



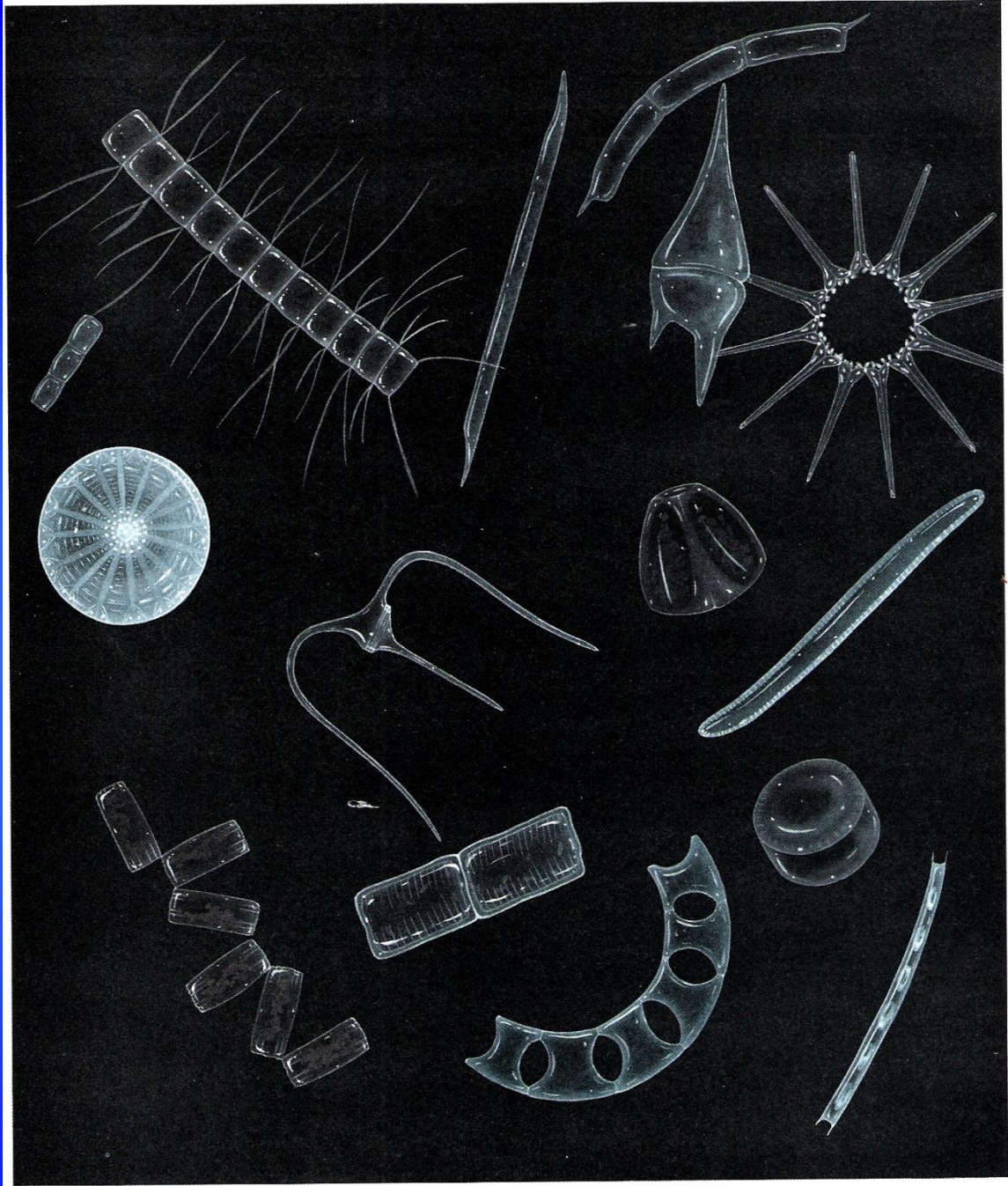
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

# Χημική Ωκεανογραφία

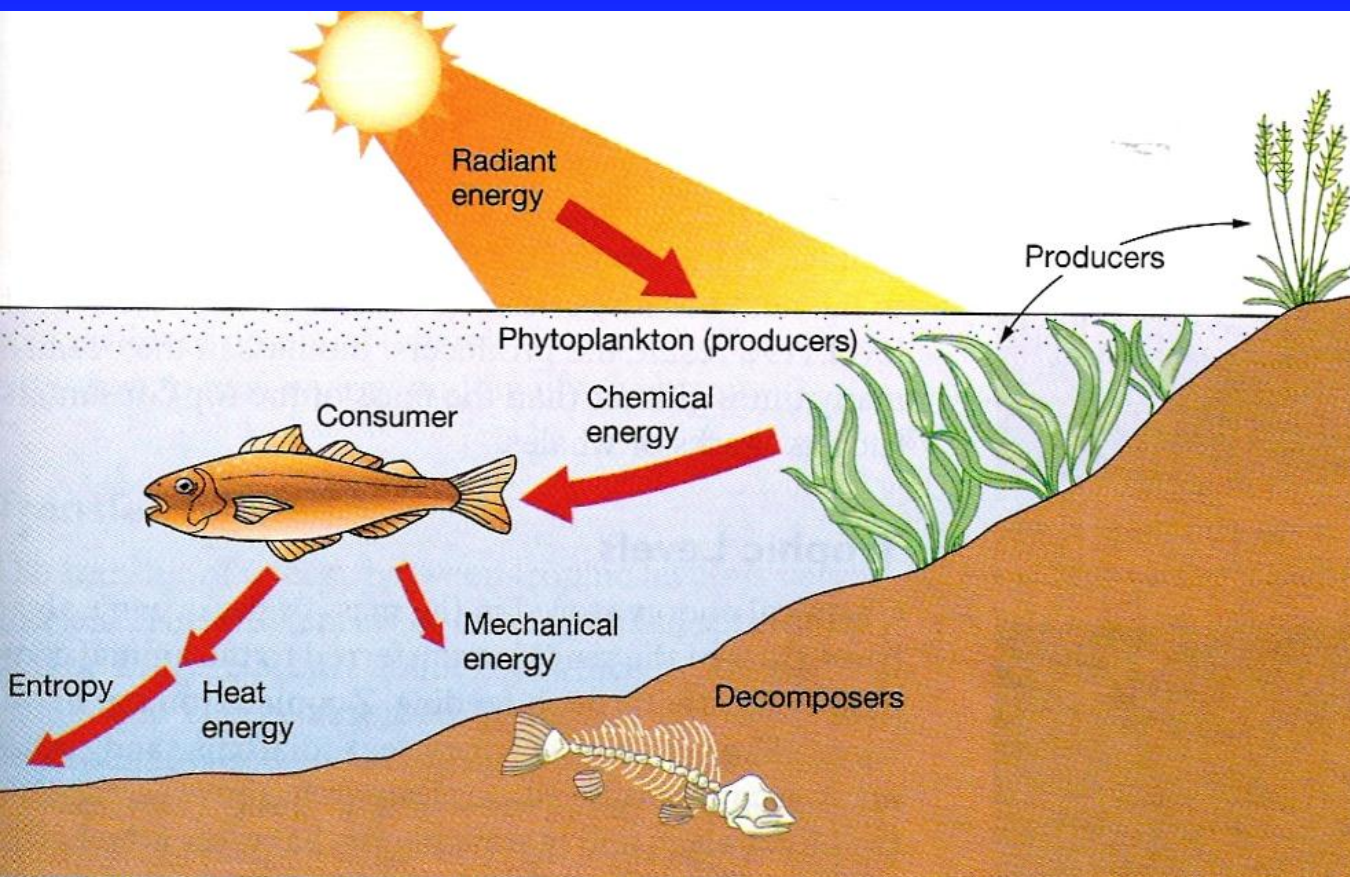
Ενότητα 2: Προσδιορισμός Χλωροφυλλών

Εμμανουήλ Δασενάκης  
Σχολή Θετικών Επιστημών  
Τμήμα Χημείας

- ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ  
ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΩΝ



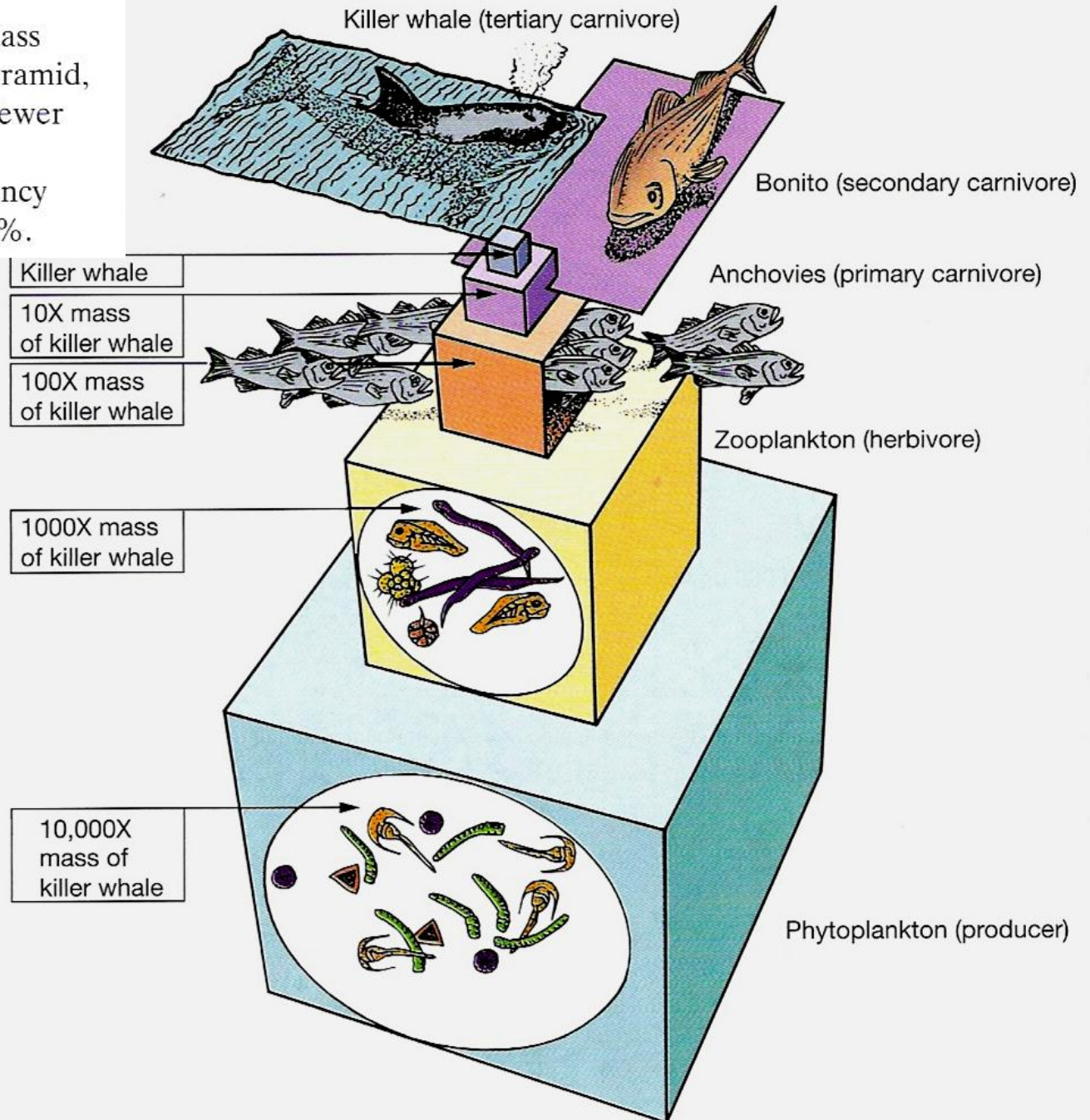
**Figure 14.1** Assorted phytoplankton, the ocean's most prolific producers. To the unaided eye these organisms would barely be visible as specks in the water. Under a low-power light microscope their diversity and intricacy can be appreciated. For an indication of their true size, see Figure 14.5c.



**Energy flow through a photosynthetic marine ecosystem.** Energy enters a marine ecosystem as radiant solar energy and is converted to chemical energy through photosynthesis by producers. Metabolism in the fish (a consumer) then releases the chemical energy for conversion to mechanical energy. Energy also is lost from the biotic community (the algae and fish) as heat, which increases the entropy of the ecosystem. Decomposers work to break down the remaining energy after an organism dies.

## Biomass pyramid. A

huge mass of phytoplankton constitutes the base of the biomass pyramid. At each step up the pyramid, there are larger organisms but fewer individuals and a smaller total biomass because transfer efficiency between steps averages only 10%.



Μία γενική διαίρεση του μεγέθους των φυτοπλαγκτονικών κυττάρων:

- ❑ Microplankton: 20-200 micrometers
- ❑ Nanoplankton: 2-20 micrometers
- ❑ Picoplankton: 0.2-2 micrometers

Υπάρχουν περίπου 5000 είδη φυτοπλαγκτού που διαιρούνται στις ακόλουθες κύριες ομάδες.

- ❖ Διάτομα
- ❖ Δινομαστιγωτά
- ❖ Κοκκολιθοφόρα
- ❖ Μαστιγωτά
- ❖ Κυανοβακτήρια ή κυανοφύκη

**Από ~5000 φυτοπλαγκτονικά είδη,  
μόνο ~40 παράγουν τοξίνες.**

Υπάρχουν προκαρυωτικά και ευκαρυωτικά φυτοπλαγκτονικά κύτταρα

## Διάτομα:

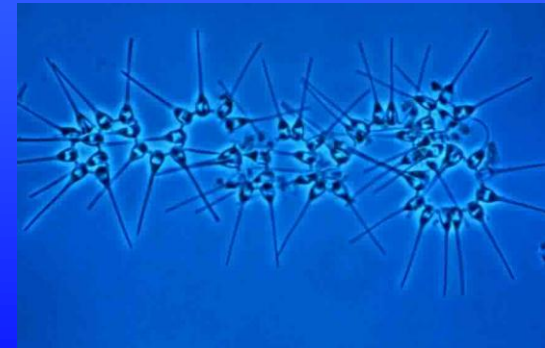
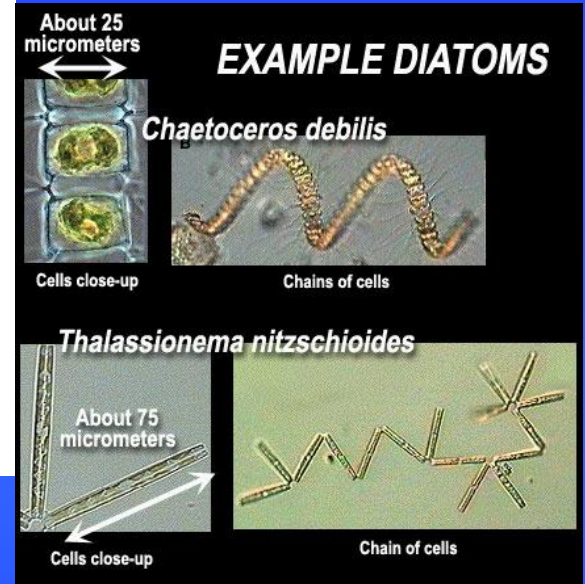
Εχουν σκληρά κυτταρικά τοιχώματα σαποτελούμενα από δύο πολύ καλά εφαρμοζόμενα ήμισα, σαν μικροσκοπικά θερμοκήπια που προστατεύουν το κυτταρόπλασμα μέσα σε γυάλινους τοίχους (SiO<sub>2</sub>).

Μονήρη, αλυσίδες, αποικίες.

Μέγεθος κυττάρου από 5 ως 1000 μm.

Προεκβολές, ακίδες μερικά τοξικά.

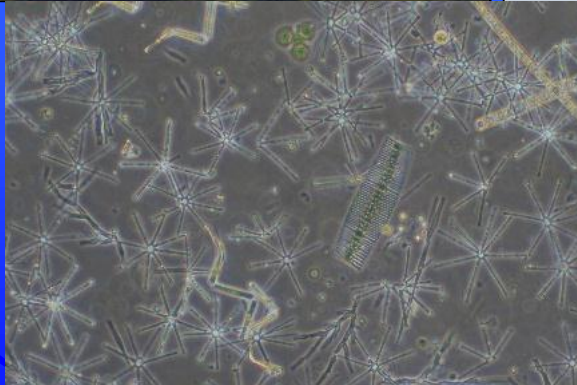
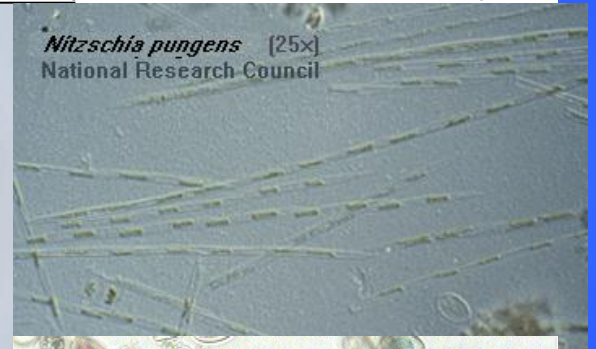
Αγενής και εγγενής αναπαραγωγή (σπόρια)



# ΔΙΑΤΟΜΑ

Υπό ιδανικές συνθήκες (φώς, θρεπτικά) διαιρούνται κάθε 12 έως 24 h, και παράγουν ένα πυκνό plankton bloom

Είναι περισσότερο άφθονα σε πολικές και υποπολικές περιοχές, και στην υφαλοκρηπίδα των μεσαίων γεωγρ. πλατών



## ΔΙΝΟΜΑΣΤΙΓΩΤΑ:

Γενικά μικρότερα από τα διάτομα (μπορούν να είναι  $<10 \mu\text{m}$ ), συνήθως μονήρη.

Μαστίγια (γιά να κολυμπούν).

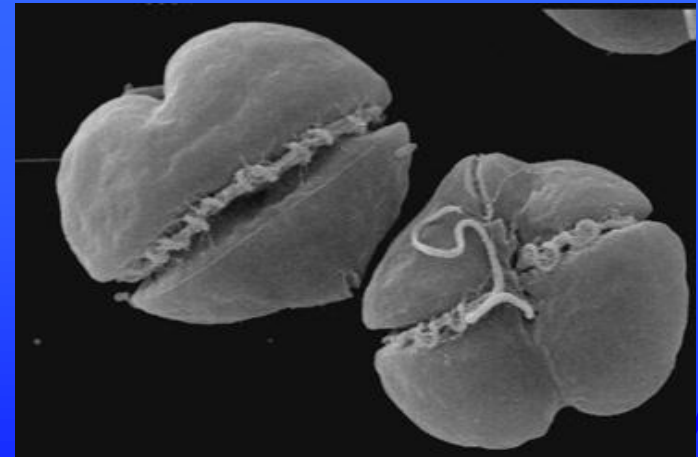
Αλλα φωτοσυνθέτουν, άλλα είναι ετερότροφα και άλλα μιξότροφα.

Υπάρχουν κάποια που φωσφορίζουν και αρκετά τοξικά.

Κυτταρικό τοίχωμα κελουλόζης

Επικρατούν όταν τα διάτομα καταναλώσουν το πυρίτιο

Πιό άφθονα σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές

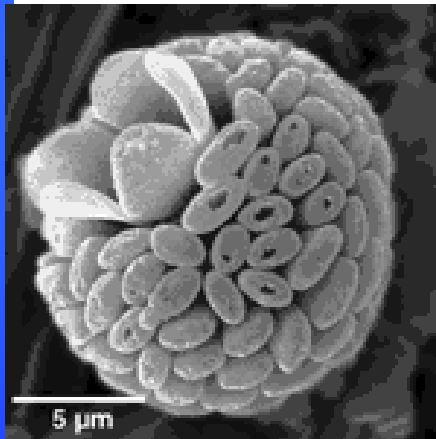




## Κοκκολιθοφόρα:

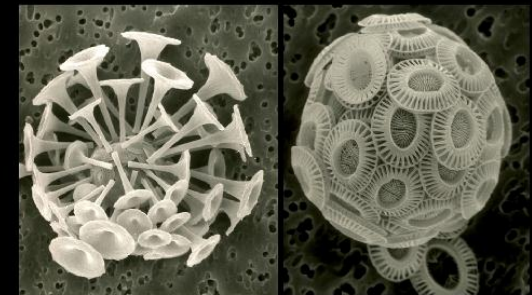
Πλάκες καλσίτη, οι κοκκόλιθοι (πλήθος σχημάτων)  
Συνήθως  $< 20 \mu\text{m}$ , συνήθως περιβάλλονται από  $>30$  πλάκες

Σχηματίζουν τεράστια **blooms**, που κάνουν τη θάλασσα  
αδιαφανή τυρκουάζ.



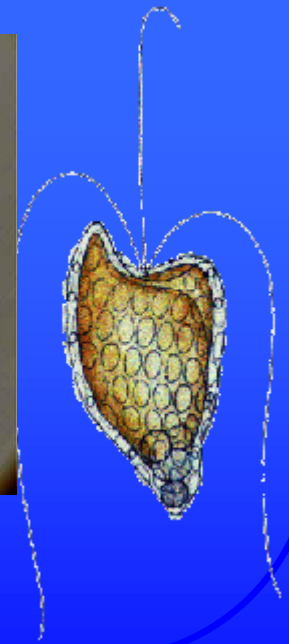
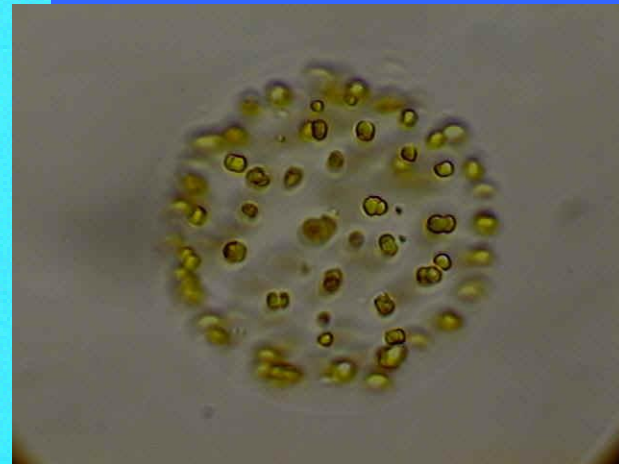
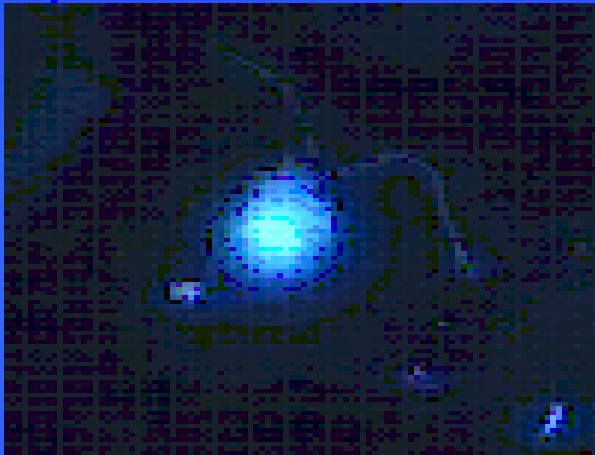
### Coccolithophores

- Calcareous sediments



## ΜΑΣΤΙΓΩΤΑ

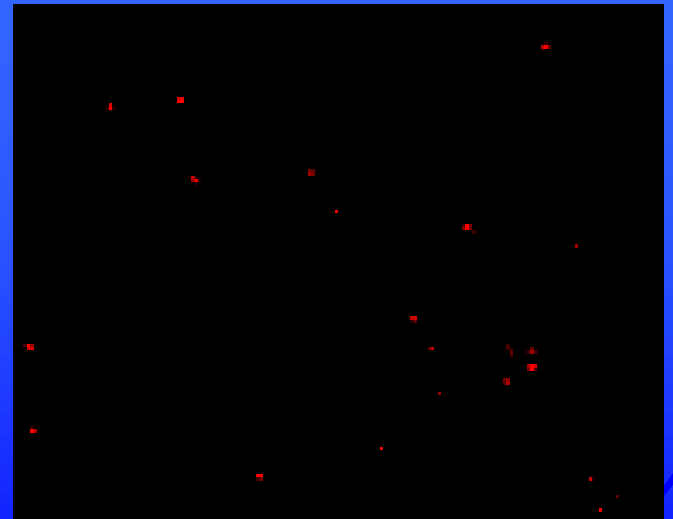
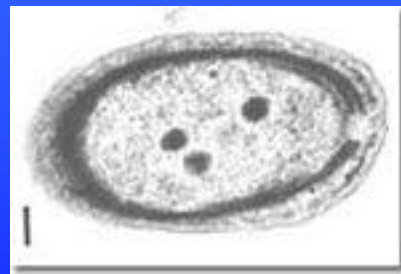
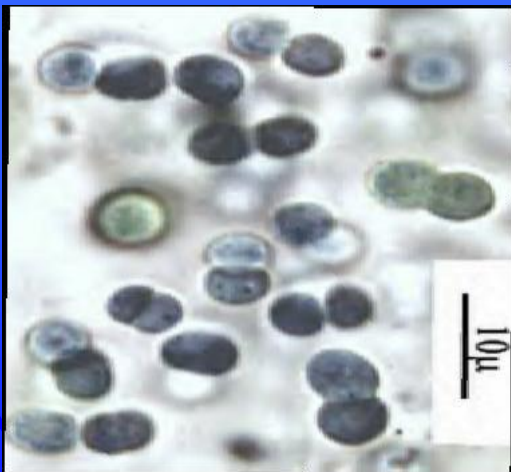
- Ποικίλα, 10 ταξινομικές κλάσεις φυκών
- Κινούνται με μαστίγια, είναι πολύ μικρά.
- Πάρα πολύ άφθονα, όταν οι άλλες ομάδες αποκλίνουν.



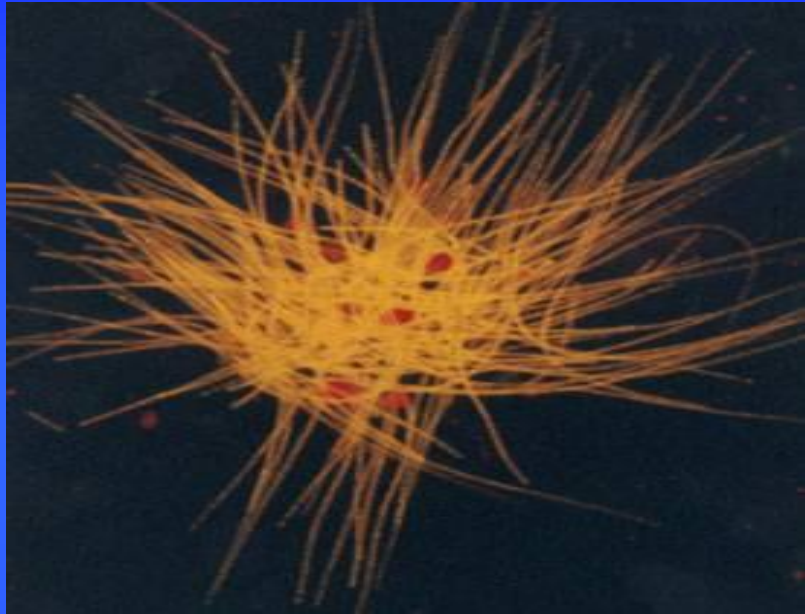
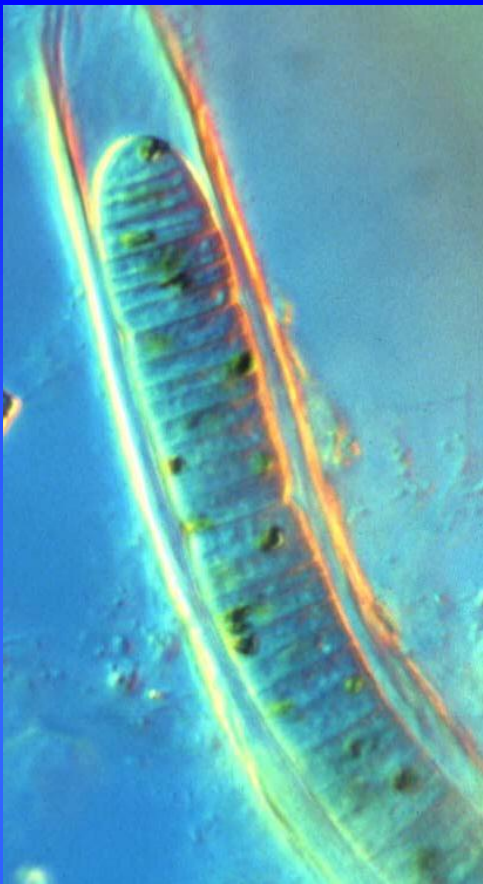
*Dunaliella* sp.  
Foto: Adriana Carrillo

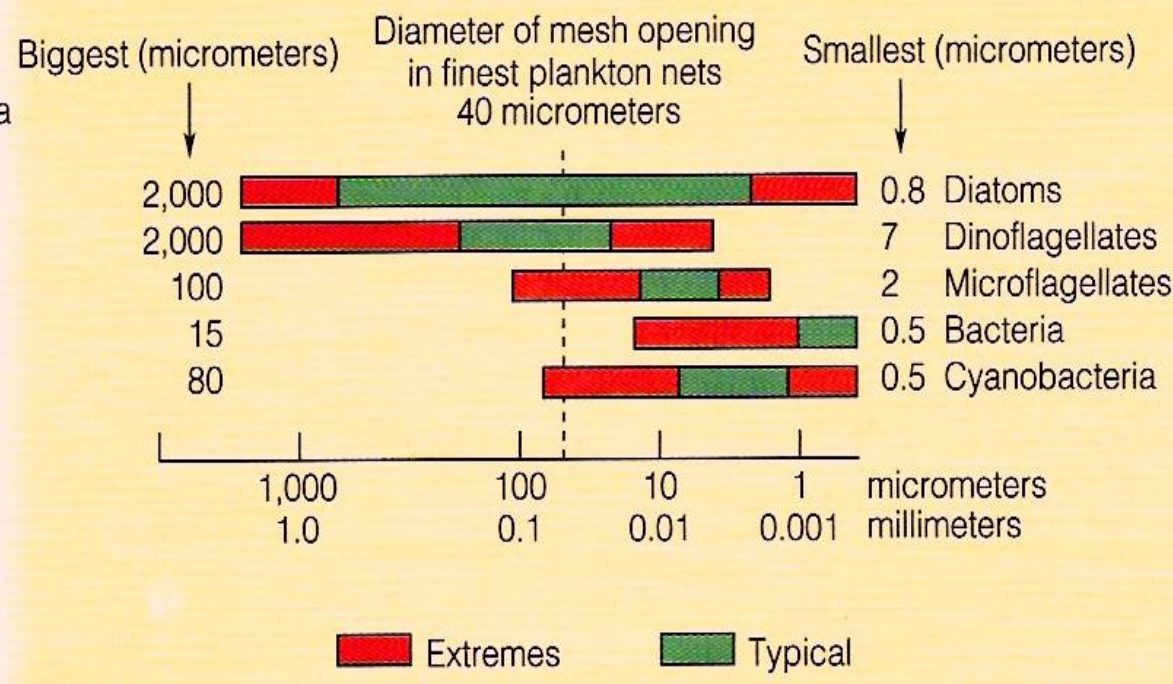
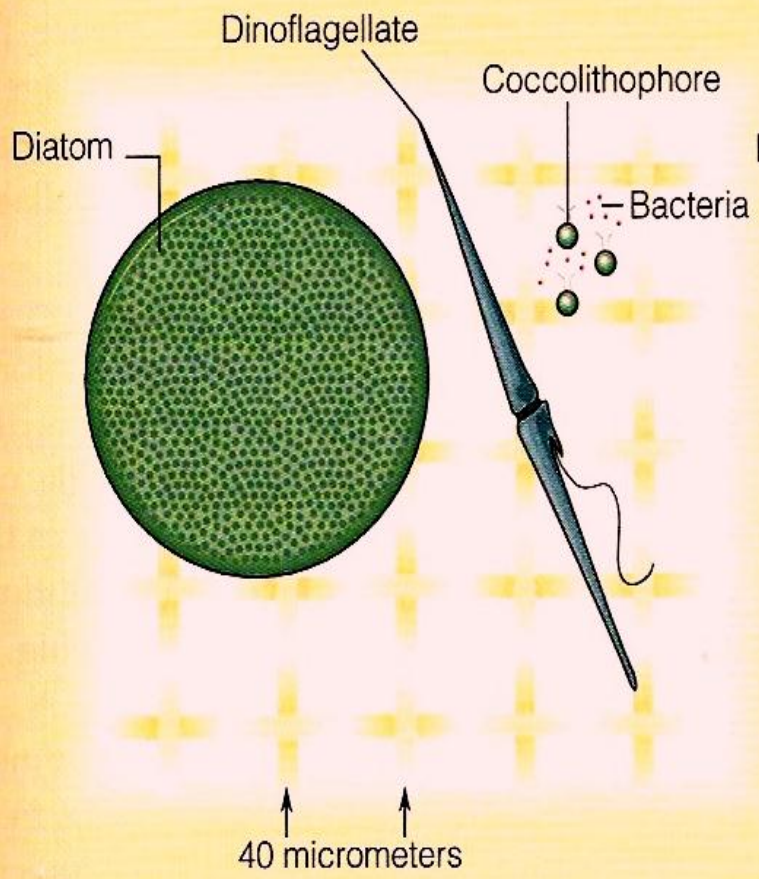
## ΚΥΑΝΟΒΑΚΤΗΡΙΑ - ΚΥΑΝΟΦΥΚΗ

- ❑ Από τα μικρότερα έως τα μεγαλύτερα είδη.
- ❑ Υπάρχουν ως μικρά μονήρη κύτταρα (< 1 μm) αλλά μερικά σχηματίζουν συσσωματώματα ορατά εβώ επιπλεούν.
- ❑ Τα φωτοσυνθετικά βακτήρια είναι οι κύριοι παραγωγοί στο ωκεανό. Το είδος *Prochlorococcus* ίσως είναι το αφθονότερο είδος επί της γής.

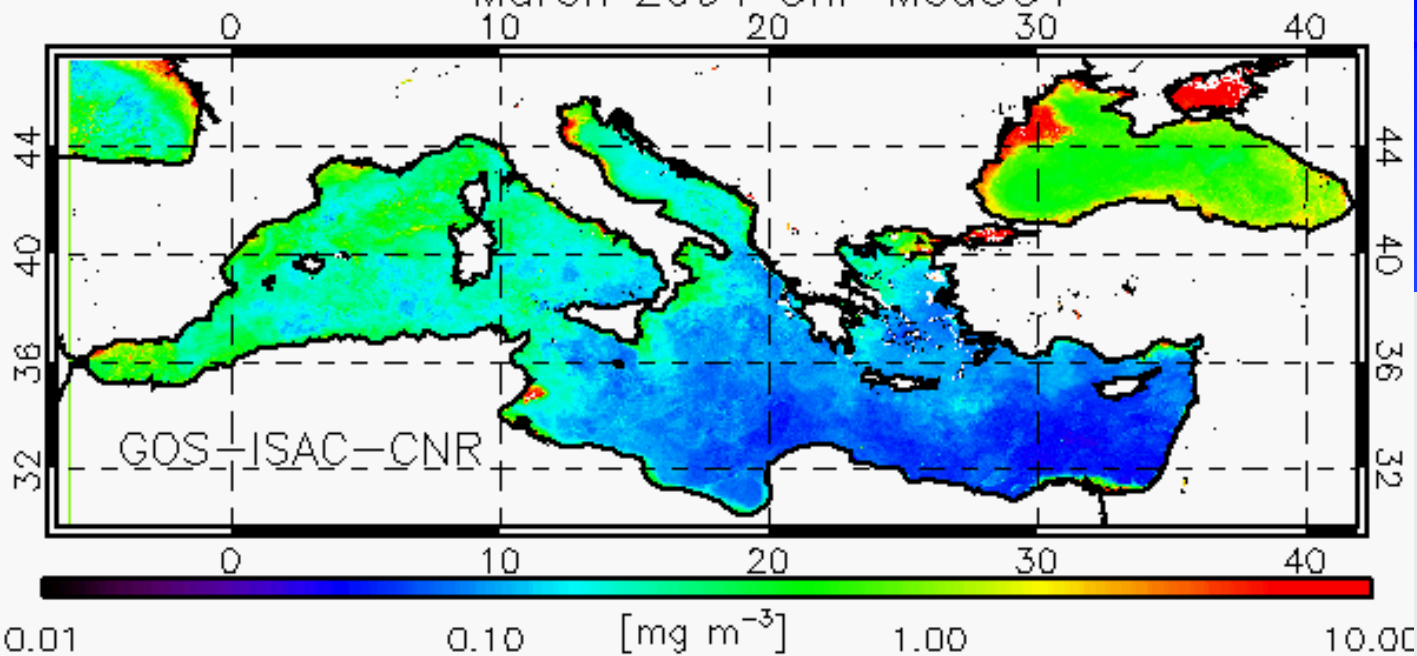


Blue-green algae





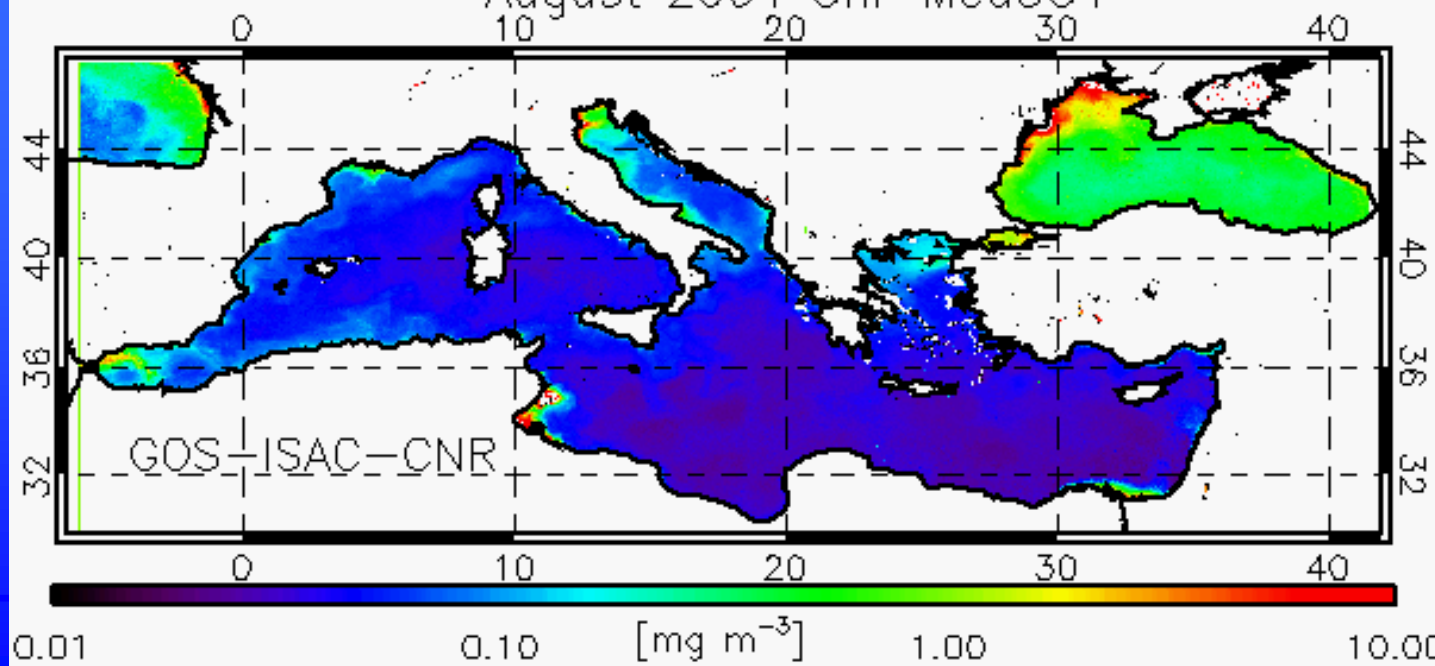
March 2004 Chl-MedOC4

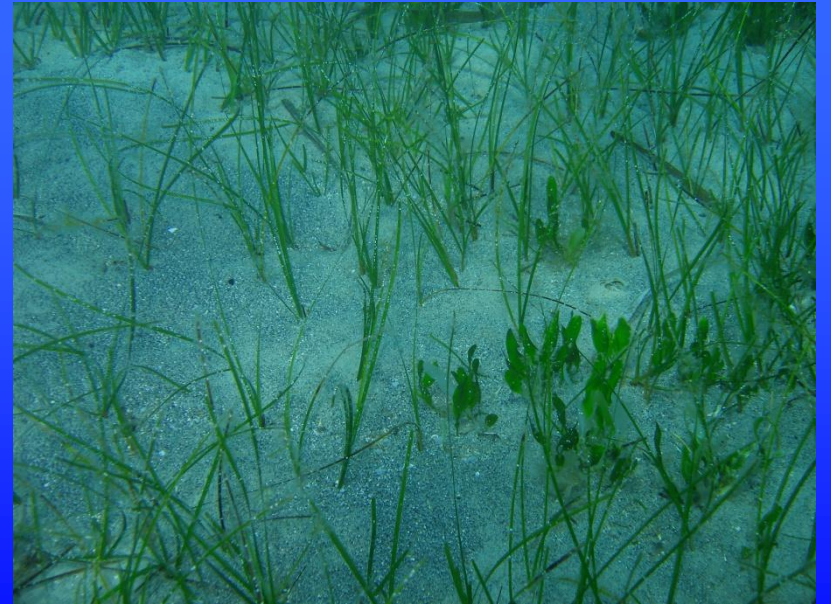
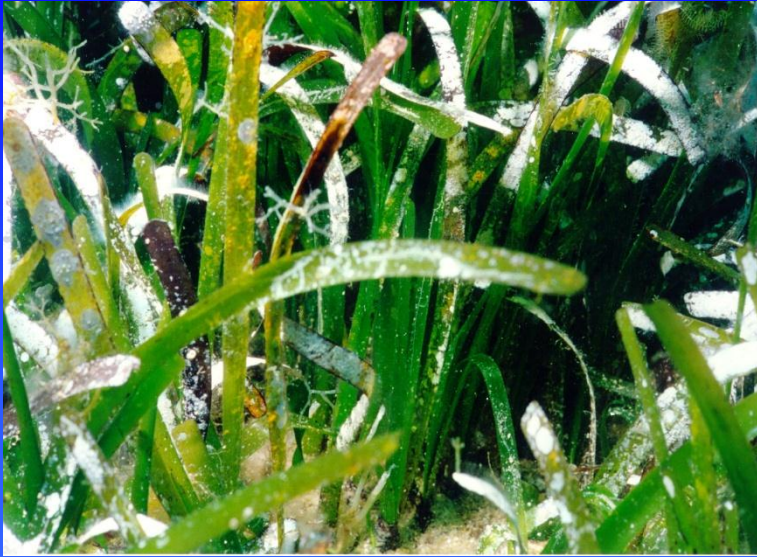


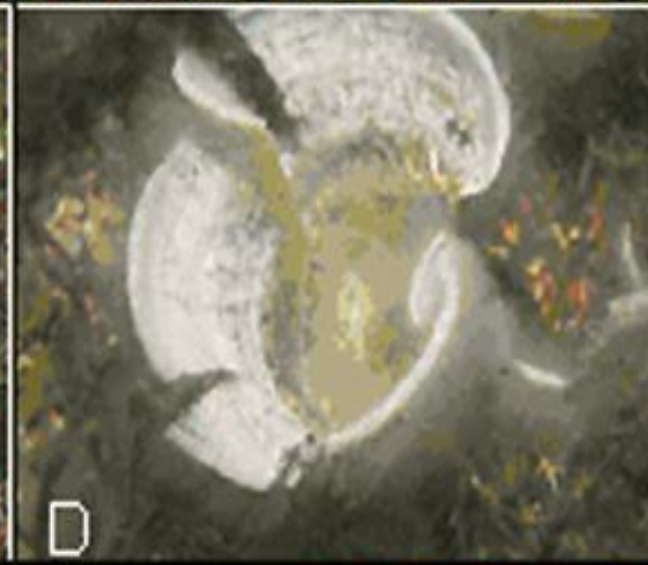
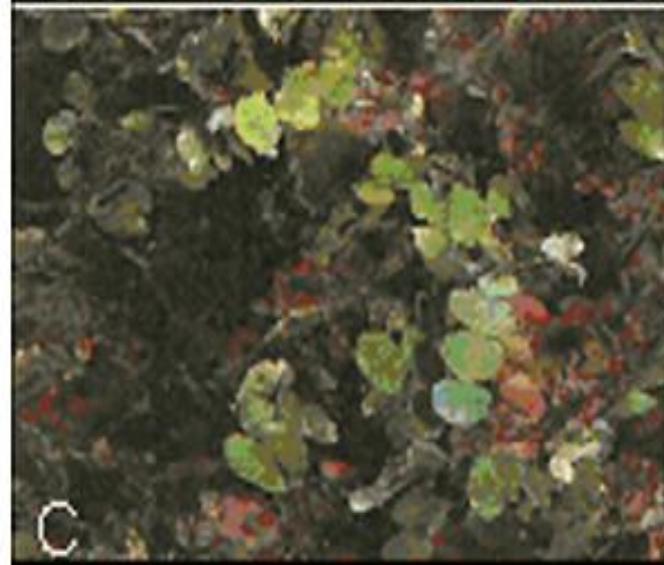
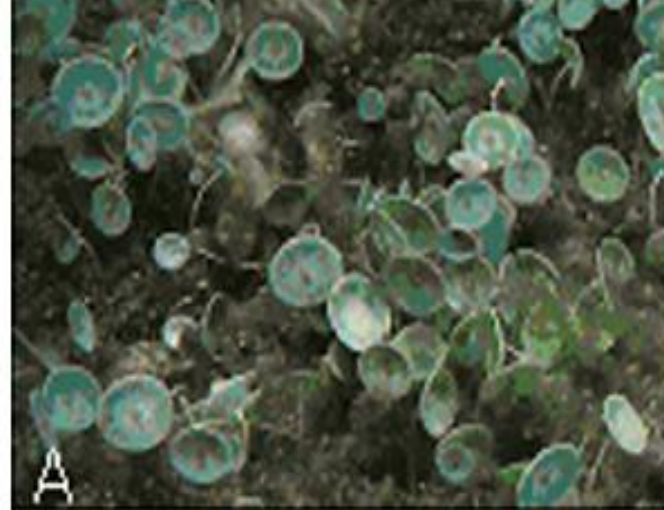
Mean chlorophyll concentrations in spring and autumn

2004

August 2004 Chl-MedOC4







Seaweeds are multicellular differently coloured algae. Underwater views: A. *Acetabularia acetabulum*, B. *Caulerpa prolifera*, C. *Halimeda tuna*, D. *Padina pavonica*, E. *Cystoseira* sp., F. *Peyssonnelia* sp.



# ΦΥΤΙΚΕΣ ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ

Το θαλάσσιο φυτοπλαγκτόν και τα μακροφύκη χρησιμοποιούν ορισμένες χημικές ενώσεις ως κύριους και δευτερεύοντες δέκτες φωτός στη φωτοσύνθεση. Αυτά τα πολύπλοκα μόρια χρησιμεύουν για να μεταφέρουν φωτεινή ενέργεια στα φωτοδραστικά κέντρα όπου οι φυτικές χρωστικές και κυρίως οι χλωροφύλλες είναι οι κύριες ενώσεις για να μετατρέπουν την ενέργεια αυτή σε χημική ήτοι να προκαλούν οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις.

Οι φυτικές χρωστικές χωρίζονται σε τέσσερις μεγάλες ομάδες:

## Χλωροφύλλες

Χλωροφύλλη α

» b

» c1

» c2

» c3

Διβυνιλοχλωροφύλλη α

» b

## Καροτένια

α ή β,ε

β ή β,β

γ ή β,ψ

ε ή ε,ε

Λυκοπένιο ή ψ,ψ

## Ξανθοφύλλες

Αλλοξανθίνη

Ανθεραξανθίνη

Αστραξανθίνη

Εχινενόνη

Κανθαροξανθίνη

Φουκοξανθίνη

Λουτεΐνη

Νεοξανθίνη

Πρασινοξανθίνη

Βιολαξανθίνη

Ζεαξανθίνη

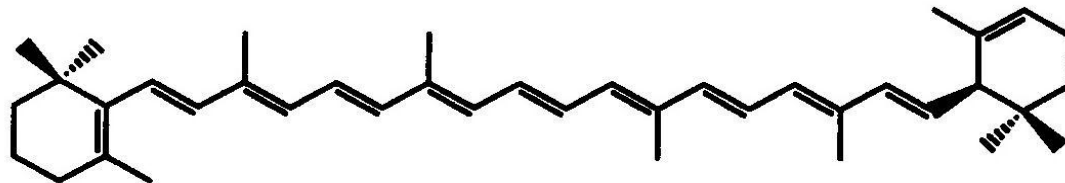
## Βιλιπρωτεΐνες

Αλλοφυκοκυανίνη

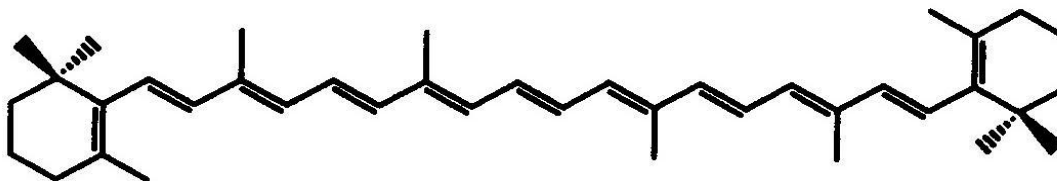
Φυκοκυανίνη

Φυκοερυθρίνη

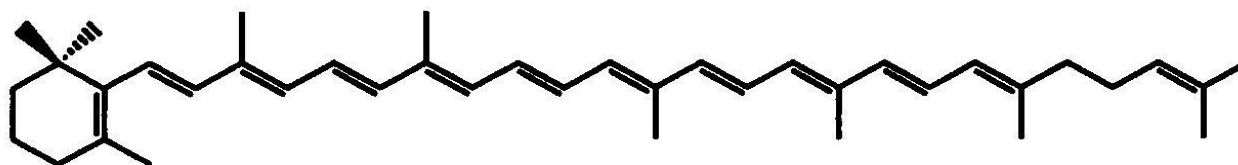




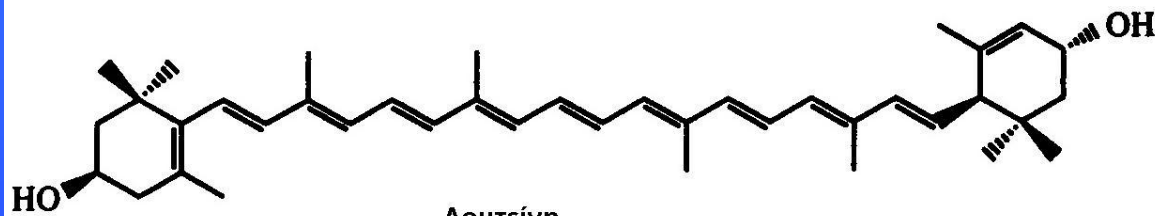
$\alpha$ -carotene



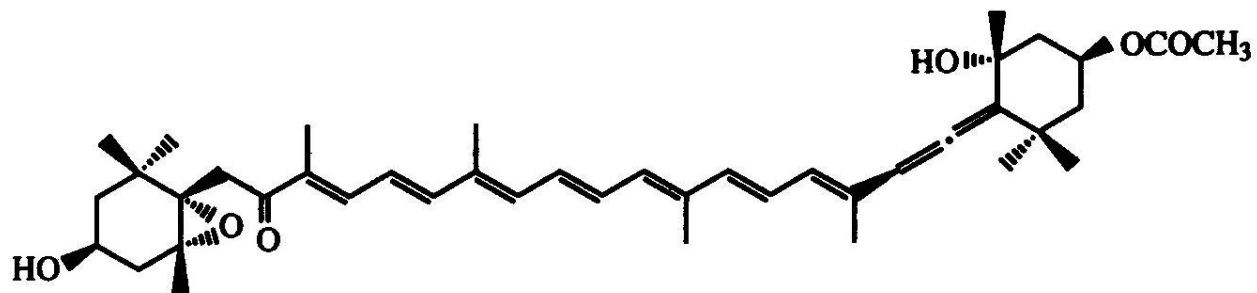
$\beta$ -carotene



$\gamma$ -carotene



Λουτεΐνη



Φουκοξανθίνη

# ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΕΣ

## Η φυσική παρουσία των κυρίων χρωστικών της ομάδας των χλωροφυλλών

Χλωροφύλλη-a	Όλα τα φωτοσυνθετικά βακτήρια (εκτός από προχλωρόφυτα) και φυτά
Χλωροφύλλη-b	φυτά, πρασινοβακτήρια, συμβιωτικά προχλωρόφυτα
Χλωροφύλλη-c (6 μέλη)	χρωμοφύκη, διάφορα θαλάσσια φύκη
Χλωροφυλλίνη-a	γηρασμένοι ιστοί, διάτομα centrales, ζωοπλαγκτονικές Ψ
Χλωροφυλλίνη-b	γηρασμένοι ιστοί, ζωοπλαγκτονικές περιπλωματικές πελέτες
Φαιοφυτίνη-a	Φωτοσυνθετικά κέντρα μεγάλων φυτών, υπολείμματα φυκών και φυτών
Φαιοφυτίνη-b	υπολείμματα χερσαίων φυτών, περιπλωματικές πελέτες πρωτοζώων
Φαιοφορβίδιο-a	υπολείμματα θαλασσίων φυτών, περιπλωματικές πελέτες πρωτοζώων και ζωοπλαγκτόν
Φαιοφορβίδιο-b	υπολείμματα χερσαίων φυτών, περιπλωματικές πελέτες πρωτοζώων

# ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

## α) Υδατικά δείγματα

### Ο όγκος του δείγματος εξαρτάται από:

- Τη μέθοδο προσδιορισμού που θα χρησιμοποιηθεί
- Την περιοχή δειγματοληψίας (παράκτια - πελαγική, εκβολικό σύστημα κ.λπ)

### Οι φιάλες:

- Σκουρόχρωες
- Επιμελώς πλυμένες

### Διήθηση:

Προκαταρκτική από νάυλον δίχτυ 100 -150  $\mu\text{m}$

Ηθμός GF/F 0.2 - 2.0 $\mu\text{m}$ , 25 ή 40mm

Το πολύ σε μια ώρα από τη δειγματοληψία, αλλιώς αποθήκευση

Πίεση μέχρι 0.3 Bar

### Αποθήκευση ηθμών:

Θερμοκρασία (οC)	Χρόνος
-20	7 ημέρες
-20	1 μήνας (μόνο για χλωροφύλλη -a)
-70	2 μήνες
-196	12 μήνες

# ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΩΝ

## Φασματοφωτομετρική

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Καθιερωμένη	Οι διαδικασίες δεν είναι συστηματικοποιημένες
Χαμηλού κόστους	
Γρήγορη	Οδηγεί σε υπερεκτίμηση
Πολλές τεχνικές ανάλογα με τη χρωστική	

## Φθορισμομετρική

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Φτηνή	Μετρά μόνο χλωροφύλλη -a
Γρήγορη	Εξαρτάται από την καμπύλη αναφοράς
Μεγάλη ευαισθησία	Θέλει προσοχή με τα φίλτρα
	Θέλει καμπύλη αναφοράς

## HPLC

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Η πιο ακριβής	Ακριβή
Η πιο ευαίσθητη	Χρονοβόρα
	Θέλει εμπειρία
	Θέλει καμπύλες αναφοράς

## ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η τριχρωματική η οποία συνίσταται στη μέτρηση της απορρόφησης σε τρία μήκη κύματος (665 nm, 645 nm, 630 nm) συν ένα επιπλέον (750 nm) για το τυφλό. Οι απορροφήσεις που μετρώνται εφαρμόζονται σε ένα σετ τριών εξισώσεων μέσω των οποίων υπολογίζεται η συγκέντρωση των τριών χλωροφυλλών (-a, -b και -c). Υπάρχουν τέσσερα σετ εξισώσεων που περιέχουν και ορισμένους συντελεστές οι οποίοι προσδιορίστηκαν για εκχυλιστικό ακετόνη 90%:

α) Richards and Thompson (1952). Είναι απαρχαιωμένη και δεν χρησιμοποιείται πλέον

β) Parson and Strickland (1962). Κατάλληλη για χλωροφύλλη -a μόνο

γ) SCOP-UNESCO (1963). Κατάλληλη για χλωροφύλλη -a μόνο

δ) Jeffrey and Humphrey (1975) Συνιστάται και για τις τρεις χλωροφύλλες:

[Χλωροφύλλη-a]:  $(11.85 \times (E_{664} - E_{750}) - 1.54 \times (E_{647} - E_{750}) - 0.08 \times (E_{630} - E_{750})) \times V_e / (L \times V_f)$

[Χλωροφύλλη-b]:  $(-5.43 \times (E_{664} - E_{750}) + 21.03 \times (E_{647} - E_{750}) - 2.66 \times (E_{630} - E_{750})) \times V_e / (L \times V_f)$

[Χλωροφύλλη-c]:  $(-1.67 \times (E_{664} - E_{750}) - 7.60 \times (E_{647} - E_{750}) + 24.52 \times (E_{630} - E_{750})) \times V_e / (L \times V_f)$

Όπου: L = οπτική διαδρομή κυψελίδας

V<sub>e</sub> = Όγκος εκχυλίσματος σε ml

V<sub>f</sub> = Όγκος δείγματος που εκχυλίστηκε σε l

Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mg m<sup>-3</sup>

## ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Εκτός της τριχρωματικής μεθόδου υπάρχει και η μονοχρωματική μέθοδος η οποία εφαρμόζεται για τη διόρθωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης –a παρουσία των αντιστοιχών φαιοχρωστικών. Η μέθοδος αυτή συνίσταται στην μέτρηση της απορρόφησης του δείγματος στα 665 nm συν την απορρόφηση του τυφλού στα 750nm, πριν και μετά από οξίνιση με αραιό HCl. Η οξίνιση μετατρέπει τις χλωροφύλλες στις αντίστοιχες φαιοφυτίνες απομακρύνοντας το άτομο Mg από τον τετραπυρολικό δακτύλιο. Από τη μείωση της απορρόφησης υπολογίζεται με εφαρμογή κατάλληλης εξίσωσης η συγκέντρωση του συνόλου χλωροφυλλών και φαιοφυτίνων.

Εφαρμόζεται η εξίσωση του Lonzen (1967):

$$[\text{Χλωροφύλλη-a}]: 11.4 \times K \times [(E_{665^\circ} - E_{750^\circ}) - (E_{665^\circ} - E_{750^\circ})] \times V_e / (L \times V_f)$$

$$[\text{Φαιοφυτίνη-a}]: 11.4 \times K \times [(R \times (E_{665^\circ} - E_{750^\circ}) - (E_{665^\circ} - E_{750^\circ}))] \times V_e / (L \times V_f)$$

Όπου: L = οπτική διαδρομή κυψελίδας

E<sub>665o</sub>, E<sub>750o</sub> = απορροφήσεις πριν την οξίνιση

E<sub>665a</sub>, E<sub>750a</sub> = απορροφήσεις μετά την οξίνιση

V<sub>e</sub> = Όγκος εκχυλίσματος σε ml

V<sub>f</sub> = Όγκος δείγματος που εκχυλίστηκε σε l

R = Μέγιστος λόγος απορρόφησης του E<sub>665o</sub> / E<sub>665a</sub>

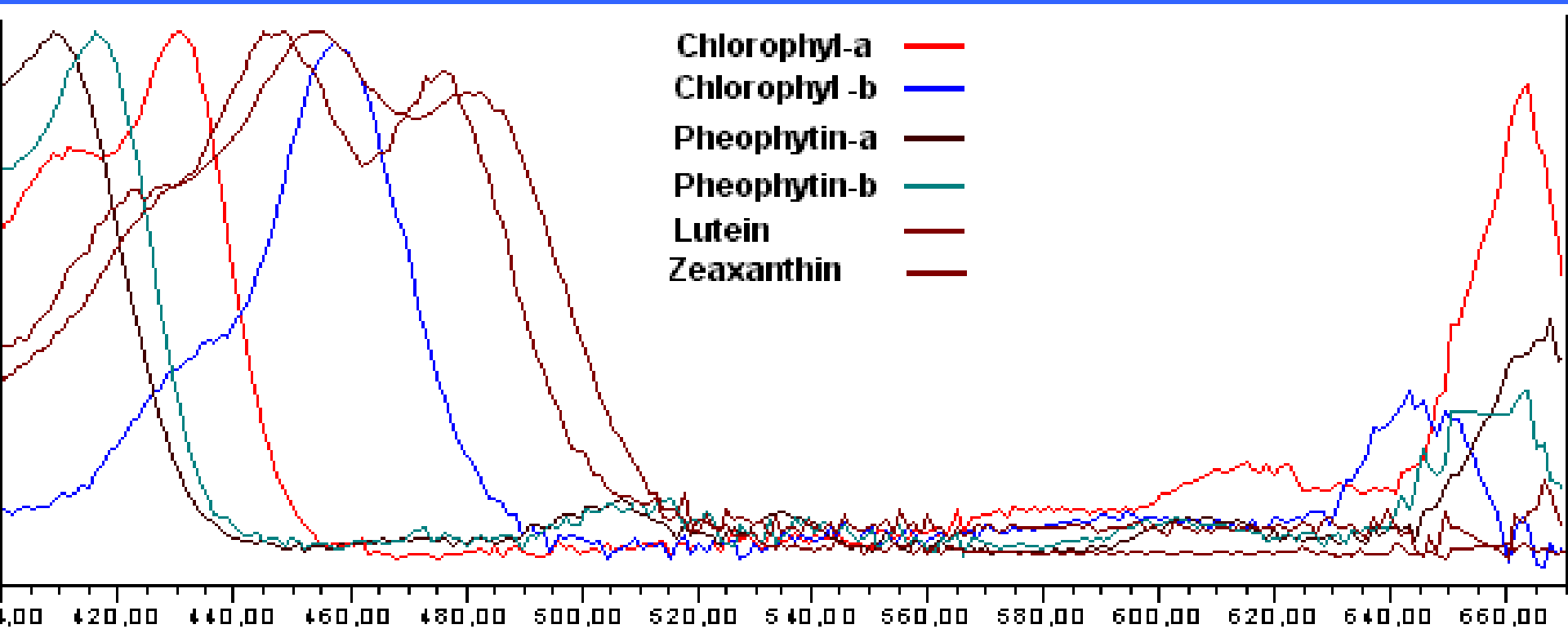
Όταν στο δείγμα δεν υπάρχουν αρχικά φαιοχρωστικές τότε  
ισούται με 1.7

K = R / (R - 1) = 2.43

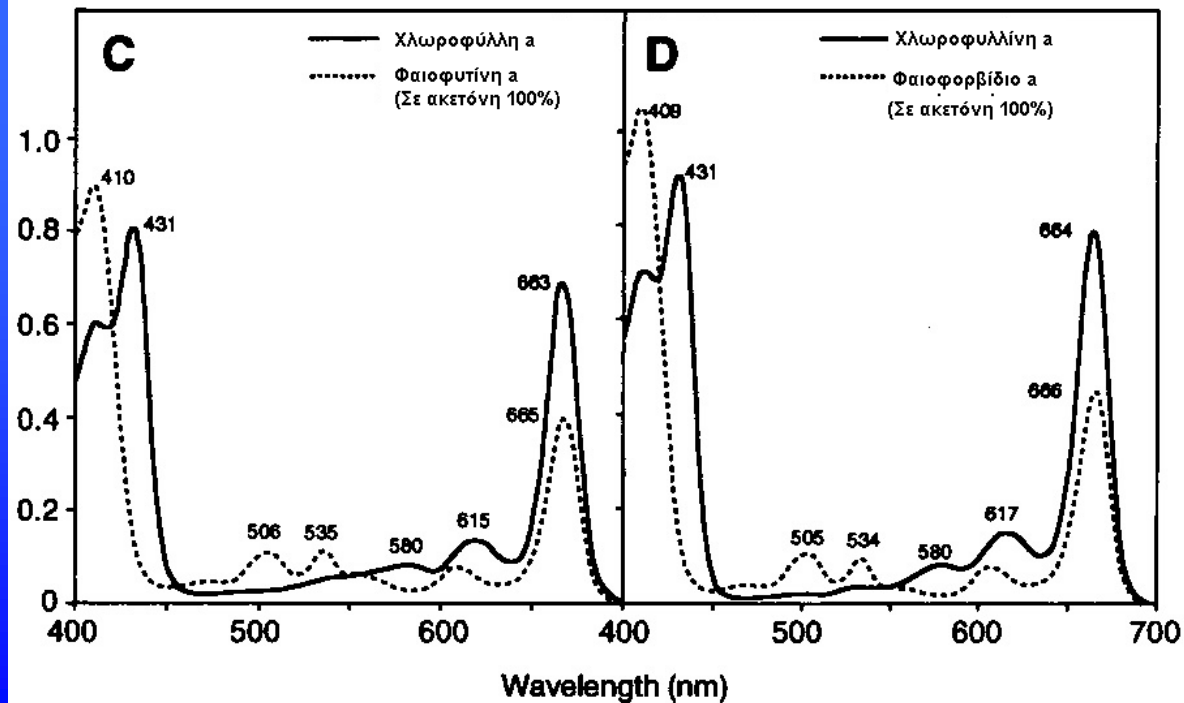
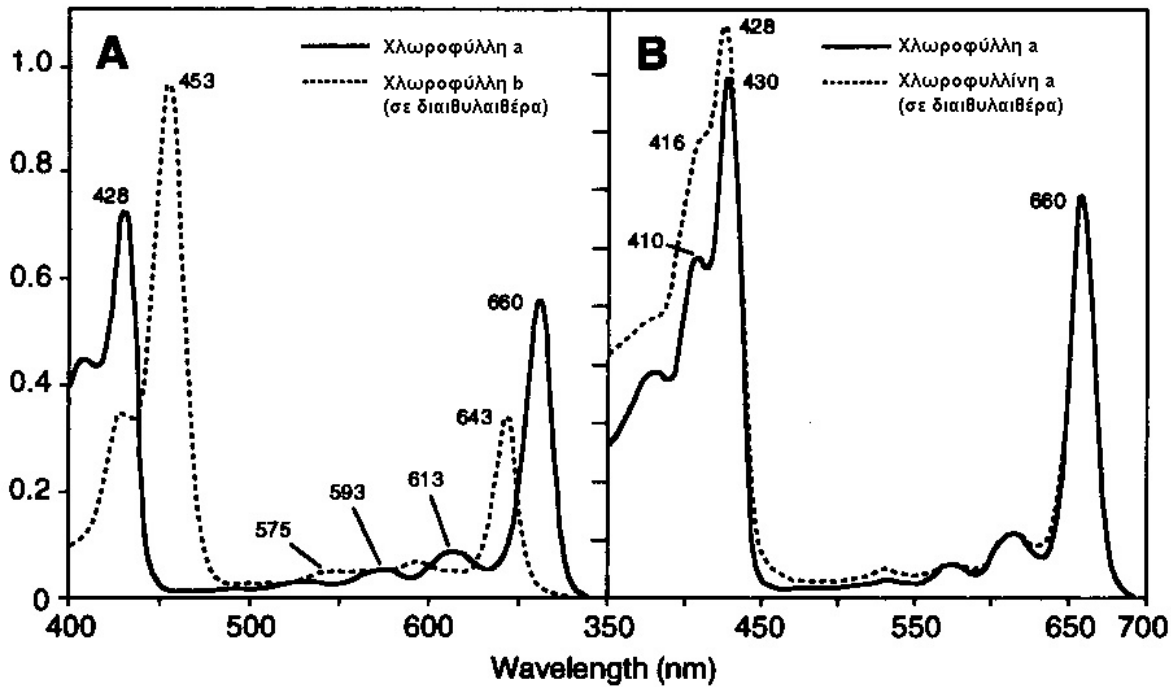
Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mg m<sup>-3</sup>



## ΑΛΛΗΛΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ ΦΑΣΜΑΤΩΝ UV-Vis



# ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ ΦΑΣΜΑΤΩΝ UV-Vis



## ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΕΣ

- Κάθε φοιτητής λαμβάνει σε ποτήρι 200ml δείγμα.
- Διήθηση του δείγματος σε χωνάκι με πτυχωτό ηθμό.
- Ο ηθμός μεταφέρεται σε ποτήρι με 10ml ακετόνη.
- Ανάδευση με γυάλινη ράβδο (μέχρι να πρασινίσει η ακετόνη) και απόχυση σε φυγοκεντρικό σωλήνα.
- Φυγοκέντρηση.
- Φωτομέτρηση στα 665 – 645 – 630 nm.
- Μετά τη φωτομέτρηση προσθήκη 5-6 στυ. π. HCl.
- Φωτομέτρηση ξανά στα 665 nm.

# ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Με ποιες μεθόδους μπορούμε να προσδιορίσουμε αναλυτικά τις φυτικές χρωστικές?
2. Ποια είναι τα φυσιολογικά επίπεδα χλωροφυλλών στη Μεσόγειο, στον Ατλαντικό, την Μαύρη θάλασσα, και τον Ινδικό Ωκεανό?
3. Σε ποιο βάθος μετρώνται συνήθως οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις χλωροφυλλών και γιατί?

Τέλος

# Χρηματοδότηση

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



Σημειώματα

# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.

Έχουν προηγηθεί οι κάτωθι εκδόσεις:

- Έκδοση διαθέσιμη εδώ <http://eclass.uoa.gr/courses/CHEM162/>





# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Μιχαήλ Σκούλλος, Εμμανουήλ Δασενάκης 2015. Μιχαήλ Σκούλλος, Εμμανουήλ Δασενάκης. «Χημική Ωκεανογραφία. Ενότητα 2: Προσδιορισμός Χλωροφυλλών». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/NOC83/>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/4)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

## **Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες**

Εικόνα 1: Ποικιλία από φυτοπλαγκτόν. Copyrighted.

Εικόνα 2: Energy flow through a photosynthetic marine ecosystem. Copyrighted.

<http://educationally.narod.ru/mb12.jpg>

Εικόνα 3: Biomass pyramid. Copyrighted. <http://educationally.narod.ru/mb15.jpg>

Εικόνα 4: Φυτοπλαγκτόν. Copyrighted.

<http://web.cerritos.edu/DDeKraker/SitePages/images/diatom-NASA-ocean-color.gif>

Εικόνα 5: Διάτομα. Copyrighted.

<http://www.oceanicresearch.org/jpegs/diatoms.jpg>



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/4)

Εικόνα 6: Παραδείγματα διατόμων. Copyrighted.

<https://www.bigelow.org/foodweb/diatoms.jpg>

Εικόνα 7: Πλανκτόν. Copyrighted.

<http://yecheadquarters.org/images/creation/plankton.jpg>

Εικόνα 8: *Thalassiosira rotula*. Copyrighted.

<http://www.serc.si.edu/labs/phytoplankton/guide/diatoms/images/Thalassiosira/Thalassiosira-rotula-1.jpg>

Εικόνες 9-10-11-12-13: Είδη διατόμων. Copyrighted.

<http://www.serc.si.edu/labs/phytoplankton/guide/index.aspx>

Εικόνα 14: *Ceratium tripos*. Copyrighted.

[http://www.biologados.com.br/images/divisao\\_pyrrhophyta\\_dinoflagelados\\_ceratium.jpg](http://www.biologados.com.br/images/divisao_pyrrhophyta_dinoflagelados_ceratium.jpg)



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/4)

Εικόνα 15: The cyanobacterium (blue-green algae) called Trichodesmium.

Copyrighted.

<http://constantine.typepad.com/.a/6a0120a7fc3be9970b01bb07a74ded970d-800wi>

Εικόνα 16: Algirosphaera. Copyrighted.

[http://ina.tmsoc.org/Nannotax3/iNanno/Coccolithophores/Syracosphaerales/Rhabdosphaeraceae/Algirosphaera/Algirosphaera%20robusta/Young\\_etal\\_2003\\_VP\\_Alg\\_robusta.JPG](http://ina.tmsoc.org/Nannotax3/iNanno/Coccolithophores/Syracosphaerales/Rhabdosphaeraceae/Algirosphaera/Algirosphaera%20robusta/Young_etal_2003_VP_Alg_robusta.JPG)

Εικόνες 17-18: Coccolithophores. Copyrighted.

Εικόνες 19-20-21-22-23: Είδη μαστιγωτών. Copyrighted.

Εικόνες 24-25-26: Είδη κυανοβακτηρίων - κυανοφυκών. Copyrighted.

Εικόνα 27: Oscillatoriales. Copyrighted.

<https://msu.edu/course/bot/423/Lungbya.jpg>



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/4)

Εικόνα 28: Blue-green algae. Copyrighted.

Εικόνα 29: Spirulina. Copyrighted.

<http://www.bozencosmetics.com/sr/images/stories/Alge/spirsp4.jpg>

Εικόνα 30: Copyrighted.

Εικόνες 31-32: Mean chlorophyll concentrations in spring and autumn, 2004. Copyrighted.

Εικόνες 33-34: Underwater views of seaweeds. Copyrighted.

Εικόνα 35: Copyrighted.

Εικόνα 36: Copyrighted. <http://www.alanrevista.org/ediciones/2004-2/images/19/image1.gif>

Εικόνες 37-38-39: Διαγράμματα με επικαλύψεις φασμάτων UV-Vis. Copyrighted.

