



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Χημεία Περιβάλλοντος

Ενότητα 2: Ρύπανση Υδάτων

Εμμανουήλ Δασενάκης

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Χημείας

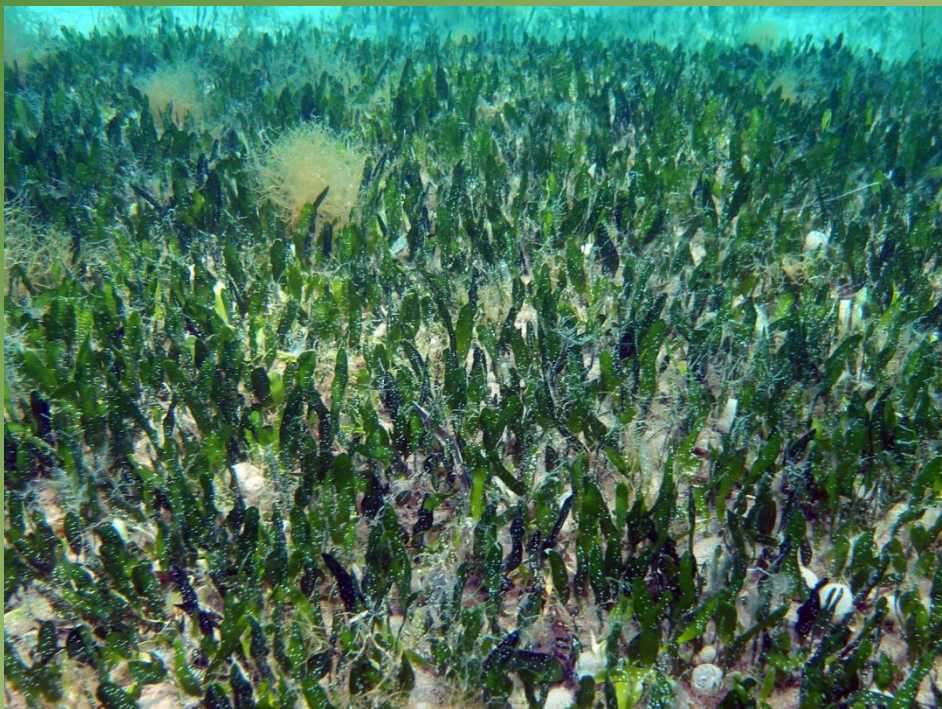
Εργαστήριο Χημείας Περιβάλλοντος

ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ



All after Entwisle et al. (1997)

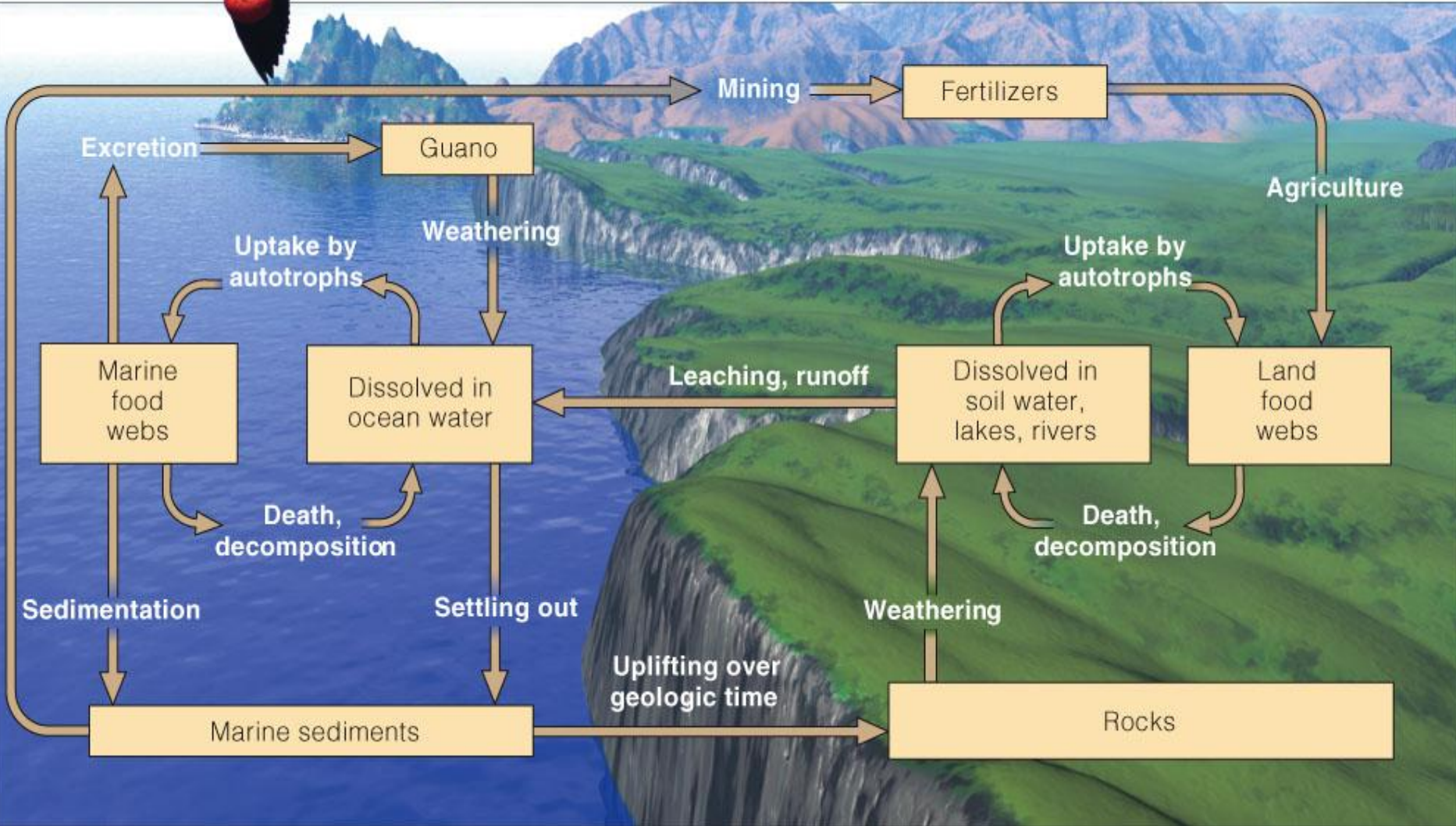
Plate 1/2



Α Ζ Ω Τ Ο

Essential Plant Nutrients: Sources and Functions

Nutrient	Source	Function
<i>Macronutrients</i>		
Carbon (CO ₂)	Atmosphere, decay	Biomass constituent
Hydrogen	Water	Biomass constituent
Oxygen	Water	Biomass constituent
Nitrogen (NO ₃ ⁻)	Decay, atmosphere (from nitrogen-fixing organisms), pollutants	Protein constituent
Phosphorus (phosphate)	Decay, minerals, pollutants	DNA/RNA constituent
Potassium	Minerals, pollutants	Metabolic function
Sulfur (sulfate)	Minerals	Proteins, enzymes
Magnesium	Minerals	Metabolic function
Calcium	Minerals	Metabolic function
<i>Micronutrients</i>		
B, Cl, Co, Cu, Fe, Mo, Mn, Na, Si, V, Zn	Minerals, pollutants	Metabolic function and/or constituent of enzymes



Οι ροές θρεπτικών προς και από ένα υδάτινο σύστημα μπορούν να διακριθούν σε ενδογενείς και εξωγενείς.

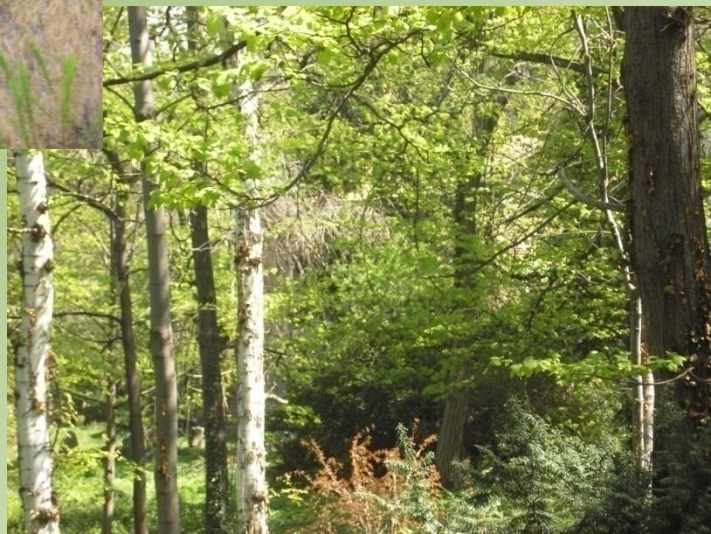
Οι εξωγενείς ροές σχετίζονται με σημειακές πηγές (εκβολές ποταμών, αγωγοί αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων κλπ.) και διάχυτες πηγές.

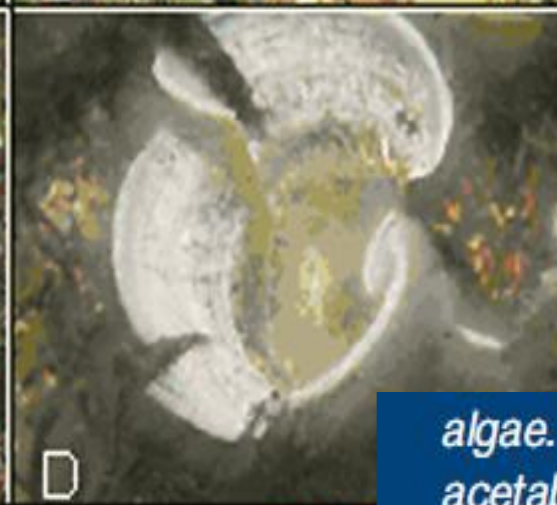
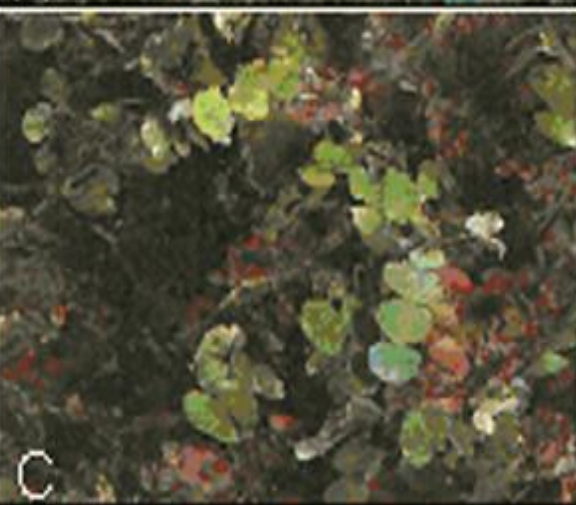
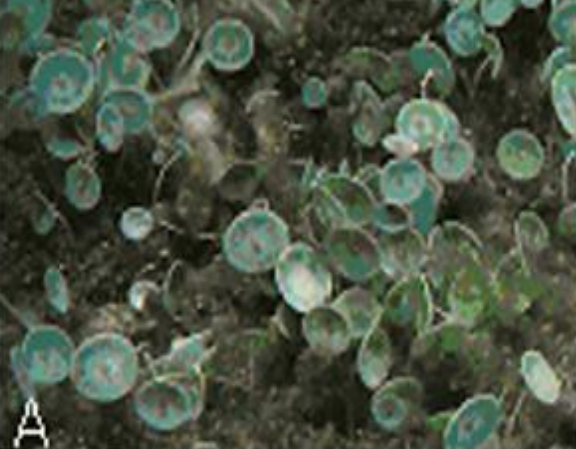
Οι ποταμοί αποτελούν την κύρια οδό μέσω της οποίας τα θρεπτικά συστατικά καταλήγουν στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Οι πηγές αζώτου, και φωσφόρου στους ποταμούς περιλαμβάνουν την διάβρωση, την αποσάθρωση των ορυκτών, τις βροχοπτώσεις, την απόπλυση του εδάφους.

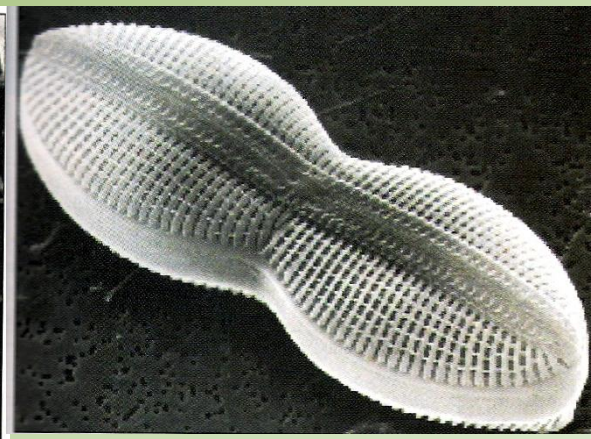
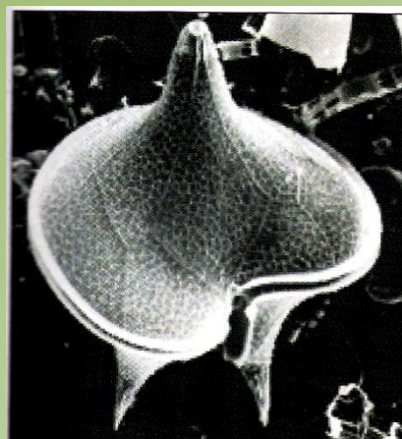
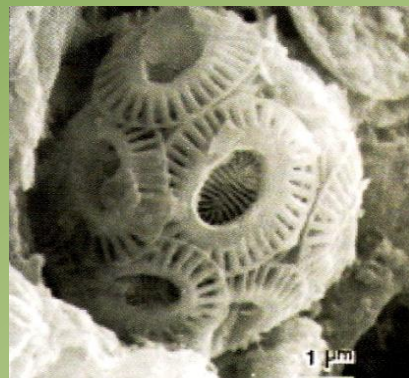
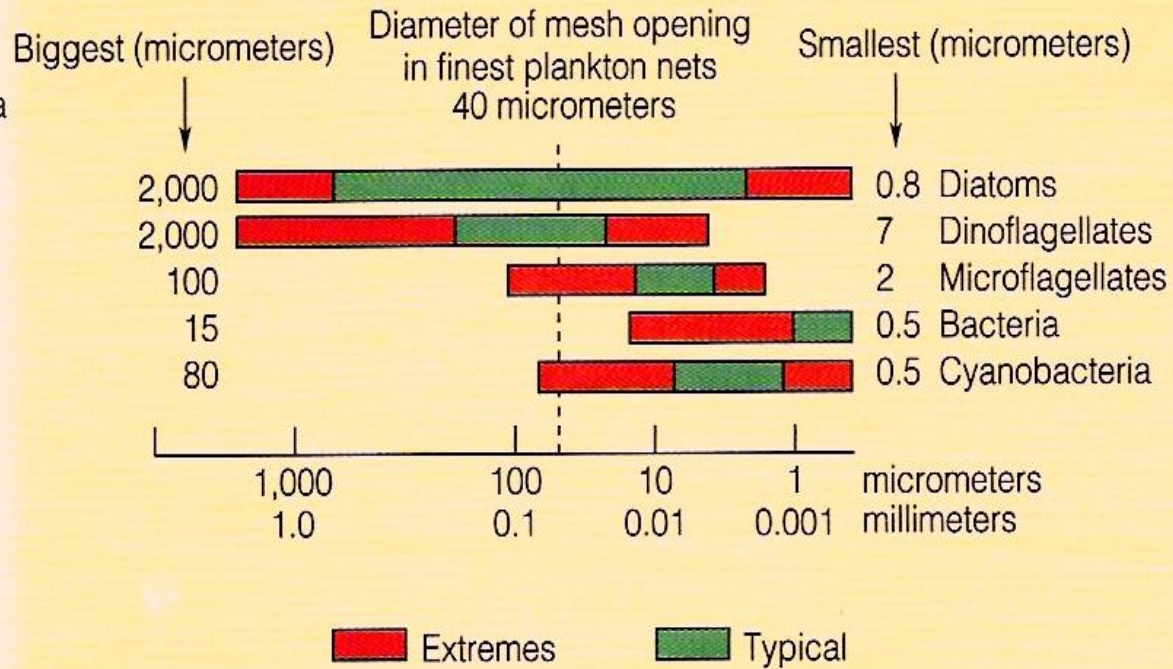
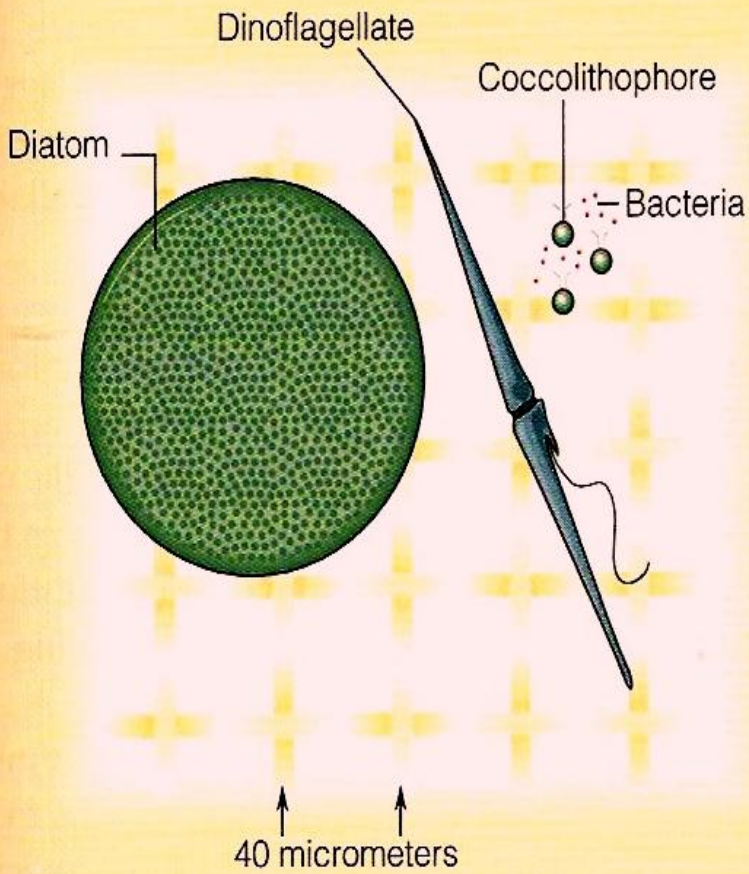
Οι ενδογενείς ροές περιλαμβάνουν την βακτηριακή και φυτοπλαγκτονική πρόσληψη και τις αντίστοιχες εκκρίσεις, τις ροές προς και από το ίζημα και την βακτηριακή ανοργανοποίηση.



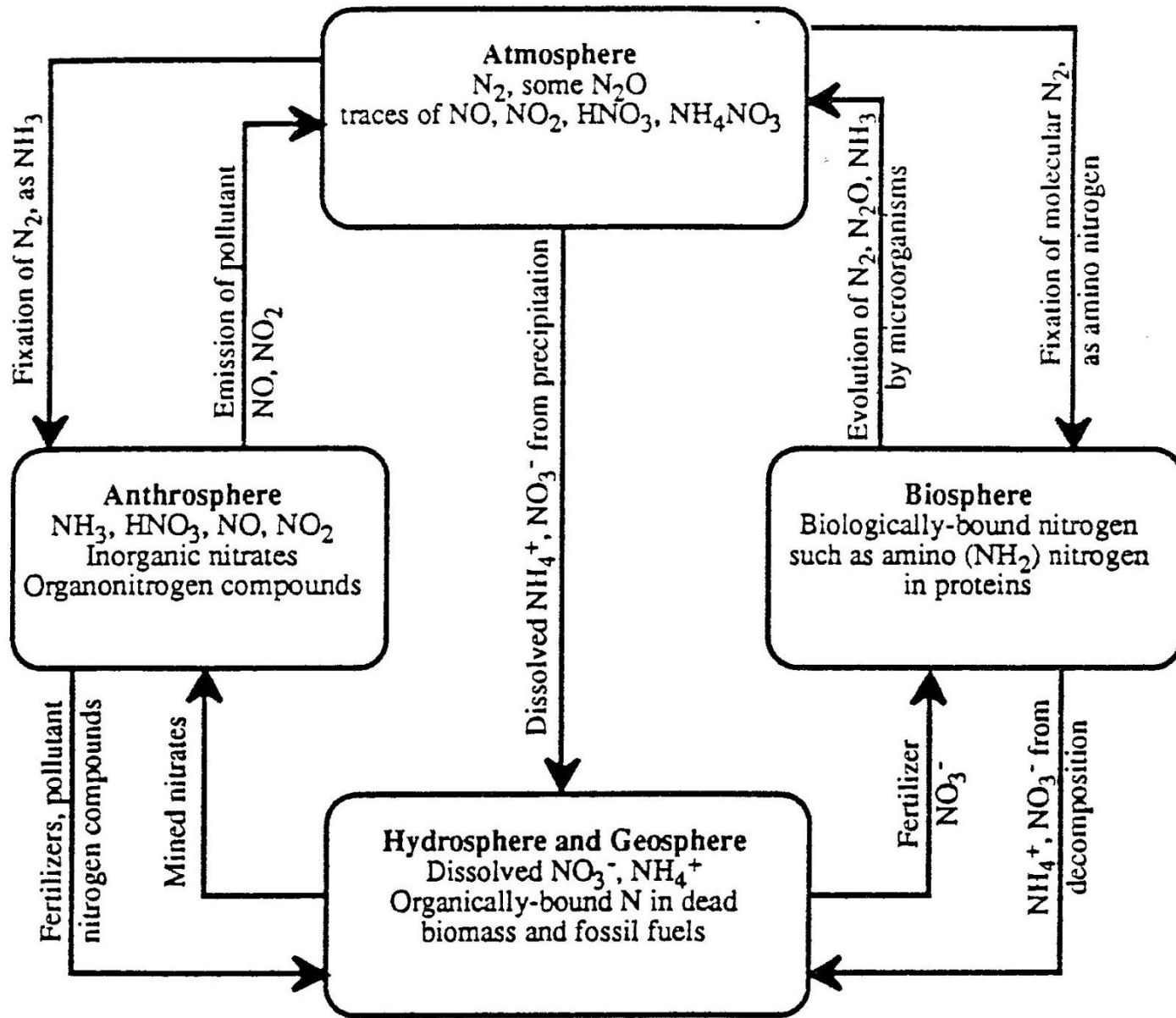




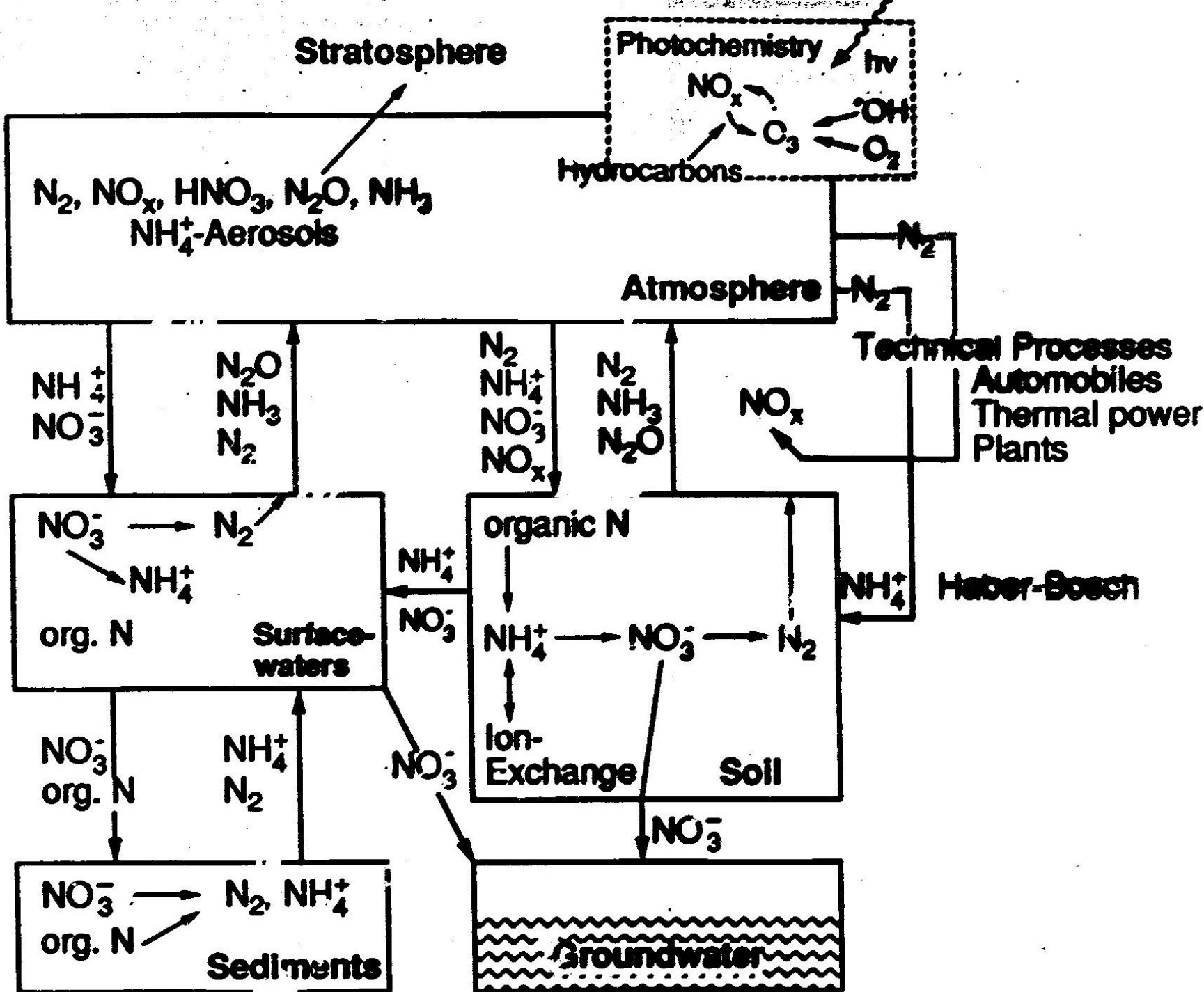
algae. Underwater views: A. *Acetabularia acetabulum*, B. *Caulerpa prolifera*, C. *Halimeda tuna*, D. *Padina pavonica*, E. *Cystoseira* sp., F. *Peyssonnelia* sp.



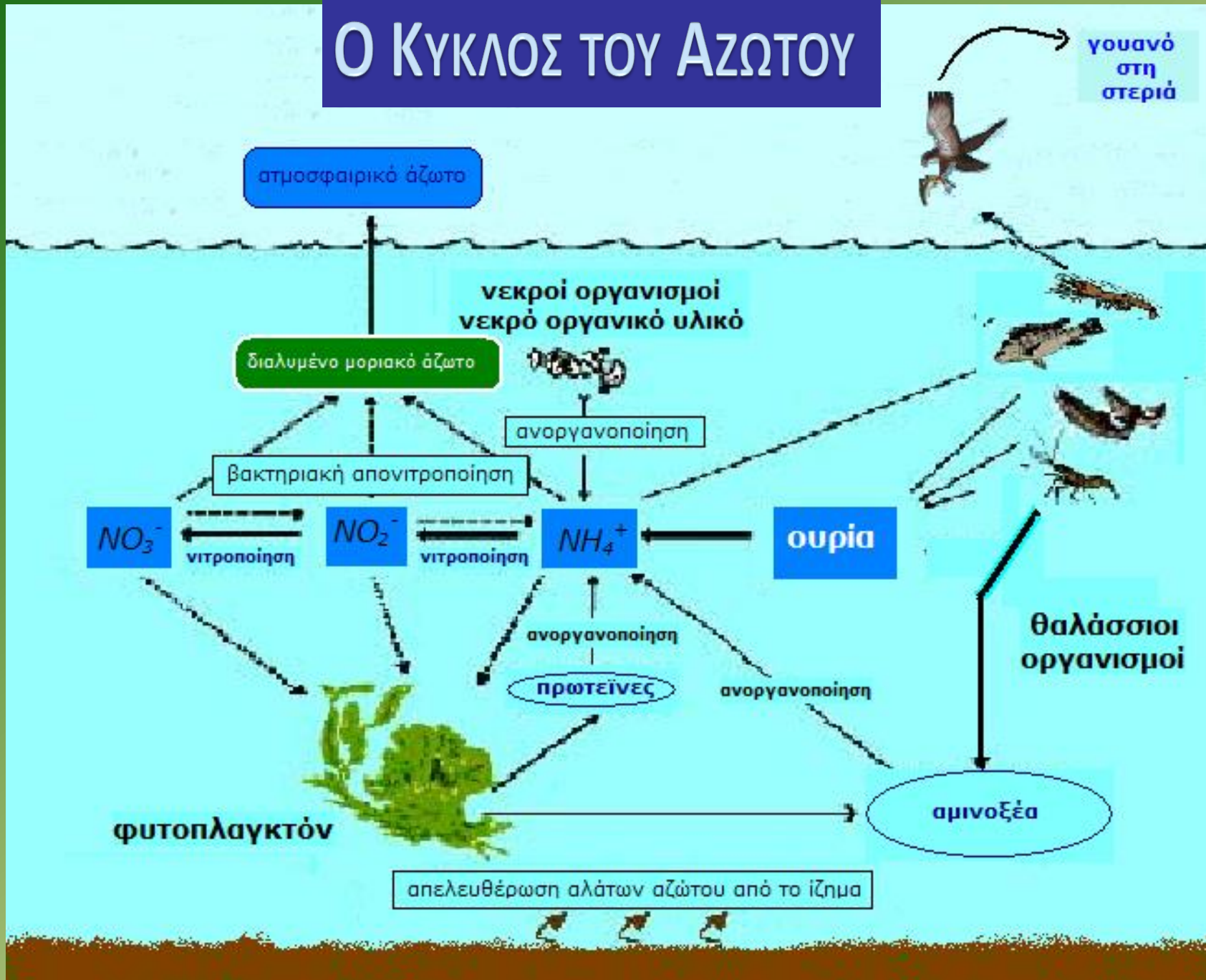
- Στο υδάτινο περιβάλλον το διαλυμένο άζωτο συναντάται σε πολλές από τις εννέα οξειδωτικές καταστάσεις (-3 έως +5).
- Το **μοριακό άζωτο** (N_2) βρίσκεται σχεδόν στη μισή τιμή κορεσμού του και είναι, έτσι η επικρατέστερη μορφή στο θαλάσσιο νερό.
- Οι ενώσεις του αζώτου που συμμετέχουν σε μεγάλη έκταση στις βιολογικές διεργασίες είναι τα **νιτρικά** (NO_3^-), τα **νιτρώδη** (NO_2^-), τα **αμμωνιακά** (NH_4^+) καθώς και το οργανικό άζωτο και είναι και αυτές που προσδιορίζονται.
- Μετά από το N_2 η κυριαρχούσα μορφή αζωτούχου ενώσεως σε pH μεγαλύτερο από 7 και pE μεγαλύτερο από 12 είναι τα νιτρικά, τα οποία κυμαίνονται - ανάλογα με την περιοχή και την εποχή - μεταξύ 1-500 $\mu g NO_3-N/l$ (0,07-35,7 μM), τα νιτρώδη μεταξύ 0,1-50 $\mu g NO_2-N/l$ και η αμμωνία ή τα αμμωνιακά άλατα μεταξύ 1-50 $\mu g NH_3-N/l$.
- Στο θαλάσσιο νερό μπορούν να υπάρξουν θεωρητικά και άλλες μορφές αζώτου, όπως **οξείδια αζώτου** ή βραχύβια μόρια (**υδροξυλαμίνη** και **υπονιτρώδες ιόν**), των οποίων όμως η εξακρίβωση δεν έχει επιτευχθεί.
- Υπάρχουν χαμηλές συγκεντρώσεις διαλυμένων ή αιωρούμενων οργανικών ενώσεων αζώτου σαν προϊόντα μεταβολισμού ή αποσύνθεσης βιολογικών οργανισμών. Κυριότερη οργανική ένωση του αζώτου είναι η **ουρία** και ακολουθούν τα **αμινοξέα**.

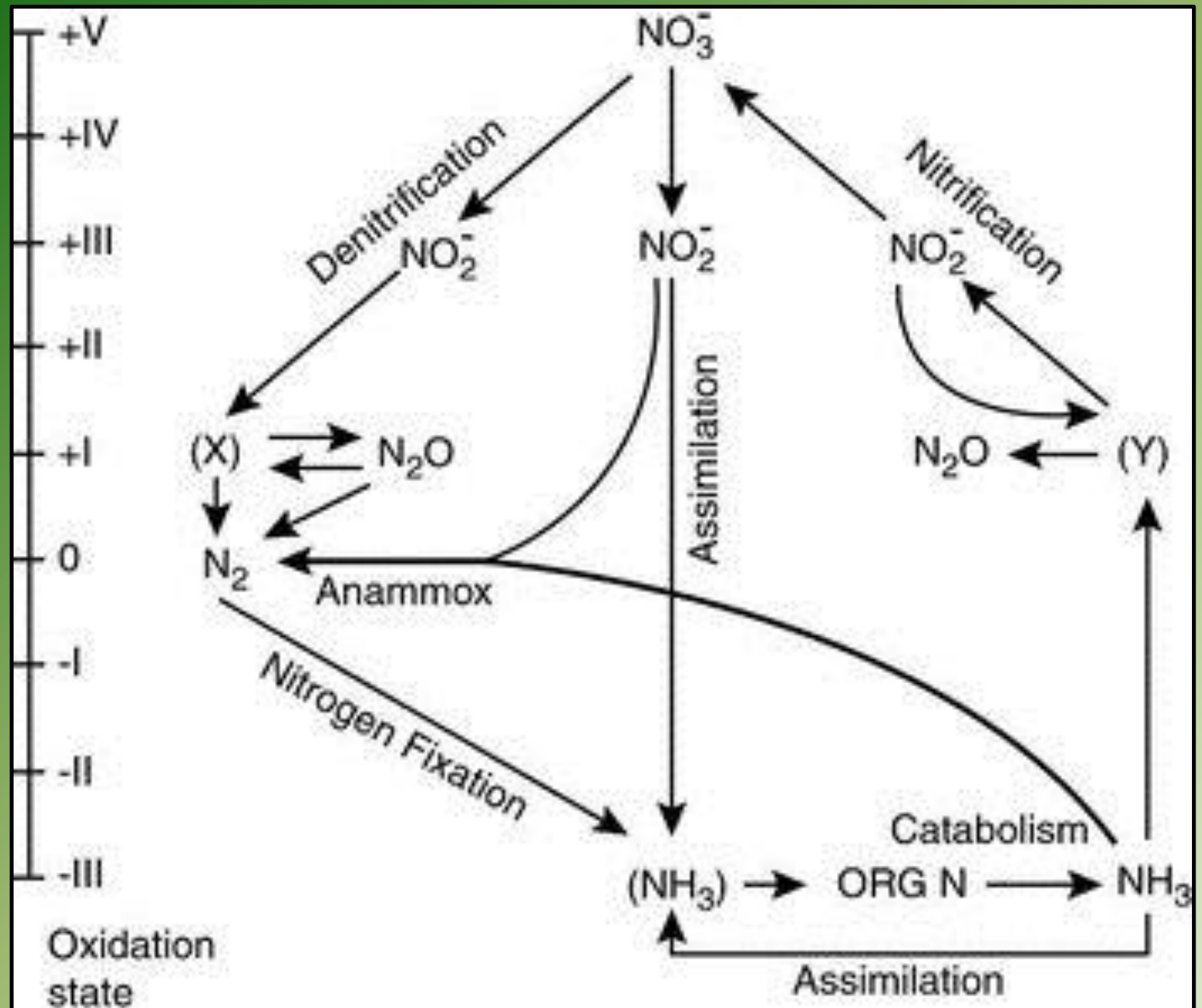


The nitrogen cycle.



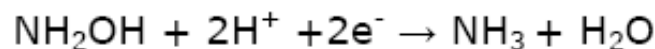
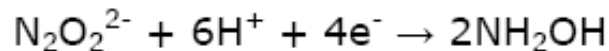
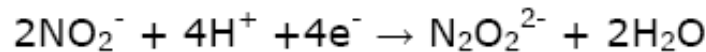
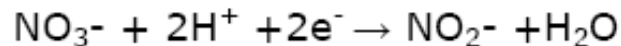
Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ



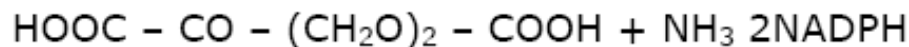


Η αφομοίωση του αζώτου - Η «οικοδόμηση»

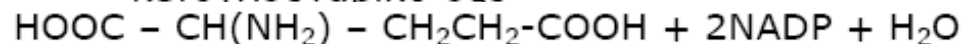
Η αναγωγή μέσα στους οργανισμούς γίνεται σε τέσσερα στάδια με ενδιάμεση παραγωγή αντίστοιχα: νιτρωδών, υπονιτρωδών & υδροξυλαμίνης.



αμμωνία ακολούθως, ασχέτως προελεύσεως, αντιδρά με ακετογλουταρικό οξύ, παρουσία ανηγμένου φωσφορικού αδένινο - νικοτινάμιδο- δινουκλεοτιδίου (NADPH), και δίνει γλουταμικό οξύ.:



κετονγλουταρικό οξύ



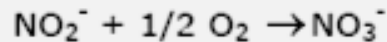
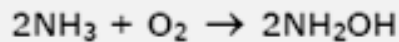
Γλουταμικό οξύ

γλουταμίνη

αφυδρογονάση

Τα αμινοξέα που χρειάζονται για τη δόμηση των πρωτεϊνών των φυκών (κάπου 20) σχηματίζονται στη συνέχεια από το γλουταμικό οξύ.

ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ



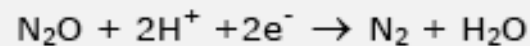
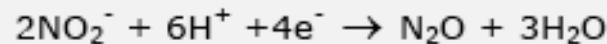
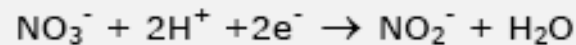
Η διαδικασία της νιτροποίησης επιτελείται όπως έχει προαναφερθεί από δύο ομάδες χημο-λίθο-αυτότροφων βακτηρίων: τα αμμωνιοποιητικά (Nitrosomonas, Nitrosococcus) και τα νιτροποιητικά (Nitrobacter, Nitrococcus), βακτήρια. Τα αμμωνιοποιητικά βακτήρια χρησιμοποιούν τη μονοοξυγενάση της αμμωνίας (AMO), η οποία περιέχει σίδηρο και χαλκό, προκειμένου να οξειδώσουν το αμμώνιο προς το ενδιάμεσο προϊόν, την υδροξυλαμίνη και ακολούθως την οξειδορεδουκτάση της υδροξυλαμίνης (HAO), η οποία περιέχει σίδηρο, προκειμένου να οξειδώσουν την υδροξυλαμίνη προς νιτρώδη. Στο τελικό στάδιο τα νιτροποιητικά βακτήρια οξειδώνουν τα νιτρώδη ιόντα προς νιτρικά μέσω ενός ενζύμου Fe/Mo, της οξειδορεδουκτάσης των νιτρωδών .

Παρ' όλα αυτά φαίνεται ότι υπάρχουν και άλλοι μηχανισμοί νιτροποίησης, όπως:

- α) καταλυτική οξείδωση με χρήση οργανικών ουσιών που παράγονται από τα βακτήρια, έξω από τον ίδιο τους τον οργανισμό,
- β) φωτοχημική οξείδωση με την επίδραση της ηλιακής υπεριώδους ακτινοβολίας,
- γ) οξείδωση από το ατμοσφαιρικό οξυγόνο στα νερά των ποταμών, λιμνών και των επιφανειακών στρωμάτων της θάλασσας.

ΑΠΟΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ

Σε αναερόβια ή ανοξικά ιζήματα η διαδικασία της απονιτροποίησης διαδραματίζει κυρίαρχο ρόλο με κύριο τελικό προϊόν το αέριο μοριακό άζωτο. Η αναγωγική διαδρομή των νιτρικών μπορεί να γραφεί ως εξής:



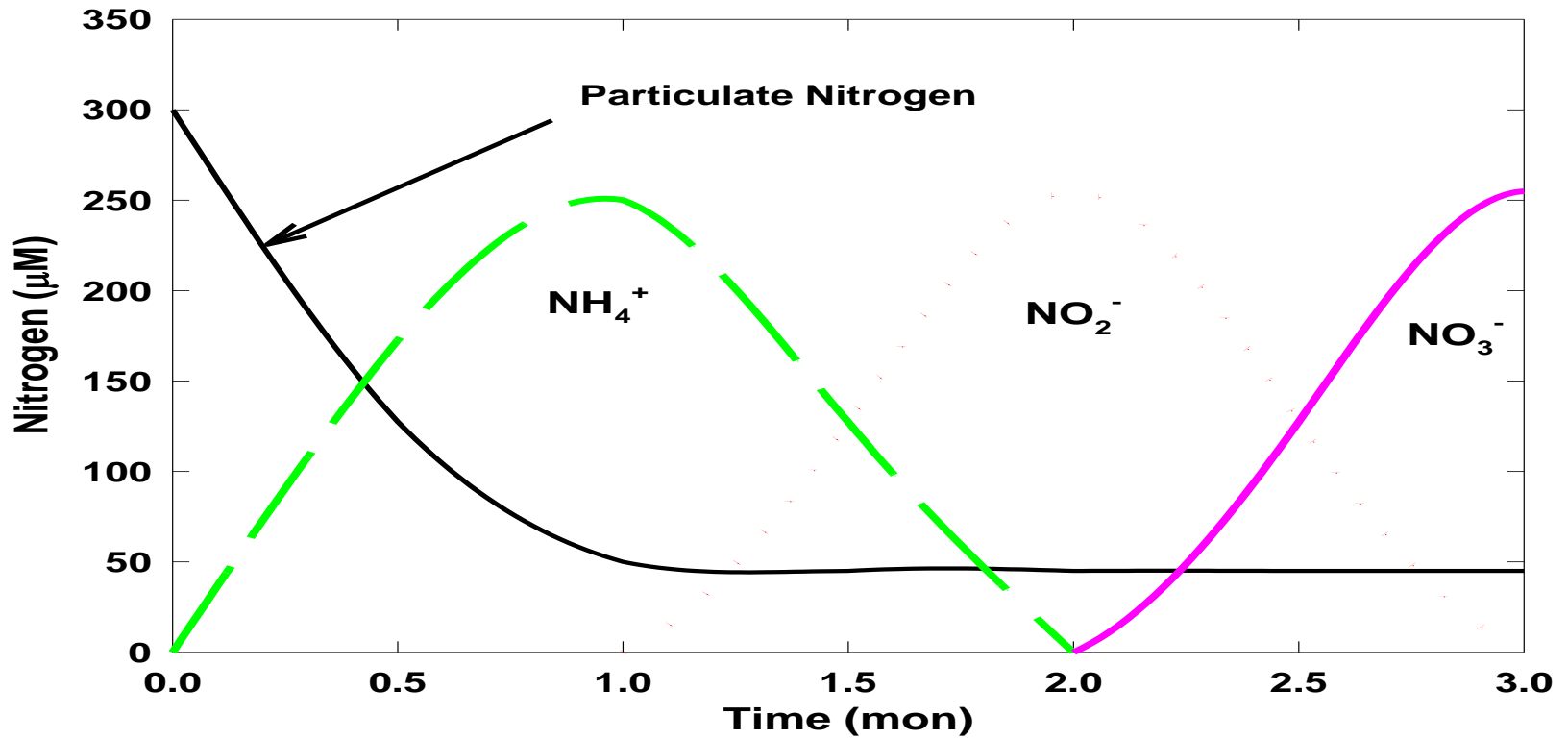
Η παραγωγή υποξειδίου του αζώτου (N_2O) κατά τη διαδικασία της απονιτροποίησης αντιπροσωπεύει την κυριότερη διεργασία μέσω της οποίας το N_2O απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα από τους ωκεανούς (Codispoti L.A. et al., 2001).

Η διαδικασία της απονιτροποίησης αποτελεί ουσιαστικά ένα είδος αναερόβιας αναπνοής η οποία χρησιμοποιείται από ένα μεγάλο αριθμό ετερότροφων οργανισμών και απαιτεί τέσσερα διαφορετικά είδη μεταλλοενζύμων: τη ρεδουκτάση των νιτρικών, περιπλασμική -NAP- ή δεσμευμένη στη μεμβράνη -NAR-, η οποία περιέχει σίδηρο και μολυβδαίνιο, τη ρεδουκτάση των νιτρικών (NIR) η οποία περιέχει είτε χαλκό, είτε σίδηρο, τη ρεδουκτάση του μονοξειδίου του αζώτου (NOR) η οποία περιέχει σίδηρο και τη ρεδουκτάση του υποξειδίου του αζώτου (N_2OR) η οποία περιέχει χαλκό¹⁸⁴.

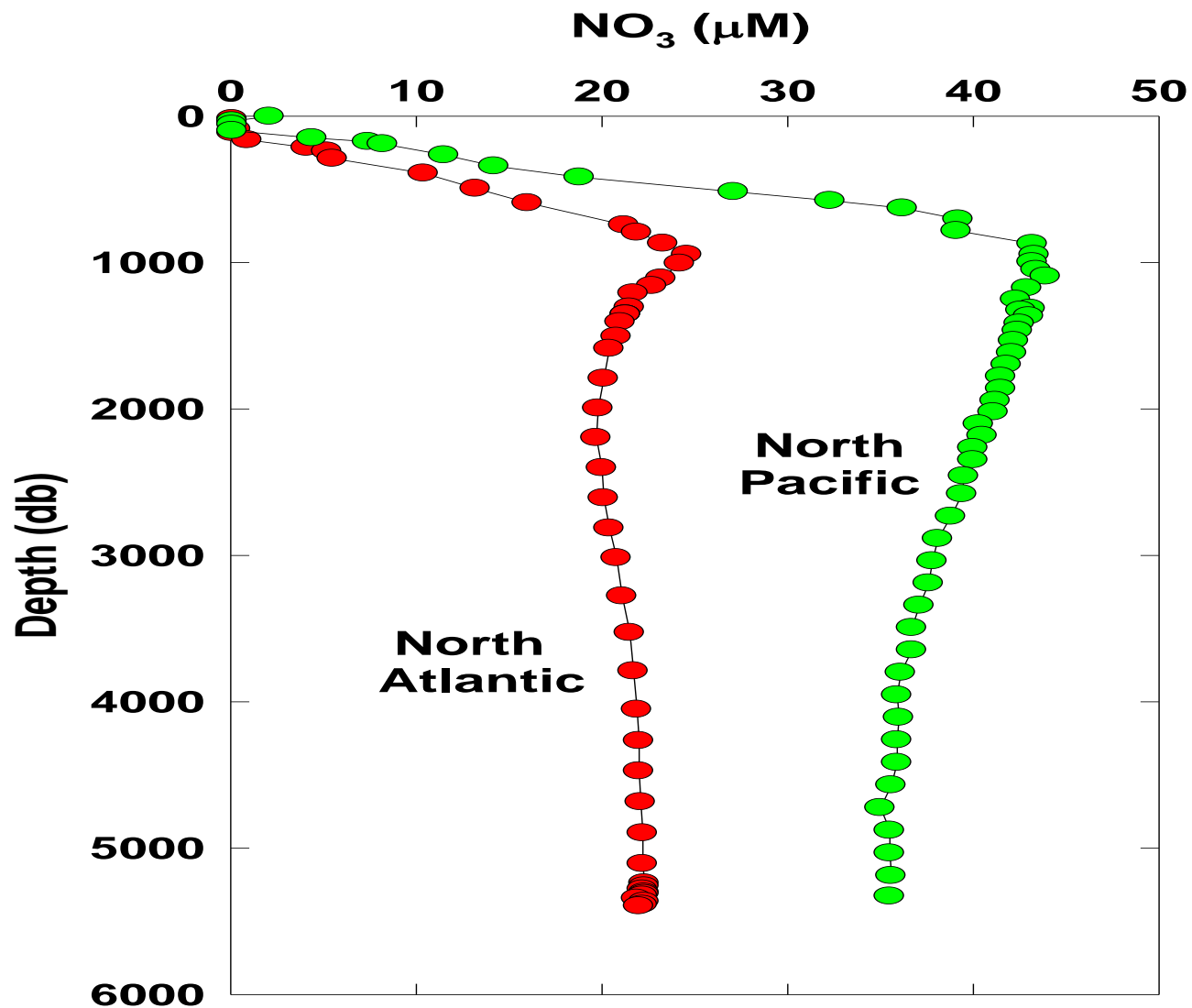
Πιθανές αντιδράσεις αναερόβιας οξειδωσης

Χημική διεργασία	Αντίδραση	ΔG (pH=7)
1. Απνοτοξ	$5/3\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- \rightarrow 4/3\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + 2/3\text{H}^+$	-421
2. Σύζευξη απονιτροποίησης - οξειδωσης σουλφιδίων	$\text{NO}_3^- + 5/8\text{FeS} + \text{H}^+ \rightarrow 1/2\text{N}_2 + 5/8\text{SO}_4^{2-} + 5/8\text{Fe}^{2+} + 1/2\text{H}_2\text{O}$	-419
3. Σύζευξη απονιτροποίησης - οξειδωσης Fe^{2+}	$\text{NO}_3^- + 5\text{Fe}^{2+} + 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow 5\text{Fe}(\text{OH})_3 + 1/2\text{N}_2 + 4\text{H}^+$	-319
4. Σύζευξη απονιτροποίησης - οξειδωσης Mn^{2+}	$5/2\text{Mn}^{2+} + \text{NO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 5/2\text{MnO}_2 + 1/2\text{N}_2 + 4\text{H}^+$	-49
5. Αναερόβια νιτροποίηση	$4\text{MnO}_2 + \text{NH}_4^+ + 6\text{H}^+ \rightarrow 4\text{Mn}^{2+} + \text{NO}_3^- + 5\text{H}_2\text{O}$	-175
6. Σύζευξη αναγωγής Mn και οξειδωτικής παραγωγής N_2	$3/2\text{MnO}_2 + \text{NH}_4^+ + 2\text{H}^+ \rightarrow 3/2\text{Mn}^{2+} + 1/2\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	-224

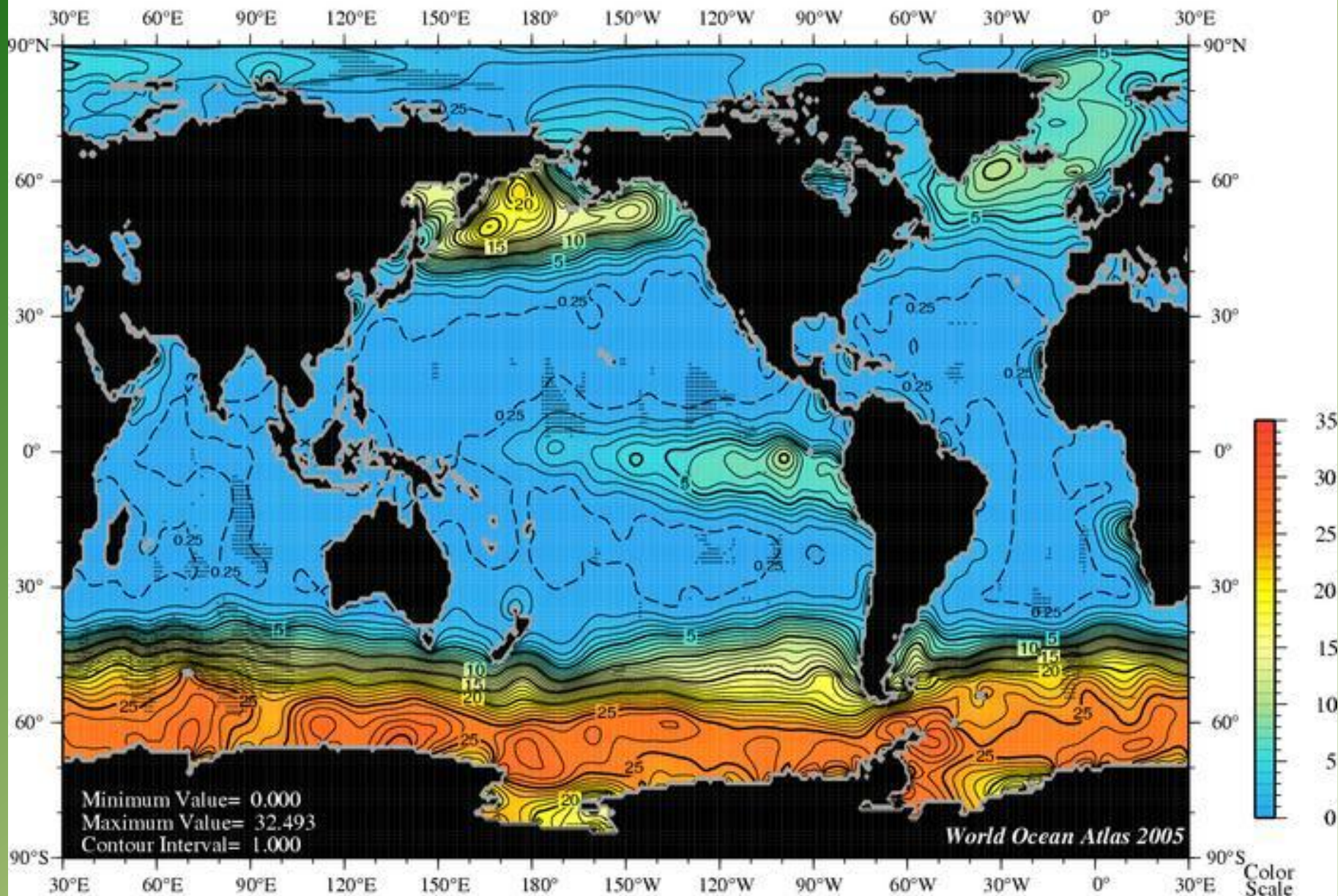
Αποδόμηση οργανικού Αζώτου



Νιτρικά στους Ωκεανούς: κάθετες κατανομές στον Ατλαντικό και Ειρηνικό

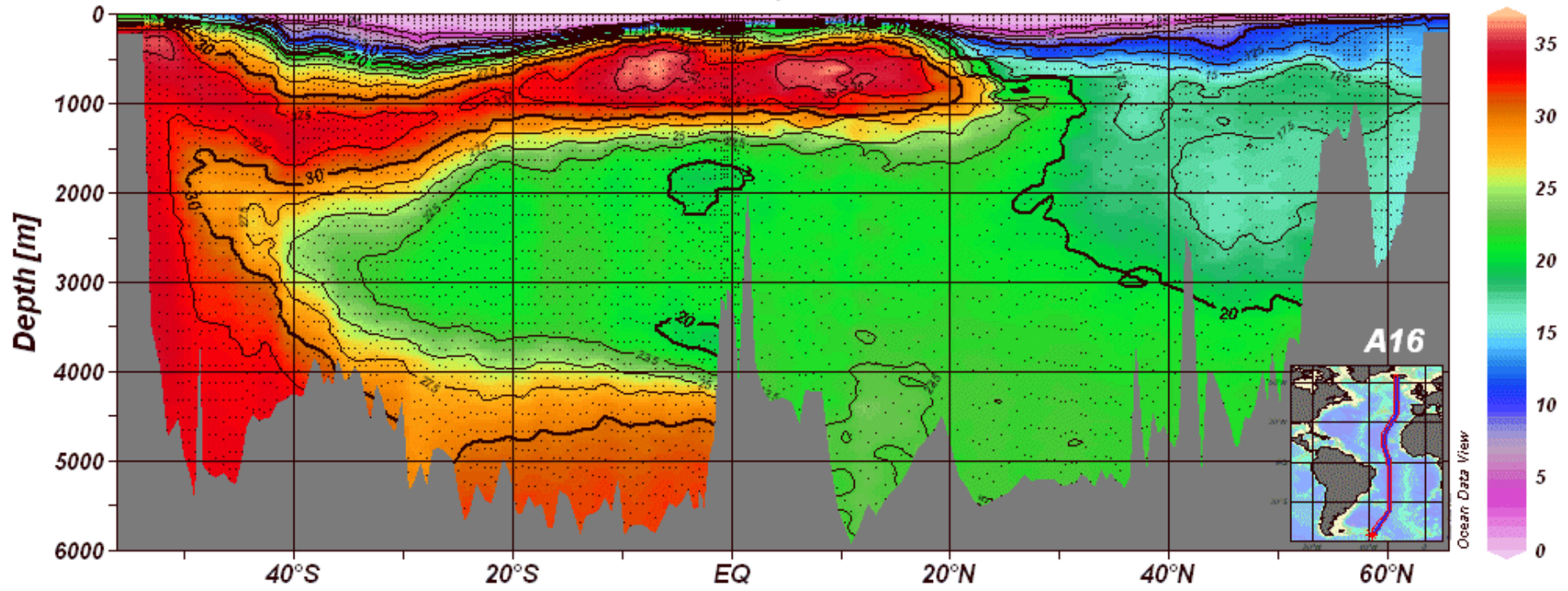


Annual nitrate [$\mu\text{mol/l}$] at the surface.



eWOCE

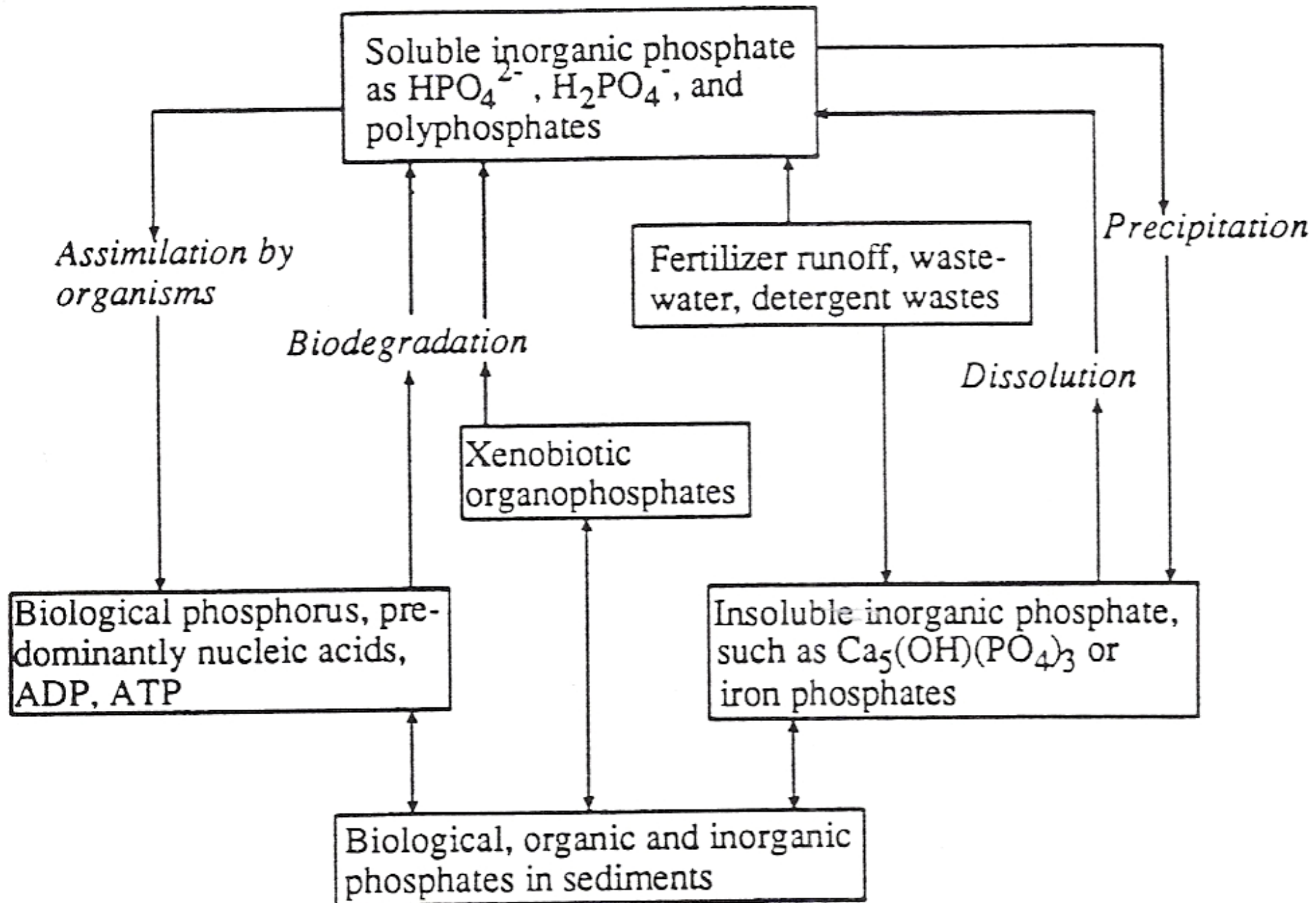
Nitrate [$\mu\text{mol/kg}$]

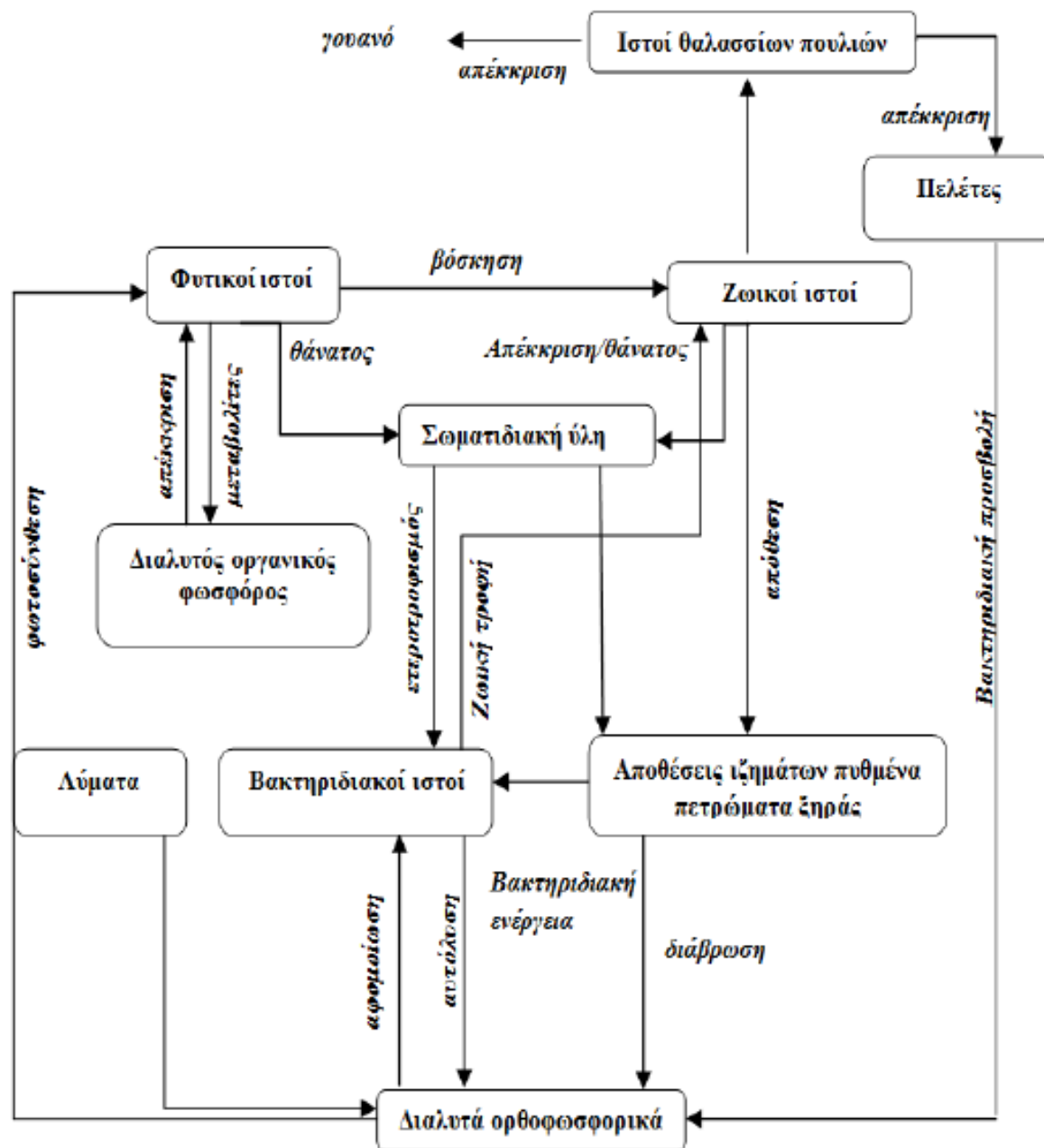


Oceanic concentrations, inventories and turnover of nitrogen

Species	Mean Euphotic zone ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Mean aphotic zone ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Oceanic inventory (Tg N)	Turnover rate (Tg N yr^{-1})	Turnover time (years)
Nitrate NO_3^-	7	31	5.8×10^5	1570	370
Nitrite NO_2^-	0.1	0.006	160		
Ammonium NH_4^+	0.3	0.01	340	7000	0.05
Dissolved Organic Nitrogen DON	6	4	7.7×10^4	3400	20
Particulate Nitrogen PN	0.4	0.01	400	8580	0.05
Nitrous Oxide N_2O	0.01	0.04	750	6	125
Dinitrogen gas N_2	450	575	1×10^7	200	54,000

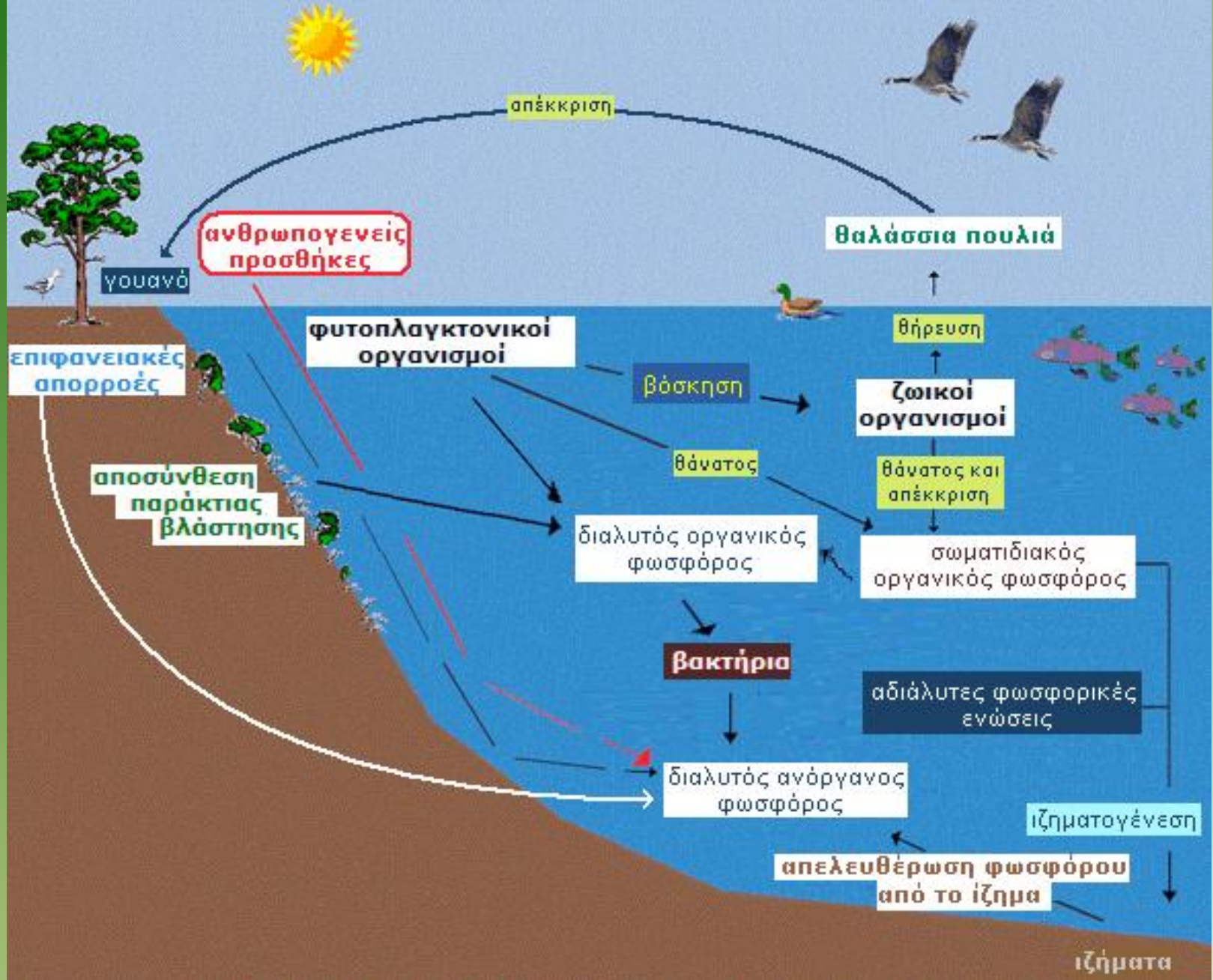
THE PHOSPHORUS CYCLE





Ο Κύκλος του φωσφόρου (Riley and Chester, 1971)

Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ



Ο φωσφόρος στο υδάτινο περιβάλλον απαντά σχεδόν εξ' ολοκλήρου στην οξειδωτική κατάσταση +5, σε ποικιλία μορφών, τόσο διαλυτών όσο και σωματιδιακών.

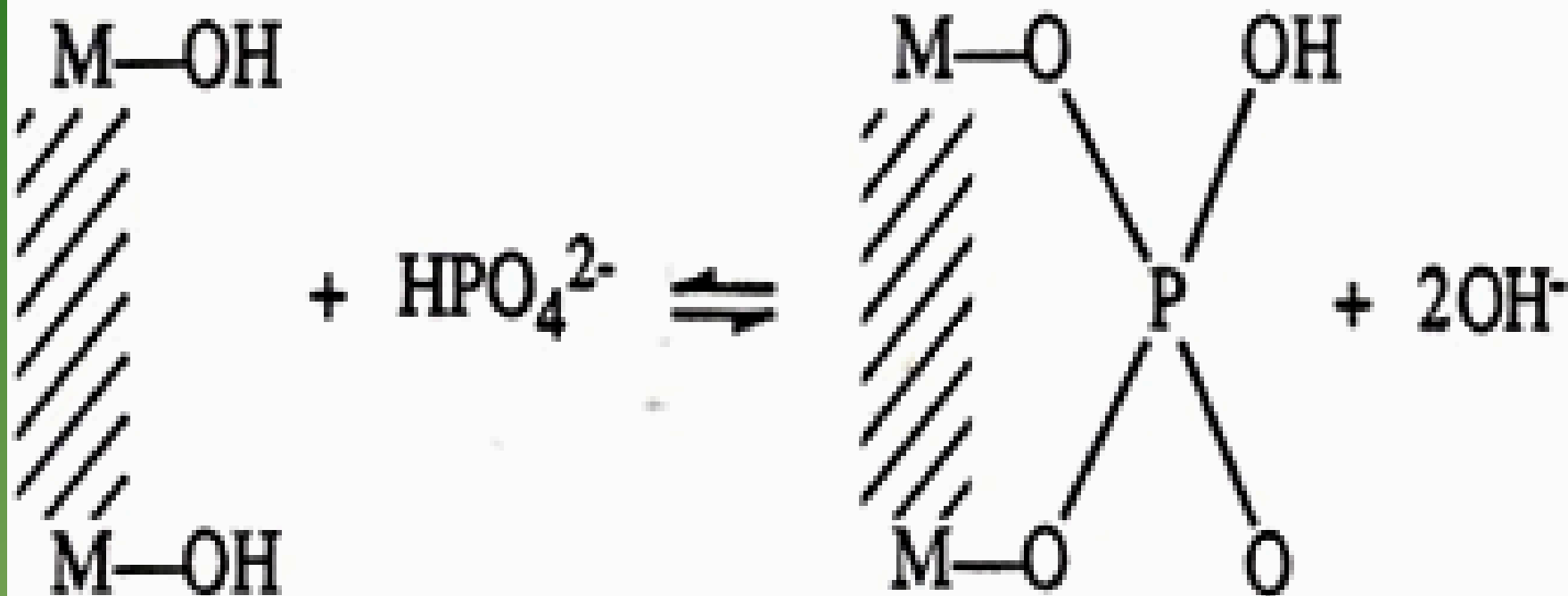
Σε θαλασσινό νερό αλατότητας 38 , με pH 8,0 και θερμοκρασία 20° C, το **87%** του φωσφόρου απαντά ως **μονόξινα φωσφορικά**, το **12%** ως **φωσφορικά** και μόλις το **1%** ως **δισόξινα φωσφορικά**, ενώ το ποσοστό του αδιάστατου φωσφορικού οξέος θεωρείται αμελητέο. Από τις ποσότητες αυτές, το **99,6%** των **φωσφορικών** και το **44%** των **δισόξινων φωσφορικών** βρίσκονται με τη μορφή **ιονικών ζευγών** με κατιόντα, όπως το ασβέστιο και το μαγνήσιο, ενώ οι υπόλοιπες ποσότητες απαντούν πιθανώς ως ελεύθερα ιόντα. **Πολυφωσφορικά και πυροφωσφορικά** ιόντα δεν ανιχνεύονται στο θαλασσινό νερό, αλλά πολυφωσφορικά ιόντα υπάρχουν στις εκβολές των ποταμών και τα παράκτια ύδατα, ως αποτέλεσμα των ανθρωπογενών ρυπάνσεων από απορρυπαντικά.

Επιπλέον, σημαντικό τμήμα των διαλυτών φωσφορικών ενώσεων προέρχεται από οργανικές ενώσεις. Οι ενώσεις αυτές είναι **φωσφορικοί εστέρες σακχάρων, φωσφολιπίδια, φωσφονουκλεοτίδια** καθώς και προϊόντα αποσύνθεσης μεταβολικών προϊόντων διαφόρων οργανισμών, τα οποία απαντούν κυρίως στα ανώτερα στρώματα της υδάτινης στήλης.

Ο **σωματιδιακός φώσφορος** αποτελείται κατά 30-60% από ορθοφωσφορικά, ενώ το οργανικό κλάσμα, που αποτελεί το 25-57% του ολικού σωματιδιακού φωσφόρου, συνίσταται κυρίως από RNA, DNA, πολυφωσφορικά και μερικές φωσφοπρωτεΐνες.

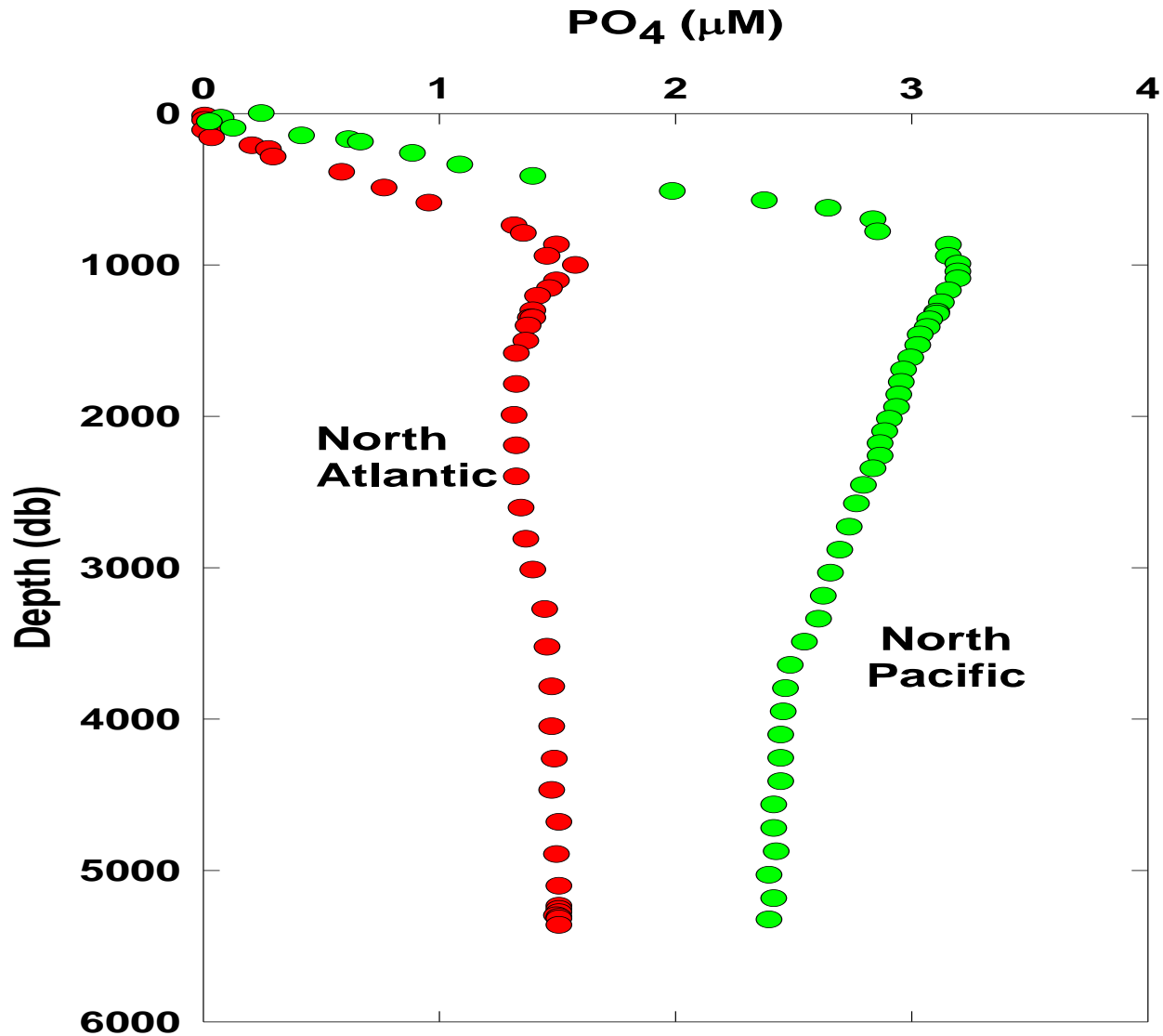
Το φυτοπλαγκτόν καταναλώνεται από το ζωοπλαγκτόν, το οποίο με τον τρόπο αυτό καλύπτει τις ανάγκες του σε φωσφόρο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να απαντώνται στα προϊόντα μεταβολισμού του **οργανικές ενώσεις του φωσφόρου**, οι οποίες μετατρέπονται σε φωσφορικές με τη βοήθεια βακτηρίων ή ενζύμων.

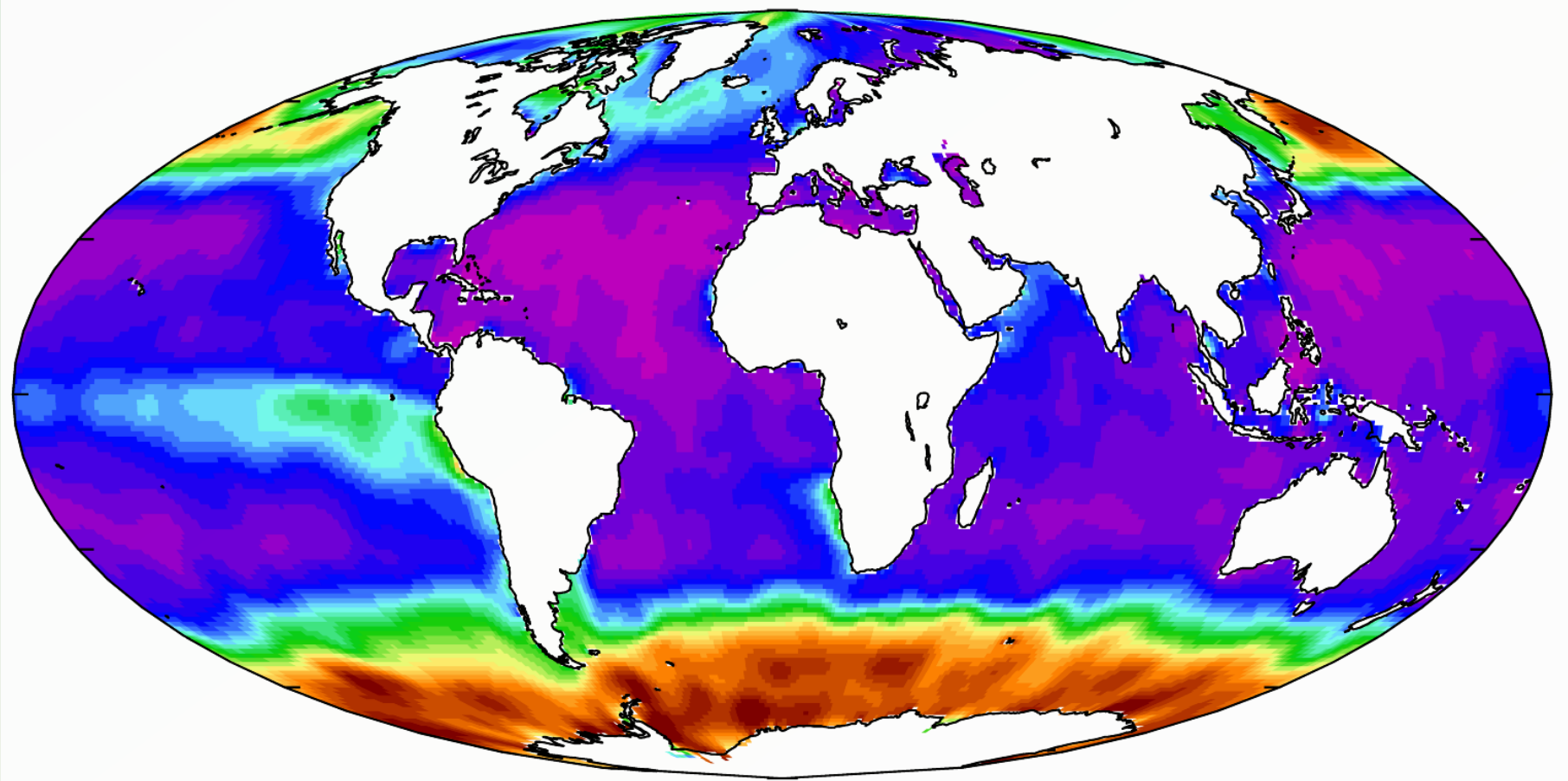
- Η απομάκρυνση των φωσφορικών από την διαλυτή (υγρή) στη σωματιδιακή (στερεή) φάση στήλη πραγματοποιείται με μηχανισμούς προσρόφησης



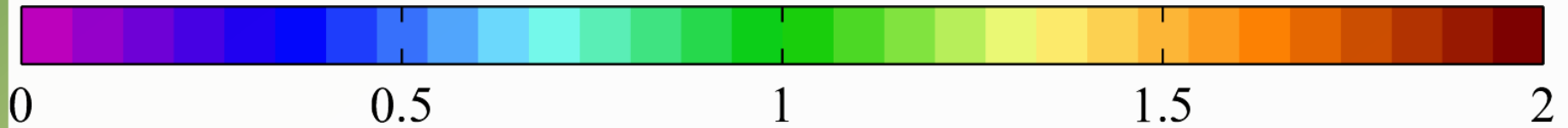
Οι διαδικασίες προσρόφησης και εκρόφησης επηρεάζονται από αλλαγές στο δυναμικό οξειδοαναγωγής. Σε οξειδωτικά περιβάλλοντα τα φωσφορικά συγκρατούνται στη στερεά φάση μέσω ενός **Fe(III)-PO₄³⁻** συμπλόκου. Όταν οι συνθήκες γίνουν αναγωγικές, ο τρισθενής σίδηρος ανάγεται σε διαλυτό δισθενή, με αποτέλεσμα τη διάσπαση του συμπλόκου και την απελευθέρωση των φωσφορικών.

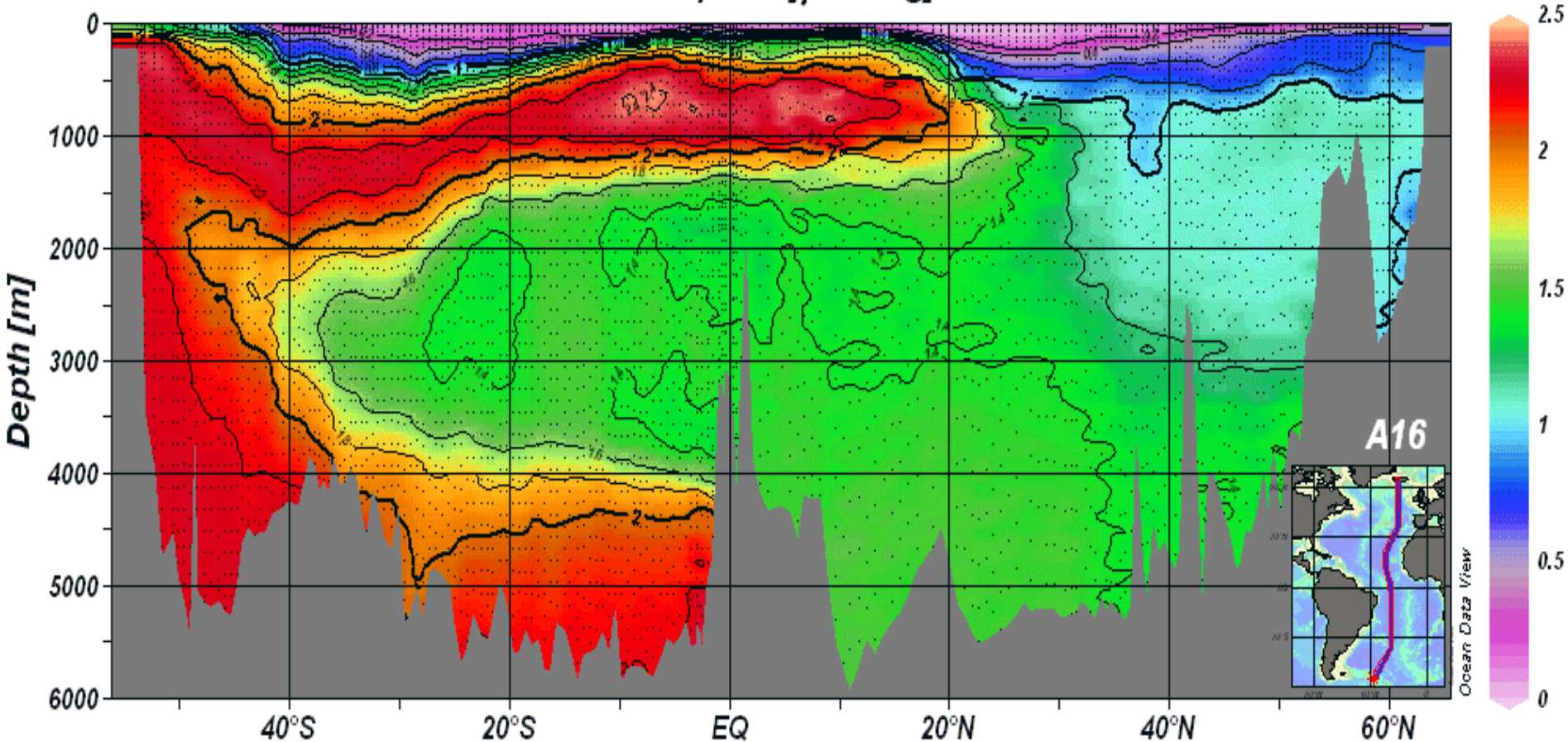
Φωσφορικά στους ωκεανούς

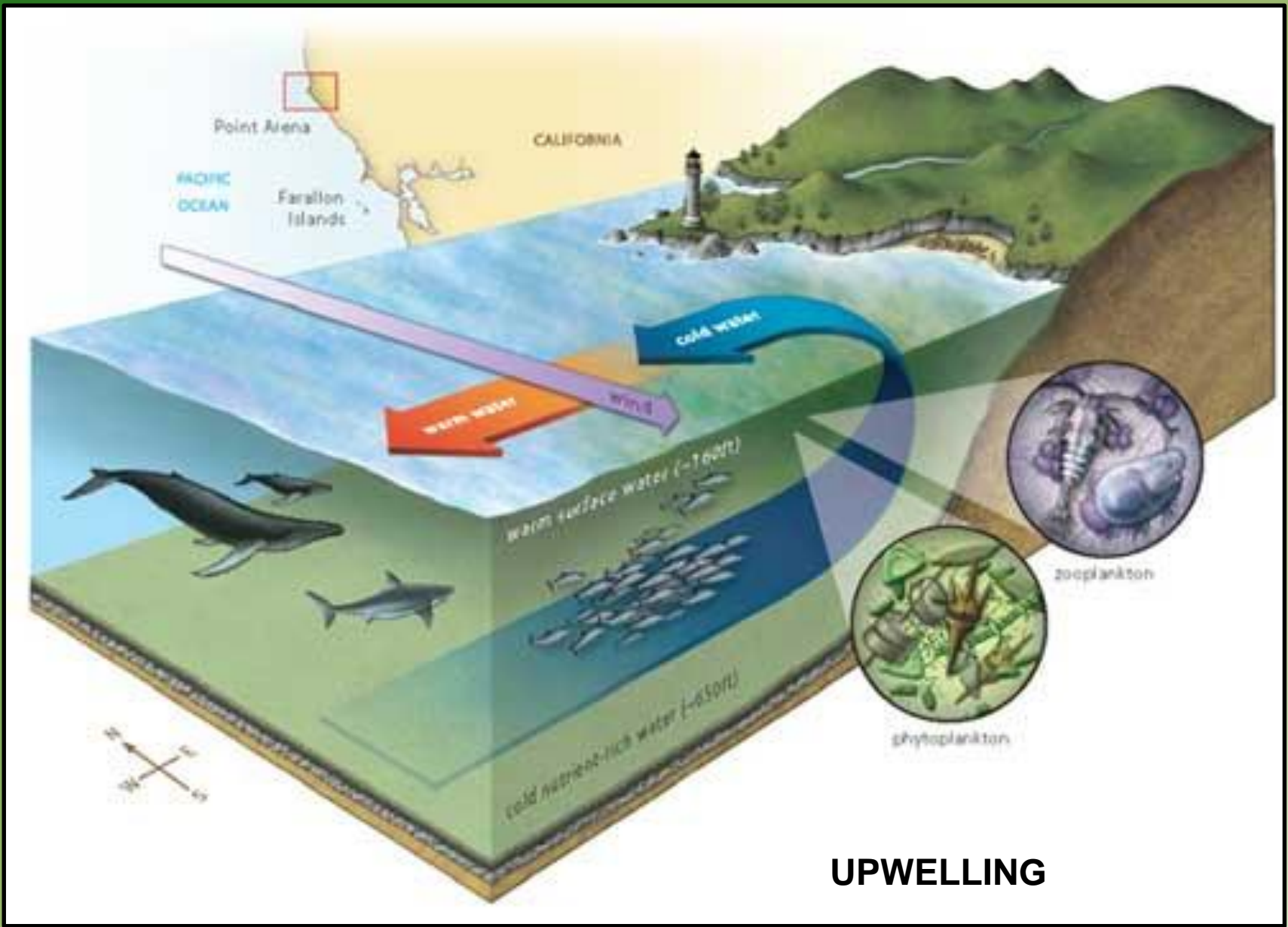




Sea-surface phosphate [mmol P m⁻³]

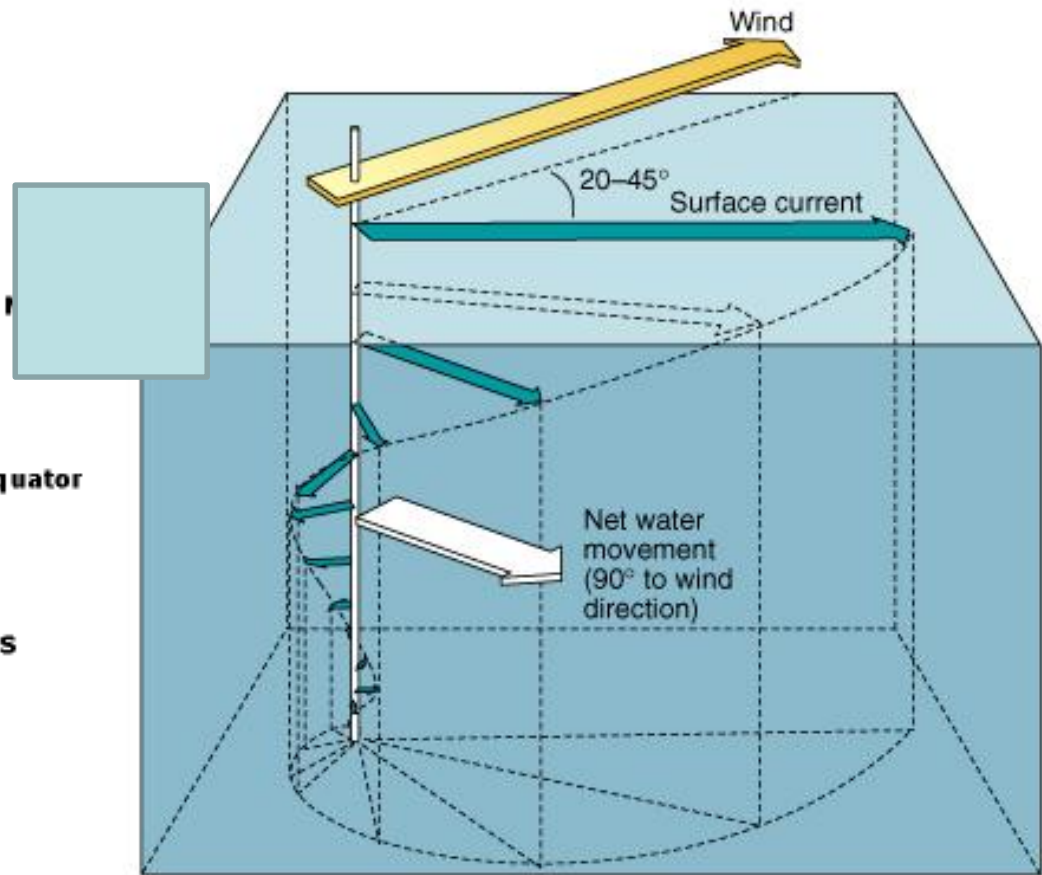
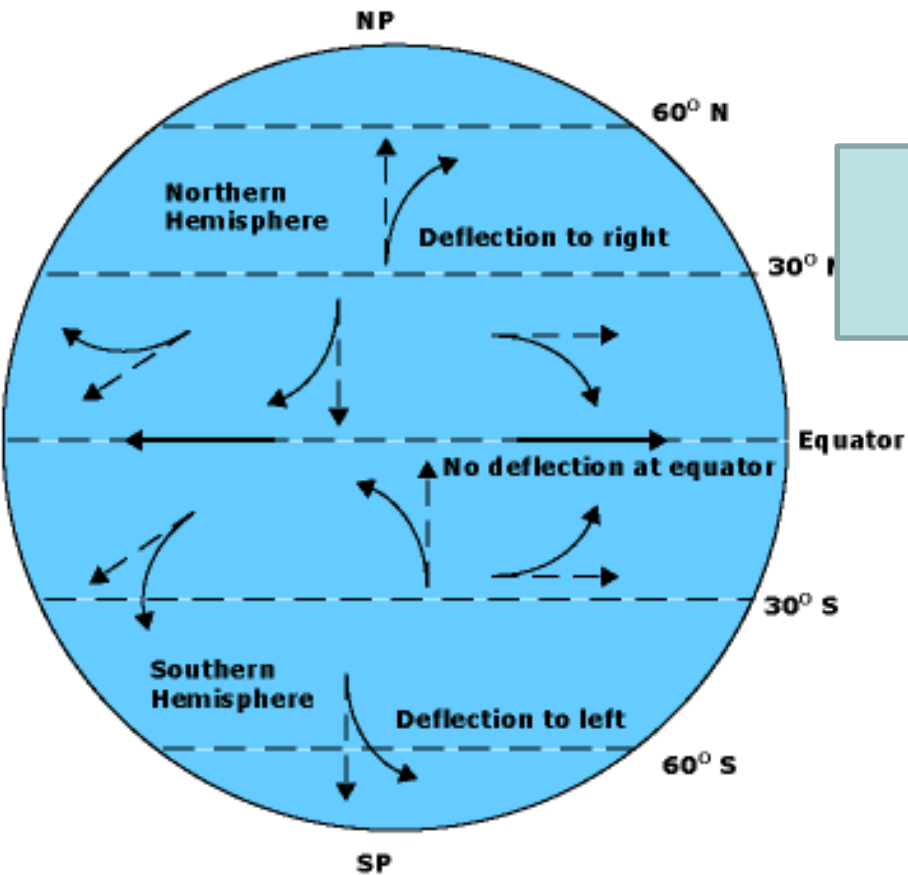


Phosphate [$\mu\text{mol}/\text{kg}$]



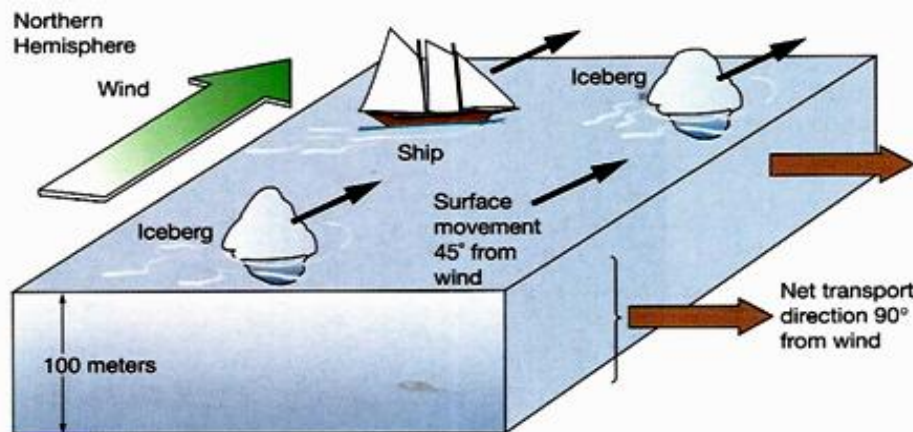
UPWELLING

Maximum deflection at pole



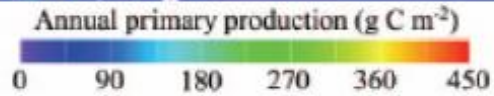
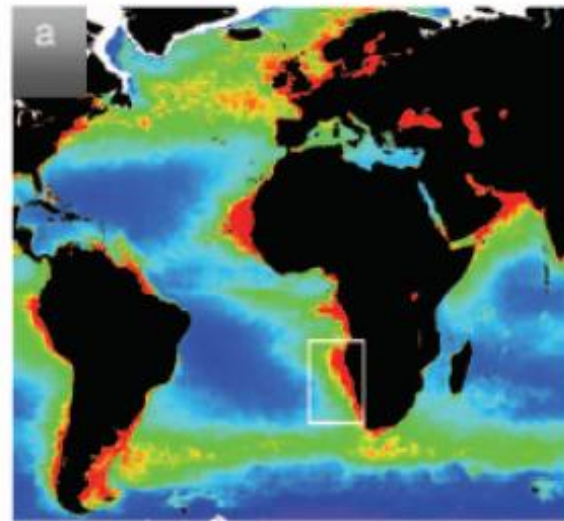
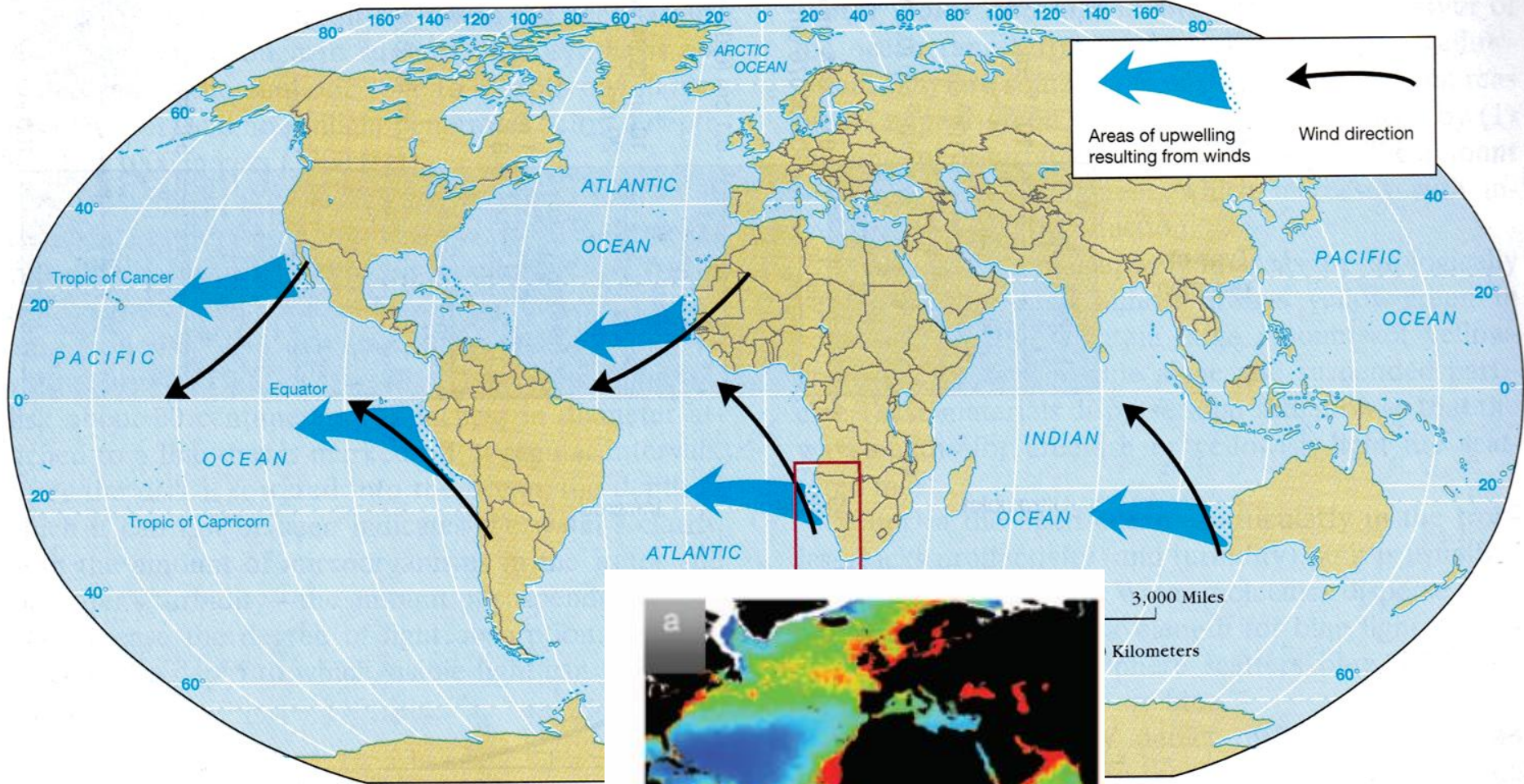
Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

Maximum deflection at pole



Transport of floating objects

Fridtjof Nansen first noticed that floating objects, such as icebergs and ships, were carried to the right of the wind direction in the Northern Hemisphere.



(a)

Element Availability versus Plankton Demand:

1. Both N and P are in short supply (limiting) relative to plankton needs.
2. Inorganic C is present in seawater in ten times excess of that needed for photosynthetic use of all available N and P.
3. O₂-saturated seawater contains only a slight excess of oxygen versus the amount required to respire all the organic matter that can be photosynthesized from the available N and P.
4. Biogenic tests (“hard body parts”) also have global average compositions.
5. Si is limiting for diatom production.

Bioactive Element	mg atom* m ⁻³	Availability Ratio (to P)	Use Ratio [⊗]	<u>Availability</u> Use
P	2.3	1	1	1
N	34.5	15	16	0.94
C	2340	1017	106	9.6
O ₂ [▲]	367	160	138	1.16

*for average (deep) seawater, S = 35 ppt and O₂ saturated.

⊗RKR plankton values.

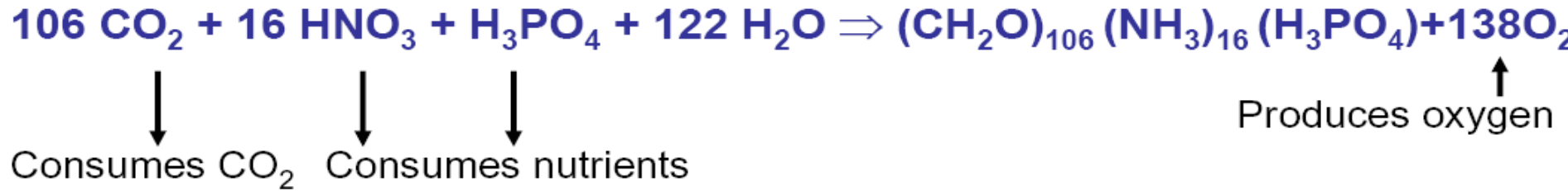
▲oxygen requirement for total respiration of RKR plankton.

Οι στοιχειομετρικοί λόγοι **αζώτου, φωσφόρου και πυριτίου** επηρεάζουν σημαντικά τις φυτοπλαγκτονικές κοινωνίες.

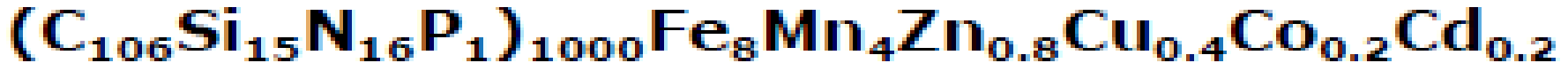
Εμπειρική έκφραση αυτών των σχέσεων είναι οι αναλογίες του **Redfield**, δηλαδή οι ατομικοί λόγοι **N:P:C=16:1:106**, οι οποίοι δείχνουν τις στοιχειομετρικές απαιτήσεις για την ομαλή ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού.

Μεγάλες αποκλίσεις από αυτούς τους λόγους υποδεικνύουν ότι το θρεπτικό συστατικό, που βρίσκεται στη μικρότερη ποσότητα, αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού.

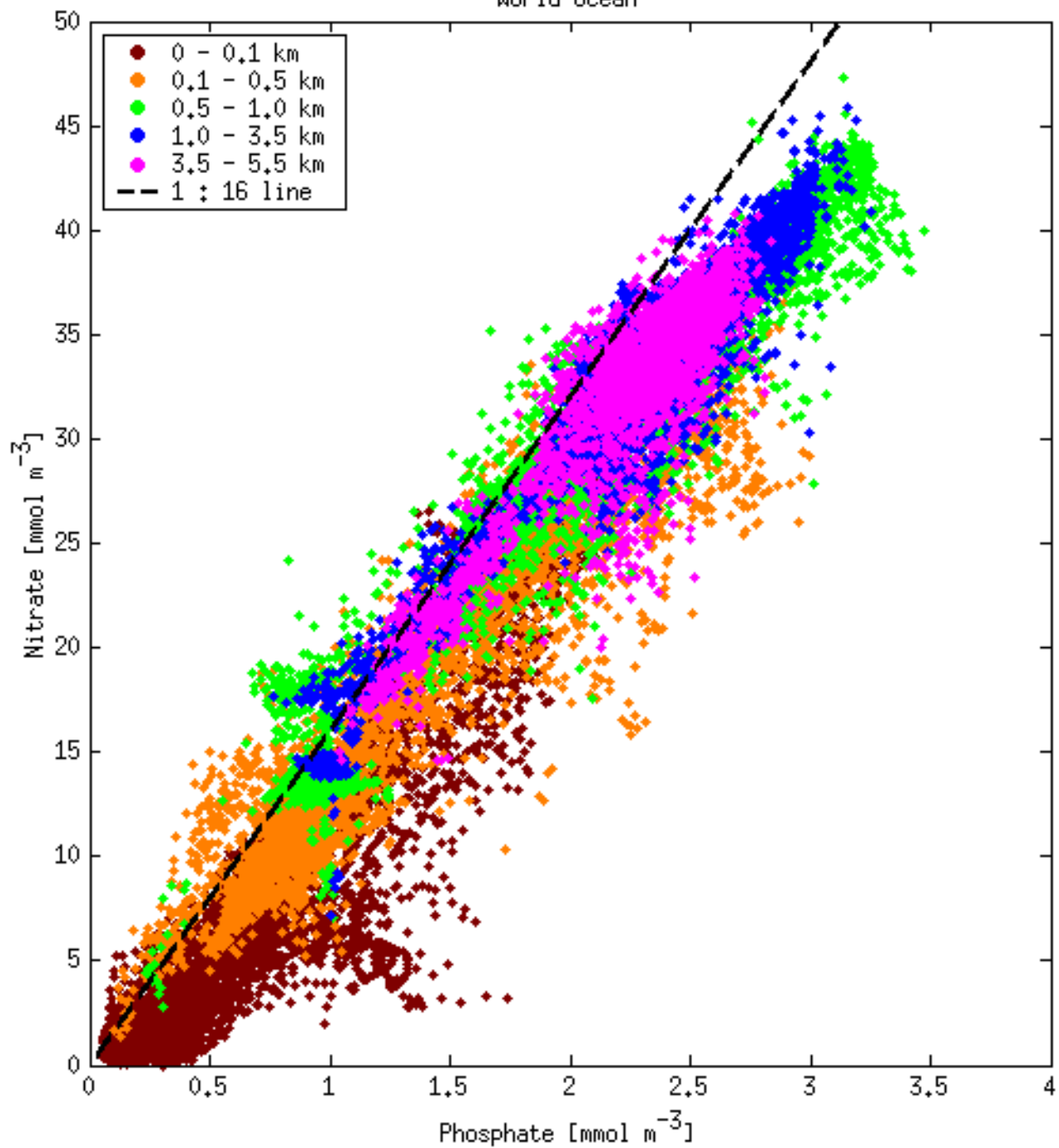
Organic matter production:



ΜΕΣΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΥΛΗΣ



World Ocean



Nutrient concentrations in the Aegean Sea (all values in $\mu\text{gat/l}$)

		Nitrates	Nitrites	Ammonia	Phosphates	Silicates
East Aegean 1980 (1)	Mean	0.57	0.26	0.33	0.075	1.05
	Range	0.09–2.28	0.05–1.59	0.65–1.35	0.07–0.11	0.75–3.27
North Aegean 1994 (2)	Range	0.10–2.80	0.01–0.13	0.10–0.95	0.02–0.16	0.30–3.50
North Aegean 1992–94 (3)	Mean	0.84	0.04	0.34	0.07	1.65
South Aegean 1992–94 (3)	Mean	0.78	0.03	0.28	0.06	1.83
Evrupos Straits 1997–98 (7)	Mean	5.38	0.09	3.90	0.35	7.83
	Range	0.01–68.2	0.01–0.59	0.88–27.2	0.02–1.32	0.92–123.7
Evrupos Straits 1993 (6)	Mean	2.70	0.20	0.80	0.30	
South Evoikos 1980 (8)	Mean	0.49	0.08	0.23	0.18	1.72
North Evoikos (8)	Mean	4.27	0.08	0.60	0.34	16.1
Elefsis Gulf (10)	Mean	2.94	0.49	0.65	0.61	5.06
Saronikos Gulf (10)	Mean	1.90	0.21	1.19	0.29	2.65
Saronikos Gulf 1995 (5)	Range	0.05–9.12	0.02–1.46	0.33–15.27	0.02–3.40	0.36–477
Thessaloniki Gulf (10)	Mean	1.63	0.61	1.65	0.64	4.09
Thermaikos Gulf (10)	Mean	1.26	0.30	0.88	0.19	3.65
Izmir Bay 1987 (4)	Range	0.44–4.20	0.11–3.50		0.21–2.51	
Kavala 1975–76 (8)	Mean	0.59	0.08	0.36	0.22	1.82
Kavala 1982 (9)	Mean	0.33	0.04	0.28	0.18	1.74
Pagasetikos Gulf (10)	Mean	0.99	0.20	0.94	0.12	3.42
Mediterranean Background (8)		0.42	0.16	0.36	0.12	1.22

(1) UNEP (1986b). (2) Souvermezoglou et al. (1997b). (3) Kucuksezgin et al. (1995). (4) UNEP (1994). (5) Psyllidou et al. (1997). (6) Dassenakis and Kloukiniotou (1994). (7) Dassenakis et al. (1990). (8) Friligos (1987). (9) Friligos and Karydis (1988). (10) NCMR (1989).

Ευτροφισμός



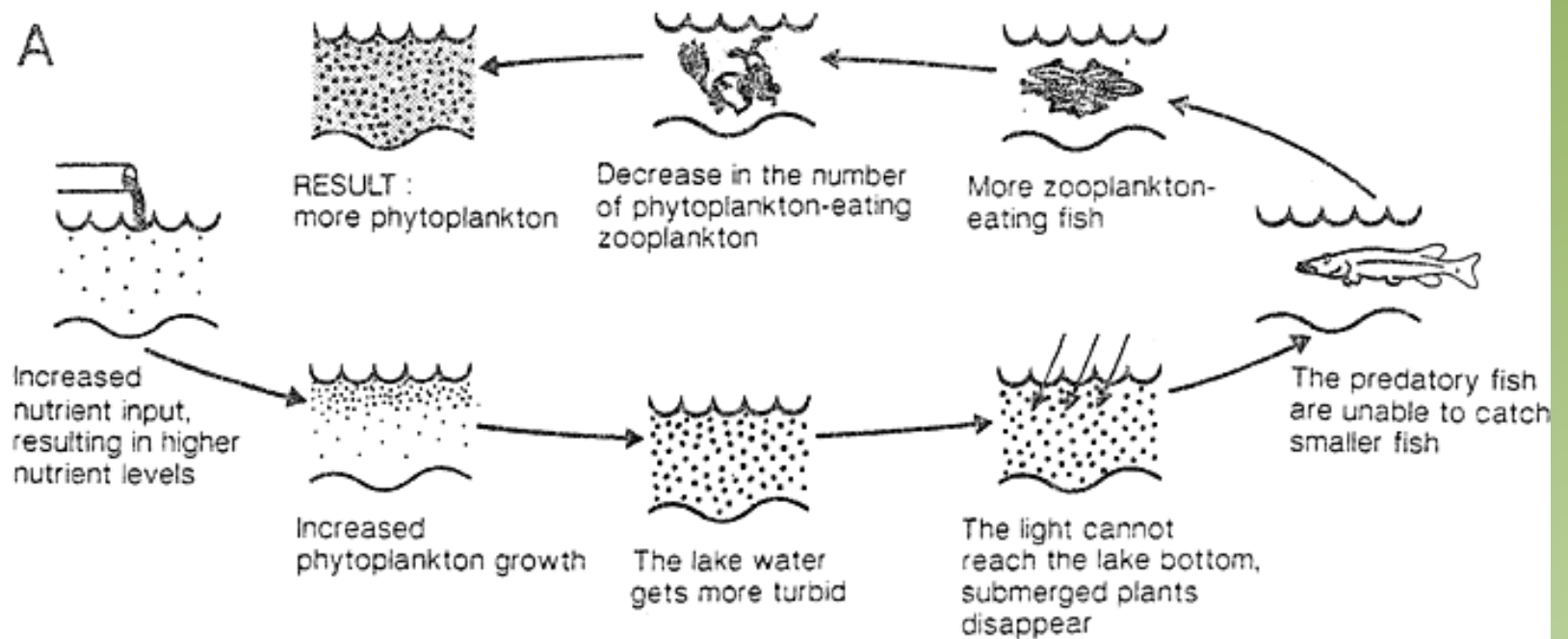
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ:

- α) υψηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών,
- β) υψηλές πυκνότητες φυτοπλαγκτού,
- γ) υψηλές πυκνότητες φυτοφάγων και θηρευτών (όχι σε μόνιμες ανοξικές συνθήκες),
- δ) υψηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου κοντά στην επιφάνεια και χαμηλές (ή ανοξικές συνθήκες) κοντά στον θαλάσσιο πυθμένα και
- ε) εμφάνιση “ερυθρών παλιρροιών” (red tides) ή και άλλων αντίστοιχων φυτοπλαγκτονικών ανθίσεων (blooms) και **HABs**.

Επίσης:

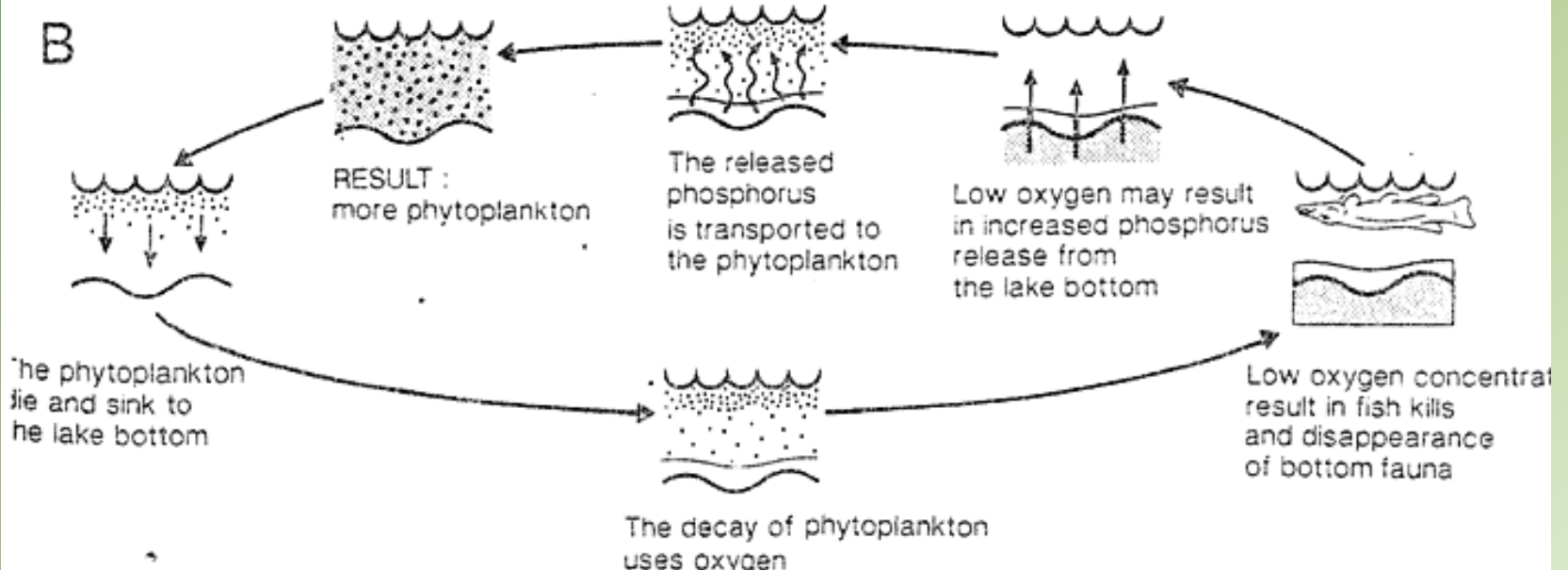
- υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενου υλικού,
- αύξηση της θολερότητας νερού,
- υψηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οργανικού υλικού,
- παρουσία ουσιών (**S-**, **CH₄**, **NO-2**, κλπ), σπάνιων συνήθως σε ολιγοτροφικές ή μεσοτροφικές περιοχές
- αύξηση του χρόνου επιβίωσης του παθογόνου βακτηρίου *Escherichia coli* ως αποτέλεσμα σκίασης από το φυτοπλαγκτό

A



Στάδια ανάπτυξης ευτροφικών φαινομένων

B



ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΕΥΤΡΟΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

Αυξημένη βιομάζα θαλάσσιου φυτοπλαγκτού και επιφύτων

Αλλαγές στη σύνθεση των φυτοπλαγκτονικών ειδών προς είδη που μπορεί να είναι τοξικά

Αύξηση ανθήσεων ζελατινώδους ζωοπλαγκτού

Αλλαγές στην παραγωγή, βιομάζα και σύνθεση των ειδών των μακροφύκων

Μειωμένη διαύγεια νερού

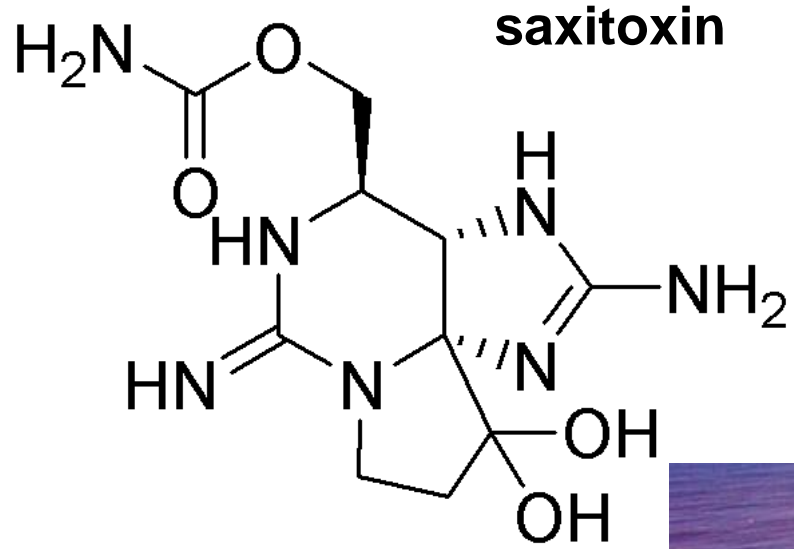
Θάνατοι και απώλειες των βιοκοινωνιών των κοραλλιογενών υφάλων

Μείωση της αισθητικής αξίας του υδάτινου αποδέκτη

Αλλαγές στο pH και μείωση του διαλυμένου οξυγόνου στην υδάτινη στήλη

Αλλαγές στη σύνθεση των ζωικών ειδών

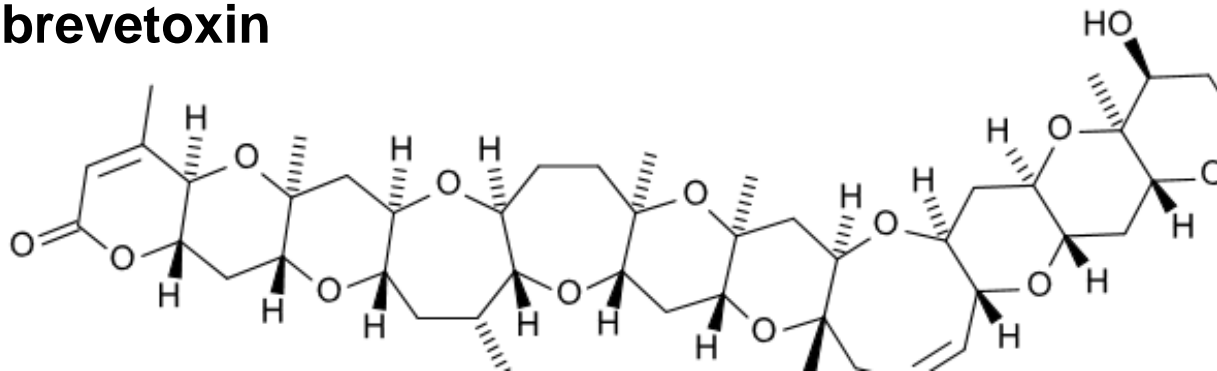
Αυξημένη πιθανότητα για θανάτους σημαντικών ζωικών ειδών για την οικονομία



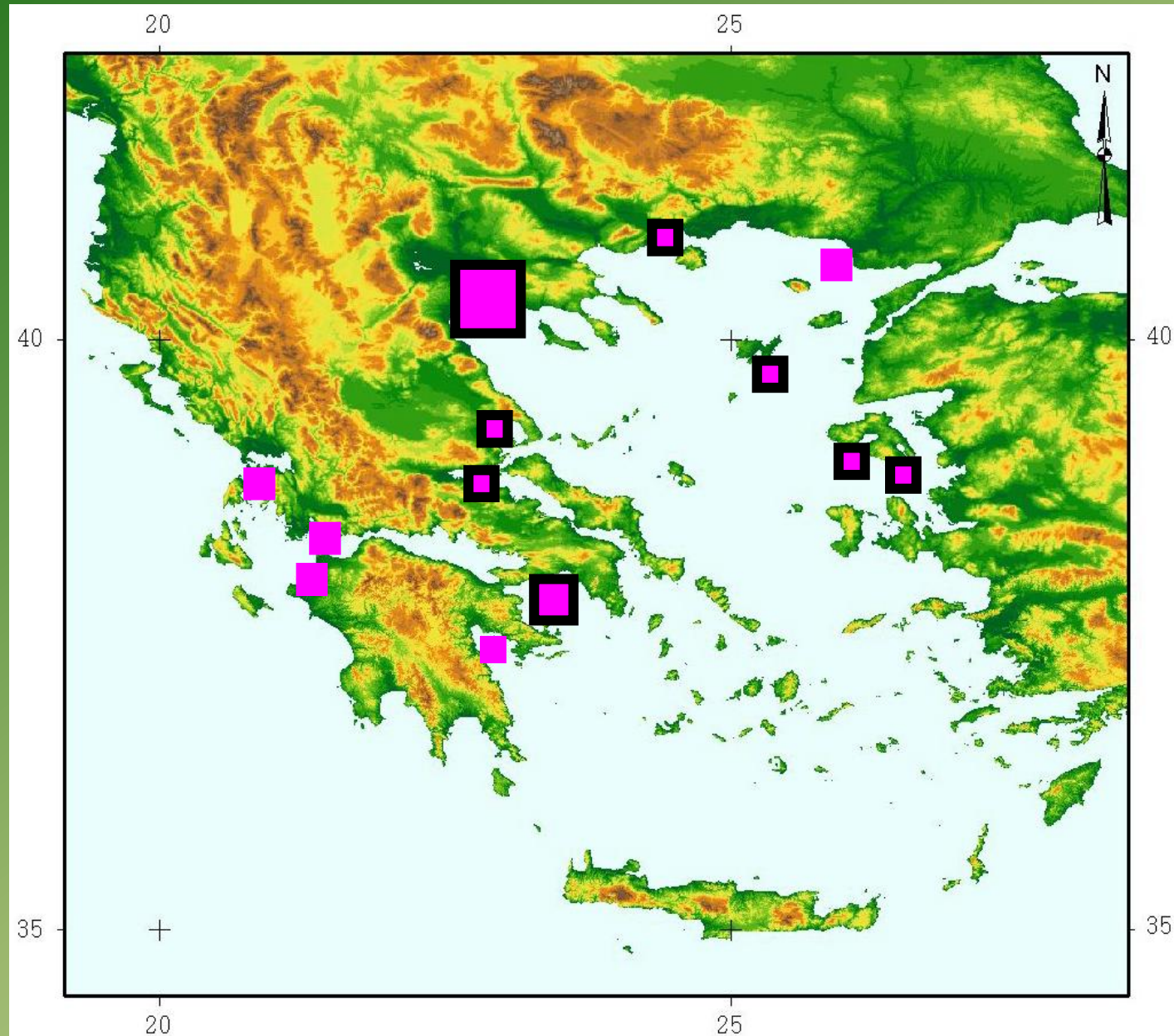
HARMFUL ALGAL BLOOM

An aerial photograph showing a large, vibrant red algal bloom in the ocean. The bloom is a dense, irregular shape, contrasting sharply with the surrounding blue water. The text "HARMFUL ALGAL BLOOM" is overlaid on the right side of the image.

brevetoxin



Παράκτιες περιοχές με φαινόμενα ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΥ και HABs



Τροφικές κατηγορίες υδάτων με βάση τις μέσες τιμές θρεπτικών :

(O=ολιγότροφα, EM=ελαφρώς μεσότροφα, BM=βεβαρημένα μεσότροφα, E=εύτροφα)

Θρεπτικά (μM)	O	EM	BM	E
PO₄³⁻	<0,07	0,07-0,14	0,14-0,68	>0,68
NO₃⁻	<0,62	0,62-0,65	0,65-1,19	>1,19
NH₄⁺	<0,55	0,55-1,05	1,05-2,20	>2,20

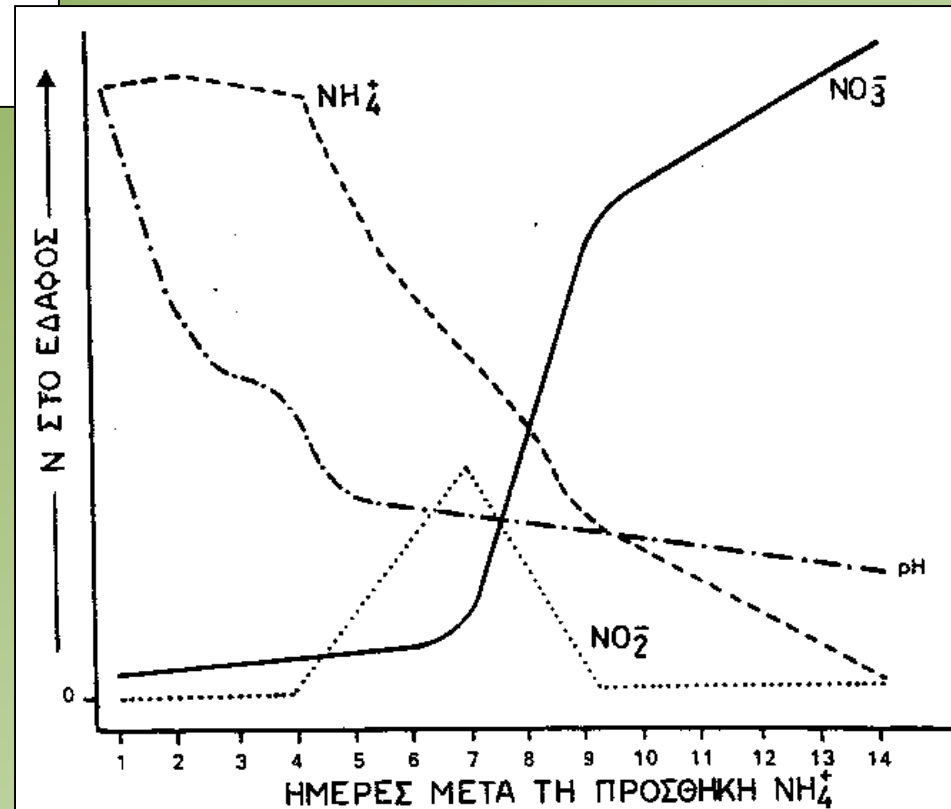
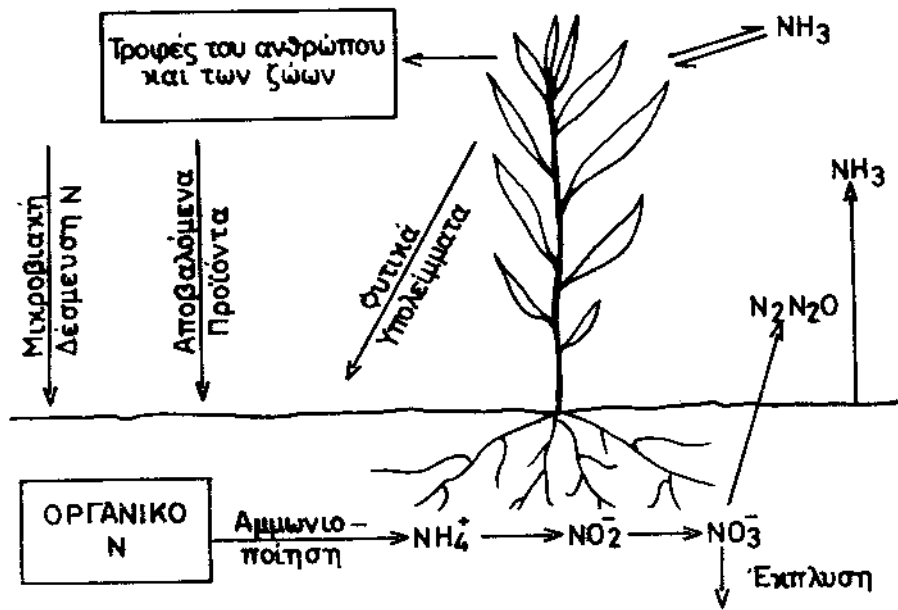
Χαρακτηριστικά παράκτιων υδάτων με διαφορετικές τροφικές καταστάσεις

Παράμετρος	ολιγότροφα	μεσότροφα	εύτροφα	υπέτροφα
TN (mg/m³)	<260	260-350	350-400	>400
TP (mg/m³)	<10	10-30	30-40	>40
Chl α (mg/m³)	<1	1-3	3-5	>5
SD (m)	>6	3-6	1.5-3	<1.5

Όρια Καλής Περιβαλλοντικής Κατάστασης για τον ευτροφισμό

Παράμετροι ευτροφισμού	Τιμές που καθορίζουν ΚΠΚ	Τιμή Αναφοράς
NO_3^-	$<1 \mu M$	$0,6 \mu M$
PO_4^{3-}	$<0,5 \mu M$	$0,2 \mu M$
Chl-a	$<4 \mu g/l$	$1 \mu g/l$
Διαλυμένο Οξυγόνο	$>80 \%$	95%
Διαφάνεια	$>5 m$	$10 m$
Τοξικά μακροφύκη	0	0

- Η επιβάρυνση των υδάτινων οικοσυστημάτων με άζωτο συσχετίζεται κυρίως με μη σημειακές πηγές και, κατά κύριο λόγο, με την γεωργία. Π.χ. στην κεντρική και δυτική Ευρώπη οι αγροτικές δραστηριότητες ευθύνονται για το 46-87% του συνολικού φορτίου αζώτου.
- Σε ορισμένες λεκάνες απορροής, σημειακές πηγές (κυρίως εκροές αστικών λυμάτων) μπορούν να συνεισφέρουν σημαντικά (35-43%) στο φορτίο του αζώτου, που καταλήγει στους υδάτινους αποδέκτες.
- Τα **αζωτούχα λιπάσματα** επιβαρύνουν το υδάτινο περιβάλλον κατά κύριο λόγο με **νιτρικά ιόντα**. Αυτό συμβαίνει γιατί, παρόλο που η κύρια μορφή αζώτου που προστίθεται μπορεί να είναι η αμμωνία, αυτή γρήγορα οξειδώνεται σε νιτρικά. Η οξείδωση της αμμωνίας γίνεται με νιτροποιητικά βακτήρια του εδάφους και εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Τα νιτρικά, που σχηματίζονται, μπορούν να εκπλυθούν εύκολα.
- Το πλεόνασμα αζώτου ξεπλένεται από το ριζικό σύστημα των φυτών, καταλήγοντας στα υπόγεια νερά ή στα αρδευτικά κανάλια. Η απόπλυση των νιτρικών ιόντων εξαρτάται από τα επίπεδα συγκέντρωσής τους, τον τύπο του εδάφους, το κλίμα, το είδος καλλιέργειας, καθώς και τον τύπο και τον τρόπο χρήσης των εφαρμοζόμενων λιπασμάτων .



• Σε πυκνοκατοικημένες περιοχές το περισσότερο φορτίο φωσφόρου στα ύδατα προέρχεται από τα αστικά λύματα. Η παραγωγή φωσφόρου στις βιομηχανοποιημένες χώρες υπολογίζεται σε 1-1,5 kgP ανά κάτοικο ανά έτος.

• Οι μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (πρωτοβάθμια επεξεργασία και συστήματα ενεργού ιλύος) απομακρύνουν μόνο ένα μικρό μέρος του φωσφόρου από τα λύματα, ενώ μονάδες με ειδική βιολογική επεξεργασία και χημική καθίζηση μπορούν να απομακρύνουν πάνω από το 95% του φωσφόρου

• Σε σχετικά αραιοκατοικημένες περιοχές, με λίγες γεωργικές δραστηριότητες, μόνο το 50% του συνολικού φορτίου φωσφόρου συσχετίζεται με ανθρωπογενείς πηγές.

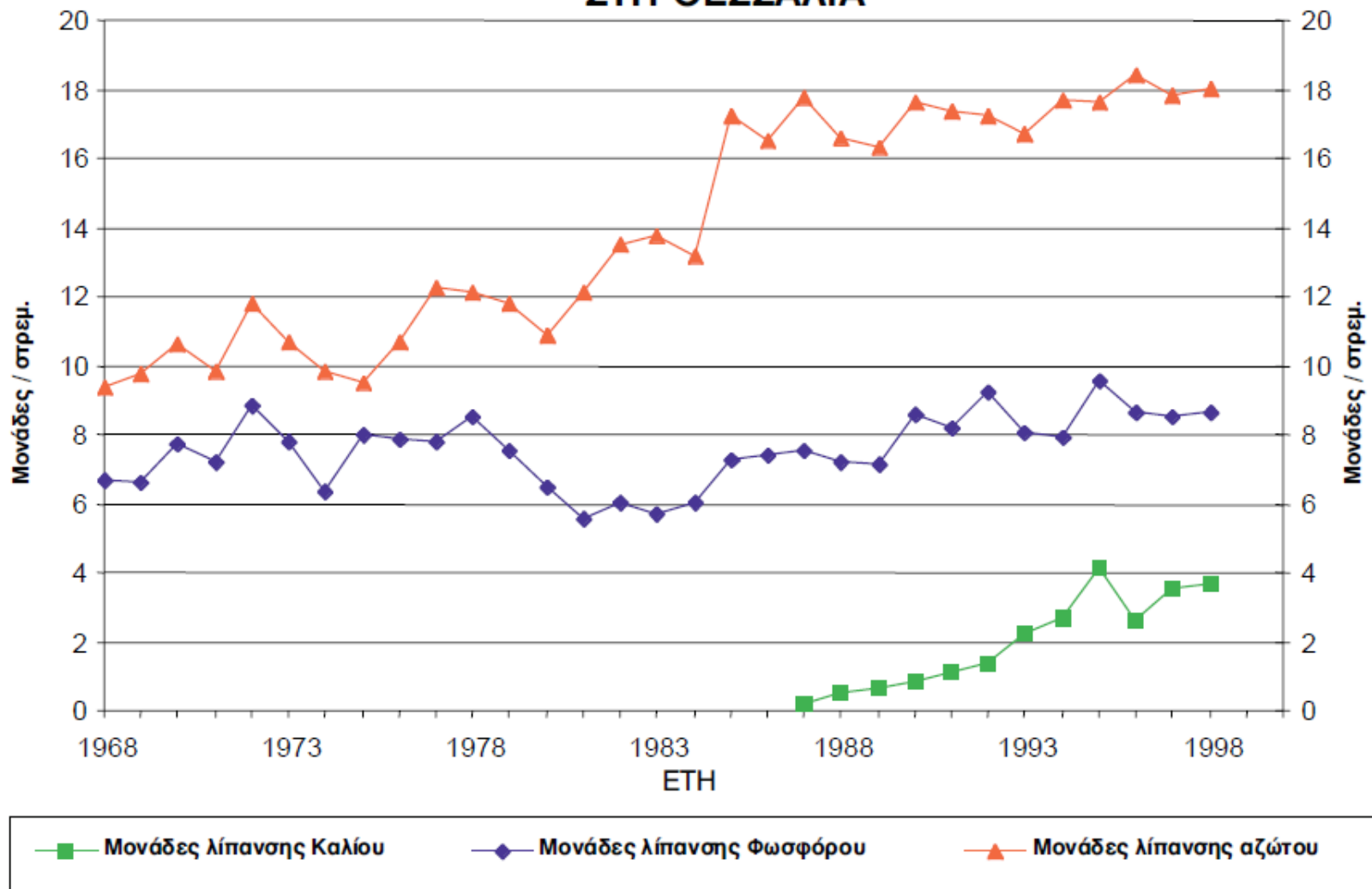
- Οι αγροτικές δραστηριότητες παράγουν εκροές θρεπτικών από τη χέρσο, μέσω της απόπλυσης των εδαφών. Στη Νότια Ευρώπη η κατανάλωση λιπασμάτων υπολογίζεται σε 30–70 kg N/ha και 10-30kg P/ha αγροτικής γης .

Είδη και ποσότητες λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται ετησίως στην κοιλάδα του Σπερχειού

Είδος λιπάσματος	Ποσότητα (tn)	Ποσοστό (%)
φωσφορική αμμωνία	8.600	37,9
ασβεστούχος νιτρική αμμωνία	3.800	16,7
νιτρική αμμώνια	4.600	20,3
θειϊκή αμμώνια	2.500	11,0
αραιό υπερφωσφορικό	1.160	5,1
θειϊκό κάλιο	550	2,4
11-15-15	240	1,1
8-16-24	1.000	4,4
νιτρικό κάλιο 16-0-46	250	1,1
<i>Σύνολο</i>	<i>22.700</i>	<i>100,0</i>

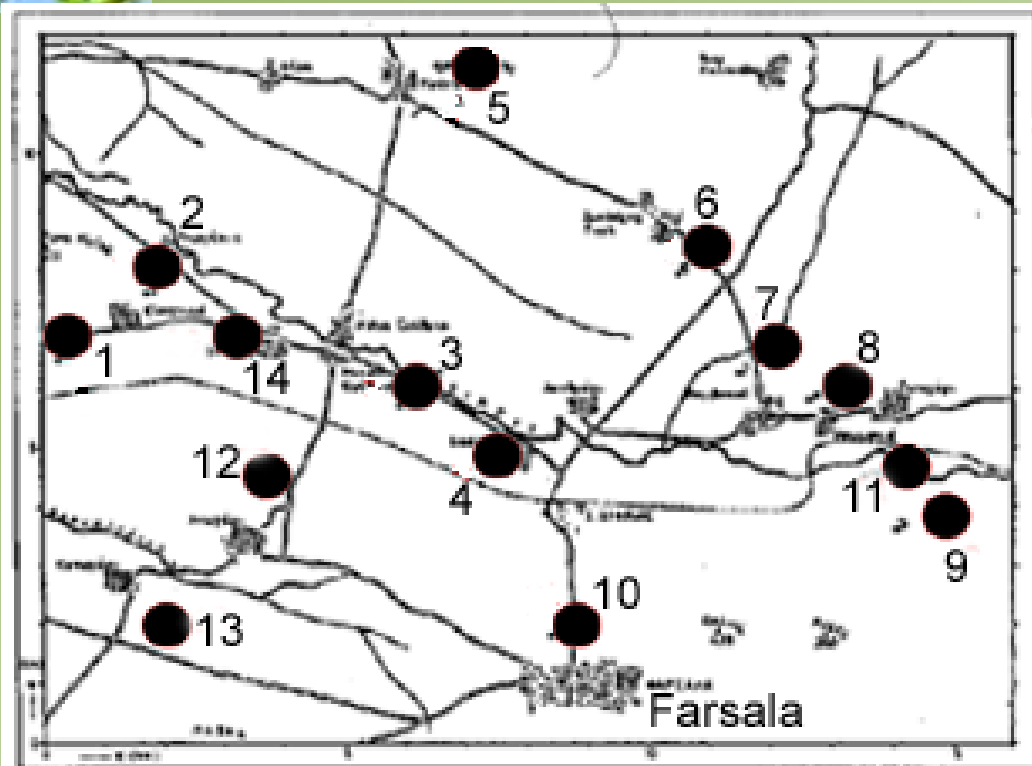
Παράμετρος ρύπανσης	Ακατέργαστα λύματα	Πρωτοβάθμια κατεργασία		Δευτεροβάθμια κατεργασία		Τρτοβάθμια κατεργασία	
	<i>ppm (mg/l)</i>	<i>ppm</i>	I.K.*	<i>ppm</i>	I.K.	<i>ppm</i>	I.K.
BOD	300	195	35%	30	90%	2,5	>95%
COD	400	280	30%	80	80%	2-10	>95%
Αιωρούμενα	300	120	60%	30	90%	<0,5	>90%
Ολικό N	60	48	20%	30	50%	<6	>90%
Ολικός P	15	13	12%	10	30%	<0,15	>95%
Κολοβακτηρίδια/<i>m</i>l	15x10⁴	-	-	1000	-	<0,02	-

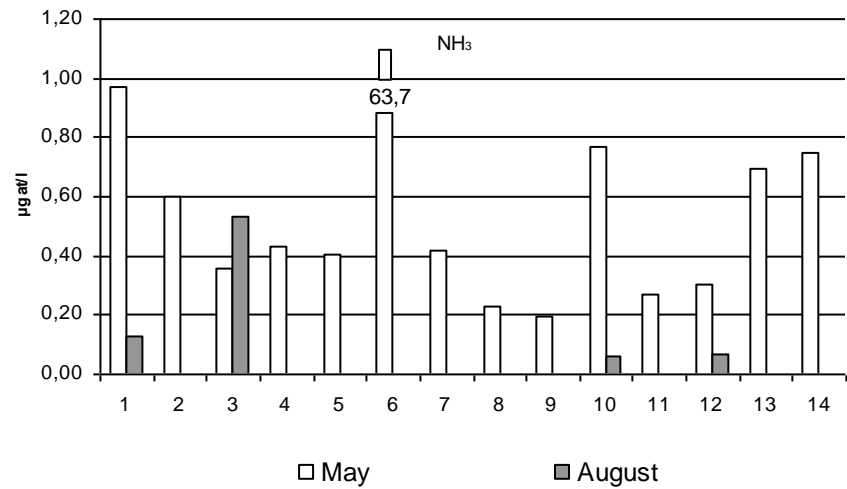
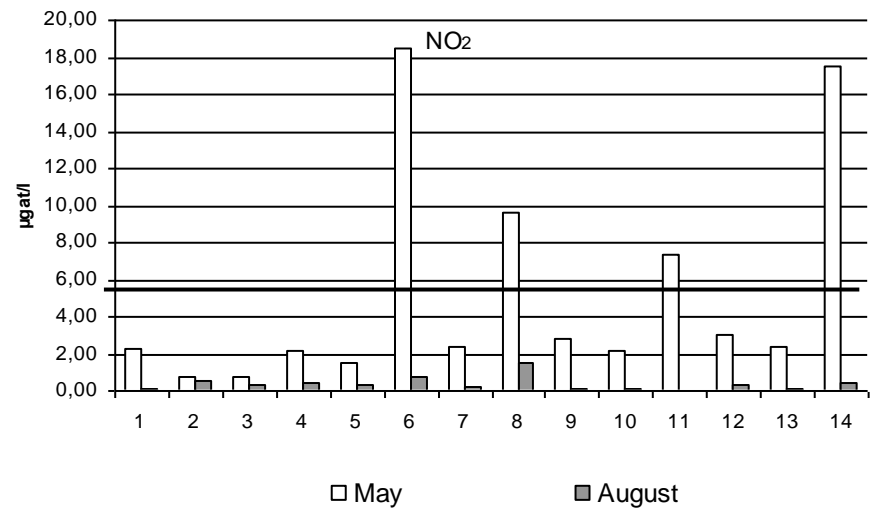
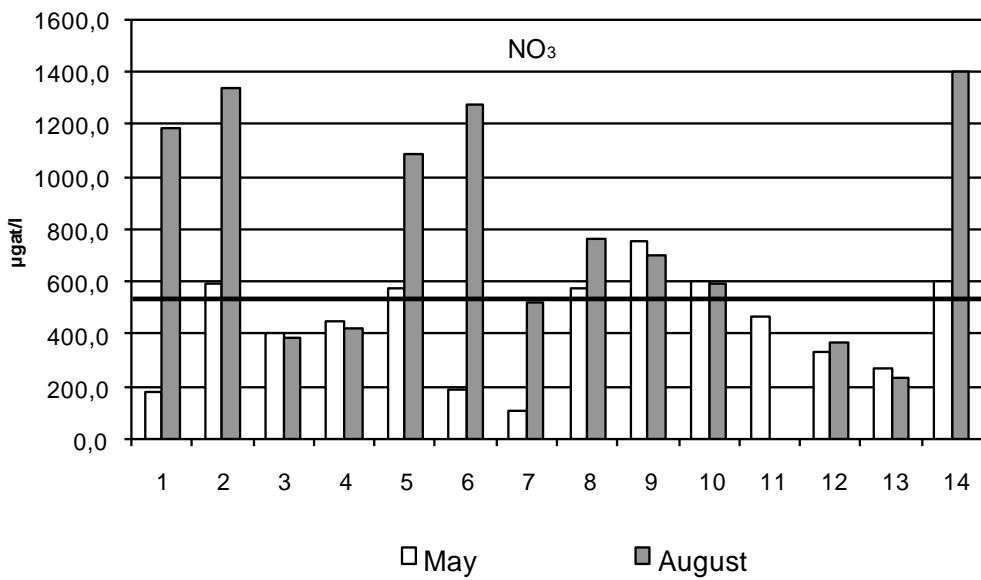
ΒΑΜΒΑΚΙ: ΜΟΝΑΔΕΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΑΝΑ ΣΤΡΕΜΜΑ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ



Οι κυριώτεροι λόγοι που συνέβαλαν στην αύξηση της κατανάλωσης των αζωτούχων καθώς και των φωσφορικών λιπασμάτων, ειδικά για την περίοδο από τα μέσα της δεκαετίας του 70 μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 80

οφείλονται στην επέκταση των αρδευομένων καλλιεργειών (κυρίως καλαμπόκι, βαμβάκι και οπωροκηπευτικά) σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος λιπάσματος, λόγω επιδότησης.



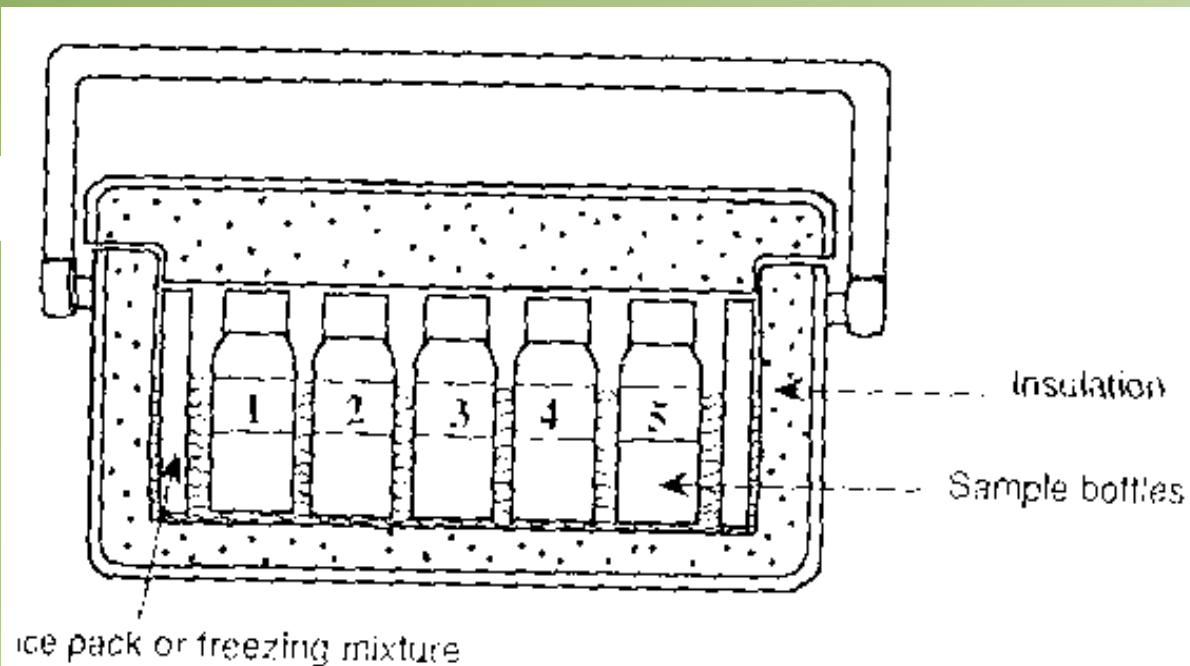


ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

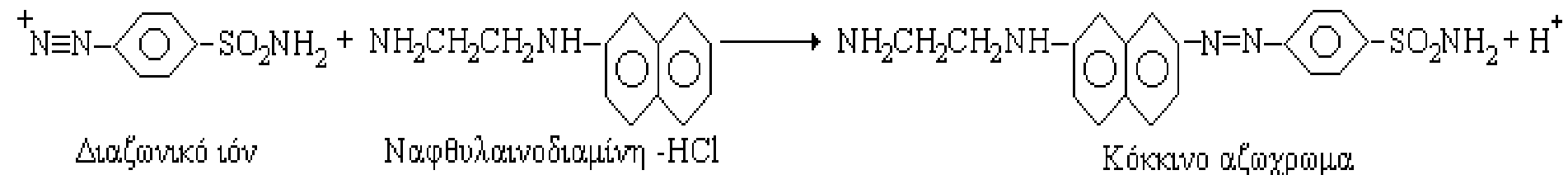
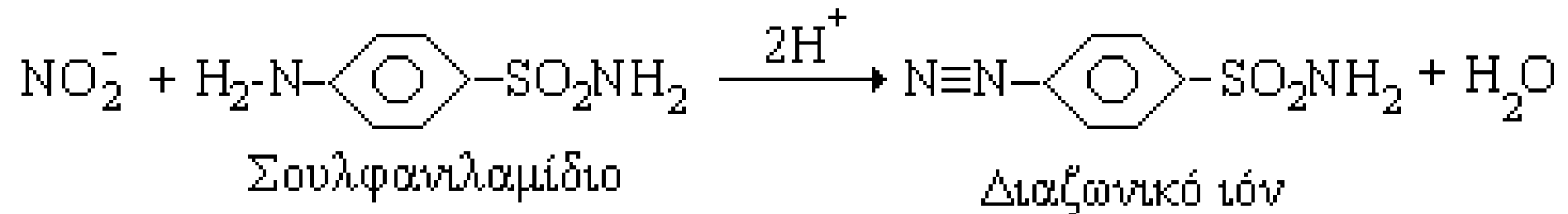


Ni	P	/l δείγματος	6 μήνες
N Αμμωνία Kjeldahl Νιτρικά+Νοτρώδη	P P P	Ψύξη στους 4°C, 2ml 40% H ₂ SO ₄ /l Ψύξη στους 4°C Ψύξη στους 4°C	24 ώρες 24 ώρες 24 ώρες
Οργανικό άζωτο	P	Ψύξη στους 4°C	24 ώρες
Φωσφορος διαλυτός ανόργανος ολικός	Γυαλί Γυαλί Γυαλί	Διήθηση επί τόπου με φίλτρο 0,45μm Ψύξη στους 4°C Ψύξη στους 4°C	24 ώρες 24 ώρες 1 μήνα

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ



Προσδιορισμός νιτρωδών



Στο δείγμα προστίθεται διάλυμα σουλφανιλαμιδίου οπότε σχηματίζεται διαζωνιακό άλας. Ακολούθως προστίθεται διάλυμα διυδροχλωρικής ναφθυλαιθυλενοδιαμίνης οπότε σχηματίζεται αζόχρωμα χρώματος έντονα κοκκίνου. Η απορρόφηση του μετράται φασματοφωτομετρικά σε μήκος κύματος 543 nm. Από την απορρόφηση και με τη βοήθεια σχετικής καμπύλης αναφοράς υπολογίζεται η συγκέντρωση των νιτρωδών ιόντων στο δείγμα.

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων σε υδατικά δείγματα, αλλά για το υδάτινο περιβάλλον και τις συγκεντρώσεις που επικρατούν σε αυτό, η καταλληλότερη μέθοδος είναι η αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη και ο προσδιορισμός τους με τη μέθοδο που ήδη περιγράφηκε. Με τον τρόπο αυτό συμπροσδιορίζονται και τα προϋπάρχοντα νιτρώδη, η συγκέντρωση των οποίων θα πρέπει να αφαιρεθεί από την ευρεθείσα τιμή.

Η αντίδραση οξειδοαναγωγής που λαμβάνει χώρα είναι η εξής:

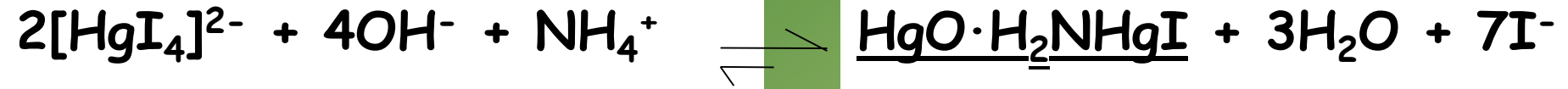


Η αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη επιτυγχάνεται με διαβίβαση του δείγματος μέσω στήλης Cd στην οποία έχει προηγουμένως διαβιβαστεί διάλυμα CuSO_4 ώστε το Cd να επικαλυφθεί με Cu.

Κατά την αντίδραση αναγωγής των νιτρικών σε νιτρώδη, παράγονται ιόντα Cd^{+2} τα οποία απομακρύνονται με συμπλοκοποίηση με EDTA ή συνηθέστερα με NH_4Cl : $\text{Cd}^{+2} + 2\text{NH}_4^+ + 2\text{NH}_3 \rightarrow [\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{+2} + 2\text{H}^+$.



Αντίδραση Nessler (Julius Nessler, 1856)



- Χαρακτηριστική & ευαίσθητη
- Σχηματισμός κίτρινου-καστανόχρωμου συμπλοκου
- Ποσοτικός (χρωματομετρικός) προσδιορισμός
- Ενδείκνυται για $[\text{NH}_4^+]$: 0.02-5 mg/L
- Για $[\text{NH}_4^+] > 100$ $\mu\text{g/L}$ γίνεται απ' ευθείας προσδιορισμός. Διαφορετικά γίνεται απόσταξη σε $\text{pH} = 7.4 \pm 0.2$ με ρυθμιστικό δ/μα φωσφορικών ή βορικών. Απόσταξη γίνεται και σε θολό ή έντονα χρωματισμένο δείγμα.
- Παρεμποδίσεις: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , S^{2-}

ΦΩΣΦΟΡΟΣ

- α) **Ενεργός φώσφορος:** Είναι ο φώσφορος υπό μορφή ορθοφωσφορικών και μπορεί να είναι διαλυτός ή σωματιδιακός
- β) **Φώσφορος υδρολυόμενος με οξύ:** Είναι ο φώσφορος που μπορεί να υδρολυθεί με οξύ σε θερμοκρασία βρασμού προς ορθοφωσφορικά.
- γ) **Οργανικός φώσφορος:** Είναι ο φώσφορος που βρίσκεται ενωμένος σε οργανικές ενώσεις. Μπορεί να μετατραπεί σε ορθοφωσφορικά με χώνευση και οξειδωση.
- δ) **Ολικός φώσφορος:** Είναι το σύνολο των παραπάνω μορφών φωσφόρου, σε διαλυτή είτε σε σωματιδιακή μορφή.

Αρχή της μεθόδου

Η μέθοδος στηρίζεται στην αντίδραση των φωσφορικών με μολυβδαινικά ιόντα σε όξινο περιβάλλον προς σχηματισμό ενός φωσφορομολυβδαινικού συμπλόκου που έχει κίτρινο χρώμα. Επακολουθεί αναγωγή των φωσφορομολυβδαινικών ιόντων με ασκορβικό οξύ παρουσία ιόντων Sb^{+3} προς ένα έγχρωμο προϊόν, το κυανούν του μολυβδαινίου. Το νέο σύμπλοκο είναι σταθερό για αρκετές ώρες, το δε χρώμα του δεν εξαρτάται από την αλατότητα.

Fig. 6-5 Raw dataplot for TOxN in seawater (QNU017SW)

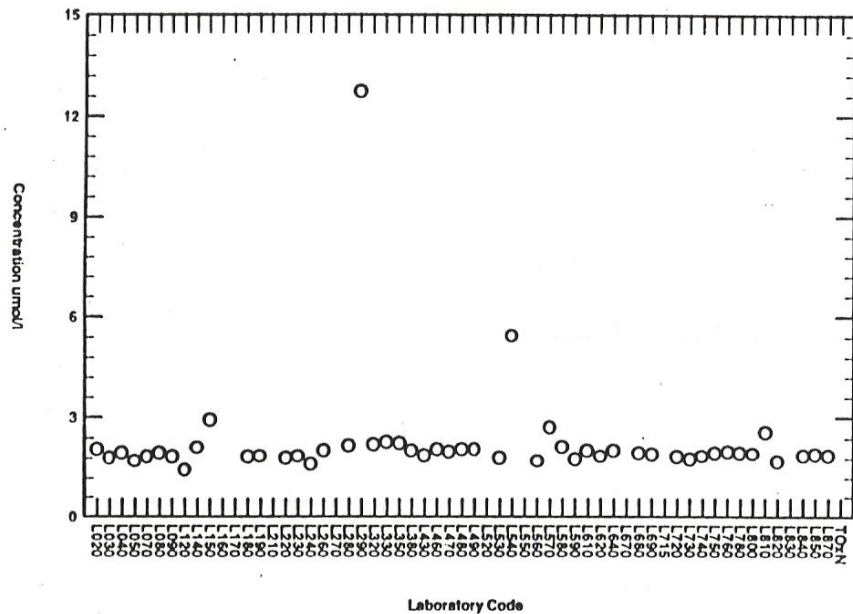


Fig. 6-7 Raw dataplot for ammonia in seawater (QNU019SW)

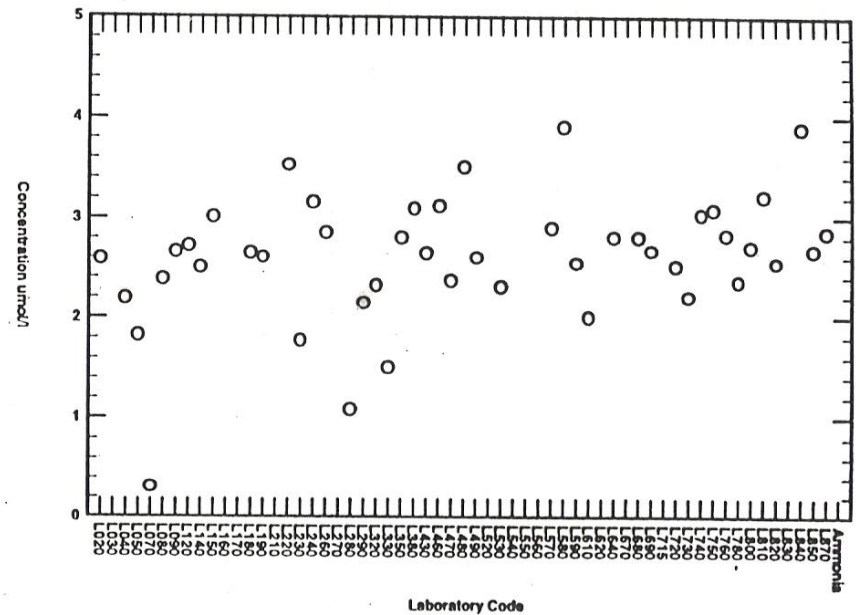


Fig. 6-6 Raw dataplot for nitrite in seawater (QNU017SW)

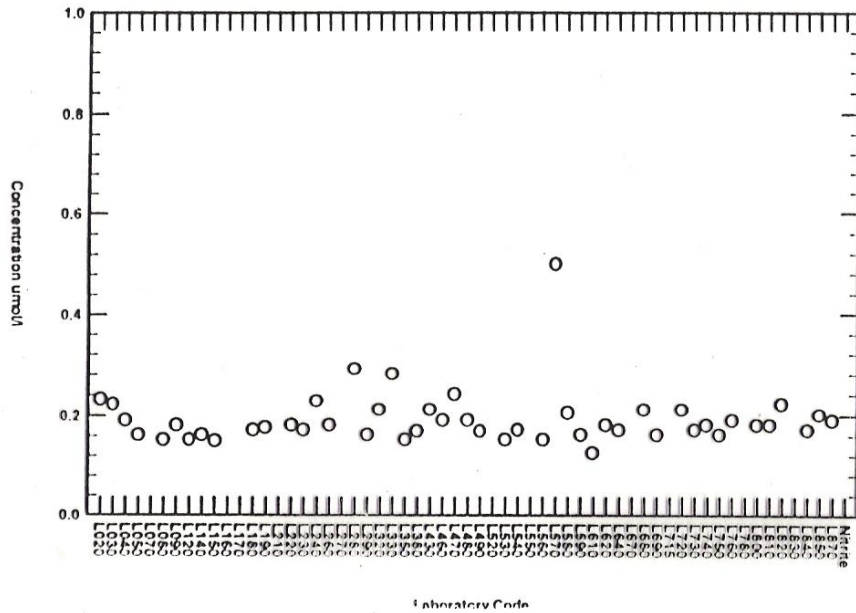
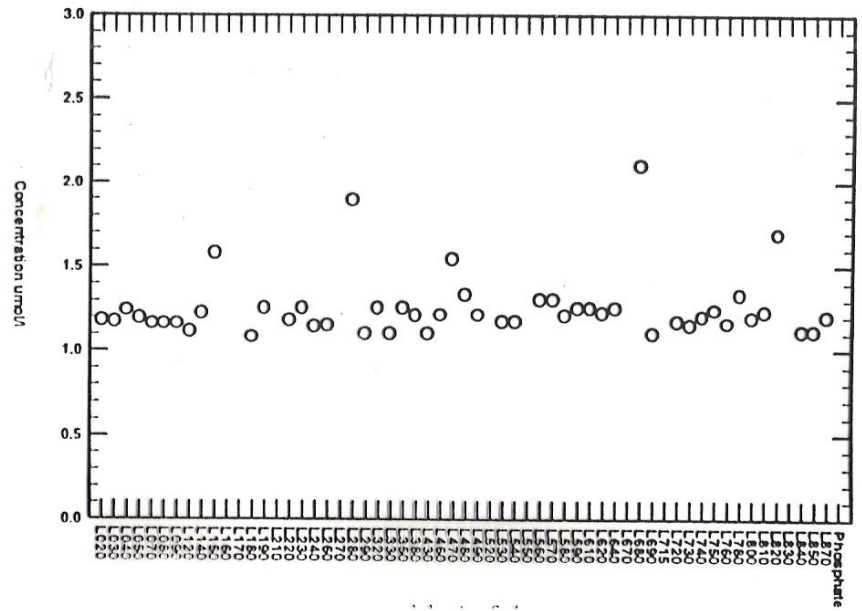


Fig. 6-8 Raw dataplot for phosphate in seawater (QNU019SW)



**ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ ΧΡΩΜΑ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΗΣ
ΟΛΙΓΟΤΡΟΦΙΚΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ**



Τέλος Ενότητας

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.



ΣΗΜΕΙΩΜΑΤΑ

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών,
Εμμανουήλ Δασενάκης 2015. Εμμανουήλ Δασενάκης. «Χημεία
Περιβάλλοντος. Θρεπτικά συστατικά». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015.
Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<http://opencourses.uoa.gr/courses/CHEM3> .

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 (1/8)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 1: [διαφάνεια 2 άνω δεξιά] Motile microalgae Royal Botanic Gardens and Domain Trust Sydney. Copyrighted, All after Entwisle et al. (1997).

Σύνδεσμος: <http://hd-img.info/green-freshwater-diatoms>. Πηγή: hd-img.info.

Εικόνα 2: [διαφάνεια 2 κάτω αριστερά] Copyrighted.

Εικόνα 3: [διαφάνεια 4] Phosphorus cycle. Copyright 2007 Thomson Higher Education. Σύνδεσμος:

<http://abccoolimages.com/sulfur+cycle+definition?image=1316671140>. Πηγή: abccoolimages.com

Εικόνες 4,5,6: [διαφάνεια 5 αριστερά] Copyrighted.

Εικόνα 7: [διαφάνεια 5 δεξιά] Copyrighted. Σύνδεσμος:

<http://www.comune.torino.it/ambiente/scarichi/>. Πηγή: www.comune.torino.it.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/8)

Εικόνες 8,9,10,11,12: [διαφάνεια 6] Copyrighted.

Εικόνα 13: [διαφάνεια 7] Copyrighted.

Εικόνα 14,15,16,17: [διαφάνεια 8] Copyrighted.

Εικόνα 18: [διαφάνεια 8 κάτω δεξιά] Copyrighted. Σύνδεσμος:
<http://www.bsb.murdoch.edu.au/groups/beam/BEAM-Appl2.html>. Πηγή:
www.bsb.murdoch.edu.au

Εικόνα 19: [διαφάνεια 10] Copyrighted.

Εικόνα 20: [διαφάνεια 11] Copyrighted.

Εικόνα 21: [διαφάνεια 12] Ο κύκλος του αζώτου. Copyrighted.

Εικόνα 22: [διαφάνεια 13] Ο θαλάσσιος κύκλος του αζώτου. Copyrighted.
Σύνδεσμος:

<http://www.eoearth.org/view/article/51cbee677896bb431f697972/>. Πηγή:
www.eoearth.org, from Codispoti et al., 2001.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/8)

Εικόνα 23: [διαφάνεια 18]] Copyrighted.

Εικόνα 24: [διαφάνεια 19]] Copyrighted.

Εικόνα 25: [διαφάνεια 20]] Climate Variability and Change. Copyrighted.

Σύνδεσμος:

http://www.ioos.noaa.gov/themes/climate_variability/welcome.html. Πηγή:
www.ioos.noaa.gov.

Εικόνα 26: [διαφάνεια 21] Nitrate. Copyrighted, University of Oxford.

Σύνδεσμος:

http://www.ukgeotraces.com/UK_Research/South_Atlantic/micronutrient_cycles. Πηγή: <http://www.ukgeotraces.com>.

Εικόνα 27: [διαφάνεια 23] The phosphorus cycle. Copyrighted.

Εικόνα 28: [διαφάνεια 24] Ο κύκλος του φωσφόρου. Copyrighted, Riley and Chester, 1971.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/8)

Εικόνα 29: [διαφάνεια 25] Ο κύκλος του φωσφώρου. Copyrighted.
Σύνδεσμος: <https://www.pinterest.com/pin/536561743081444834/>. Πηγή:
www.pinterest.com.

Εικόνα 30: [διαφάνεια 28] Copyrighted.

Εικόνα 31: [διαφάνεια 29] Copyrighted.

Εικόνα 32: [διαφάνεια 30] Sea-surface nitrate. CC-SA 3.0. Σύνδεσμος:
https://en.wikipedia.org/wiki/File:AYool_WOA_surf_NO3.png. Πηγή:
https://en.wikipedia.org/wiki/File:AYool_WOA_surf_NO3.png.

Εικόνα 33: [διαφάνεια 31] Phosphate. Copyrighted. Σύνδεσμος:
[http://www.researchgate.net/figure/273706917_fig10_Figure-1-Locations-of-the-12-cores-used-in-this-paper-\(Table1\)-superimposed-on-the](http://www.researchgate.net/figure/273706917_fig10_Figure-1-Locations-of-the-12-cores-used-in-this-paper-(Table1)-superimposed-on-the). Πηγή:
www.researchgate.net.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (5/8)

Εικόνα 34: [διαφάνεια 32] Copyrighted, illustration by Fiona Morris.
Σύνδεσμος: <https://baynature.org/articles/a-moveable-feast/>. Πηγή:
baynature.org.

Εικόνα 35: [διαφάνεια 33 άνω αριστερά] Coriolis Force. CC BY. Σύνδεσμος:
<http://scioly.org/wiki/index.php/File:Wierdcoriolis.gif>. Πηγή: scioly.org.

Εικόνα 36: [διαφάνεια 33 άνω δεξιά] Copyright 1999 John Wiley and Sons,
Inc. Σύνδεσμος:
<http://www.atmos.washington.edu/2006Q1/211/Week4X6.pdf>. Πηγή:
www.atmos.washington.edu.

Εικόνα 37: [διαφάνεια 33 κάτω] Copyright 2004 Pearson Prentice Hall, Inc.
Σύνδεσμος: <http://www.iupui.edu/~g115/mod10/pop01.html>. Πηγή:
www.iupui.edu.

Εικόνες 38,39: [διαφάνεια 34] Copyrighted.

Εικόνα 40: [διαφάνεια 37] Copyrighted. Σύνδεσμος:
http://ic.ucsc.edu/~kudela/OS130/Lectures/OS130_042204/OS130S04_042204_slides.pdf. Πηγή: its.ucsc.edu.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (6/8)

Εικόνα 41: [διαφάνεια 39 αριστερά] Copyrighted.

Εικόνα 42: [διαφάνεια 39 κέντρο] Ευτροφισμός- Δευτερογενής ρύπανση. Copyrighted. Σύνδεσμος: <http://www2.epa.gov/nutrientpollution/effects-economy>. Πηγή: www2.epa.gov.

Εικόνα 43: [διαφάνεια 39 άνω δεξιά] Copyrighted.

Εικόνα 44: [διαφάνεια 39 κάτω δεξιά] Copyrighted.

Εικόνα 45: [διαφάνεια 41] Copyrighted.

Εικόνα 46: [διαφάνεια 43 άνω αριστερά] Saxitoxin. CC BY-SA 3.0.

Σύνδεσμος: <https://en.wikipedia.org/wiki/Saxitoxin>. Πηγή: en.wikipedia.org.

Εικόνα 47: [διαφάνεια 43 κέντρο] Copyrighted. Σύνδεσμος:

<http://www.cdph.ca.gov/HealthInfo/environhealth/water/Pages/Redtide.aspx>.

Πηγή: www.cdph.ca.gov.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (7/8)

Εικόνα 48: [διαφάνεια 43 κάτω αριστερά] Brevetoxin. Public Domain.

Σύνδεσμος:

https://en.wikipedia.org/wiki/Cyclic_compound#/media/File:Brevetoxin_A.svg.

Πηγή: en.wikipedia.org

Εικόνα 49: [διαφάνεια 44] Παράκτιες περιοχές με φαινόμενα ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΥ και HABs. Copyrighted.

Εικόνες 50,51: [διαφάνεια 48] Copyrighted.

Εικόνα 52: [διαφάνεια 52] Βαμβάκι, μονάδες λίπανσης ανά στέμμα στη Θεσσαλία. Copyrighted.

Εικόνα 53,54: [Slide53] Copyrighted.

Εικόνα 55,56,57: [διαφάνεια 54] Copyrighted.

Εικόνα 58,59,60,61,62: [διαφάνεια 55] Δειγματοληψία. Copyrighted.

Εικόνα 63: [διαφάνεια 56] Συντήρηση δειγμάτων. Copyrighted.

Εικόνα 64: [διαφάνεια 61] Copyrighted.

Εικόνα 65: [διαφάνεια 62] Χαρακτηριστικό χρώμα Μεσογειακής

ολιγοτροφικής θύλασσης. Copyrighted.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (8/8)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Πίνακες

Πίνακας 1: [διαφάνεια 22] Oceanic concentrations, inventories and turnover of nitrogen. Copyrighted.

Πίνακας 2: [διαφάνεια 38] Nutrient concentration in the Aegean Sea. Copyrighted.