

Sezónní periodicitá planktonu

PEG model

„Paradox planktonu“

Vol. XCV, No. 882

The American Naturalist

May-June, 1961

THE PARADOX OF THE PLANKTON*

G. E. HUTCHINSON

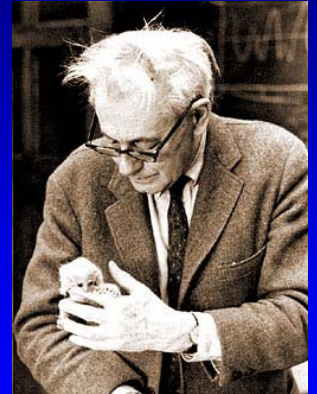
Osborn Zoological Laboratory, New Haven, Connecticut

The problem that I wish to discuss in the present contribution is raised by the very paradoxical situation of the plankton, particularly the phytoplankton, of relatively large bodies of water.

We know from laboratory experiments conducted by many workers over a long period of time (summary in Provasoli and Pintner, 1960) that most members of the phytoplankton are phototrophs, able to reproduce and build up populations in inorganic media containing a source of CO₂, inorganic nitrogen, sulphur, and phosphorus compounds and a considerable number of other elements (Na, K, Mg, Ca, Si, Fe, Mn, B, Cl, Cu, Zn, Mo, Co and V) most of which are required in small concentrations and not all of which are known to be required by all groups. In addition, a number of species are known which require one or more vitamins, namely thiamin, the cobalamines (B₁₂ or related compounds), or biotin.

The problem that is presented by the phytoplankton is essentially how it is possible for a number of species to coexist in a relatively isotropic or unstructured environment all competing for the same sorts of materials. The problem is particularly acute because there is adequate evidence from enrichment experiments that natural waters, at least in the summer, present an environment of striking nutrient deficiency, so that competition is likely to be extremely severe.

According to the principle of *competitive exclusion* (Hardin, 1960) known by many names and developed over a long period of time by many investigators (see Rand, 1952; Udvardy, 1959; and Hardin, 1960, for historic reviews), we should expect that one species alone would outcompete all the



„Paradox planktonu“

- Vysvětlení – ke kompetičnímu vytěsnění nutné déle trvající stálé podmínky, rozdíly v kompetičních schopnostech jsou asi příliš malé na to, aby došlo k vytěsnění dříve, než dojde ke změně podmínek
 - selektivní vyžírání může podporovat koexistenci
 - kompetice může být potlačena komensalismem, parazitismem
 - mnoho druhů meroplanktonních

Sezónní periodičita planktonu

- během roku se mění kvantita i druhové složení fytoplanktonu
- pravidelné opakování cyklu – u velkých nádrží (méně vychýlitelné)
- nejedná se o sukcesí v pravém smyslu slova – fytoplankton má krátké generační doby

Hnací síly

- allogenní – vnější vlivy
- autogenní – stávající populace mění podmínky v systému

Generalizace obtížná

PEG model – Bodamské jezero



PEG model

Table 1. Lakes, reservoirs and ponds of the PEG seasonal succession project.

No.	Lake	Z _{max} (m)	Z _{mean} (m)	ret. time (d)	mixis type	ice- cover	summer stratif.	max. P _{tot} (µg/l)	spring SRP (µg/l)	contributor
Stratifying, temperate, eutrophic lakes and reservoirs										
1	Plußsee (FRG)	29	8		di	12-04	06-09		95	W. HOFMANN (Plön)
2	Mikolajskie (Poland)	28	11	273	di	01-03	06-09	350		M. GLIWICZ (Warsaw)
3	Glebokie (Poland)	34	12		di	01-03	06-09			I. SPODNIEWSKA (Warsaw)
4	Vechten (Holland)	12	6		mono	-	05-10		100	R. GULATI (Nieuwersluis)
5	L. Constance (D/CH/A)	250	100	1500	mono	-	04-01	110	80	U. SCHOBER } W. GELLER } (Constance)
6	Majc Wielki (Poland)	16	6		di	01-03	06-09	200		U. SOMMER (Plön)
7	Bieler See (Switzerland)	74	30	55	di/mono	+/-	03-12	80	60	I. SPODNIEWSKA (Warsaw) H. FRANKHAUSER } B. BANGERTER } (Bern)
Stratifying, temperate, oligo-/mesotrophic lakes										
8	Saidenbach-Res. (GDR)	45	15	220	di	02	05-10	15	8	W. HORN (Dresden)
9	Lac Pavin (France)	98	52		mero	01-05	05-11	20		N. LAIR (Clerm.-Ferr.)
10	Piburger See (Austria)	25	14	1000	di	12-04	06-11	18	1.5	R. PECHLANER } E. ROTT } (Innsbruck)
11	L. de Tazenat (France)	68	41		mono		03-12		6	N. LAIR (Clerm.-Ferr.)
12	Lunzer U. See (Austria)	34	20	120	di	12-03	04-11	10	7	A. RUTTNER-KOLISKO (Lunz)
13	Langvatn (Norway)	55	18		di	11-05	05-10	9	4-8	A. LANGELAND (Trondheim)
Shallow lakes, non-stratifying (ns) or weak stratification (ws)										
14	L. Suwa (Japan)	6.4	4.1	48	ws	01-02	04-11		30	K. OKAMOTO (Shiga-Ken)
15	Tjeukemeer (Holland)	1.5			ns	01-02	-	450	130	K. VIJVERBERG (Oosterzee)
16	Neusiedler See (Austria)	1.8	1.3		ns	12-03	-	80	20	A. HERZIG (Mondsee)
17	L. de Creteil (France)	4			ns	-	-	50	25	F. LESCHER-MOUTOUÉ J. GARNIER (Paris)
18	Ø. Heimdalsv. (Norway)	13	4.7		ws	10-06	+/-	30	14	P. LARSSON (Bergen)
Fish ponds										
19	Jezarko (CSSR)	1.3	0.7		ns	12-03	-		37	J. FOTT (Prague)
20	Petit Turllet (France)	0.8			ns	12-01	-		>200	J. C. ROSTAN (Lyon)
21	Luxembourg Pond, nat. (Belgium)	1.7	1.2		ns				37	C. MOREAU-WATTIEZ (Brussels)
22	Luxembourg Pond, fert. (Belgium)	2.5	1.5		ns				50	C. MOREAU-WATTIEZ (Brussels)
Subtropical lakes										
23	Le Roux Res. (S. Africa)	75	23	160	mono	-		200	40	R. HART (Grahamstown)
24	L. Sibaya (S. Africa)	43	13		ns	-	-			R. HART (Grahamstown)

PEG model

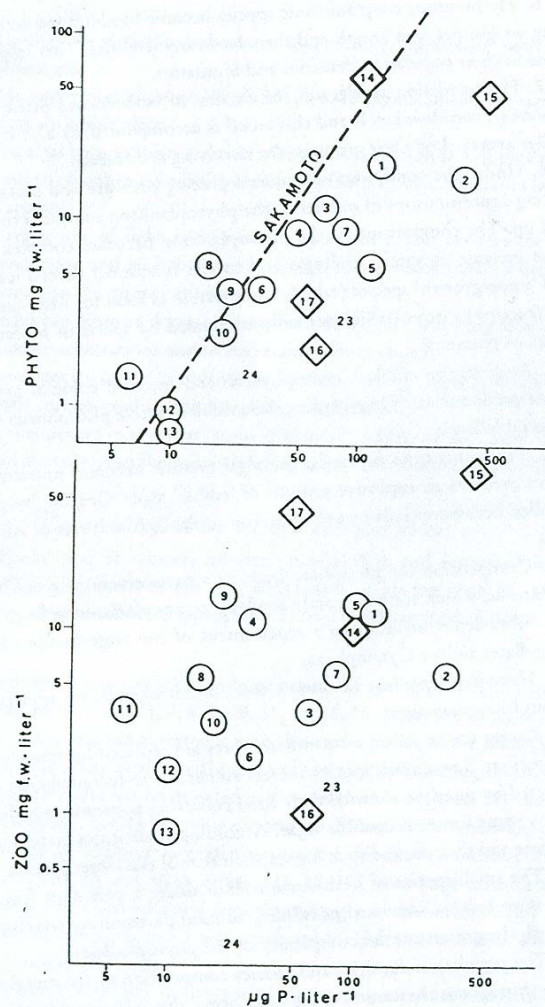


Fig. 1. Relationship between the maximal spring total phosphorus and the maximal annual biomass of phytoplankton (in top panel) and of zooplankton (in bottom panel).

Phosphorus in μg per litre; biomass in mg freshweight per litre.

Lakes are numbered according to the list in Table 1. When necessary, the original data have been converted according to WINBERG (1972). Circles: stratifying lakes of the temperate zone. Diamonds: unstratified lakes of the temperate zone. Plain numbers: subtropical lakes.

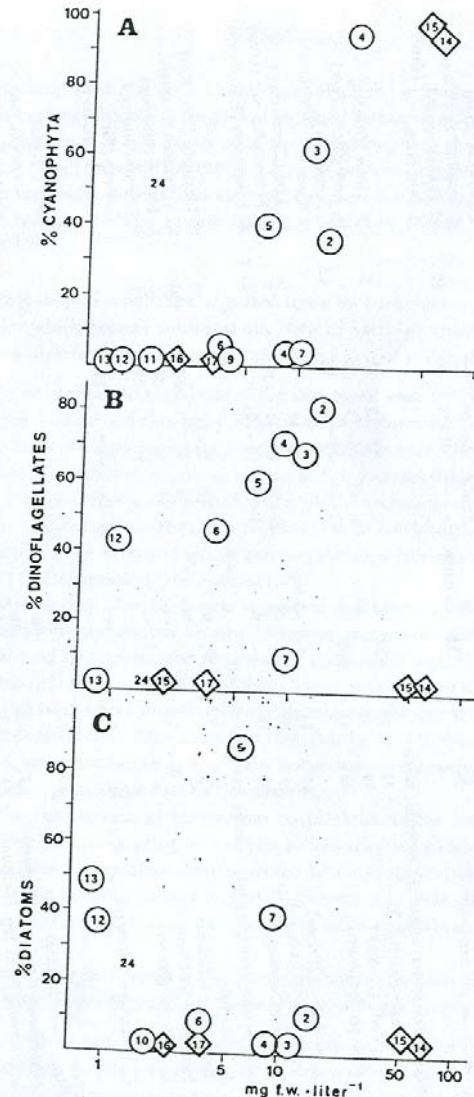


Fig. 2. The maximal summer contribution of Cyanophyta (A), dinoflagellates (B) and diatoms (C) to the total phytoplankton biomass compared with the maximum annual biomass of the phytoplankton. Symbols as in Fig. 1.

PEG model

- Plankton Ecology Group
- standard, jak sezónní změny mohou vypadat

1. nelimitovaný růst drobných druhů fytoplanktonu
2. vzrůst zooplanktonu
3. rychle rostoucí druhy jsou nahraženy pomalu rostoucími
4. exponenciální růst zooplanktonu
5. „clear water“ , následovaná namnožením nejedlých řas (*Planctosphaeria gelatinosa*, *Volvox*, *Pandorina*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*)



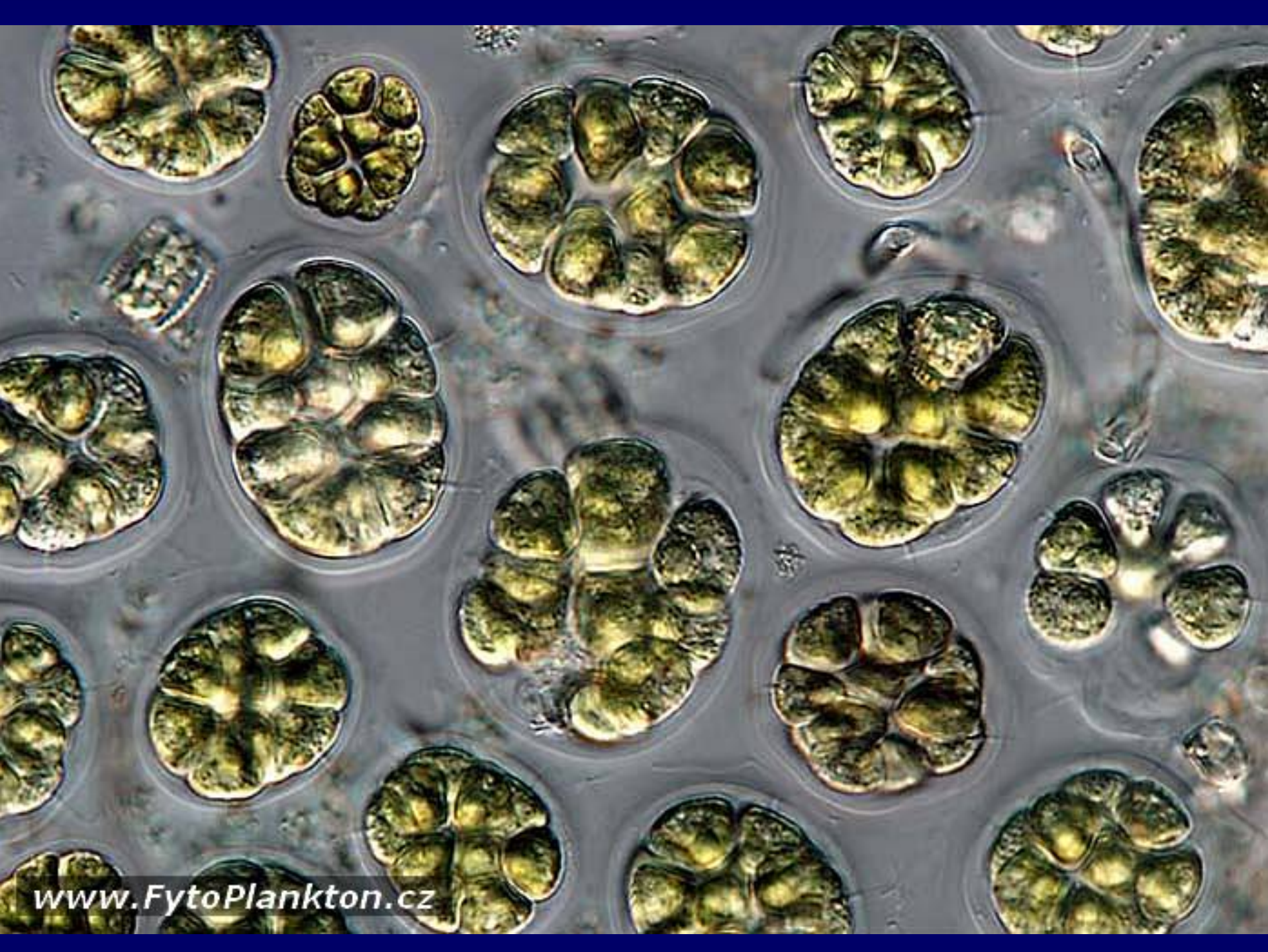
PEG model

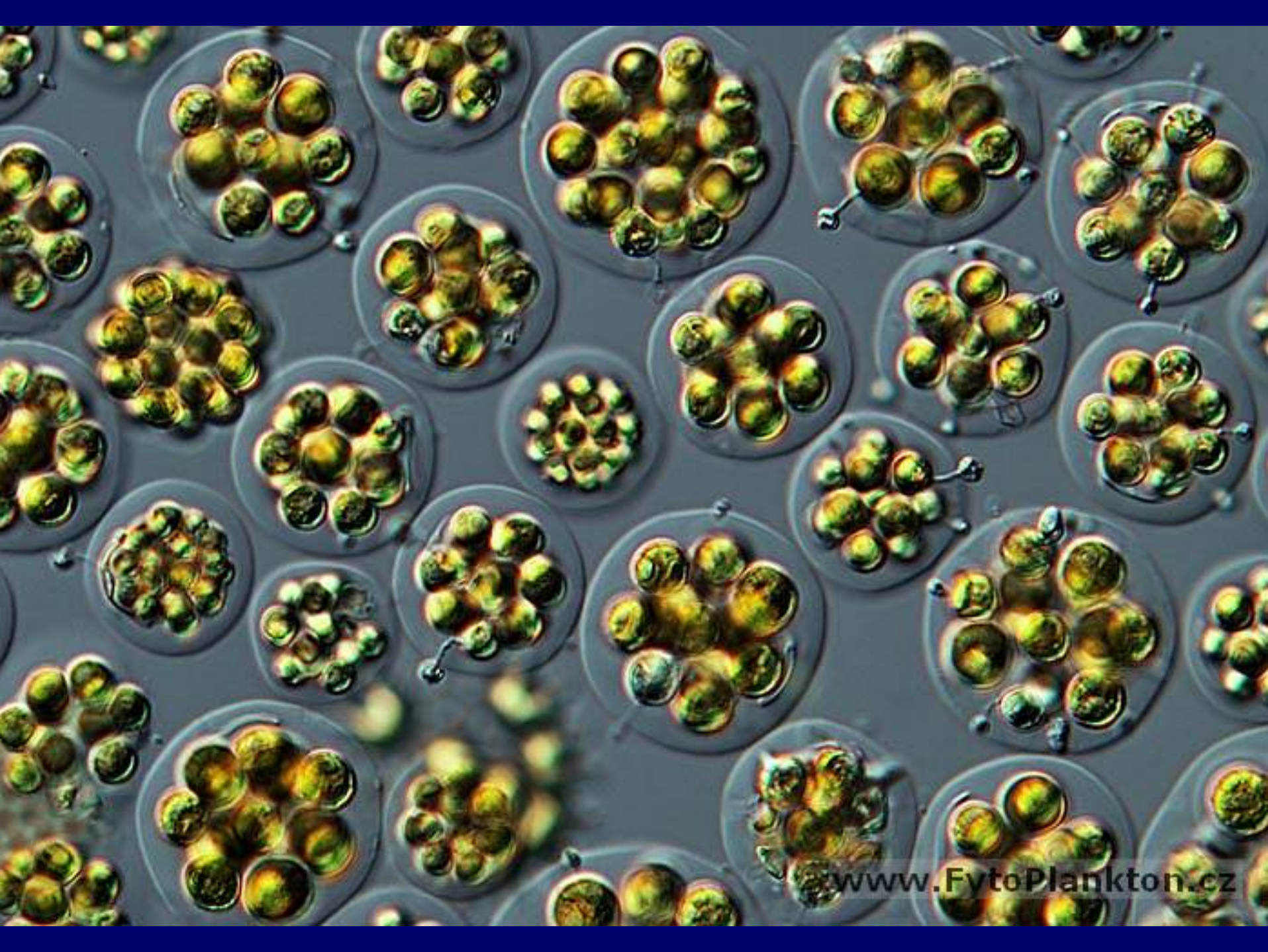
- Plankton Ecology Group
- standard, jak sezónní změny mohou vypadat

1. nelimitovaný růst drobných druhů fytoplanktonu
2. vzrůst zooplanktonu
3. rychle rostoucí druhy jsou nahraženy pomalu rostoucími
4. exponenciální růst zooplanktonu
5. „clear water“ , následovaná namnožením nejedlých řas (*Planctosphaeria gelatinosa*, *Volvox*, *Pandorina*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*)











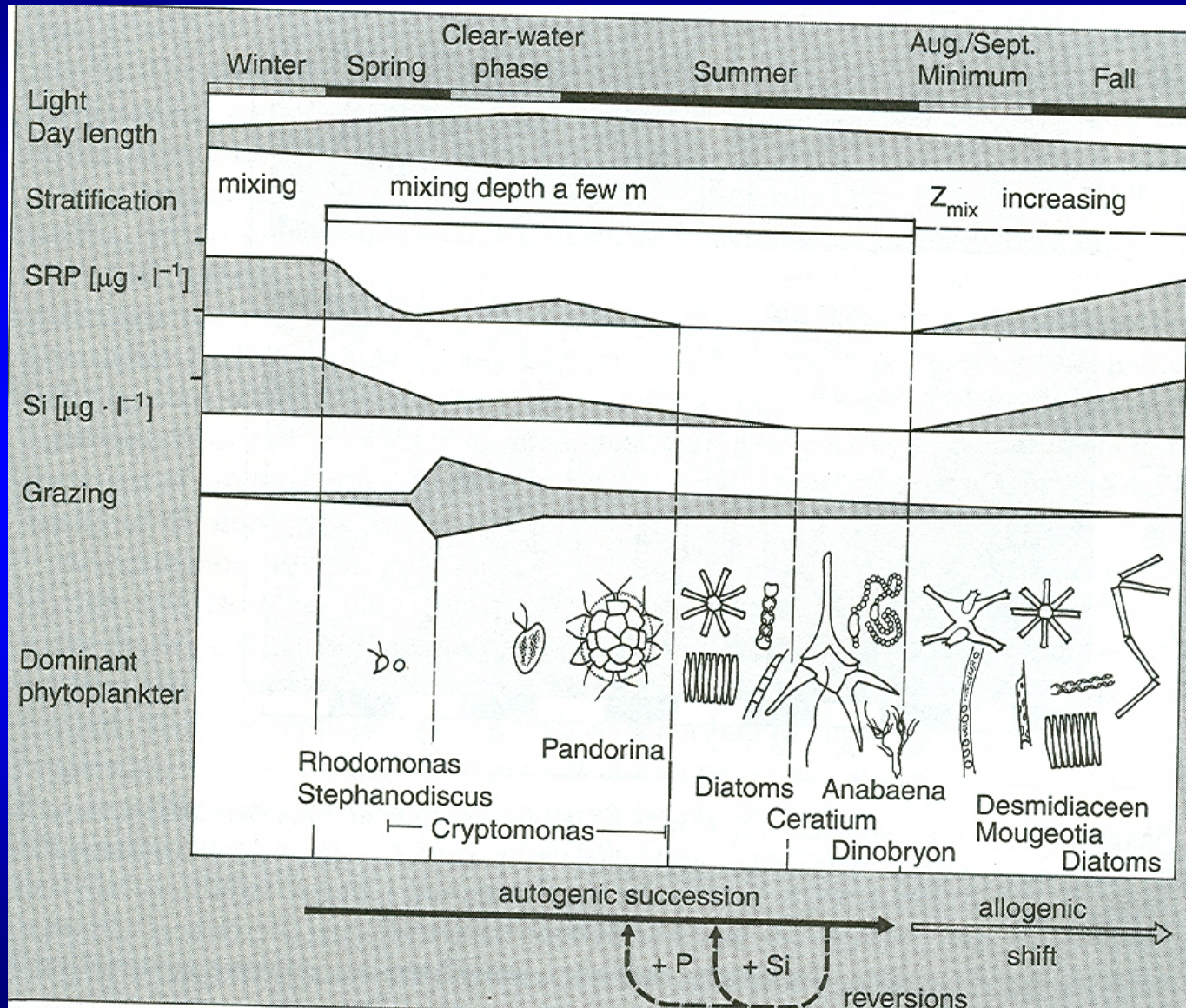
PEG model

6. limitace zooplanktonu
7. žrací tlak ryb urychluje sestup zooplanktonu
8. snížený žrací tlak – růst fytoplanktonu – komplexní složení
9. pokles koncentrace fosforu
10. limitace fosforem
11. kompetice o fosfor – záměna zelených řas za rozsivky
12. vyčerpání křemíku - záměna rozsivek za sinice nebo obrněnky
13. zvýhodnění dusík fixujících sinic
14. - 16. převažují drobné druhy zooplanktonu, fluktuace

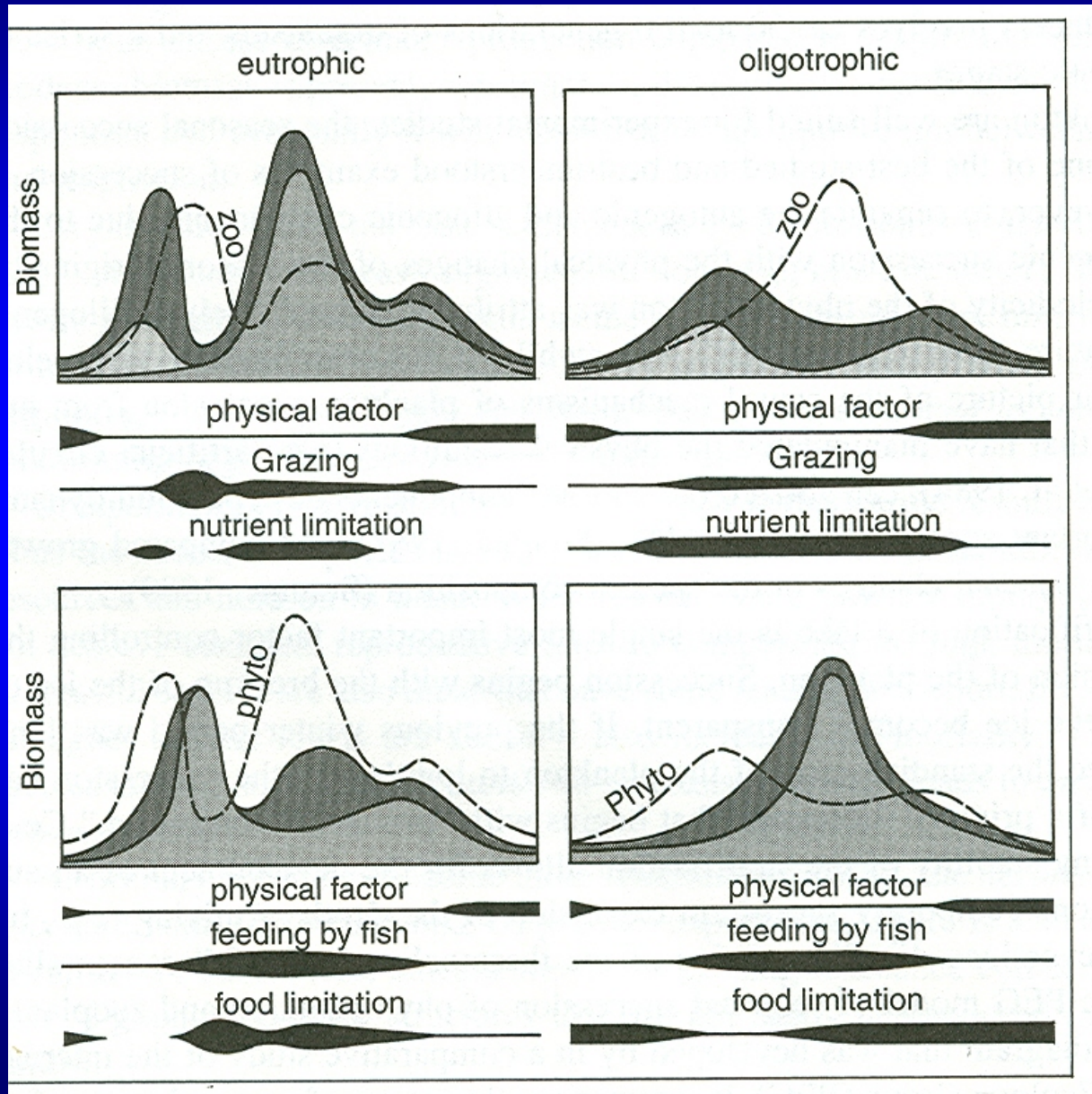
PEG model

17. allogenní vlivy – prohloubení epilimnia – obohacení živinami
18. rozvoj fytoplanktonu adaptovaného na míchání - výhodné pro velké rozsivky
19. velké druhy fytoplanktonu jsou doprovázeny určitým podílem malých-jedlých druhů
20. růst biomasy zooplanktonu – podzimní maximum
21. zhoršení světelných podmínek způsobí pokles fytoplanktonu
22. pokles zooplanktonu (snížená nabídka potravy a pokles teploty)
23. některé druhy zooplanktonu tvoří trvalá stadia
24. v zimě se průběžně líhnou klidová stadia některých druhů

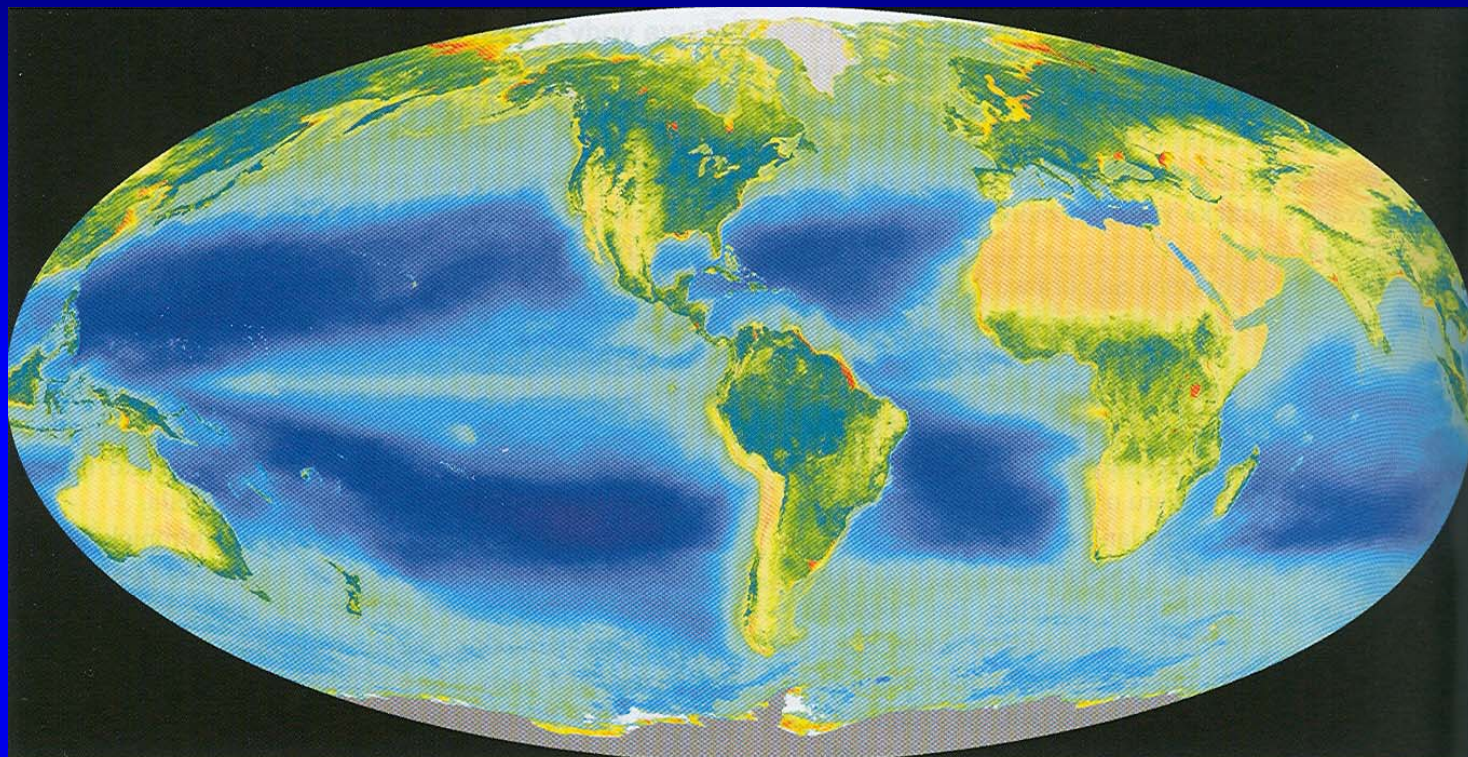
PEG model



PEG model

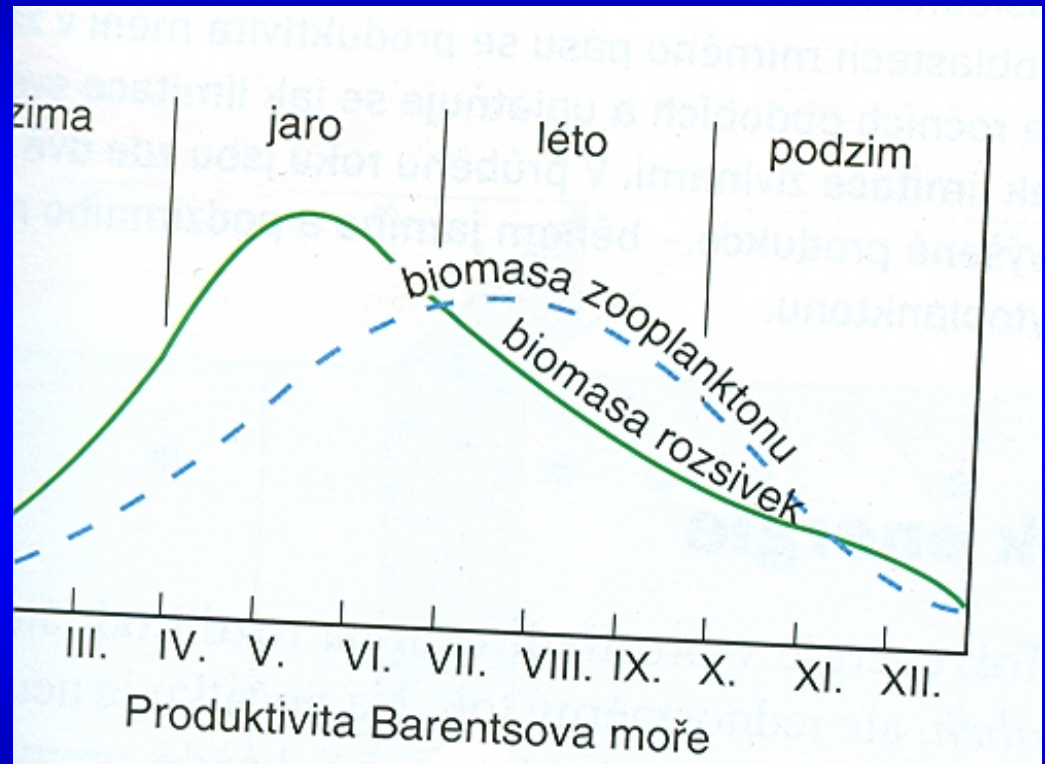
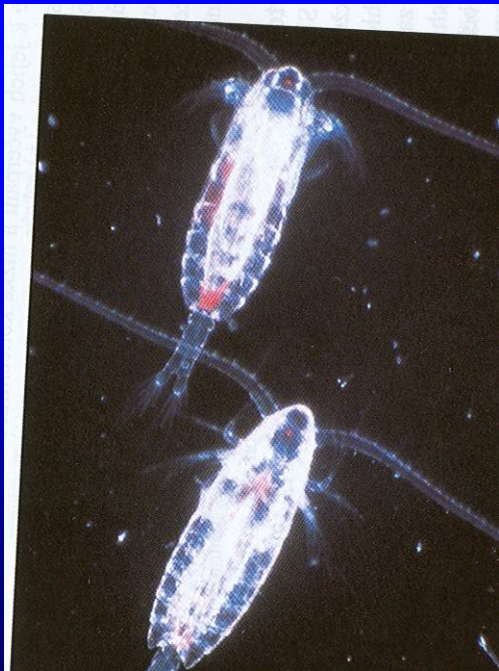


Sezónnost a regionální produktivita oceánů



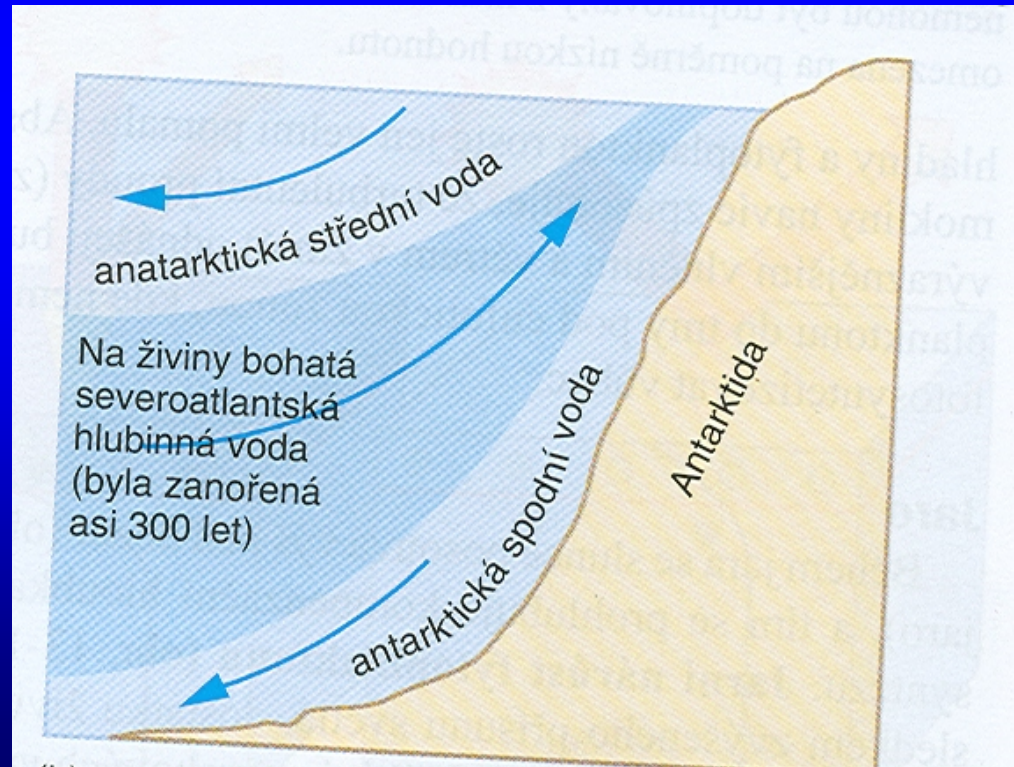
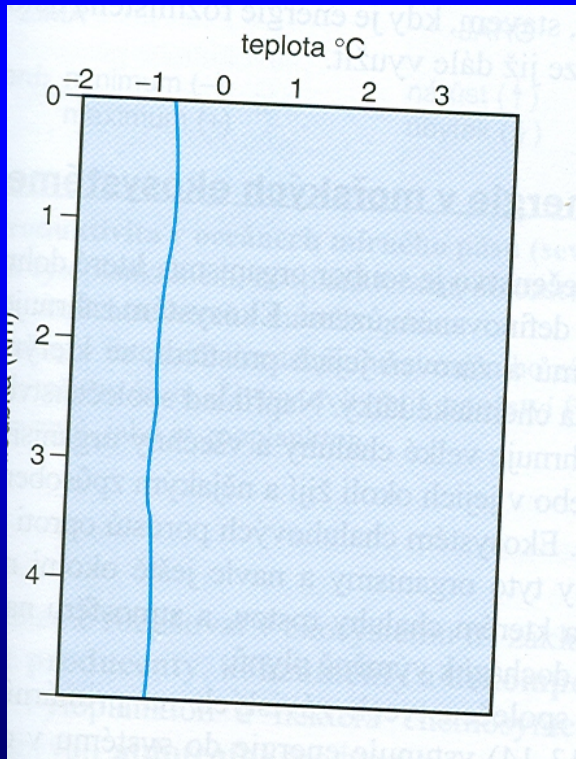
Polární moře

- maximum fytoplanktonu v květnu, zooplankton v červnu, vysoká biomasa až do nástupu polární noci



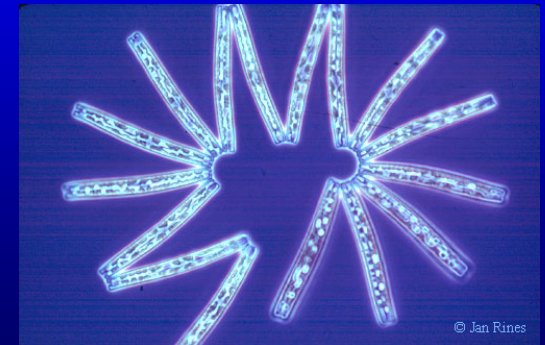
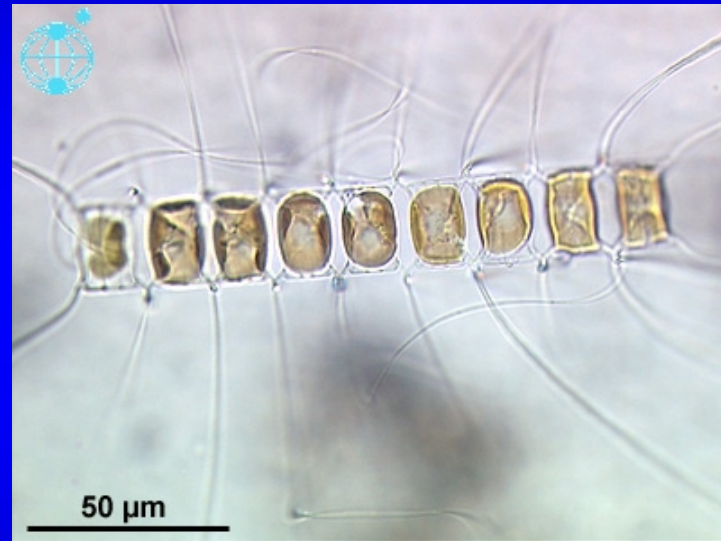
Polární moře

- Antarktický oceán – produktivita vyšší než v Arktidě
- výstupné proudění na živiny bohaté severoatlantické vody
- izotermický teplotní profil nebrání promíchávání povrchových a na živiny bohatých hlubších vrstev



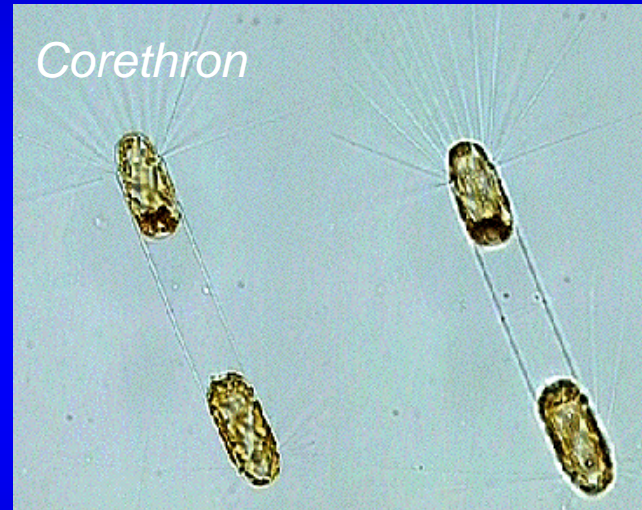
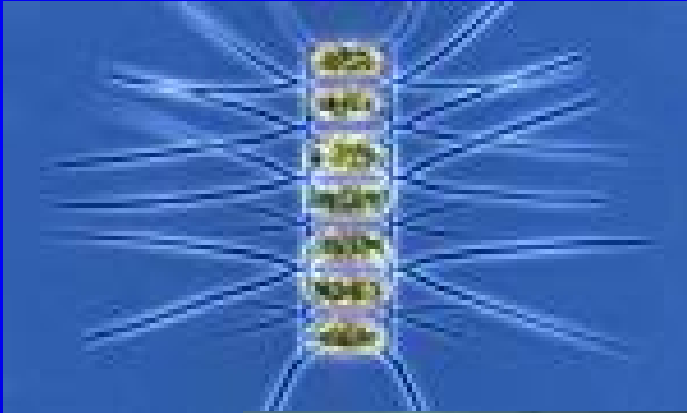
Severní polární a boreální oblasti

- dominance rozsivek (zvýrazňuje se směrem na sever)

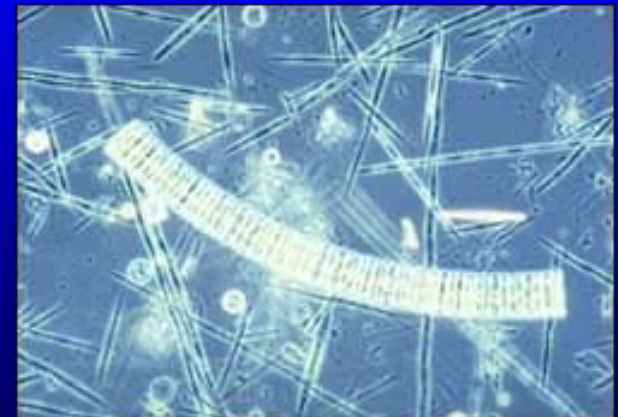


Jižní oceán

- 20 % plochy světových oceánů – role v regulaci klimatu
- relativně vyšší koncentrace živin – ale FE !
- dominance rozsivek

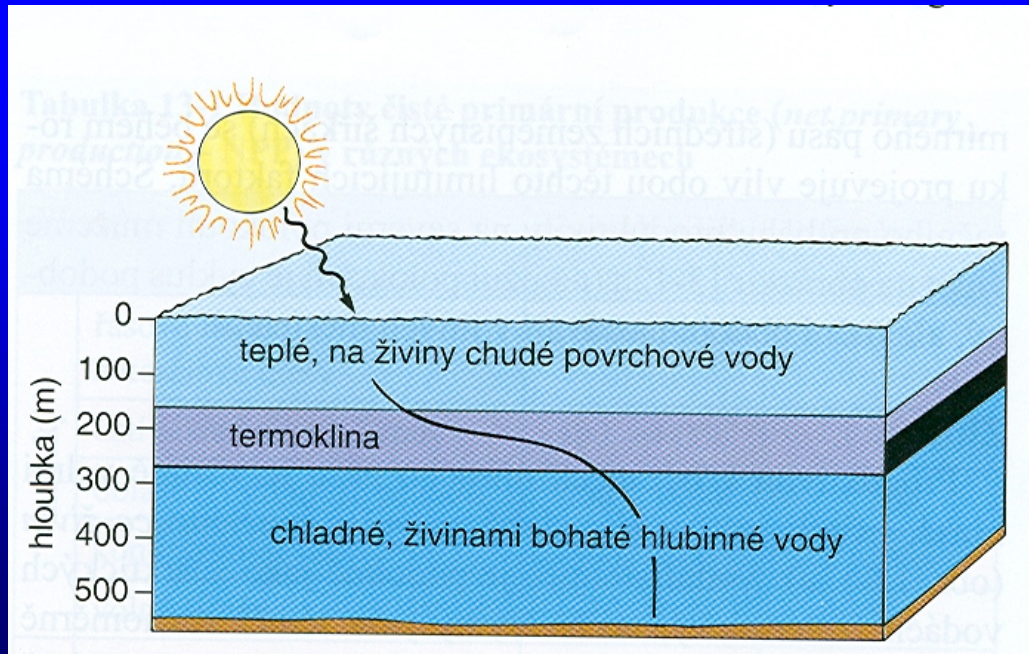


Phaeocystis antarctica



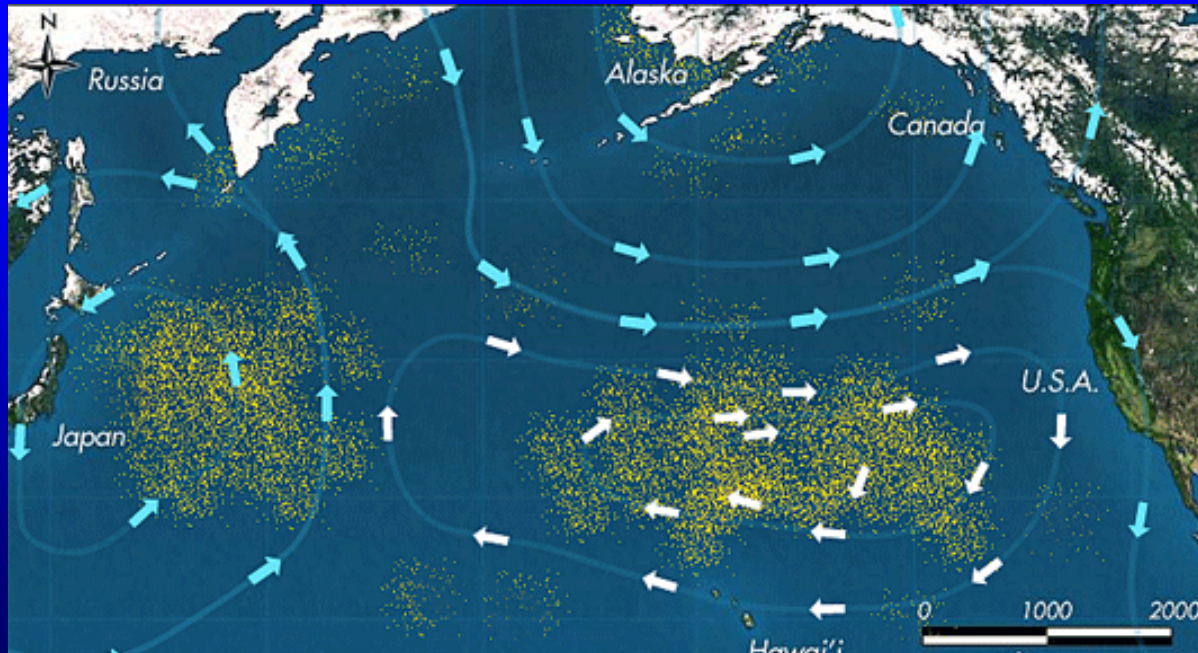
Tropická moře

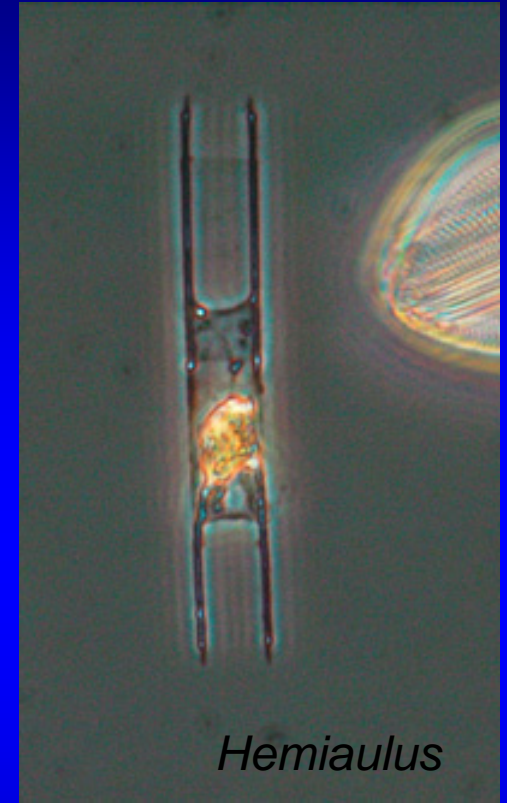
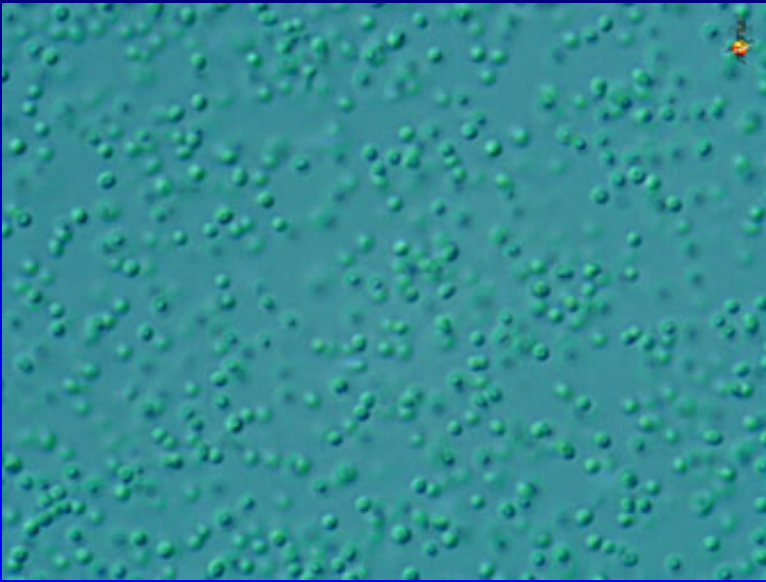
- nízká produktivita dána nedostatkem živin
- ostrá termoklina zabraňuje transportu živin z hloubky, největší koncentrace v hloubce 500-1000 m
- výjimky – rovníkové výstupné proudy (Galapágy)
 - pobřežní výstupné proudy – Z pobřeží kontinentů



Volný oceán – tropy a subtropy

- největší světový biom
- limitace živinami – nízká biomasa, vysoká průhlednost
- maximum biomasy v hloubce
- obrněnky, rozsivky, ALE většina biomasy *Prochlorococcus*, *Synechococcus*





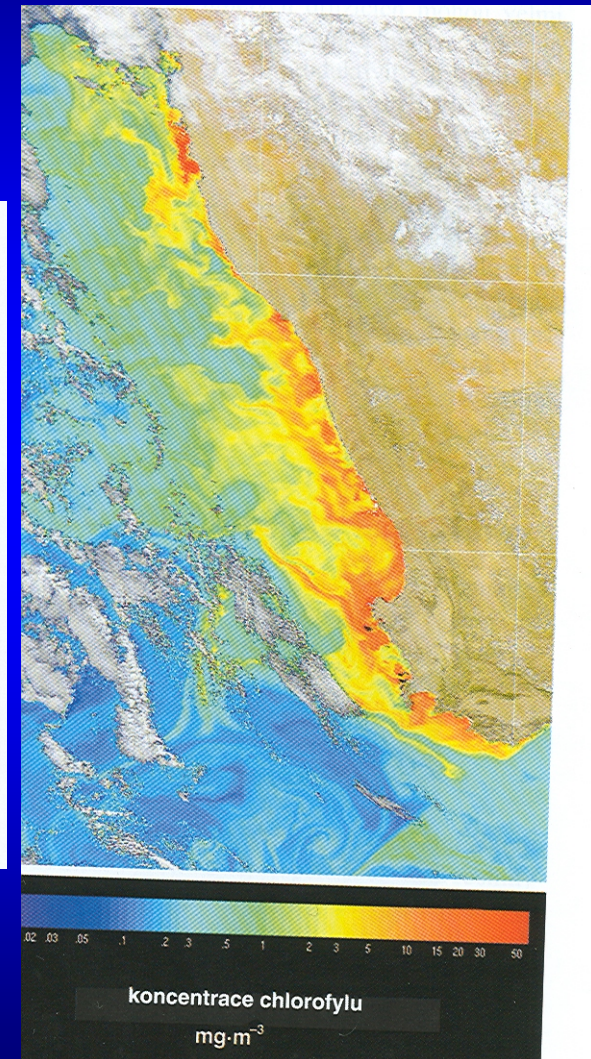
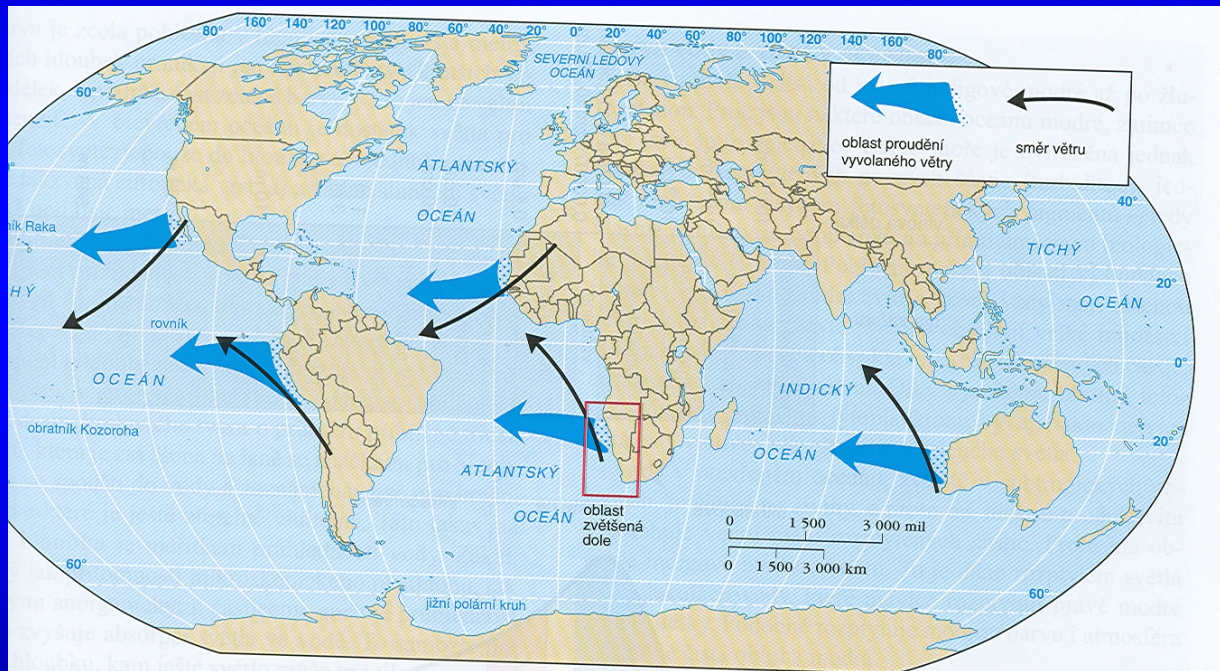
Hemiaulus



Umbellosphaera



Pobřežní výstupné proudy

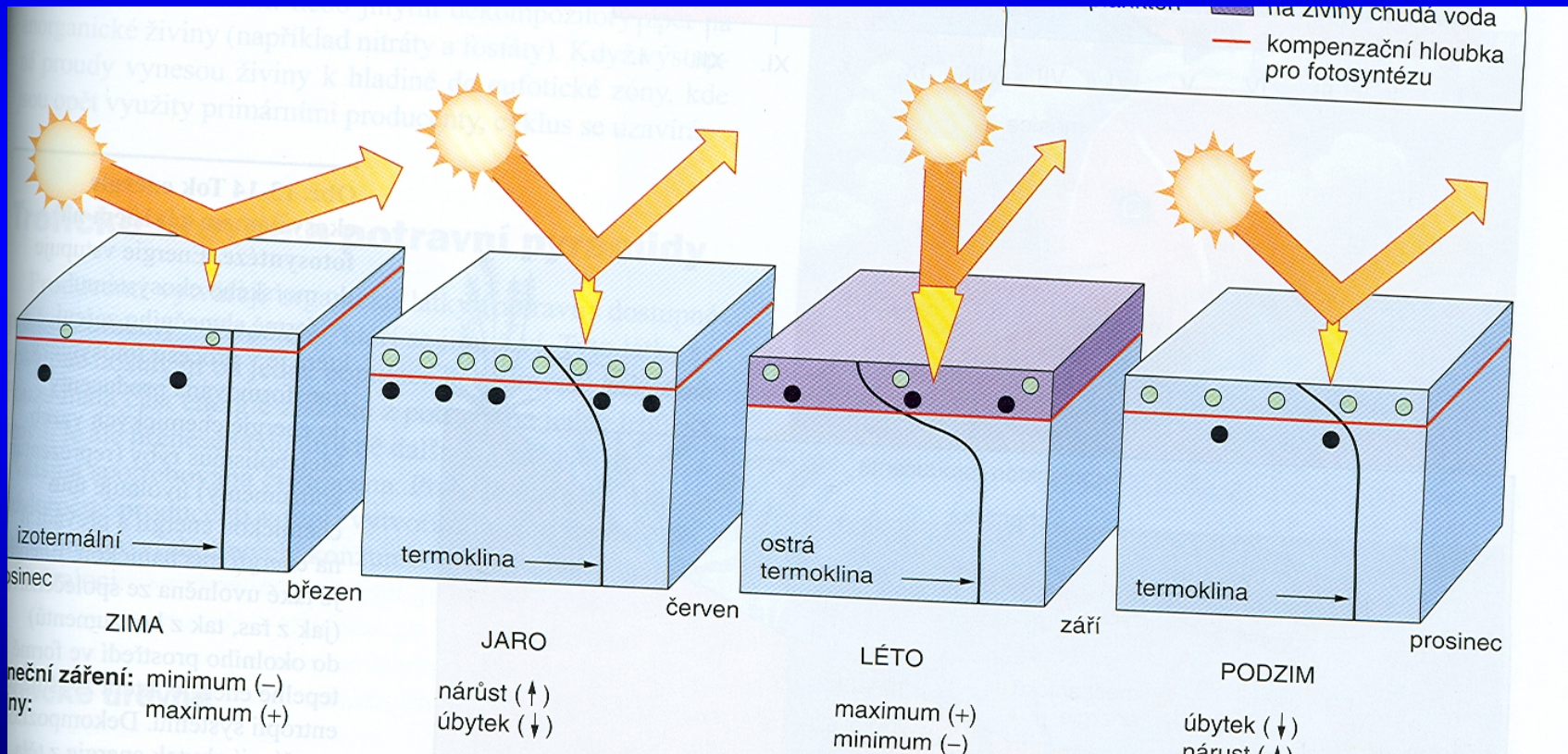


Emiliana huxleyi



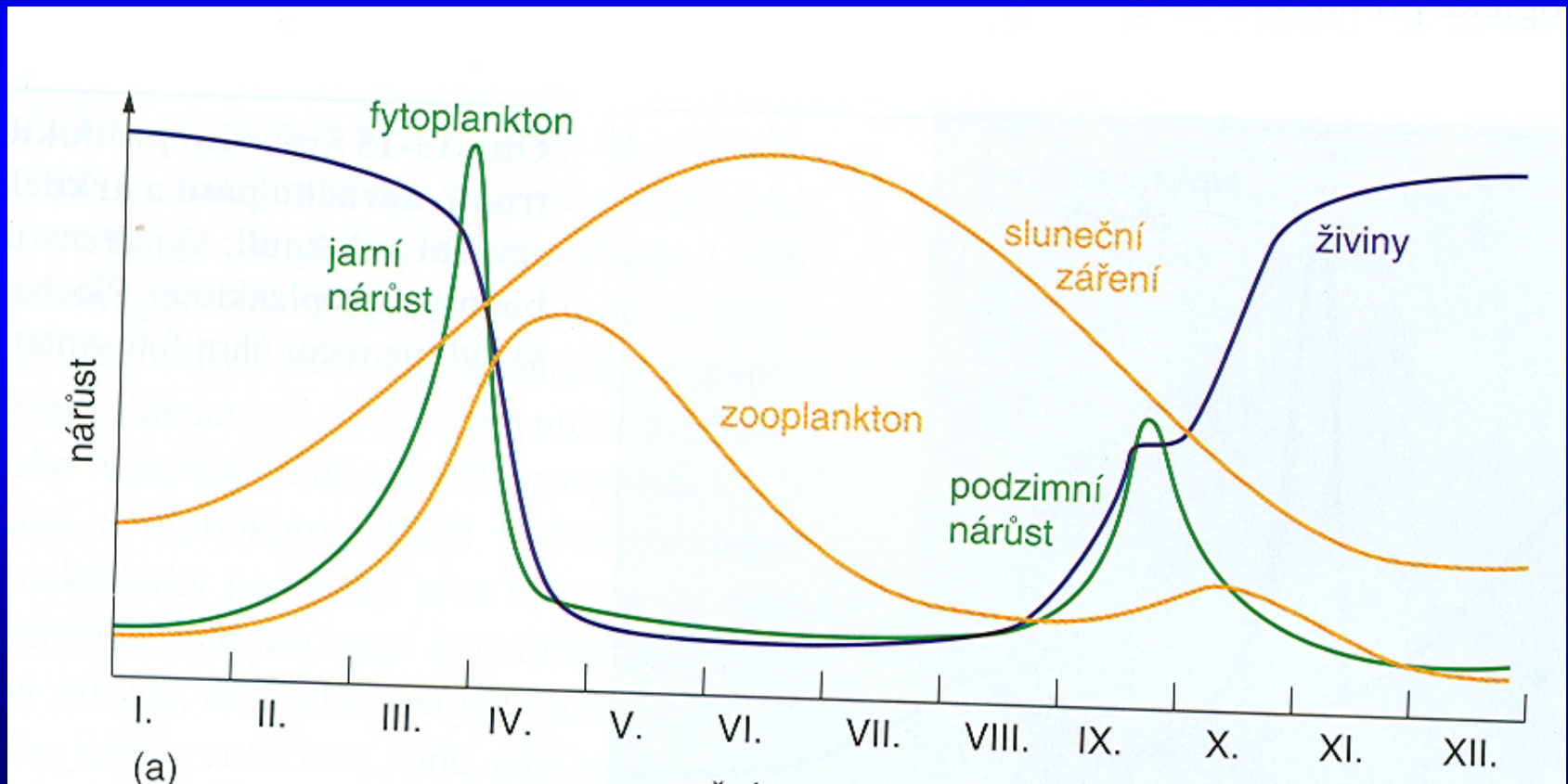
Oceány mírného pásma

- střídá se limitující vliv živin a světla
- v zimě nízká produktivita, ale nejvyšší koncentrace živin



Oceány mírného pásma

- jarní a podzimní maximum fytoplanktonu



Sezónnost a regionální produktivita oceánů

- největší produktivitu mají moře mírného pásu

