

Mořské ekosystémy

- výběr některých částí prezentací s převahou textu
- jen osnova, nikoli vyčerpávající přehled!
- řada témat, která byla přednášena jen za doprovodu fotografií, nejsou zahrnuta
- kdo bude při zkoušce spoléhat pouze na údaje v tomto souboru, může špatně dopadnout

Literatura

Oceánografie. Thurman H.V. & Trujillo A.P. 2004. Computer Press, Brno.

Základy oceánografie. Kukal Z. a kol. 1990. Academia, Praha.

Modrá planeta. Byatt A., Fothergill A. & Holmes M. 2002. Knižní klub, Praha.

Co žije ve Středozemním moři. Bergbauer M. & Humberg B. 2002.
Svojtka & Co., Praha.

Korálový svět Rudého moře. Kovář R. 2000. Nakladatelství Madagaskar, Jihlava

Korálový útes. Pfleger V. 1989. Academia, Praha.

Biological Oceanography. Miller C.B. 2004. Blackwell Publishing.

Marine Biology: an ecological approach. 5th ed.
Nybakken J.W. 2000. Addison Wesley Publishing.

Marine Biology. Function, biodiversity, ecology. 2nd ed.
Levinton J.S. 2001. Oxford University Press.

Salinita

- vyjadřovaná v ‰ (**ppt**) nebo **psu**
(practical salinity units)

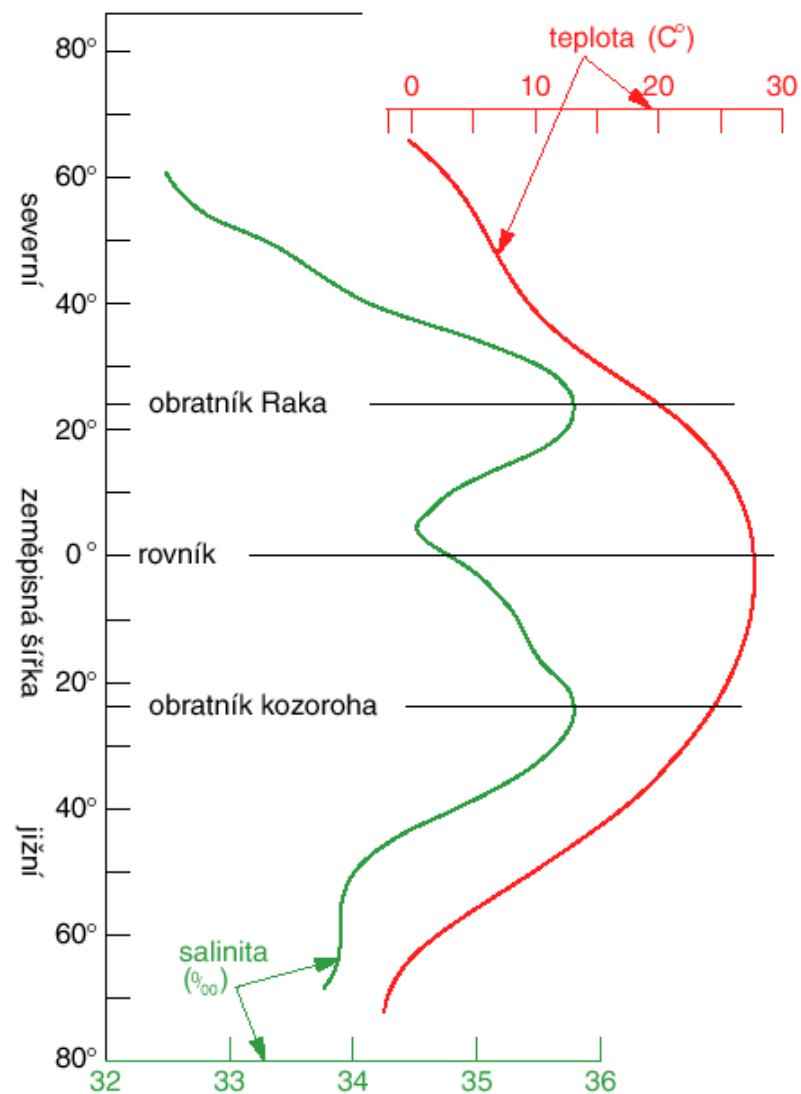
hmotnostní %

hlavní ionty

chlorid	Cl^-	55,04
sodík	Na^+	30,64
síran	So_4^{2-}	7,68
hořčík	Mg^{2+}	6,69
vápník	Ca^{2+}	1,16
draslík	K^+	1,10
		99,28

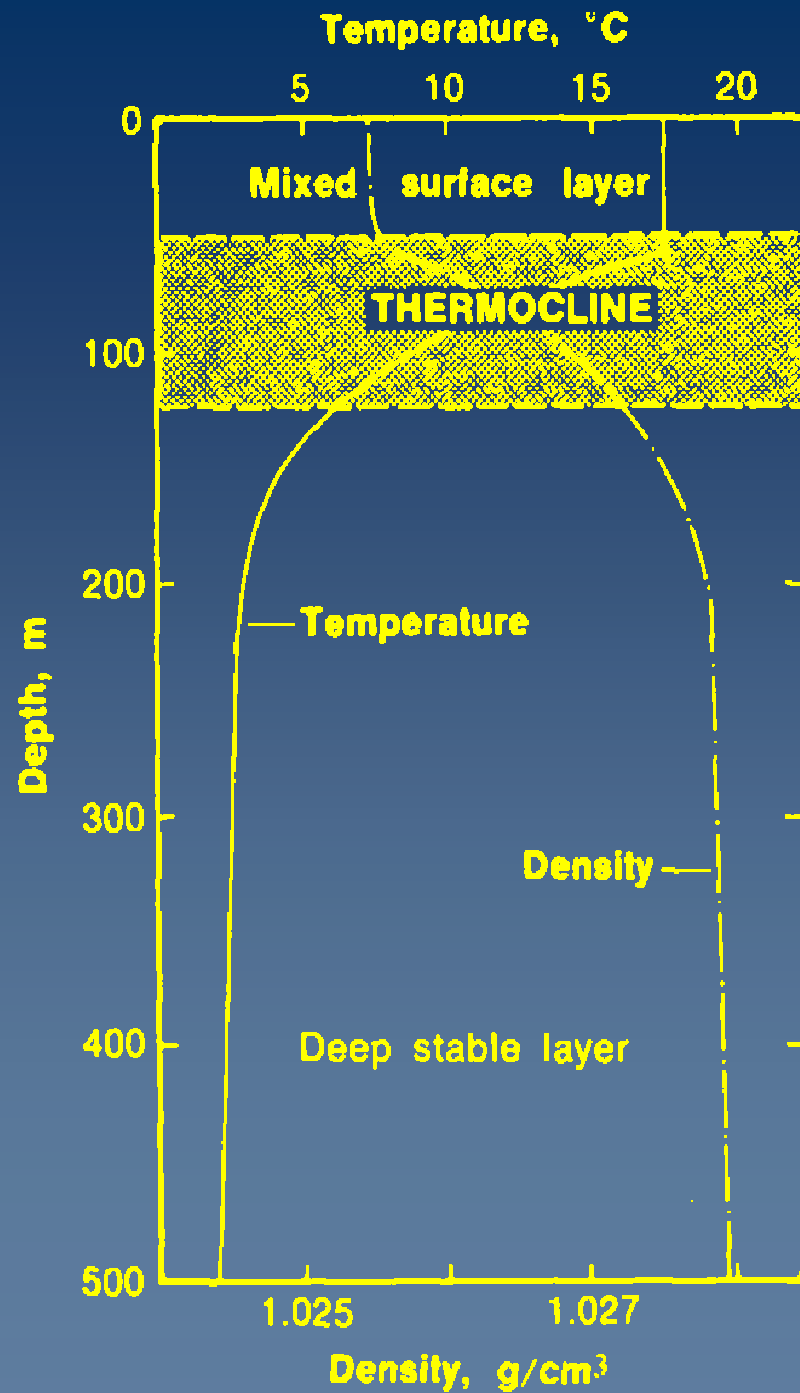
Salinita

- průměrná mořská voda okolo 35 psu
(ssw – standard seawater)
- **volné oceány** – 34-37 psu
- **pobřežní vody** – 0- >40 psu
delta Dunaje vs. Rudé moře
- **extrémní pobřežní biotopy** >> 80 psu



Vztah teploty, hustoty a salinity

- v mořské vodě (nad 24 psu) zaniká teplotní anomálie vody
 - hustota vzrůstá s poklesem teploty
 - typická teplota dna oceánů $\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
- teplota tání při vyšší salinitě klesá pod bod mrazu
 - arktické oceány



Vztah mořských organismů k salinitě

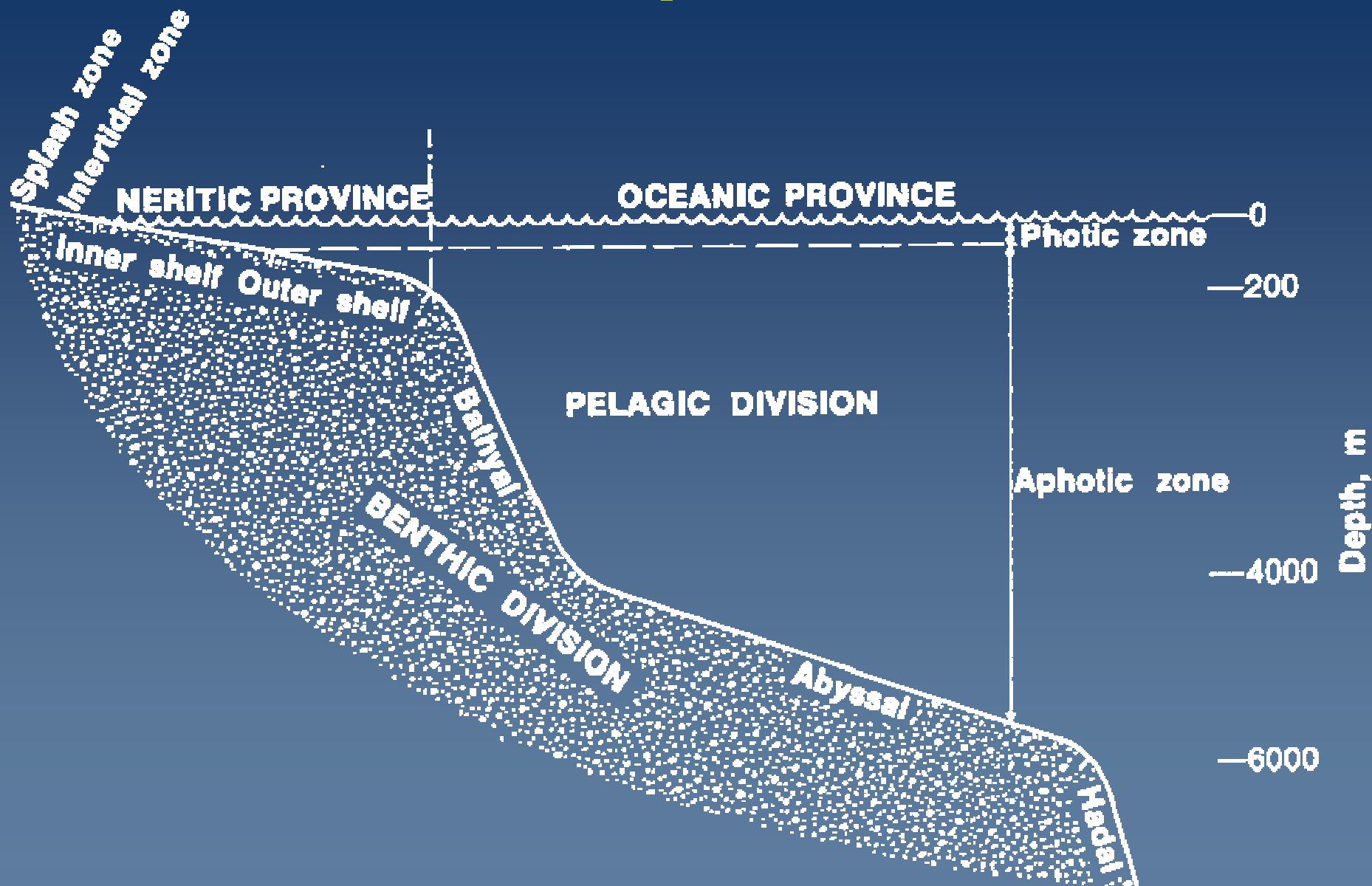
- většina živočichů v osmotické rovnováze s vnějším prostředím
- STENOHALINNÍ – snáší pouze malé výkyvy salinity (otevřená moře)
- EURYHALINNÍ – velké výkyvy salinity pobřežní vody, estuáry, polární moře ...

Vztah mořských organismů k salinitě

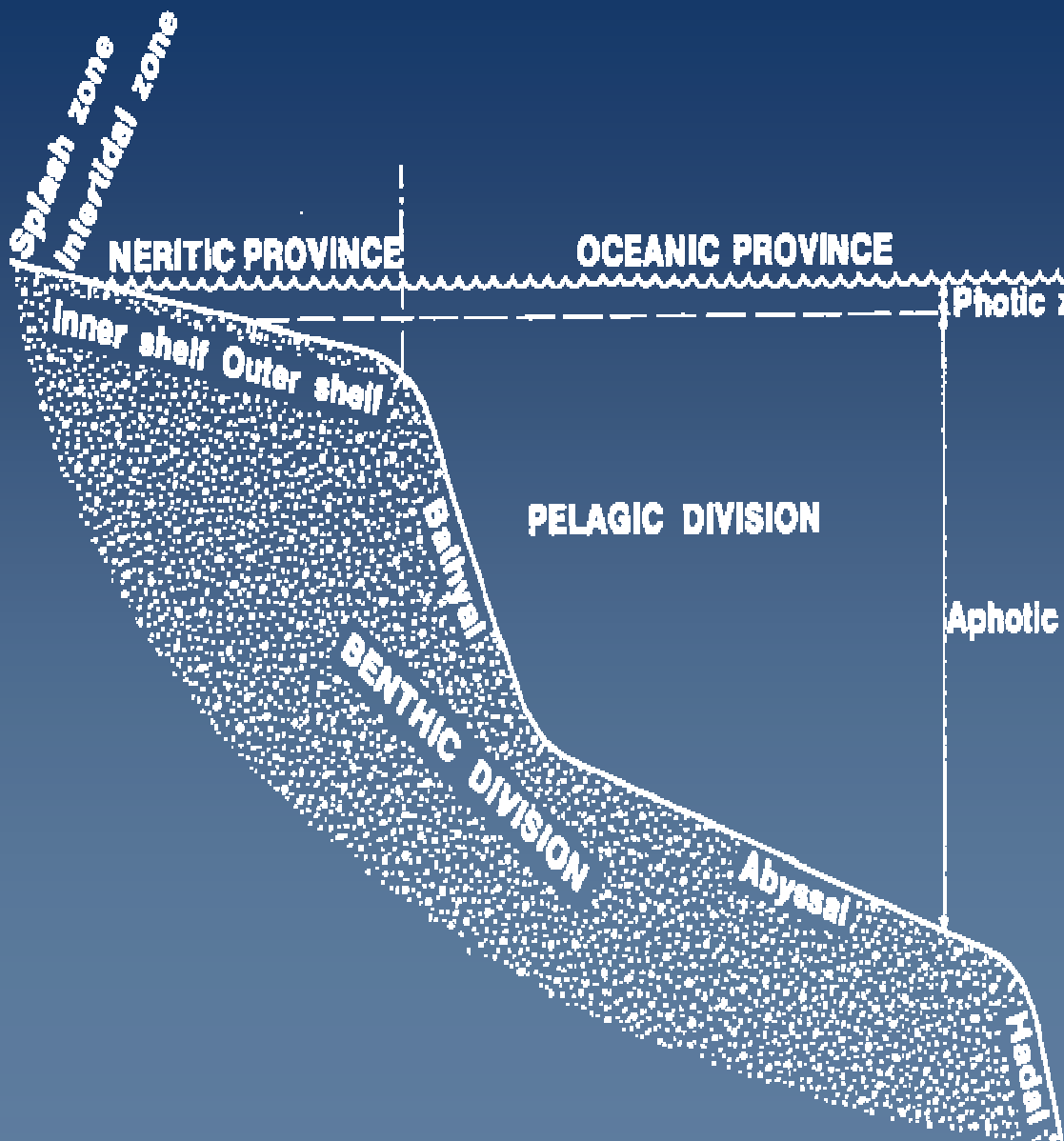
POIKILOOSMOTICKÉ – pasivně měnící osmotické
vlastnosti dle změn salinity v okolí
příklady: *Mytilus edulis*, *Balanus sp.*

HOMOIOSMOTICKÉ ORGANISMY – vlastní
osmoregulace
příklad: *Carcinus maenas*

Mořské prostředí



Členění dna



KONTINENTÁLNÍ ŠELF

- ~ pár desítek m až stovky km (průměrně 65 km)
- klesání 2‰ (2 m.km⁻¹)

KONTINENTÁLNÍ SVAH

- klesání ~70‰
- batyál**

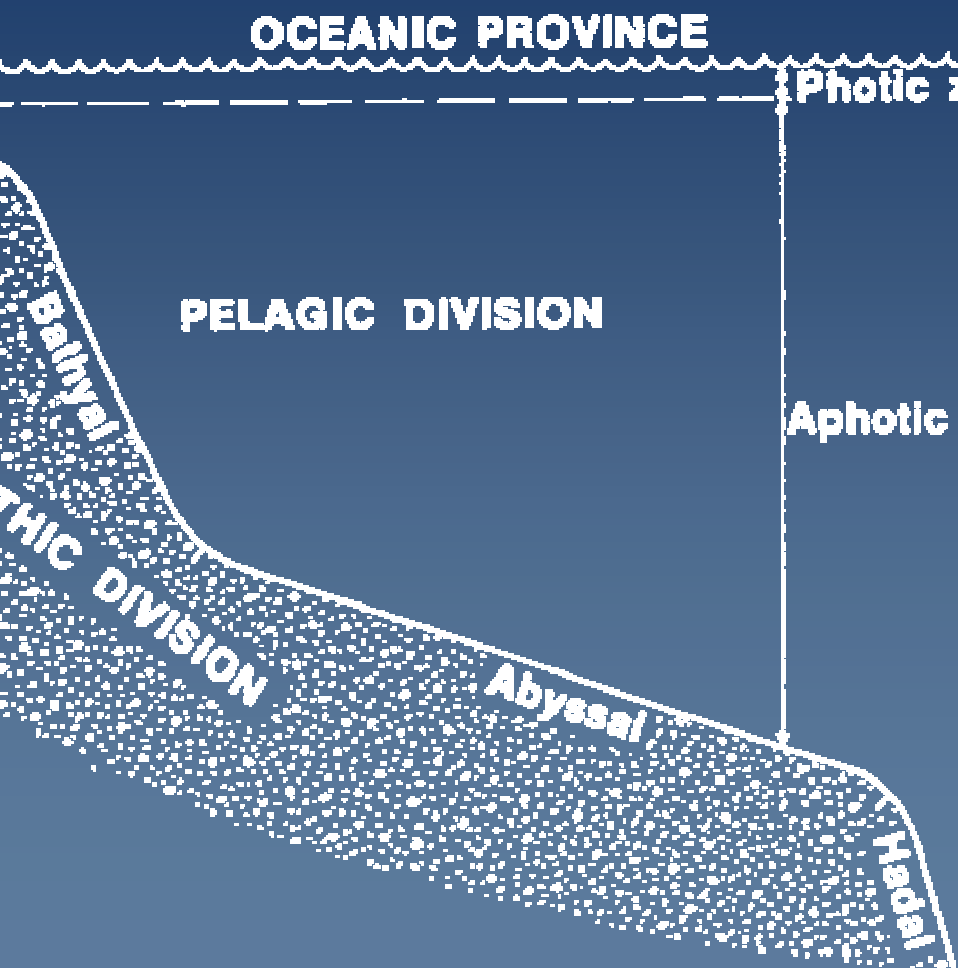
ABYSÁLNÍ PLANINA

- dno oceánů ~3-6 km hluboko
 - převážně zima a tma
- abysál**

OCEÁNSKÉ PŘÍKOPY

- do 11 020 m (Challenger Deep)
- hadál**

Vertikální členění



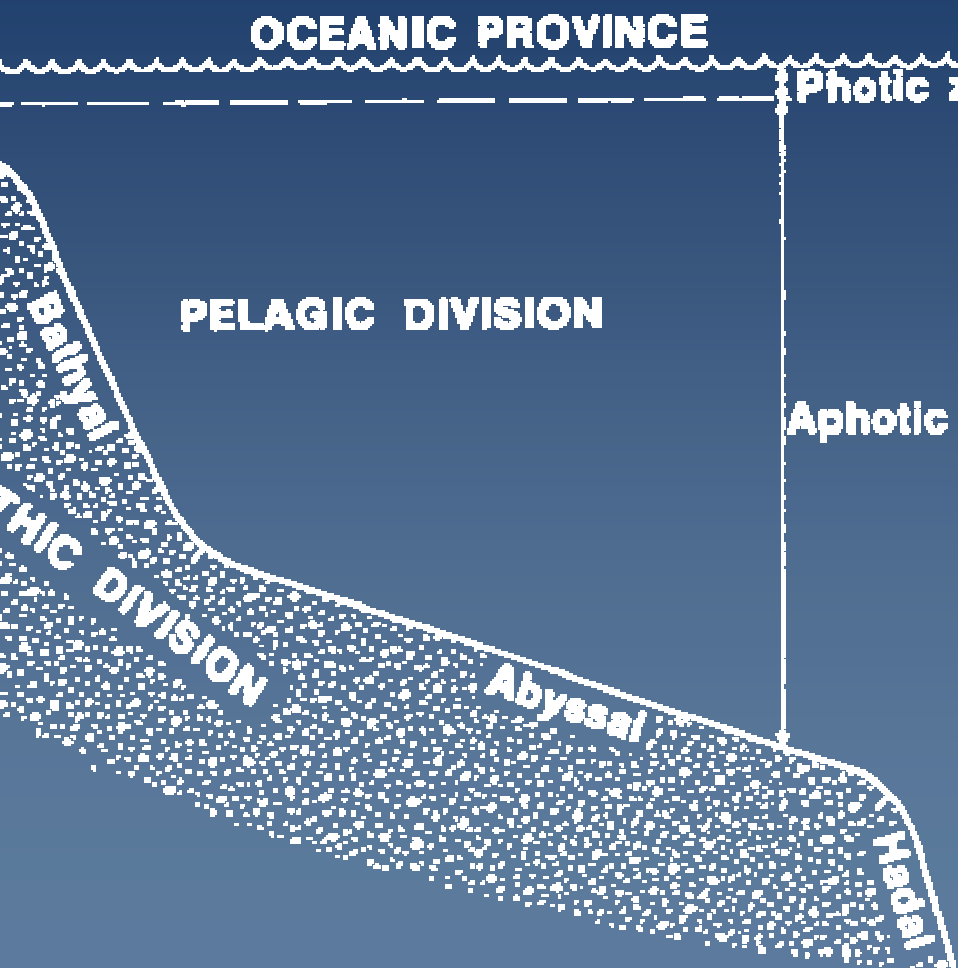
PELAGICKÁ ZÓNA (PELAGIÁL)

- skoro celý objem oceánů a moří
- organismy se vznášejí nebo aktivně plavou

BENTICKÁ ZÓNA (BENTÁL)

- dno moří a oceánů
- organismy trvale přisedlé, volně pohyblivé nebo zahrabány v substrátu

Vertikální členění - pelagiál



EUFOTICKÁ ZÓNA - epipelagiál

1-75 (150) m

- oblast probíhající fotosyntézy nad kompenzačním bodem
- produkce převyšuje respiraci

svrchní batypelagiál (meso-)

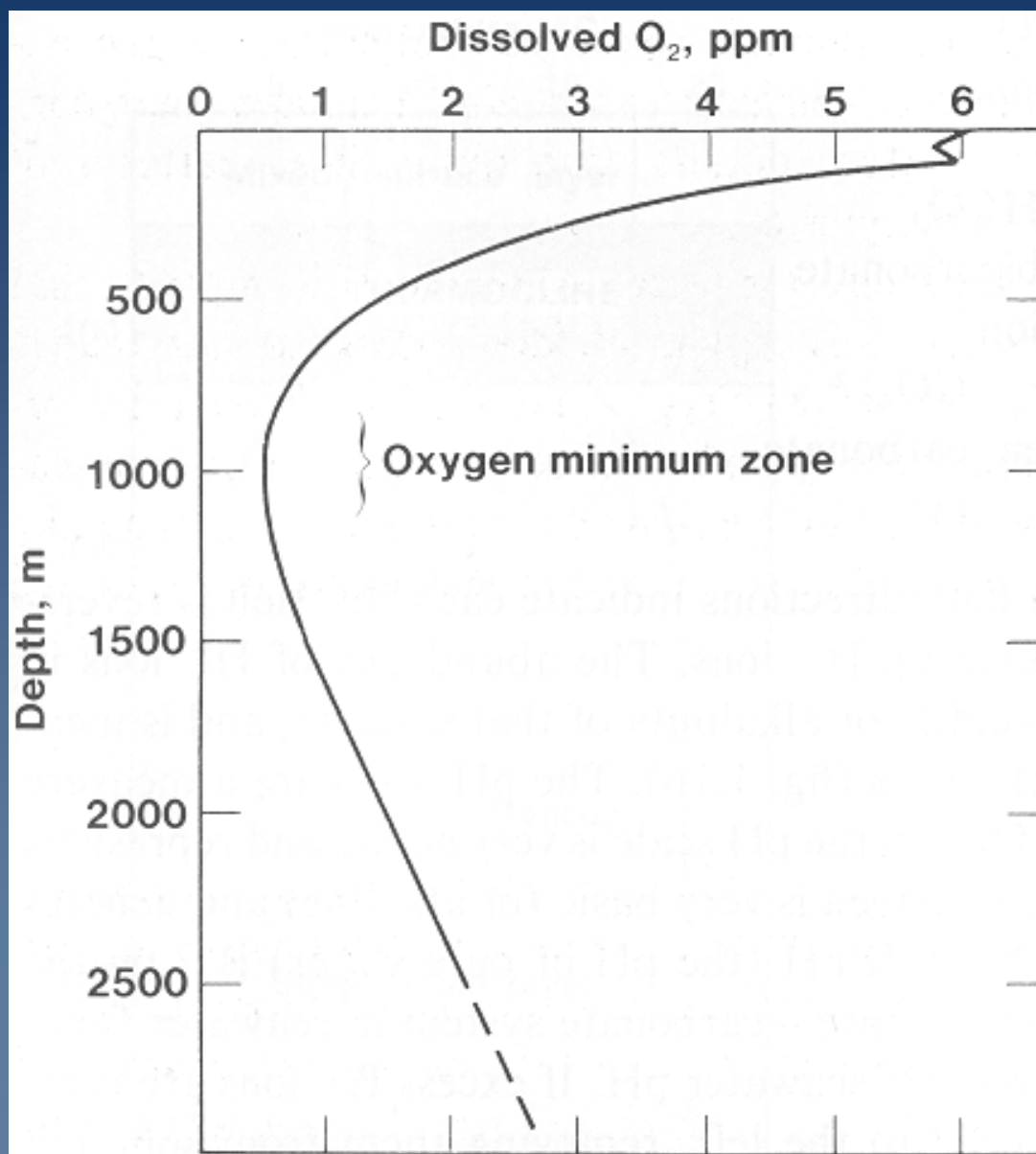
- šero, maximální koncentrace živin

AFOTICKÁ ZÓNA

– spodní batypelagiál

- tma a zima
- organismy převážně závislé na alochtonní produkci
- bioluminiscence

Kyslíková stratifikace



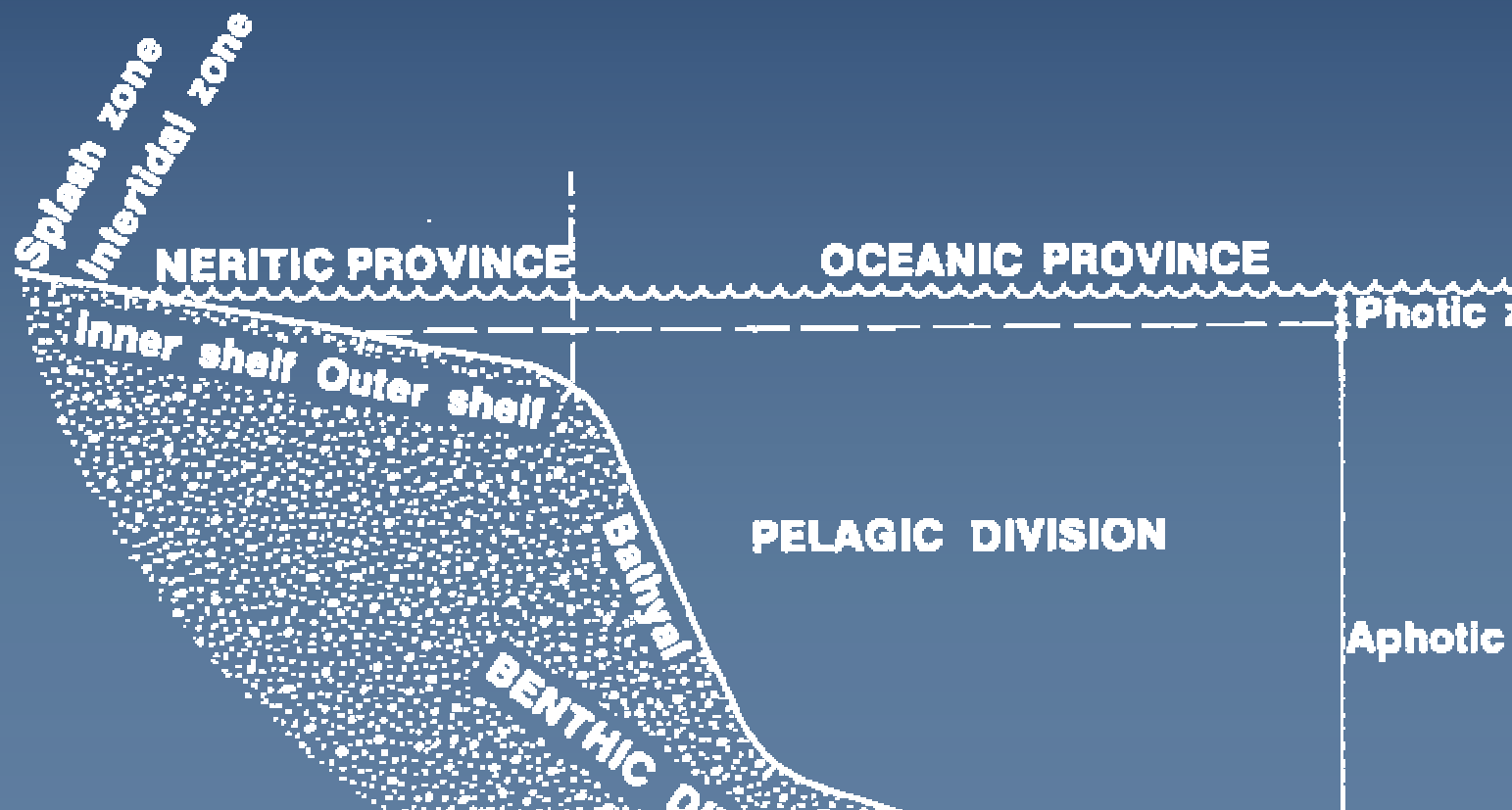
Horizontální členění

NERITICKÁ ZÓNA

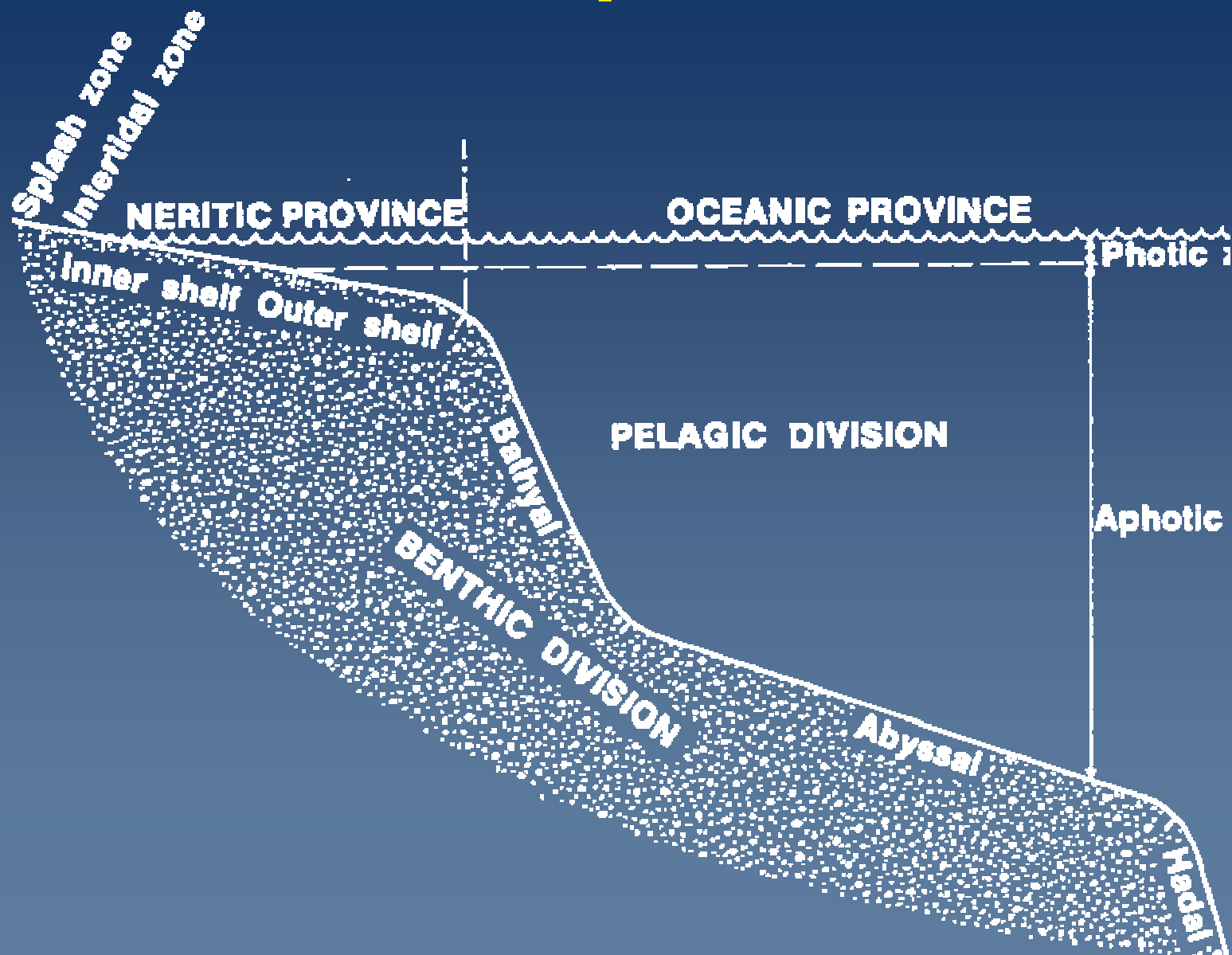
- příbřežní, šelfová část moří
- variabilní složení vody
- větší množství živin

OCEÁNSKÁ ZÓNA

zóna otevřeného moře



Mořské prostředí

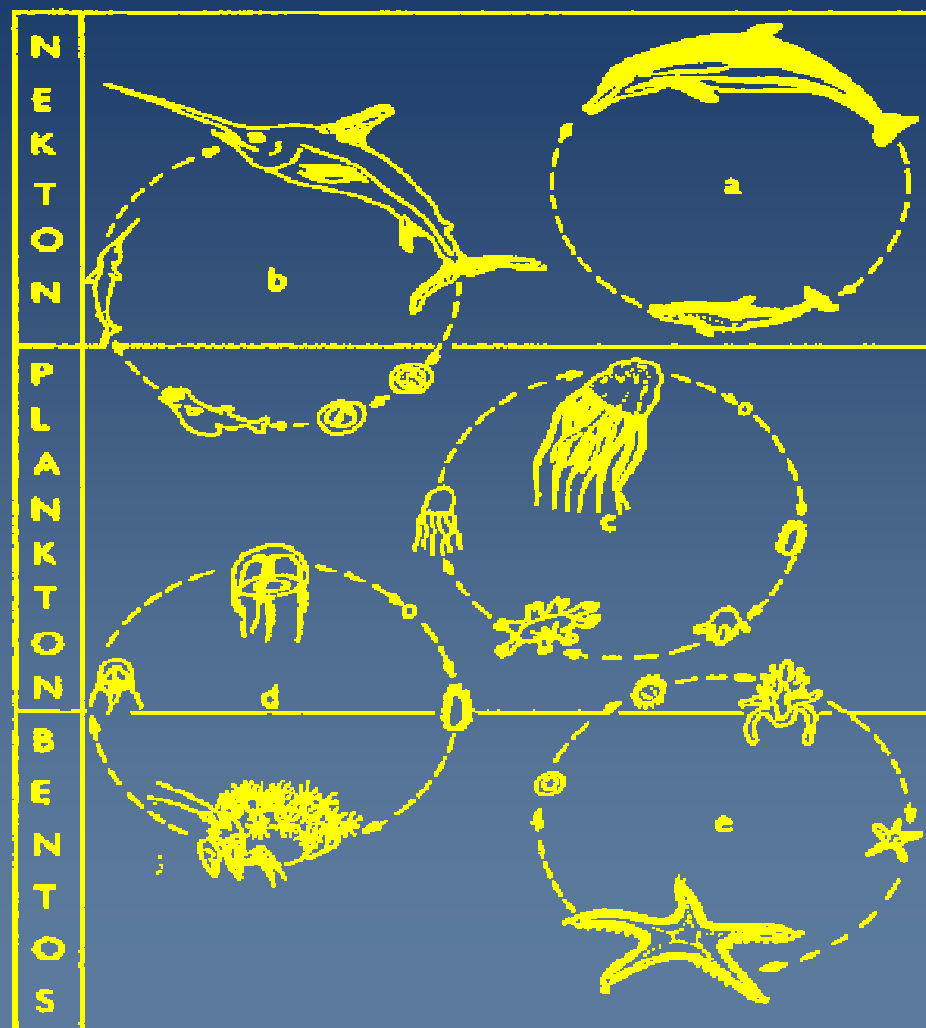


základní vodní společenstva

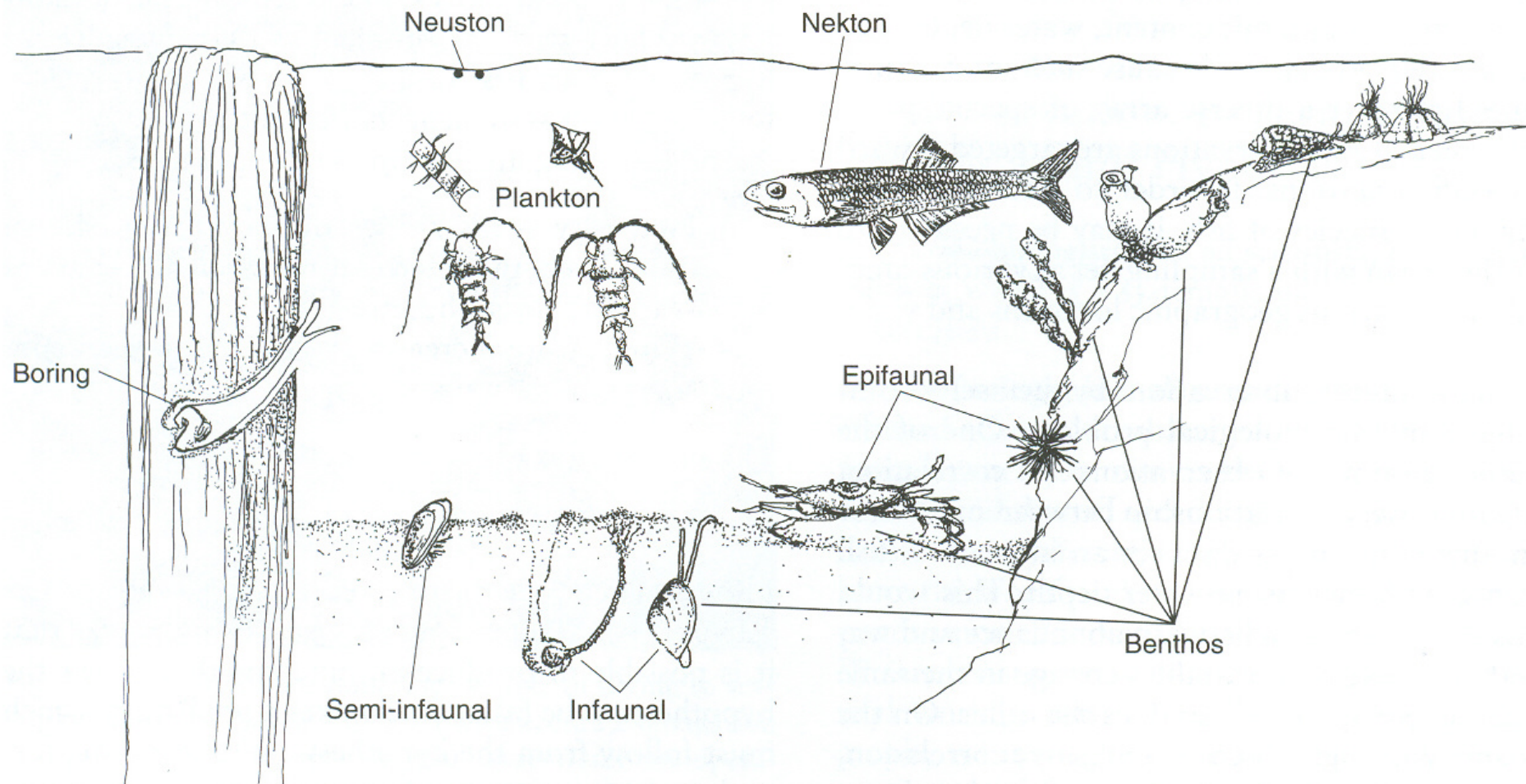
NEKTON = organismy volné vody s aktivním pohybem

PLANKTON = organismy volné vody s „pasivním“ pohybem

BENTOS = organismy dna



základní vodní společenstva



Plankton

- pohyb organismů relativně nevýznamný vůči *horizontálnímu* pohybu vodních mas
- nutnost zabezpečení proti „pádu do hlubin“
- dle skupin: fyto-, zoo-, bakterio-, ichtyoplankton
- dle velikosti: nano-, ..., mega-
- základ potravních sítí volné vody
rozšivky; klanonožci; krunýřovky
- vertikální migrace
odrazové zóny (deep scattering layer, DSL)

Zooplankton



```
graph TD; A[Zooplankton] --> B[Meroplankton]; A --> C[Holoplankton];
```

Meroplankton

dočasný plankton

obvykle
larvy bentických nebo
pelagických organismů
(*Decapoda*, ostnokožci,
ryby...)

Holoplankton

plankton "navždy"

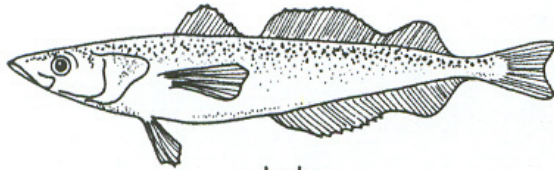
prvoci,
ploutvenky,
planktonní korýši...

Nekton

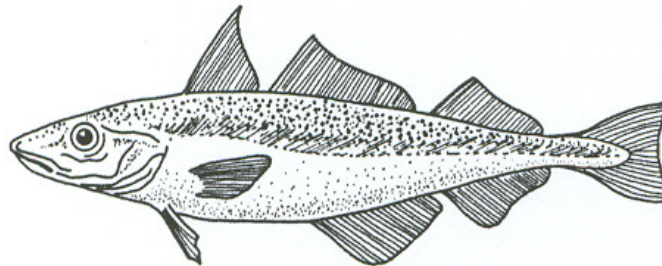
- dobří plavci
- v mořích zejména (pa)ryby, hlavonožci, kytovci, želvy
- při hladině i v hloubkách (epi- až batypelagiál)

Ne každá ryba je nekton

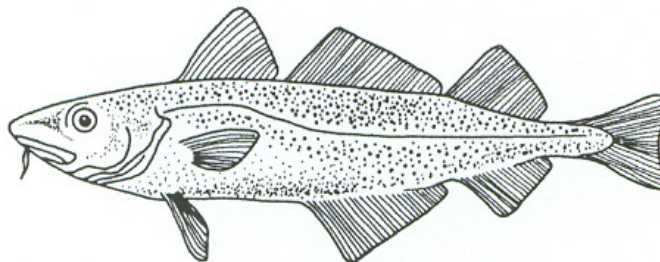
DEMERSAL
(mostly bottom dwelling)



hake



haddock



cod

PELAGIC
(surface dwelling)



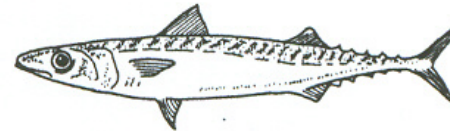
sardine



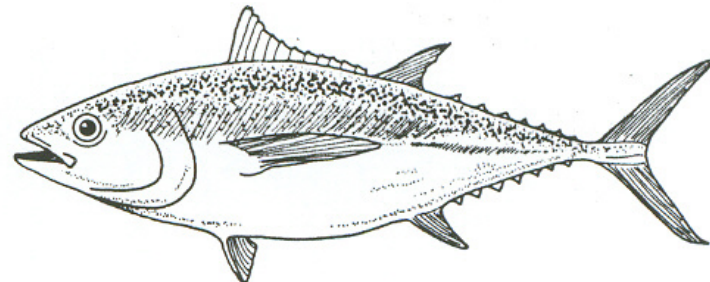
anchovy



herring

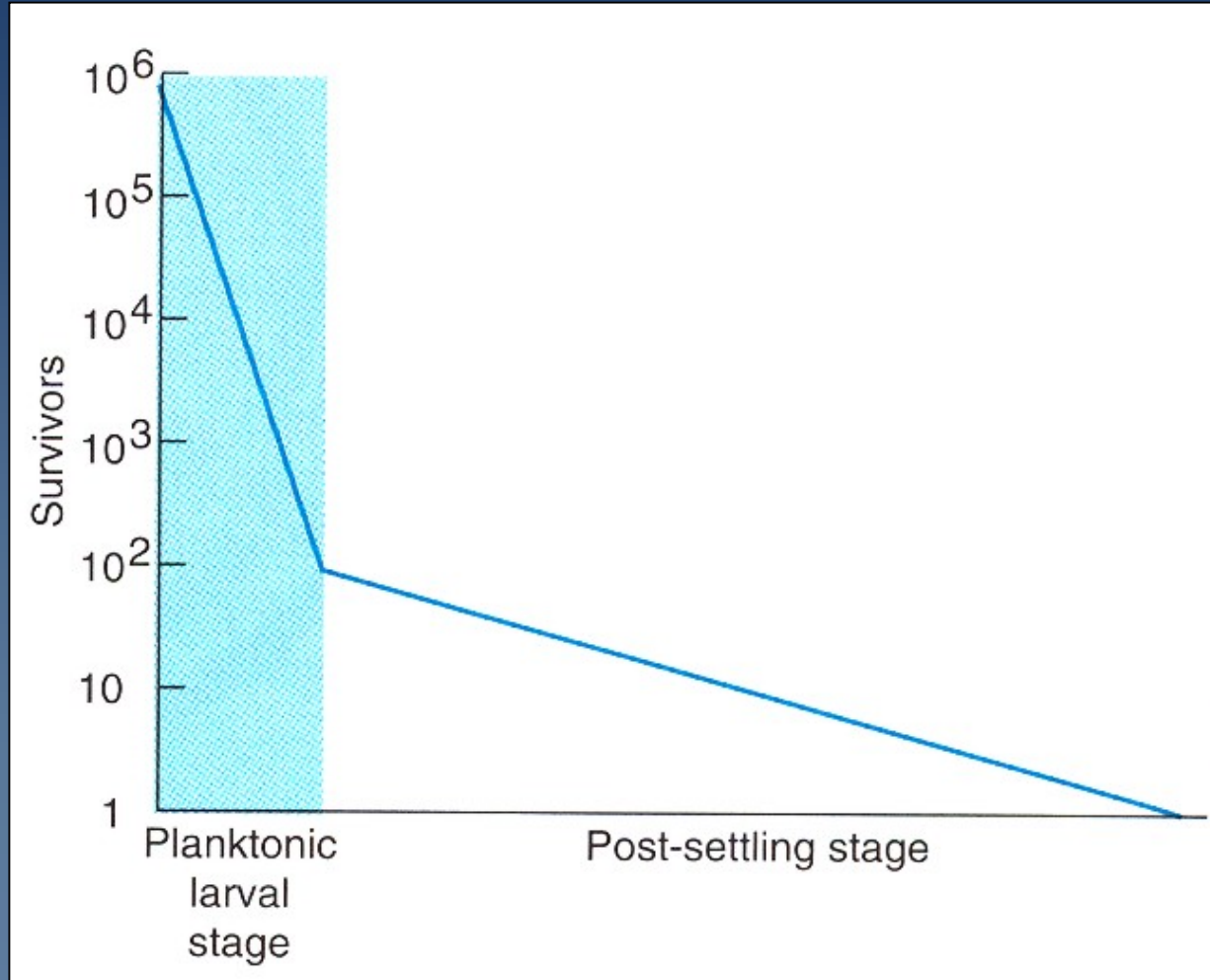


mackerel



tuna

Z planktonu se na dno každá nedostane...

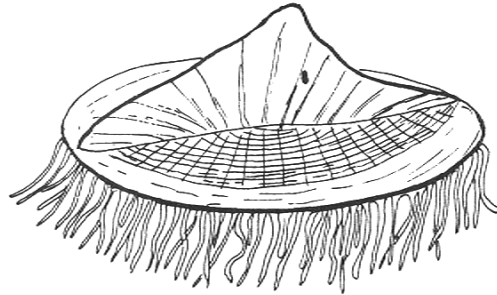


Bentos

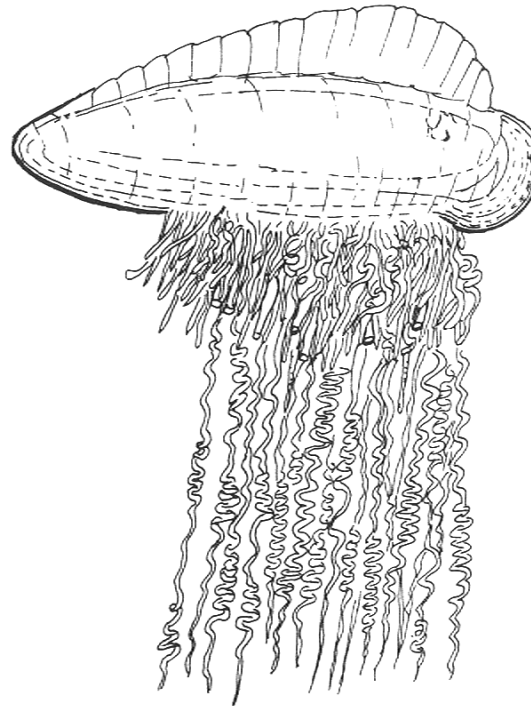
- společenstvo organismů dna
- bentická primární produkce v mělkých vodách s dostatkem světla (*fotosyntéza*)
+ ve specializovaných hlubokomořských společenstvech (*chemosyntéza*)
- bentičtí živočichové žijí jak na povrchu (*epifauna*), tak pod povrchem dna (*infauna*)
- společenstva závislá na typu substrátu, produkci pelagické zóny nade dnem

Pleuston – „Modrá flotila“

1 *Velella velella*



4 *Physalia physalis*



Typy habitatu

	%
Litorální zóny	zanedbatelné
Kontinentální šelf	3
Oceánické oblasti	97
Pevninská úpatí	12
Středooceánské hřbety	5
Pevninské svahy	36
Hlubokomořské (abysální) roviny	42
Mořské příkopy	2

**Otevřený oceán zaujímá
plochu 361 milionů km²,
tedy > 70 % povrchu Země**

Hlubkové intervaly	%
0-1000 m	12
1-2000 m	4
2-3000 m	7
3-4000 m	20
4-5000 m	33
5-6000 m	23
> 6000 m	2

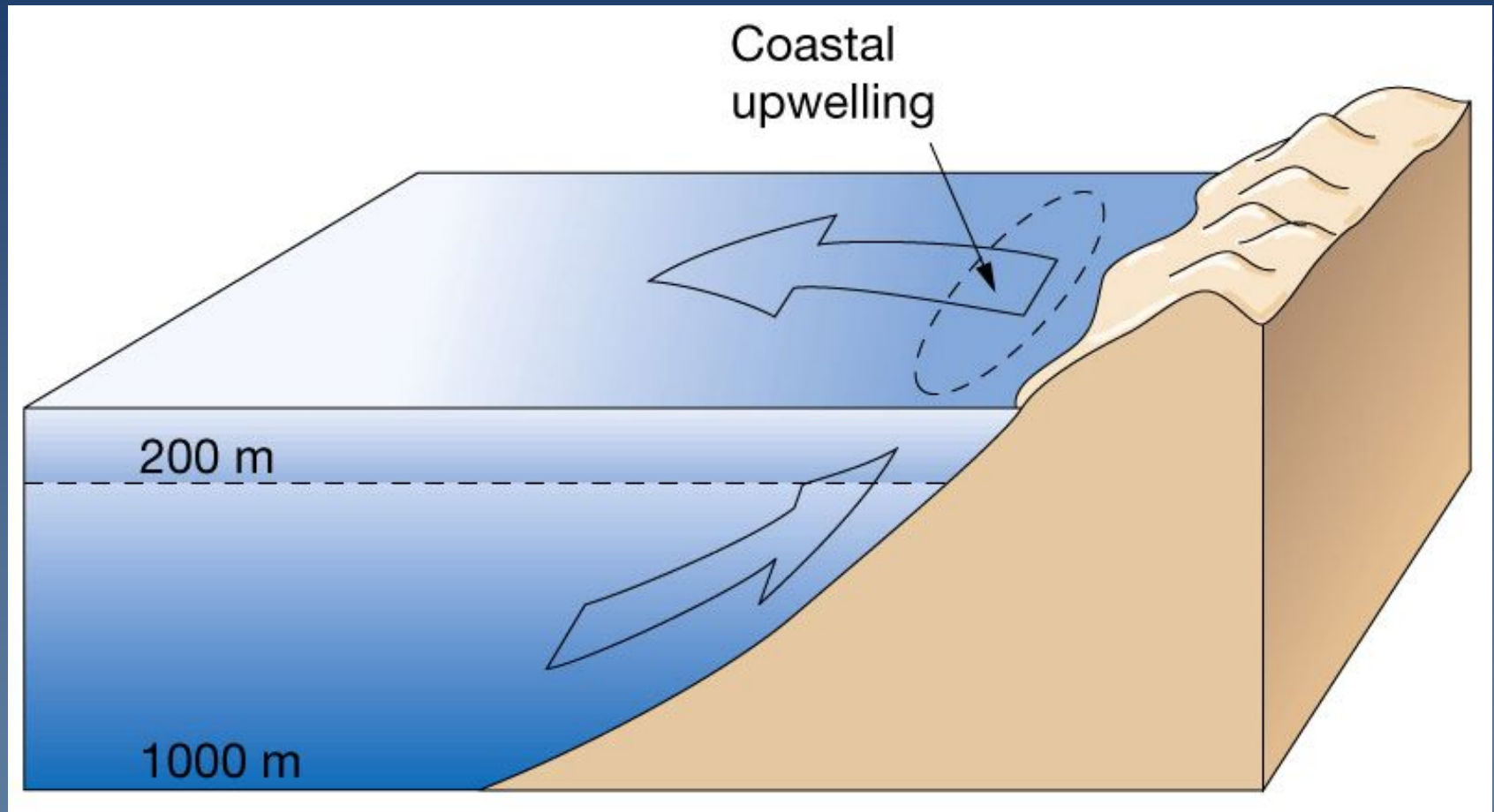
Produkce mořského ekosystému

- rozdíl proti suchozemským ekosystémům:
 - dominuje produkce jednobuněčných „řas“/sinic ve fytoplanktonu
 - obvykle nízké hodnoty primární produkce, vysoké hodnoty sekundární produkce
- rozdíl proti sladkovodním ekosystémům:
 - limitující prvky otevřeného oceánu: Fe, N, P
- produkce volné vody je závislá na přísunu živin
 - z pevniny (splachy, vítr...)
 - z hlubších vrstev

Živiny v mořích a oceánech

- většina mořského prostředí velmi málo úživná
- limitující prvky: dusík, železo, fosfor...
- pobřežní vody obvykle s větším množstvím živin (splach a nálet z pevniny)
- zooplankton se koncentruje v místech většího výskytu fytoplanktonu
- zásadní pro produktivitu mořského pelagiálu
import živin z hypolimnia
 - **míchání** nebo **výstupné proudění** (upwelling)

výstupné proudění (upwelling)

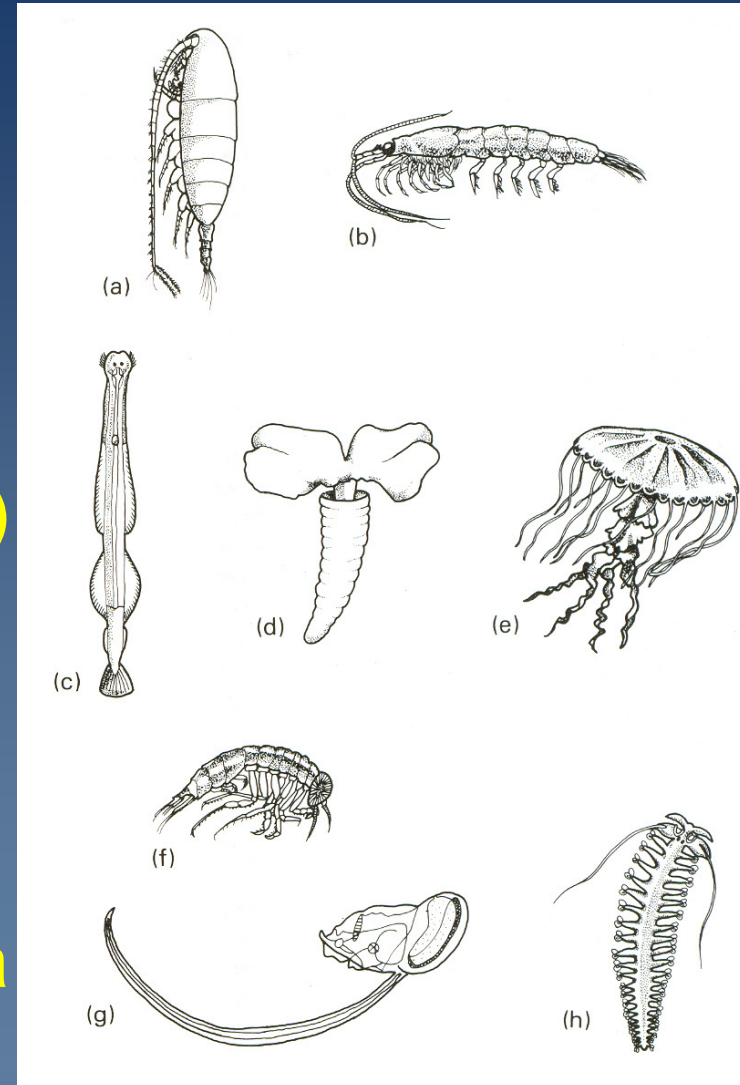


Producenti otevřeného moře

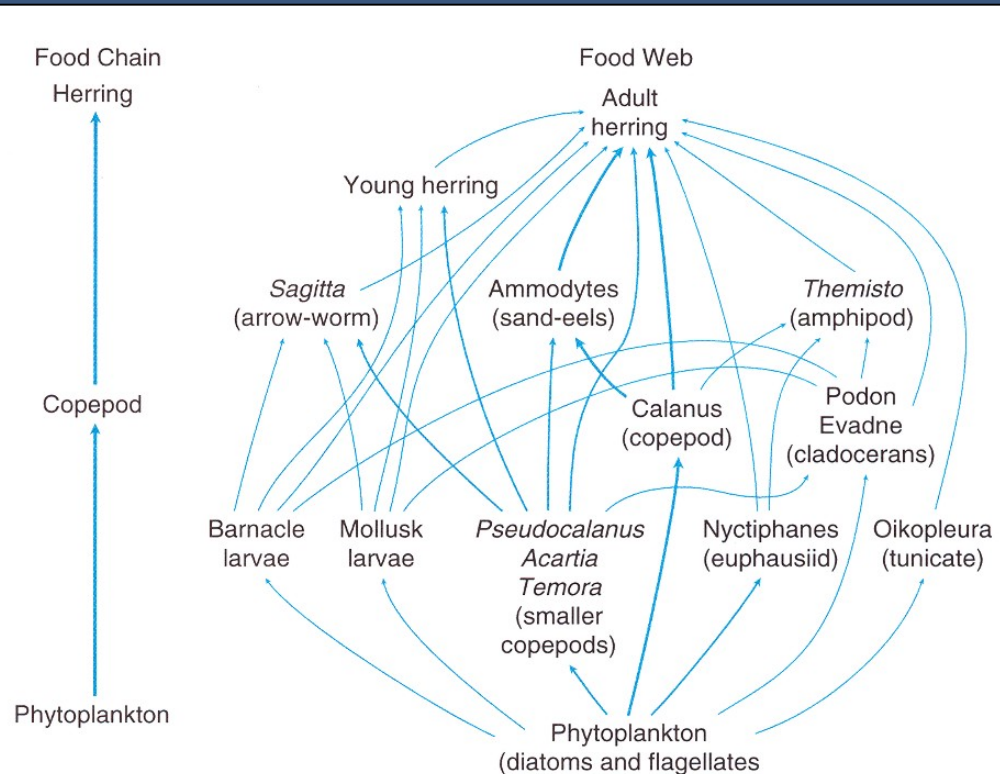
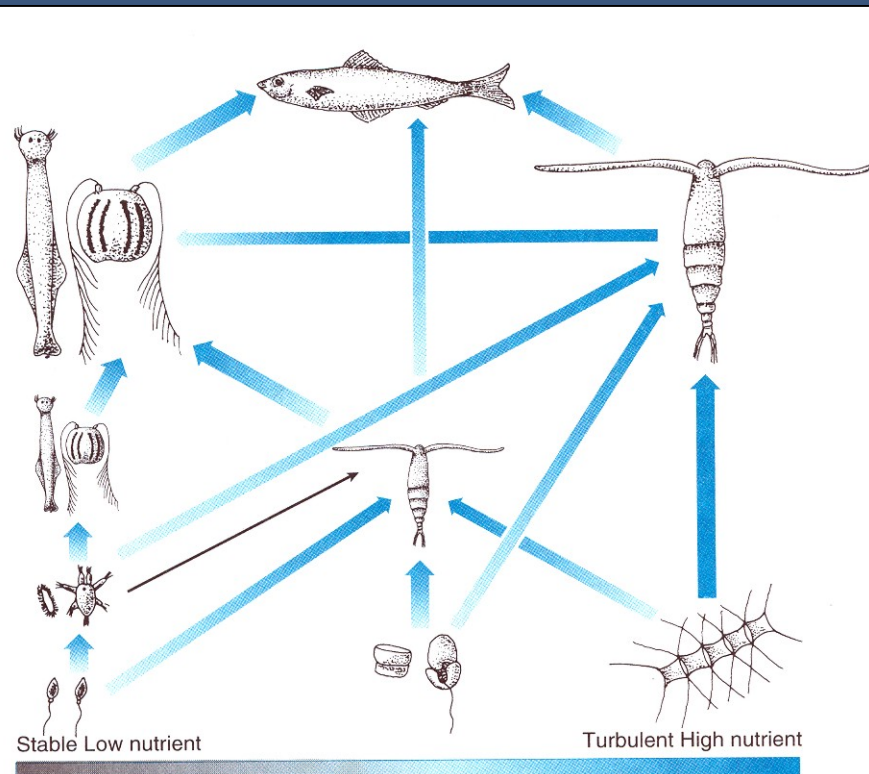
- dominantní skupiny jednobuněčné:
 - rozsivky (Bacillariophyta)
 - pikoplankton (sinice, Prochlorophyta)
 - obrněnky (Dinoflagellata)
 - kokolitky (Coccolithophorida)
- pikoplankton tvoří 1 - >90% PP !
- značná část primární produkce končí v mikrobiální smyčce, přesto má oceánský ekosystém vysokou ekologickou účinnost

Vybraní konzumenti otevřeného moře

- jednobuněční:
dírkonošci
mřížovci
- korýši:
klanonožci (Copepoda)
krunýřovky (Euphausiacea)
- vršenky (Appendicularia)
- dravý zooplankton:
ploutvenky
planktonní plži – Pteropoda
rosolovitý zooplankton



Trofické vztahy v oceánu



Počty trofických úrovní v různých mořských systémech

Oceánické vody

Nanoplankton → mikrozooplankton → makrozooplankton → megazooplankton → zooplanktivorní nekton → nektivorní nekton

Neritické (šelfové) vody

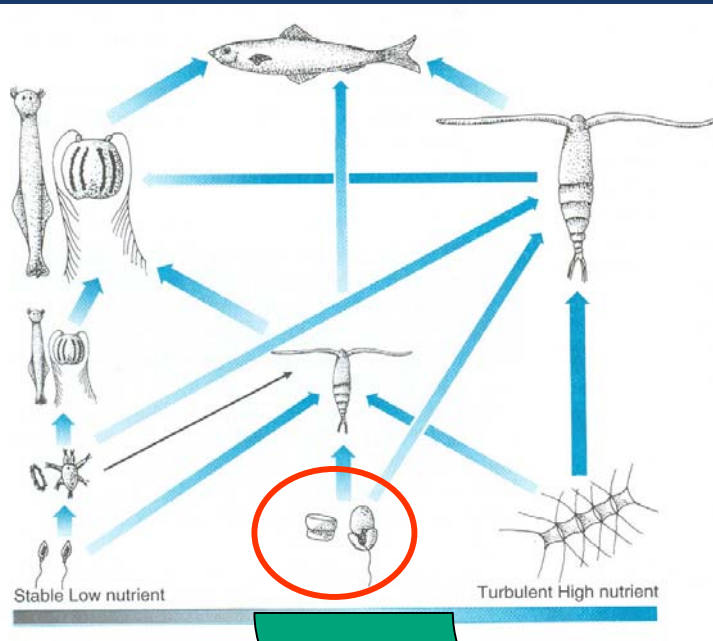
Mikrofytoplankton → makrozooplankton → zooplanktivorní nekton → nektivorní nekton

Oblast výstupného proudění

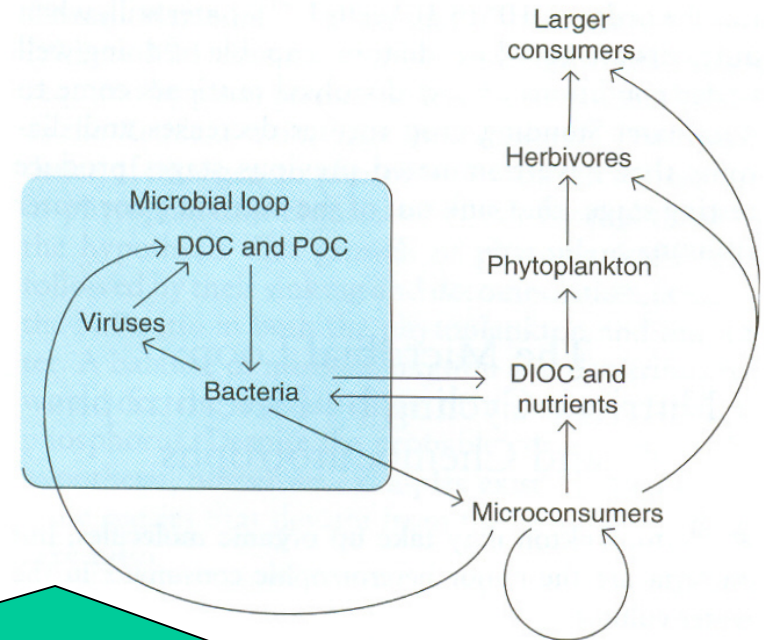
Makrofytoplankton → planktivorní nekton nebo megazooplankton
→ nektivorní nekton nebo
→ planktivorní velryby

Trofické vztahy v oceánu

Potravní řetězec



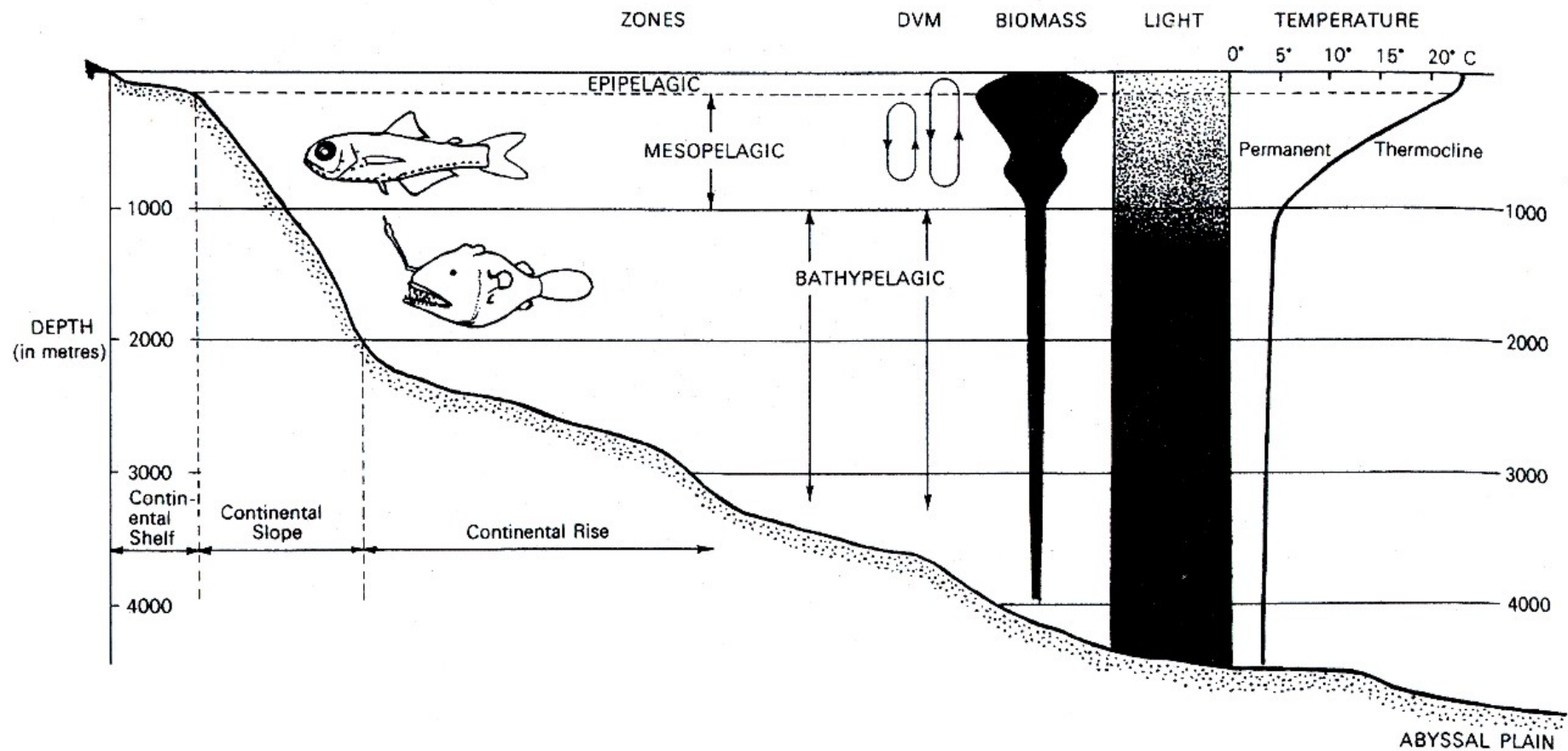
Mikrobiální smyčka



Vliv ryb

- absence ryb $\Rightarrow$ 50 % bakteriální produkce zkonzumováno zooplanktonem
- přítomnost ryb $\Rightarrow$ 4 % bakteriální produkce zkonzumováno zooplanktonem

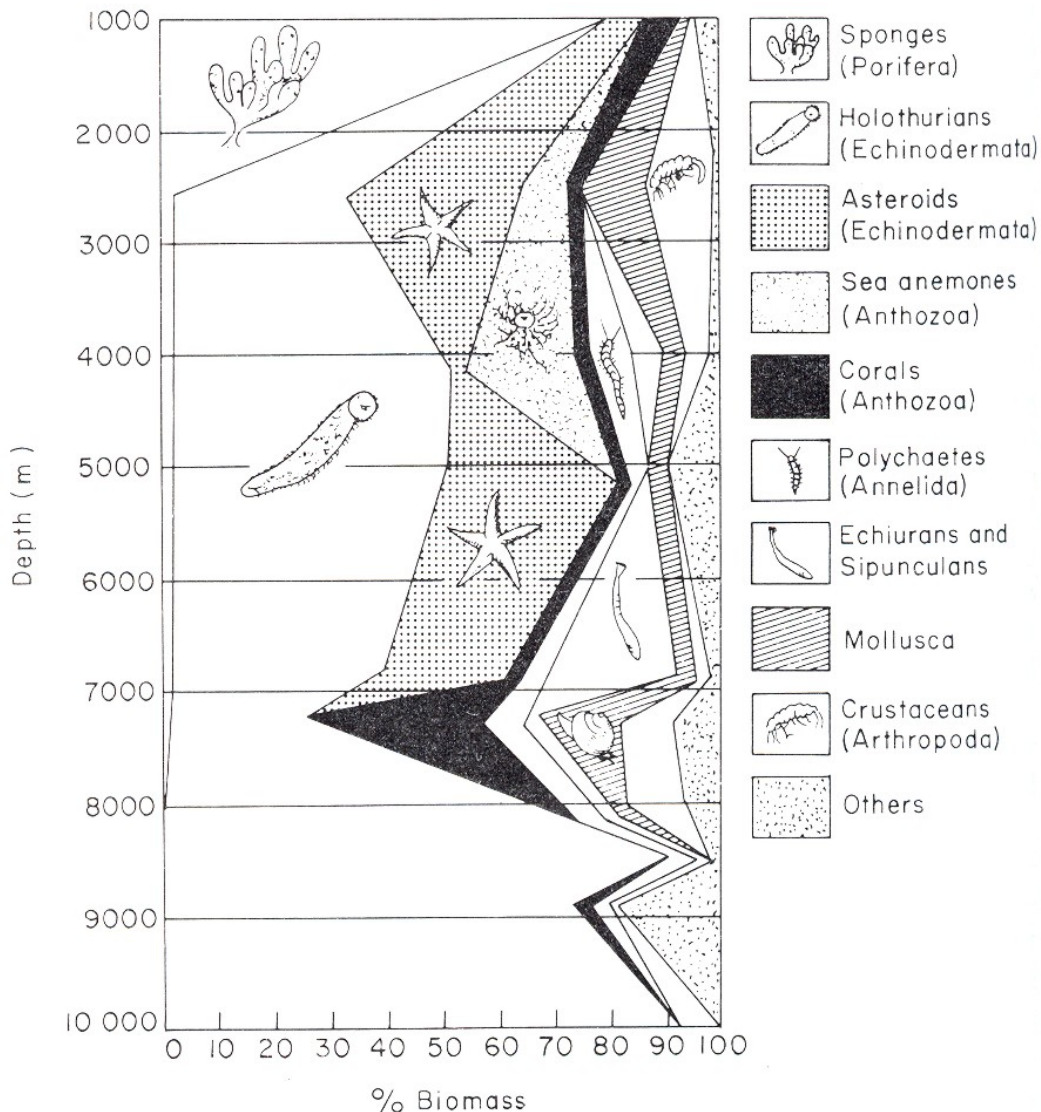
Vertikální gradienty teploty, světla a biomasy organismů



Adaptace na hlubinný život

- „**Neviditelnost**“ - černé nebo tmavočervené zbarvení či průhlednost
- **Soumračná zóna**: dobrý zrak, „countershading“
- **Stavba těla odolná vysokému hydrostatickému tlaku** – ryby bez měchýře, naplnění vodou a tukem
- **Pomalý metabolismus** – efektivní využití energie
- Dravci: schopnost sežrat extrémně velkou kořist
- **Bioluminiscence** – světlo lze využít mnoha způsoby
- **Rozvinutá mechano- a chemorecepce**
- **Bizarní sex**

Kdo to vlastně žere?



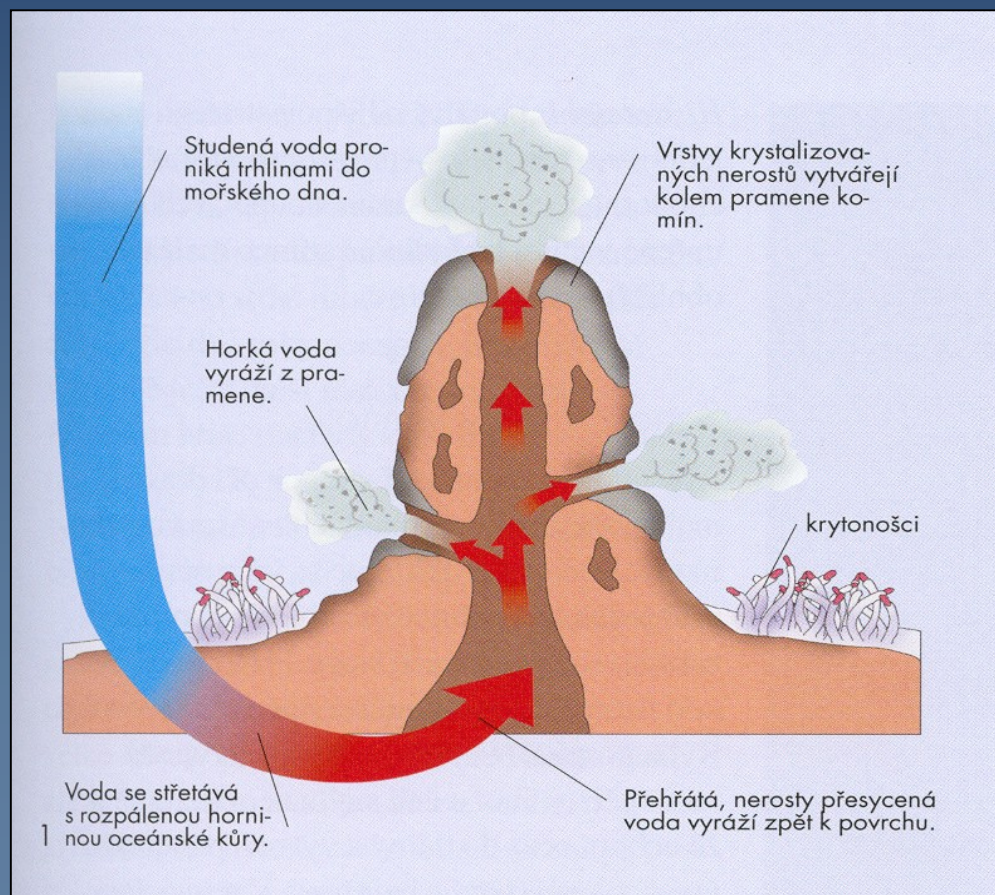
V hloubkách pod 8300 m dominují „depozit (ooze) feeders“

sumýši (Holothuroidea)
tvoří 90 % biomasy veškeré
fauny hlubokomořských příkopů

- až 3000x větší biomasa než v okolní hlubokomořské „pustině“ (>až 30 kg.m⁻² !!!)
- specifická fauna (řada specializovaných druhů)
- živočichové závislí na primární produkci chemosyntetizujících archebakterií
- oxidace sulfanu nebo metanu
- prostředí: 1) okolí hydrotermálních vývěrů
2) slané průsaky
3) uhlovodíkové průsaky
4) průsaky na subdukčních zónách

Hydrotermální vývěry

- černí kuřáci: $>350\text{ }^{\circ}\text{C}$, oblaka sulfidů
- bílí kuřáci: $30 - 350\text{ }^{\circ}\text{C}$, srážení síranů aj.



Netermální průsaky

- teplota prosakující vody není výrazně vyšší než okolí, hustota bývá větší
- hypersalinní průsaky: vyšší salinita
- uhlovodíkové průsaky: voda sycena unikajícím metanem
- společenstva podobná jako v okolí „kuřáků“
- u solných uloženin, ložisek ropy nebo hydrátů zemního plynu, na úpatí kontinentálního svahu

Mořské pobřeží

Typy pobřeží

Charakter pobřeží a jeho oživení jsou zásadně ovlivněny dvěma vzájemně souvisejícími faktory:

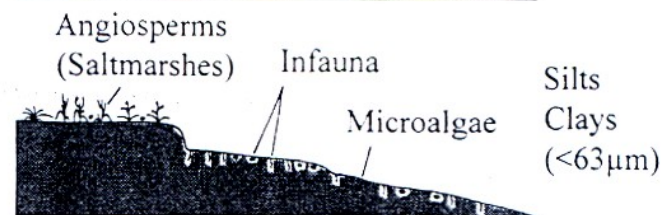
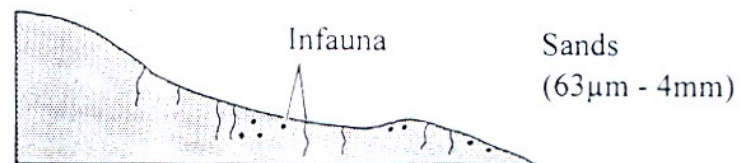
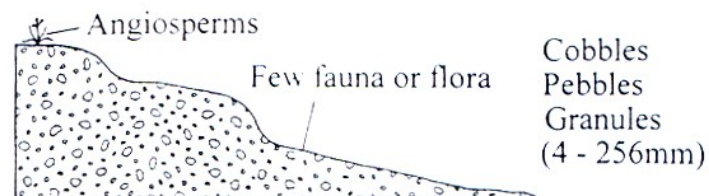
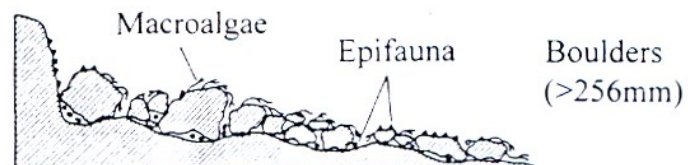
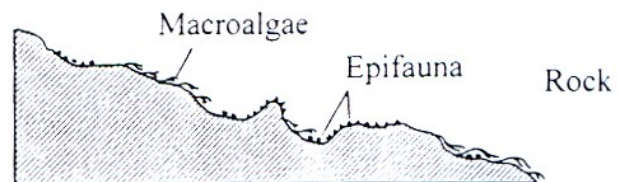
expozice vlnám

typ substrátu

Hlavní rozlišení:

tvrdé vs. měkké substráty
(skalnaté vs. písčité/bahnité dno)

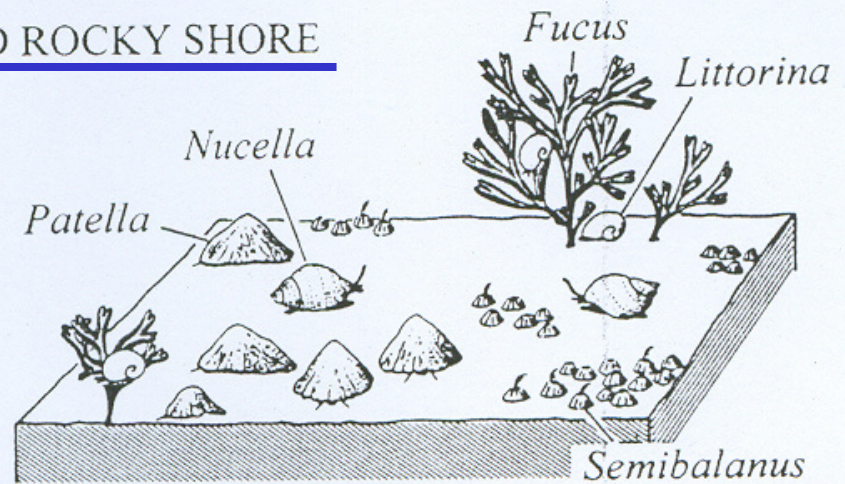
Typy pobřeží



Pevný vs. měkký substrát

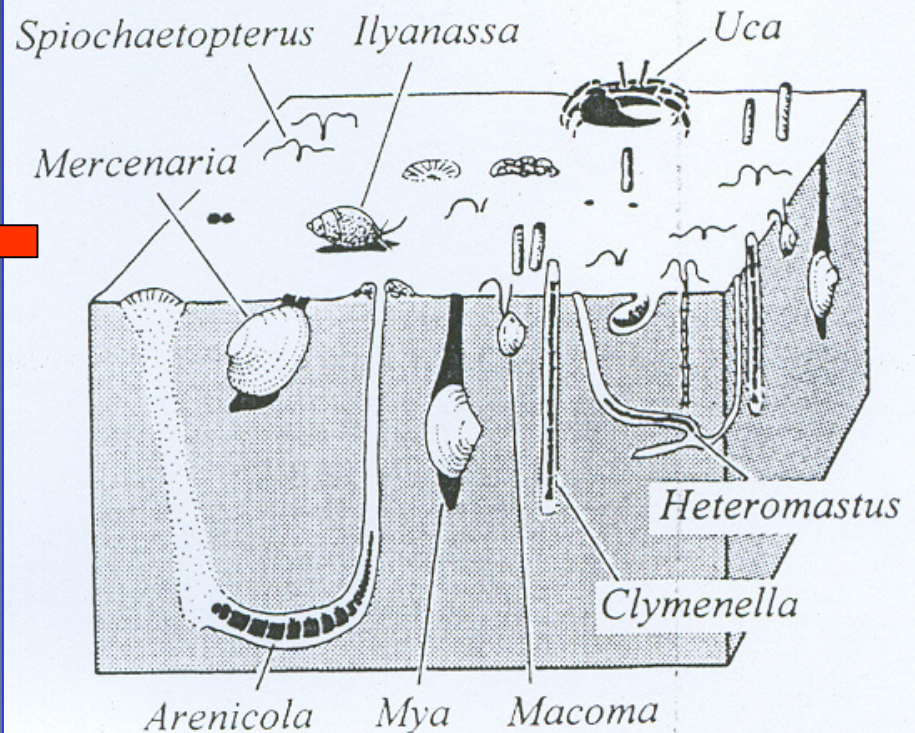
Skalnatá pobřeží jsou osídlená zpravidla pouze na svém povrchu (epifauna), jsou snadno kolonizovaná řasami

2D ROCKY SHORE



Jemné substráty jsou osídlené jak na povrchu (epifauna), tak uvnitř (infauna)

3D SOFT SHORE



nejhůře je na tom s oživením štěrk

Charakter pobřeží

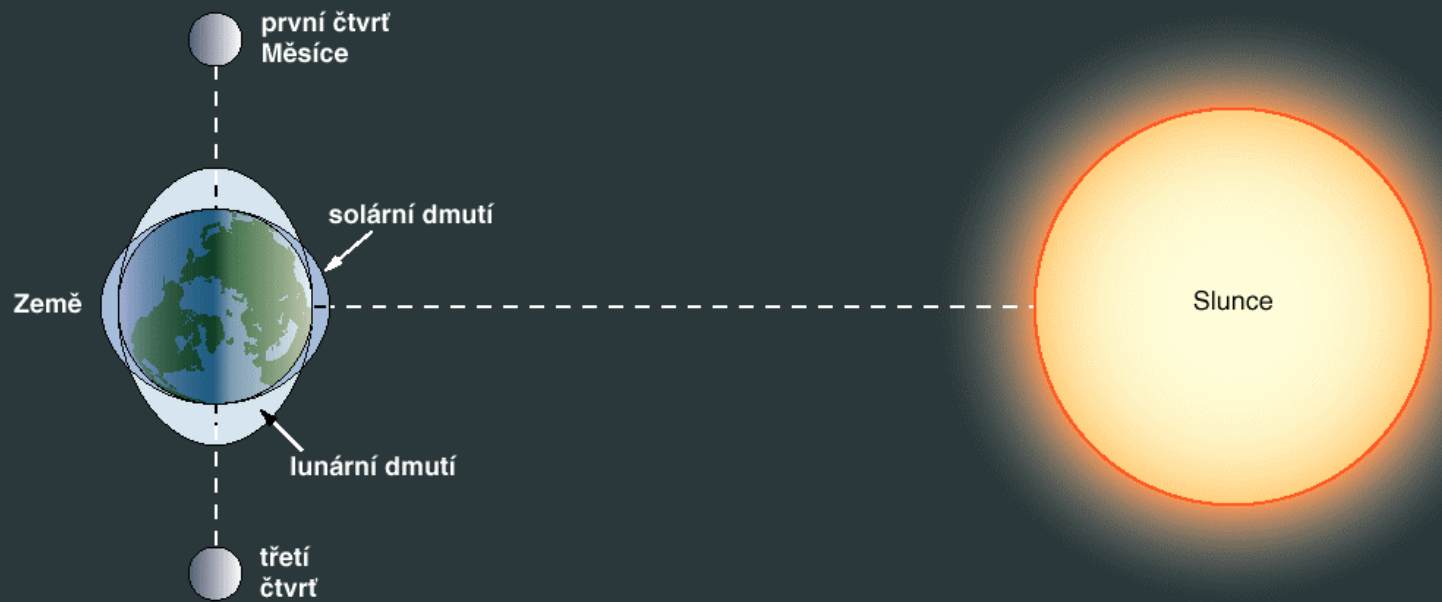
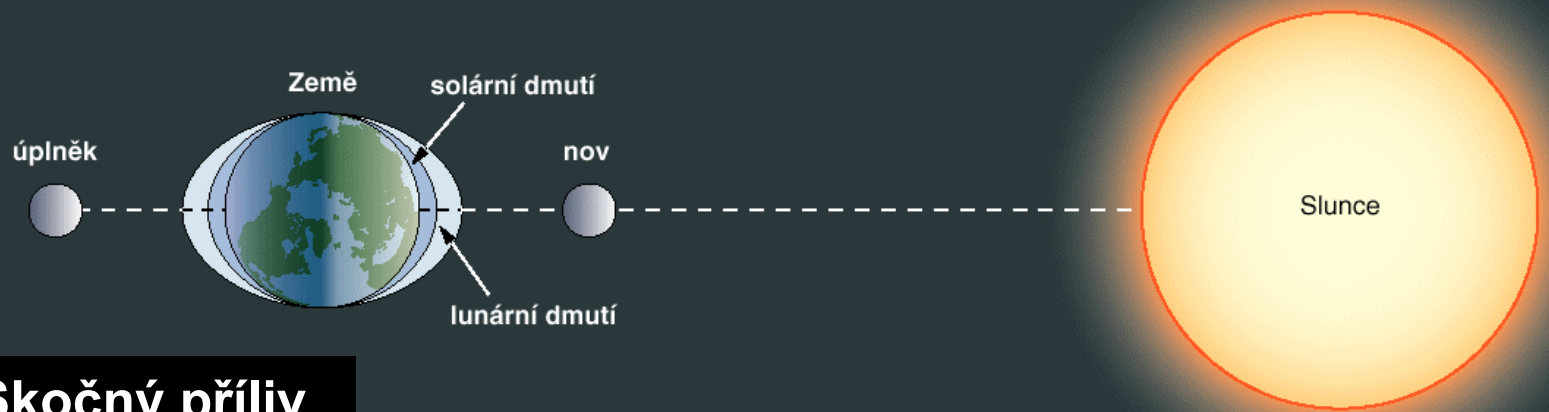
Charakter pobřeží a jeho oživení jsou zásadně ovlivněny ~~dvěma~~ vzájemně souvisejícími faktory:

expozice vlnám

typ substrátu

výška přílivu

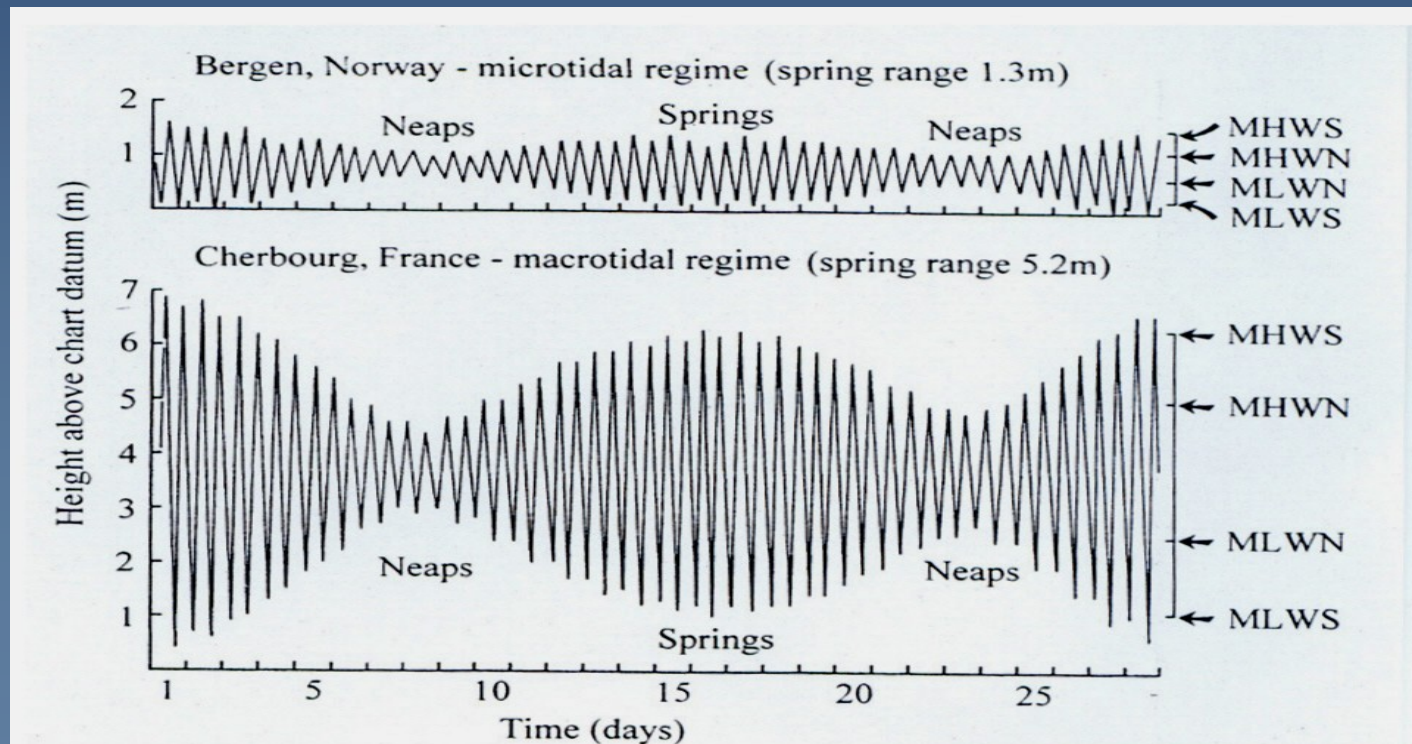
Slapové jevy aneb dmutí



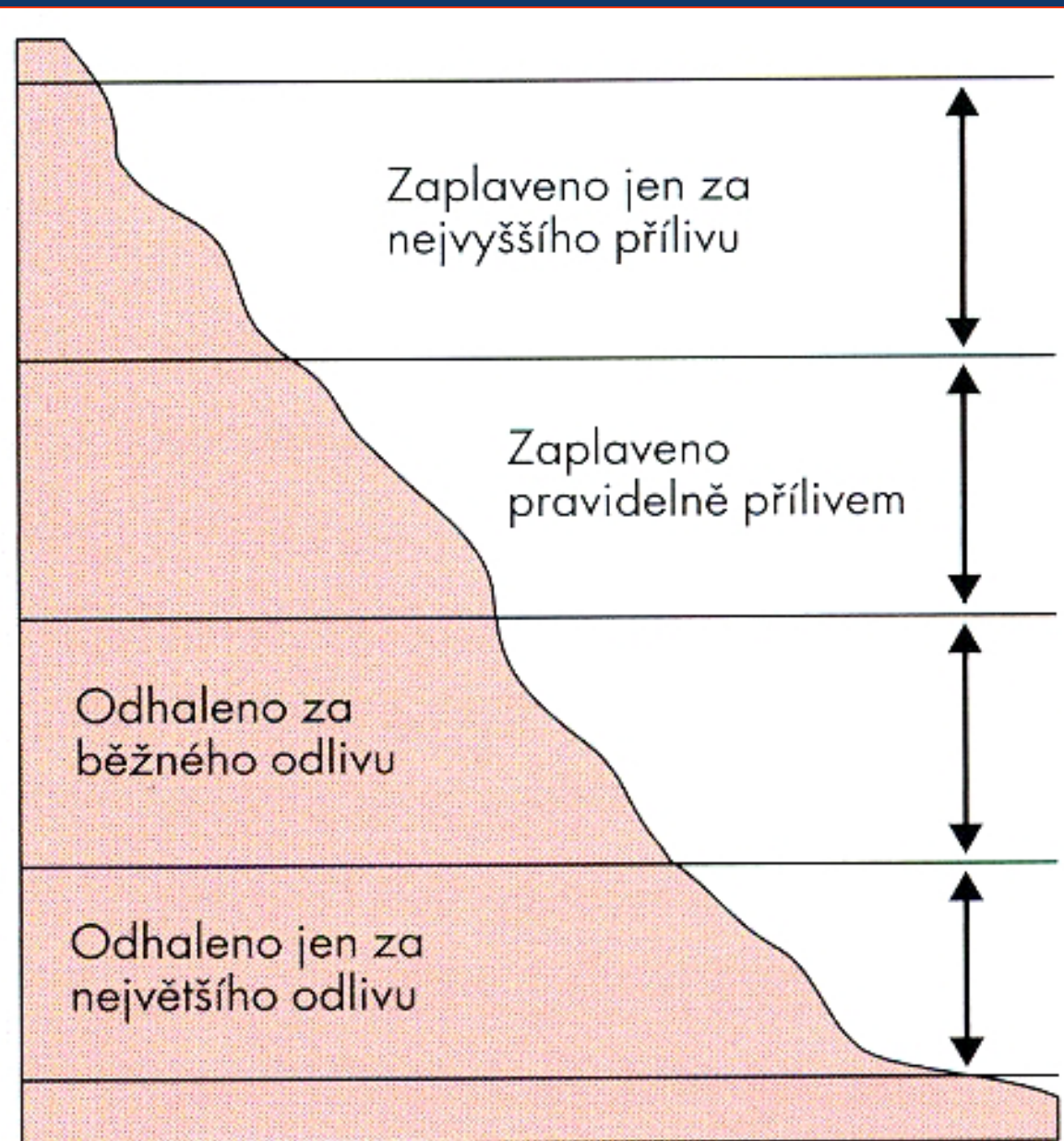
Slapové jevy aneb dmutí

Příliv a odliv se obvykle opakují dvakrát za 24 hodin a 50 minut.

Maxima dvou následujících přílivů (odlivů) jsou tedy od sebe vzdálena 12 hodin a 25 minut,
vrcholící příliv od nejnižší hladiny odlivu 6 hodin a 12 minut.



Vertikální zonace přílivové zóny



MHWS

(mean high water spring)

MHWN

(mean high water neap)

přílivová zóna

(intertidál, litorál)

MLWN

(mean low water neap)

MLWS

(mean low water spring)

Faktory ovlivňující intertidální organismy

Prostředí proměnné podle cyklu přílivu a odlivu

- **Vysychání a tepelný stres:**
větší organismy ztrácejí méně vody, menší rychleji teplo;
delší a tenké organismy vysychají více než kulaté
rovnováha: *Mytilus edulis*,
- **Změna salinity:** ústí řek, tůň na skalnatém podloží
- **Omezení přístupu k potravě:** nižší reprodukce (plži, filtrátoři)
- **Redukce kyslíku:** redukce metabolické rychlosti, hemoglobin (*Arenicola*),
dýchání vzdušného kyslíku (*Geukensia demissa*)
- **Mobilní druhy:** návrat „domů“ (přilipky), vertikální migrace (*Littorina neritoides*), strategie „swash riders“ (*Donax*), zahrabávání...

Zonace skalnatých pobřeží

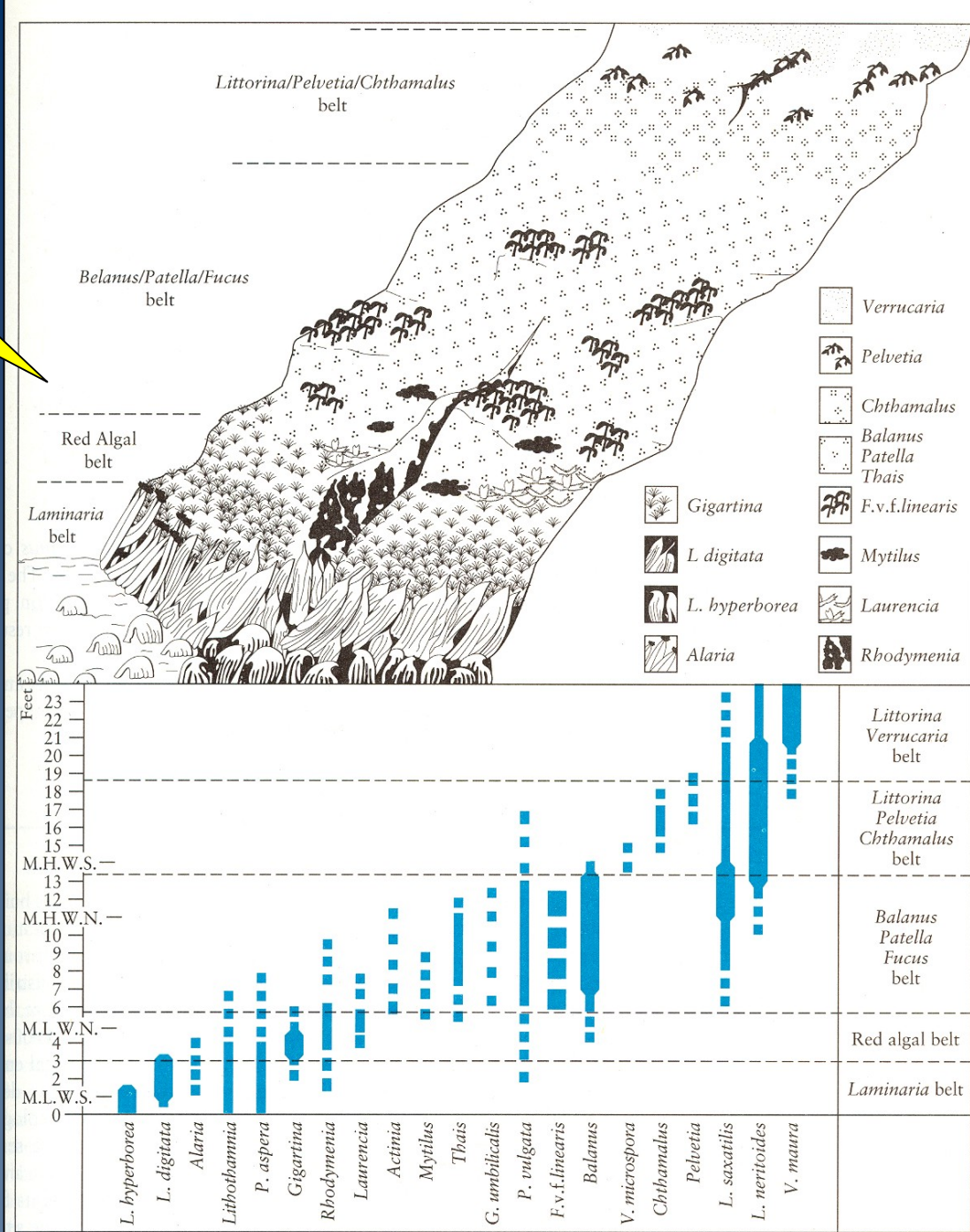
- Produktivita je nízká v horní části a vzrůstá směrem k dolní
- Směrem k dolní části vzrůstá složitost druhů a společenstva
- Směrem k dolní části vzrůstá kompetice
- Horizontální pásy společenstev

Zonace je výsledkem interakcí mezi fyzikálními, chemickými a biotickými faktory:

⇒ limitující faktory tohoto ekosystému

⇒ adaptace organismů k těmto faktorům

Středně exponované
pobřeží SZ Skotska s
typickou dominancí
svijonožců



příliv

odliv

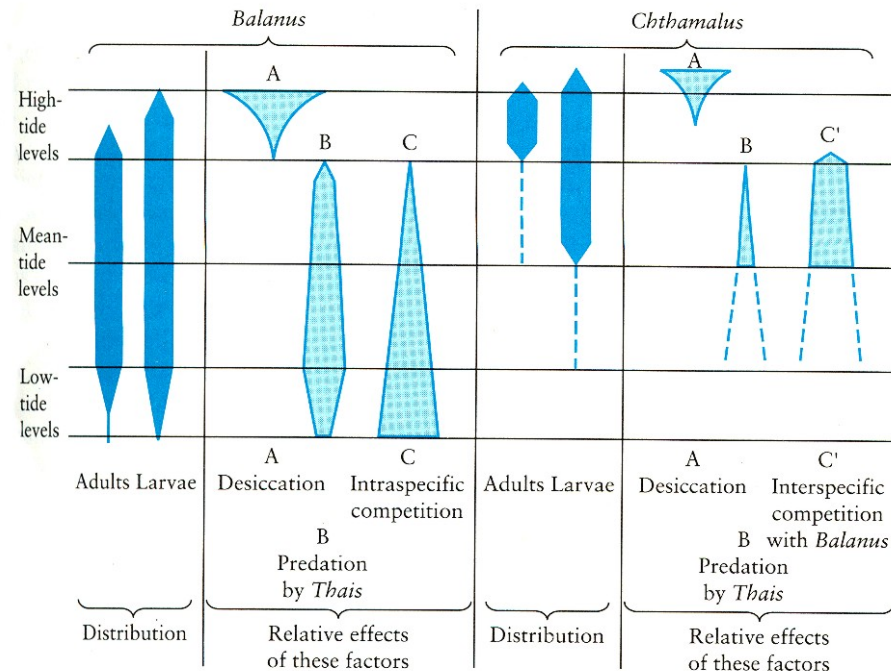
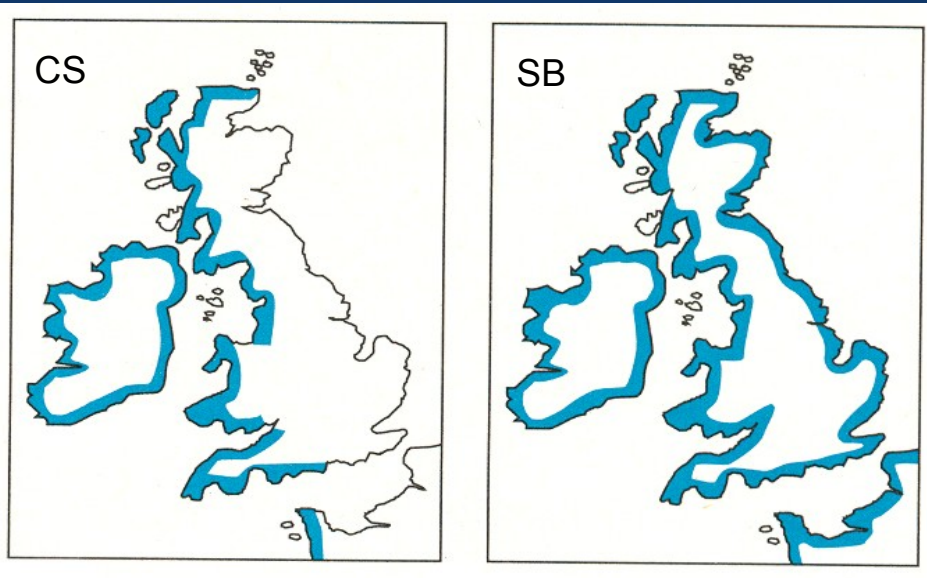
Příčiny zonace

- **Rozdílná fyziologická tolerance** – tolerance k vysychání, redukovaný čas na krmení, redukovaný přístup ke kyslíku a extrémní teploty ⇒ **vilejší vs. sasanky**
- **Habitatová preference larev a dospěců** – larvy sesilních druhů jsou schopné usadit se na místech vhodných pro dospělé jejich vlastního druhu ⇒ **vilejší**
- **Kompetice** – prostorová limitace vede ve fyziologicky vhodných zónách k dominanci druhů, kteří jsou schopni přerůst nebo odstranit druhy ostatní ⇒ **mlži, vilejší**
- **Predace** – predátoři jsou často silně limitováni dobou ponoření, proto je predace obvykle omezená na spodní patra pobřeží ⇒ ***Nucella lapillus* (Evropa), *Pisaster ochraceus* (USA)**

Horní hranice rozšíření intertidálních druhů je regulována **fyzikálními faktory**, zatímco **dolní hranice** je regulována **biologickými faktory** (kompeticí, predací).

Biologické vlivy zonace – příklad kompetice

Distribuce *Chtamalus stellatus* (CS) a *Semibalanus balanoides* (BB) na Britských ostrovech

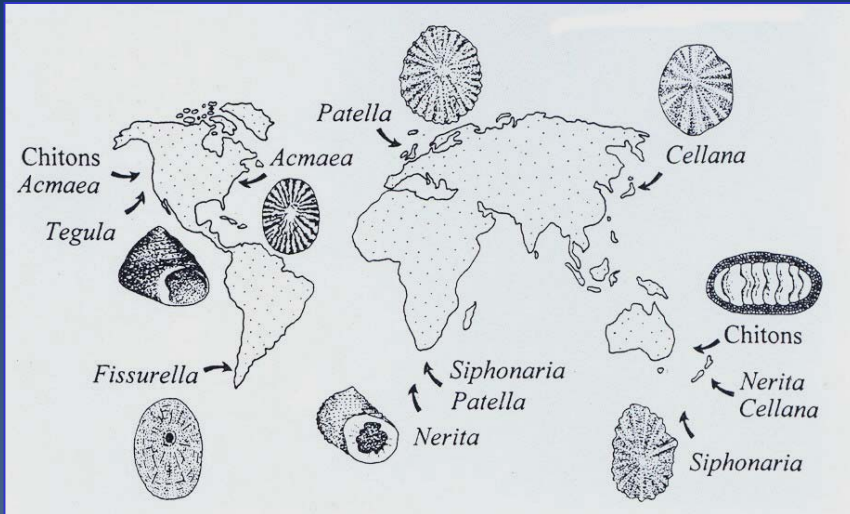


Společenstva sublitorální zóny jsou
velmi náchylná na vysychání

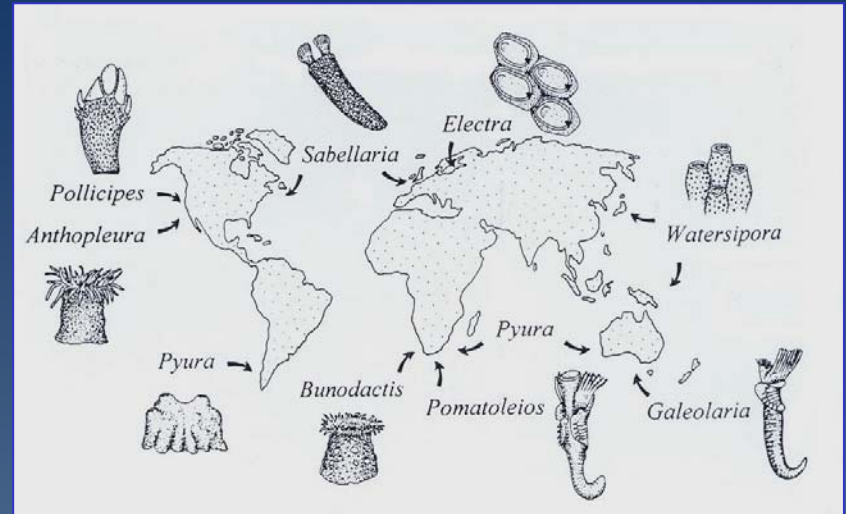
Během odlivu se husté porosty
chaluh ocitají na „suchu“:
- úkryt pro litorální živočichy

Rozšíření organismů skalnatých pobřeží

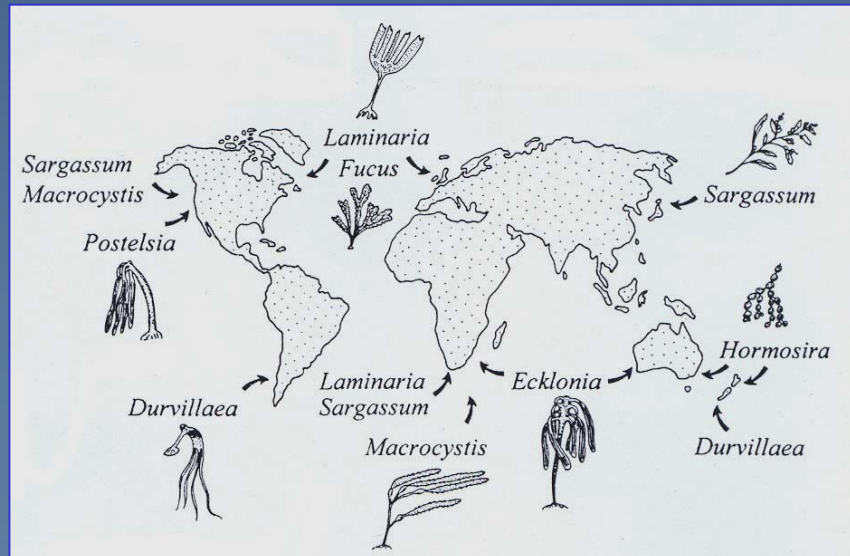
Spásači



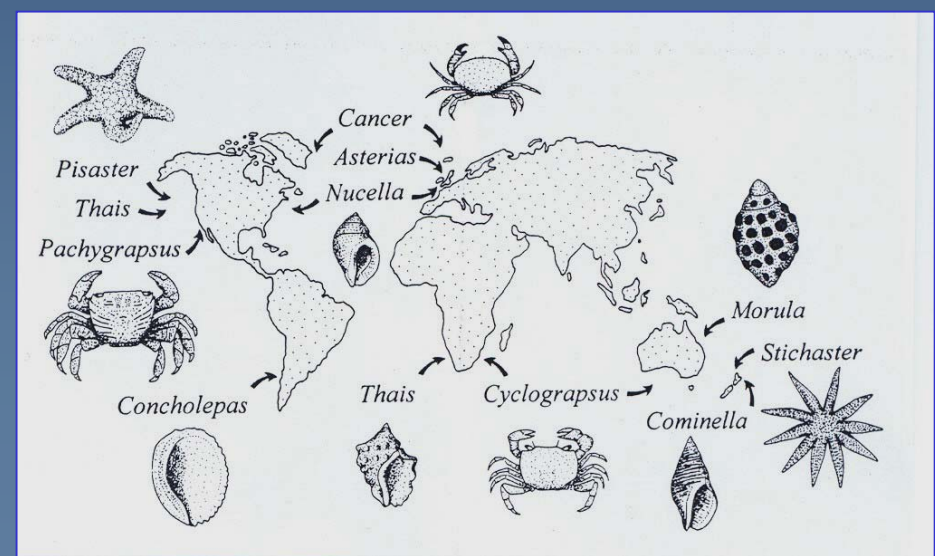
Filtrátoři a detritovoři (suspension feeders)



Chaluhy

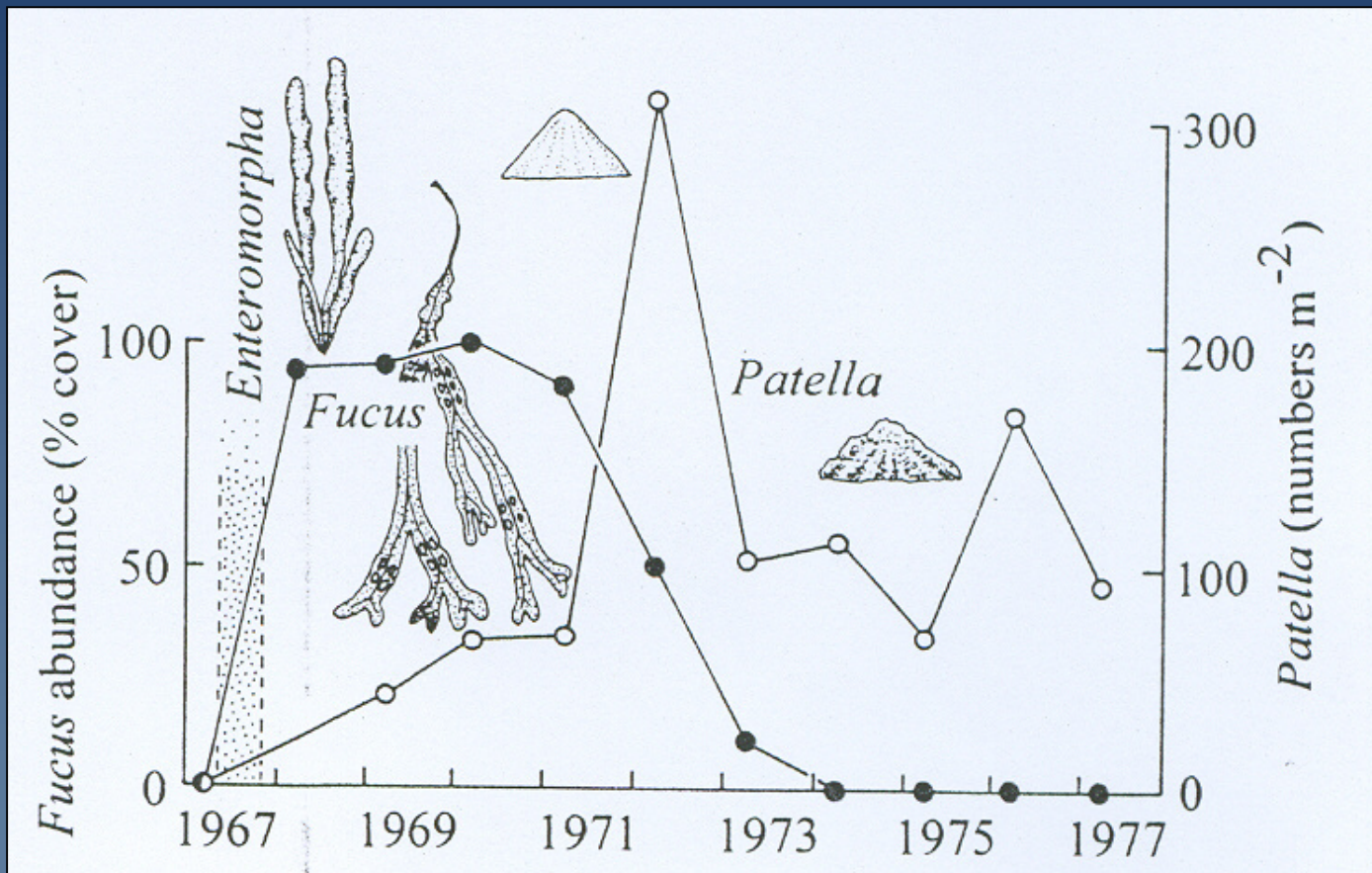


Predátoři



Spásači a jejich vliv – *Patella* spp.

Rekolonizace skalnatého pobřeží po zasažení ropou
po havárii tankeru Torrey Canyon, Cornwall



Po zasažení ropou byl růst přílipek velmi pomalý, ale po dosažení maximální hustoty přílipky velmi rychle zlikvidovaly porosty chaluhy

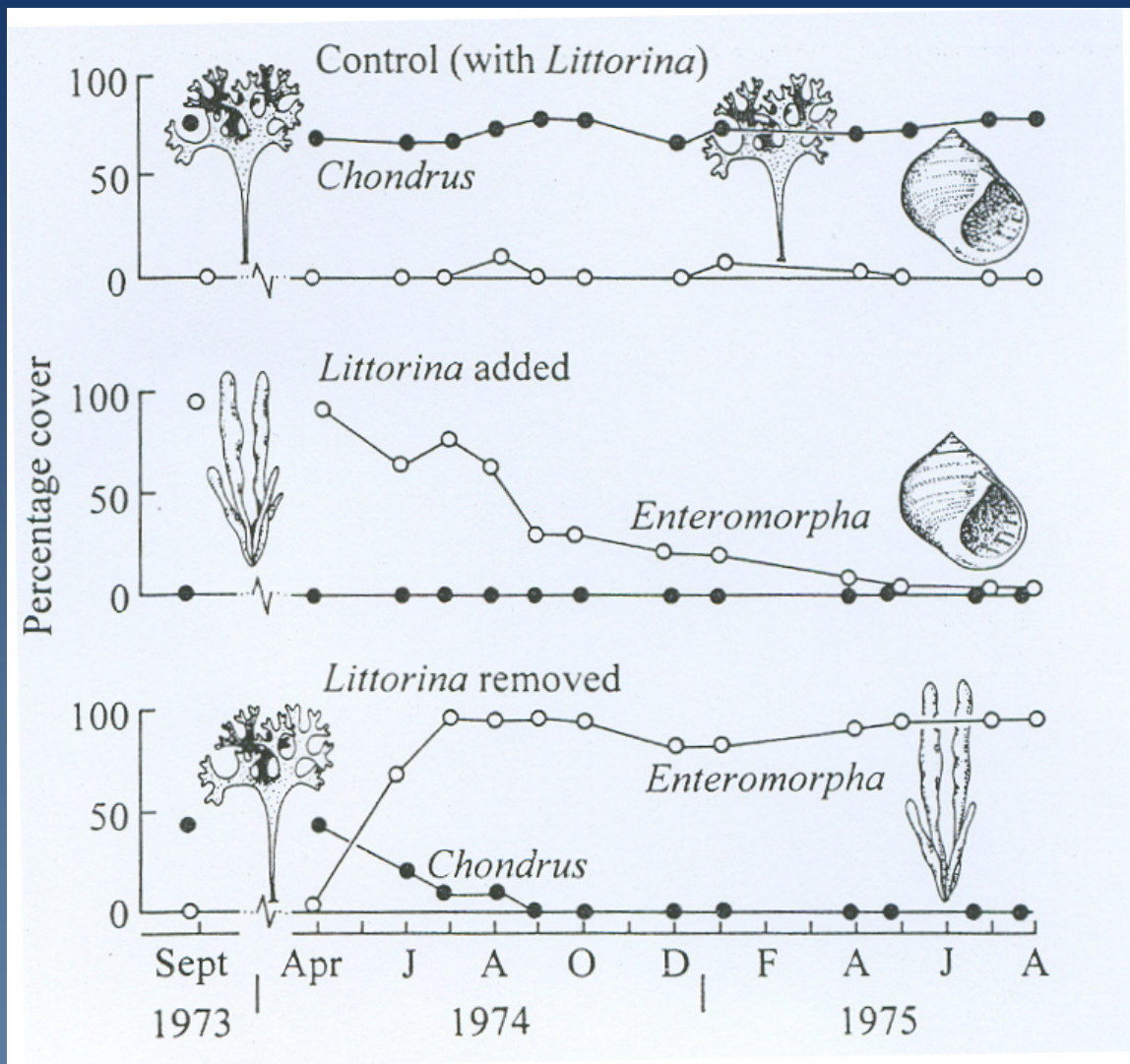
Spásači a jejich vliv – *Littorina littorea*

Je-li plž vzácný či chybí, *Enteromorpha* vyloučí další druhy a diverzita řas bude nízká

Je-li hustota plže střední či vyšší, sníží se abundance *Enteromorphy*, konkurence je omezena a mnoho druhů řas koexistuje



Vyšší diverzita



Keystone species hypothesis

Pisaster ochraceus

Predátor svijonožců, slávek,
chroustnatek, přílipek

Odstranění hvězdice vedlo
ke snížení počtu druhů



Hvězdice uvolňovala prostor
konkurenčně podřízeným druhům

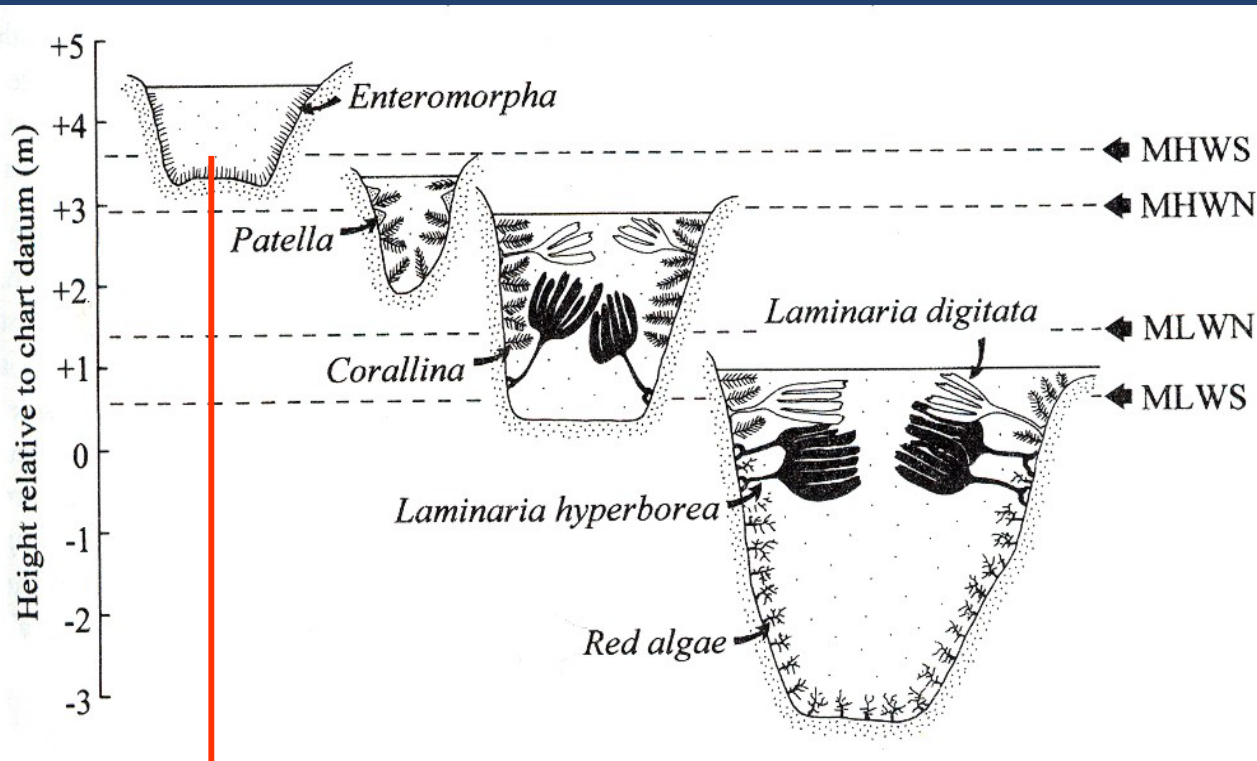


Odstranění vilejšů a slávek, které
konkurenčně vytlačovaly jiné
bezobratlé a řasy

Kontrola společenstva jedním konzumentem ?

Přílivové tůně na skalnatém podloží

Schéma přílivových tůň na exponovaném pobřeží JZ Irska



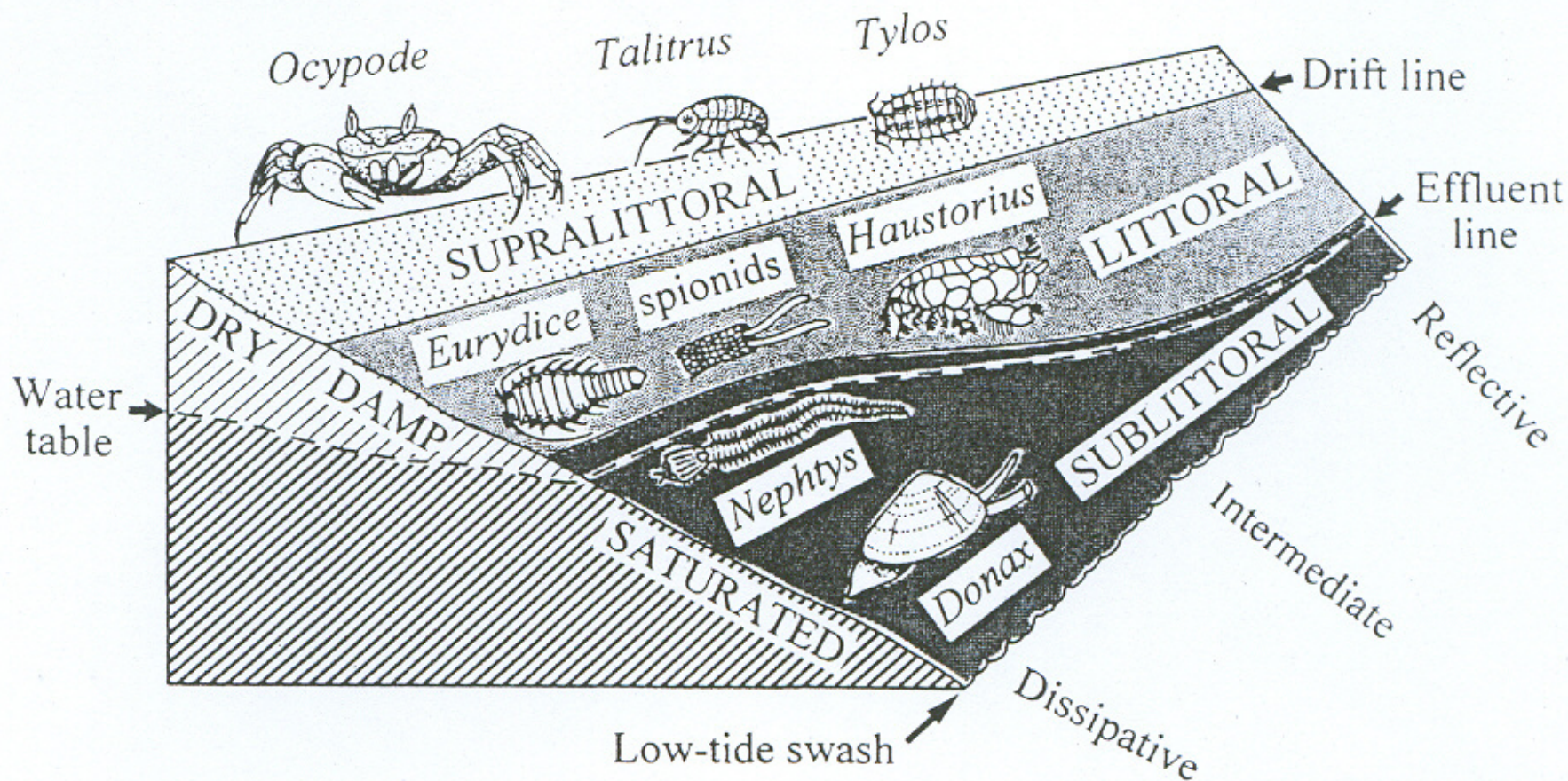
Velmi chudé společenstvo, silný vliv vysychání a kolísání salinity

Společenstvo i podmínky prostředí podobné sublitorálu

Dominance klanonožce *Tigriopus fulvus* – až $720 \times 10^3 \text{ m}^{-2}$

Zonace na měkkých substrátech

- Horizontální zonace
- Vertikální zonace (mikro-/meio- a makrofauny)
- Distribuce podél gradientů salinity v estuárech

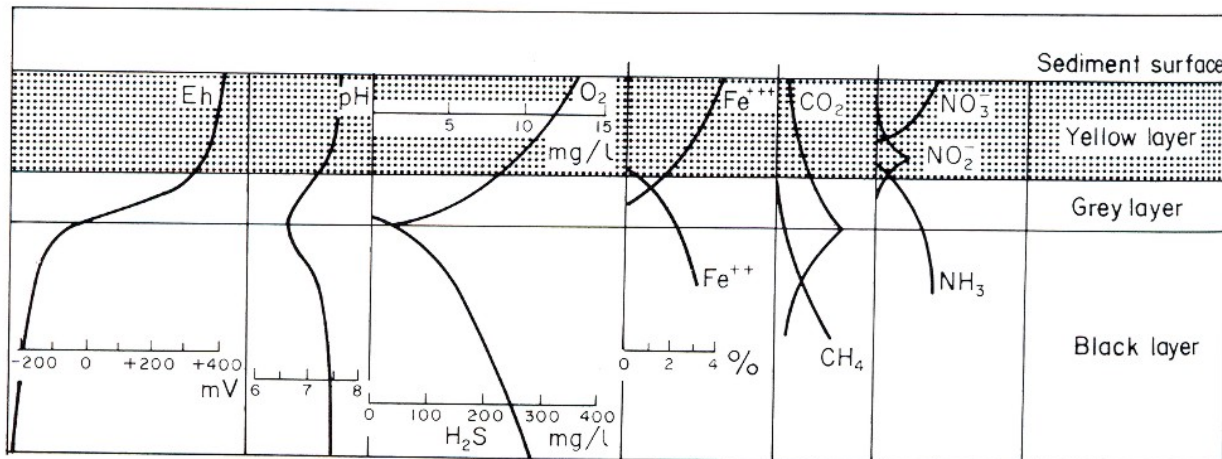
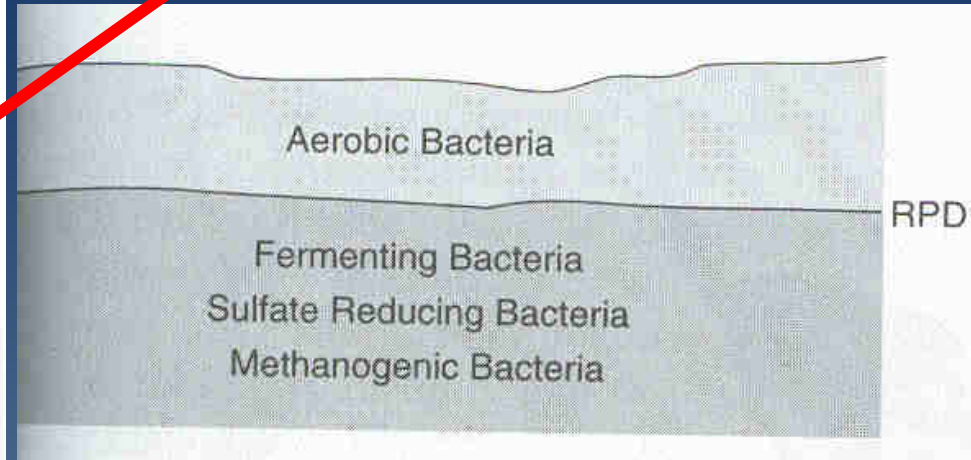
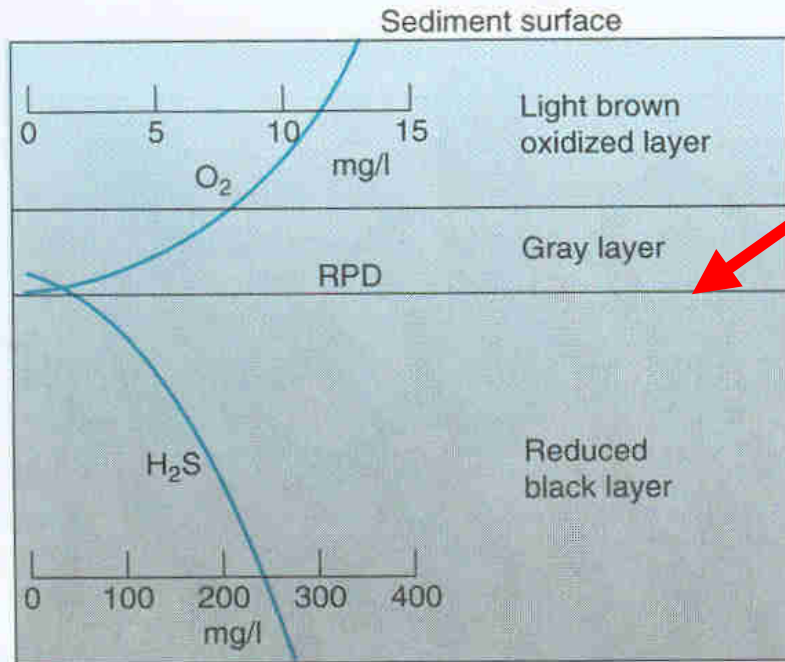


Charakteristika biologických složek písčitého litorálu (pláže u Sopot, Polsko, 1998-1999)

Funkční skupina	Počet druhů	Hlavní zóna výskytu	Biomasa v plážovém sedimentu [g C m ⁻²]	Produkce v plážovém sedimentu [g C m ⁻² .rok ⁻¹]	Funkce
Mikrofytobentos (zejm. rozsivky)	50	Horní 1 cm	5	55	Primární produkce, fixace uhlíku a živin
Meiofauna (zejm. Nematoda)	500 ?	Horních 20 cm	0.15	2	Fragmentace org. hmoty, akcelerace mineralizace
Baktérie, mikrohouby	> 1000 ?	Horních 50 cm	1.4-10	100-700	Mineralizace org. hmoty, koloběh živin
Makrofauna (zejm. korýši a měkkýši)	20	Horních 5 cm	3	1	Fragmentace organické hmoty, spotřeba
Vrcholové trofické skupiny (zejm. ryby a bahňáci)	10	V blízkosti písčitého povrchu dna	0.1	0.1	Spotřeba makrofauny, přenos energie do sublitorálu

Podmínky prostředí

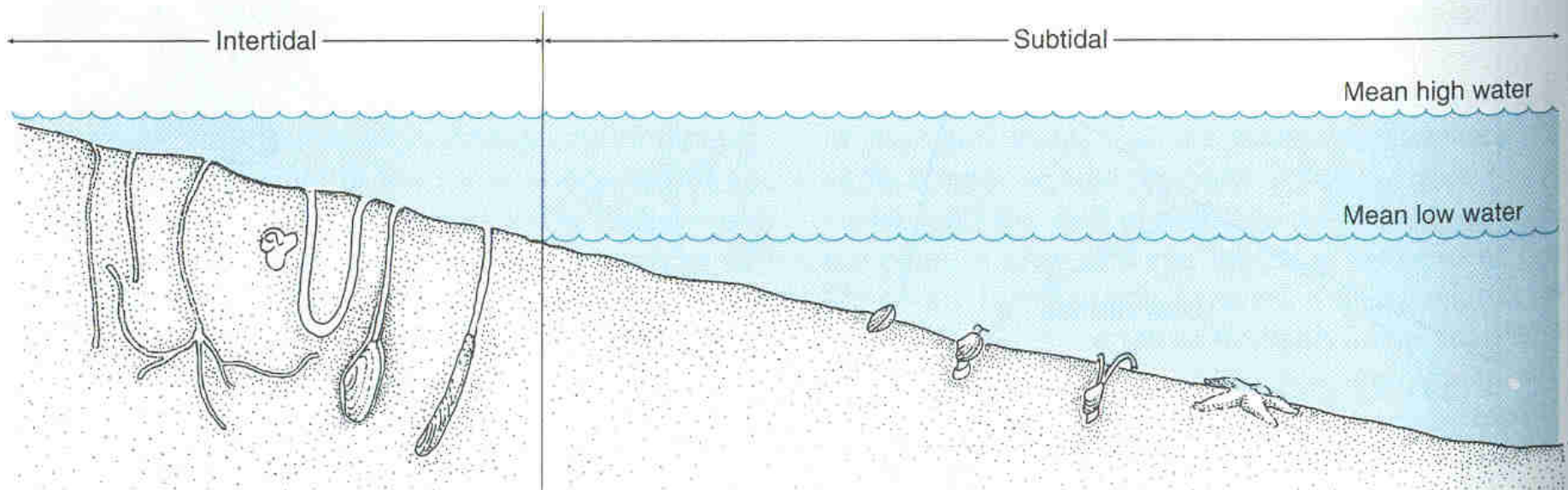
Redox potential discontinuity (RPD)



- Absence světla
- Absence kyslíku
- Redukční podmínky
- Redukce prostoru

Adaptace organismů

Teplota a vysychání

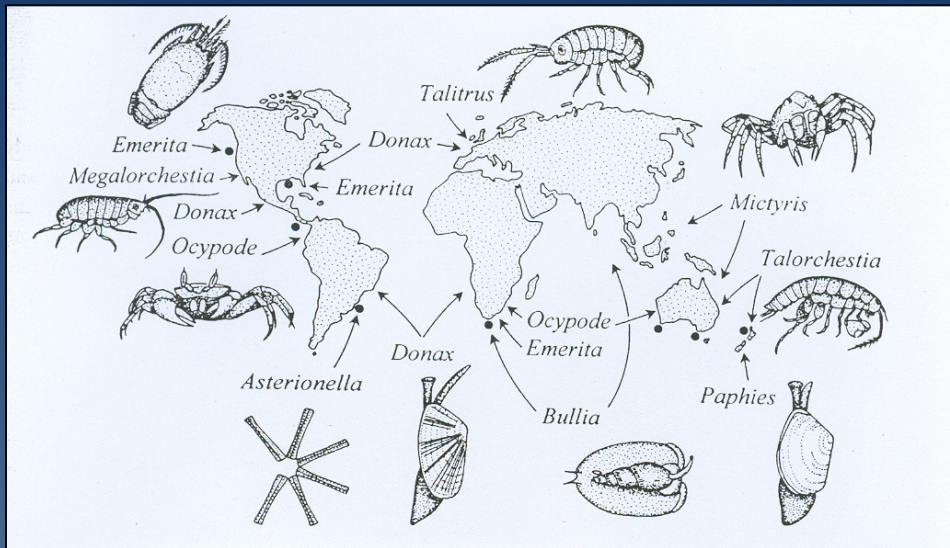


Ensis directus

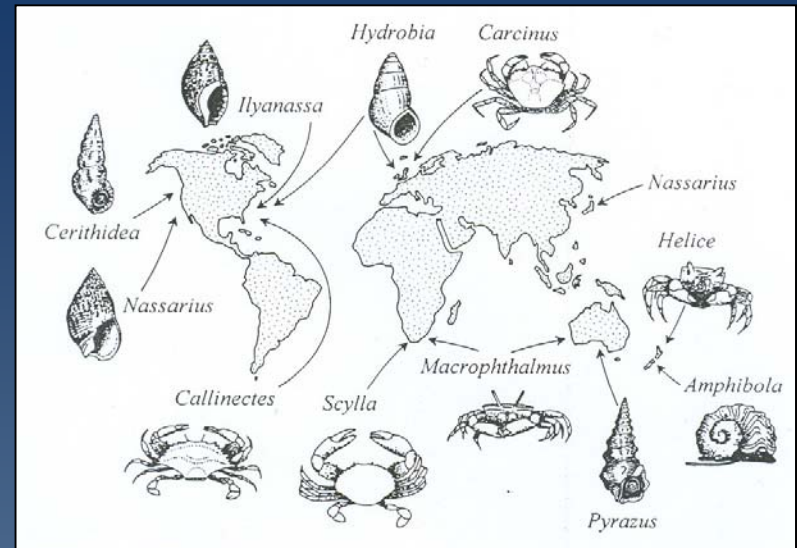
Druhy žijící v přílivové zóně se zahrabávají hlouběji než druhy hlubší vody v sublitorálu

Distribuce organismů jemných sedimentů

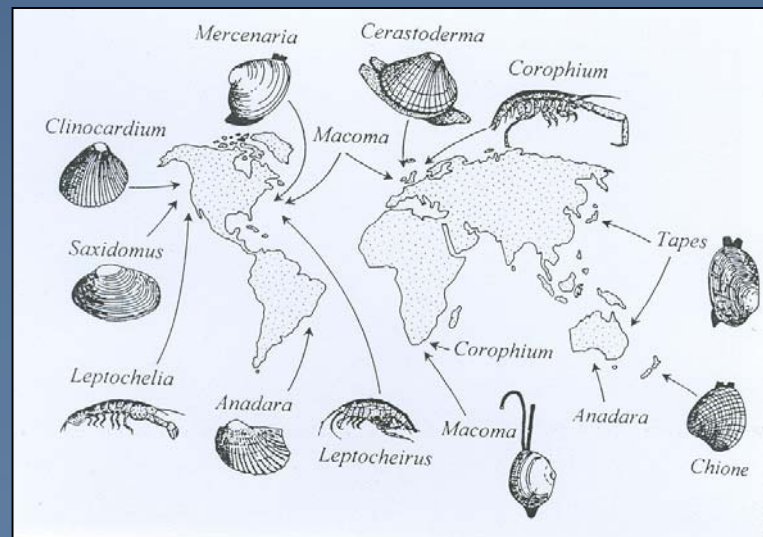
Organismy písčitých pláží



Epifauna bahnitých sedimentů

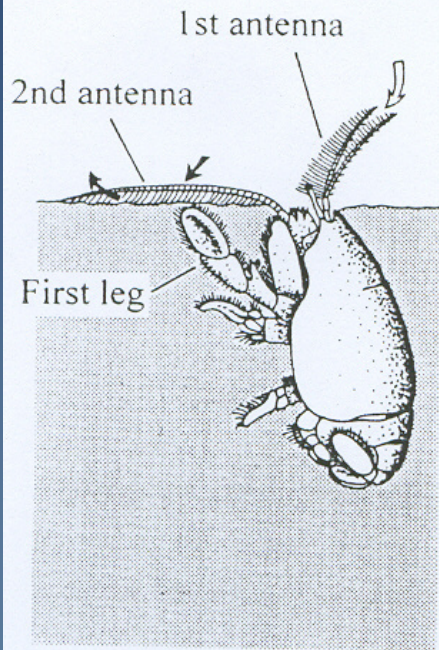
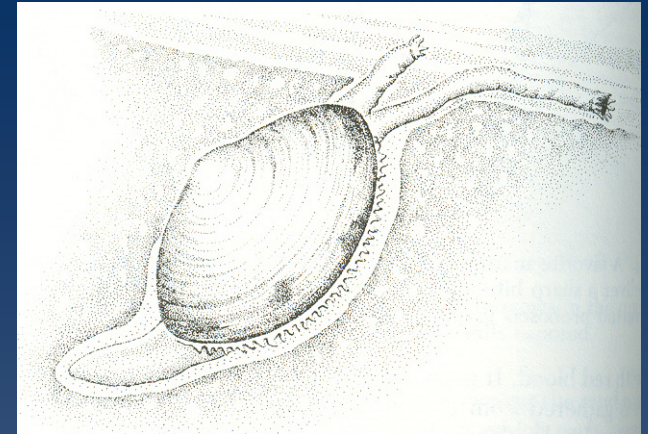


Infauna bahnitých sedimentů

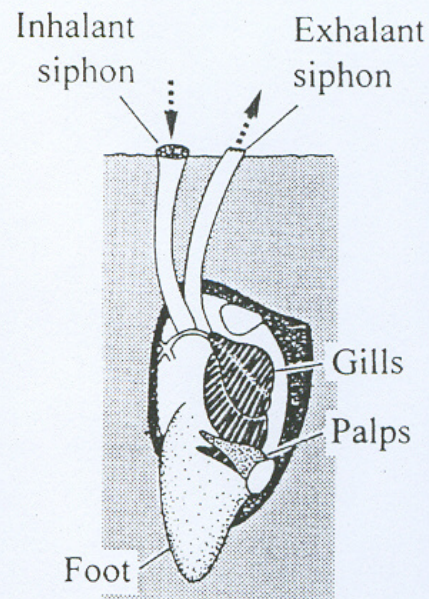


Kdo se čím živí...

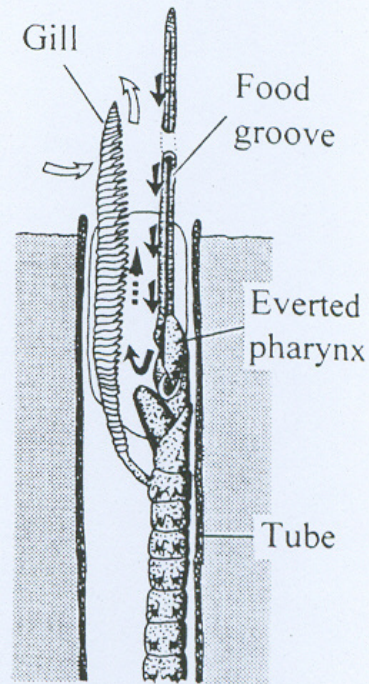
Filtrátoři (suspension feeders)



Emerita



Donax

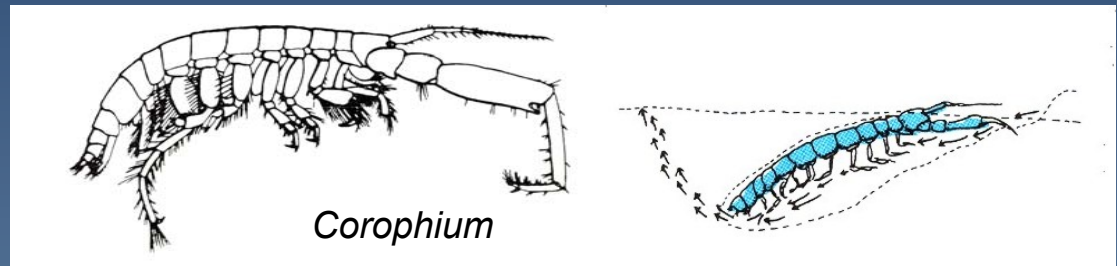
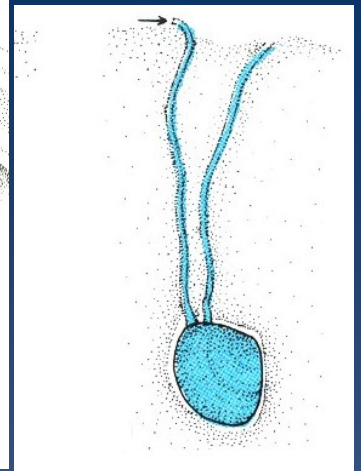
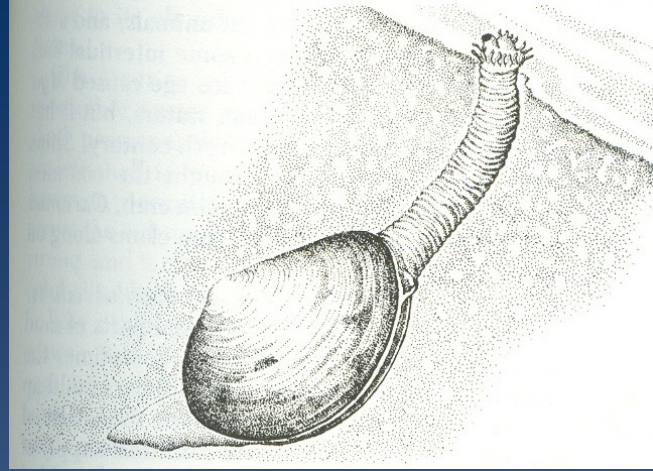
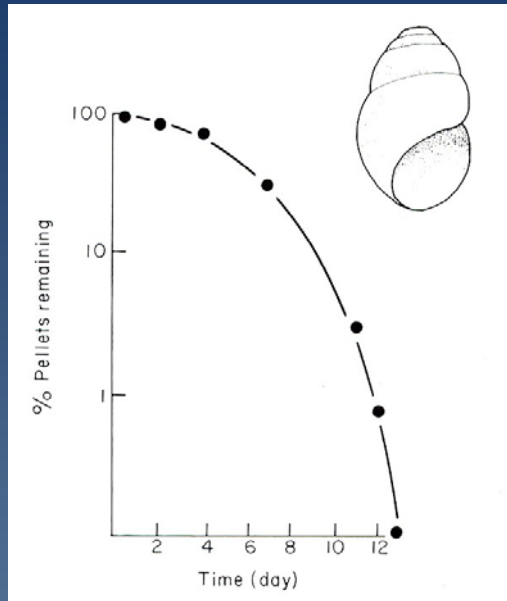


Paraprionospio

→ Currents for feeding
↪ Currents for respiration

...→ Currents for feeding and respiration

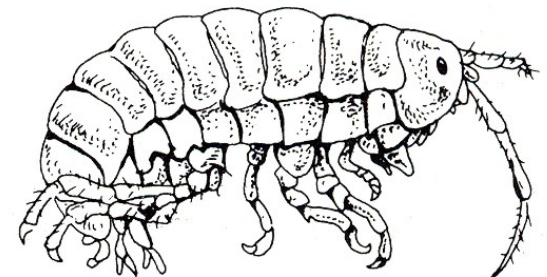
Konzumenti substrátu (Deposit feeders)



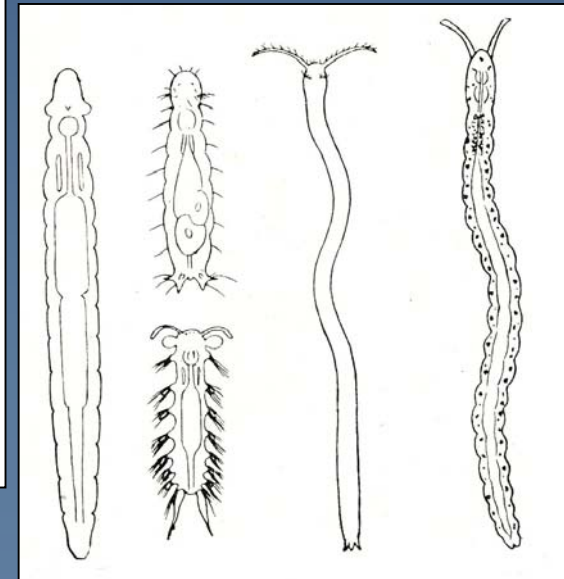
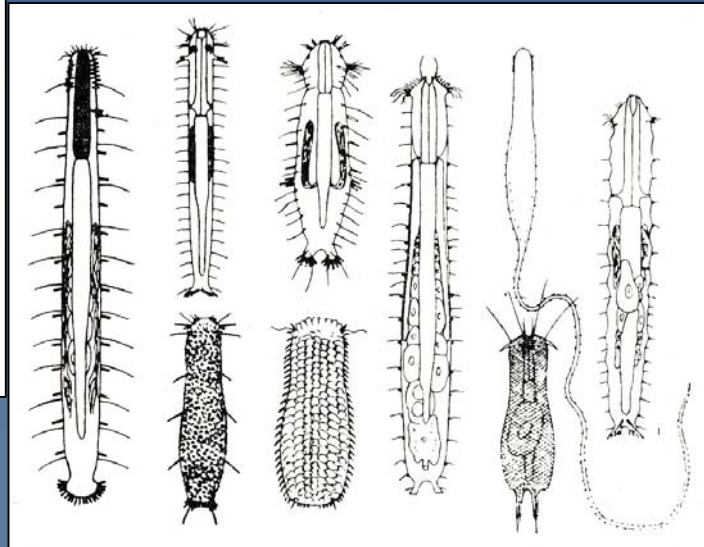
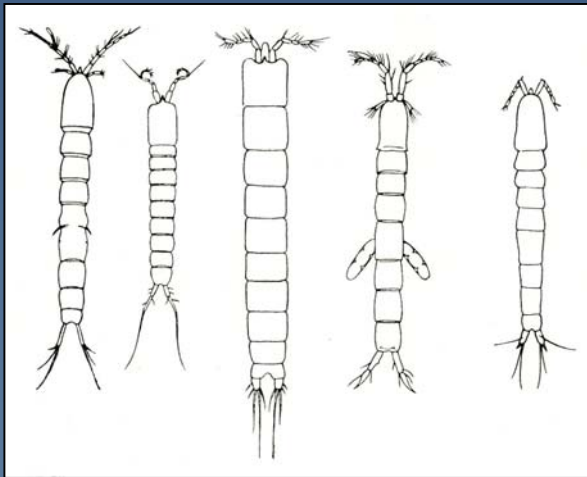
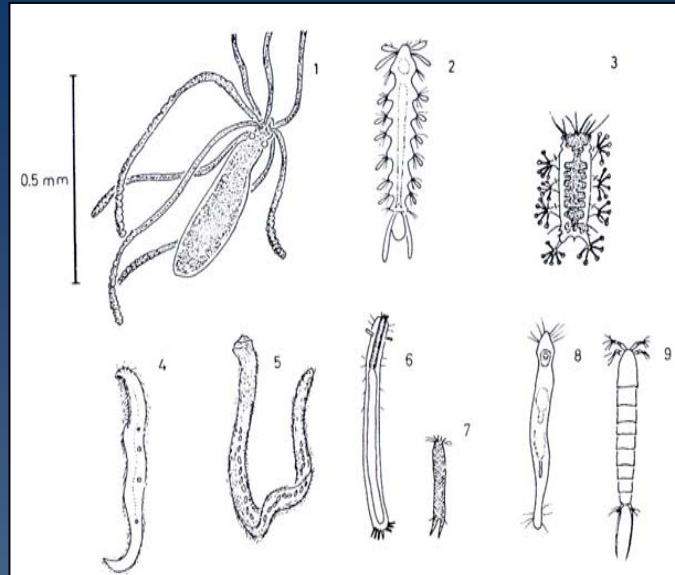
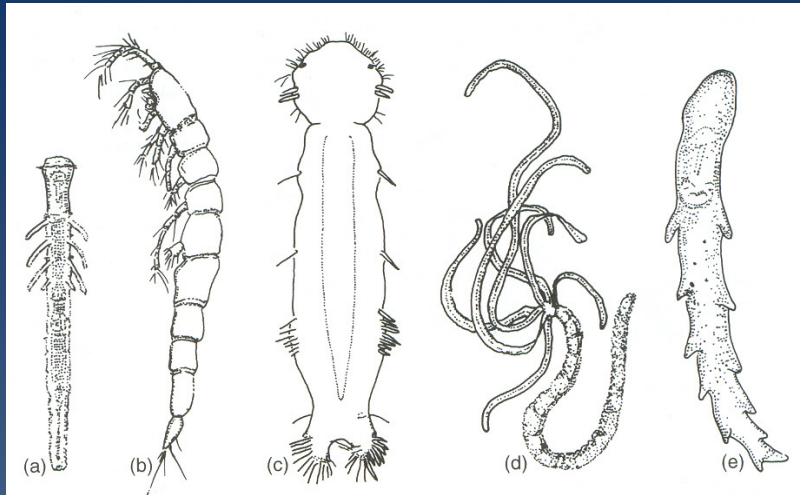
Co žerou?

detritus a biofilm

Talitrus

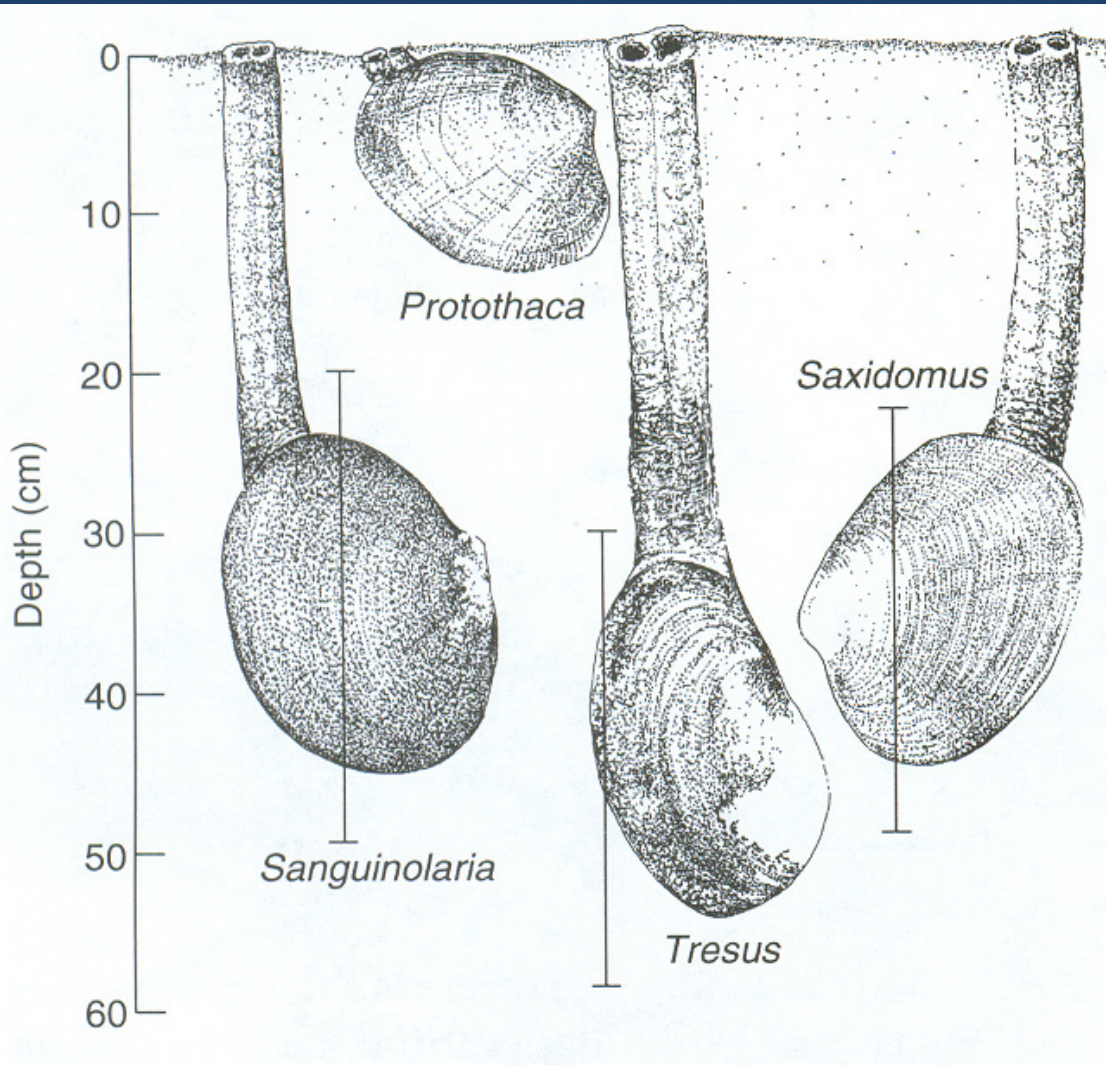


Intersticiální fauna (meiobenthos, mesopsammon)



VLIVY KOMPETICE

Stratifikace mlžů v bahnitém substrátu



Různě dlouhé sifony
umožňují koexistenci
většího množství druhů

(kompetice o prostor)

ESTUÁRY

oblasti, kde se mísí mořská voda s vodou říční, vzniká brakická voda

- Zatopená říční údolí

po poslední době ledové, před
cca. 6000 lety

- Fjordy

zatopená ledovcová údolí

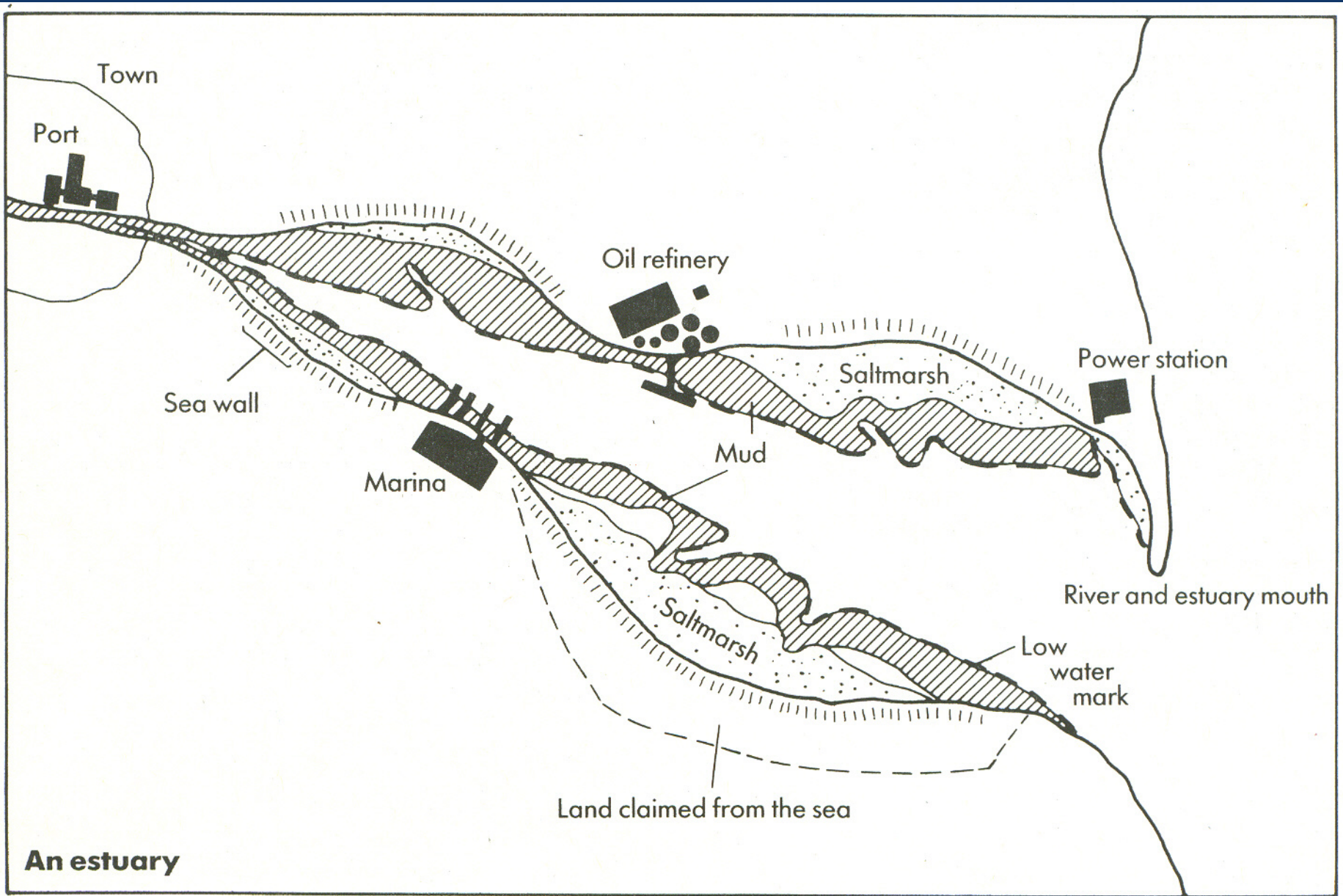
- aluviální estuáry („mělčinové“)

písek a štěrk vytvářejí ostrůvky
nebo dlouhé písčité výběžky –
systémy propojených estuárů
nebo lagun

- tektonické estuáry

vzniké v geologických zlomech a
lokálním poklesem

Schéma estuáru



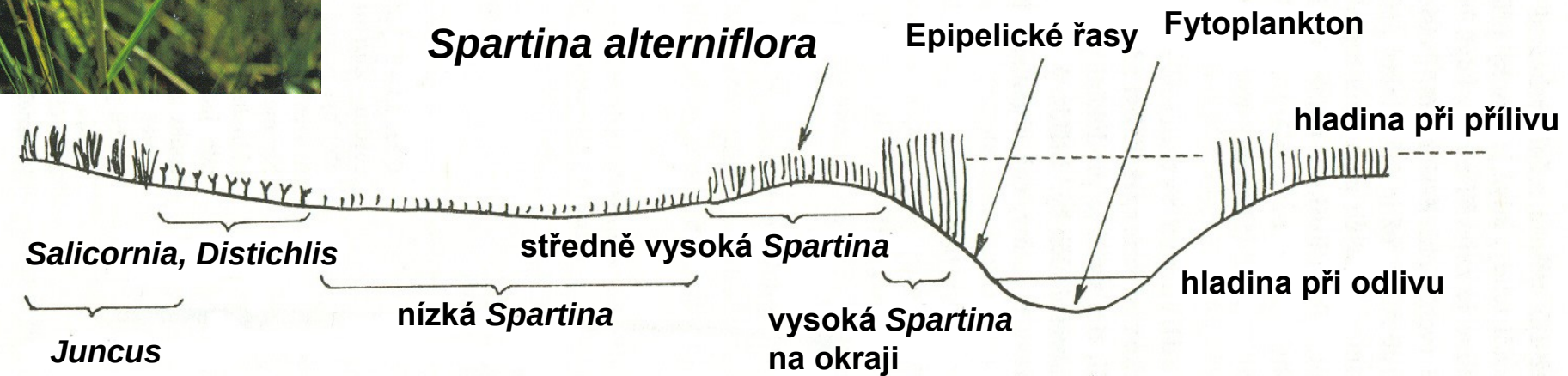
Producenti v estuárech

estuáry mívají velmi vysokou primární produkci

Spartina alterniflora - hlavní producent
(event. mořské „trávy“ rodu *Zostera*, *Thalassia*)

Bentické epipelické řasy

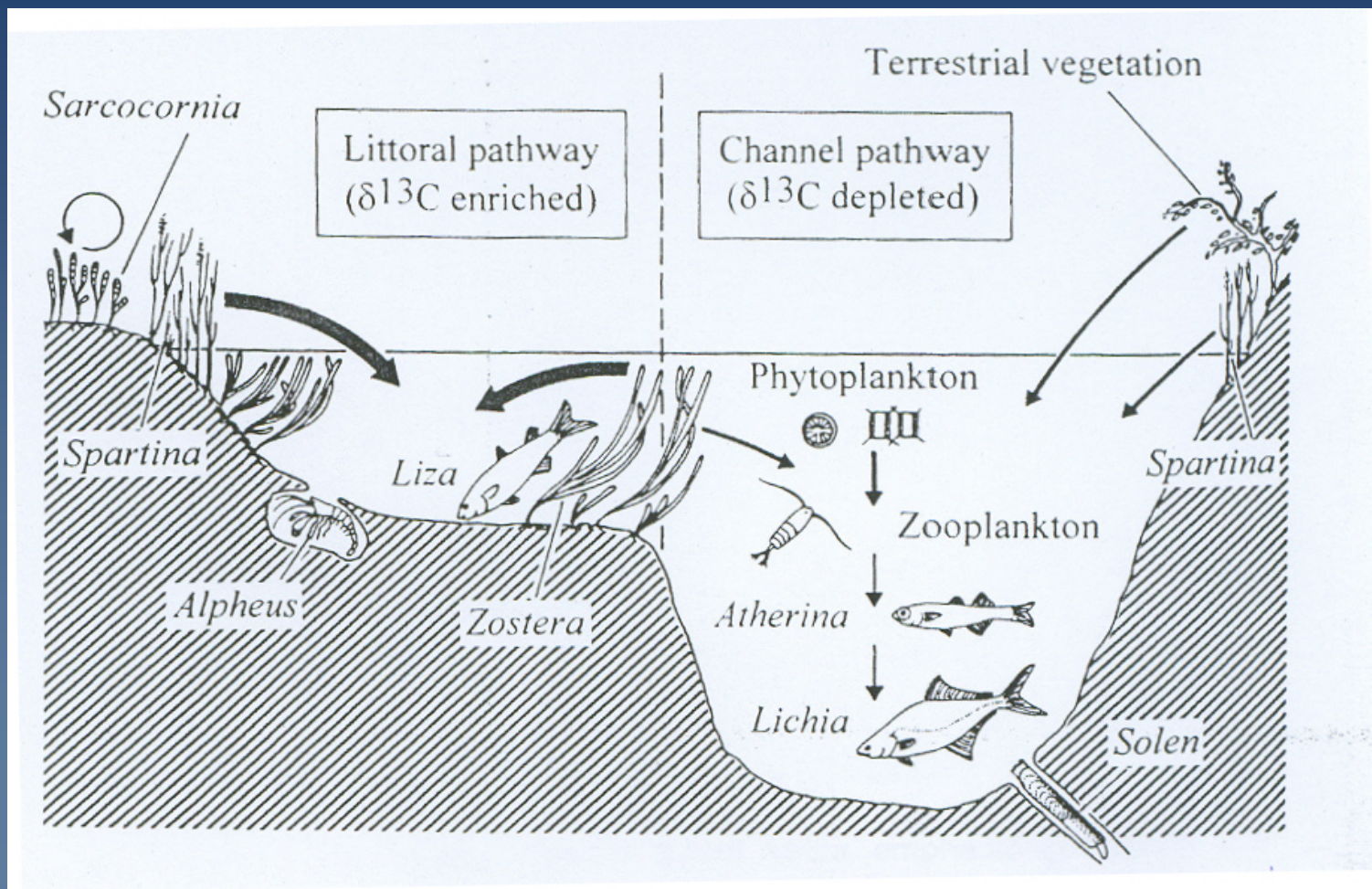
Fytoplankton



Estuarinní fauna využívá jak rostlinného detritu, tak produkce fytoplanktonu

- dominují toky energie přes bentický potravní řetězec

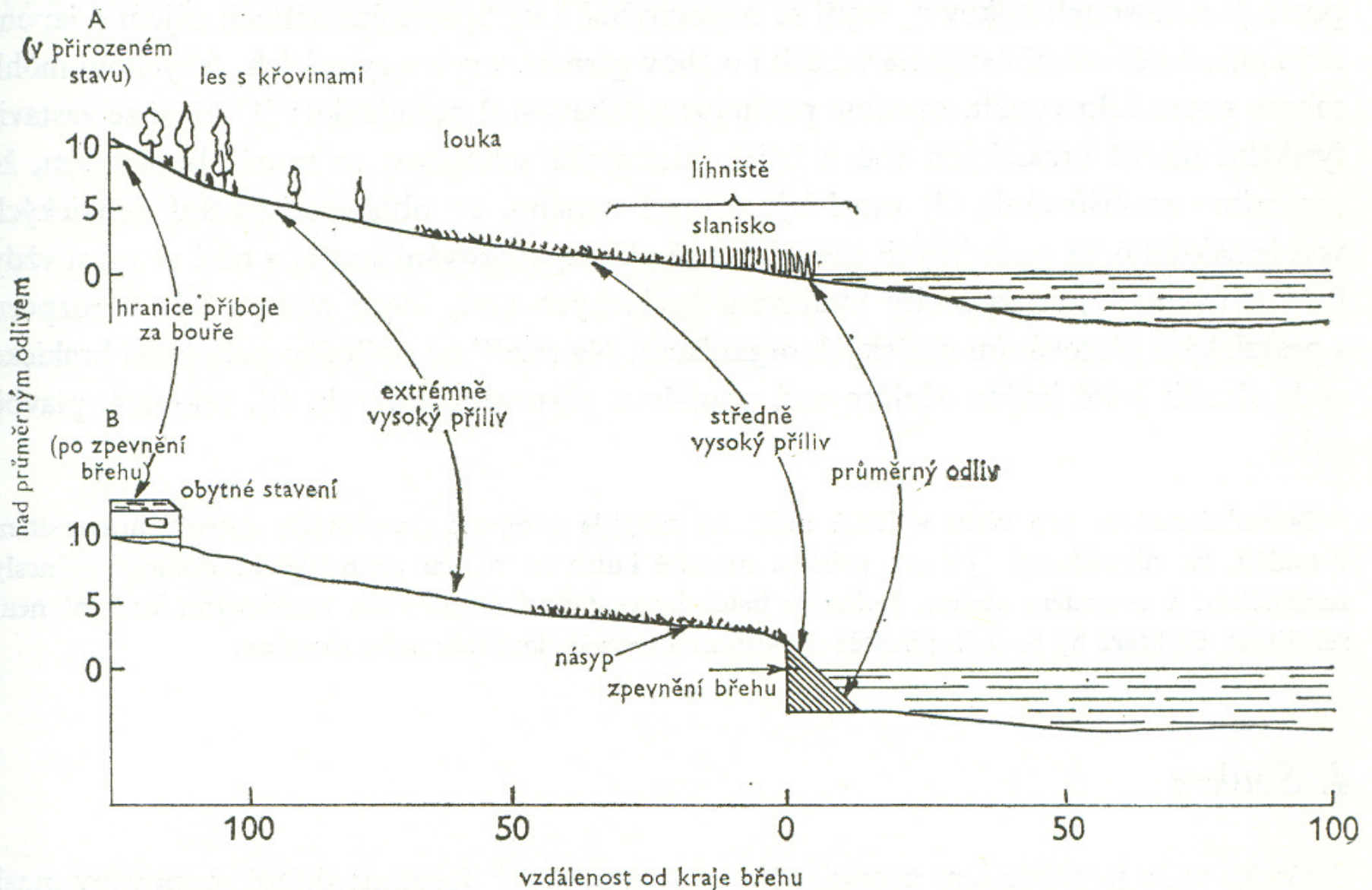
Potravní síť v Kariaga estuary, J Afrika sledovaná pomocí izotopové analýzy $\delta^{13}\text{C}$



Antropogenní vlivy v estuárech

- Land-claim (reclamation) – 25-50 % ztráta pobřežních a estuarinních mokřadů v Británii a USA
 - redukce množství vody v estuáriu
 - redukce biomasy a produkce bentických živočichů a rostlin a ovlivnění celého estuarinního potravního řetězce
- Barrages – přílivové elektrárny (La Rance - Fr.); bouřlivé vlnobití; zásobárny sladké vody
 - zmenšení intertidální oblasti
 - omezení proudění = zvýšená sedimentace = zvýšená produkce fytoplanktonu = zvýšená populace suspension feeders = eutrofizace
 - migrační překážka pro ryby
- Invazní druhy – cca 400 druhů v USA, 240 ve Středomoří, 50 v UK
 - *Potamocorbula amurensis* v Sanfranciském zálivu (12 000 ind./m²)

Ohrožení estuárů regulací



Korálové útesy

- nejproduktivnější mořské ekosystémy
 - korálové útesy jsou často v „mořských pouštích“, přesto až 12000 g C / m² / rok vs. 20-40 g C / m² / rok
- nejvyšší biodiverzita ze všech pobřežních biotopů
- výskyt omezen na tropické a subtropické oblasti
 - omezení zimní izotermou 18° C
- materiál útesu tvořen nejen hermatypickými korály
 - Hexacorallia se symbiotickými obrněnkami – napomáhají výživě i vylučování vápenaté kostry
- ...ale i dalšími organismy
 - inkrustující řasy a ruduchy mohou tvořit dominantní složku vápenaté hmoty

Příčiny vysoké produkce

- symbiózy se zooxantelami
obrněnky *Symbiodinium*
PP zooxantel může dodávat i přes 95 % uhlíku pro korál
- efektivní recyklace živin
většina produkce útesu zůstává v ekosystému
75 % zásoby P korálu recyklováno během dne
- „dotace” z okolního oceánu
91 % biomasy rozsivek a 60 % zooplanktonu bylo zredukováno po projití korálovým útesem = 10 % PP

Požadavky útesotvorných korálů

- vyšší teplota
optimální průměrná teplota 23-25°
- dostatečná salinita
útesotvorné korály netolerují brakickou vodu
- dostatek slunečního světla
světlo nutné pro fotosyntézu zooxantel
- proudění vody
přísun živin, kyslíku, planktonu; transport vajíček, larev
- malý rozdíl mezi přílivem a odlivem
koráli neradi pobyt na vzduchu, změny intenzity světla
- minimální zákal (turbidita)
sedimentace omezuje růst korálů, nedostatek světla
- pevný substrát
přichycení planktonních larev

Distribuce korálových útesů: omezení teplotou,
diverzita vyšší v Indopacifiku

Vývoj korálového útesu: lemový – bariérový – atol

Kompetice o prostor: přisedlé organismy i teritoriální
ryby

Vysoká diverzita konzumentů

- příklad: korálové ryby GBR
 - min. 800-1200 druhů; jak se tam udrží?
- specializace, oddělení nik?
 - řada druhů má identické nároky nebo velký překryv
- hypotéza „variable recruitment“ (loterie)
 - průběžný přísun pelagických larev a jejich usazování na útesu dle pravidla „kdo dřív přijde, ten dřív mele“
- druhové složení není v rovnováze
 - lokálně mírné výkyvy, regionálně trvale vysoká diverzita

Symbiotické vztahy všeho druhu

- zooxantely
koráli, zévy, houby...
- obyvatelé žahavců: obydlí vs. obrana
klauni (*Amphiprion*, *Premnas*),
krabi *Trapezia*
- čističi
čisticí stanice ryb (*Labroides*) i korýšů
(*Stenopus*)

Ohrožení útesů

- nadměrný (rybo)lov
 pro maso, suvenýry, ale i akvarijní trh
- nepovolené způsoby lovu
 dynamit, kyanid...
- mechanické poškozování
- znečištění pobřežních vod
- zvýšená sedimentace
 nepřímý vliv činností na pobřeží
- klimatické změny
 zvýšená teplota -> bělení korálů
- eutrofizace

Eutrofizace na korálových útesech

původní stav: nízký obsah živin, zvýhodnění organismů se zooxantelami

po nárůstu obsahu živin:

- 1) zvýhodnění vláknitých bentických řas
přerůstání
- 2) nárůst fytoplanktonu
zvýšená turbidita, stínění
- 3) zvětšení biomasy zooplanktonu
zvýhodnění filtrujícího zoobentosu
- 4) bioeroze
zejména ježovky a houby

Hlubokomořské „útesy“

ahermatypiční koráli

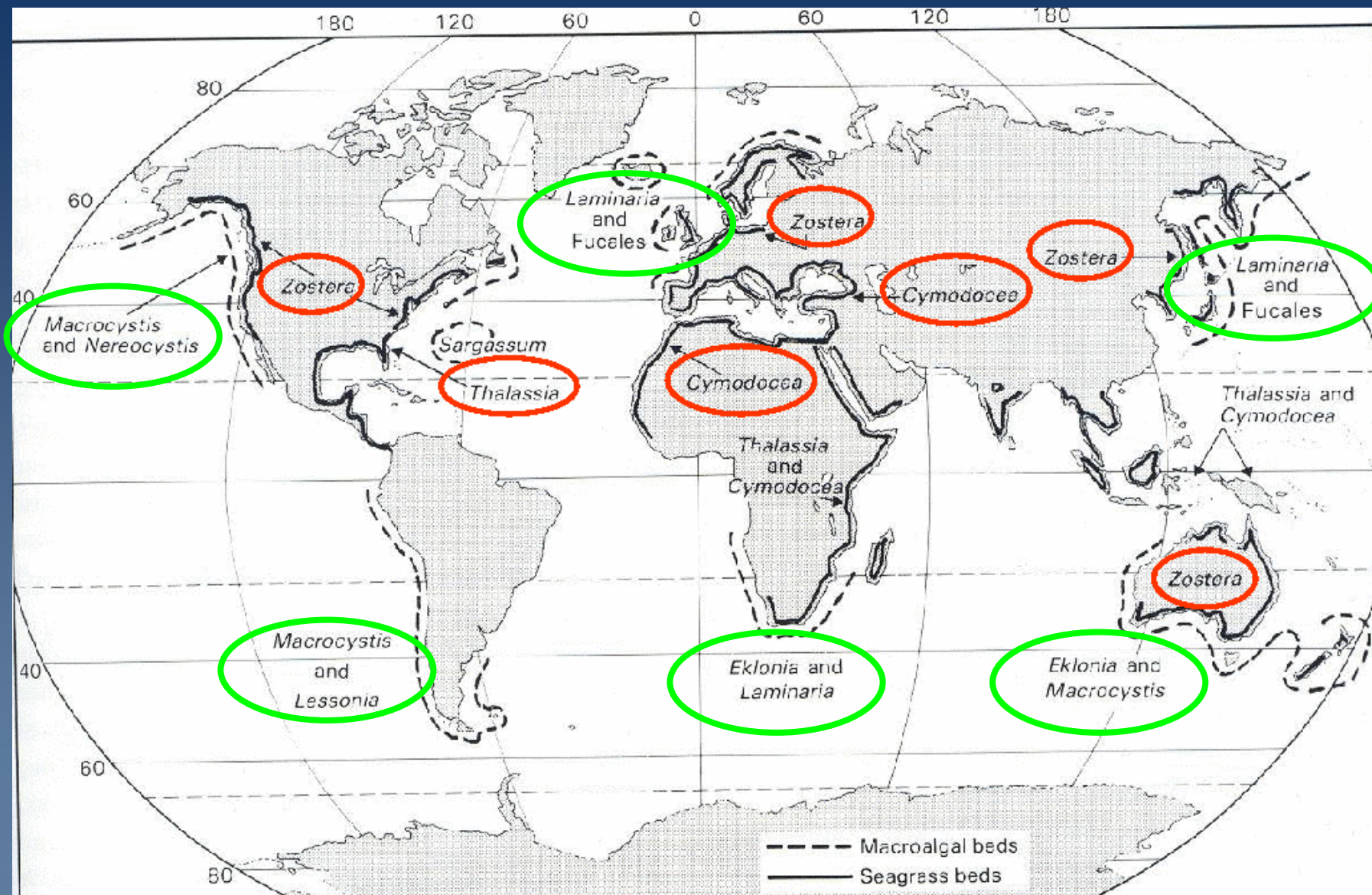
hl. 40-2000 m

Lophelia pertusa

Mořské louky (*seagrass beds*)

- zapojené porosty „mořské trávy“
produkce běžně přes 1000 g C / m² / rok
- jediné výhradně mořské druhy cévnatých rostlin
cca 50 druhů jednoděložných (nikoli trávy!)
př: *Zostera*, *Thalassia*, *Cymodocea*, *Posidonia*
- mělké pobřežní vody
obvykle do hloubky 5 m, vzácně >30 m, dostatek světla
mírné proudění, někt. rody tolerují i expozici za odlivu
- rozmnožování zejména vegetativně (oddenky)
kvetení a rozmnožování semeny vzácné
- vliv na složení sedimentu
zachycování jemných částic
- vysoká produkce
ale málokdo je žere

Oblasti výskytu chaluhoých lesů a mořských trav



Chaluhové lesy (*kelp forests*)

- vysoce produktivní subtidální společenstva
produkce běžně přes 1000 g C / m² / rok
- dominance chaluh řádu Laminariales
cca 100 druhů čepelatek
př: *Macrocystis*, *Nereocystis*, *Laminaria*, *Alaria*
- extrémně rychlý růst
u rodu *Macrocystis* i >> 30 cm / den
- výskyt zejména v chladnějších vodách mírného pásu
typicky oblasti výstupných proudů
- výrazná patrovitá struktura srovnatelná s terestrickými lesy
- omezení hloubky dáno dostupností světla
obvykle 5-15 m, vzácně i přes 50 m
kolísání hladiny za přílivu a odlivu nevadí
- habitat pro velké množství živočichů
vč. ekonomicky významných: ryby, langusty, ušně...

klíčový druh pro strukturu společenstva

Enhydra lutris

mořská vydra žere ježovky

hodně mořských vyder = málo ježovek = hodně chaluh

člověk nosí kožichy z vyder

málo vyder = hodně ježovek = „pustina“
nejsou ryby, langusty...

Mangrove (pl. mangrovy)

ekosystém, v němž dominují mangrovníky – dřeviny adaptované na růst v zasoleném prostředí (mořské pobřeží, estuáry).

Anglické ekvivalenty: mangrove swamp, tidal forest, mangrove wetland, mangal.

Mangrovníky

Dvouděložné dřeviny morfologicky a fyziologicky přizpůsobené následujícím podmínkám:

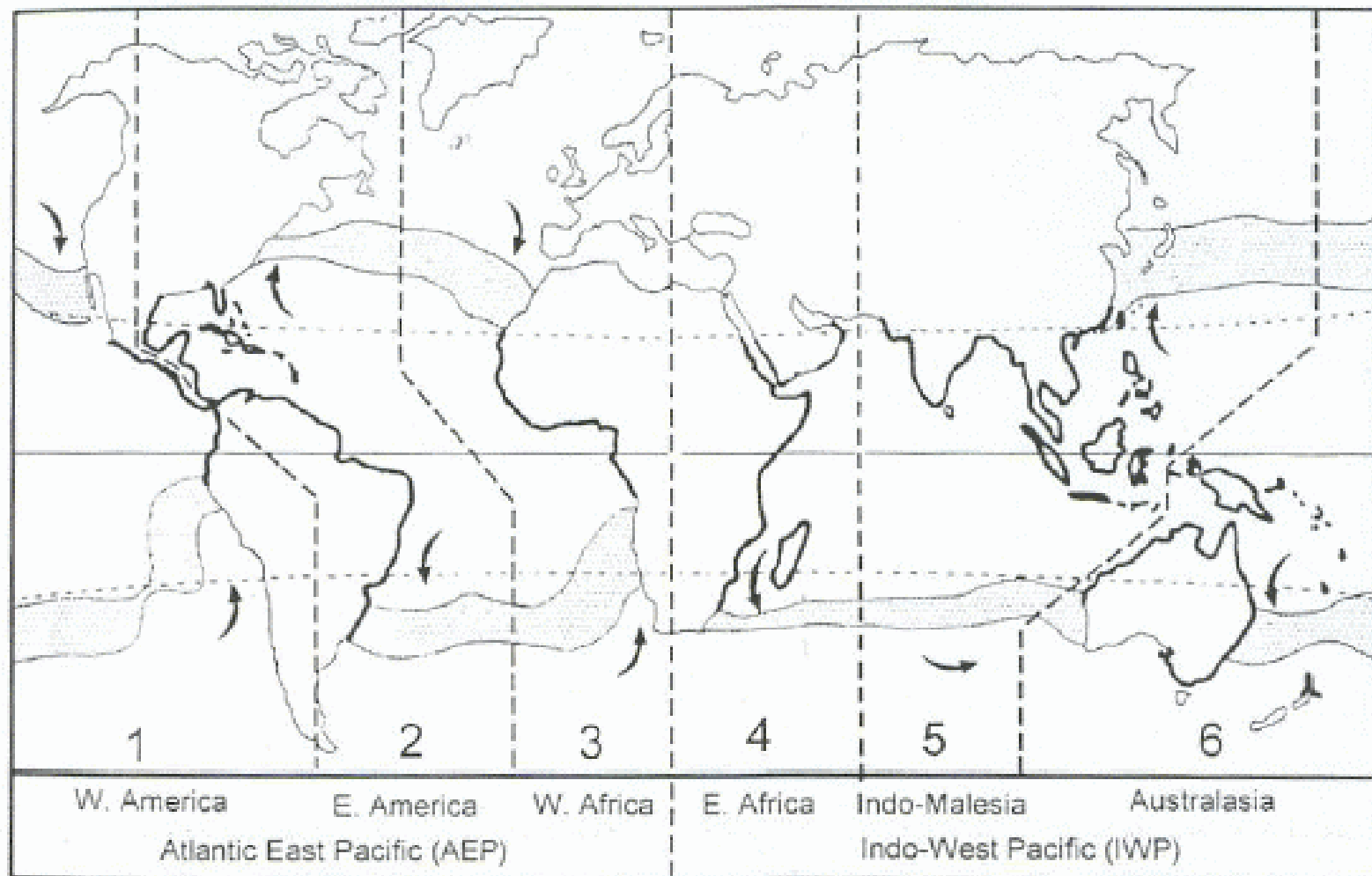
- změny hladiny při přílivu a odlivu
- slaná až brakická voda
- nedostatek kyslíku v půdě

Vyžadují:

- vyrovnanou teplotu bez poklesů pod bod mrazu
- jemnozrnný sediment
- ochrana před silným příbojem

Obvykle menší stromy, výjimečně až 15 m vysoké.

Výskyt mangrovů



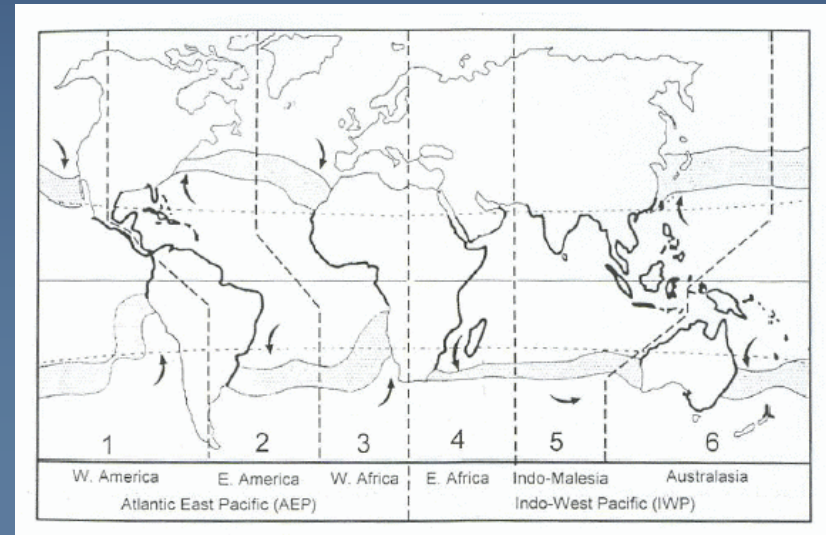
Výskyt mangrovů

Tropická a subtropická pobřeží celého světa, celková plocha cca 180 000 km².

Nejvíce mangrovů zbývá v Brazílii a Indonésii (oba státy cca 25 000 km²); dále Myanmar, Malajsie, Nigérie, Mexiko, karibská oblast (přes 5 000 km²).

Největší souvislý mangal: delta Gangy (Indie, Bangladéš)

Nejbližší mangal: Sinajský poloostrov (Egypt)

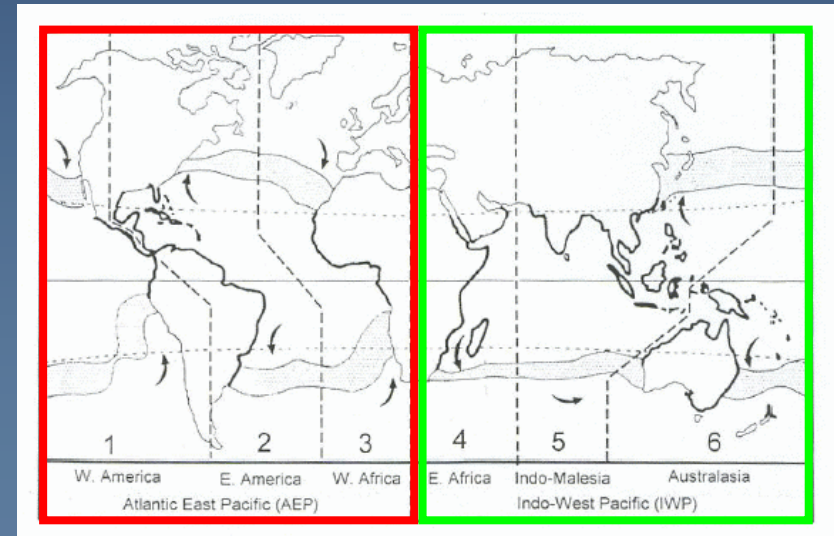


Výskyt mangrovů

Západní mangrovy po obou stranách Atlantského oceánu a na tichomořské straně Severní Ameriky mají menší diverzitu (10 druhů mangrovníků) než **východní mangaly** (47 druhů), v Indickém oceánu, východní Asii, Australasii a Oceánii.

Rozdíl zřejmě důsledkem

- historických procesů (rozdílné geol. stáří pobřežních partií)
- rozdílů v členitosti pobřeží, počtu estuárií a rozsahu říčních delt.



Vybrané rody mangrovníků

Rhizophora – charakteristický obloukovitými vzdušnými opěrnými kořeny (**kořenovník**, **red mangroves**)

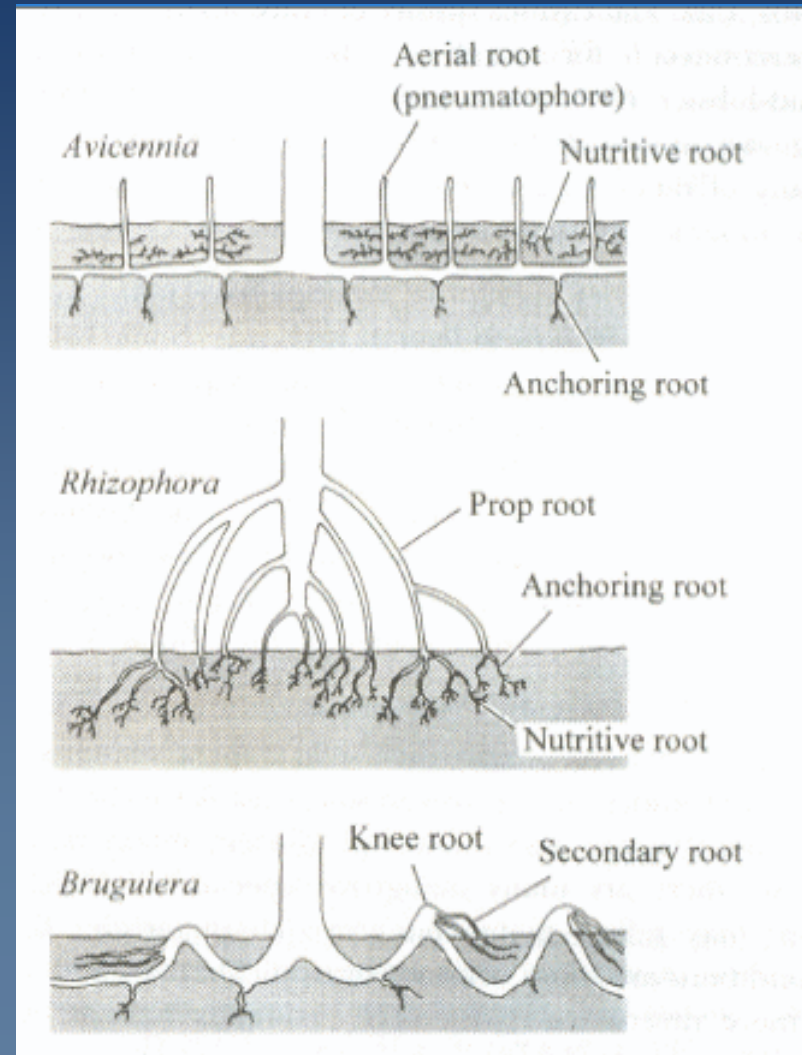
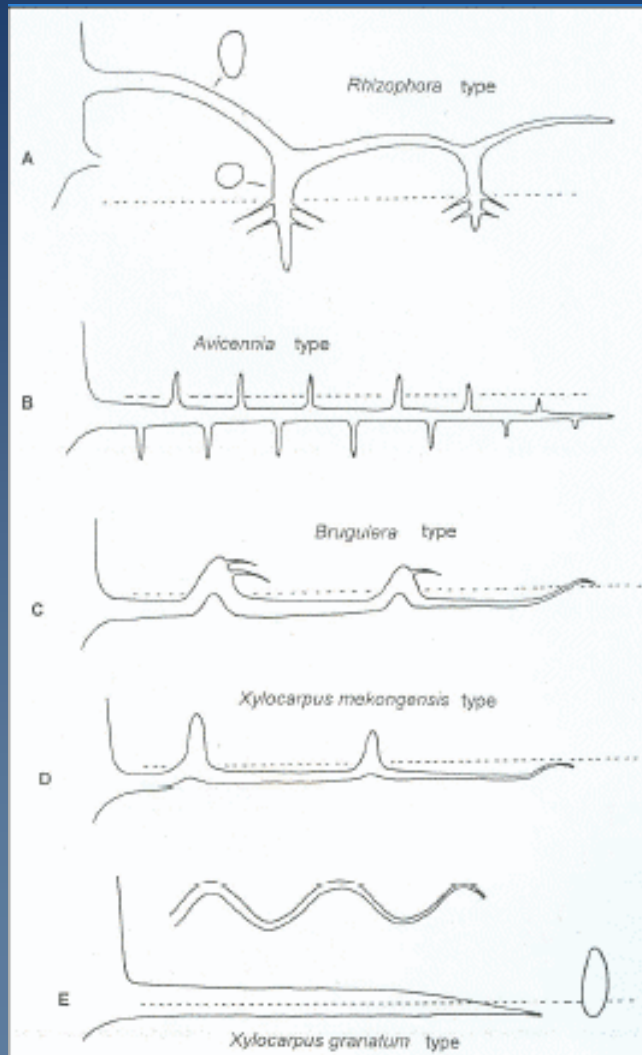
Avicennia – typický svými tenkými dýchacími kořeny (**kolíkovník**, **black mangroves**)

Sonneratia – tvořící tlusté, až 2 m vysoké dýchací kořeny, trčící z bahna (**kuželovník**)

Bruguiera – vystrkující nad bahno kolenovité dýchací kořeny (**kolenovník**)

Laguncularia – dýchací kořeny jsou kyjovitě ztlustlé (**kyjovník**)

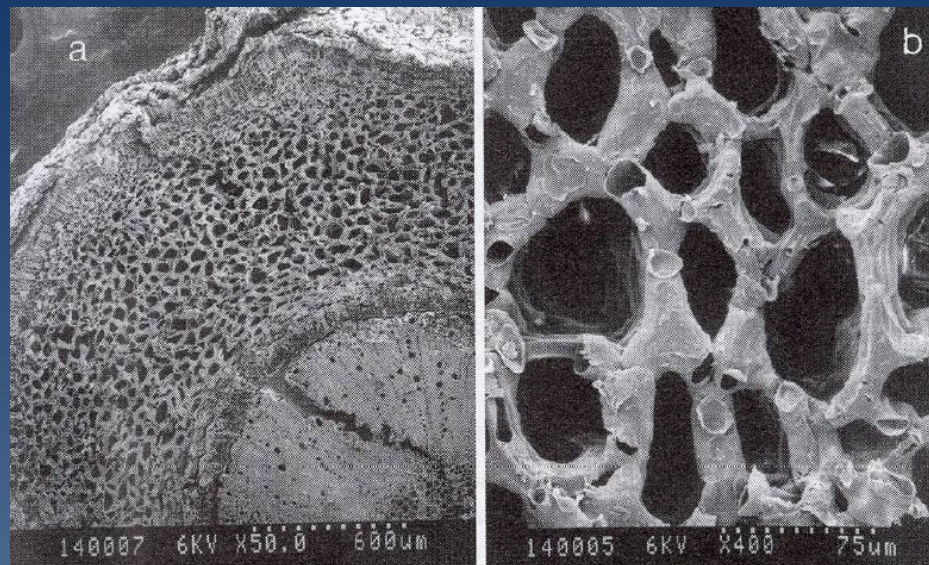
Kořenové systémy (vzdušné a opěrné kořeny)



Kořenové systémy

Adaptace na trvale zamokřený substrát a anoxické podmínky.
(CH₄, H₂S)

Přísun vzduchu zajištěn rozvinutým aerenchymem.



Vlastnosti kořenů r. *Rhizophora* v různých typech prostředí

Prostředí	Lenticely	Chlorofyl	Plynové prostory (% objemu)
Vzduch	+	+	0-6
Bahno	-	-	42-51
Voda (světlo)	-	+	22-29
Voda (tma)	-	-	35-40
Vyschlý písek	-	-	22-28

Mangrovníky sedimentaci ovlivňují:
mezi kořeny se může zachytit až 80% suspendovaného
materiálu neseného přílivem.

Denzita vzdušných kořenů koreluje s rychlostí sedimentace.

Adaptace na salinitu

- 1) vylučování – např. na listech
- 2) akumulace

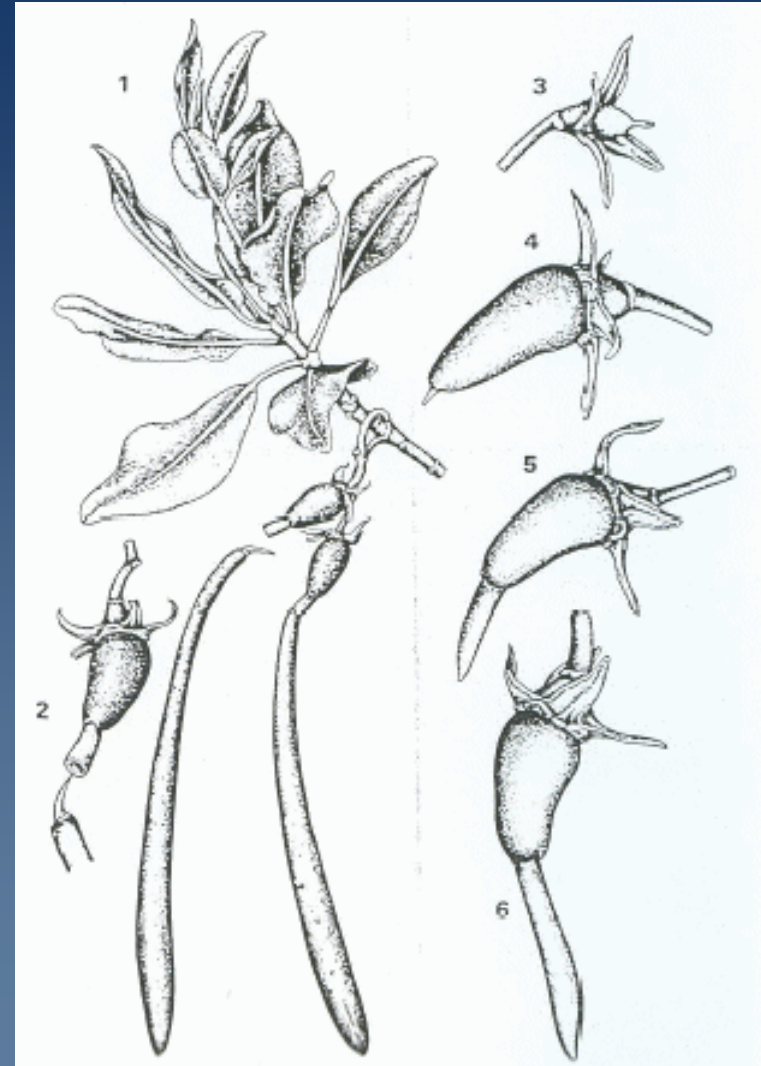
Obvykle vyvinuta kombinace obou mechanismů

Rozmnožování

velké množství velkých plodů
(2.000.000 / ha / rok)

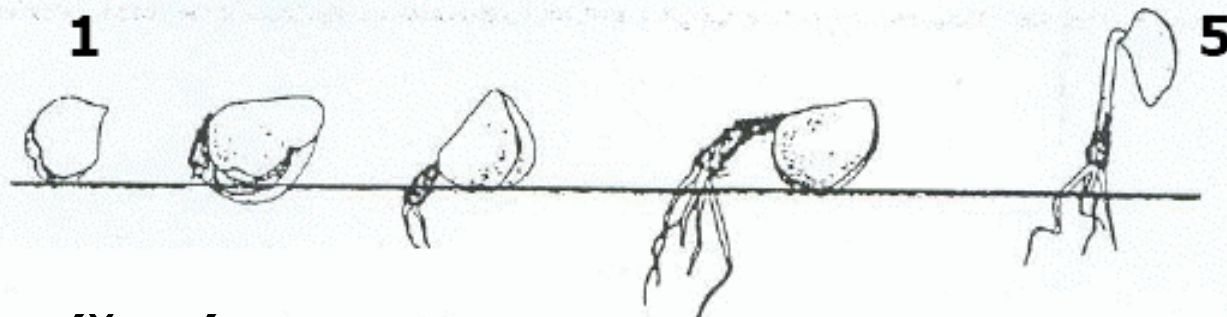
viviparie: adaptace na
anaerobní prostředí vody
a sedimentů bránící klíčení

propagule mohou přežívat
dlouhou dobu (~100 dní)
- disperze

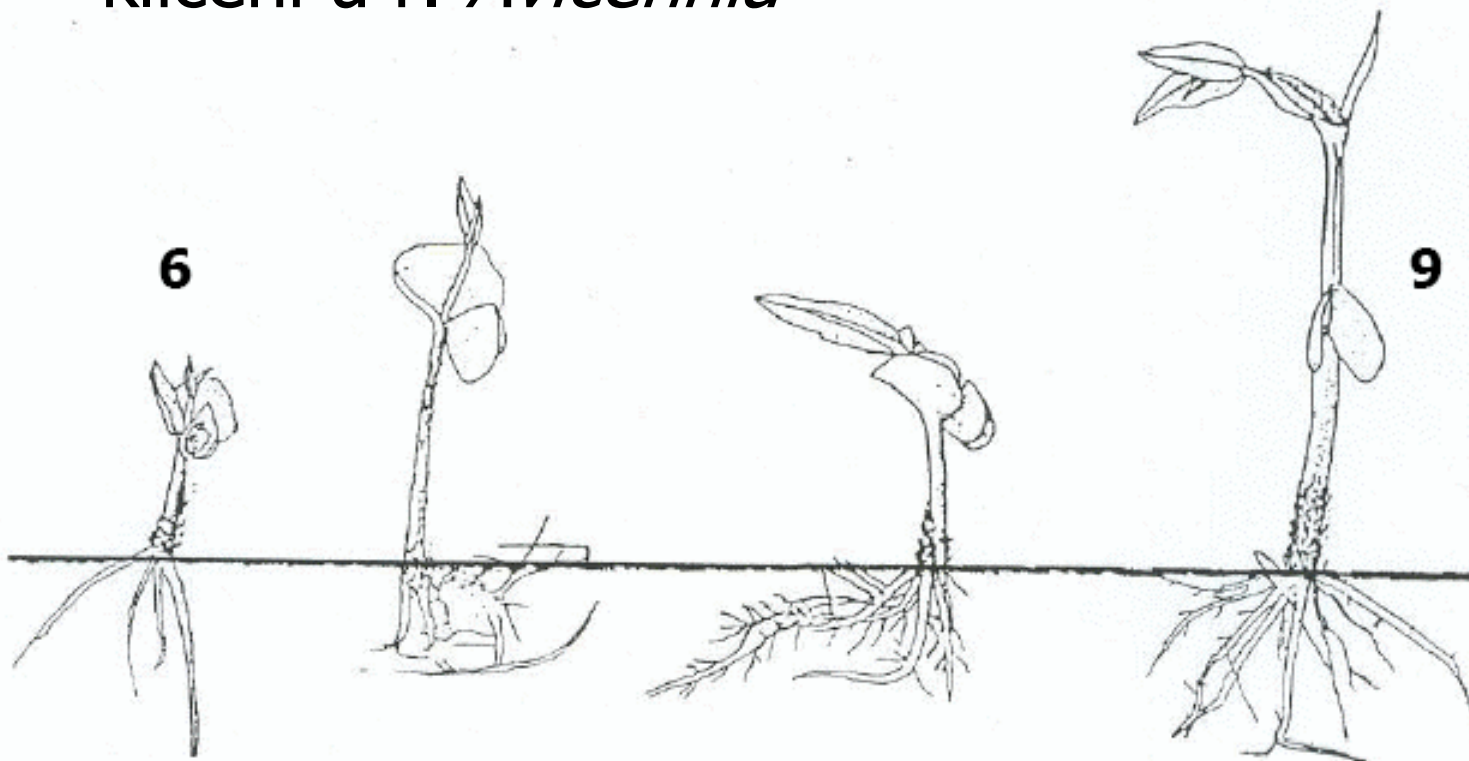


Rhizophora

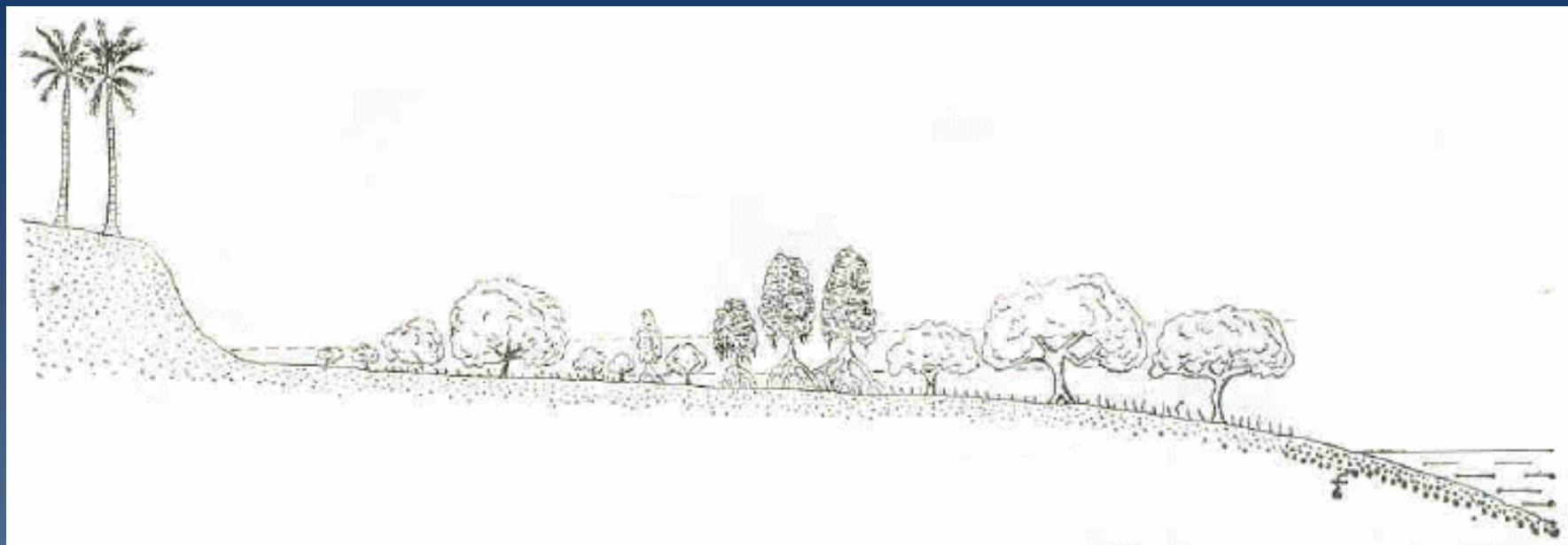
Rozmnožování



klíčení u r. *Avicennia*



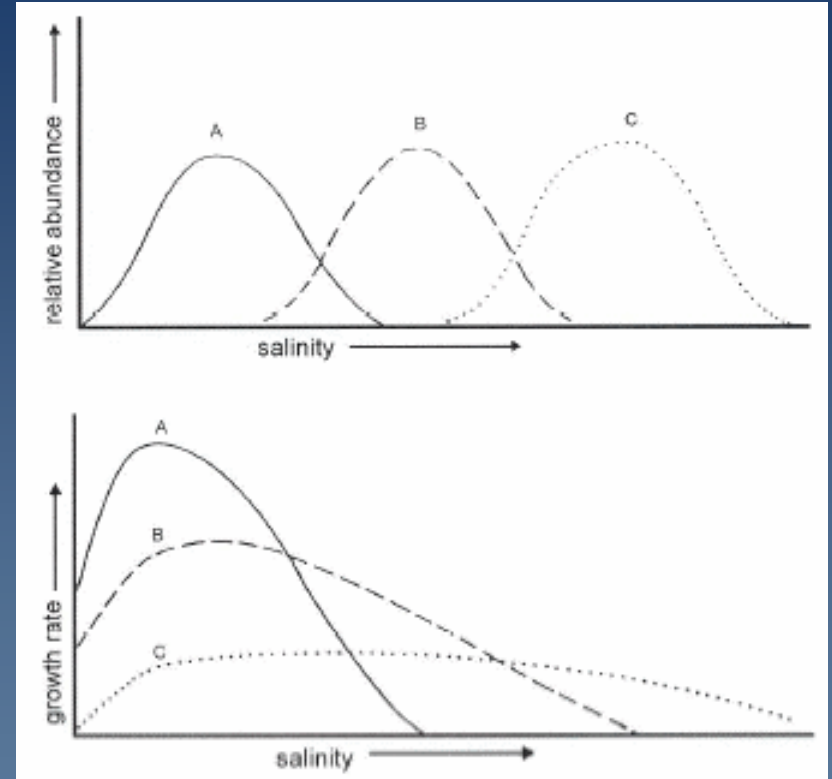
Zonace



Dle frekvence zaplavování a vysychání, salinity, odolnosti vůči příboji, velikosti propagulí.

Zonace

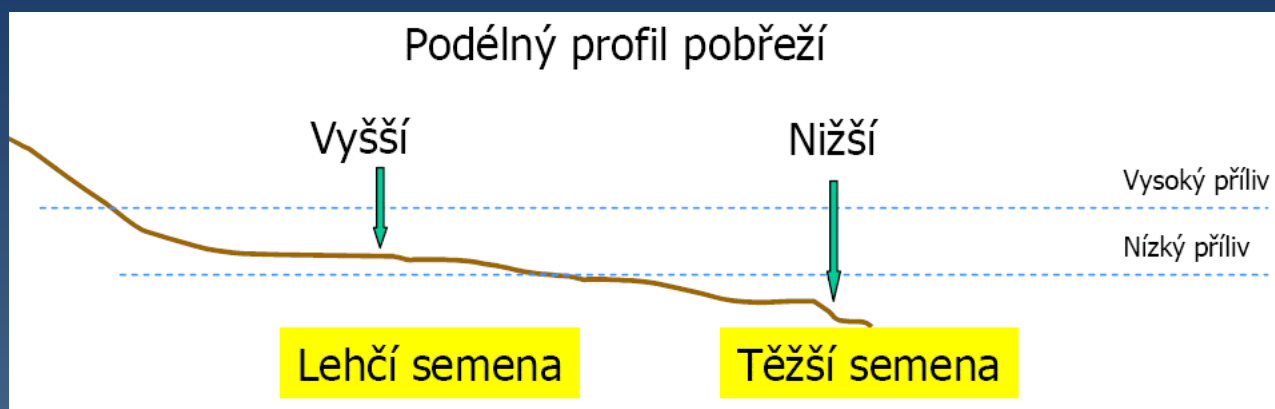
Reálná distribuce nemusí odpovídat optimálním požadavkům druhů.



Euryhalinní druhy mangrovů mívají nižší růstové rychlosti než stenohalinní.

Výsledná zonace důsledkem kompetice.

Zonace – závislost na hmotnosti propagulí



Úroveň pobřeží	Druh	Průměrná hmotnost propagule (g)
Nižší	<i>Rhizophora harrisonii</i>	32.3 ± 2.6
	<i>R. mangle</i>	14.0 ± 1.1
	<i>Pelliciera rhizophorae</i>	86.2 ± 6.3
Vyšší	<i>Laguncularia racemosa</i>	0.41 ± 0.02
	<i>Avicennia spp.</i>	1.10 ± 0.11

Biomasa a produkce

Nadzemní biomasa:

700 tun DW.ha⁻¹ (*Rhizophora*, severní Austrálie)

500 – 550 t.ha⁻¹ (~250-275 t C.ha⁻¹) (JV Asie)

pouze 7,9 t.ha⁻¹ („trpasličí“ *Rhizophora*, Florida)

Listy 3-5 %, větve 10-20 %, kmen 60-90 % celkové nadzemní biomasy, vzdušné/opěrné kořeny variabilní.

Podzemní biomasa: stanovení mnohem problematičtější

Root/shoot ratio kolísá podle podmínek prostředí a substrátu.

Biomasa a produkce

Přírůstek biomasy:

18 t/ha/rok (mangrovové plantáže Matang, Malajsie)

14-33 t/ha/rok (mangrovové plantáže, Thajsko)

6,3-45 t/ha/rok (*Rhizophora*, Austrálie)

Produkce opadu:

běžně 5-15 t/ha/rok

2.9 t/ha/rok („trpasličí“ *Rhizophora*, Florida)

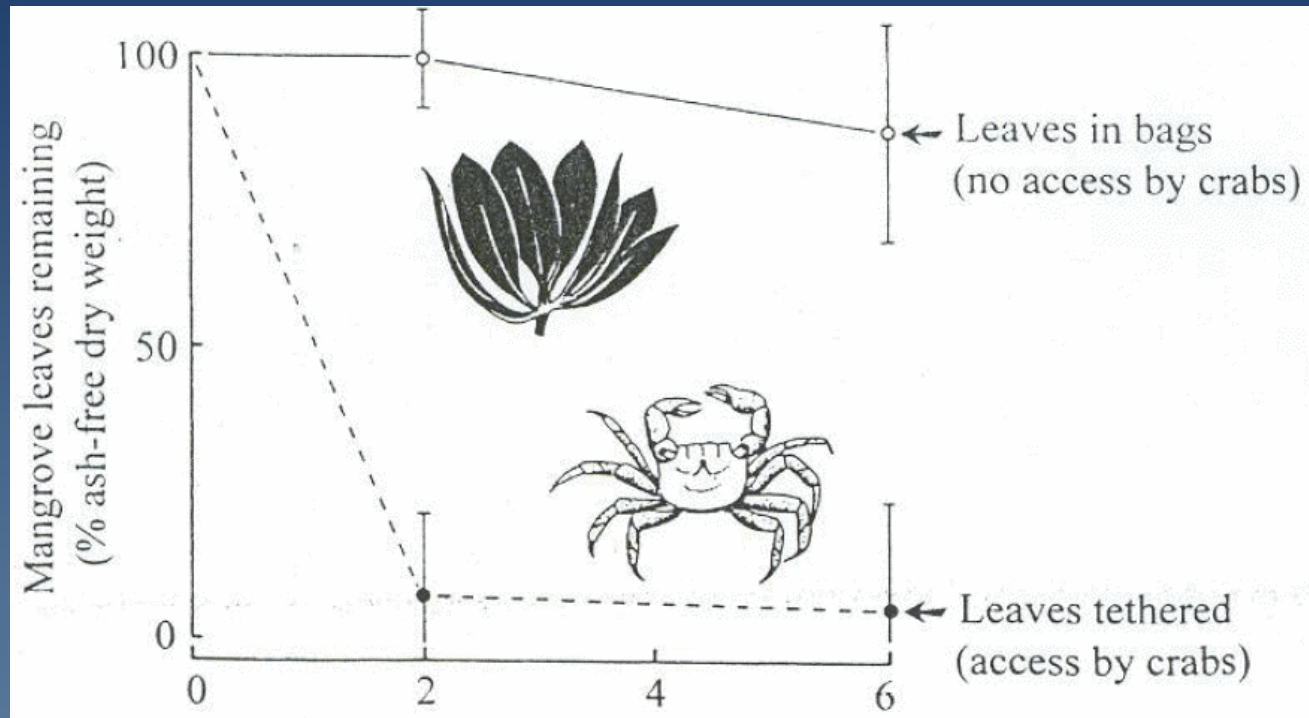
Co se děje s opadem?

- dekompozice na místě
- export do okolního moře
(závisí na míře vlivu přílivu
a na případném říčním přítoku)
- sežráno konzumenty (krabi podčel. Sesarminae, plži)
- „uklizeno“ kraby

>> 30% opadu může být sežráno či zahrabáno.
Krabi preferují rozkládající se listí před čerstvým.

Co se děje s opadem?

Listí r. *Rhizophora* vs. krabi r. *Sesarma*, Austrálie



Přímý i nepřímý vliv na zadržování uhlíku v ekosystému, podpora mangrovníků i hrabací aktivitou.

Vztahy mangrovů a okolí

- dotace uhlíků do okolního mořského prostředí
- zachytávání sedimentů a ochrana pobřeží před příbojem
- „školky“ pro řadu mořských živočichů
- zdroj potravy / dřeva pro lokální obyvatelstvo

Ohrožení

- změny charakteru pobřeží (budovatelské aktivity)
- pobřežní akvakultury (zejména chov krevet)