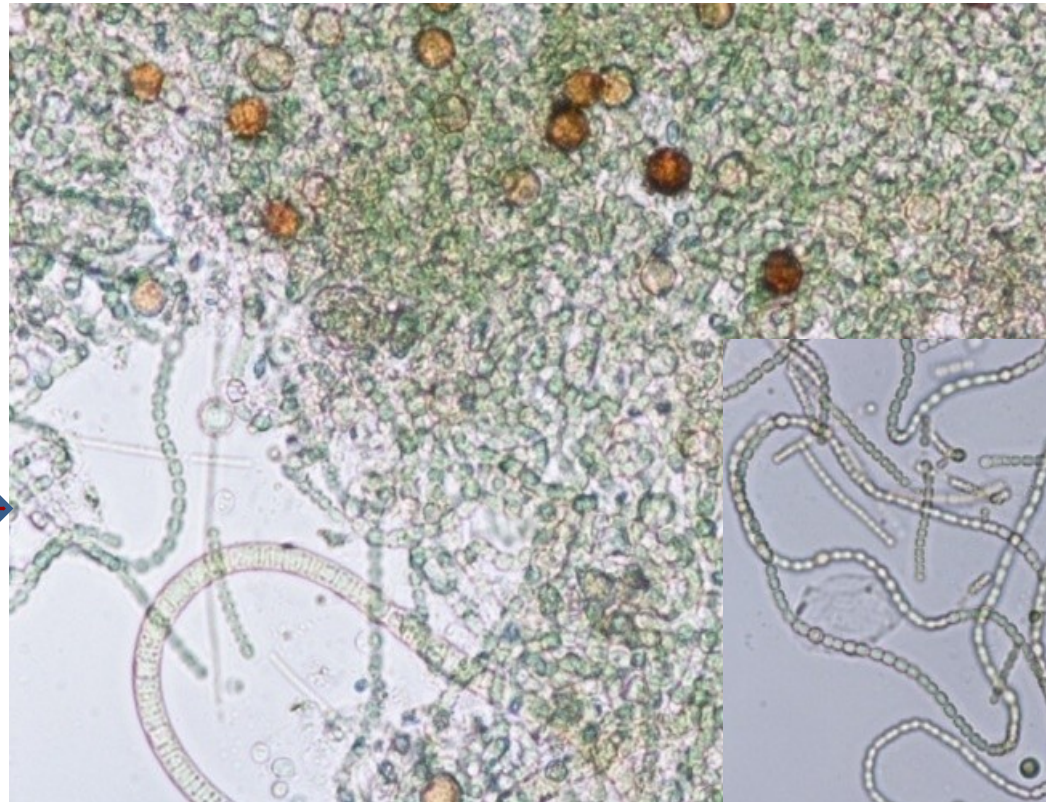
- Την ετερογένεια του περιβάλλοντος σε όλες τις κλίμακες σχετικές με το πλαγκτό
- Την ταχεία & επιλεκτική βόσκηση: ισχυρή δύναμη από την κορυφή προς τη βάση (top-down) για τη δομή της κοινωνίας του φυτοπλαγκτού
- Τη μιξοτροφία σε πολλά είδη στο φυτοπλαγκτό
- Τους πολύπλοκους κύκλους ζωής, τις διαφορετικές στρατηγικές ζωής των επιμέρους σταδίων & διαφορετικών ειδών
- Την επιτυχή διασπορά





# Διασπορά

Κύστεις / Ανθεκτικές μορφές για τη διασπορά από το ίζημα της Κορώνειας σε μια κωνική με νερό όπου αναπτύσσονται νέοι πληθυσμοί



# Εποχικότητα - Διακυμάνσεις

Η εποχική εμφάνιση, η πληθυσμιακή αύξηση και η αλλαγή των επικρατούντων οργανισμών στο φυτοπλαγκτό μιας λίμνης εξαρτώνται από ποικίλες αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις διακυμάνσεις των περιβαλλοντικών παραγόντων και στις αποκρίσεις των ειδών

Παράγοντες που σχετίζονται με τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των οργανισμών, τις προτιμήσεις τους σε θρεπτικά, την ταχύτητα πρόσληψης των θρεπτικών στοιχείων, την αντίσταση στις απώλειες (από φυσικές διαταραχές & βιολογικό έλεγχο) και την κίνησή τους (καθένα από τα οποία επηρεάζεται από μορφολογικά γνωρίσματα), δρουν επιλεκτικά στα πιο ανταγωνιστικά είδη.



# Εποχικότητα - Διακυμάνσεις

Τοποθετώντας τους περιβαλλοντικούς αυτούς παράγοντες σε φθίνουσα τάξη σημαντικότητας ως προς τη δράση τους και την απόκριση των ειδών, πρώτοι έρχονται οι φυσικοί παράγοντες (θερμοκρασία, ανάμειξη του νερού, χρόνος παραμονής του νερού και συνθήκες του φωτός στο νερό). Ακολουθούν οι χημικοί παράγοντες (το περιβάλλον των ιόντων, η διαθεσιμότητα των θρεπτικών & οι σχετικές διαβαθμίσεις τους) και τέλος οι βιοτικοί παράγοντες (βόσκηση από το ζωοπλαγκτό και ο παρασιτισμός).

**Οι διακυμάνσεις στην αφθονία & τη σύνθεση των ειδών του φυτοπλαγκτού που συμβαίνουν σε μία λίμνη σε περίοδο ενός έτους, θα επαναλαμβάνονται σε μεγάλο βαθμό και το επόμενο έτος με την προϋπόθεση επικράτησης παρόμοιων υδρολογικών και φυσικών χαρακτηριστικών.**

Αυτές οι κυκλικές διακυμάνσεις αποτελούν ένα από τα πιο χαρακτηριστικά γνωρίσματα του φυτοπλαγκτού στα γλυκά νερά. Συχνά η βιομάζα φθάνει στο μέγιστο και πέφτει στο ελάχιστο την ίδια περίπου περίοδο σε διαδοχικά έτη



# Εποχικότητα - Διακυμάνσεις

Επίσης τα ίδια είδη επικρατούν με την ίδια περίπου συχνότητα, ενώ το καθένα αυξάνει και ελαττώνεται σε ένα δικό του ετήσιο κύκλο.

Ο ακριβής χρόνος των φαινομένων αυτών ποικίλει από έτος σε έτος και οι εμφανίσεις των ειδών μπορεί να μεταβάλλονται έτσι ώστε τα επικρατούντα είδη, σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα, να μην είναι πάντοτε τα ίδια.

**Είναι μεγάλης σημασίας το γεγονός ότι οι ετήσιοι κύκλοι των διακυμάνσεων της φυτοπλαγκτικής βιομάζας και η ακολουθία της αντιπροσώπευσης των αθροισμάτων συχνά επαναλαμβάνονται σε λίμνες γεωγραφικά απομακρυσμένες, που όμως έχουν παρόμοια υδρομορφολογικά και κλιματικά γνωρίσματα καθώς και κοινές χημικές ιδιότητες.**



# Εποχικότητα - Διακυμάνσεις

Μεταβολές στη σύνθεση και αφθονία του φυτοπλαγκτού παρατηρούνται και στο χώρο. Οι αποκρίσεις του φυτοπλαγκτού στην περιβαλλοντική ετερογένεια του οριζόντιου επιπέδου της λίμνης ποικίλουν ανάλογα με την έκταση της ετερογένειας, τη χρονική διάρκεια και τα επικρατούντα πρότυπα κυκλοφορίας στη λίμνη.

Ασυνέχειες στην οριζόντια κατανομή του φυτοπλαγκτού παρατηρούνται συχνά σε μεγάλες λίμνες και φραγμαλίμνες ενώ σε μικρότερες απαντώνται μόνο για σύντομες περιόδους εκτός κι αν υδρο-μορφολογικά ή άλλα χαρακτηριστικά ευνοούν την ετερογένεια στην κατανομή περιβαλλοντικών παραγόντων.

Η κατανομή του κάθε είδους του φυτοπλαγκτού ποικίλει με το βάθος, το χρόνο και τη φυσική κατάσταση της στήλης νερού. Διαβαθμίσεις στις συνθήκες φωτός και στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων παρατηρούνται με τη μεταβολή του βάθους. Κάτω από τέτοιες συνθήκες φυσικό είναι να αναμένονται ασυνέχειες στην κατακόρυφη κατανομή του φυτοπλαγκτού. Οι ασυνέχειες αυτές διατηρούνται για ώρες, ημέρες, εβδομάδες.



# Μέθοδοι έρευνας φυτοπλαγκτού

- **Δοκιμή υποθέσεων**
- **Παρατήρηση & Καταγραφή (παρακολούθηση)**
- **Συσχέτιση δεδομένων πεδίου**
- **Πειράματα στο εργαστήριο & στο πεδίο**
- **Μαθηματικά μοντέλα**





# Μέθοδοι έρευνας φυτοπλαγκτού

## Δοκιμή υπόθεσης

• **Παρατήρηση**: το ανοιξιιάτικο μέγιστο του φυτοπλαγκτού ακολουθείται από μέγιστο ζωοπλαγκτού- τότε παρατηρείται κατάρρευση του φυτοπλαγκτού (clear water phase)

• **Συσχέτιση**: οι μεταβολές στη φυτοπλαγκτική βιομάζα παρουσιάζουν αρνητική συσχέτιση με την αφθονία του ζωοπλαγκτού

✓προσοχή στις συσχετίσεις ! (υψηλή ανάμεσα σε μείωση πελαργών και μείωση γεννήσεων παιδιών στην Ευρώπη !)

• **Υπόθεση**: Η βόσκηση από το ζωοπλαγκτό οδηγεί σε clear water phase

• **Εναλλακτική Υπόθεση**: Η έλλειψη θρεπτικών οδηγεί σε κατάρρευση του φυτοπλαγκτού





# Μέθοδοι έρευνας φυτοπλαγκτού

## Δοκιμή υπόθεσης

### A. Εξετάζοντας δεδομένα πεδίου

1. Οι ρυθμοί παραγωγής του φυτοπλαγκτού ανά μονάδα βιομάζας είναι τόσο υψηλοί στη διάρκεια της κατάρρευσης που περιορισμός από θρεπτικά μπορεί να αποκλεισθεί
2. Οι ρυθμοί βόσκησης του ζωοπλαγκτού είναι υψηλότεροι από τους ρυθμούς αύξησης του φυτοπλαγκτού

**Συμπέρασμα:** Η εναλλακτική υπόθεση (η έλλειψη θρεπτικών οδηγεί σε κατάρρευση του φυτοπλαγκτού) δεν ισχύει ενώ η αρχική υπόθεση (η βόσκηση από το ζωοπλαγκτό οδηγεί σε clear water phase) δεν έχει απορριφθεί



# Μέθοδοι έρευνας φυτοπλαγκτού

## Δοκιμή υπόθεσης

### B. Εξετάζοντας δεδομένα πειραμάτων πεδίου

1. Η απεριόριστη ανάπτυξη του ζωοπλαγκτού σε μεσοκόσμους με εμπλουτισμό θρεπτικών οδηγεί επίσης σε clear water phase

2. Όταν το ζωοπλαγκτό μειώνεται σημαντικά είτε λόγω θήρευσης από πλαγκτοφάγα ψάρια ή απομάκρυνσής του με δίκτυο πλαγκτού, δεν παρατηρείται clear water phase ανεξαρτήτως εμπλουτισμού ή μη με θρεπτικά

**Συμπέρασμα:** Η εναλλακτική υπόθεση (η έλλειψη θρεπτικών οδηγεί σε κατάρρευση του φυτοπλαγκτού) δεν ισχύει ενώ η αρχική υπόθεση (η βόσκηση από το ζωοπλαγκτό οδηγεί σε clear water phase) δεν έχει απορριφθεί



# Μέθοδοι έρευνας φυτοπλαγκτού

## Μεθοδολογία

### Ποιοτική Ανάλυση του Φυτοπλαγκτού

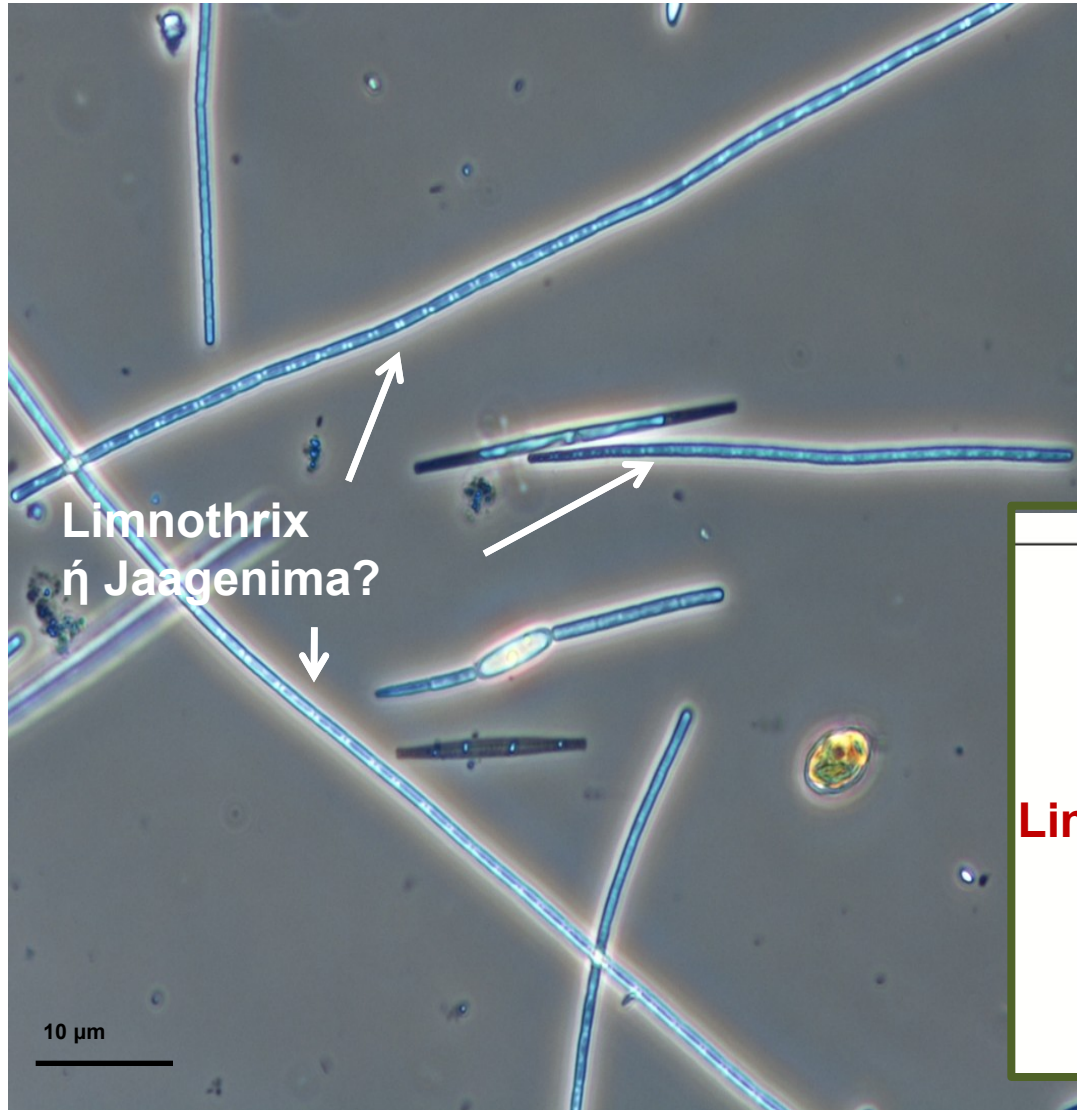
Η αναγνώριση των ειδών του φυτοπλαγκτού στηρίζεται στην παρατήρηση σε οπτικό μικροσκόπιο του ζωντανού υλικού που συγκεντρώθηκε με δίχτυ και φυγοκέντρηση και υλικού στερεωμένου με φορμόλη & διάλυμα Lugol.

Για την αναγνώριση των ειδών χρησιμοποιούνται ταξινομικά συγγράμματα και ένας μεγάλος αριθμός εργασιών ταξινομικού χαρακτήρα.



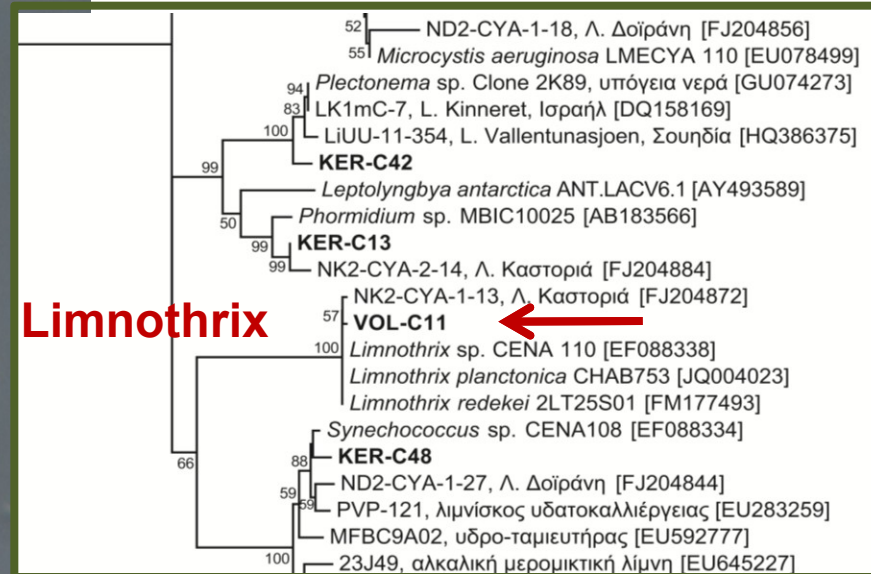
# Μέθοδοι έρευνας φυτοπλαγκτού

«Ταξινομικώς» προβληματικά κυανοβακτήρια: Φυλογενετική ανάλυση (16 S rRNA γονίδιο)



Limnothrix  
ή Jaagenima?

$17 \times 10^6$  νήματα L<sup>-1</sup>



# Μέθοδοι έρευνας φυτοπλαγκτού

## Μεθοδολογία

### Ποσοτική Ανάλυση του Φυτοπλαγκτού

Η μικροσκοπική ανάλυση των πλαγκτικών φυκών γίνεται σε ανάστροφο μικροσκόπιο σύμφωνα με την κλασσική μεθοδολογία του ανάστροφου μικροσκοπίου (Utermöhl 1958). Ανάλογα με την πυκνότητα των πληθυσμών που περιέχονται σε κάθε δείγμα προπαρασκευάζονται για την καταμέτρηση των κυττάρων θάλαμοι καθίζησης όγκου 2, 10 & 25 ml. Το επόμενο στάδιο της εργασίας αφορά στην καταμέτρηση των φυτοπλαγκτικών ατόμων (κύτταρο, κοινόβιο, αποικία, νήμα). Για τη στατιστικά αποδεκτή εκτίμηση της πληθυσμιακής πυκνότητας των πλαγκτικών φυκών στο δείγμα (σφάλμα  $\pm 10\%$ ), καταμετρούνται 100 τουλάχιστον άτομα από τα πιο άφθονα είδη και συνολικά τουλάχιστον 400 άτομα.



# Μέθοδοι έρευνας φυτοπλαγκτού

## Μεθοδολογία

### Ποσοτική Ανάλυση του Φυτοπλαγκτού

Για τη μετατροπή της πληθυσμιακής πυκνότητας των πλαγκτικών φυκών σε βιομάζα (νωπό βάρος) υπολογίζονται οι μέσοι κυτταρικοί όγκοι των οργανισμών αφού προηγουμένως γίνουν μετρήσεις των διαστάσεων των κυττάρων τους. Οι διαστάσεις τουλάχιστον 25 ατόμων από τα πιά άφθονα είδη μετρούνται για κάθε δείγμα. Για τον υπολογισμό των κυτταρικών όγκων χρησιμοποιούνται κατάλληλοι γεωμετρικοί τύποι. Η μετατροπή των κυτταρικών όγκων σε βιομάζα γίνεται με βάση το ότι η μέση ειδική πυκνότητα του κυττάρου είναι  $1 \text{ g/cm}^3$ . Ο αριθμός των κυττάρων ανά αποικία, για είδη που σχηματίζουν αποικίες, υπολογίζεται προηγουμένως.



# Χρονικές κλίμακες

Χρονικές κλίμακες των  
διακυμάνσεων των  
φυσικών παραγόντων  
& τα επίπεδα  
οργάνωσης των  
αποκρίσεων των  
φυτοπλαγκτικών  
οργανισμών

ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ	ΦΥΣΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ
$10^{-1}$ ..... $10^{-2}$ d	Θερμοκρασία Φως Ανάμειξη Νερού	Ρυθμοί Αύξησης (ρισο) Ρυθμοί Βόσκησης (μικρο) Δυναμική Μικροσυσσωμάτωσης
1 d	Θερμοκρασία Φως Ανάμειξη Νερού	Φωτοπεριοδικότητα Ρυθμοί Αύξησης (ρισο-, νανο-, μικρο-) Ρυθμοί Βόσκησης Μετακινήσεις
10 d	f (Θερμοκρασίας) f (Ακτινοβολίας) f (Ανάμειξης) upwelling Τοπικά Ρεύματα	Ανταγωνισμός/Θήρευση Αποκλεισμός Ειδών Ρυθμοί Αύξησης (>μικρο) Στρατηγικές-Κύκλοι ζωής (νανο-, μικρο-) Στάδια Διαδοχής(κοινωνία)
100 d	S (Θερμοκρασία) S (Ακτινοβολία) Μεταφορά σε κλίμακα λεκάνης και στήλης νερού	Στρατηγικές Κύκλοι Ζωής (μεσο-, μακρο-) Εποχιακή Διαδοχή
1000 d	Μακροκλίμα	Ετήσιες Διακυμάνσεις





# Στρατηγικές Ζωής

- Είδη φυτοπλαγκτού που έχουν μικρό χρόνο γενεάς, υψηλό ρυθμό αύξησης και αποκρίνονται άμεσα στη διαθεσιμότητα των περιβαλλοντικών πόρων συμπεριλαμβάνονται στα είδη **r στρατηγικής**
- Είδη φυτοπλαγκτού που έχουν μεγάλο χρόνο γενεάς, χαμηλό ρυθμό αύξησης και απωλειών, αργή απόκριση στη διαθεσιμότητα των περιβαλλοντικών πόρων και ικανότητα αντοχής σε περιόδους με περιοριστικές συνθήκες αύξησης συμπεριλαμβάνονται στα είδη **K στρατηγικής**
- Σύμφωνα με τον **Margalef** η εποχική περιοδικότητα του φυτοπλαγκτού μπορεί να περιγραφεί ως η πορεία από την επικράτηση ειδών **r** στρατηγικής στην επικράτηση ειδών **K** στρατηγικής



# Διαδοχή

Η αυτογενής ακολουθία των αλλαγών στη σχετική επικράτηση των διάφορων ειδών & ομάδων φυτοπλαγκτού ονομάζεται διαδοχή του φυτοπλαγκτού.

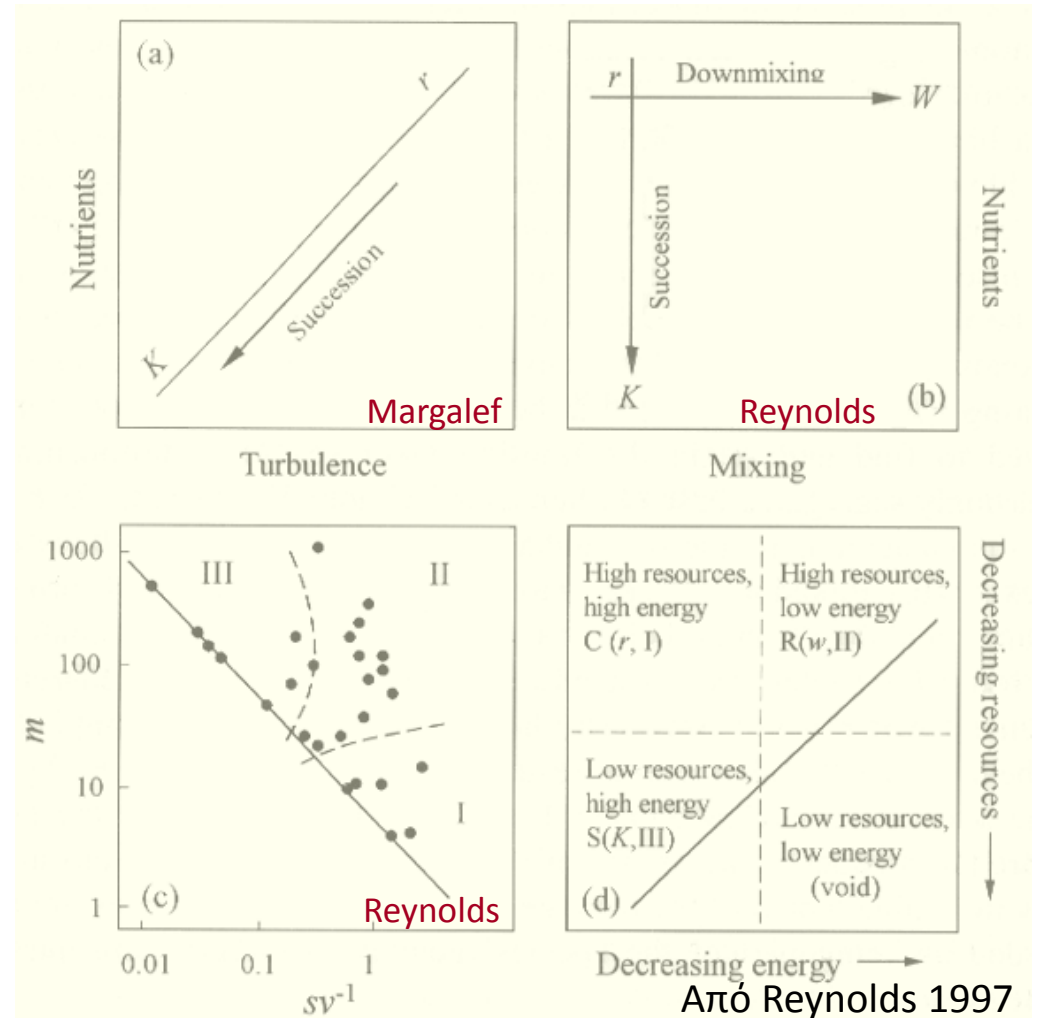
• Σύμφωνα με τις διαφορετικές προσεγγίσεις και ομαδοποιήσεις των ειδών του φυτοπλαγκτού σε ταξινομικές ομάδες, λειτουργικές ομάδες και ομάδες με βάση τις στρατηγικές ζωής, έχουν προταθεί διάφορα μοντέλα διαδοχής του φυτοπλαγκτού, χαρακτηριστικά για διαφορετικούς τύπους υδάτινων σωμάτων. **Το πιο γνωστό είναι το μοντέλο PEG με βάση τις ταξινομικές ομάδες** (Sommer et al. 1986, Archiv. Hydrobiol.) και σε γενικές γραμμές επαναλαμβάνεται από χρόνο σε χρόνο σε μία λίμνη.

• Η σχετική επικράτηση των ειδών ή ομάδων φυτοπλαγκτού προσδιορίζεται με βάση το ποσοστό εκείνο με το οποίο πρέπει να συμμετέχει ένα είδος ή ομάδα στη συνολική βιομάζα φυτοπλαγκτού για να θεωρείται κυρίαρχο. Συνήθως το ποσοστό αυτό είναι 10%.



# Διαδοχή

Σχηματική παρουσίαση της πορείας επικράτησης φυτοπλαγκτικών ειδών **r** και **K** στρατηγικής



Από Reynolds 1997



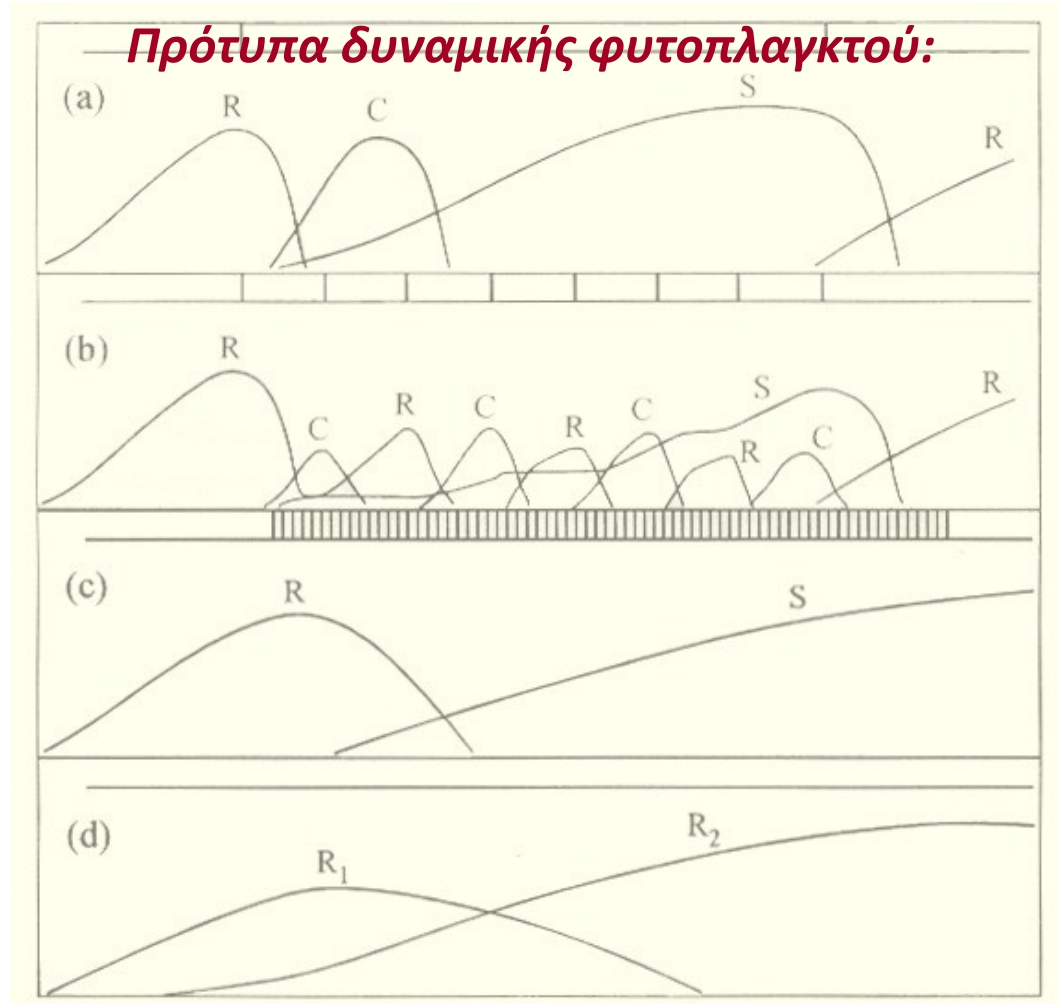
# Διαδοχή

*a) θερμής  
μονομεικτικής λίμνης*

*b) Πολυμεικτικής  
λίμνης*

*c) πολυμεικτικής  
λίμνης (ημερήσια)*

*d) συνεχούς  
ανάμειξης (ποτάμια  
φραγμαλίμνες)*

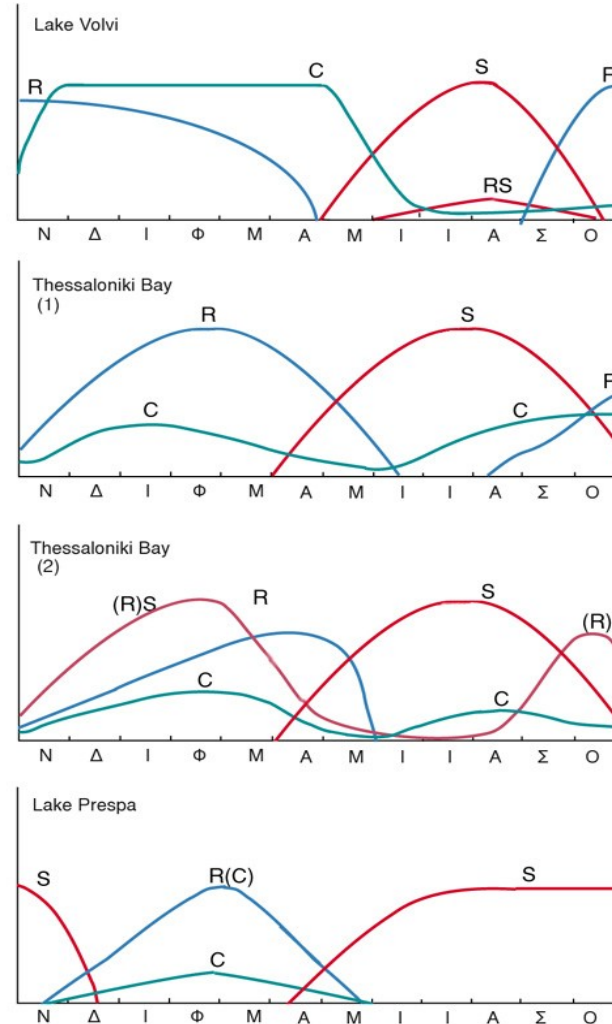


Από Reynolds 1997



# Διαδοχή

Πρότυπα δυναμικής λειτουργικών ομάδων φυτοπλαγκτού σε ελληνικά υδάτινα συστήματα

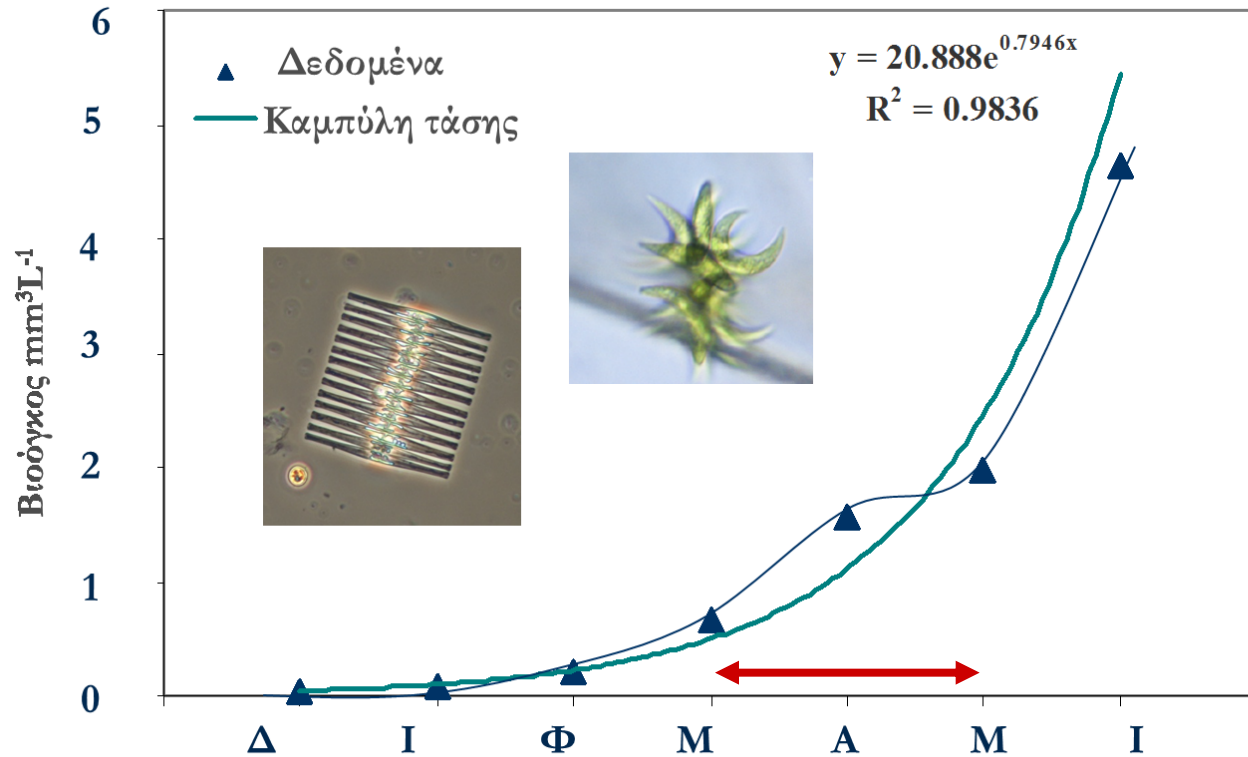


# Διαδοχή

Θησαυρού 1ο εξάμηνο λειτουργίας 1997:

εκθετική αύξηση βιοόγκου

(ΤΗ-1): βάθος 120 m, μικρός χρόνος παραμονής νερού



Μεγαλύτερος χρόνος παραμονής





# Διαδοχή

Θησαυρού 1ο εξάμηνο λειτουργίας 1997:

αύξηση με βιολογικό έλεγχο

(ΤΗ-3): βάθος 30 m, μεγαλύτερος χρόνος παραμονής νερού



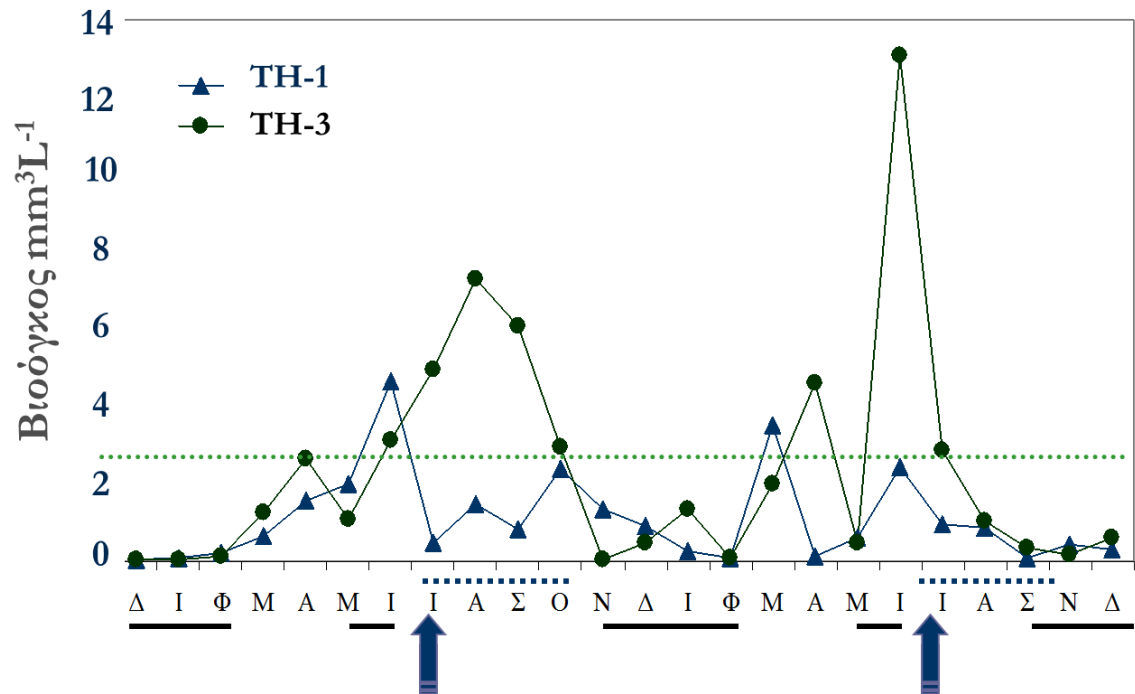
# Διαδοχή

## Μεταβολές βιομάζας (ΤΗ-1 & ΤΗ-3)

### Θησαυρού

Στον ΤΗ-1 οι μεταβολές του φυτοπλαγκτού προκαλούνται από ισχυρές φυσικές διαταραχές (υψηλή ταχύτητα ανανέωσης νερού)

Στον ΤΗ-3 οι μεταβολές του φυτοπλαγκτού προκαλούνται περισσότερο από βιολογικές διεργασίες που «ωριμάζουν» το σύστημα



# Διαδοχή

Διαδοχή των επικρατούντων ειδών στο φυτοπλαγκτό της Βόλβης (με τροποποίηση από Moustaka-Gouni 1993, Hydrobiologia)

σε κάποιο βαθμό  
ακολουθείται  
το Μοντέλο PEG

4 στάδια Διαδοχής  
σε 1 ετήσιο Κύκλο

70 γενιές φυτοπλαγκτού

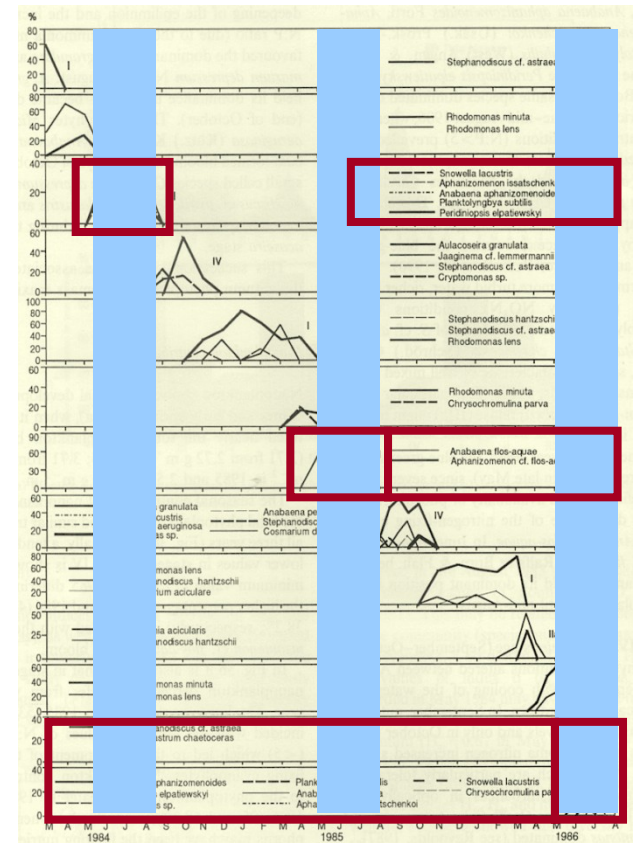
περιοδικότητα

Σταθερότητα Βόλβης

5 είδη - 80% κυανοβακτήρια

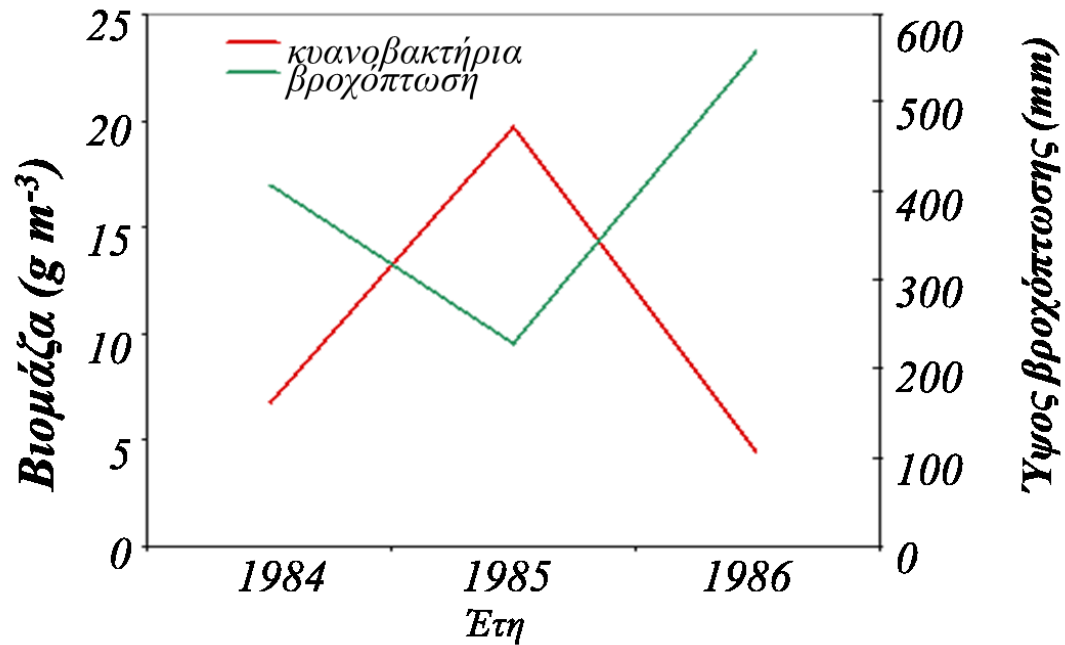
2 είδη - 100% κυανοβακτήρια

10 είδη - 50% κυανοβακτήρια



# Διαδοχή

Μεταβολές βιομάζας κυανοβακτηρίων



Με

UV

σε σχέση με το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης



# Διαδοχή

## Μεταβολές βιομάζας κυανοβακτηρίων

**1985**

*Aphanizomenon cf. flos-aquae*

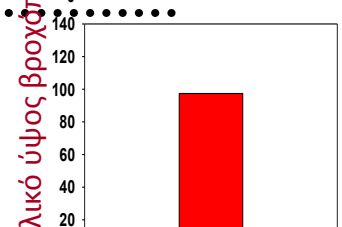
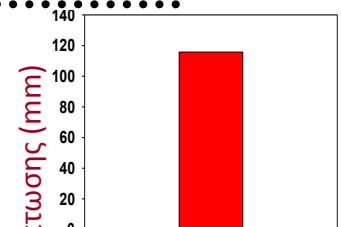
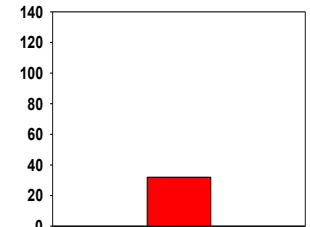
**1986**

*Planktolyngbya limnetica*  
*Anabaena perturbata*  
*Anabaena aphanizomenoides*

**2002**

*Planktolyngbya limnetica*  
*Anabaena perturbata*  
*Anabaena aphanizomenoides*

Ιούλιος-Αύγουστος



Συνολικό ύψος βροχόπτωσης (mm)

εμφανής ο ρόλος των βροχοπτώσεων & εισροών νερού στη Βόλβη στη σταθερότητα της δομής του φυτοπλαγκτού η οποία συνδέεται με κλιματικούς παράγοντες (Μουστάκα 1988; Κατσιάπη 2004)

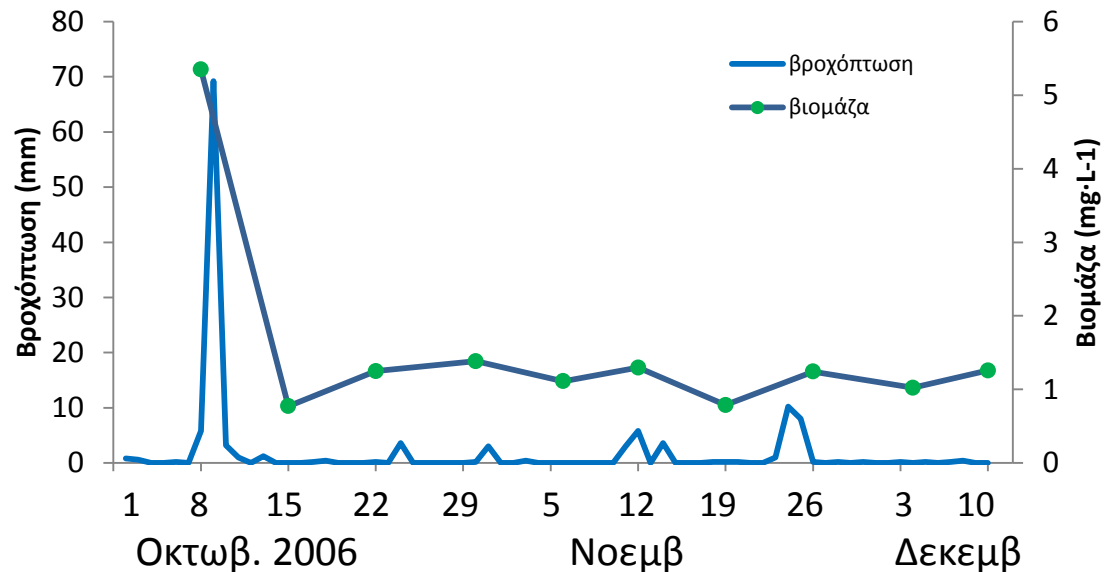


# Διαδοχή

## Βόλβη:

το πλημμυρικό φαινόμενο του 2006 (Οκτώβριος) οδήγησε σε

- ✓ μείωση της βιομάζας του φυτοπλαγκτού κατά **87%**
- ✓ μείωση των κυανοβακτηρίων κατά **96%**
- ✓ βελτίωσε την οικολογική ποιότητα του νερού από μέτρια σε καλή για μήνες





# Διαδοχή

## Στάδια ισορροπίας στη διαδοχή του φυτοπλαγκτού

Η διαδοχή του φυτοπλαγκτού, αν και συχνά αποτελεί αντικείμενο έρευνας στη λιμνολογία, εν τούτοις μόνο σε ελάχιστες περιπτώσεις έχει εξετασθεί σε σχέση με τις θεωρίες ισορροπίας και μη

Η αναγνώριση των σταδίων ισορροπίας (steady states) στη διαδοχή του φυτοπλαγκτού στηρίζεται σε τρία κριτήρια:

- 1) το μέγιστο 3 είδη φυτοπλαγκτού συμμετέχουν περισσότερο από 80% στη συνολική βιομάζα φυτοπλαγκτού
- 2) η επικράτηση διαρκεί για περισσότερο από 2-3 εβδομάδες
- 3) κατά τη διάρκεια της περιόδου αυτής η συνολική βιομάζα δεν αυξάνει σημαντικά



# Διαδοχή

## Στάδια ισορροπίας στη διαδοχή του φυτοπλαγκτού

- Πρόσφατες έρευνες που αφορούν στα είδη «ισορροπίας» έχουν δείξει ότι διαφορετικού τύπου καταστάσεις ισορροπίας του φυτοπλαγκτού έχουν ερμηνευθεί όχι μόνο ως αποτέλεσμα ανταγωνισμού αλλά και εξ αιτίας άλλων διεργασιών (βόσκηση, ειδικές προσαρμογές ειδών).
- Σπανίως έχουν παρατηρηθεί καταστάσεις ισορροπίας στη διαδοχή του φυτοπλαγκτού, αν και συχνότερα σε ρηχές υπερέυτροφες λίμνες στις οποίες κυριαρχούν τα κυανοβακτήρια, όπως για παράδειγμα στη λίμνη Καστοριάς.



# Παράμετροι φυτοπλαγκτού στην Οδηγία 2000/60/ΕΚ

Οι παράμετροι που πρέπει να είναι γνωστοί από το φυτοπλαγκτό για την εκτίμηση της οικολογικής ποιότητας νερού είναι:

✓η σύνθεση των ταξινομικών μονάδων στο κατάλληλο επίπεδο (ομάδες & είδη φυτοπλαγκτού)

✓η αφθονία

✓η βιομάζα του φυτοπλαγκτού

✓ανθίσεις φυτοπλαγκτού (συχνότητα & ένταση)

καθόσον η κρίσιμη οικολογική κατάσταση της κατηγορίας «μέτρια» προσδιορίζεται ως ακολούθως:

...διαρκείς ανθίσεις φυτοπλαγκτού



μπορεί να παρατηρηθούν κατά τους θερινούς μήνες...



# Βιβλιογραφία

Μουστάκα- Γούνη, Μ. (1997) ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ ΜΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ. ISBN 960-7910-00-1.

[Moustaka-Gouni M, Michaloudi E, Sommer U. \(2014\) Modifying the PEG model for Mediterranean lakes - no biological winter and strong fish predation. Freshwater Biology 59: 1136-1144.](#)

<http://www.bio.auth.gr/content/oceanographia>





# Τέλος Ενότητας 9

Επεξεργασία: Λατινόπουλος Διονύσης  
Θεσσαλονίκη, Εαρινό Εξάμηνο 2014



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

