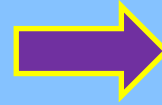


ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΦΥΤΙΚΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ
(μακροφύκη – φυτοπλαγκτό)



ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ
ΠΑΡΑΓΩΓΟΙ

(μετατρέπουν ανόργανα
συστατικά σε οργανικές ενώσεις)



με βιοχημικές διαδικασίες παράγονται λίπη,
πρωτεΐνες και άλλες οργανικές ενώσεις

ΦΩΣ: απαραίτητο για τη λειτουργία του φαινομένου της φωτοσύνθεσης
(*διεγείρει τη μεταφορά ηλεκτρονίων κατά τις "φωτεινές αντιδράσεις"*)

παραγωγή ATP, NADPH (ενεργειακά νομίσματα)

- Η ηλιακή ενέργεια δεσμεύεται από τις **φωτοσυνθετικές χρωστικές** που βρίσκονται στους χλωροπλάστες

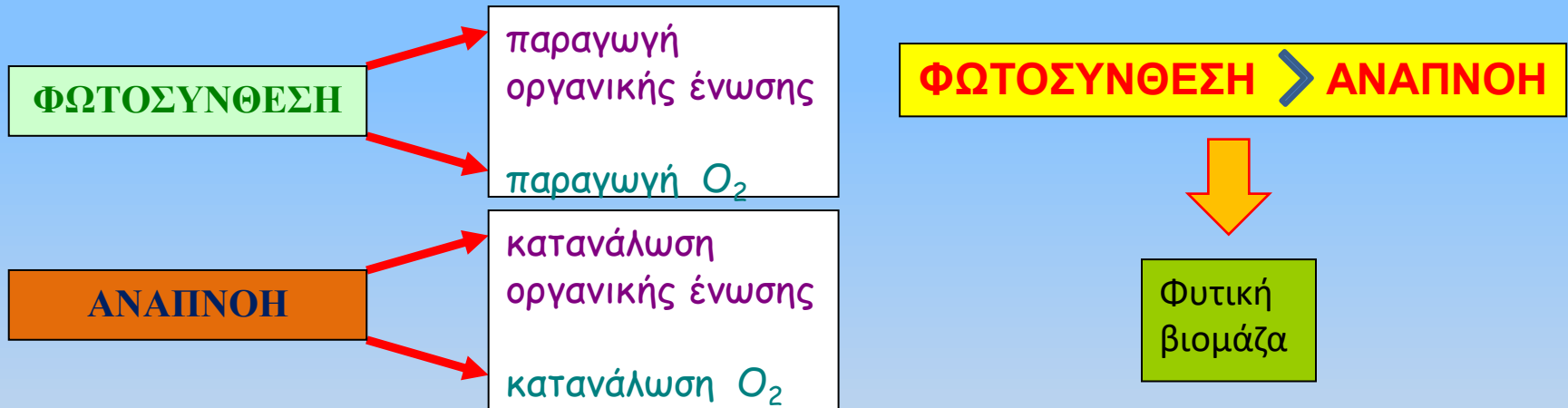
(*) όλες οι χρωστικές απορροφούν φως σε μήκη κύματος μεταξύ 400–700nm, δηλαδή στο ορατό φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας

χλωροφύλλη-a, b, c, d
καροτενοειδή
ξανθοφύλλες
φυκομπιλίνες

★ Τα χαρακτηριστικά χρώματα που διαθέτουν οι φυτοπλαγκτονικοί οργανισμοί προέρχονται κυρίως από την περιεκτικότητά τους σε διάφορες χρωστικές



είδη που εντοπίζονται στα κατώτερα βάθη της εύφωτης ζώνης είναι προσαρμοσμένα να απορροφούν το τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο βάθος εκείνο (μπλε ή πράσινο φως)



★ Η συνολική ποσότητα οργανικής ύλης που παράγεται από τους φυτικούς οργανισμούς αποτελεί την **Ολική Πρωτογενή Παραγωγικότητα (GPP)**

$$GPP - R = NPP$$

R = αναπνοή

NPP = Καθαρή Πρωτογενής Παραγωγικότητα

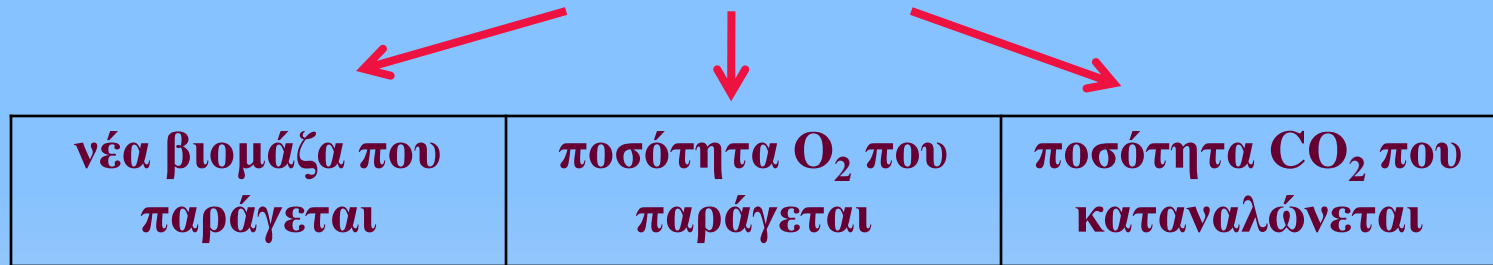


η νέα βιομάζα που ενσωματώνεται στους φυτικούς οργανισμούς

ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

Η παραγωγή της φυτικής βιομάζας είναι πολύ σημαντική στα υδάτινα οικοσυστήματα **αρχή της τροφικής αλυσίδας**

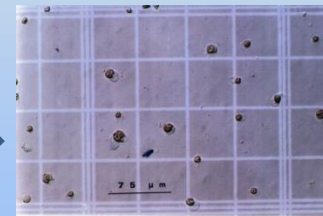
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ



ΜΕΤΡΗΣΗ ΦΥΤΟΠΛΑΓΚΤΟΝΙΚΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

υπολογισμός της περιεκτικότητας του νερού σε φυτοπλαγκτονικούς οργανισμούς

μέθοδος μικροσκοπίου



Άτομα/ml



Αναγωγή στον όγκο του δείγματος

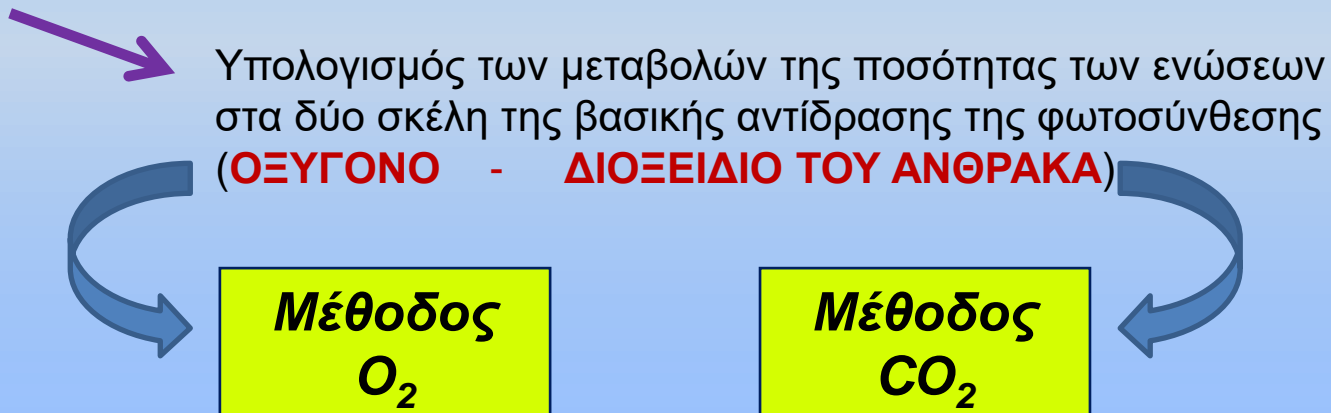
ΜΕΤΡΗΣΗ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ

υπολογισμός της περιεκτικότητας του νερού σε χλωροφύλλη-α (b, c...) → έμμεσος τρόπος υπολογισμού της φυτοπλαγκτονικής βιομάζας

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ:

- συγκεκριμένος όγκος νερού φιλτράρεται σε ειδικό φίλτρο (GFA) που κατακρατά τους φυτοπλαγκτονικούς οργανισμούς
- το φίλτρο βυθίζεται σε διάλυμα ακετόνης (90 %) για να σπάσουν οι οργανισμοί και να απελευθερωθεί η χλωροφύλλη
- το διάλυμα φασματοφωτομετρείται και με γνωστούς τύπους υπολογίζεται η ποσότητα της χλωροφύλλης στο διάλυμα
- υπολογίζεται η συγκέντρωση της χλωροφύλλης στο δείγμα νερού (mg/m^3)

Ο **ρυθμός** της πρωτογενούς παραγωγικότητας είναι τις πιο πολλές φορές σημαντικότερος από τους στιγμιαίους υπολογισμούς της



ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Μέθοδος των διαφανών και αδιαφανών φιαλών

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

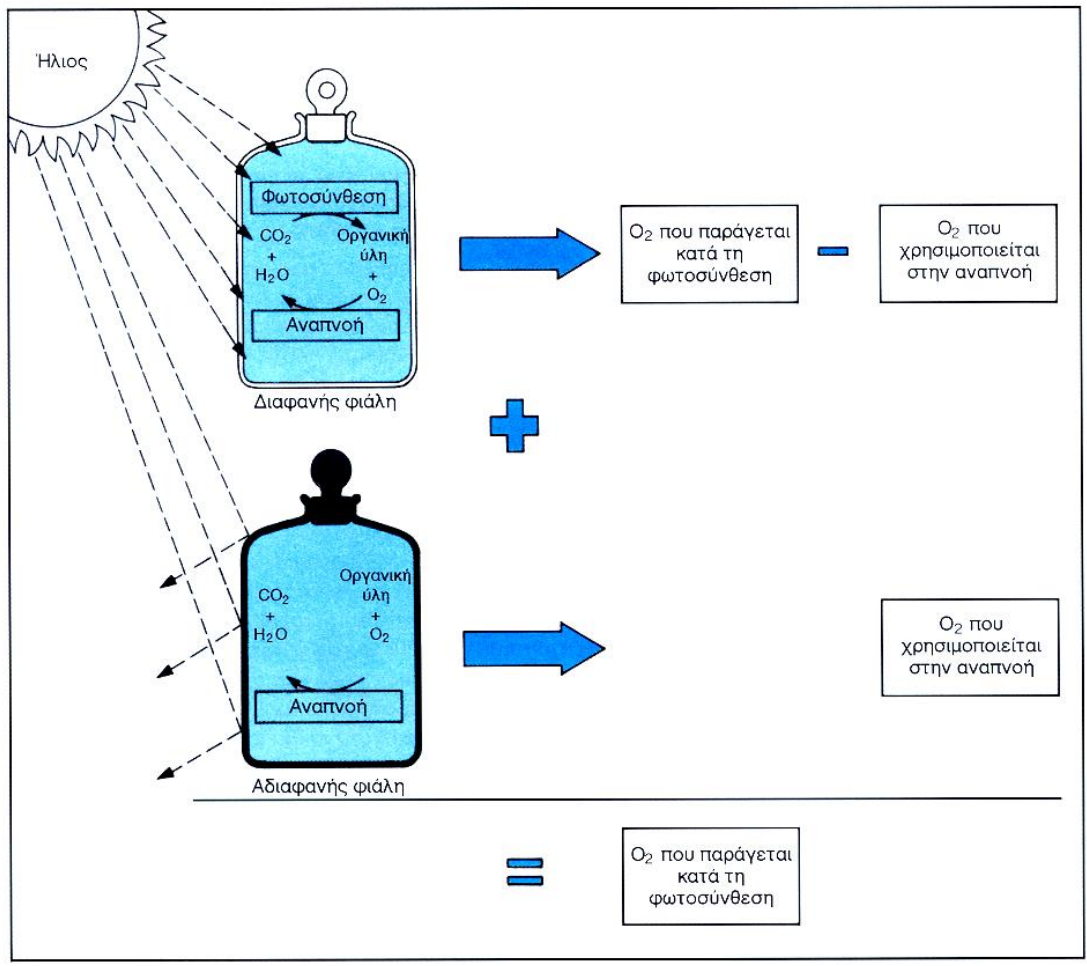
1. Δείγματα νερού με φυτοπλαγκτό συλλέγονται και μετράται η συγκέντρωση O_2
2. Το νερό τοποθετείται σε ένα ζευγάρι όμοιων φιαλών από τις οποίες η μία έχει **διαφανή** τοιχώματα και η άλλη **αδιαφανή**
3. Οι φιάλες κλείνονται αεροστεγώς και αναρτώνται για 24 ώρες στο βάθος εκείνο από το οποίο συλλέχθηκε το νερό

Οι GPP, NPP και R υπολογίζονται ως εξής:

$$R = (I - D) / 24$$

$$NPP = (L - I) / 24$$

$$R + NPP = GPP$$



10 mg/ml
8 mg/ml
12 mg/ml

- I = η αρχική συγκέντρωση O_2
- D = η συγκέντρωση O_2 στην αδιαφανή φιάλη
- L = η συγκέντρωση O_2 στη διαφανή φιάλη

**ΜΕΤΡΗΣΗ
ΤΟΥ ΔΕΣΜΕΥΟΜΕΝΟΥ
ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ
ΑΝΘΡΑΚΑ**

Μέθοδος των διαφανών και αδιαφανών φιαλών

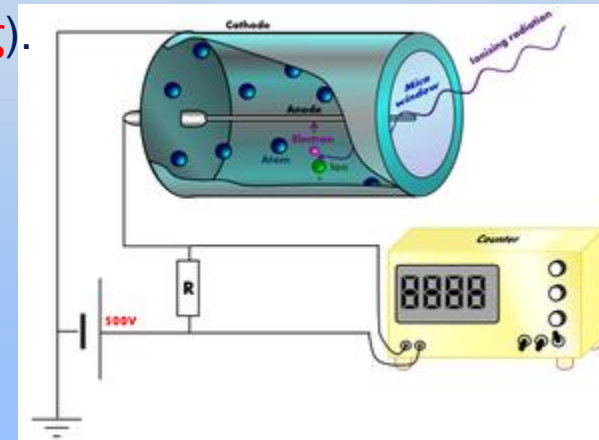
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ



Η φιλοσοφία της μεθόδου είναι η ίδια, στην περίπτωση όμως του CO₂ μια μικρή ποσότητα **ραδιενεργού C¹⁴** προστίθεται μέσα στο νερό των δύο φιαλών

- Οι φιάλες κλείνονται αεροστεγώς και αναρτώνται στο βάθος εκείνο από το οποίο συλλέχθηκε το νερό.
- Γίνεται πρόσληψη ποσότητας ραδιενεργού C¹⁴ από τους φυτοπλαγκτονικούς οργανισμούς όταν αυτοί φωτοσυνθέτουν και φτιάχνουν το αρχικό σάκχαρο.
- Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα το νερό από κάθε φιάλη διηθείται από φίλτρο GFA και κατακρατάται το φυτοπλαγκτό
- Η πρόσληψη του ραδιενεργού C¹⁴ από τους φυτοπλαγκτονικούς οργανισμούς στο φίλτρο μπορεί να μετρηθεί με ειδικό όργανο **(σπινθηρογράφος)**.
- Από την πρόσληψη του ραδιενεργού C¹⁴ υπολογίζεται η NPP στη μονάδα του χρόνου.

(*) επειδή μέρος του C¹⁴ που αφομοιώνεται με τη φωτοσύνθεση ελευθερώνεται αργότερα με την αναπνοή η διάρκεια αυτών των πειραμάτων δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 4 ώρες



ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΗΣ ΦΥΤΟΠΛΑΓΚΤΟΝΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

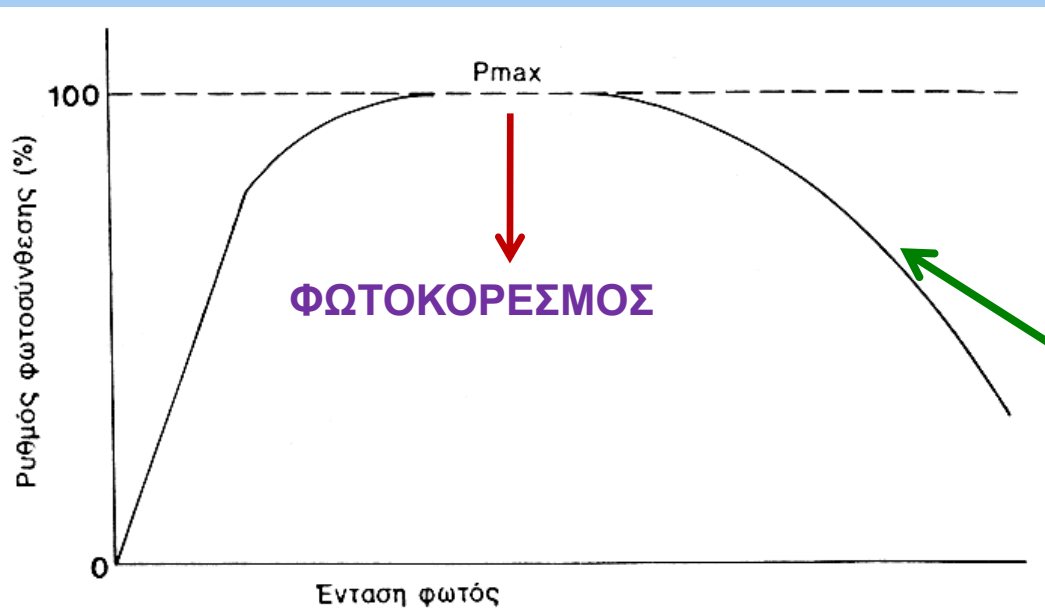
- Από τα στοιχεία της βασικής εξίσωσης της φωτοσύνθεσης το H_2O και το CO_2 είναι άφθονα και δεν αποτελούν ποτέ περιοριστικούς παράγοντες

ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΟΣ
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ

περιοριστικοί παράγοντες της
φυτοπλαγκτονικής παραγωγικότητας

A) Ένταση φωτός

- Ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης εξαρτάται από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας:

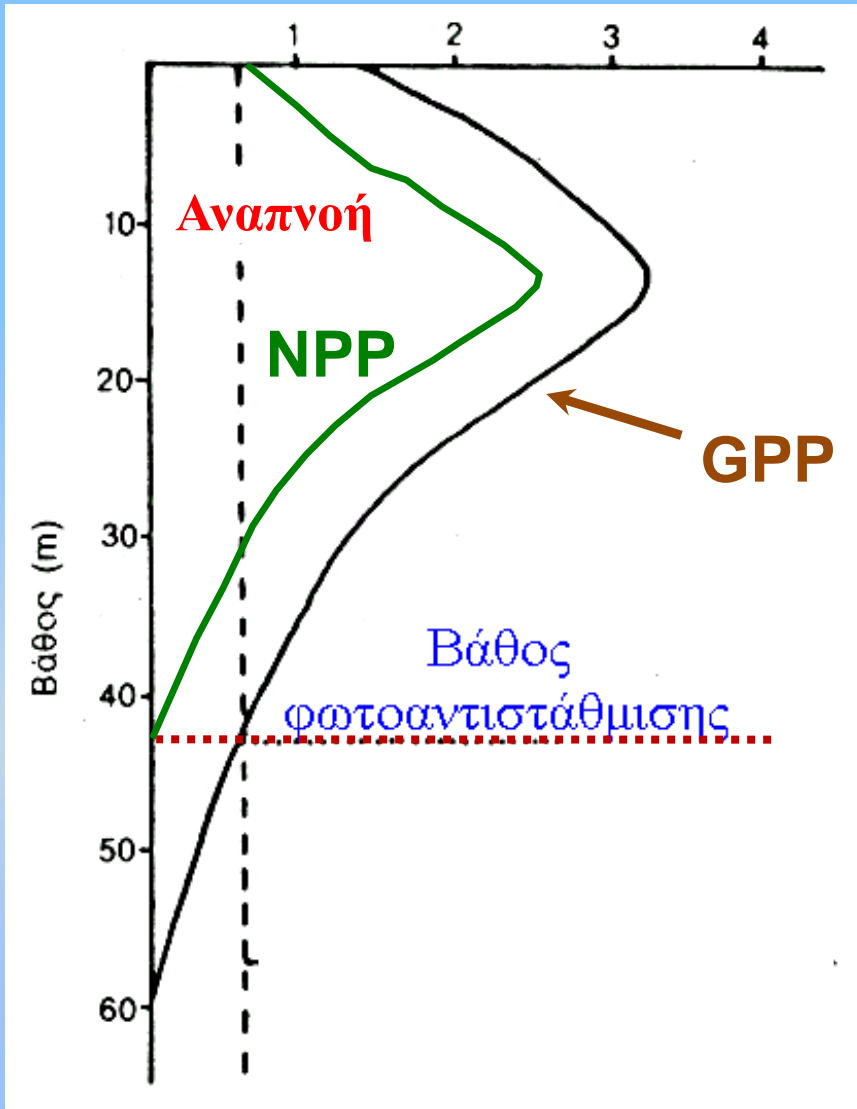


ΦΩΤΟΚΟΡΕΣΜΟΣ: ο φωτοσυνθετικός ρυθμός φτάνει στη μέγιστη τιμή του σε μία συγκεκριμένη ένταση του φωτός που αντιστοιχεί στο 1/20 της πλήρους ηλιακής έντασης

ΦΩΤΟΑΝΑΣΤΟΛΗ: σε πολύ μεγαλύτερες τιμές έντασης του φωτός ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης μειώνεται και τελικά μηδενίζεται

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΒΑΘΟΥΣ

Καθώς η ένταση του φωτός μειώνεται εκθετικά με το βάθος ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης, η αναπνοή και η ολική πρωτογενής παραγωγικότητα (GPP) μεταβάλλονται ως εξής:

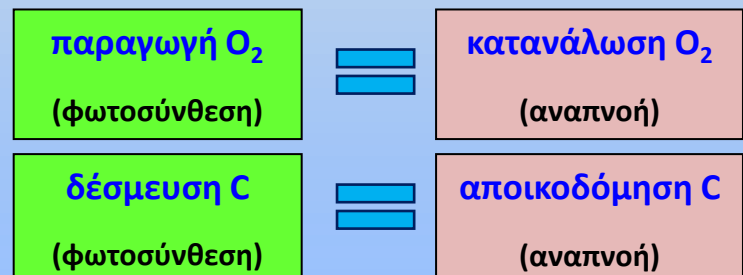


ΑΝΑΠΝΟΗ: ο ρυθμός της αναπνοής του φυτοπλαγκτού δεν μεταβάλλεται με το βάθος

GPP: η Ολική Πρωτογενής Παραγωγικότητα δεν λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της στην επιφάνεια όπου η ηλιακή ακτινοβολία είναι μέγιστη, αλλά σε κάποιο βάθος λόγω της φωτοαναστολής στην επιφάνεια

NPP: η καμπύλη μεταβολής της Καθαρής Πρωτογενούς Παραγωγικότητας ακολουθεί αυτή της GPP μειωμένη κατά την αναπνοή (R)

Στο **βάθος φωτοαντιστάθμισης** η ολική πρωτογενής παραγωγικότητα και η αναπνοή του φυτοπλαγκτού βρίσκονται σε ισορροπία



B) Θρεπτικά στοιχεία

ΑΖΩΤΟ (N) - ΦΩΣΦΟΡΟΣ (P)

(πολλές φορές η συγκέντρωσή τους στο νερό είναι εξαιρετικά μικρή → **περιοριστικοί παράγοντες**)

Εποχιακές διακυμάνσεις: η έντονη φωτοσυνθετική δράση σε κάποιες εποχές αφαιρεί από το νερό σημαντικές ποσότητες των N, P με συνέπεια να βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις



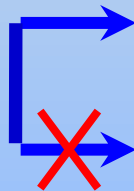
ΑΝΑΣΤΟΛΗ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Διακυμάνσεις με το βάθος: στα επιφανειακά στρώματα όπου πραγματοποιείται έντονα η φωτοσύνθεση παρατηρείται μείωση των N, P

* Αντίθετα σε μεγάλα βάθη αλλά και στο βυθό λόγω της αποσύνθεσης έχουμε απελευθέρωσή τους → **υψηλότερες συγκεντρώσεις N, P**

ΘΕΡΜΟΚΛΙΝΕΣ: αποτελεί εμπόδιο στην ανάμιξη επιφανειακών και βαθύτερων υδάτων

Τοπικές διακυμάνσεις: η κυριότερη πηγή θρεπτικών στοιχείων είναι οι απορροές των ποταμών που μεταφέρουν φερτές ύλες από την ξηρά



περιοχές πλούσιες σε θρεπτικά είναι αυτές που δέχονται τέτοιες απορροές (π.χ.: Μαύρη Θάλασσα, Αδριατική)

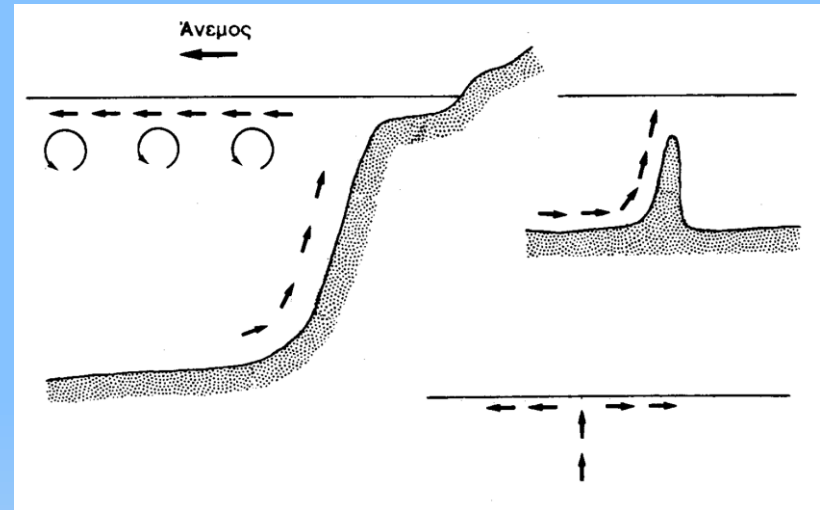
περιοχές φτωχές σε θρεπτικά έχουν πολύ χαμηλή παραγωγικότητα (π.χ.: Ανατολική Μεσόγειος)

ΑΝΑΒΛΥΣΕΙΣ (upwellings) → Περιοχές κατακόρυφων **ανοδικών ρευμάτων**

ΑΝΟΔΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

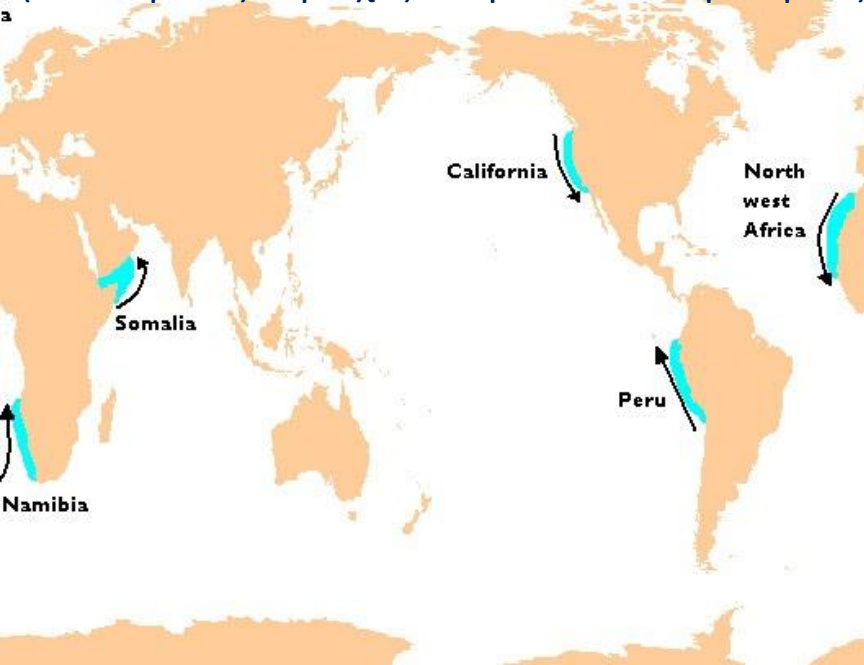
**μεταφορά θρεπτικών
από το βάθος**

**Αύξηση της 1γενούς
παραγωγικότητας**

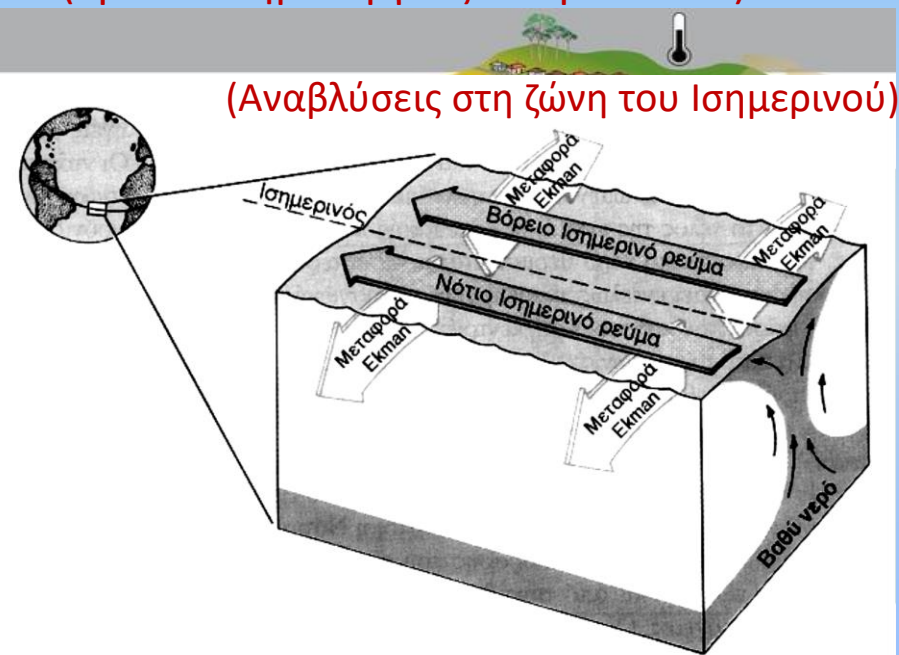


(Τρόποι δημιουργίας αναβλύσεων)

(Εκτεταμένες περιοχές αναβλύσεων παγκοσμίως)



(Αναβλύσεις στη ζώνη του Ισημερινού)



ΕΠΟΧΙΑΚΕΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ ΦΥΤΟΠΛΑΓΚΤΟΥ

- Οι μικροσκοπικοί οργανισμοί του φυτοπλαγκτού ανταποκρίνονται άμεσα στις εποχιακές μεταβολές κλιματικών παραγόντων που επηρεάζουν την ανάπτυξη και αναπαραγωγή τους

ΕΥΝΟΪΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ:

Θερμοκρασία

Ηλιοφάνεια

Συγκέντρωση θρεπτικών

Πολικές περιοχές: χαρακτηρίζονται από την εναλλαγή δύο εποχών του **χειμώνα** και του **καλοκαιριού**

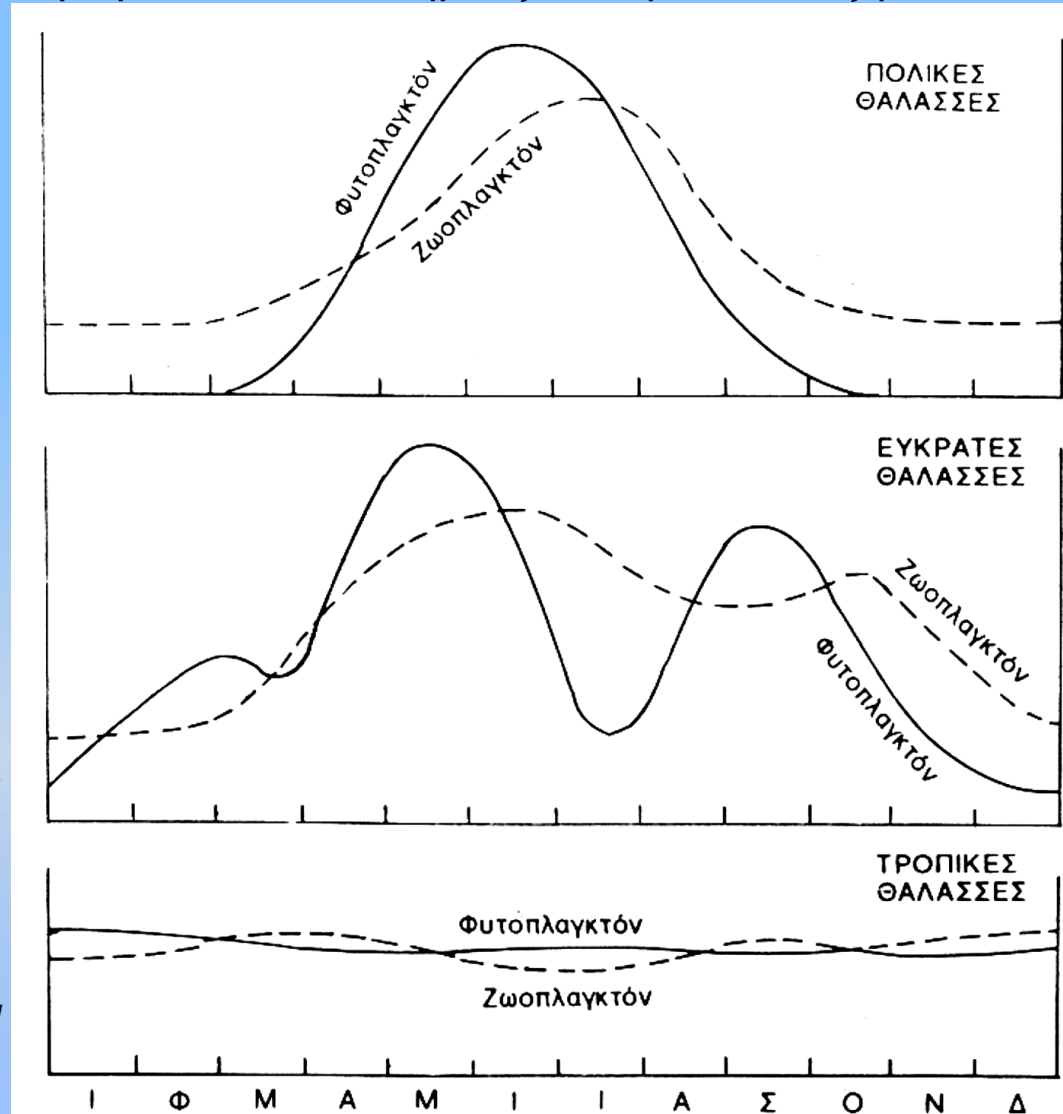
- Μέγιστη αφθονία το καλοκαίρι (υψηλή θερμοκρασία, ηλιοφάνεια)

Εύκρατες περιοχές: υπάρχουν τέσσερις εποχές (άνοιξη, καλοκαίρι, φθινόπωρο, χειμώνας)

- Δύο μέγιστα αφθονίας: το μεγαλύτερο την άνοιξη, το μικρότερο το φθινόπωρο

Τροπικές περιοχές: δεν υπάρχουν εποχιακές μεταβολές

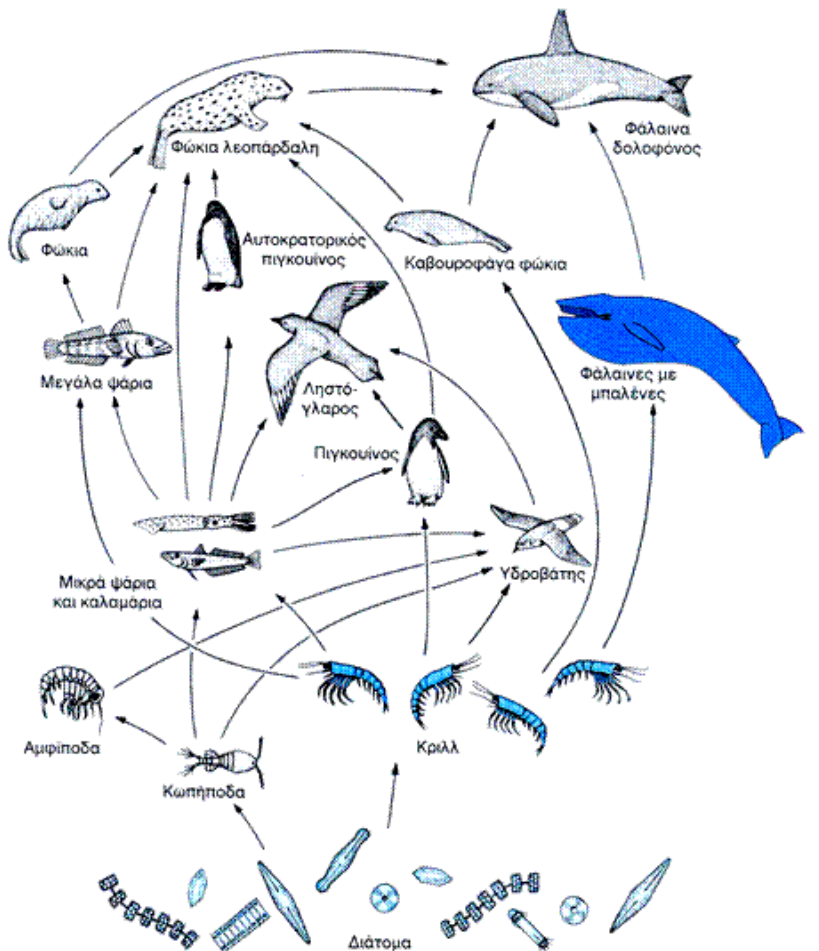
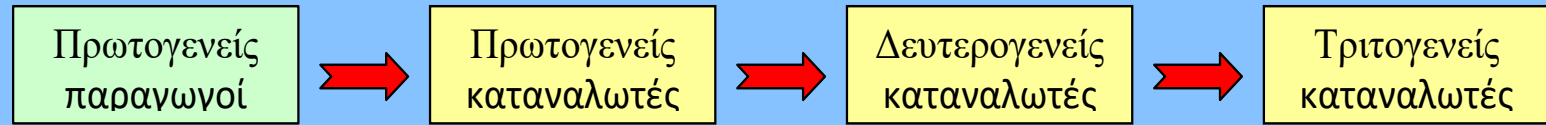
- Οι αυξομειώσεις της αφθονίας του φυτοπλαγκτού ελέγχονται από την επάρκεια των θρεπτικών



ΤΡΟΦΙΚΕΣ ΑΛΥΣΙΔΕΣ



Η μεταφορά της οργανικής ύλης (τροφή) που παράγεται από τους φυτικούς οργανισμούς σε ανώτερους θηρευτές δημιουργεί χαρακτηριστικές αλυσίδες



Το μήκος των τροφικών αλυσίδων (ή ο αριθμός των “κρίκων” τους) ποικίλει ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των διάφορων οικοσυστημάτων



Στα περισσότερα οικοσυστήματα υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί πρωτογενείς παραγωγοί, ενώ πολλοί καταναλωτές μπορεί να τρέφονται με διαφορετικά είδη τροφής



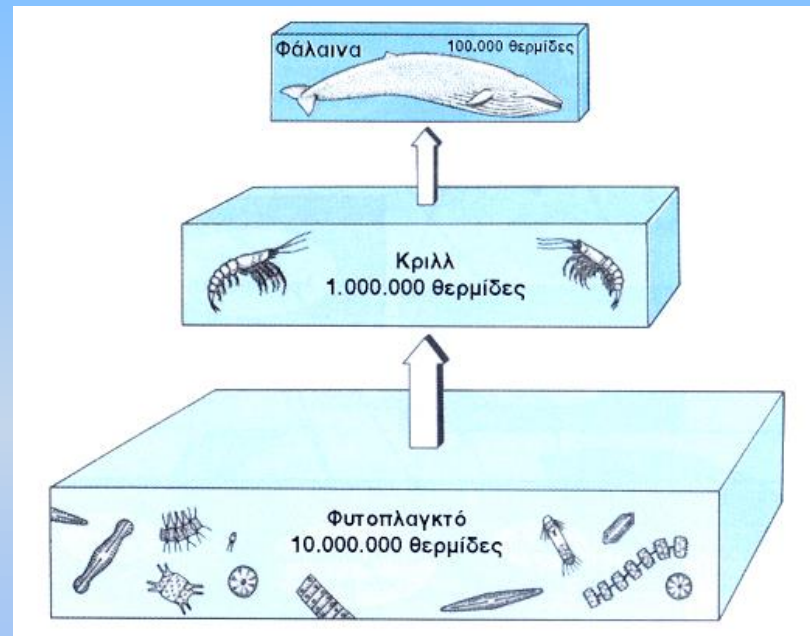
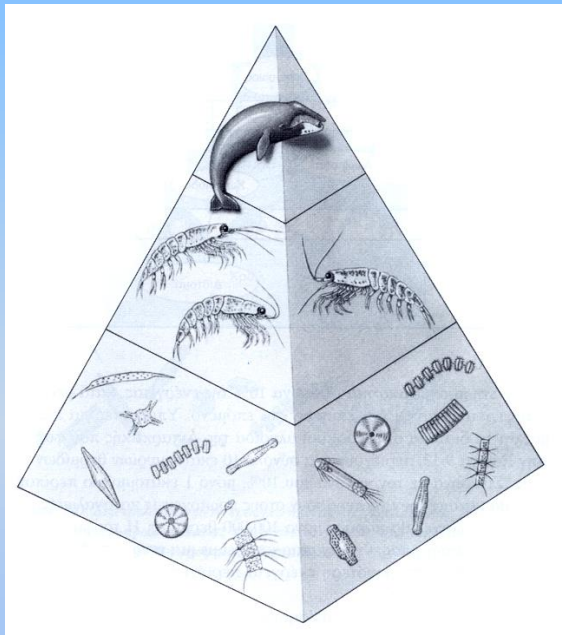
ΤΡΟΦΙΚΑ ΠΛΕΓΜΑΤΑ

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

➔ Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που περιέχεται σε ένα τροφικό επίπεδο δεν περνάει στο επόμενο γιατί καταναλώνεται στις διάφορες δραστηριότητες των οργανισμών

Μέση απόδοση μεταφοράς ενέργειας = 10% περίπου

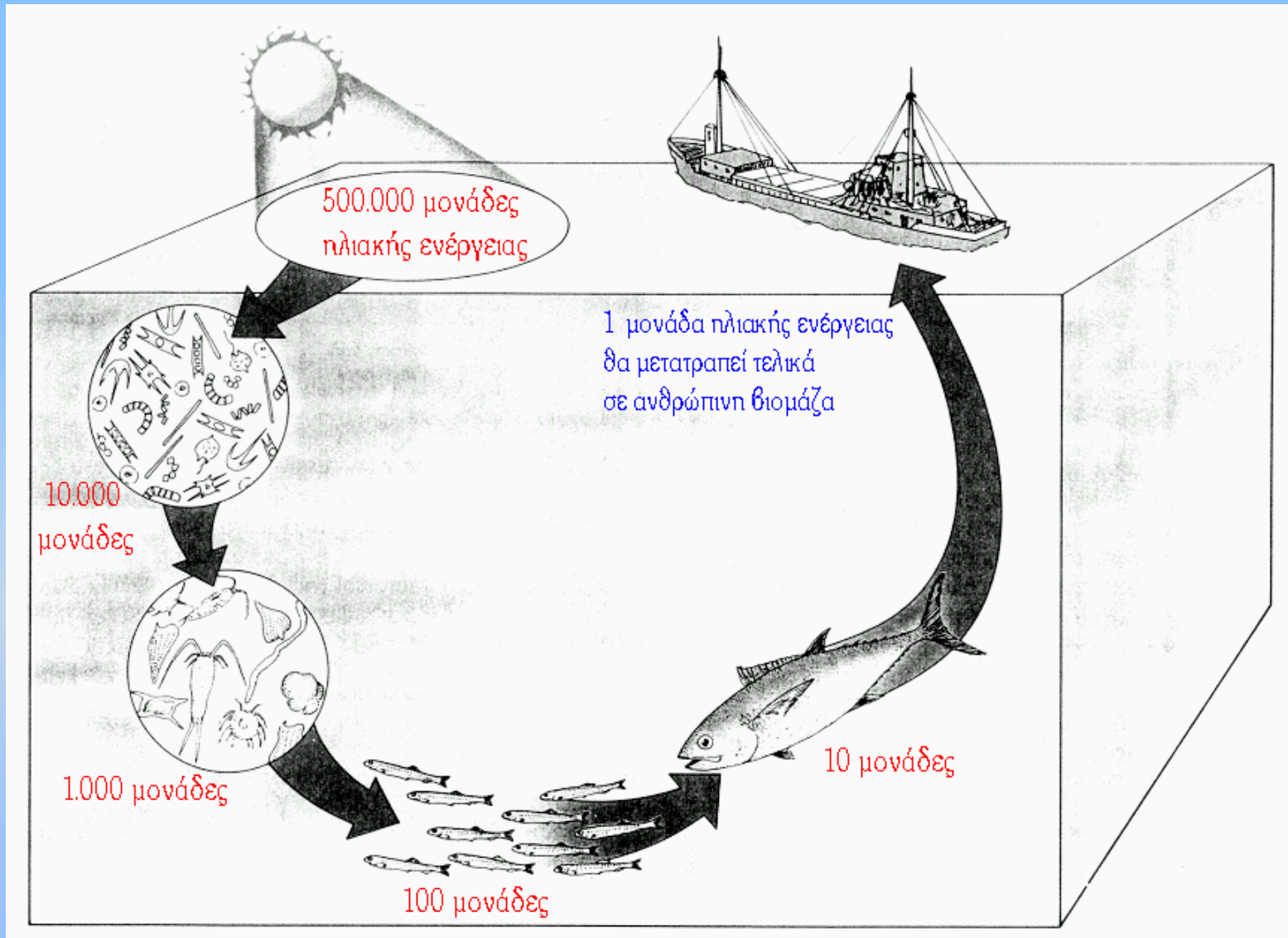
ΤΡΟΦΙΚΕΣ ΠΥΡΑΜΙΔΕΣ: Αναπαριστούν την τροφική δομή των οικοσυστημάτων και τη μείωση της ενέργειας μεταξύ των τροφικών επιπέδων → **βάση:** πρωτογενείς παραγωγοί
κορυφή: ανώτατοι θηρευτές



Καθώς αυξάνουν τα τροφικά επίπεδα η διαθέσιμη ενέργεια είναι όλο και λιγότερη και συνεπώς μικρότερος αριθμός οργανισμών μπορεί να συντηρηθεί από αυτή

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ....

Από τον ήλιο στο φυτοπλαγκτό η ενεργειακή απόδοση είναι μόλις 2 %

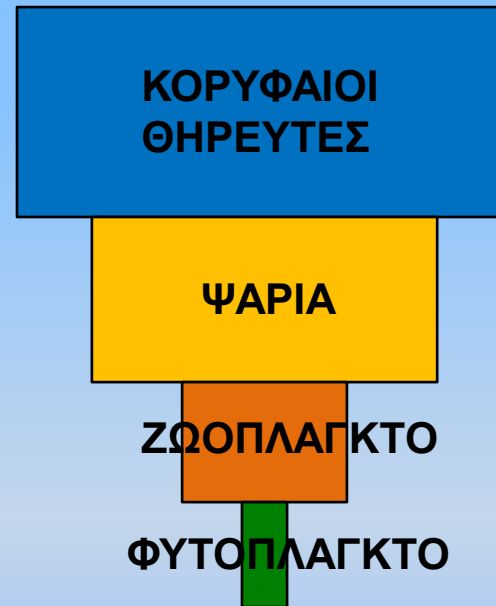
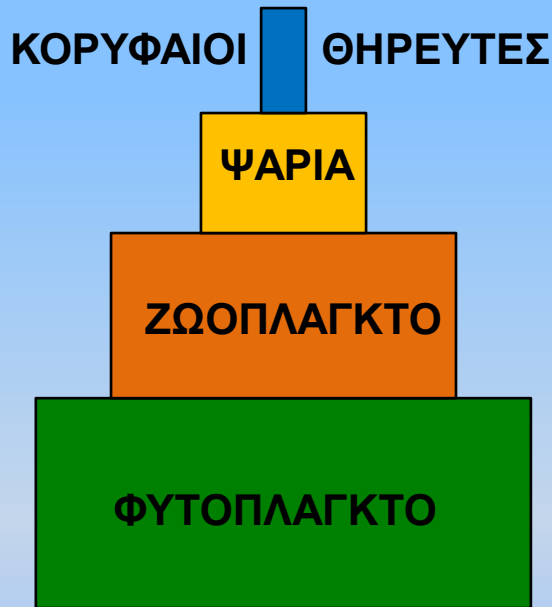


Ανεστραμμένη πυραμίδα

Εκτίμηση σταθερού αποθέματος

(συνολικός αριθμός ή συνολική βιομάζα των οργανισμών που υπάρχουν στο νερό σε μία δεδομένη στιγμή)

ΑΝΕΣΤΡΑΜΜΕΝΗ ΠΥΡΑΜΙΔΑ



ΕΞΗΓΗΣΗ:

Διαφορετικός αναπαραγωγικός ρυθμός: σε διάρκεια ενός χρόνου οι φυτοπλαγκτονικοί οργανισμοί αναπαράγονται πολλές φορές → πολλαπλάσια βιομάζα αυτής του σταθερού αποθέματος → πολύ μεγαλύτερη από αυτή του ζωοπλαγκτού, κ.λ.π.....