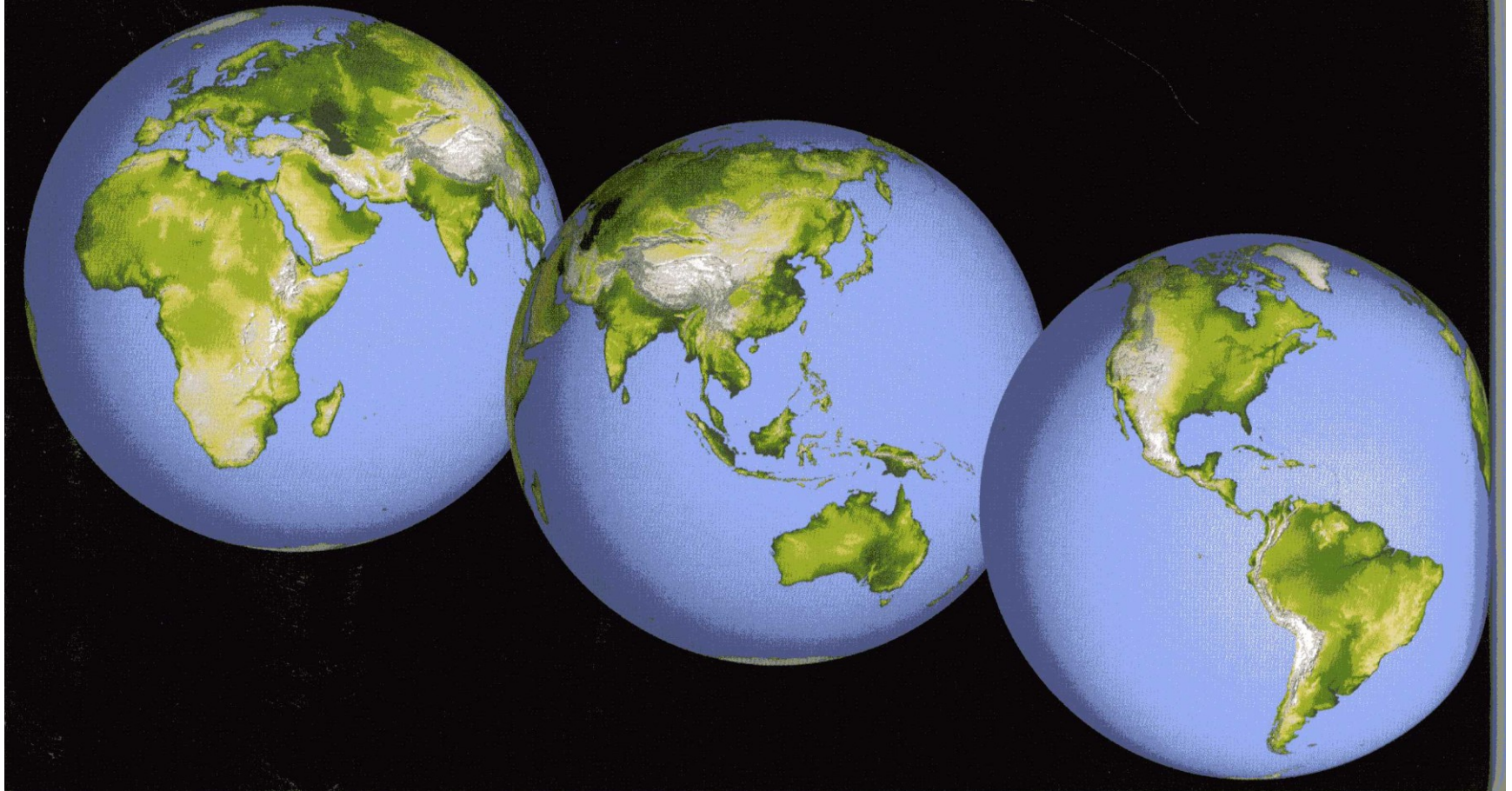


Země – planeta vody



plocha světového oceánu 70,8 %

plocha pevniny 29,2 %

průměrný roční výpar ze světového oceánu 502 800 km³

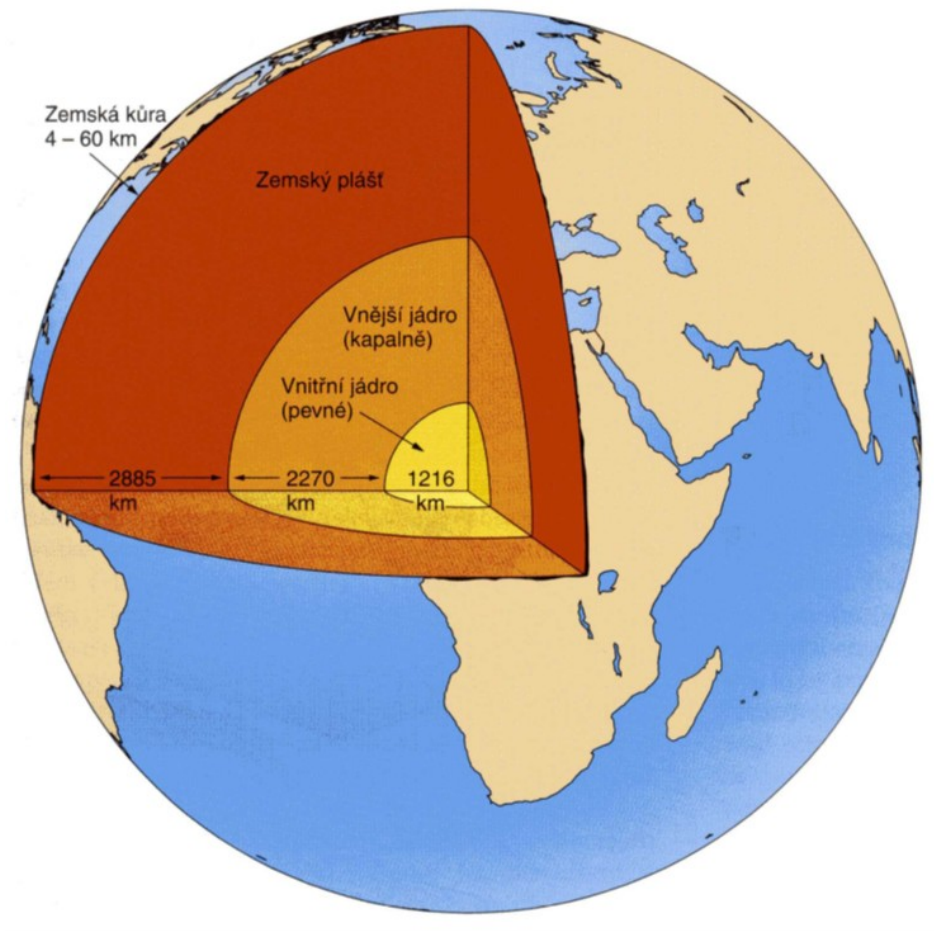
z pevniny 74 200 km³

Ekologický význam vody

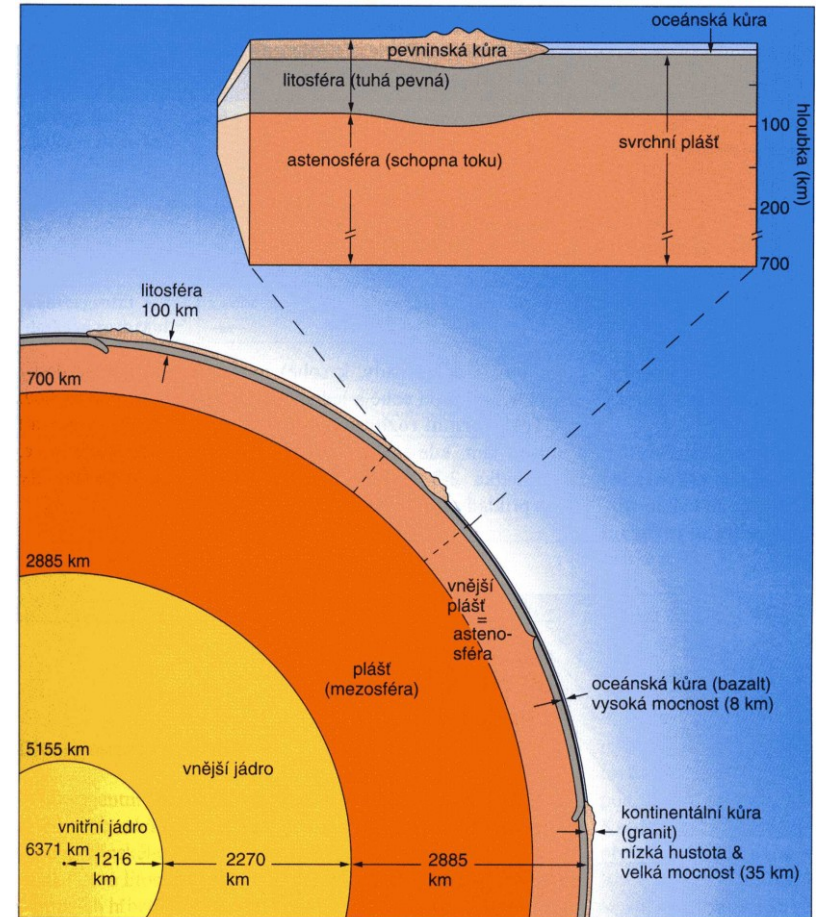
- Význam vody pro vznik a vývoj života
- Výskyt vody, její druhy a zdroje
- Hydrosféra
- Vlastnosti vody
- Základní ekologické faktory vodního prostředí
- Typologie mořských a sladkovodních ekosystémů
- Základní charakteristika mořského prostředí a brakických vod

Země - struktura povrchu

Vnitřní struktura Země



Vnitřní stavba Země



Význam vody pro vznik a vývoj života

Moře - kolébka života – ideální vlastnosti mořské vody:

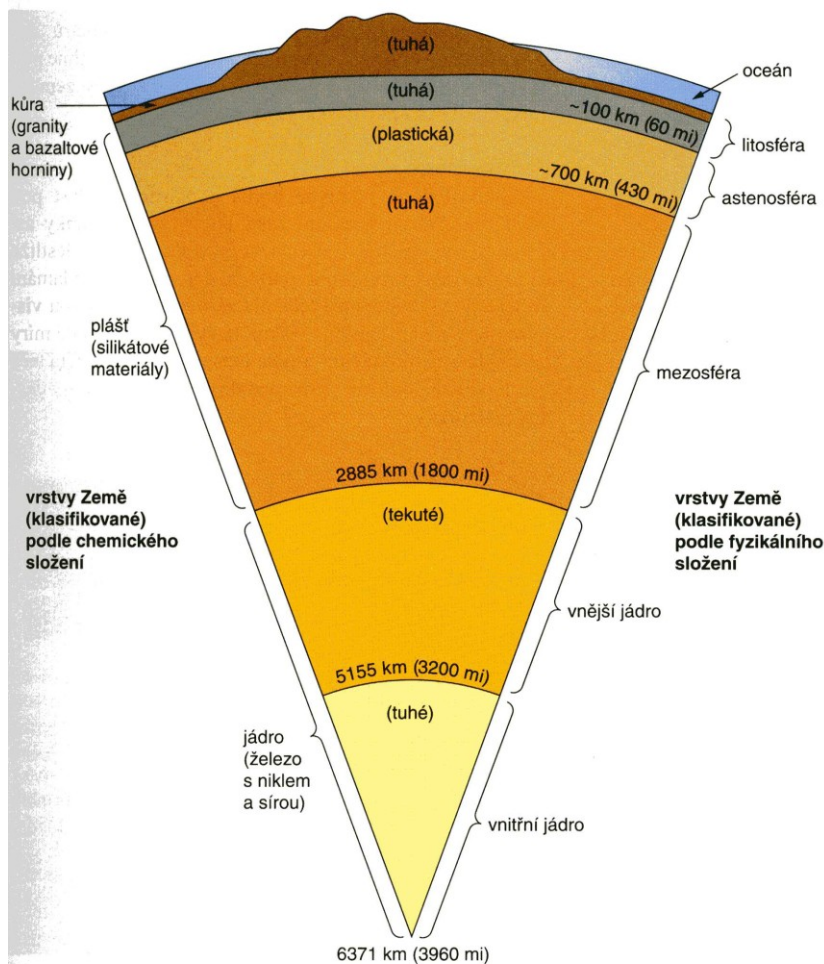
- Stálé chemické a fyzikální vlastnosti
- Velkou rozpouštěcí schopnost
- Velké povrchové napětí
- Velkou tepelnou kapacitu

Vznik života v moři – mnoho nižších rostlin a všichni mořští bezobratlí mají ve svých buňkách stejnou osmotickou hodnotu jako mořská voda.

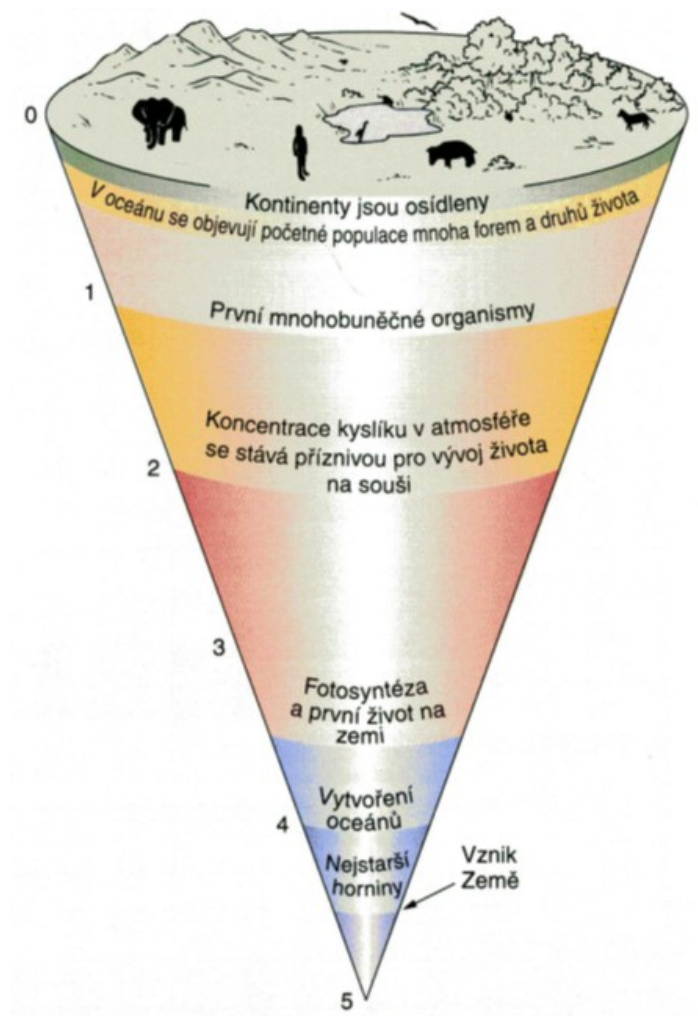
Mořská voda je pro ně ideální fyziologický roztok.

Země - kolébka života

Chemické složení a fyzikální vlastnosti Země



Hlavní události vývoje na Zemi



Voda – základní údaje

- Moře a oceány – 70,8 %
- Plocha oceánů – 361, 18 miliónů km²
- Plocha souše – 149,39 miliónů km²

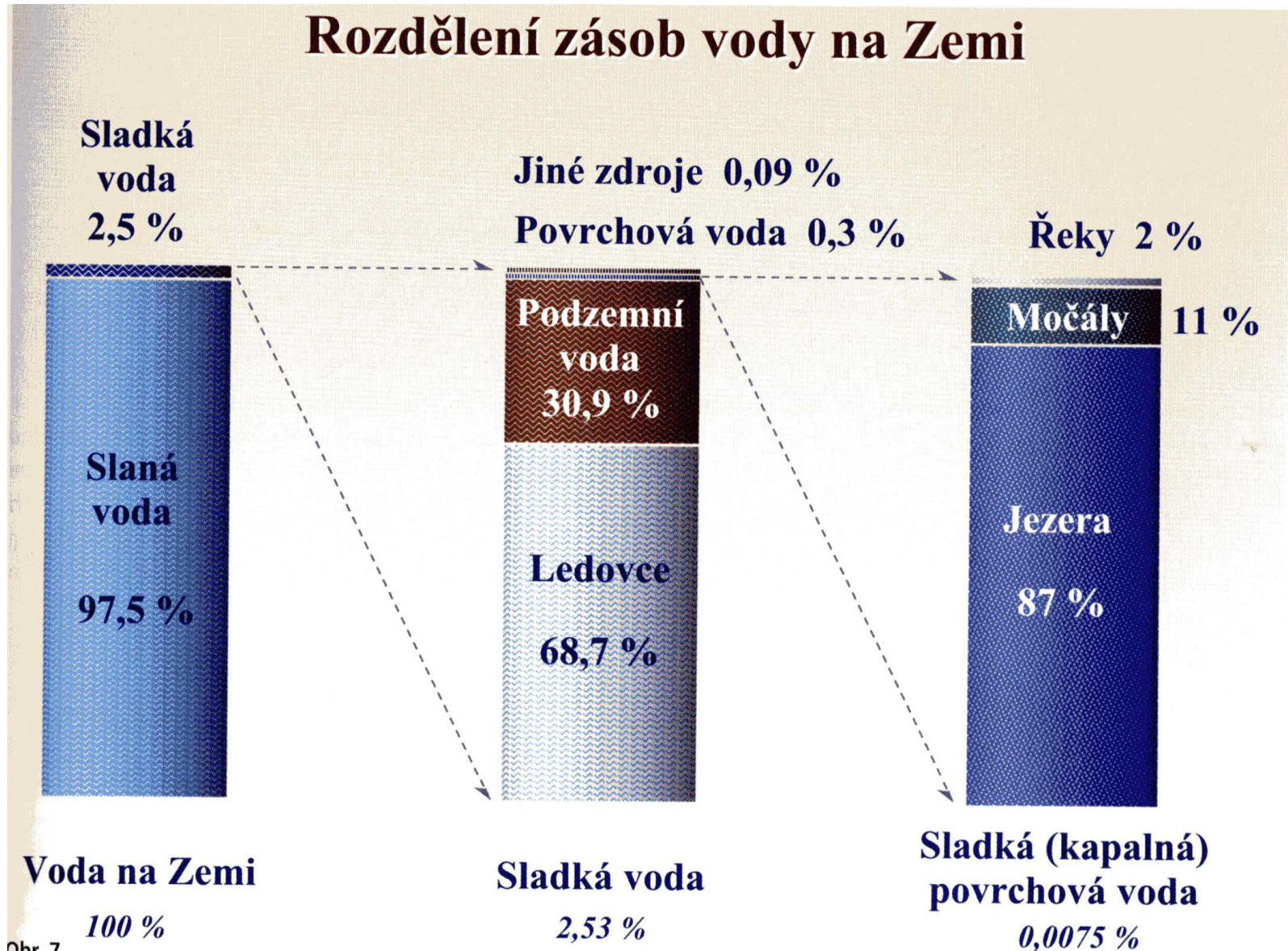
- Střední hloubka oceánů - 3 795 m
- Maximální hloubka oceánů – cca 11km
- Sladká voda - cca 2% zemského povrchu
- Na 1cm² zemského povrchu připadá 273 l vody:
 - Z toho: 269 l mořská voda
 - 4,5 l led
 - 0,3 l sladká voda
 - 0,003 l vodní pára

Rozdělení vody na Zemi

- Oceány a moře – 97,2 %
- Slané vody souší – 0,0008 %
- Ledovce a věčný sníh – 2,15 %
- Jezera, rybníky, nádrže – 0,009 %
- Vodní toky – 0,0001 %
- Podzemní voda – 0,62 %
- Kapilární voda v půdě – 0,005 %
- Voda v atmosféře – 0,001 %

Rozdělení vody na Zemi

Rozdělení zásob vody na Zemi



Obr. 7.

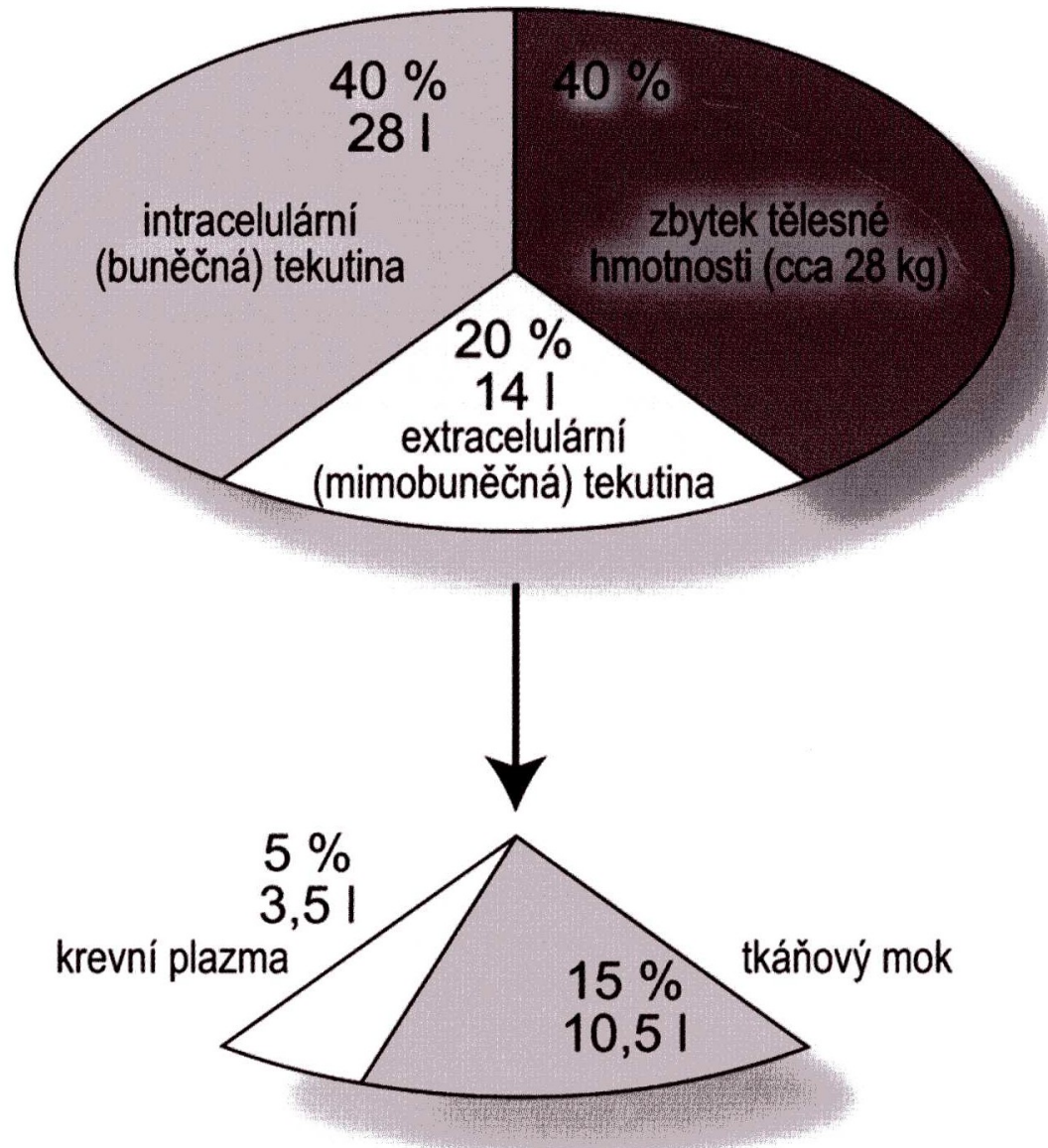
Zdroj: UNESCO a WMO

Význam vody

- Voda – stálá součást všech systémů – u vyšších živočichů a člověka tvoří největší podíl tělesné hmotnosti
- Nejvíce u zárodku:
 - ve stáří 1 měsíc – 95% hmotnosti
 - po narození – 75 – 80 % vody
 - v dospělosti – 60 % (70kg – 42kg vody)

Voda v těle univerzální rozpouštědlo – umožňuje látkovou a energetickou výměnu

Rozdělení tekutin v lidském těle



Obsah vody v těle a vodní bilance živočichů

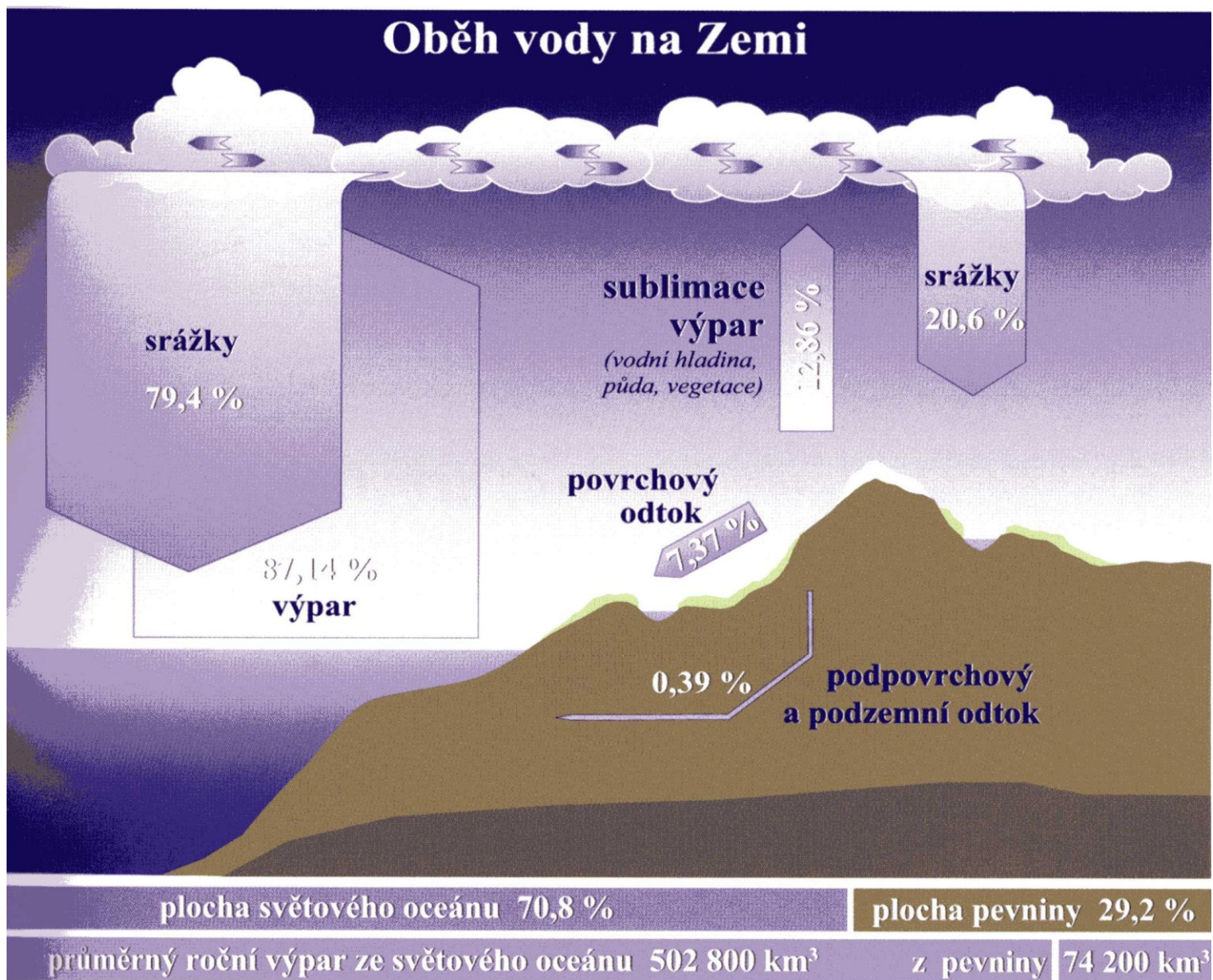
| Vodní živočichové | % | suchozemští živočichové | % |
|-------------------|-------|-------------------------|-------|
| Venušin pás | 99 | žížaly | 84-88 |
| Sasanky a medúzy | 80-90 | měkkýši | 50-90 |
| Slávka jedlá | 84 | hmyz (dospělý) | 50-90 |
| Štika obecná | 80 | kachna | 70 |
| Pstruh obecný | 75 | skot domácí | 52-60 |

Hydrologický cyklus

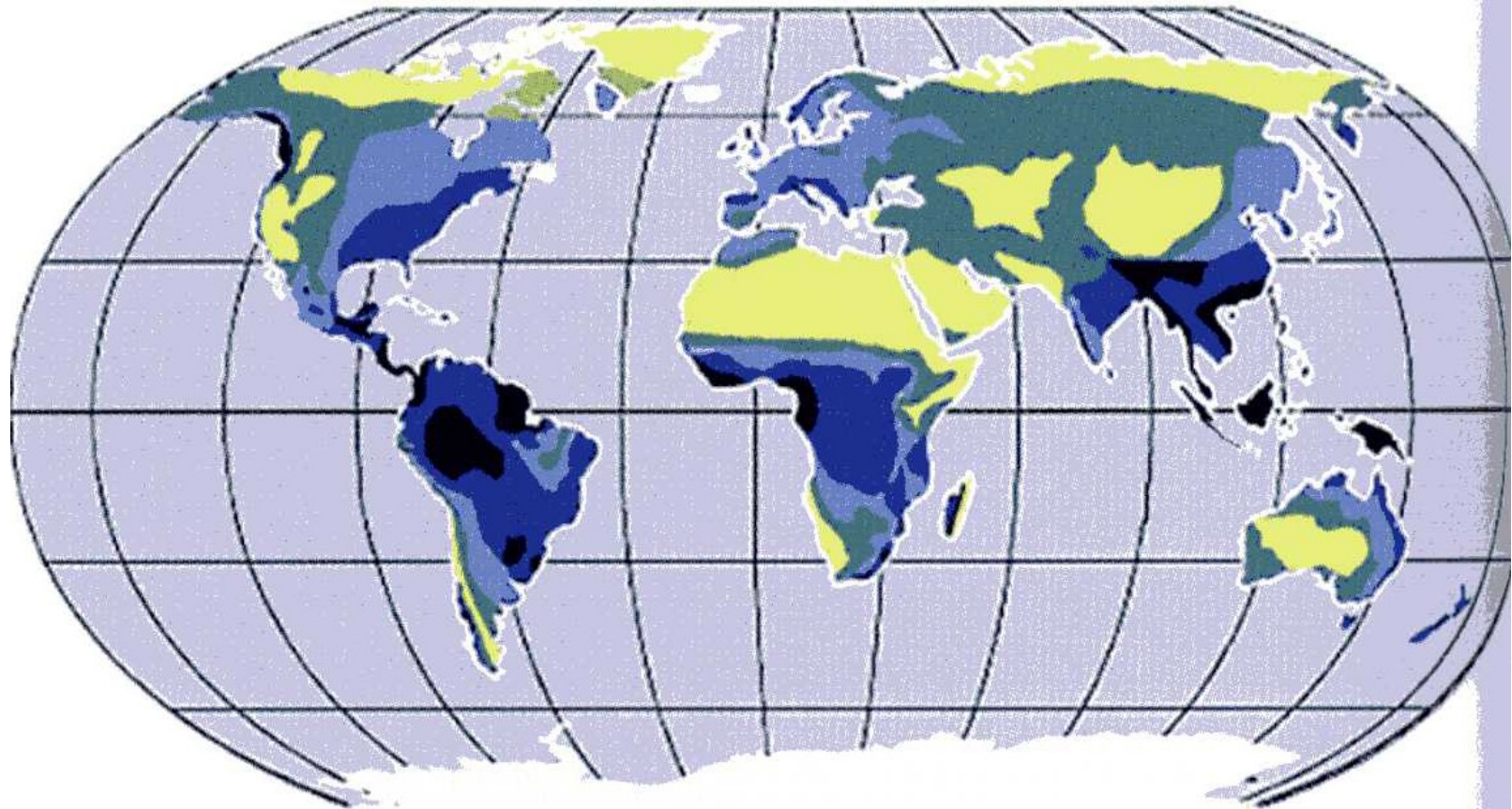
- Velký oběh
- Malý oběh

- Voda v atmosféře – 12 700 km² (25mm)
- Průměrné množství srážek – 510 000 km²
- Doba jednoho koloběhu – 9 dní (40x za rok)

Schéma oběhu množství vody



Průměrný roční úhrn srážek na Zemi

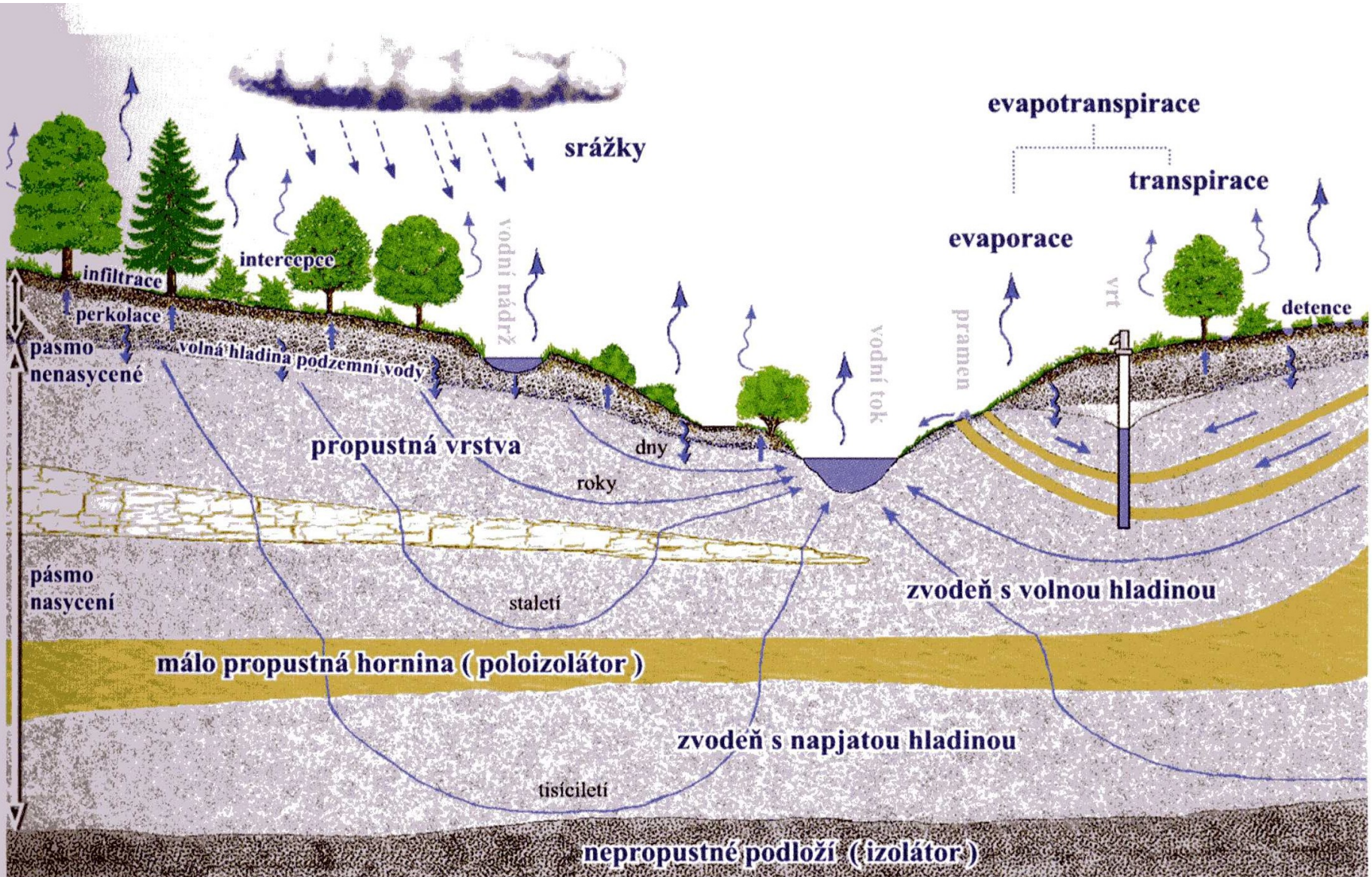


Průměrný roční úhrn srážek v milimetrech

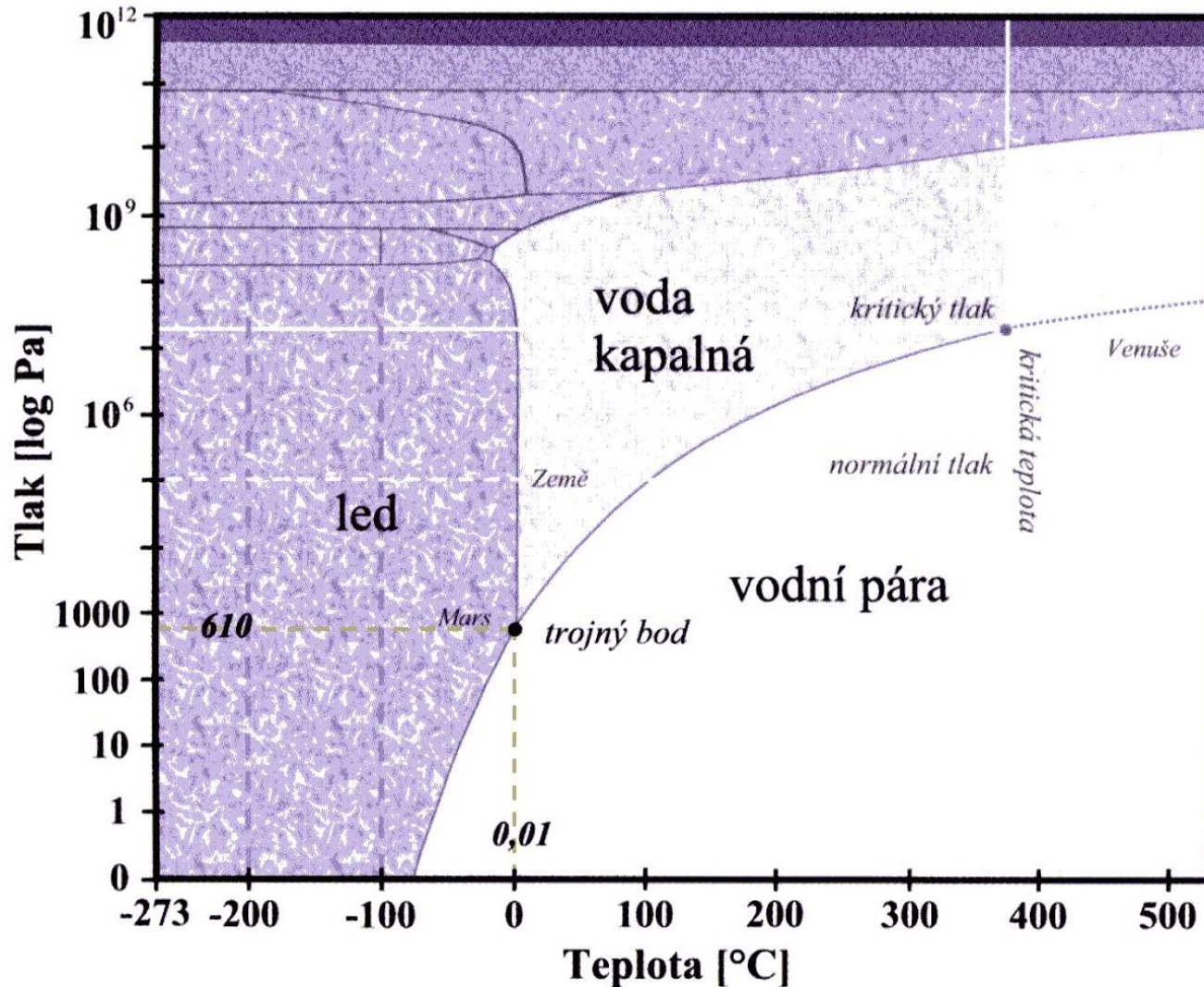
■ 3000 ■ 2000 ■ 1000 ■ 500 ■ 250 ■ pod 250

Earth Forum, Houston Museum of Natural Science

Odtokové procesy v krajině



Fyzikálně-chemické vlastnosti vody



Unikátní vlastnosti čisté vody

Molekula vody je tvořena jedním atomem vodíků a dvěma atomy vodíku

Různé konce molekuly vody mají různé elektrické náboje:

O – záporný náboj

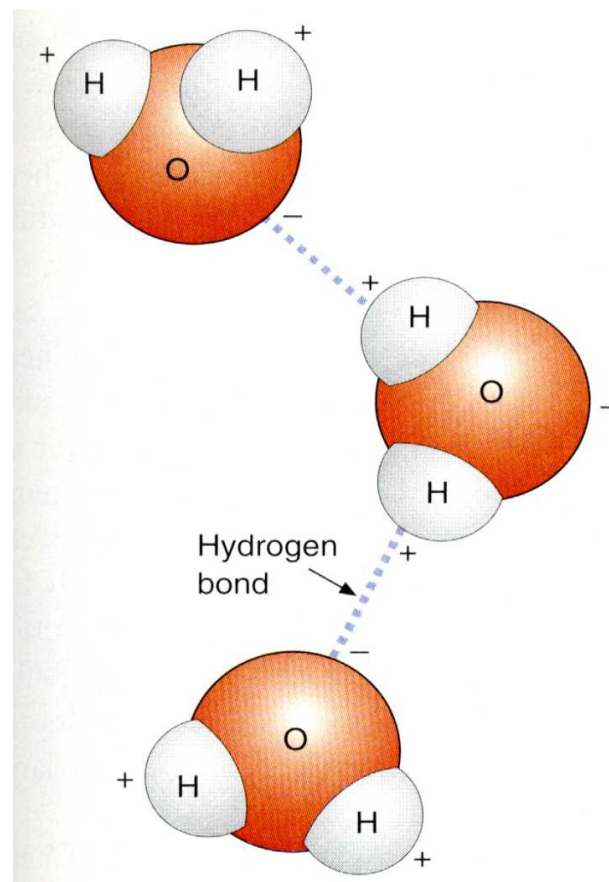
H – kladný náboj

Opačné náboje se přitahují jako póly magnetu

Vzniká tak tzv. chemická vazba – vodíkový můstek

Tyto vazby jsou velmi slabé, díky nim má ale voda unikátní vlastnosti.

Voda je vynikající rozpouštědlo !



Prostorové uspořádání molekuly vody

Prostorové uspořádání (a);

3D zobrazení (b); schéma (c)

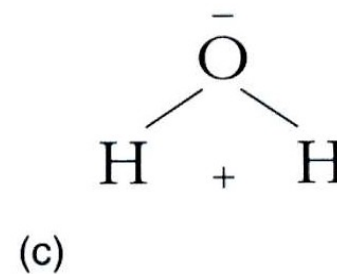
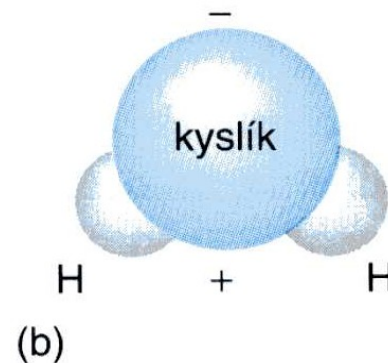
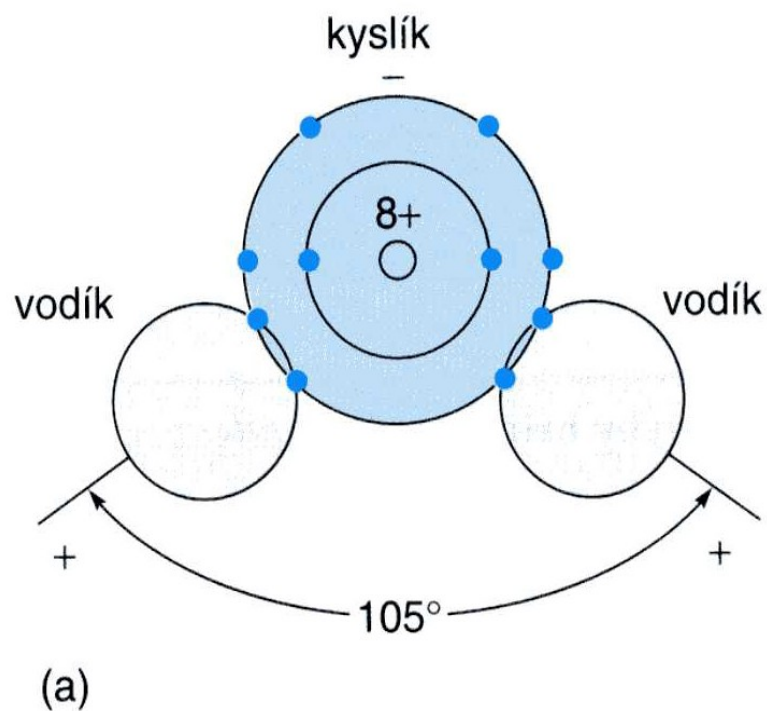
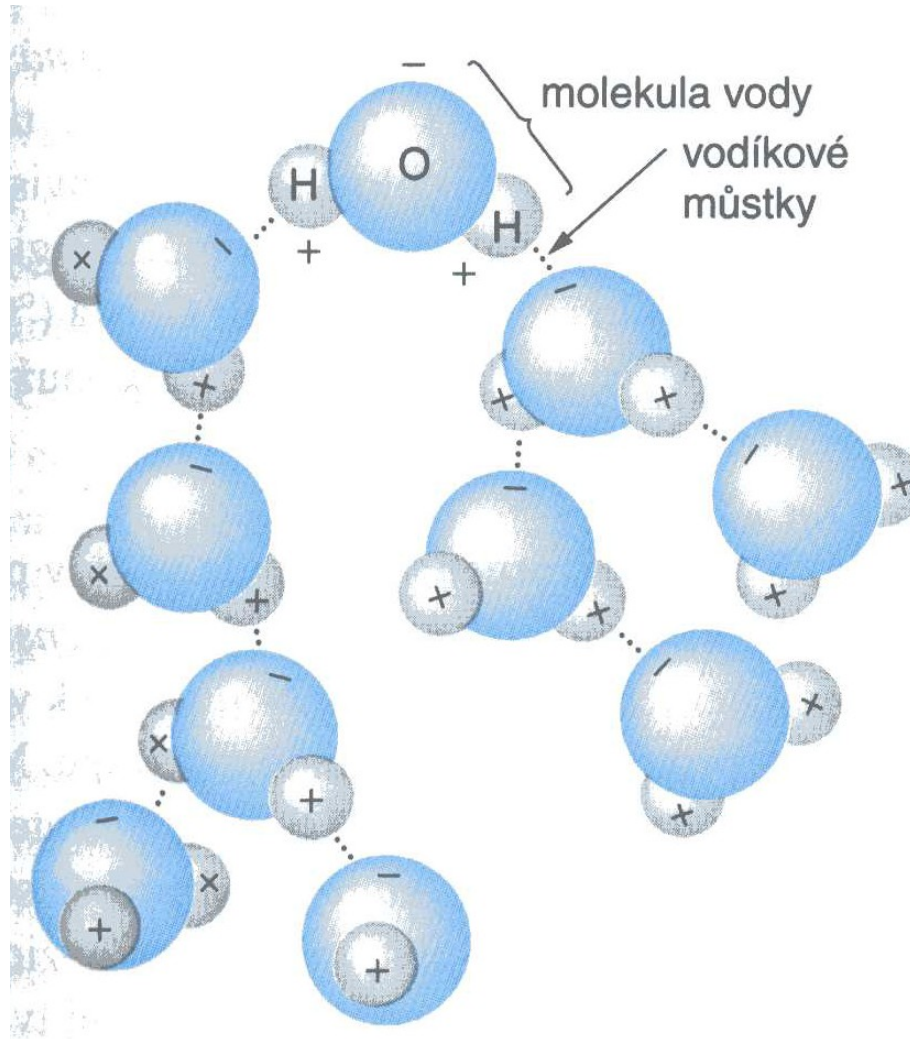
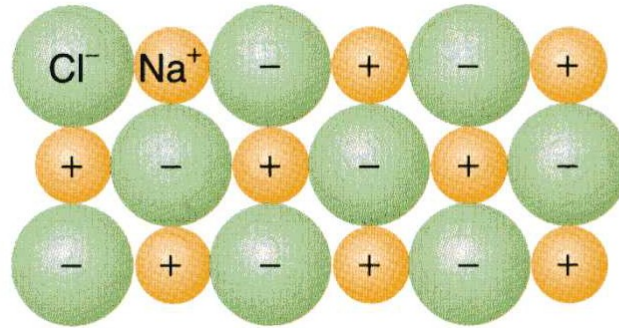


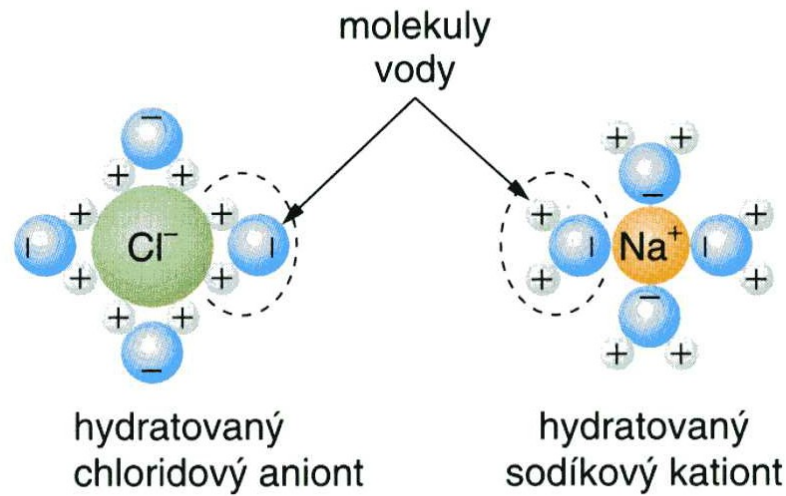
Schéma vodíkových můstků



Voda jako rozpouštědlo



(a) chlorid sodný v pevné krystalické struktuře



(b) chlorid sodný v roztoku

Voda je díky svých fyzikálně chemickým vlastnostem vynikající rozpouštědlo

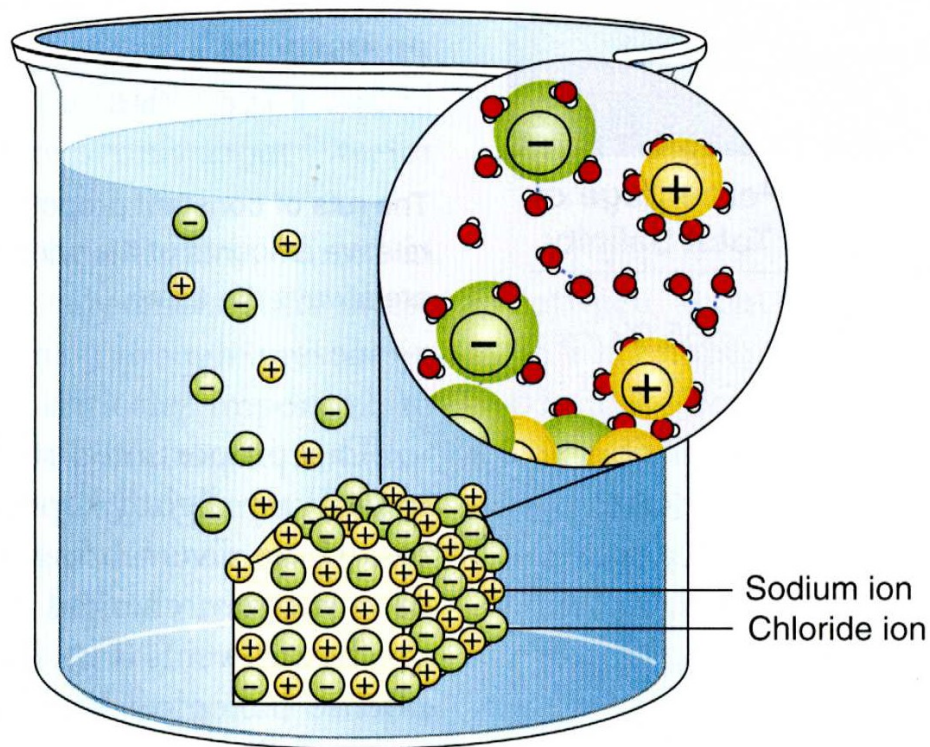
Proces rozpouštění krystalu NaCl:

Na ionty – kladný náboj (+)

Cl ionty – záporný náboj (-)

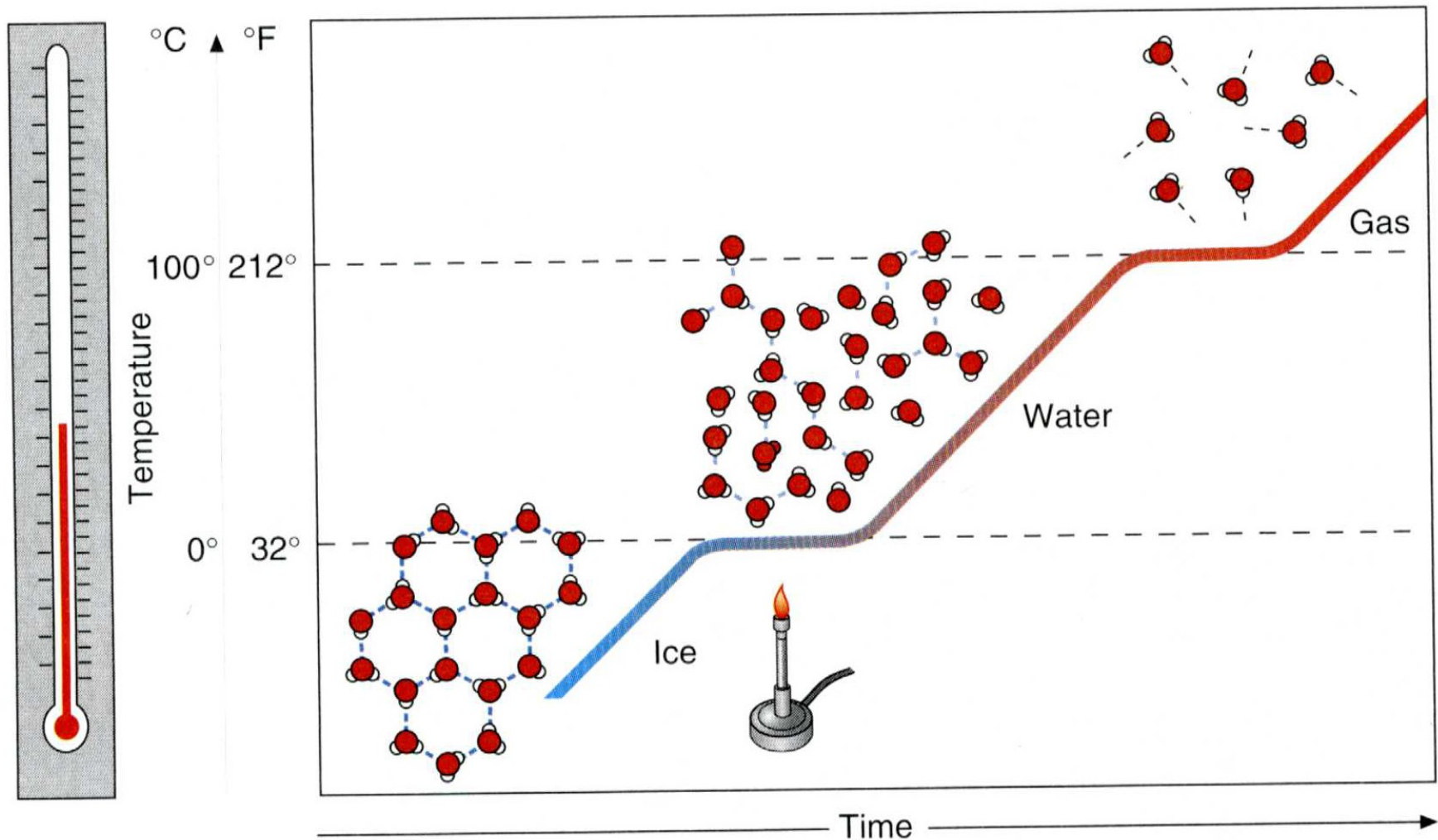
Vazby mezi ionty jsou silnější než mezi molekulami vody, dochází k rozpouštění soli ve vodě.

Molekuly vody obklopují ionty a to vede k oslabení jejich vazeb/působení na molekuly vody a jejich rozpuštění ve vodě.

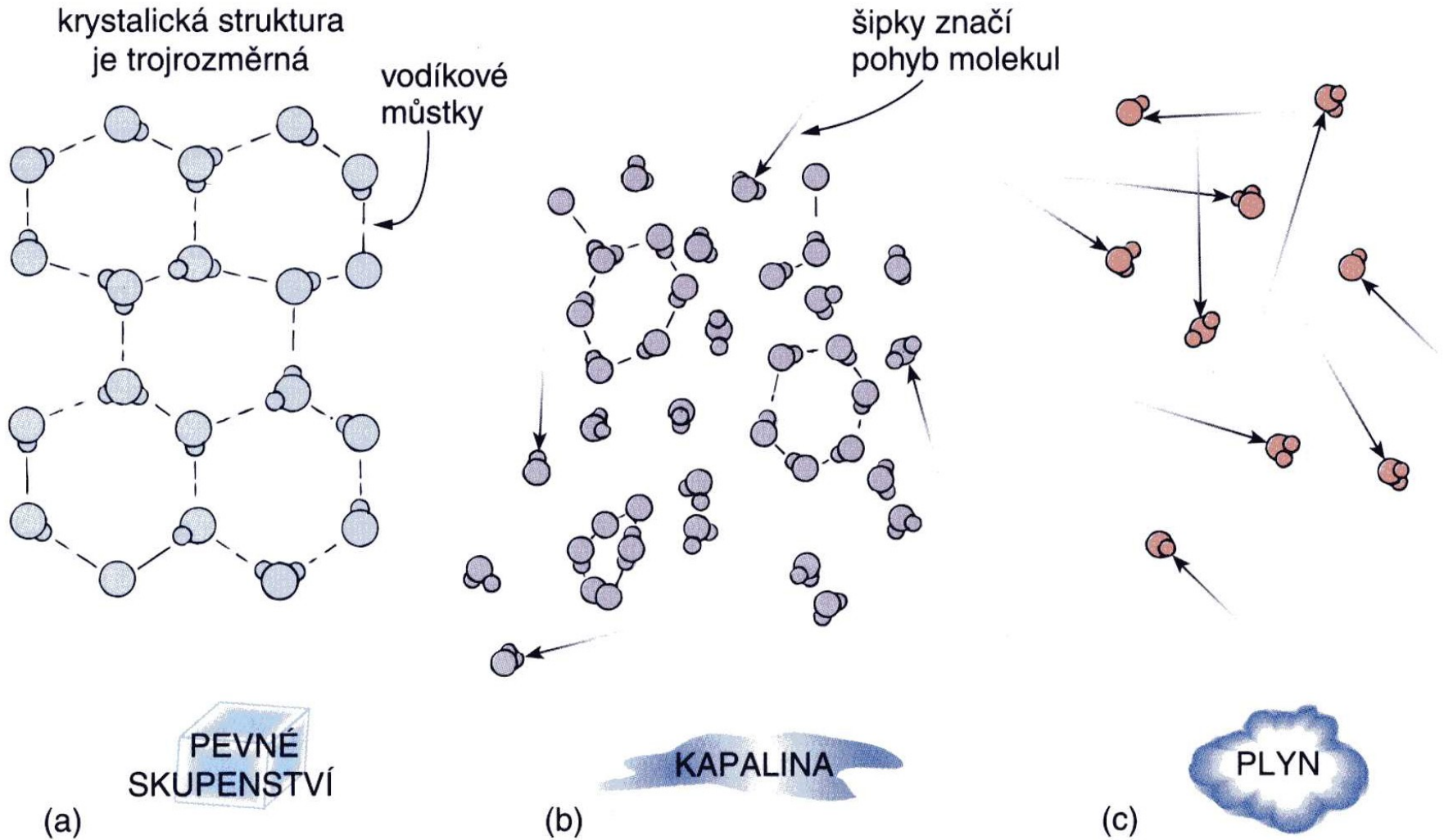


- ⊕ Sodium ion
- ⊖ Chloride ion
- Water molecule

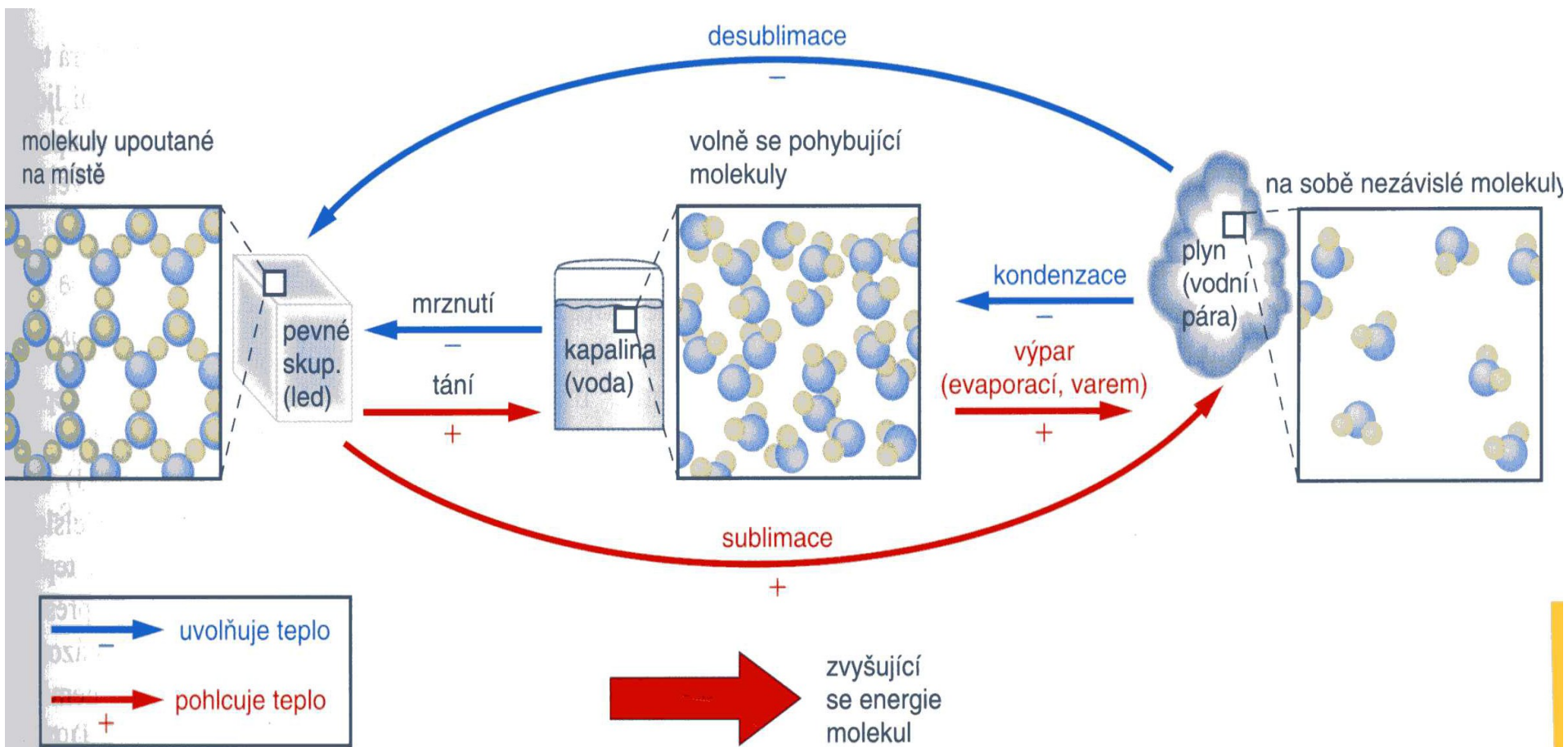
Struktura molekuly vody závisí na teplotě



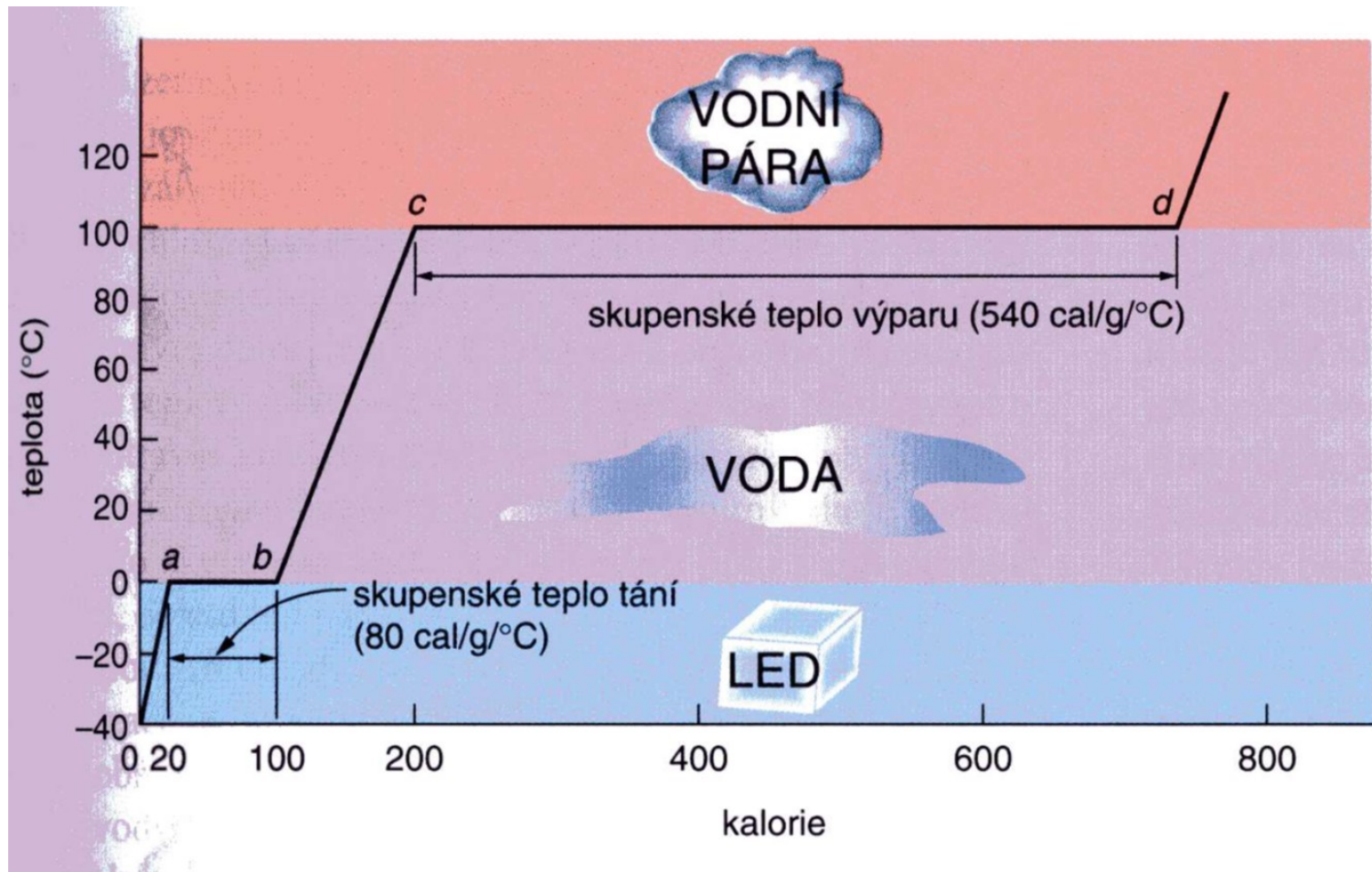
Mezimolekulární vazby v molekule vody



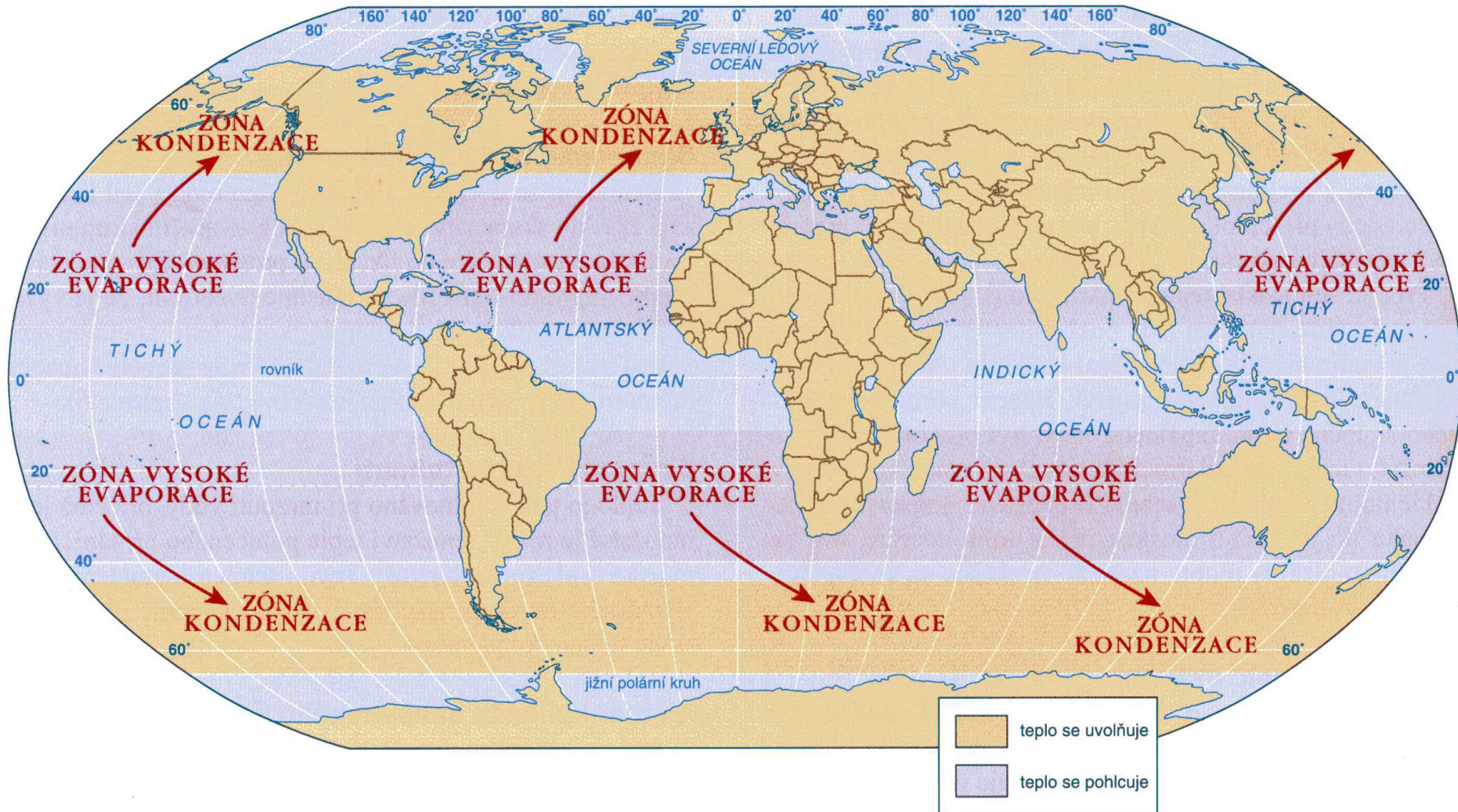
Voda ve třech skupenstvích



Skupenské teplo a změny skupenství vody



Přenos tepelné energie



Základní ekologické faktory vodního prostředí

Podmínky

- Teplota
- pH vody
- Salinita
- Proudění vody
- Pásmovitost (zonace)
- Hydrostatický tlak
- Znečištění

Zdroje

- Záření
- Oxid uhličitý
- Voda
- Minerální živiny
- Kyslík
- Organismy (potrava, samice)
- Prostor

Teplota vody

- Teplota je míra tepelného stavu látky
- Subjektivně vnímána jako pocity mrazu, chladu, horka
- Objektivně měřena změnami některých fyzikálních veličin (např. objemu)
- Ekologická definice tepla – sluneční energie přeměněná v energii tepelnou
- Jeden ze základních životních předpokladů životních procesů všech živočichů včetně člověka
- Důležitý faktor prostředí organismů.

Zdroje tepla

- Sluneční energie (infračervené záření)
- Geotermální teplo (sopečná činnost, termální prameny)
- Teplo antropogenní původu
- Teplo uvolněné rozkladem organické hmoty

Změny teploty

- Sezónní a denní cyklus
- Zeměpisná šířka
- Nadmořská výška
- Změny s hloubkou
- Kontinentalita
- Mikroklimatická proměnlivost

Termobiologické typy živočichů

- **Poikilotermní** – ektotermní – jsou závislé na vnějších zdrojích tepla
- **Homoiotermní** – endotermní – regulují svou teplotu vytvářením tepla ve vlastní těle

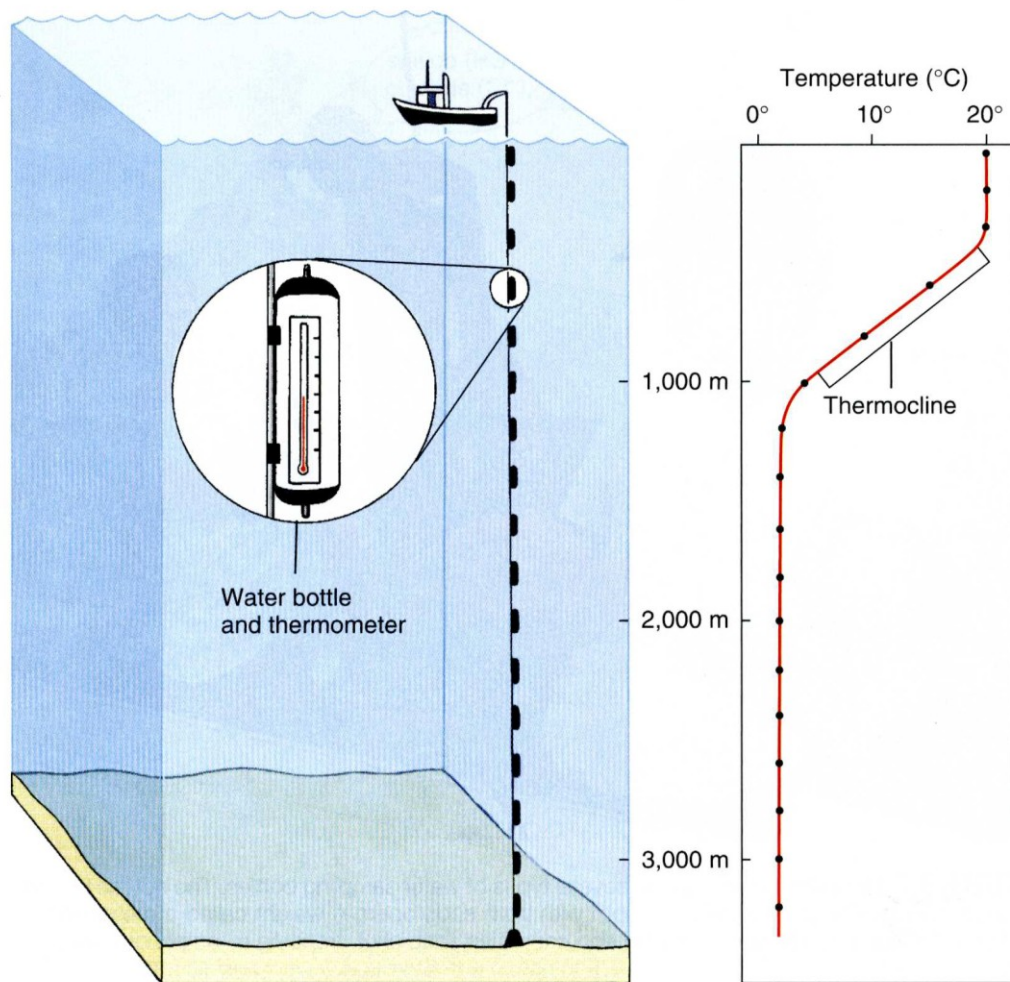
Ekologická pravidla

- **Bergmanovo** – v chladnějším podmínkách větší a hmotnější než v teplejších oblastech (tučňák císařský na pobřeží a ve vnitrozemí Antarktidy)
- **Allenovo** – v chladnějším oblastech kratší uši, ocase, zobáky, končetiny (liška polární v tundře, fenek berberský v pouštích)
- **Glogerovo** – v teplejších a vlhčích oblastech jsou někteří živočichové tmavší než jejich příbuzné formy v suchých a chladných oblastech
- **Jordanovo** – určuje vztahy meristických znaků kostnatých ryb k teplé vodě

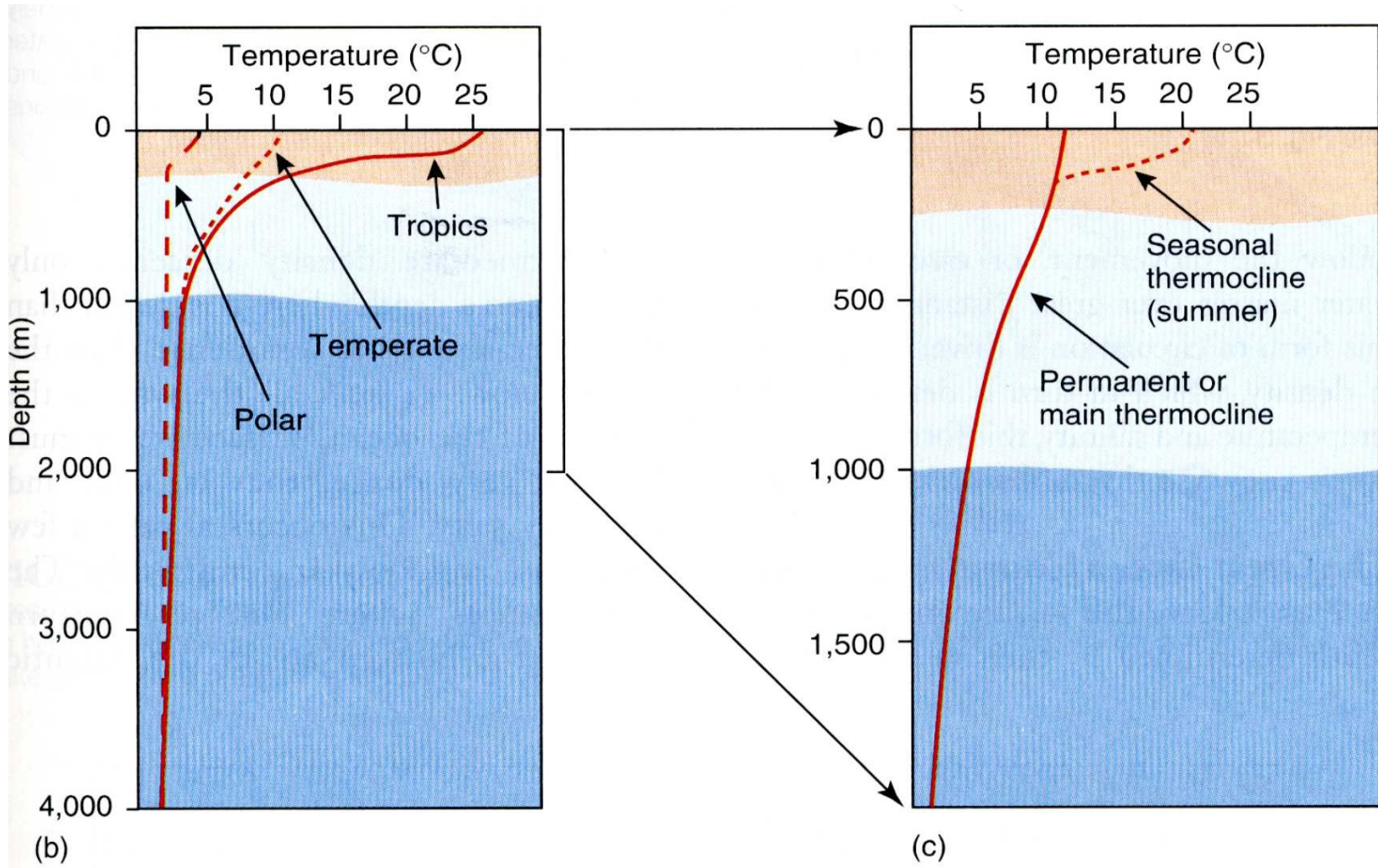
Variace teploty vody s hloubkou moře

S přibývajícím hloubkou dochází k poklesu teploty vody v mořích

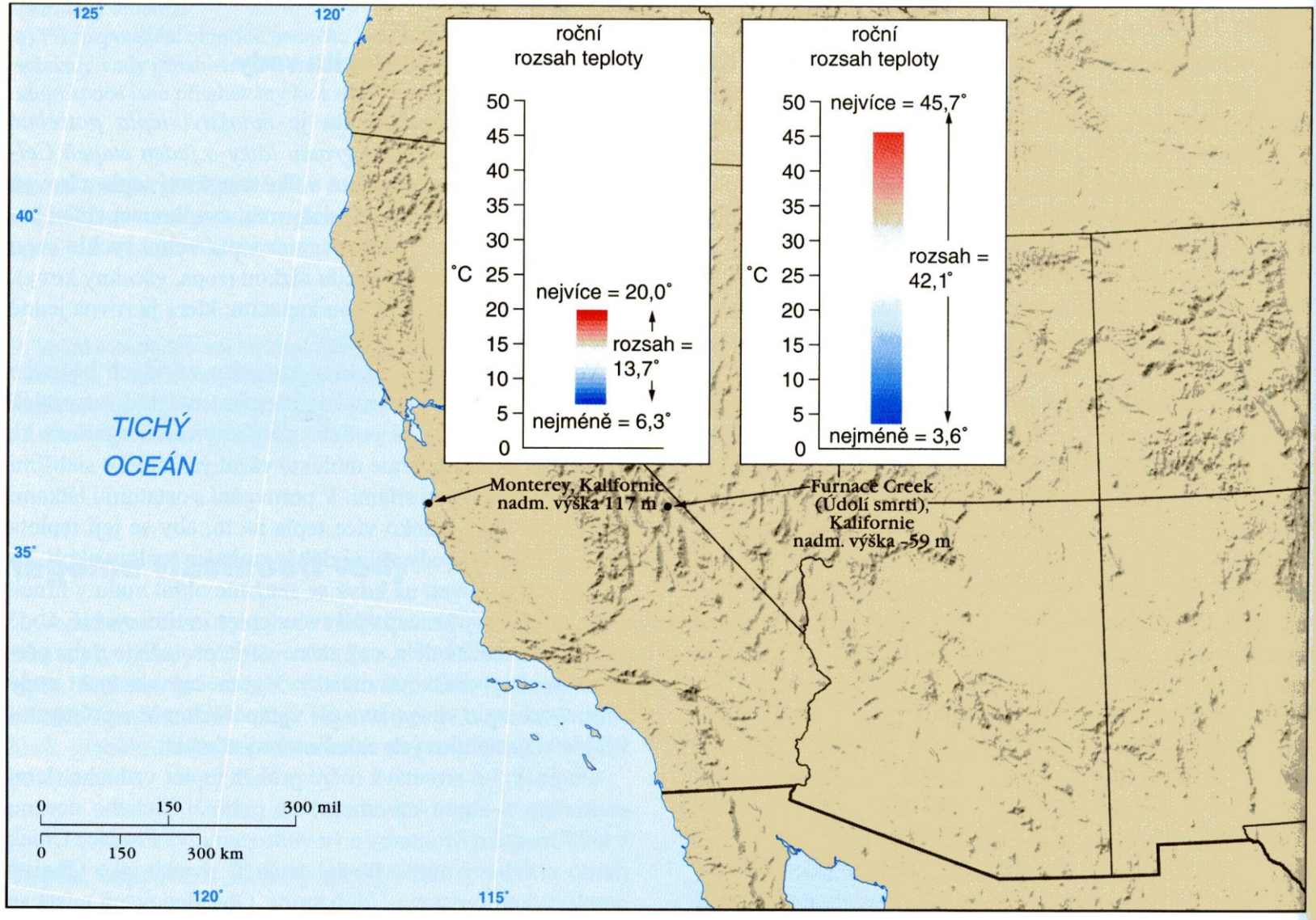
Termoklina je oblast prudkého poklesu teploty vody



Srovnání profilu teploty vody v tropech, na pólech a v hloubkách



Roční rozsah teplot vzduchu a teplota vody



pH vody

pH jak v suchozemském, tak i ve vodním prostředí má silný vliv na výskyt a početnost organismů

Reakce vody (pH) je podmíněna koncentrací vodíkových iontů. pH je určováno rovnovážnými stavy mezi kyselinou uhličitou a hydrouhličitanem vápenatým.

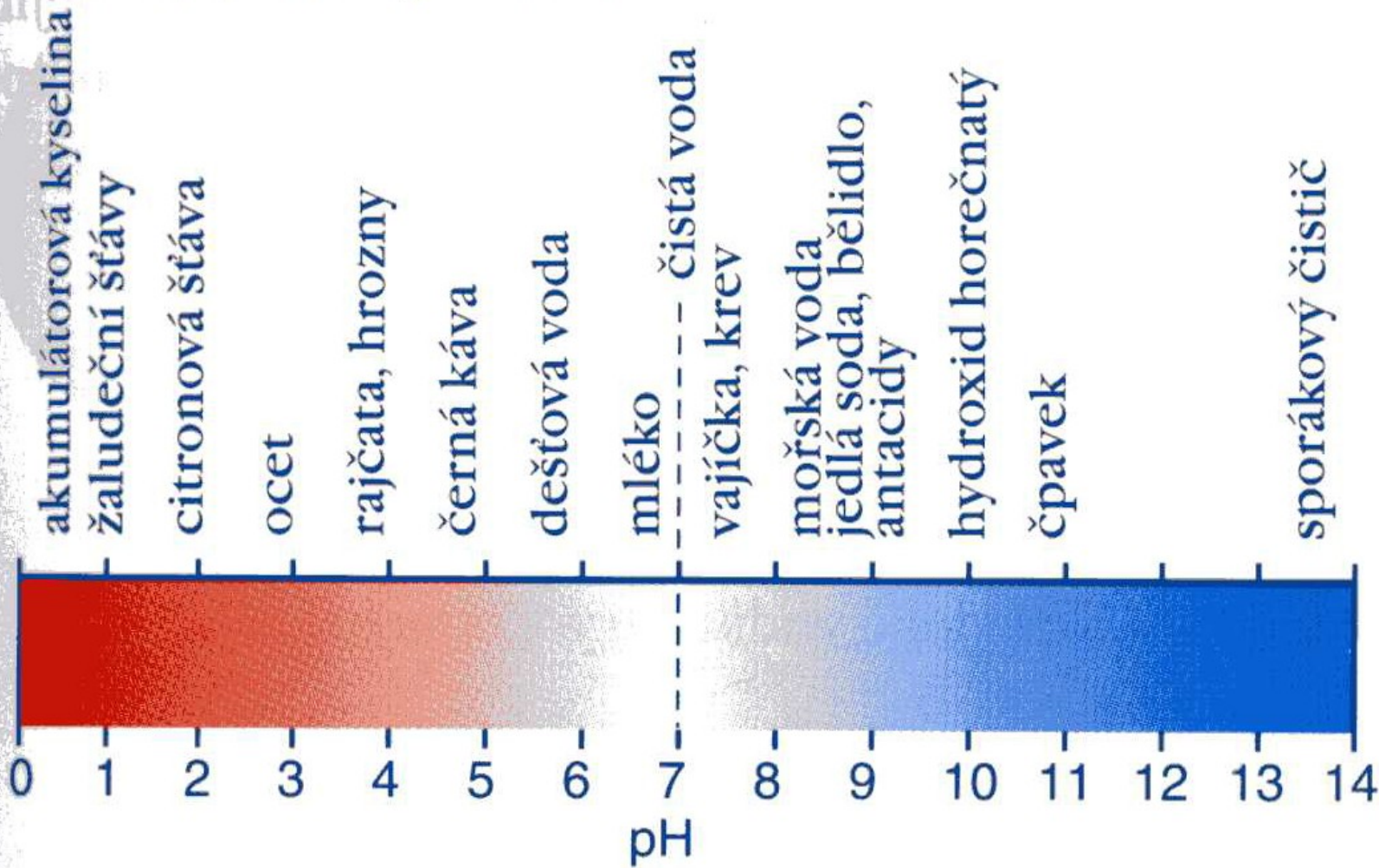
Dešťová voda: $\text{pH} = 5,65$

Mořská voda: $\text{pH} = 8,1 - 8,3$

Sladká voda: $\text{pH} = 3 - 10$

Stupnice pH

hodnoty pH běžných látek



V kyselém prostředí klesá druhová rozmanitost

Zvýšená kyselost působí třemi způsoby:

- Znemožnění osmoregulace, aktivity enzymů nebo výměny plynů
- Zvýšení koncentrace toxických těžkých kovů
- Omezení kvality potravních zdrojů

Tolerance organismů vůči pH

- **Euryiontní:**

viřník *Brachiomus urcellaris*: pH = 4,5- 11,0

ploštěnka *Planaria maculata*: pH = 4,9-9,2

- **Stenoiontní:**

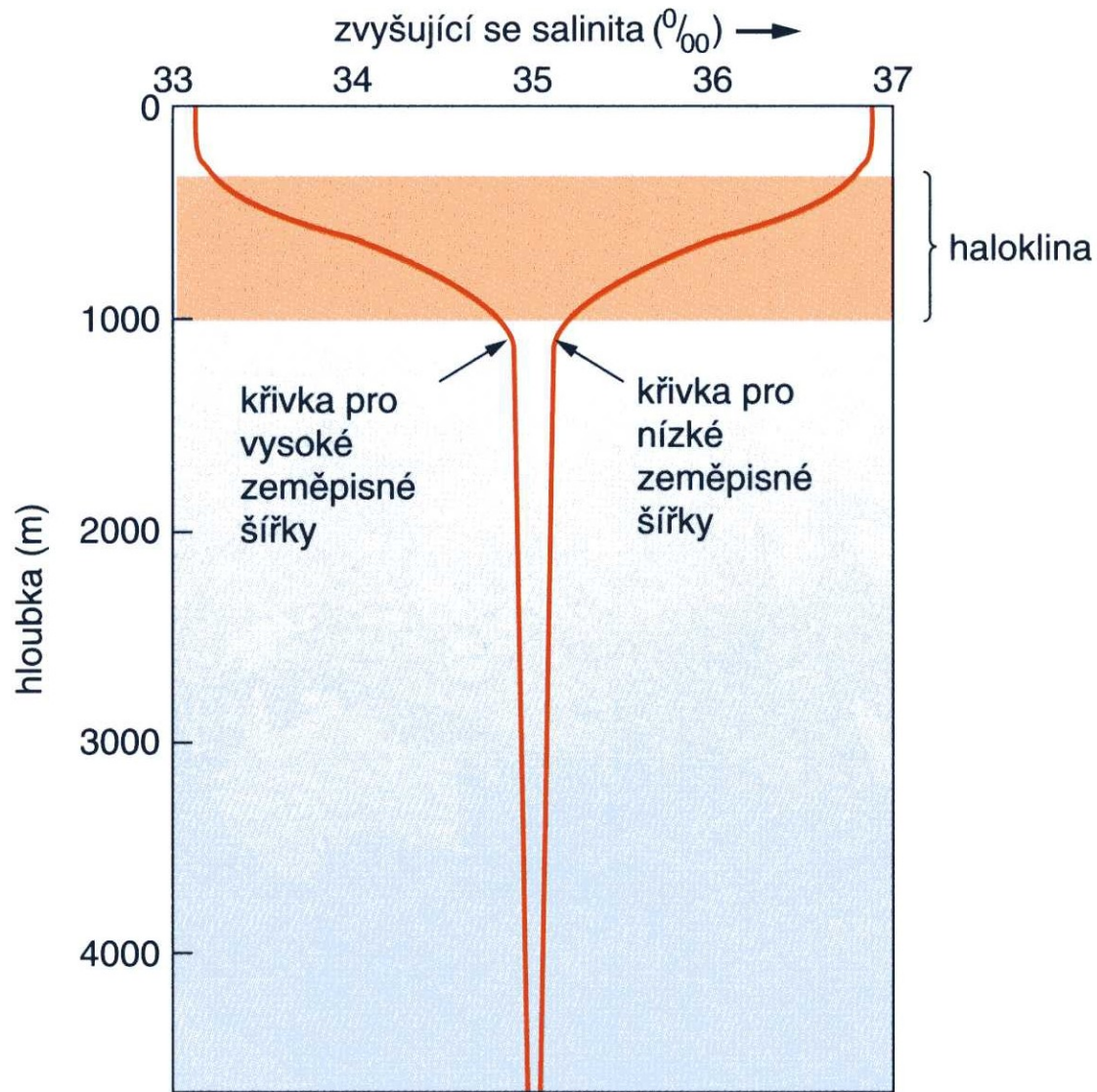
nálevník *Spirostomum ambiguum*: pH = 7,4 - 7,6

perloočka *Bythotrephes longimanus*: pH = 7,3 - 9,0

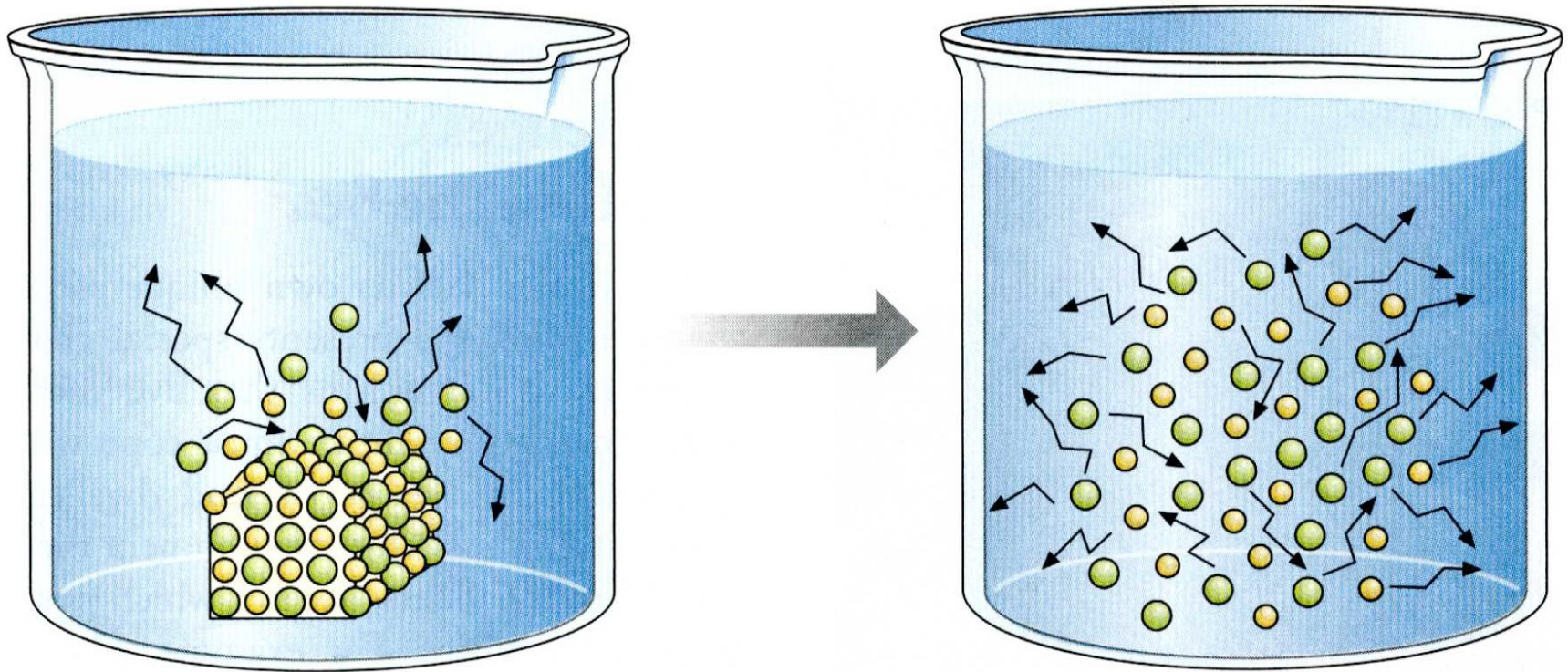
Salinita

- Obsah solí (salinita) vody je ovlivňován a především jejich polohou a podkladem
- Sladkovodní (brakické) biotopy
- Osmotické problémy živočichů – kolísání: 0,05-0,4‰; ze solí převládají uhličitany
- Mořské biotopy
- Izotonické prostředí
- Přebývají chloridy – 35‰
- Vnitrozemská moře = 2 – 8 ‰

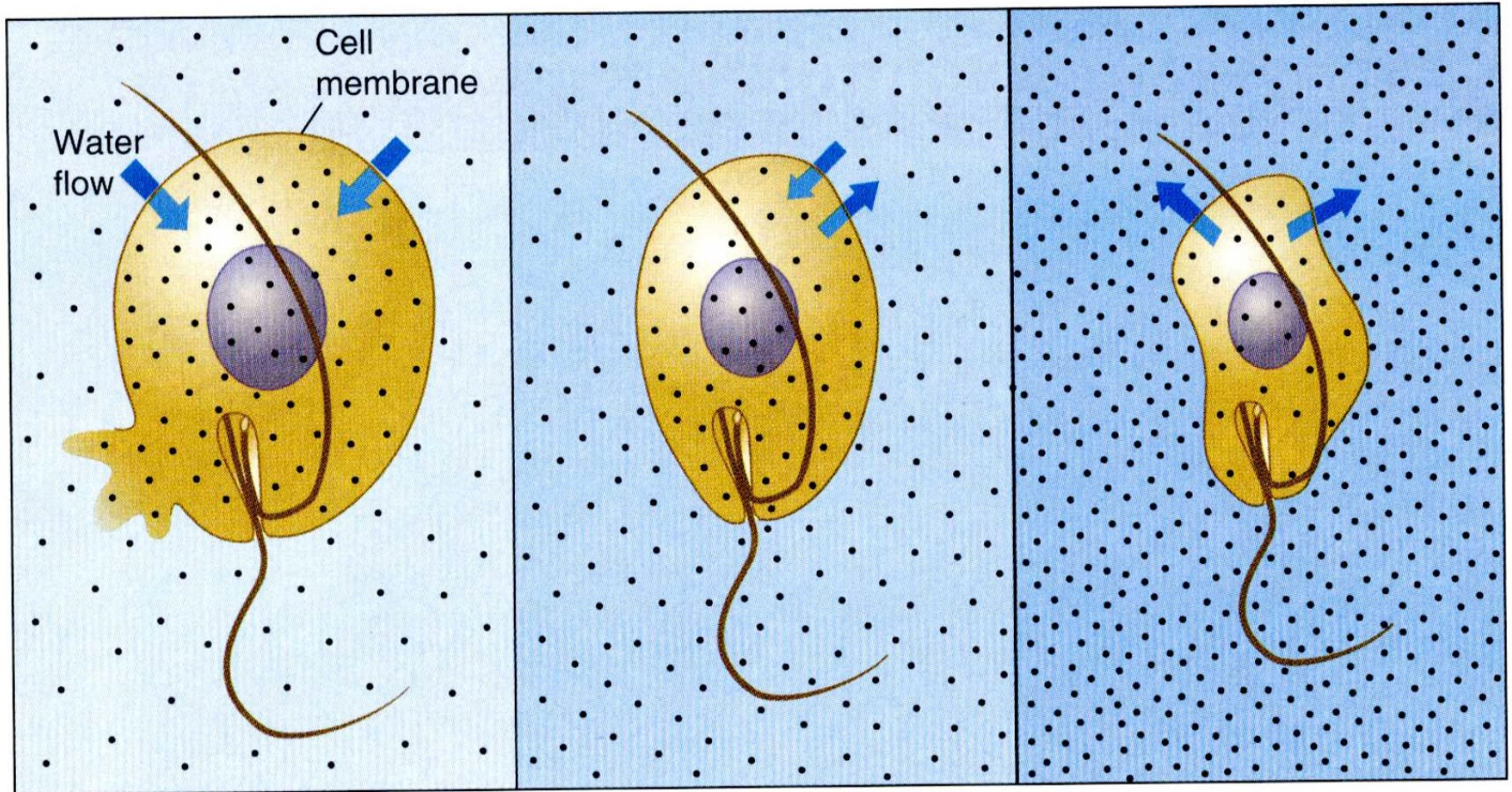
Změny salinity v hloubce



Proces difuze – rovnoměrná koncentrace



Princip osmózy



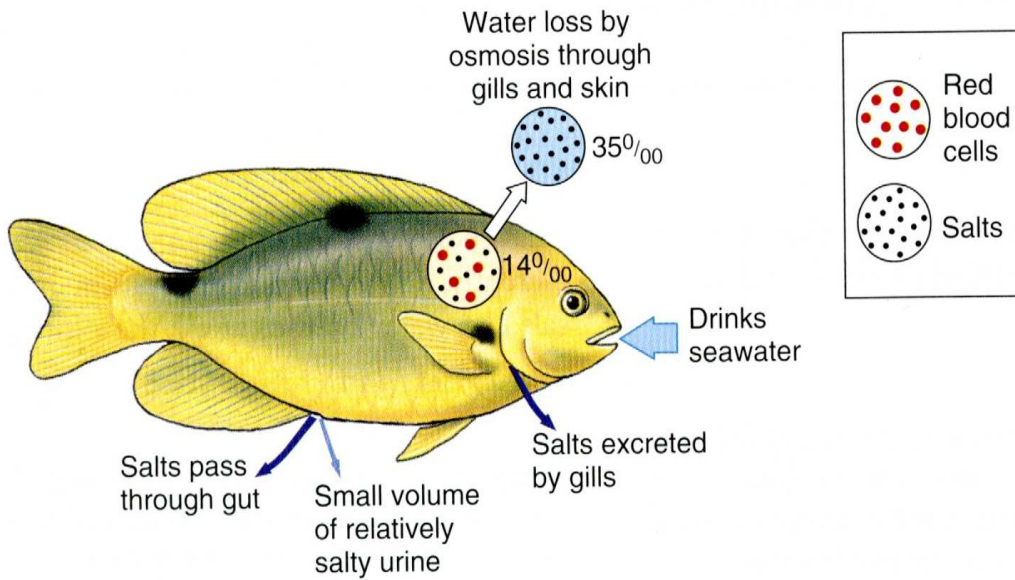
(a) Lower concentration outside

(b) Same concentration inside and outside

(c) Higher concentration outside

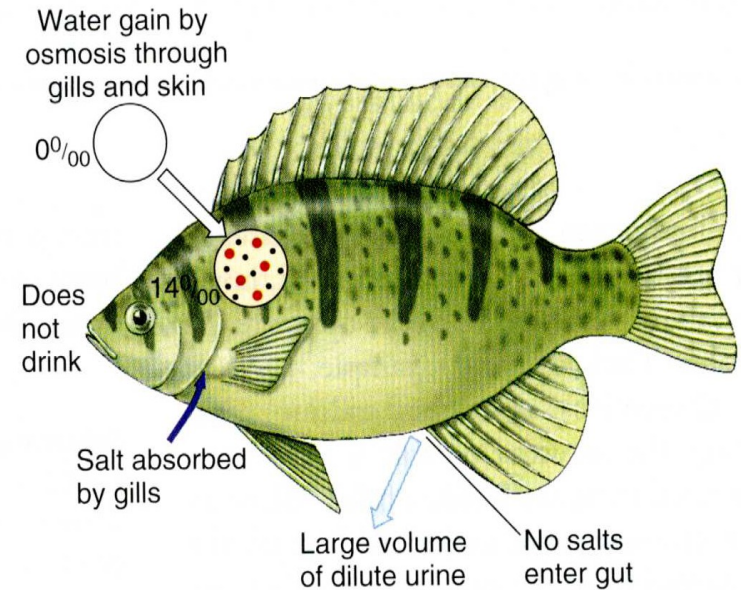
Regulace solí ve vodě

Mořská ryba



(a) Marine fish

Sladkovodní ryba



(b) Freshwater fish

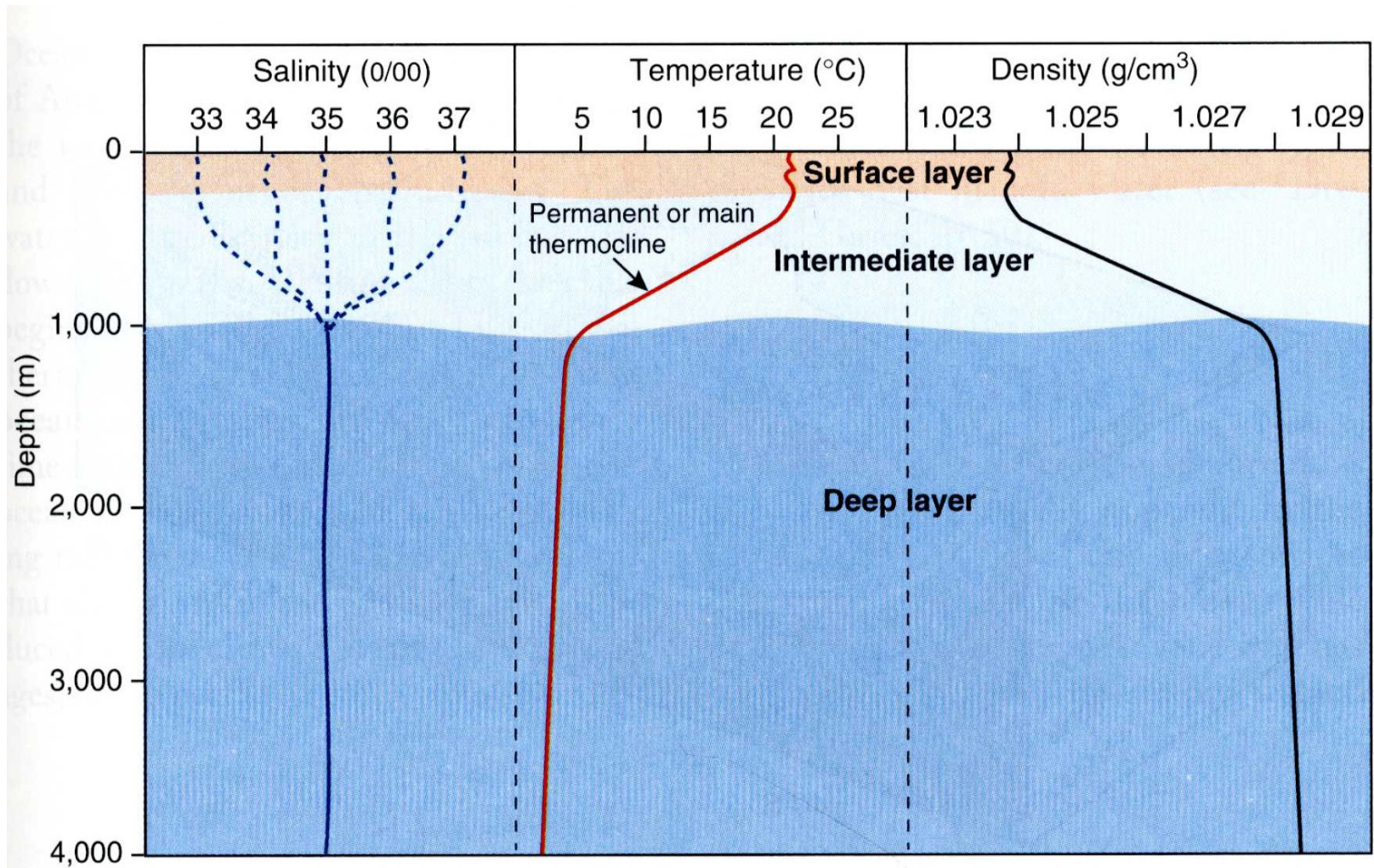
Sladkovodní původ mořských ryb

- Moře = kolébka života (osmotické poměry bezobratlých, Cyclostomata, Elasmobranchii, Holocephali, Osteichthyes)
- Ostracodermi = první známí obratlovci ve sladkovodních usazeninách siluru a devonu (pancířnatí praobratlovci)
- Mořské ryby: málo hypotonické moči, pijí mořskou vodu
- Sladkovodní ryby: hodně hypotonické moči

Vliv salinity na rozšíření a výskyt

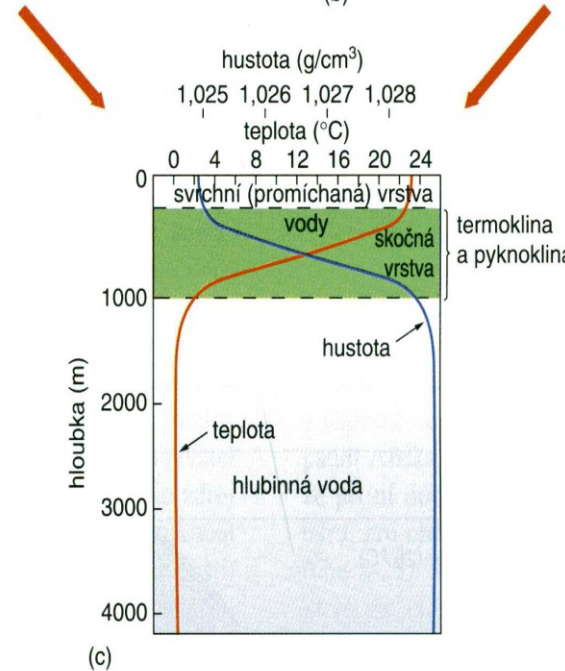
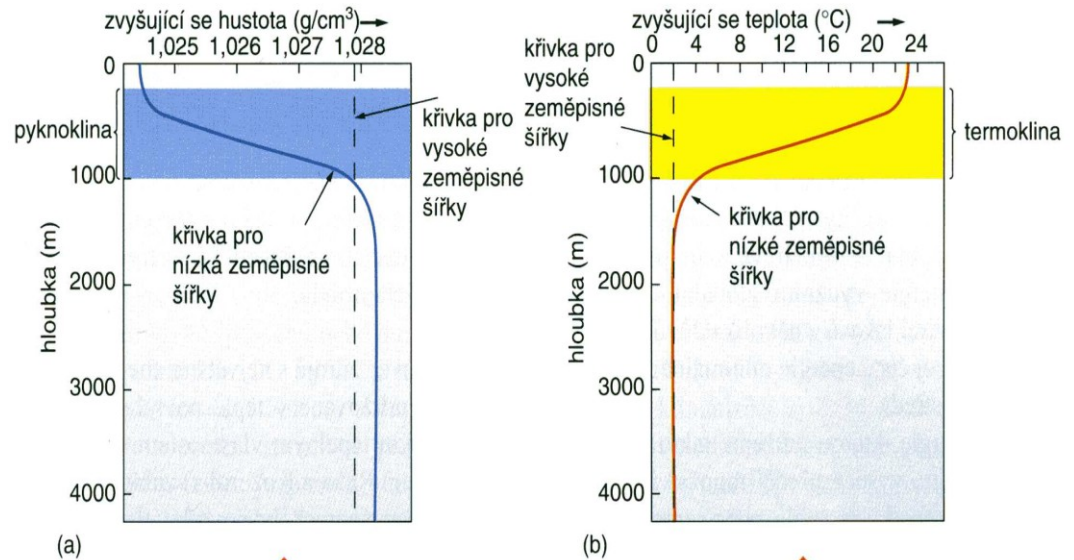
- Ústí moře do řeky – plynulý gradient
- Ryby tažné = cyklicky euryhalinní
- Ostatní ryby = euryhalinní nebo stenohalinní

Typický profil salinity, teploty a hustoty vody v otevřeném oceánu



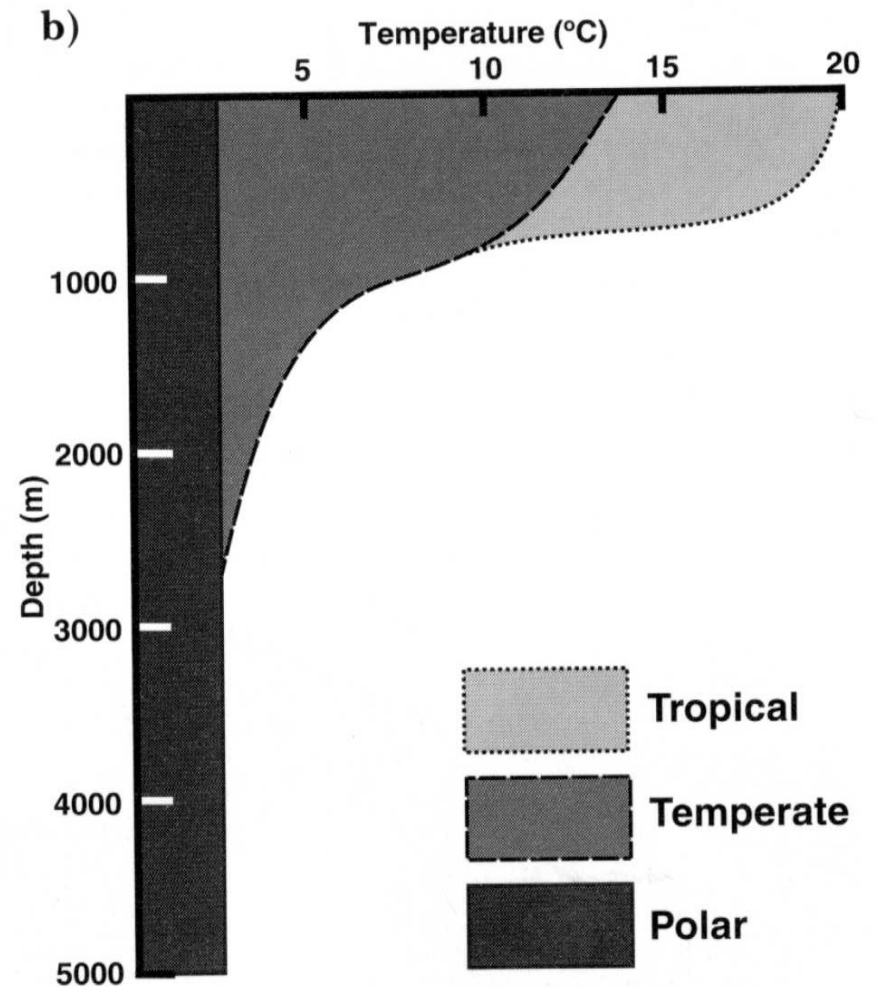
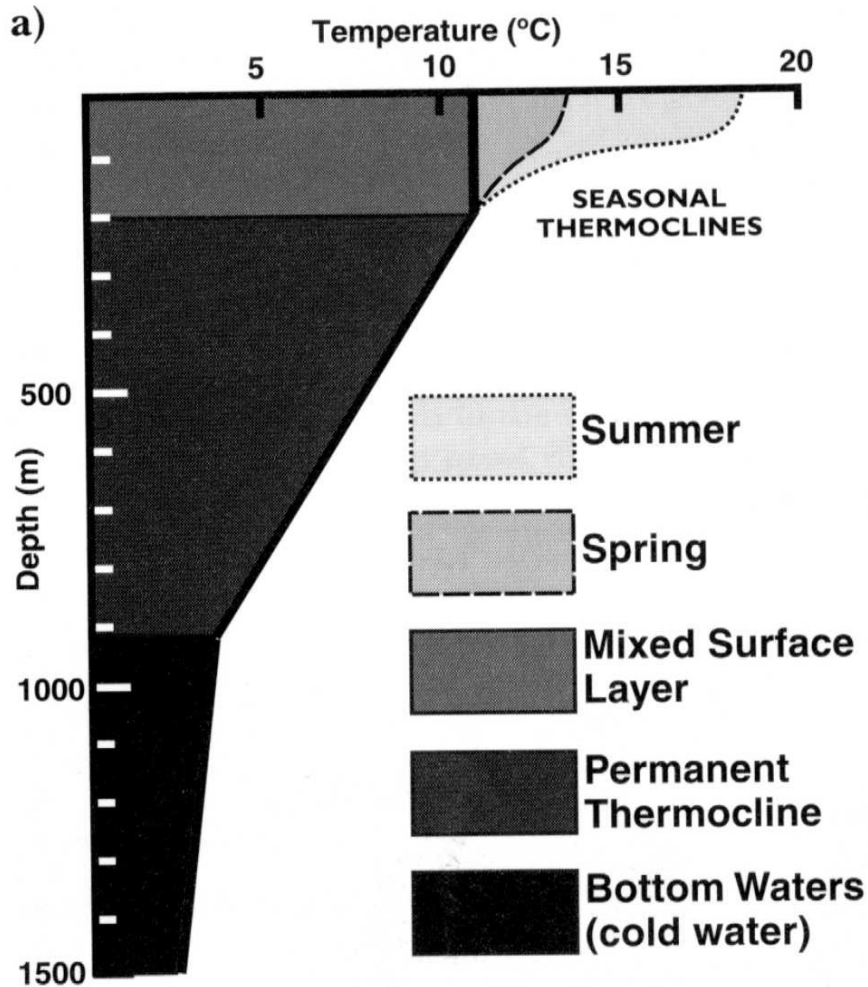
Závislost teploty a hustoty na hloubce

- Závislost teploty na hloubce pro nízké a vysoké zeměpisné šířky. Vrstva, ve které dochází k výrazném změně hustoty se nazývá **pyknoklina**.
- Závislost teploty na hloubce pro nízké a vysoké zeměpisné šířky. Vrstva, ve které dochází k výrazné změně v teplotě vody se nazývá **termoklina**.
- Vetrikální průřez oceánem ukazuje závislost teploty a hustoty na hloubce.

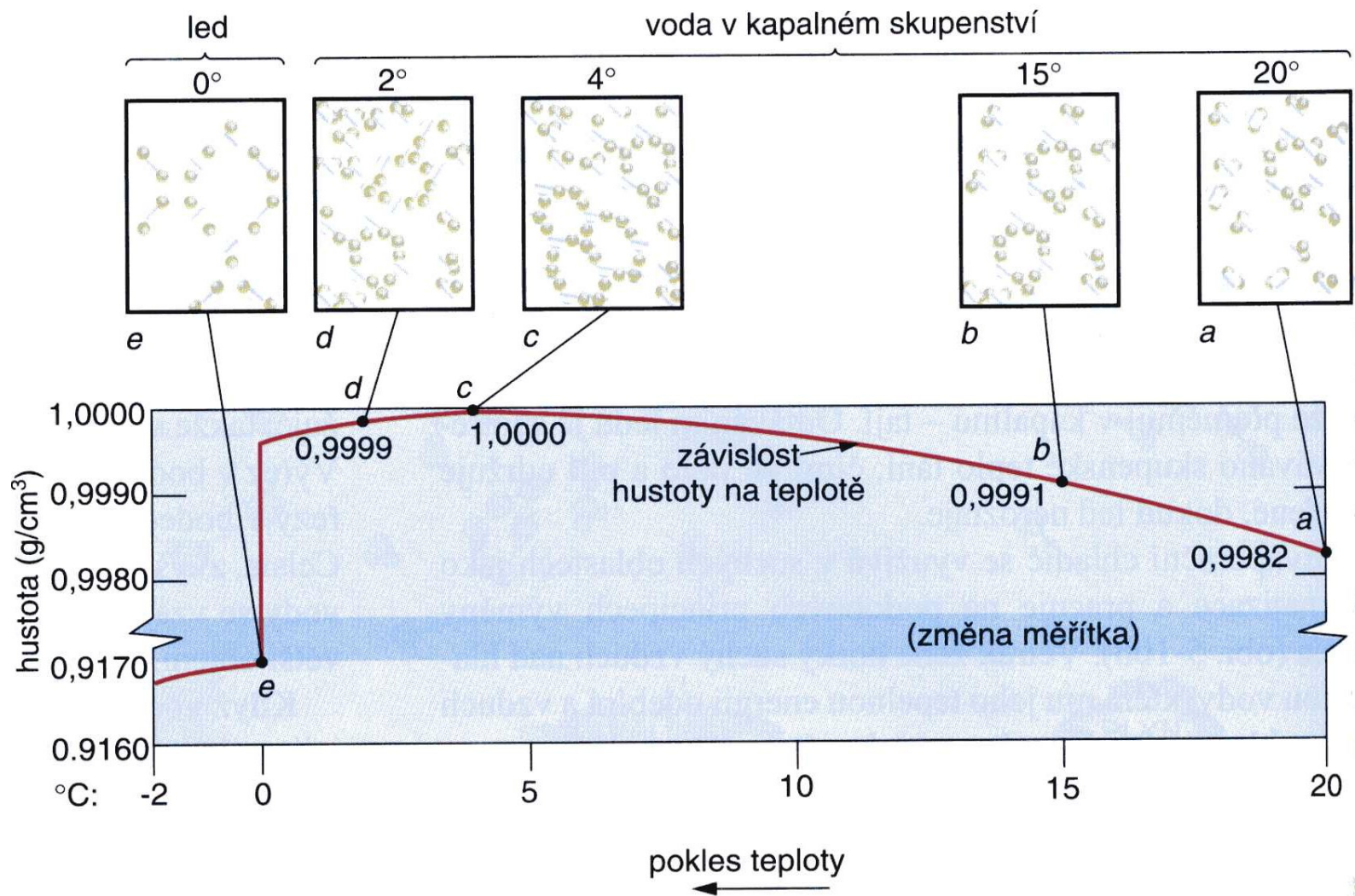


Typická termoklina

(a) profil mírného pásma (b) otevřený oceán

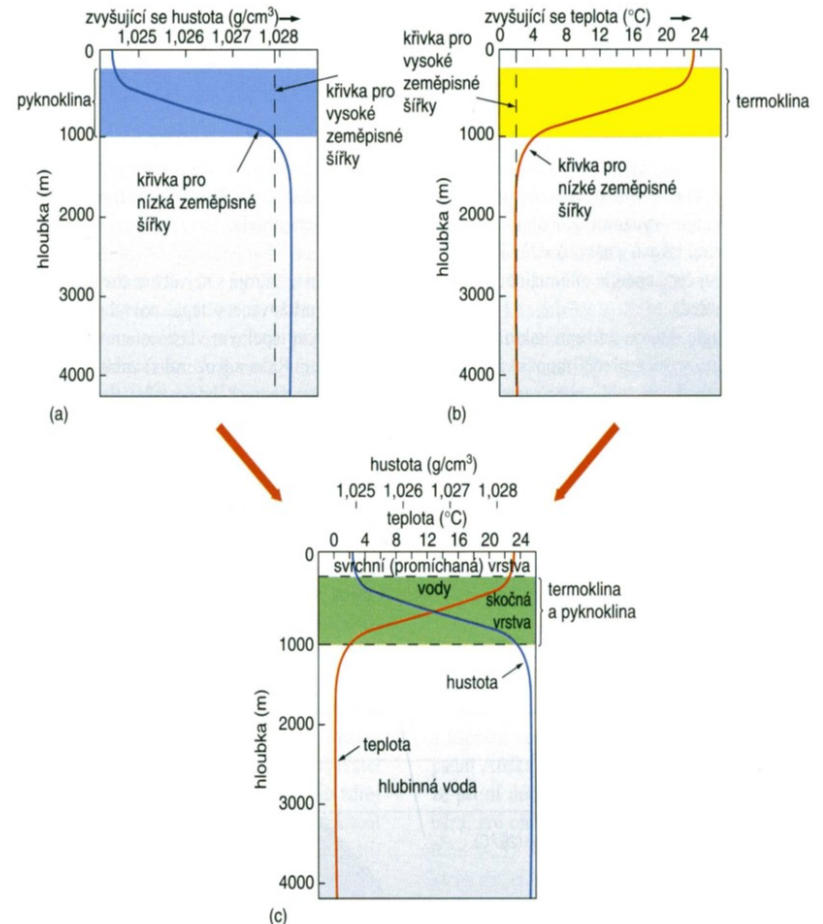


Teplotní (fyzikální) anomálie vody a tvorba ledu



Roční cyklus teploty ve sladkých stojatých vodách – fyzikální anomálie vody

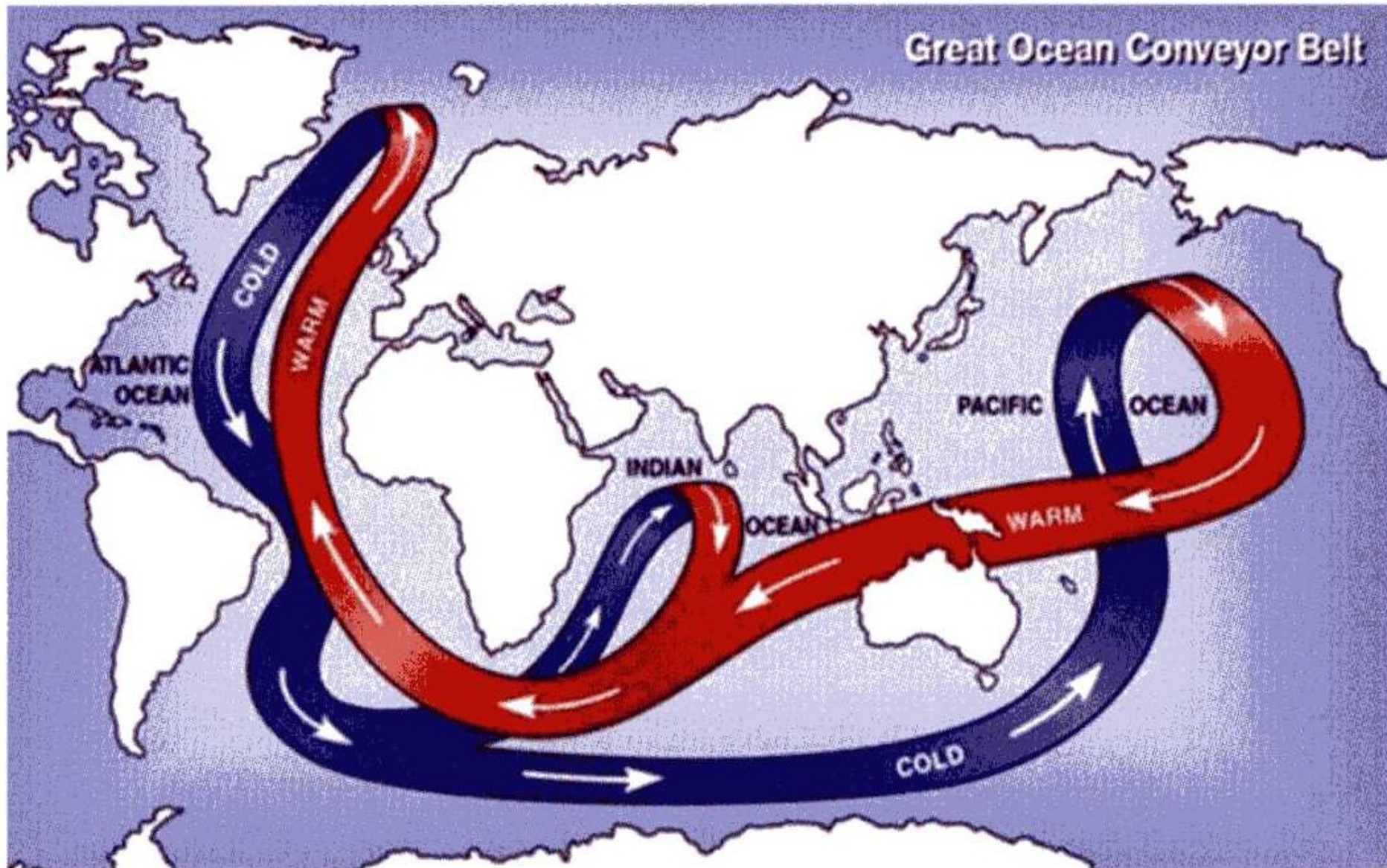
- Letní stratifikace vody podle teploty
- Podzimní totální cirkulace vody
- Zimní inverzní stratifikace vody
- Jarní totální cirkulace vody



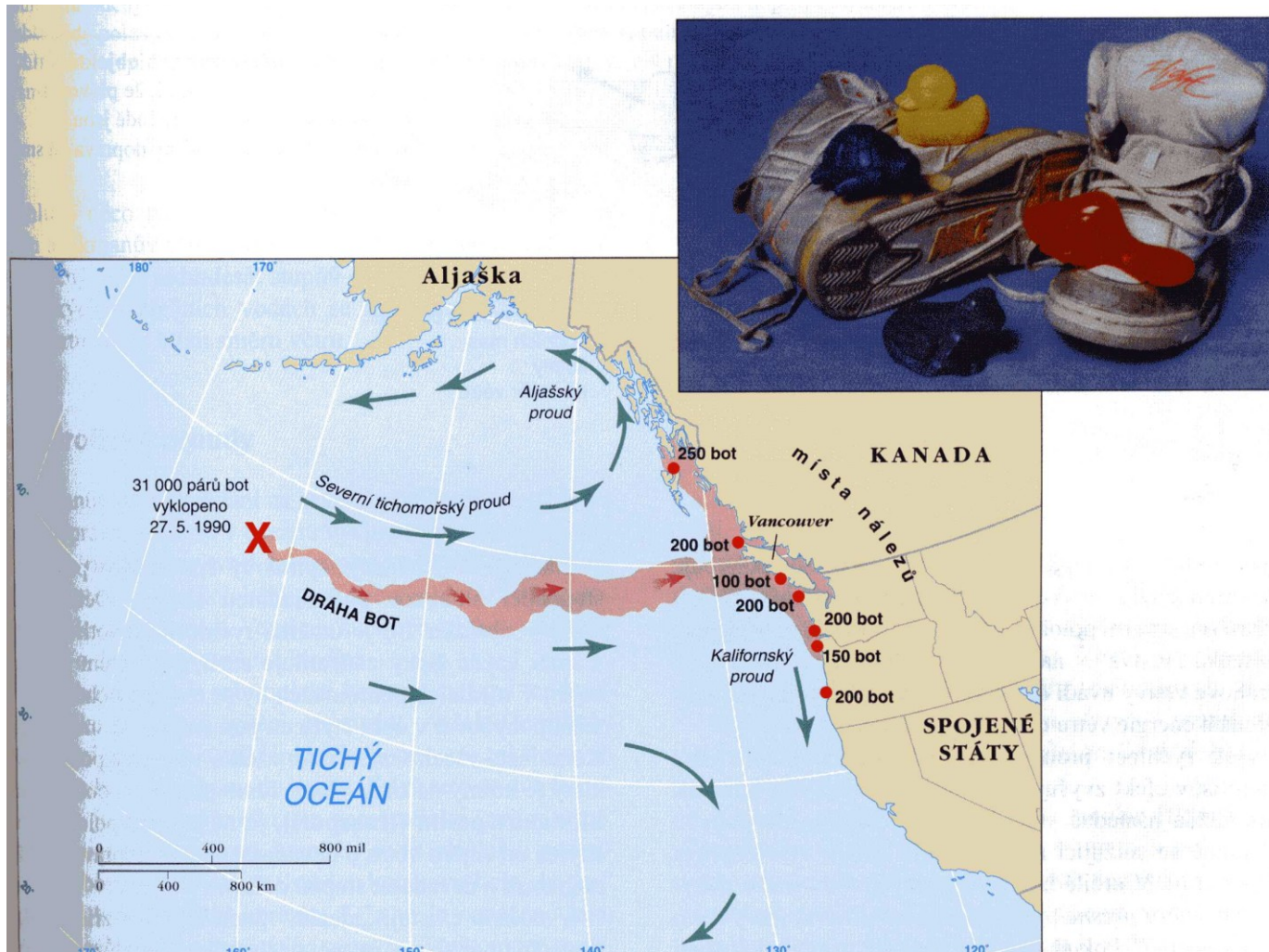
Proudění

- Proudění vzduchu
- **Proudění vody**
- Proudění (cirkulace) patří obecně k významným a místy se i periodicky opakujícím ekologickým faktorům
- Má velký vliv na aktivitu a rozšiřování živočichů (např. water-born diseases)

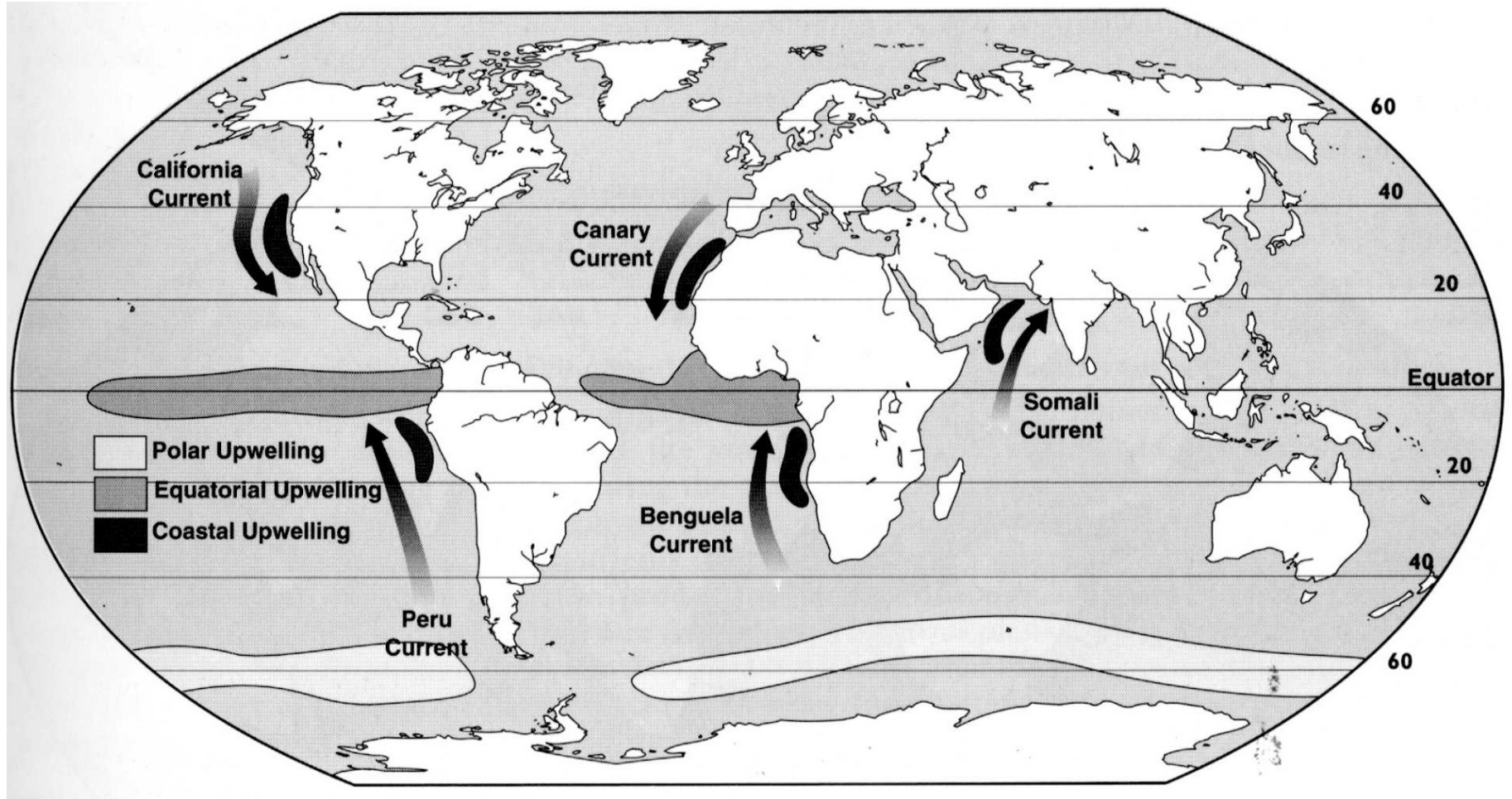
Cirkulace vody v oceánech a mořích



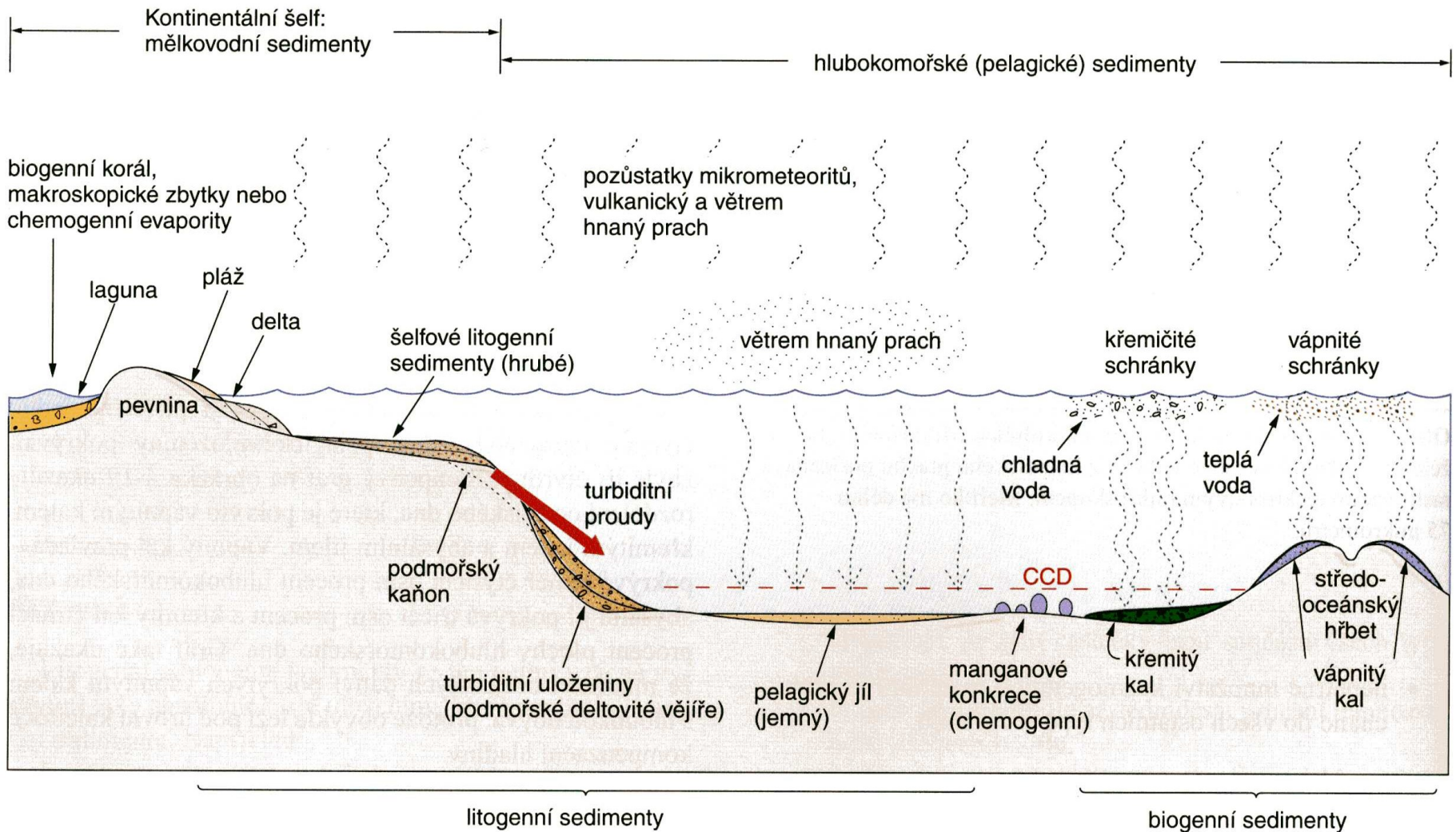
Mořské proudy - dráha pohybu bot z nehody v roce 1990 a místa jejich nalezení.



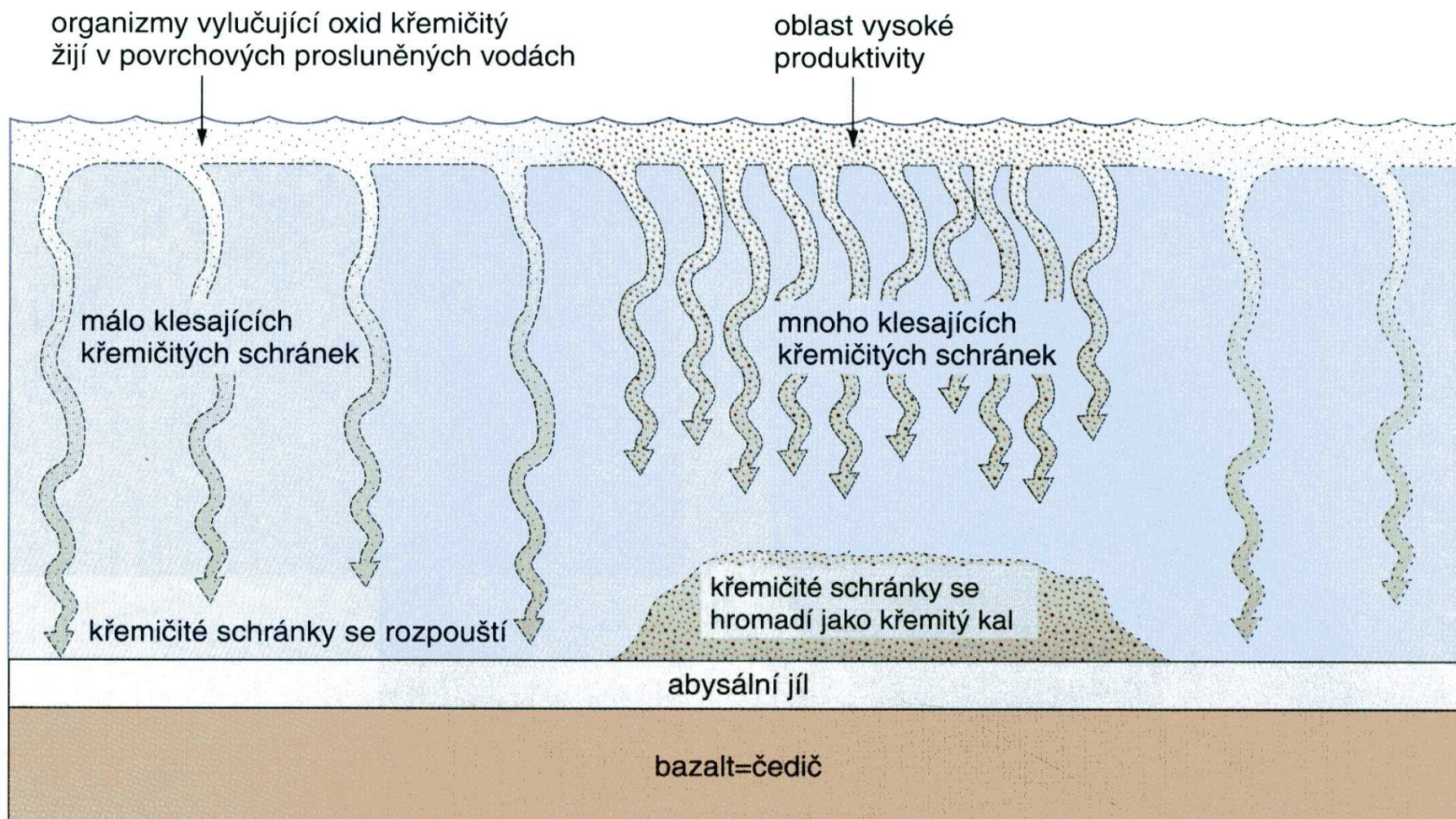
Oblasti zdvihu mořské vody



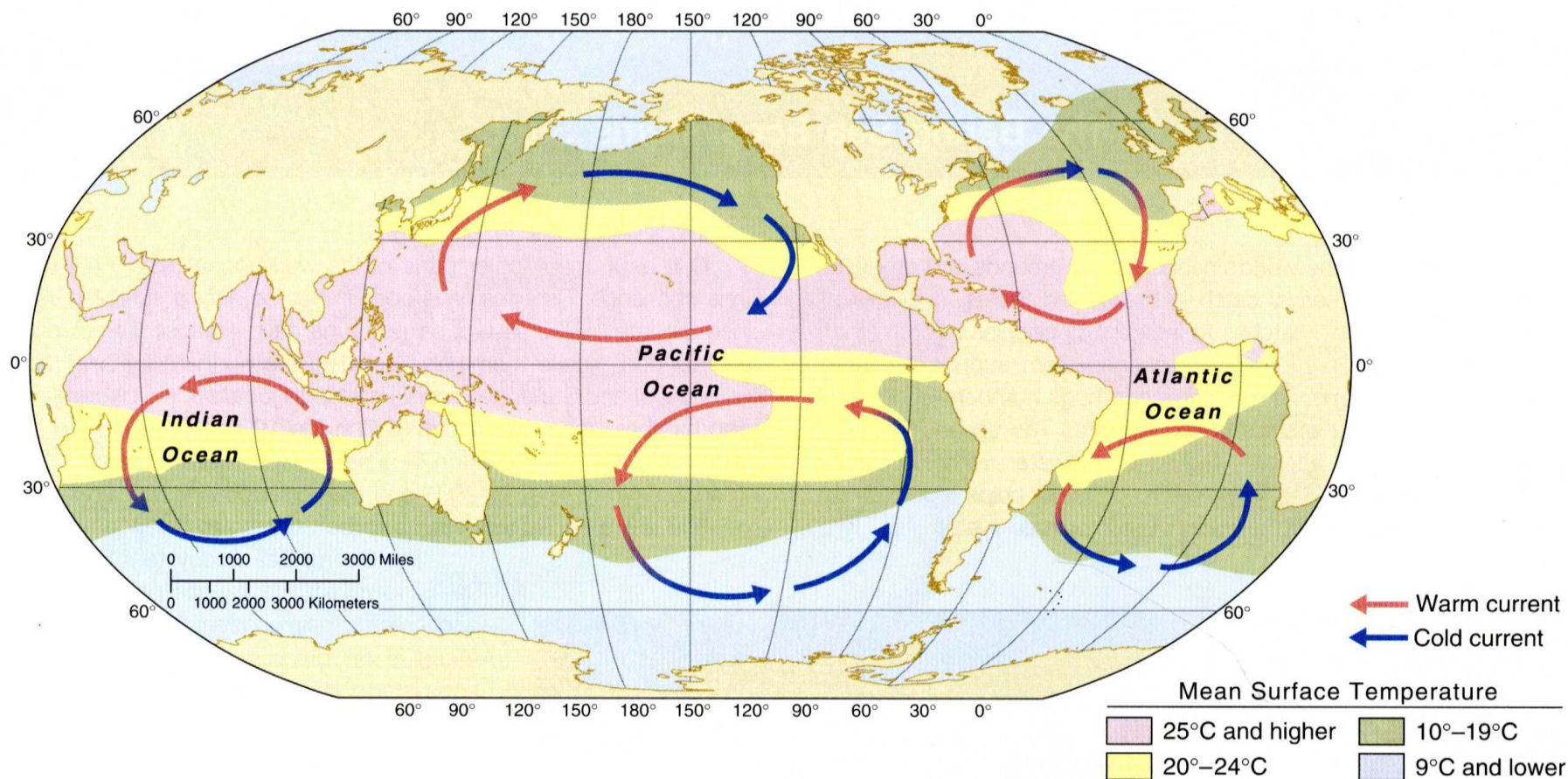
Ukládání sedimentů v oblasti pasivního kontinentálního okraje



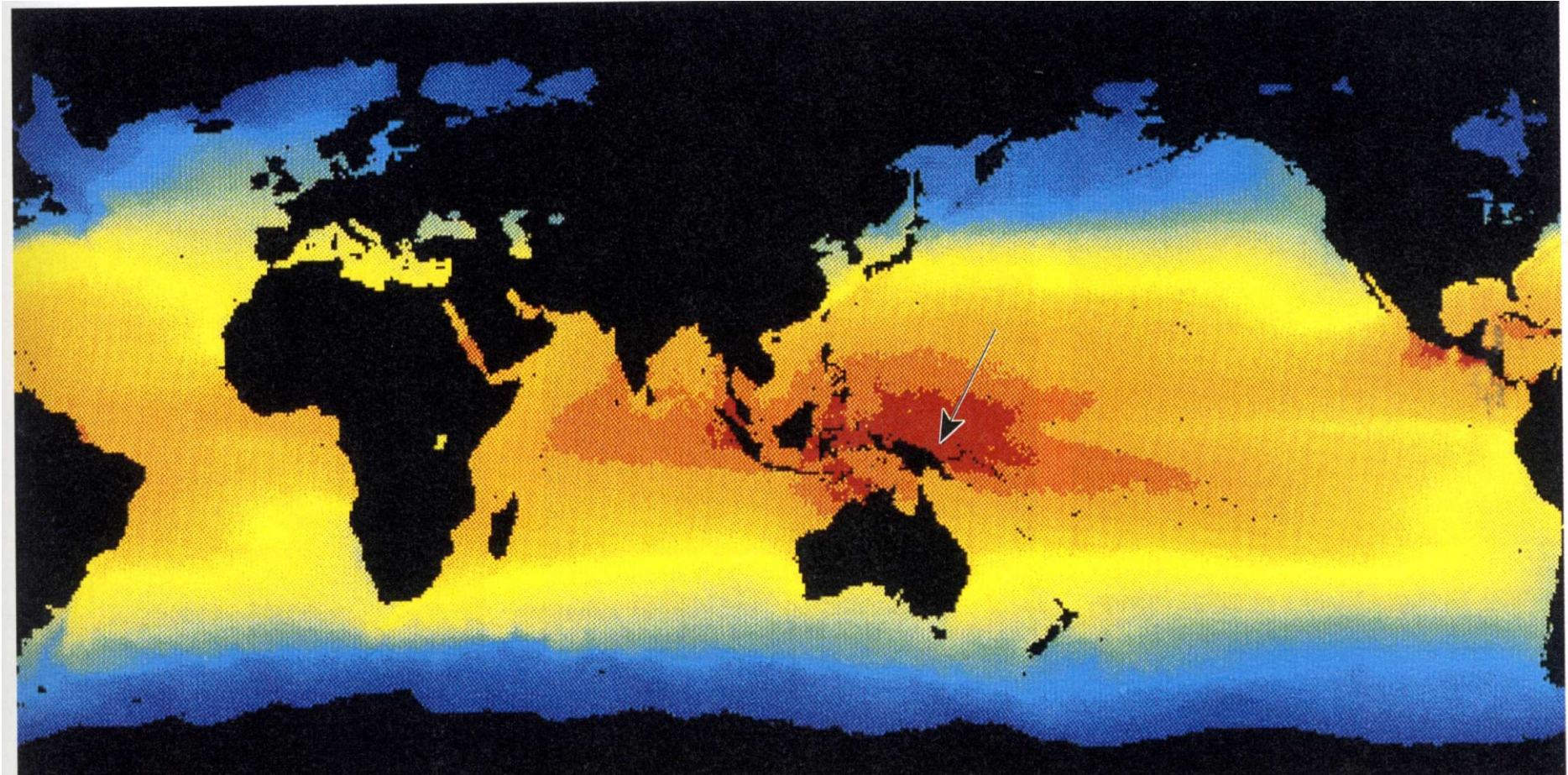
Hromadění křemitého kalu



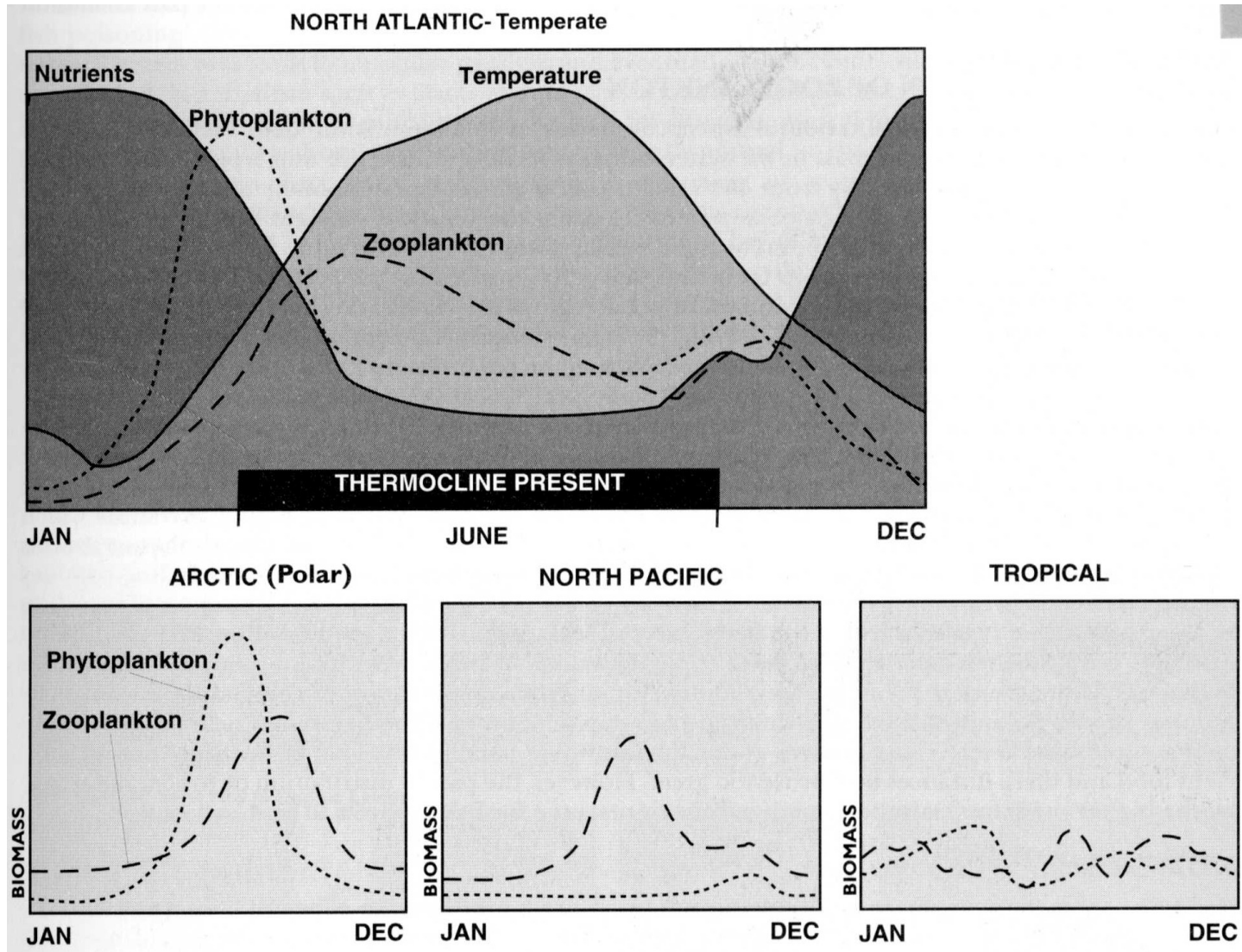
Rozložení průměrných povrchových teplot vody a mořské proudy



Satelitní snímek rozložení povrchové teploty vody moří a oceánů

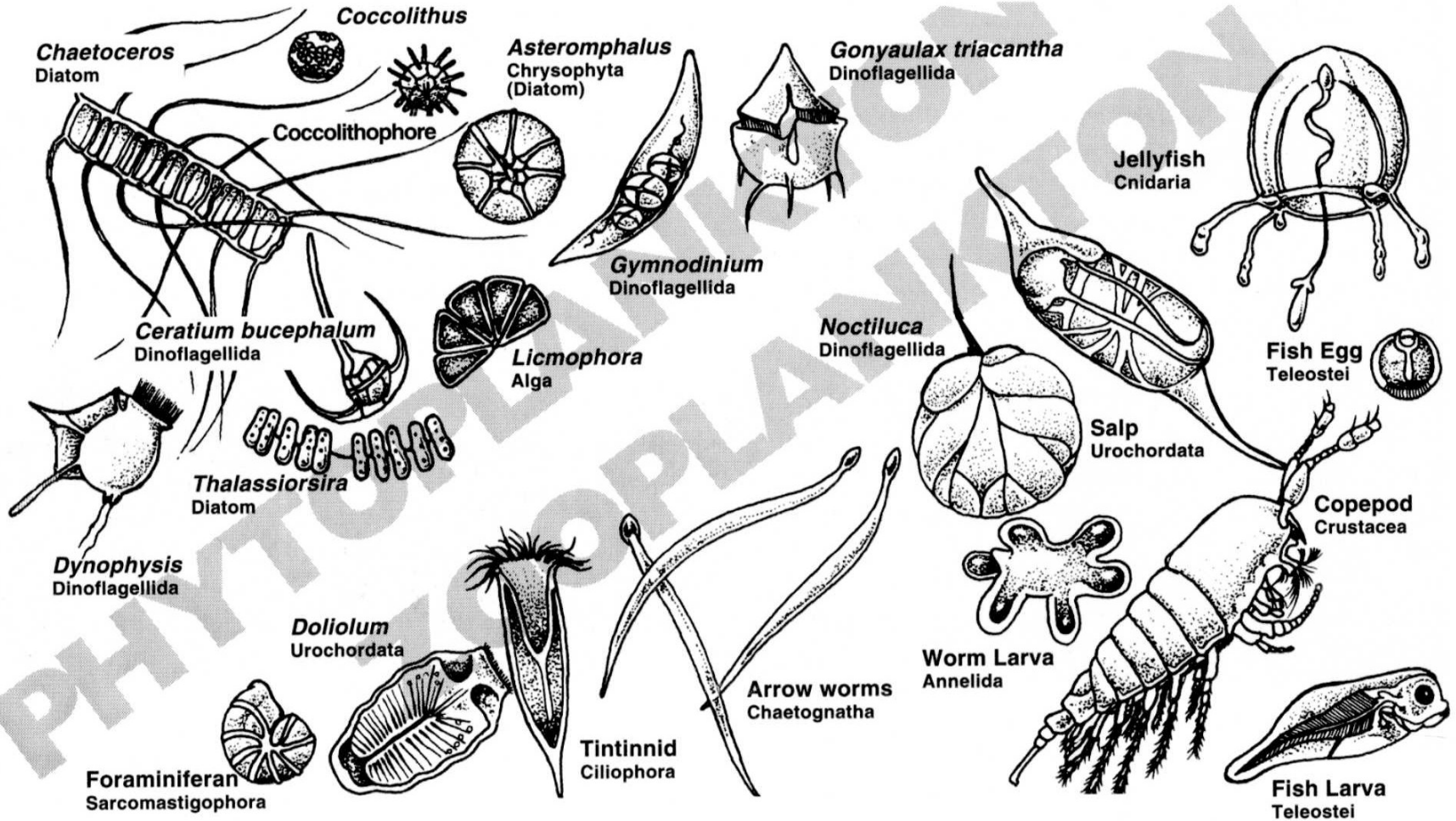


Sezónní variace produkce planktonu



Společensvo zoo a phytoplanktonu

THE PELAGIC ENVIRONMENT



Pásmovitost (zonace)

- Biotopy nejsou stejné v celém svém rozsahu = mění se
- 1. **zonálně**
- 2. **mozaikovitě**
- Podél gradientu podmínek vznikají uspořádání pásové neboli zonační – **zonace**
- Zonace horizontální (břehy řek a moří)
- Zonace kruhové (břehy jezer a rybníků, ostrovů nebo močálů)
- **Mozaika** = mozaikovitě společenstvo, Rozdíly životních podmínek v malých úsecích biotopu. Typická malá plošná rozloha a vzájemná závislost jednotlivých částí mozaiky (rašeliniště s bulty a šlenky, pískové duny s holými vegetací prostými plochami, parkový les)
- **Bulty** – vyvýšeniny vytvořené polštáři rašeliníků, trsy ostřic nebo suchopýrů
- **Šlenky** – sníženiny mezi polštáři nebo trsy vyplněné vodou

Ekologické zonace

ECOLOGICAL ZONES

| | FEMTO- PLANKTON 0.02-0.2µm | PICO- PLANKTON 0.2-2µm | NANNO- PLANKTON 2-20µm | MICRO- PLANKTON 20-200µm | MESOPLANKTON 0.2-20mm | MACRO- PLANKTON 2-20cm | MEGA- PLANKTON 20-200cm | LARGER NEKTON 2-20m |
|-----------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| VIRIO- PLANKTON | ■ | | | | | | | |
| BACTERIO- PLANKTON | | ■ | | | | | | |
| MYCO- PLANKTON | | | ■ | | | | | |
| PHYTO- PLANKTON | | | ■ | ■ | ■ | | | |
| PROTO- ZOOPLANKTON | | | ■ | ■ | ■ | | | |
| META- ZOOPLANKTON | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| NEKTON | | | | | | ■ | ■ | ■ |

Table 6. Grade scale for size classification of pelagic organisms. (After Lalli and Parsons 1993).

Zonace *versus* Expozice

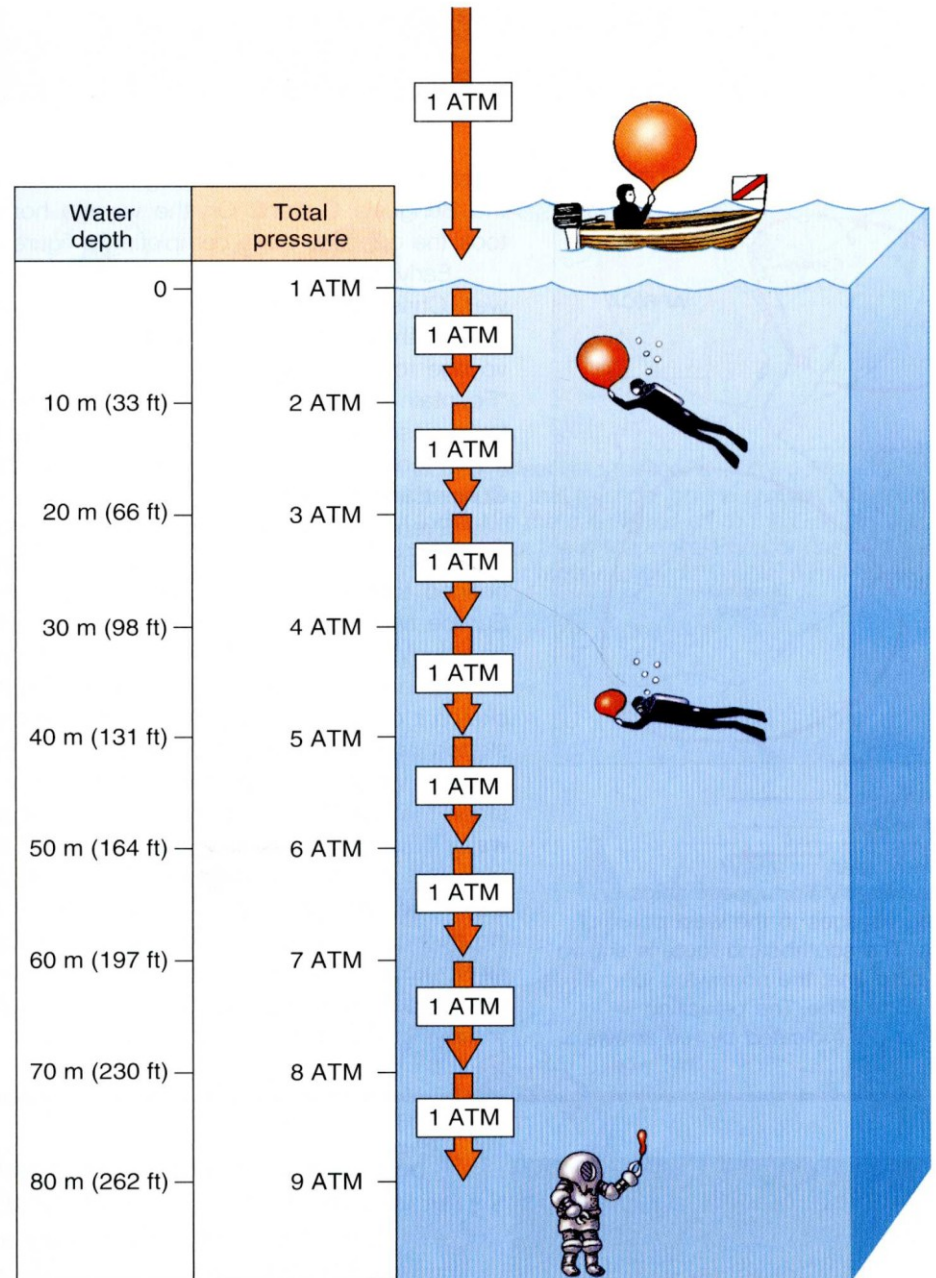
Expozice – vyjadřuje jak dlouho jednotlivé druhy vydrží v určitém prostředí – např. zonace mořského břehu

Zonace není pouze výsledek expozice !

- Expozice může znamenat více věcí, tj. kombinací např. vysychání, extrémní teploty, změny salinity, nadměrné osvětlení
- Expozice může podmínit biologickou interakci, aniž by sama byla limitující
- Expozice vysvětluje pouze horní hranici výskytu. Zonace je však dána i horní hranicí výskytu (např. mořské biotopy)

Hydrostatický tlak

Růst hydrostatického tlaku
s hloubkou vody



Základní ekologické faktory vodního prostředí

Podmínky

- Teplota
- pH vody
- Salinita
- Proudění vody
- Pásmovitost (zonace)
- Hydrostatický tlak
- Znečištění

Zdroje

- Záření
- Oxid uhličitý
- Voda
- Minerální živiny
- Kyslík
- Organismy (potrava, samice)
- Prostor

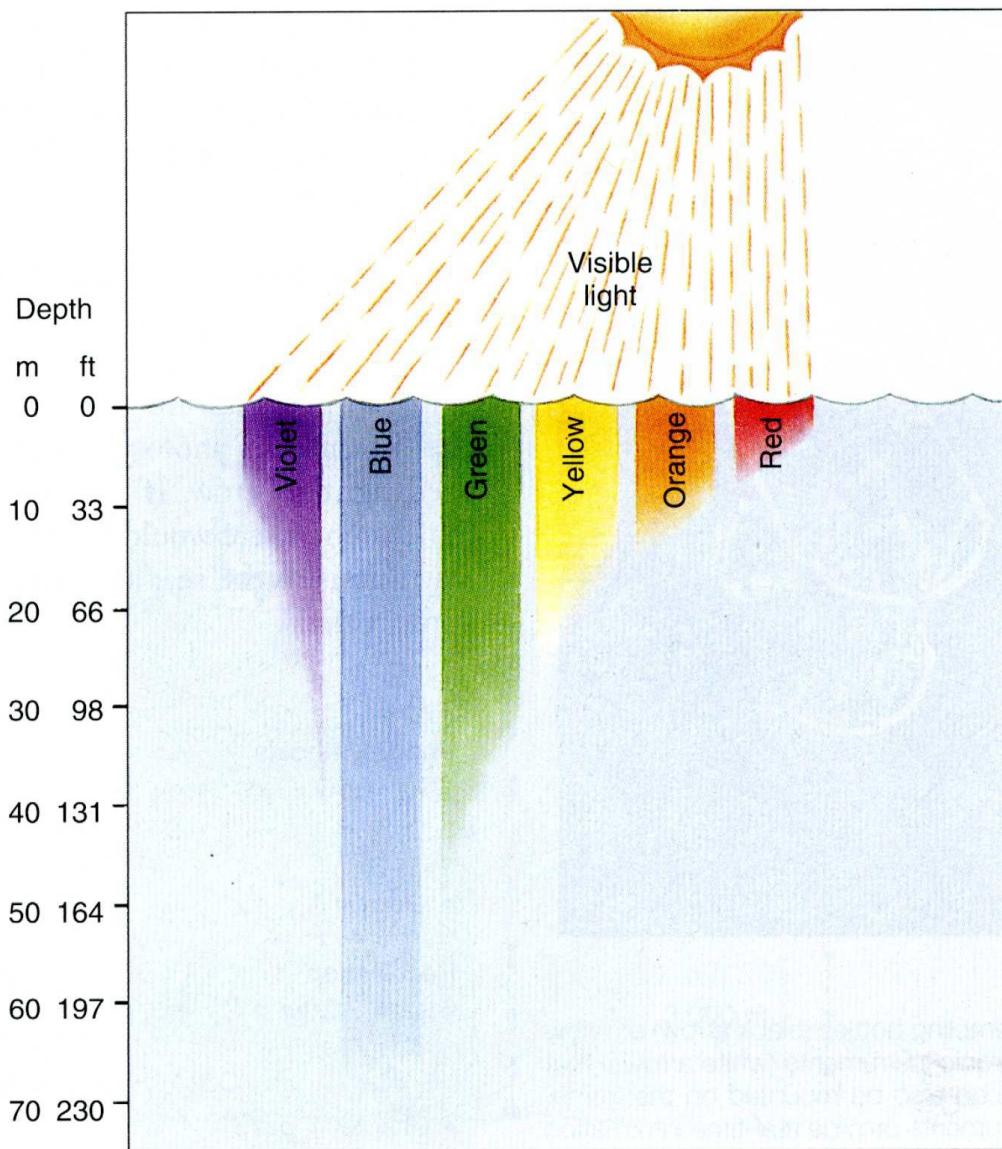
Záření - světlo jako zdroj

- **Biologické rytmy** – pravidelné oscilace navozené různými faktory (délka dne, teplota vlhkost)
- **Fotoperioda** - změny v délce světelné části dne příčinou sezónní periodicity života organismů
- Fotoperioda má mimořádný význam na reprodukci živočichů, synchronizuje dobu pohlavní aktivity s ročními sezónami

Průnik částí světelného spektra do vody

Modré světlo proniká nejlouběji.

Červené naopak nejméně hluboko.



Fotokinetické reakce

- Světlo vyvolává polohové a pohybové reakce (pozitivní versus negativní)
- **Fototropismus** – změna polohy přisedlých forem
- **Fotokineze** – vyhledávání míst s nejlepším osvětlením
- **Fototaxe** – pohyby směřované přímo ke světlu
- **Menotaxe** – orientace podle světla (světelný kompas)

Diapauza - dormance

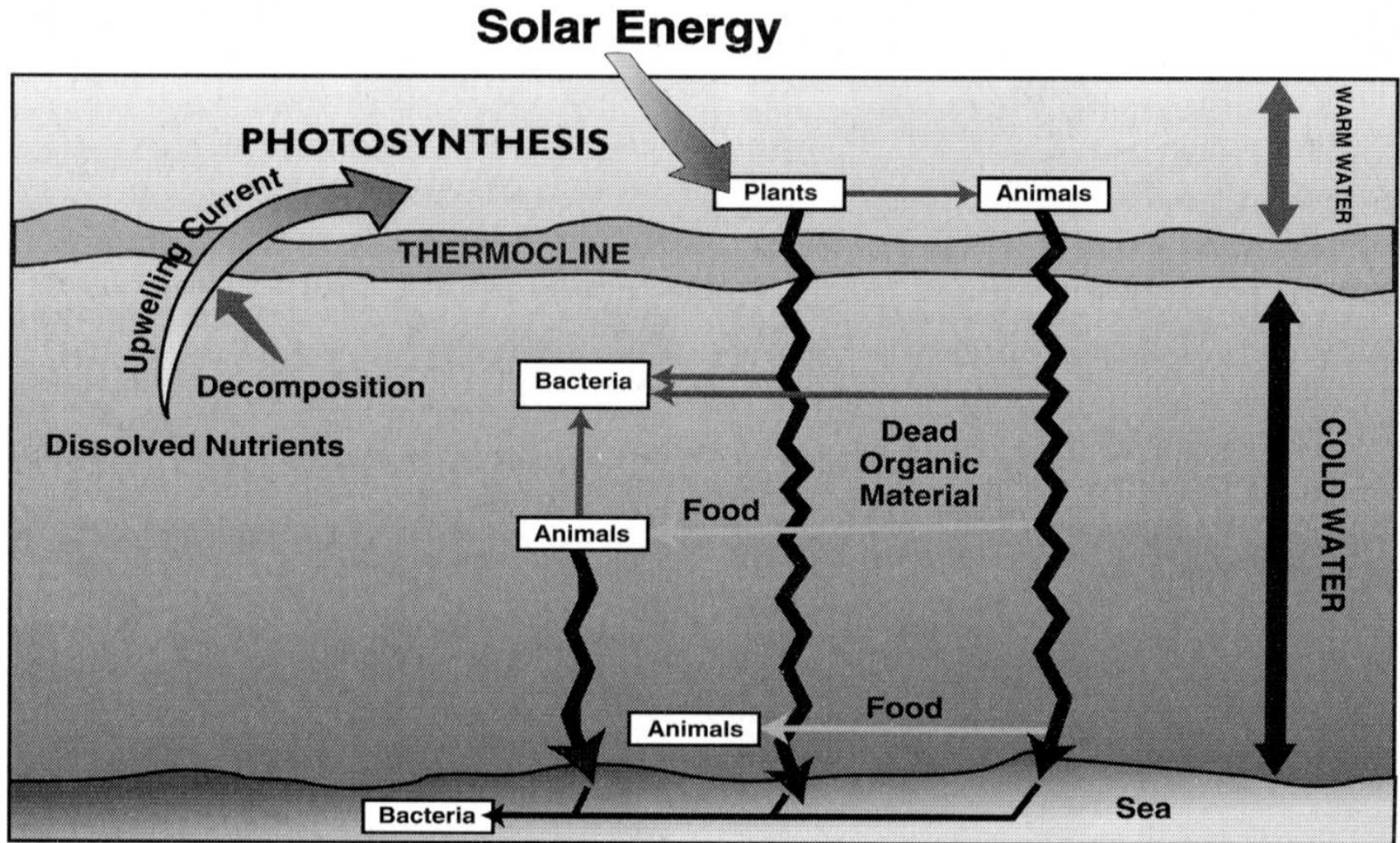
Živočichové přečkávají v klidu nepříznivé období:

- **Kviescence** – do klidové fáze vlivem vnějších podmínek
- **Diapauza** – aktivní stádia se vyskytují jen v příznivém období
- **Hibernace** – v klidu v chladné části roku
- **Estivace** – snížení metabolismu v období sucha a tepla

Cirkadiánní rytmy – diurnální, nokturnální, krepuskulární, indiferentní

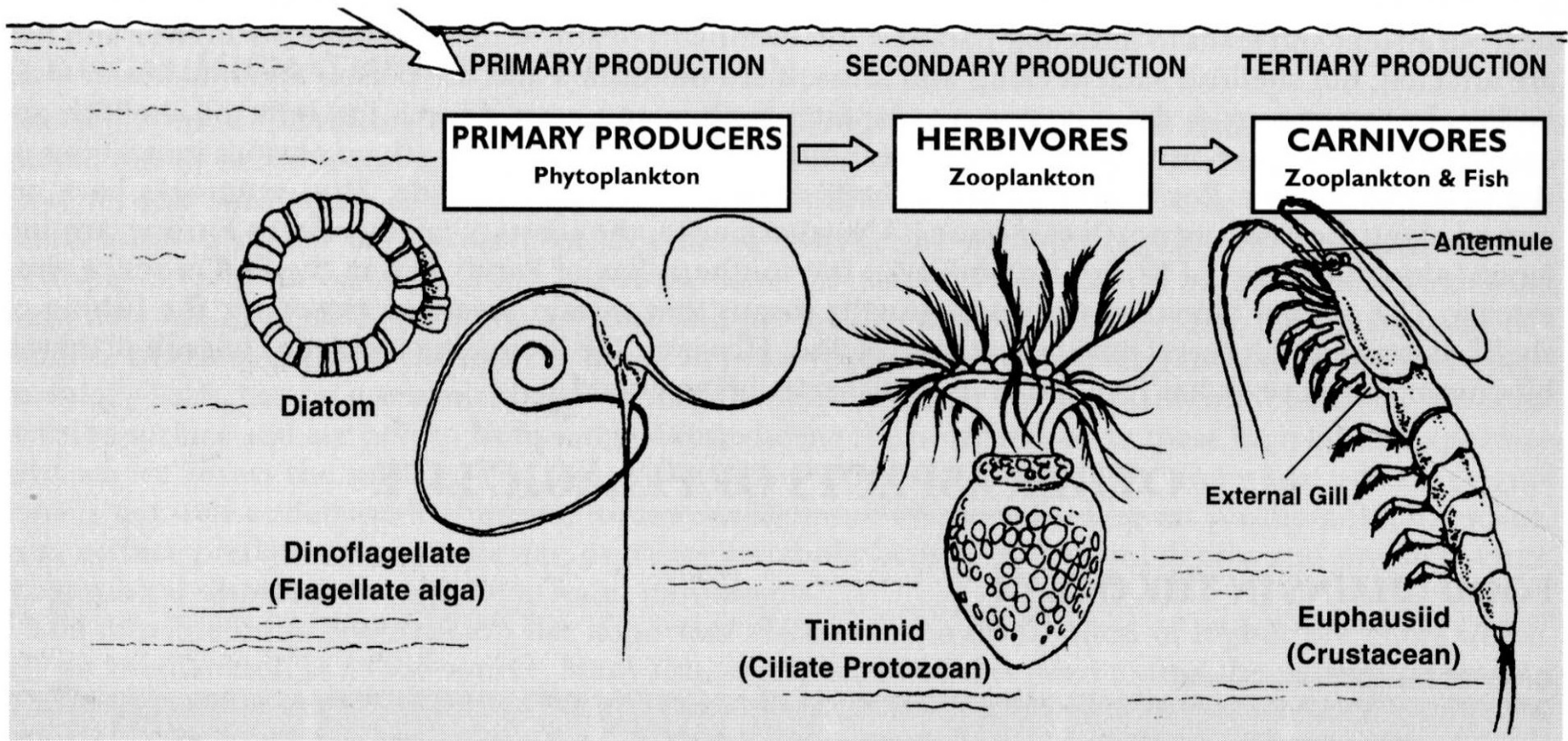
Lunární rytmy – důsledek mořského dmutí. Měsíční kulminace – (*Eunice viridis*)

Světlo a biochemický cyklus živin

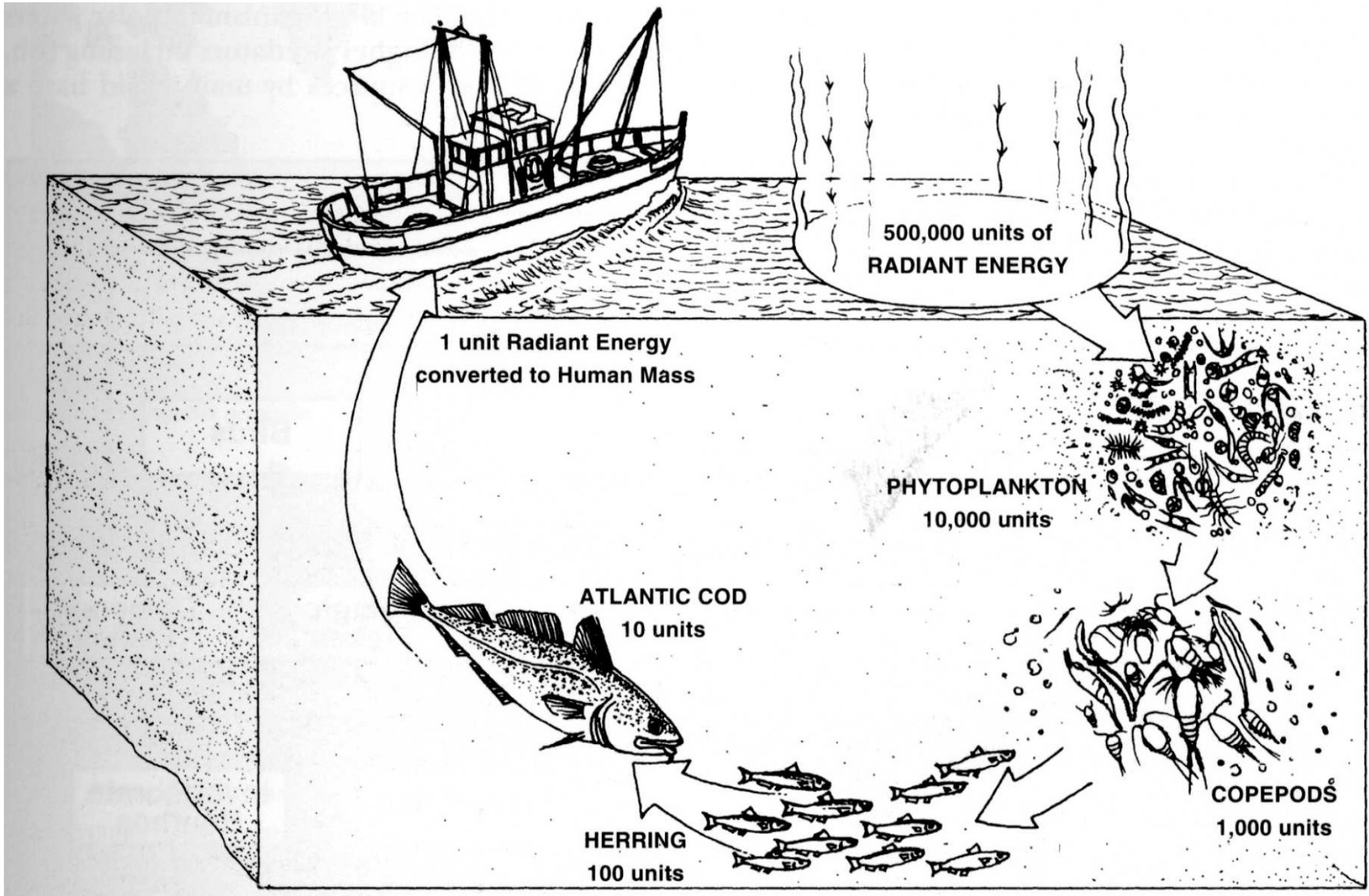


Tok energie v mořské ekosystému

SOLAR ENERGY



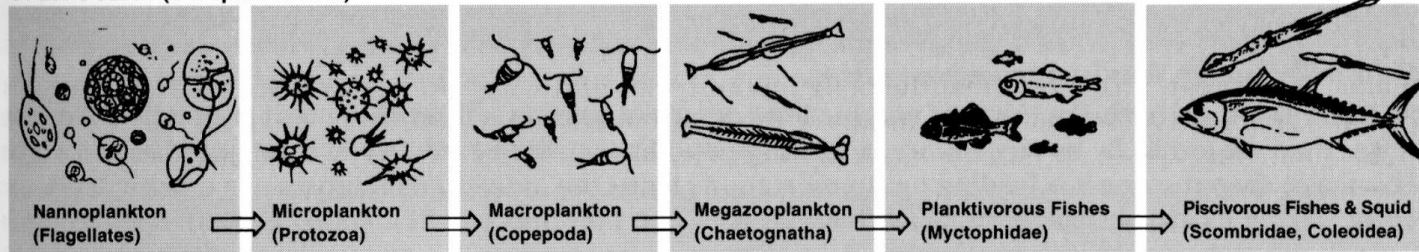
Tok energie a účinnost potravního řetězce



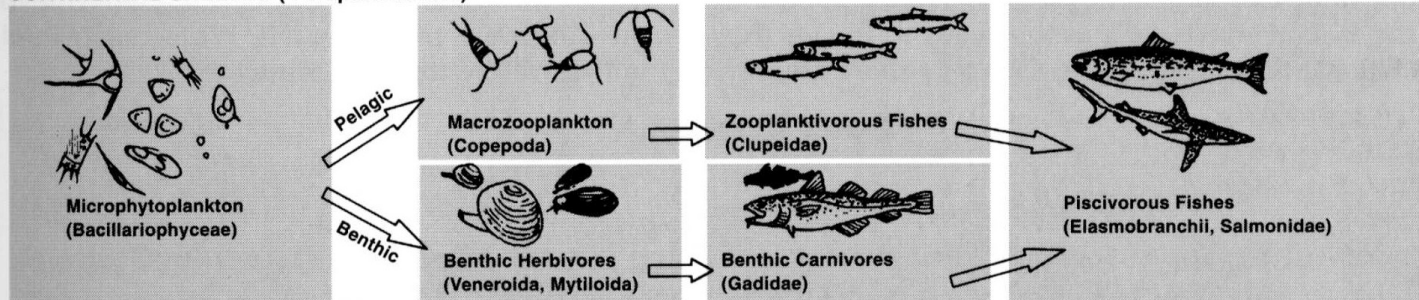
Potravní řetězec v oceánu

FOOD CHAINS IN THE OCEAN

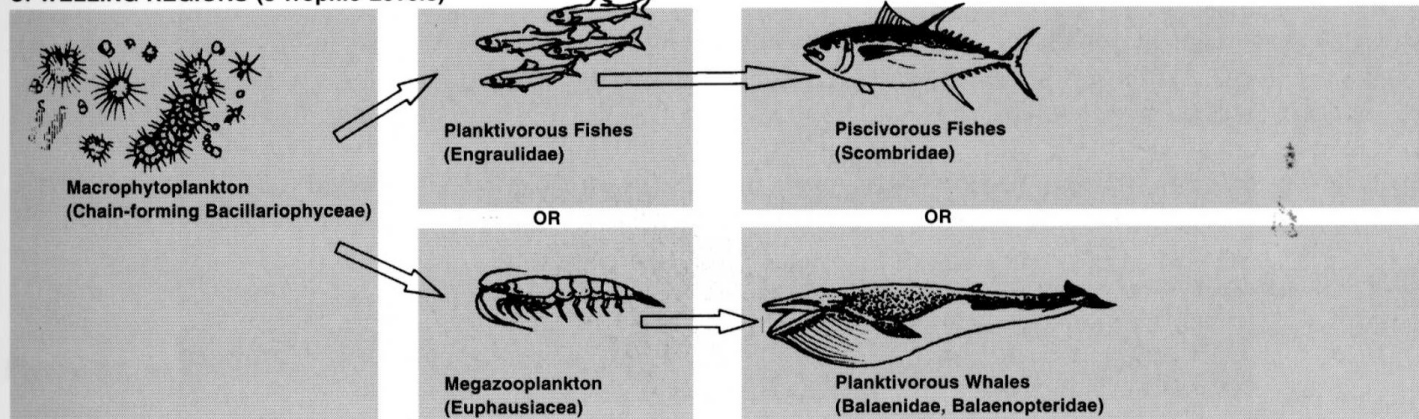
OPEN OCEAN (6 Trophic Levels)



CONTINENTAL SHELVES (4 Trophic Levels)



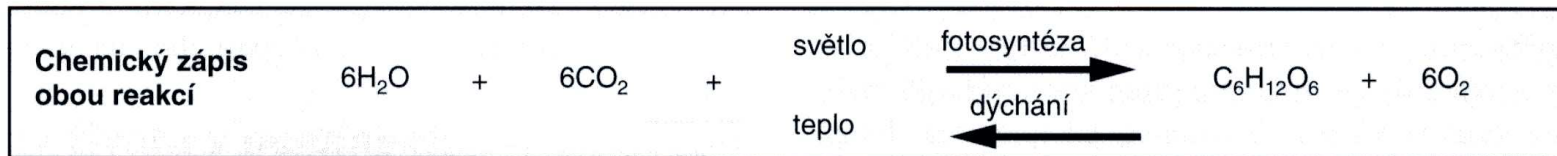
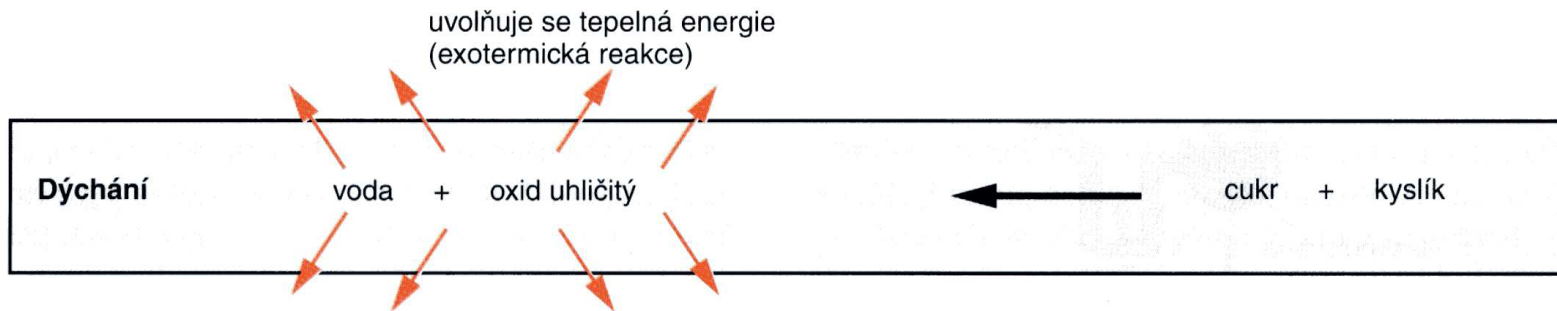
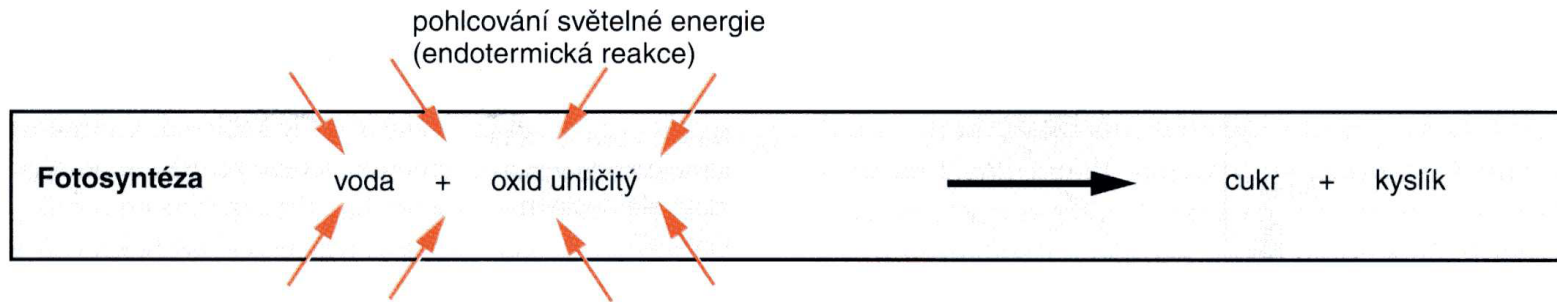
UPWELLING REGIONS (3 Trophic Levels)



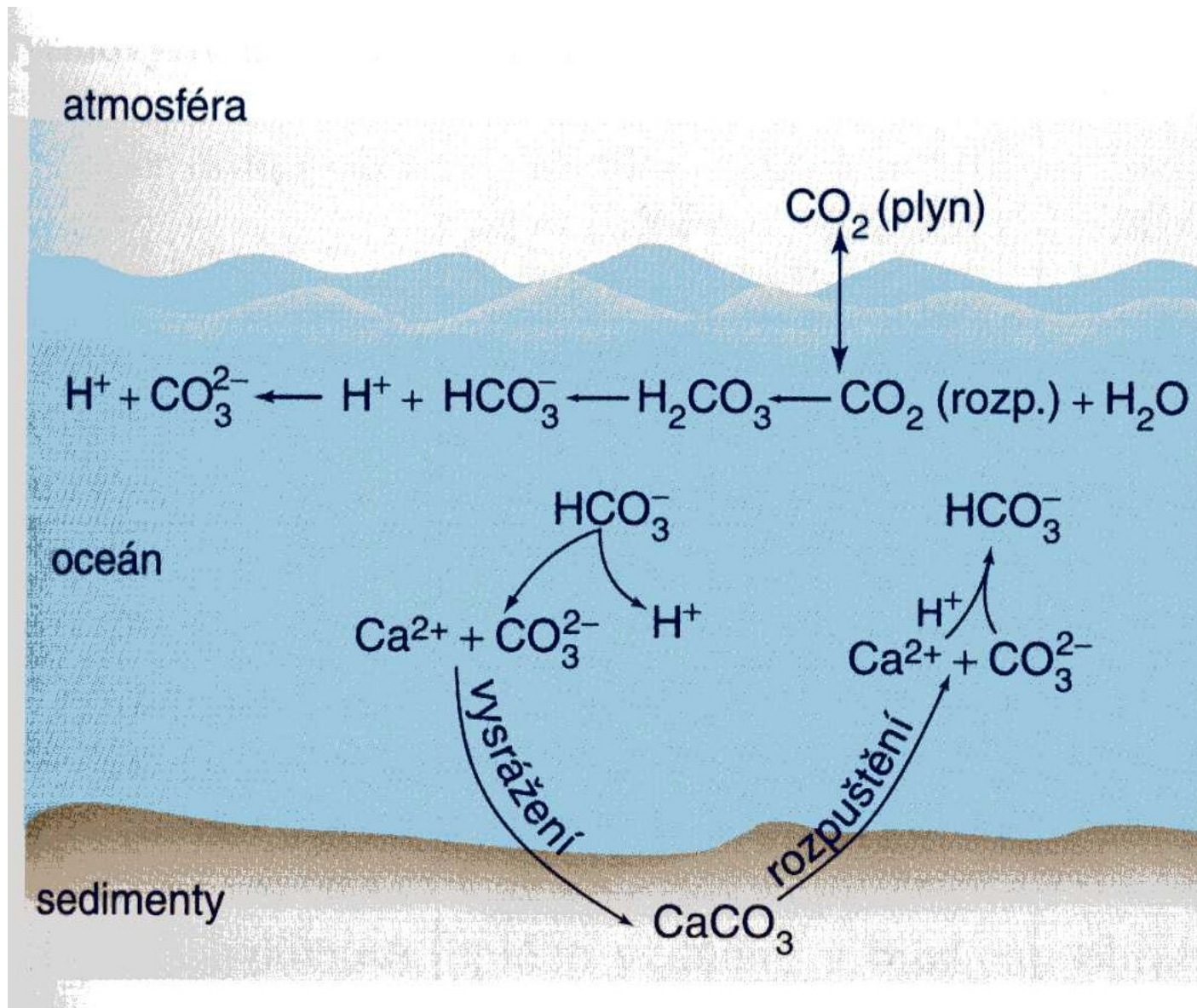
Oxid uhličitý jako zdroj

- Spolu s vodou a světelným zářením se přímo podílí na procesu fotosyntézy
- Energie záření, která je pohlcována chlorofylem, je využívána ke štěpení molekul vody, oxid uhličitý je redukován a uvolňuje se kyslík.
- Koncentrace CO₂ je v atmosféře kolem 300ppm tj. kolísá zhruba od 0,027 – 0,033%

Fotosyntéza a dýchání



Karbonátový systém



Zdroje CO₂

Zdrojem je téměř výlučně atmosféra:

- Hoření uhlíkatých látek
 - Dýchání živých organismů
 - Rozklad organických látek
 - Sopečná činnost
 - Znečištění ovzduší
-
- V průmyslových oblastech roste koncentrace až 10x
 - Termitiště CO₂ až 50 x více
 - Doupata a nory zvířat – zvýšené hodnoty
 - Sopečná činnost – úhyny ptáků a savců

Cyklické kolísání CO₂

- Cirkadiánní kolísání ve vodách
- Rozpustnost závisí na obsahu solí, teplotě a tlaku
- Vliv na poměry mezi uhličitánem a hydrouhličitánem vápenatým ve vodě
- Teplá moře a limnické systémy snažší vylučování vápníku.
- Živočichové zde žijící mají pevnější schránky, než v oblastech chladnějších a hlubinných

Kyslík jako zdroj

Kyslík je pro živočichy a rostliny zdrojem

- **Na souši** – všude dostatek, pokles s nadmořskou výškou. Mount Everest (8848m) asi 8% vzduchu
- **V půdě** – složení půdního vzduchu je jiné než v atmosféře
- **Ve vodě** – obsah kyslíku je zde velmi proměnlivý.
- Vliv na **rozpustnost kyslíku** ve vodě má teplota a tlak ovzduší
- **Nízká difuze a rozpustnost** – ve vodě limitující faktor

Rozpustnost O₂ ve vodě

Speciální adaptace živočichů:

- Zajištění stálého průtoku vody kolem respiračních orgánů
- Velký povrch respiračních orgánů
- Pernaté výběžky vodních korýšů
- Zvláštní respirační pigmenty (larvy pakomárů)
- Musí se neustále vracet na hladinu (kytovci, želvy, čolci)

- Tolerance živočichů – **euryoxybiontní** (deficity kyslíku) x **stenoxybiontní** (torentilní úseky)
- Zdrojem kyslíku je atmosféra a asimilace rostlin

Absorpce kyslíku

- Absorpční koeficient pro O_2 je při teplotě 20 °C 1/32; pro N_2 1/65
- V 1 litru vody je v nasyceném stavu 10,9mg O_2 a 17,6 N_2
- Relativní poměr O : N je proto ve vodě podstatně větší (1:2) než v atmosféře (1:5)
- Vliv teplotní stratifikace vody
- Vliv znečištění vody



Topografické členění sladkých vod

Topografické členění

- **Prameniště** - pramen, pramenná stružka
- **Potok** – horní tok (pásmo pstruhové – horní a dolní)
- **Řeka** – střední tok (pásmo lipanové, pásmo parmové)
- **Veletok** – dolní tok (pásmo cejnové, brakická zóna)
- **Ústí toku** – brakická zóna

Ekologické členění

- **Krenal** – eukrenal, hypokrenal
- **Rhitral** – epirhitral, metarhitral, hyporhitral
- **Potamal** – epipotamal, metapotamal, hypopotamal

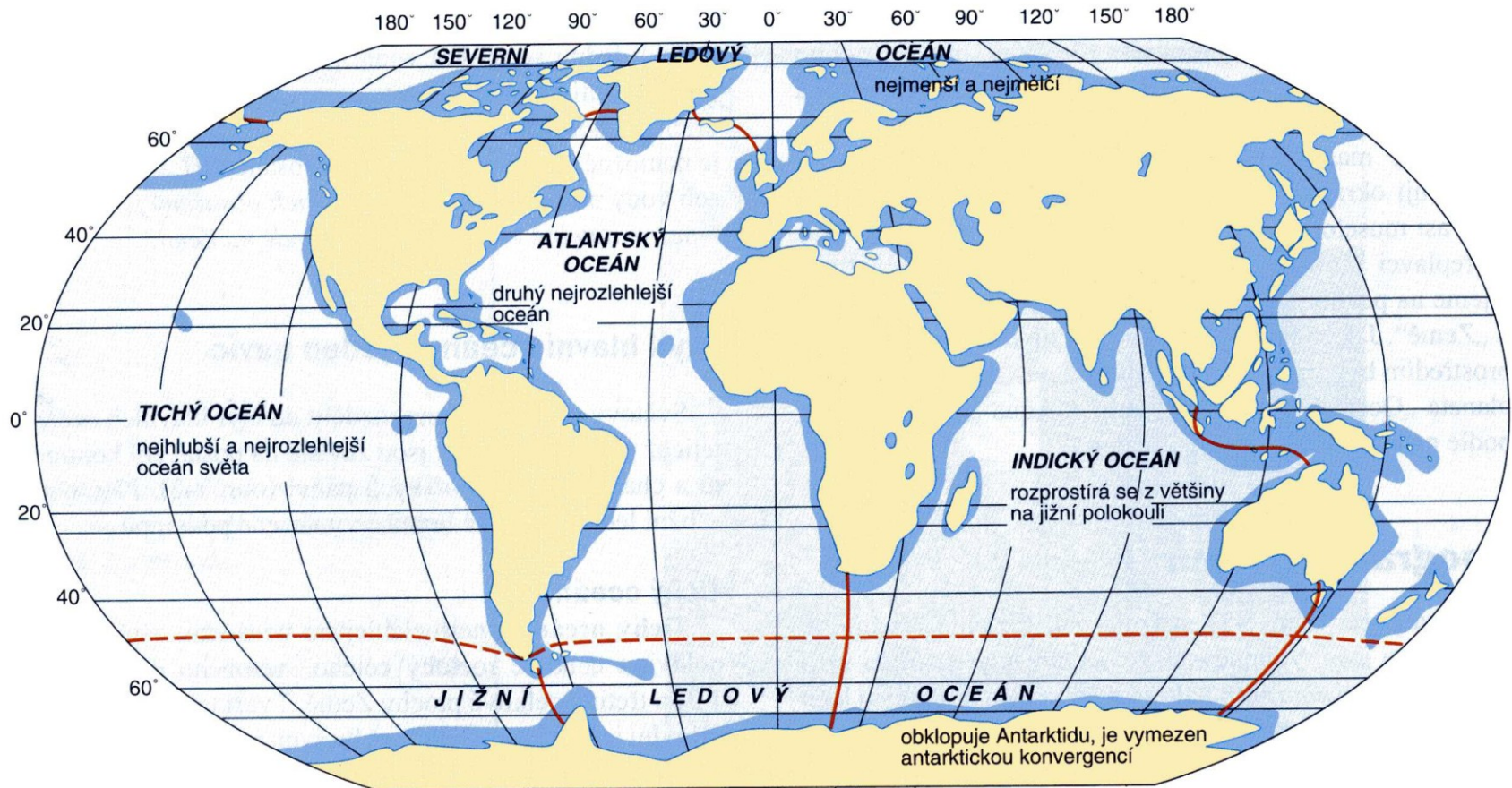
Teplota versus rychlost proudění

- Souvisí s geologickým a topografickým podmínkami, které určují spád toku
- Prameniště – nejmenší kolísání s rozpětím do 5°C
- Horní úsek toku – roční výkyvy do 10°C
- Střední úsek toku – roční výkyvy nad 10°C
- Dolní úsek toku – roční výkyvy nad 15°C

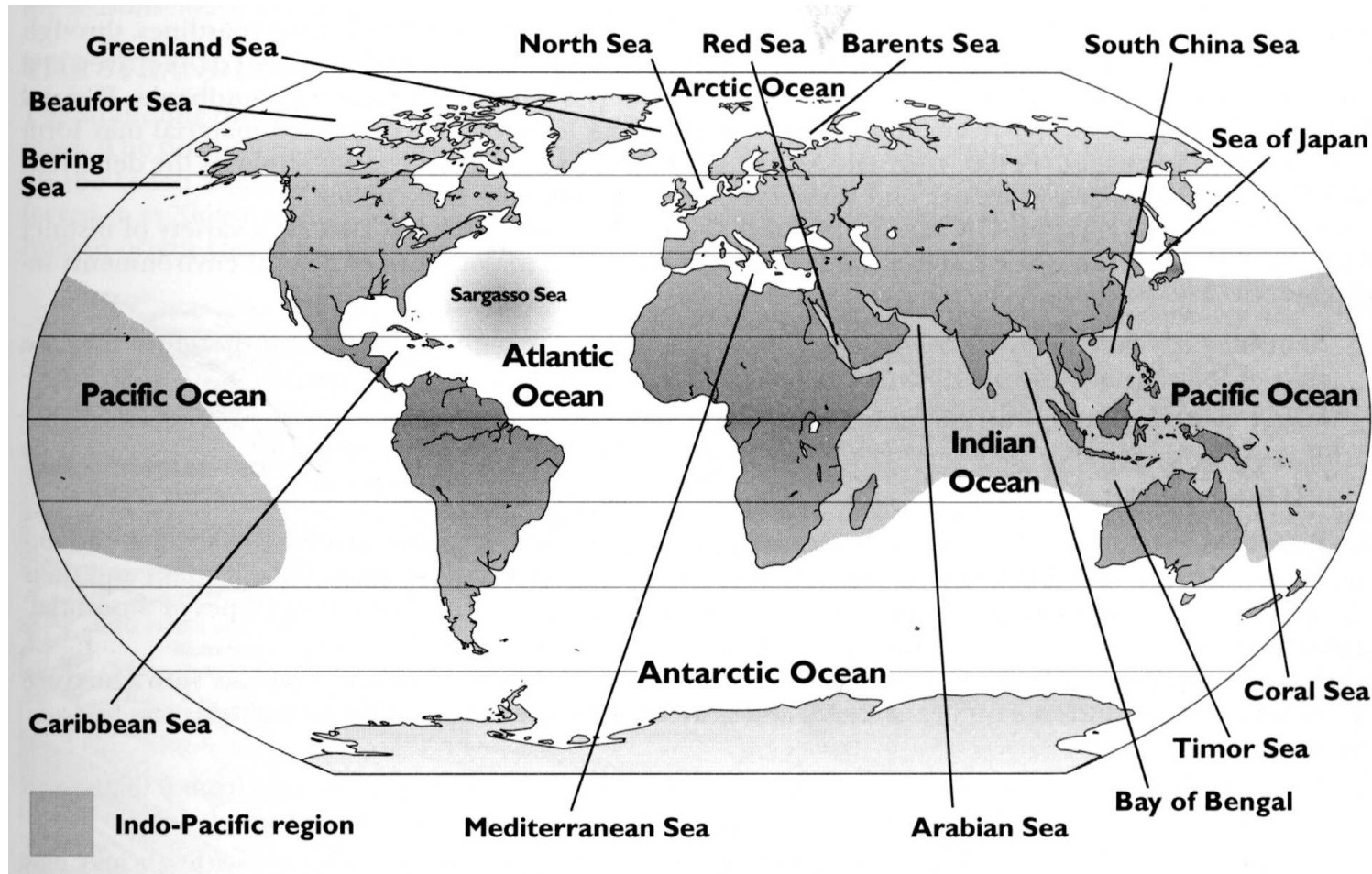


Světové oceány

Základní charakteristiky mořského prostředí

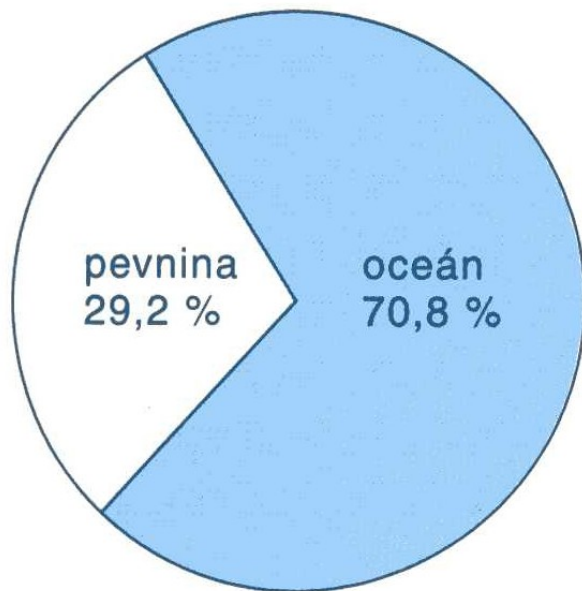


Rozmístění hlavních oceánů a moří

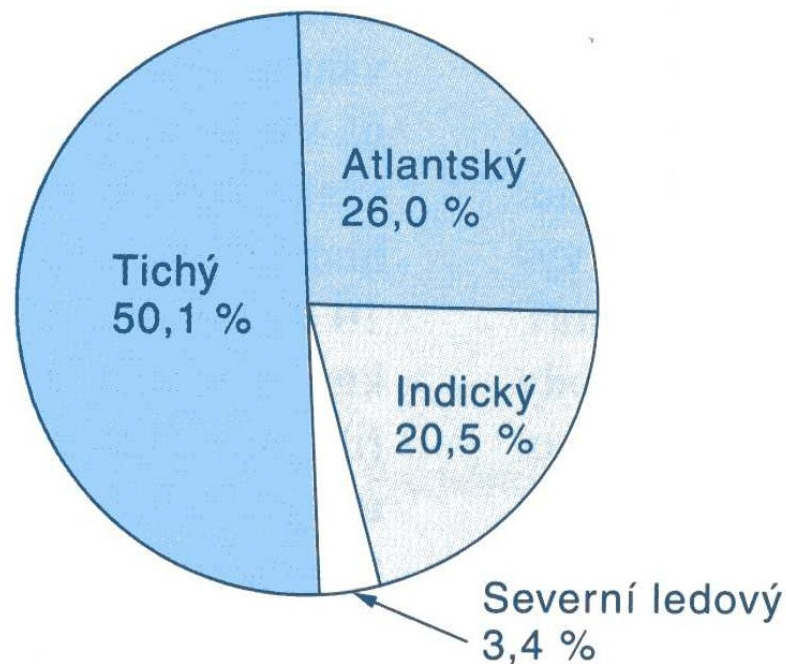


Světové oceány v číslech a procentech

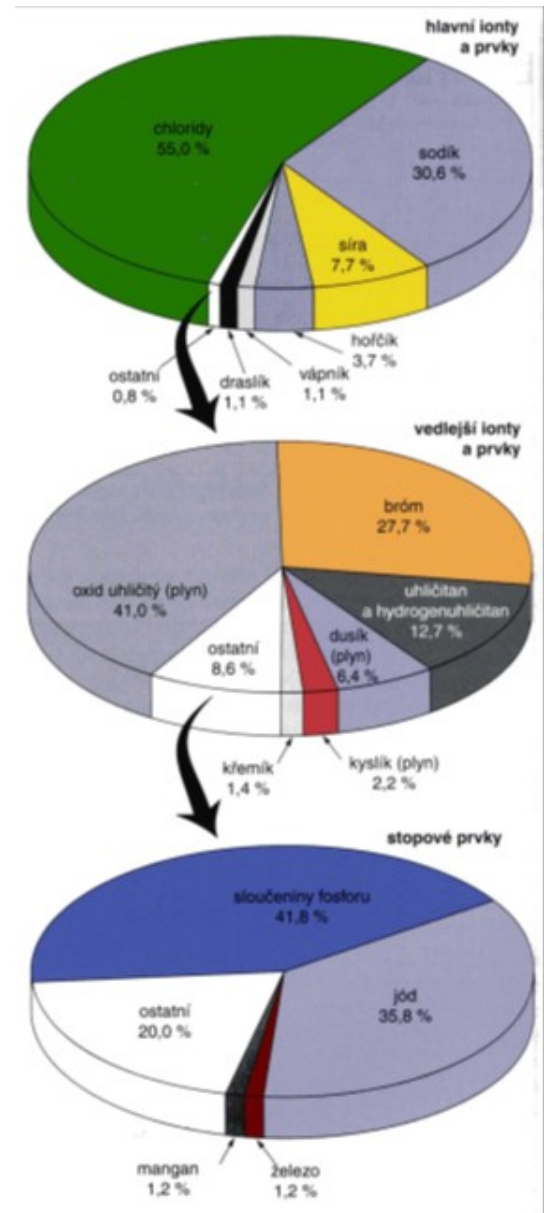
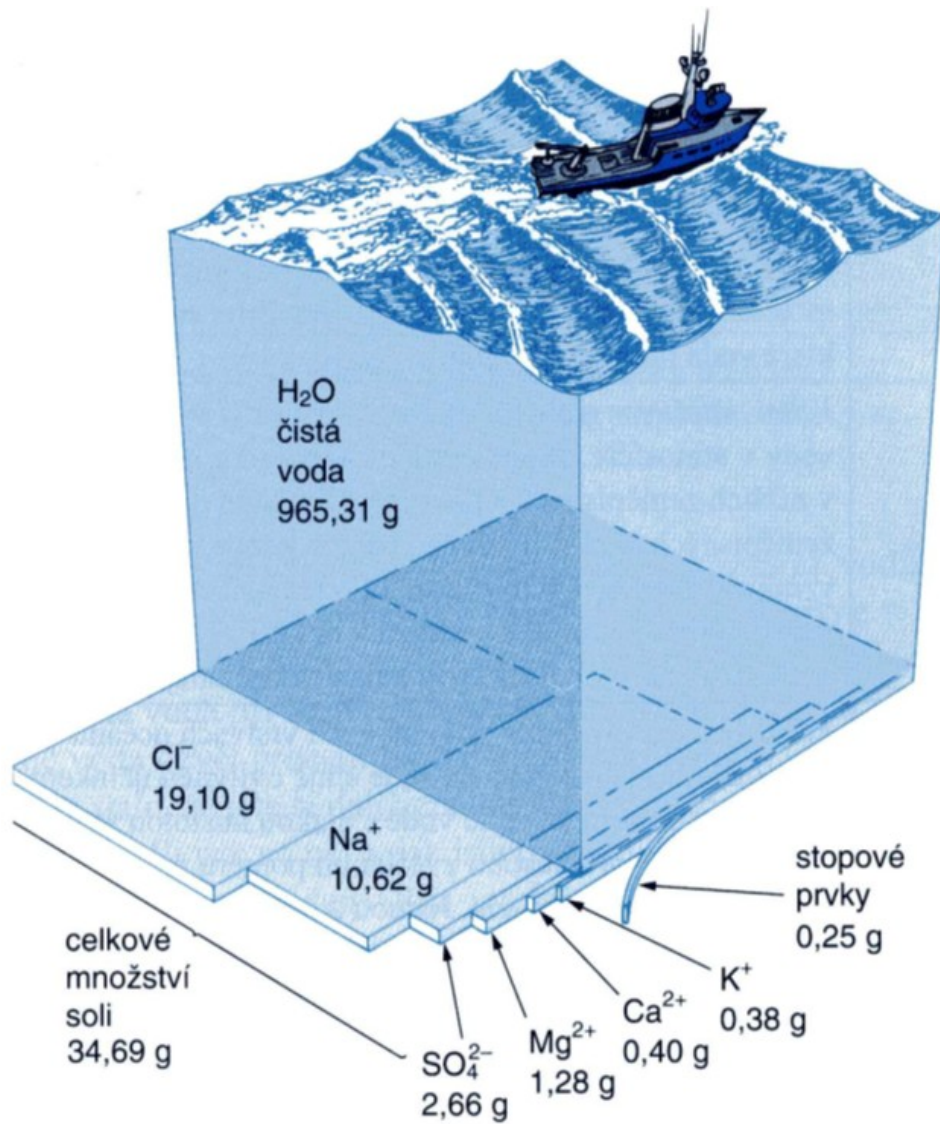
(a) Poměr plochy pevniny k ploše světového oceánu



(b) Poměr ploch čtyř hlavních oceánů



Složení mořské vody

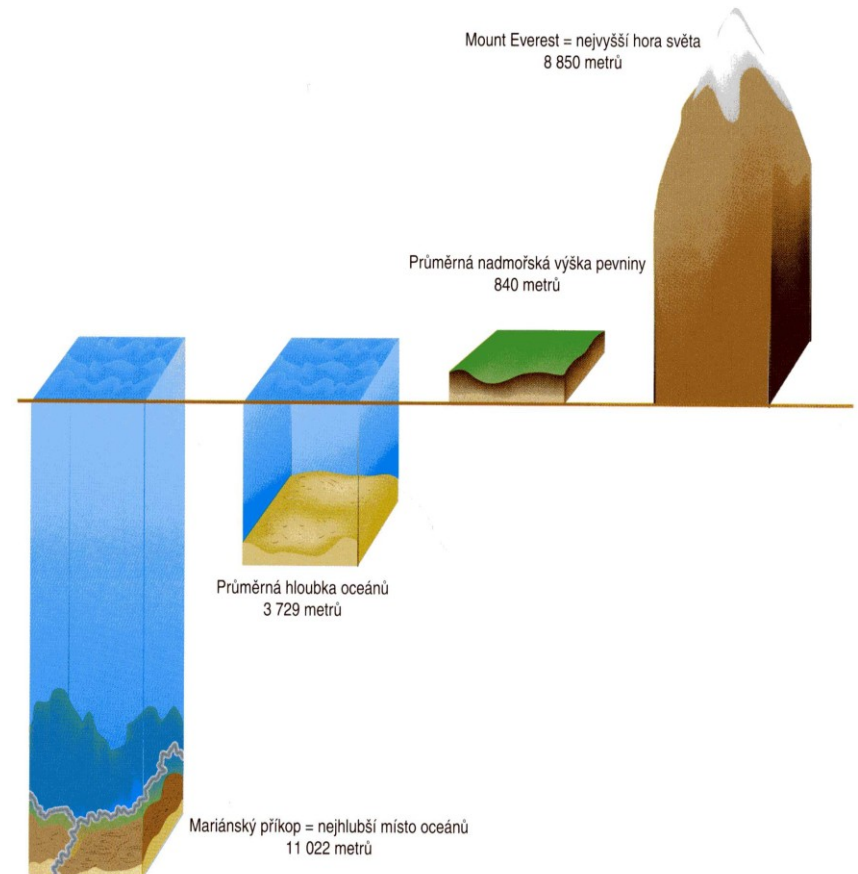
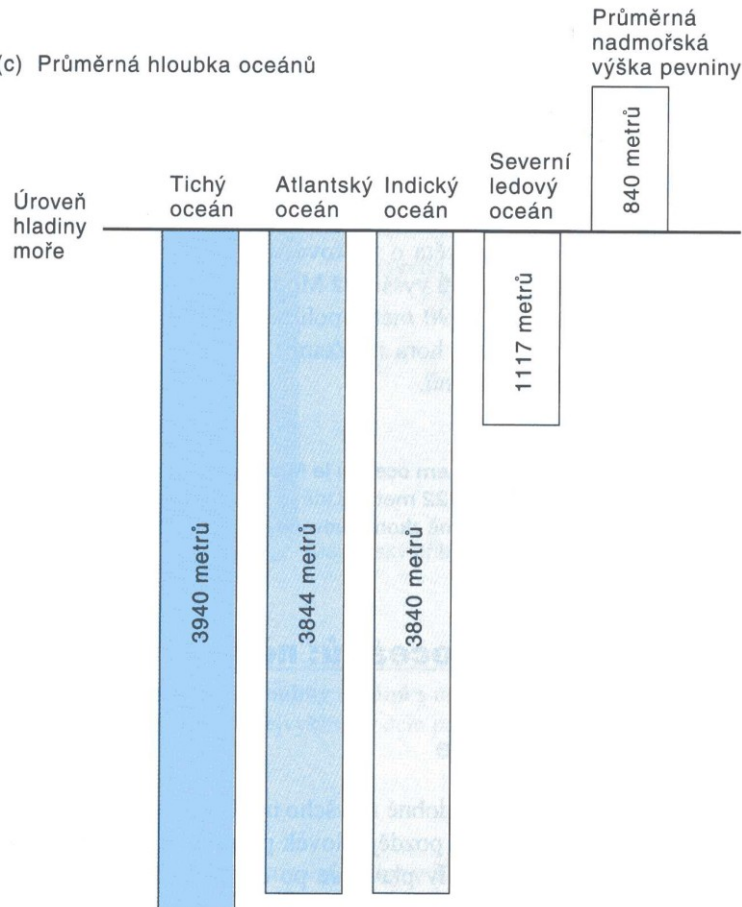


Porovnání hloubky oceánů a nadmořské výšky pevniny

Průměrné hloubky oceánů

Největší hloubka a největší výška

(c) Průměrná hloubka oceánů



Hypsografická křivka – zastoupení intervalů hloubek a výšek na Zemi v procentech.

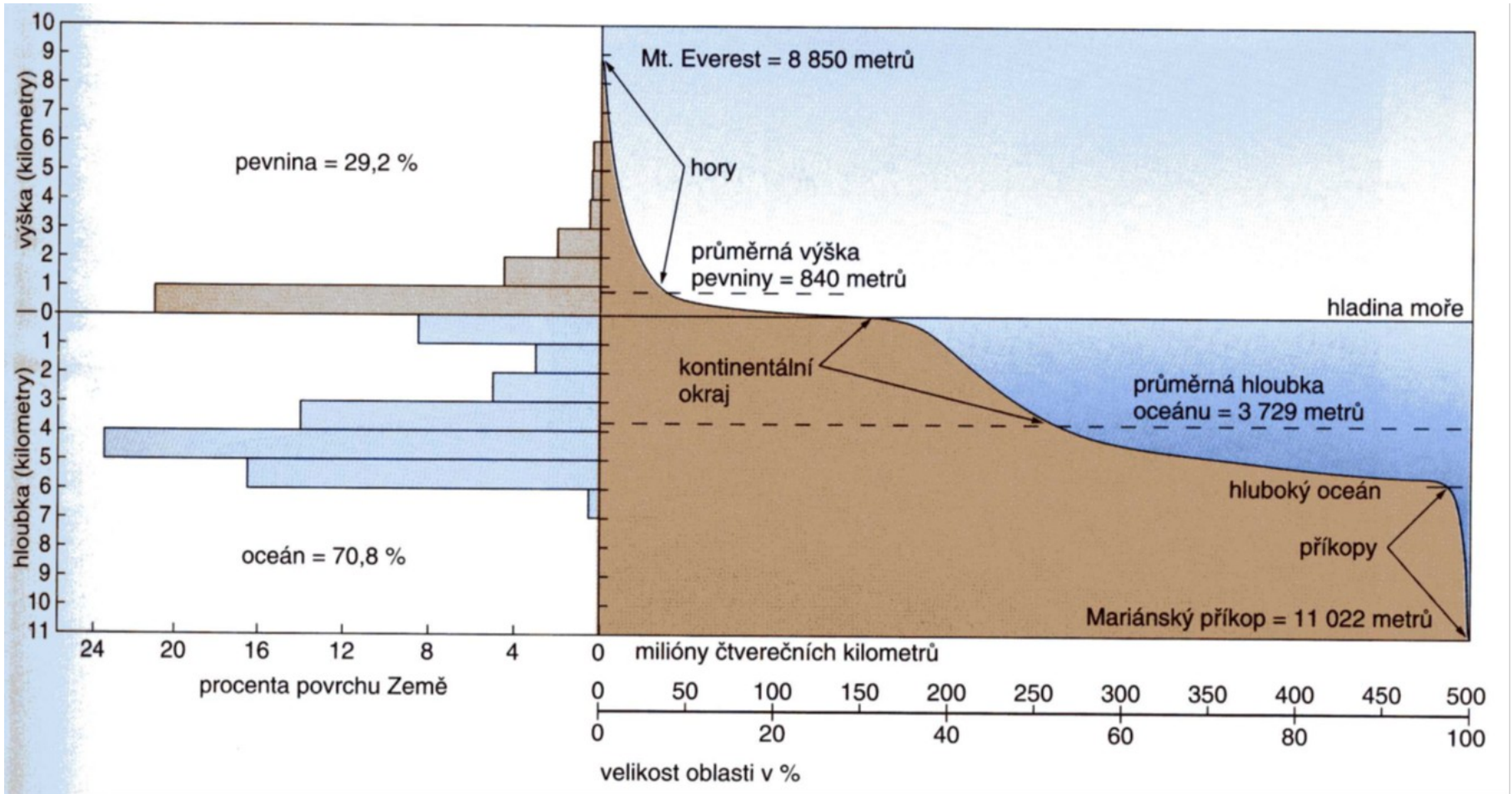
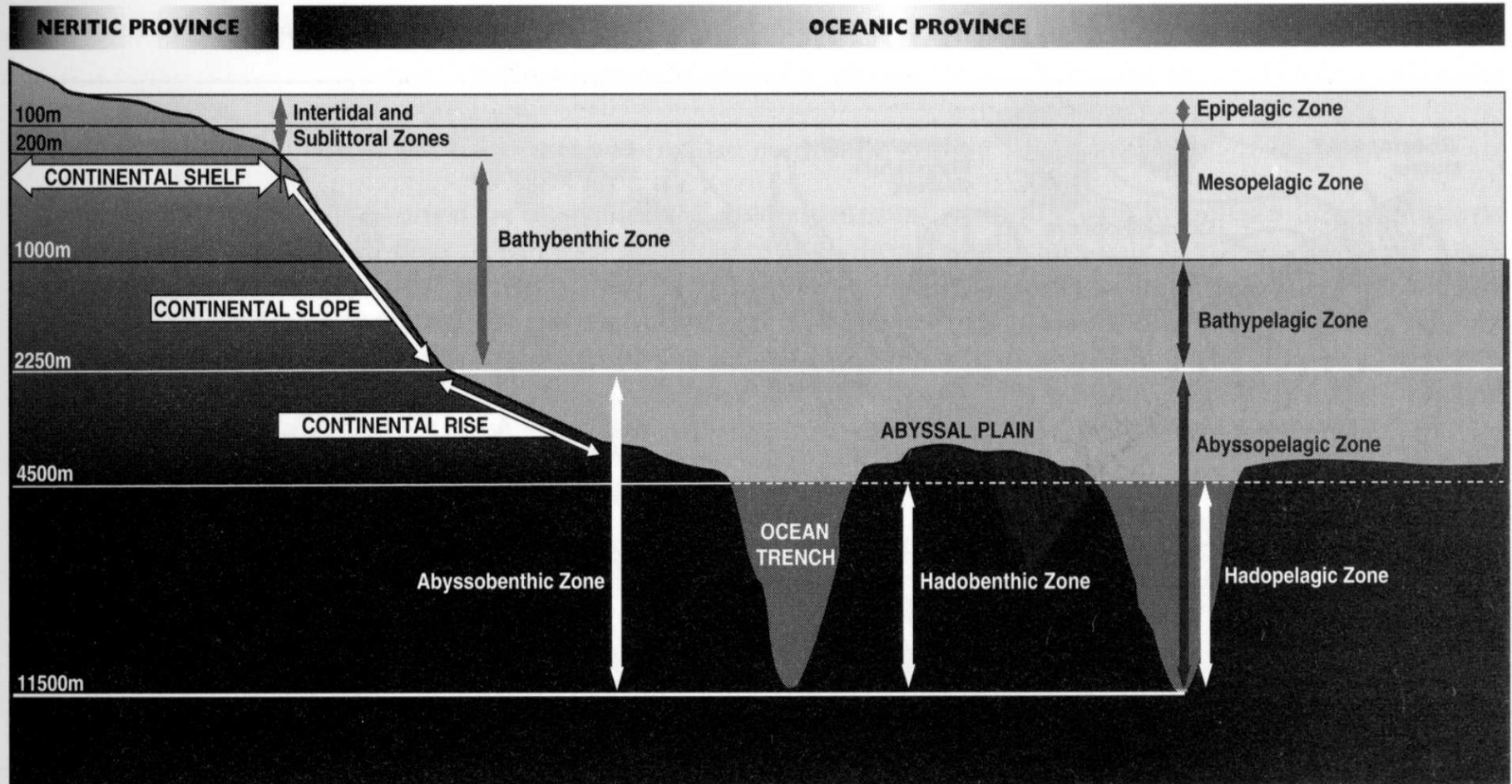


Schéma hlavních hloubkových zón oceánů a moří



Studium mořských hlubin

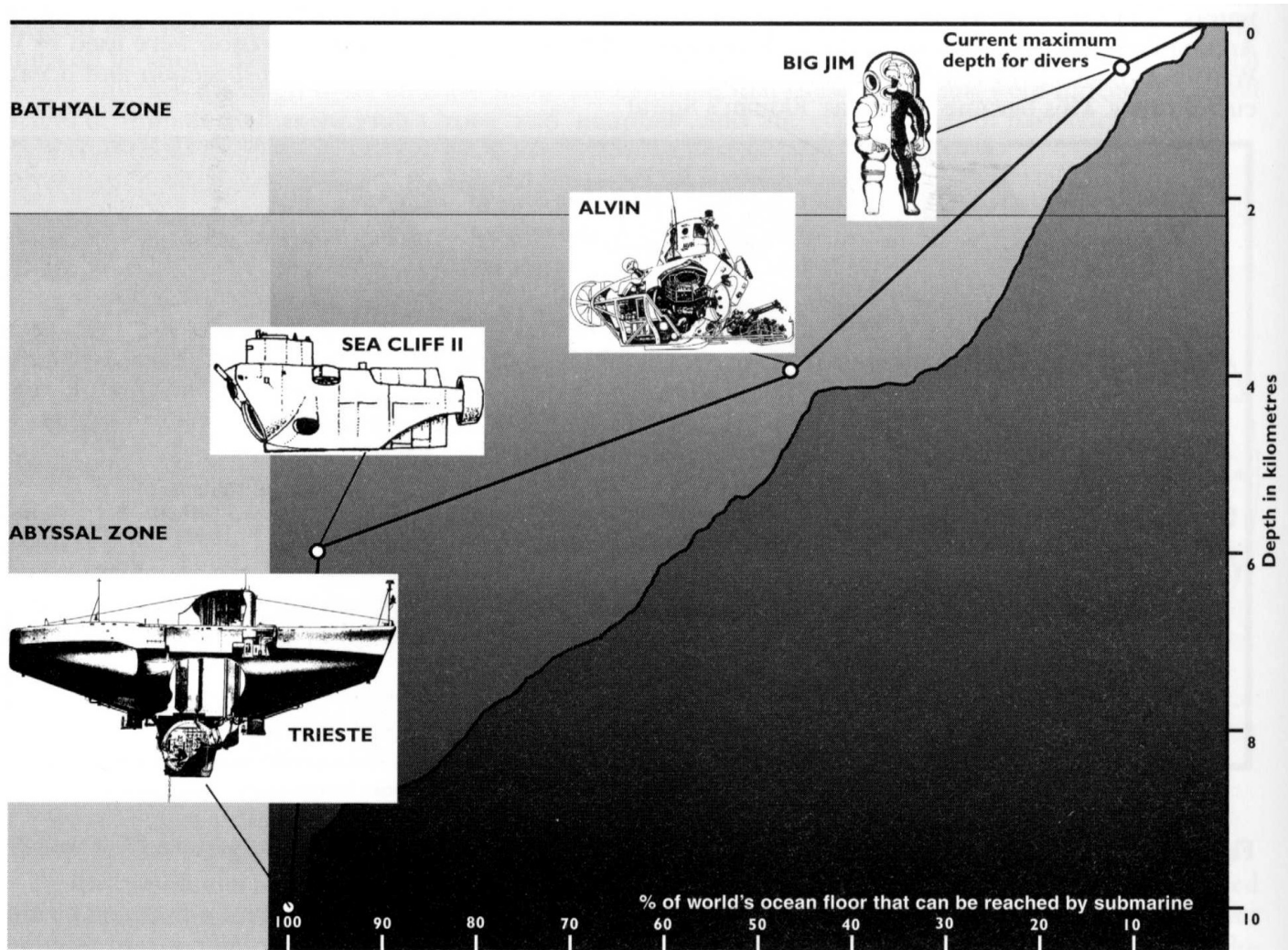
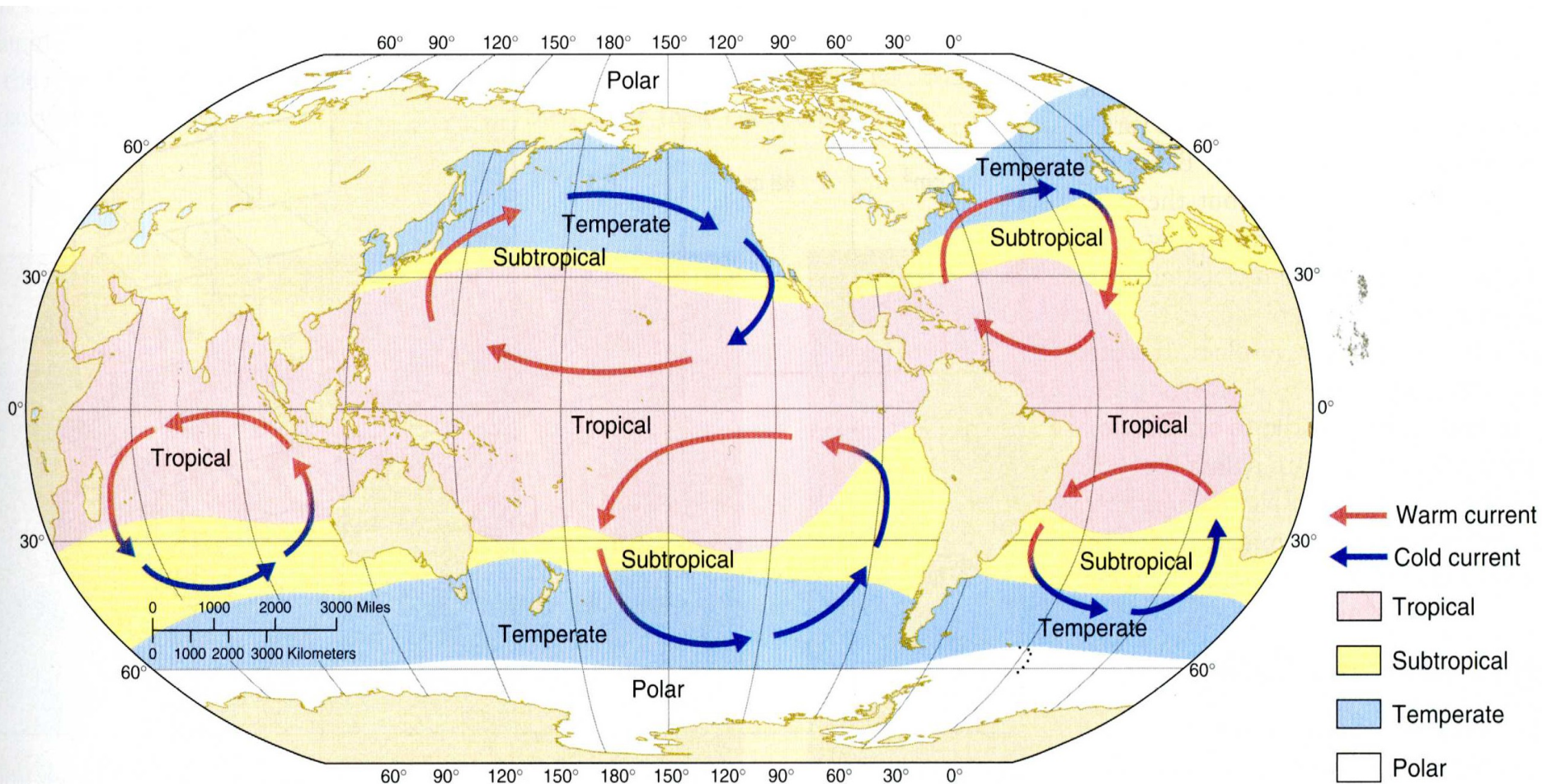
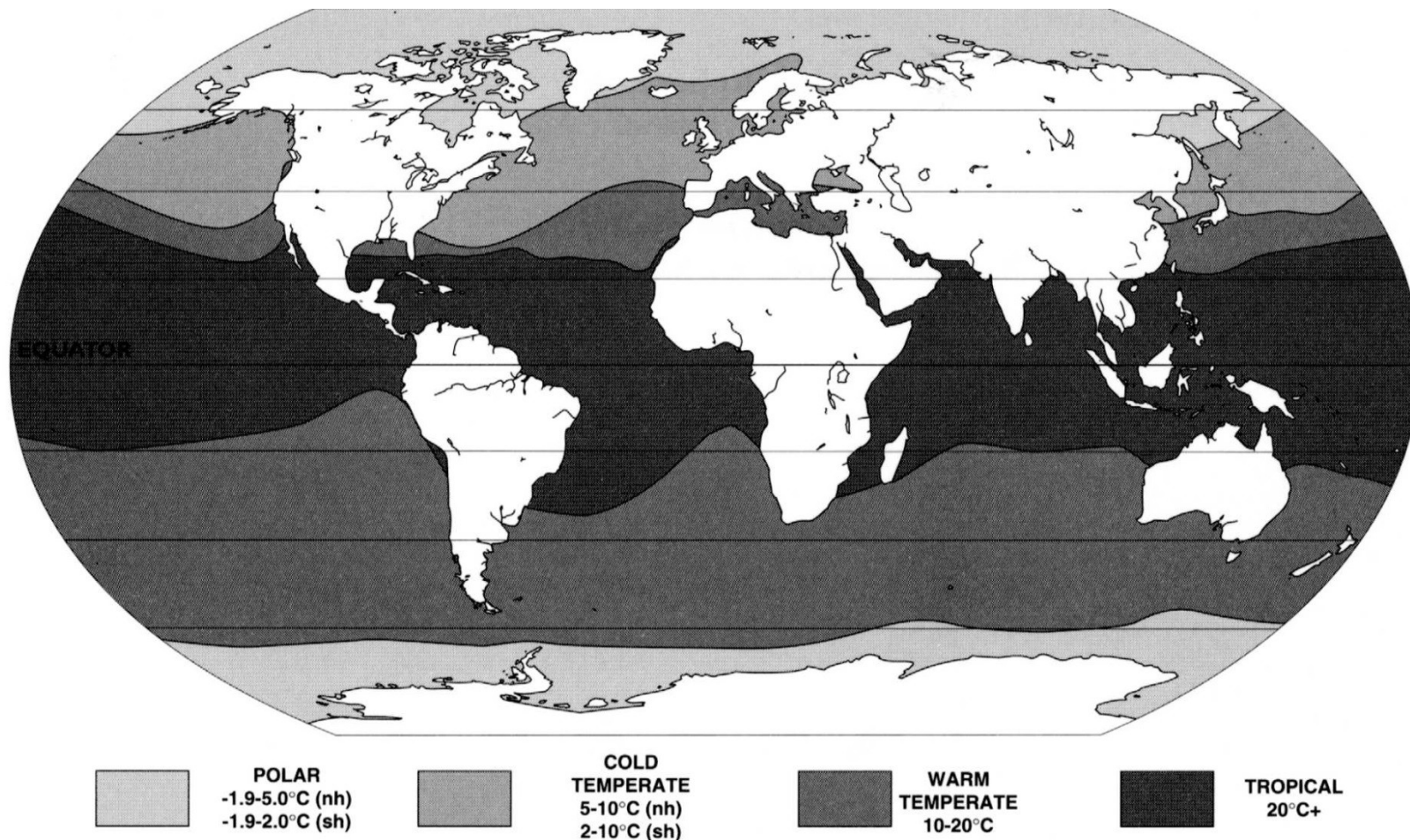


Figure 8. Deep-sea exploration by different submersible craft.

Výskyt mořských organismů závisí na teplotě mořské vody – teplotní oblasti



Hlavní mořské biogeografické oblasti založené na teplotě vody



Major marine biogeographical areas of the world's oceans based on temperature (°C). (nh) = northern hemisphere, (sh) = southern hemisphere.

Příliv jako ekologický faktor



Leuresthes tenuis ve tření na pobřeží Kalifornie

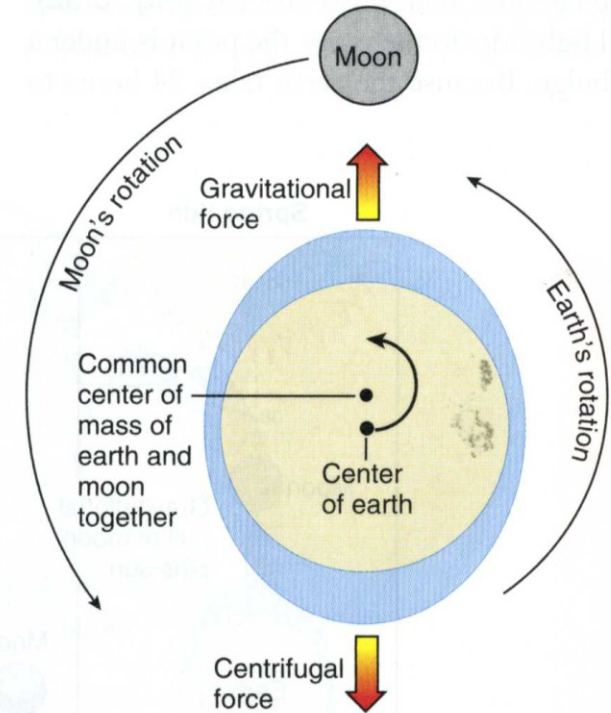
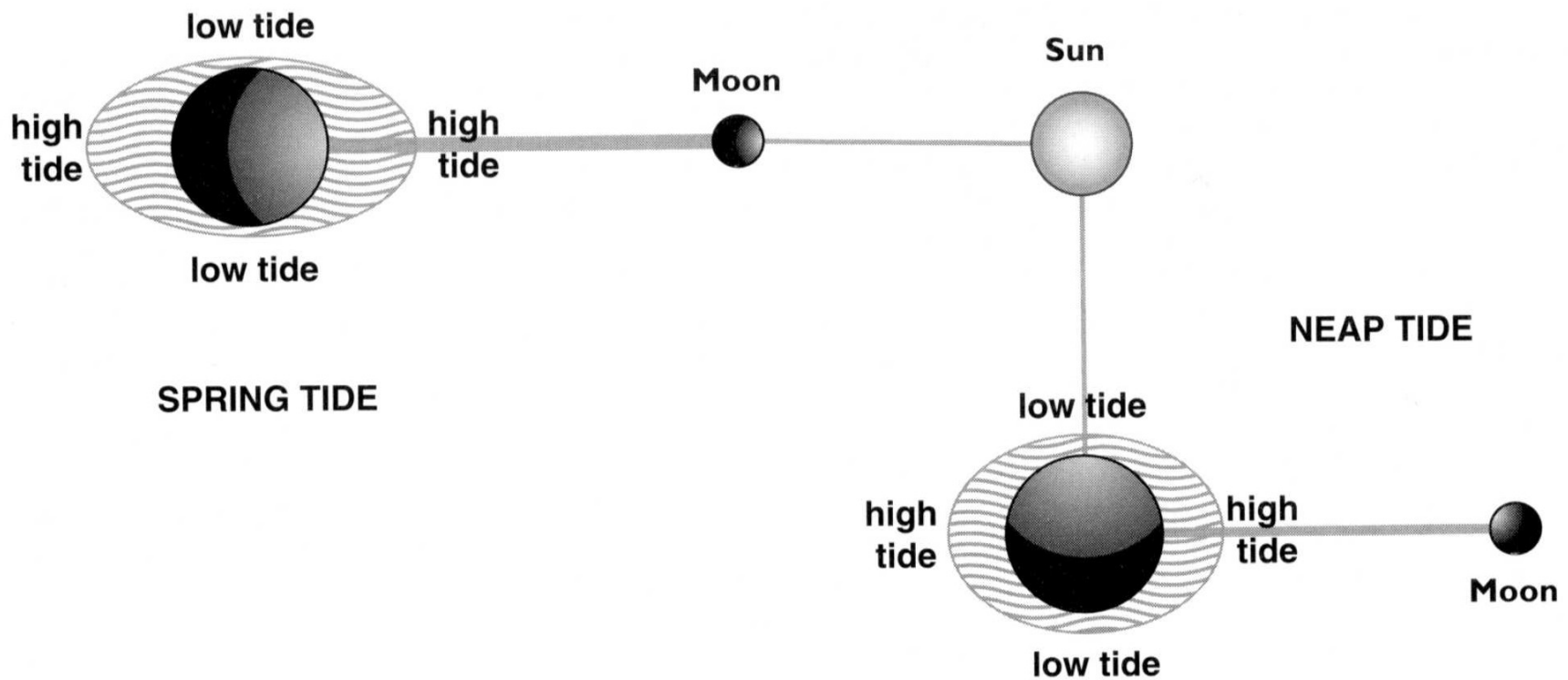
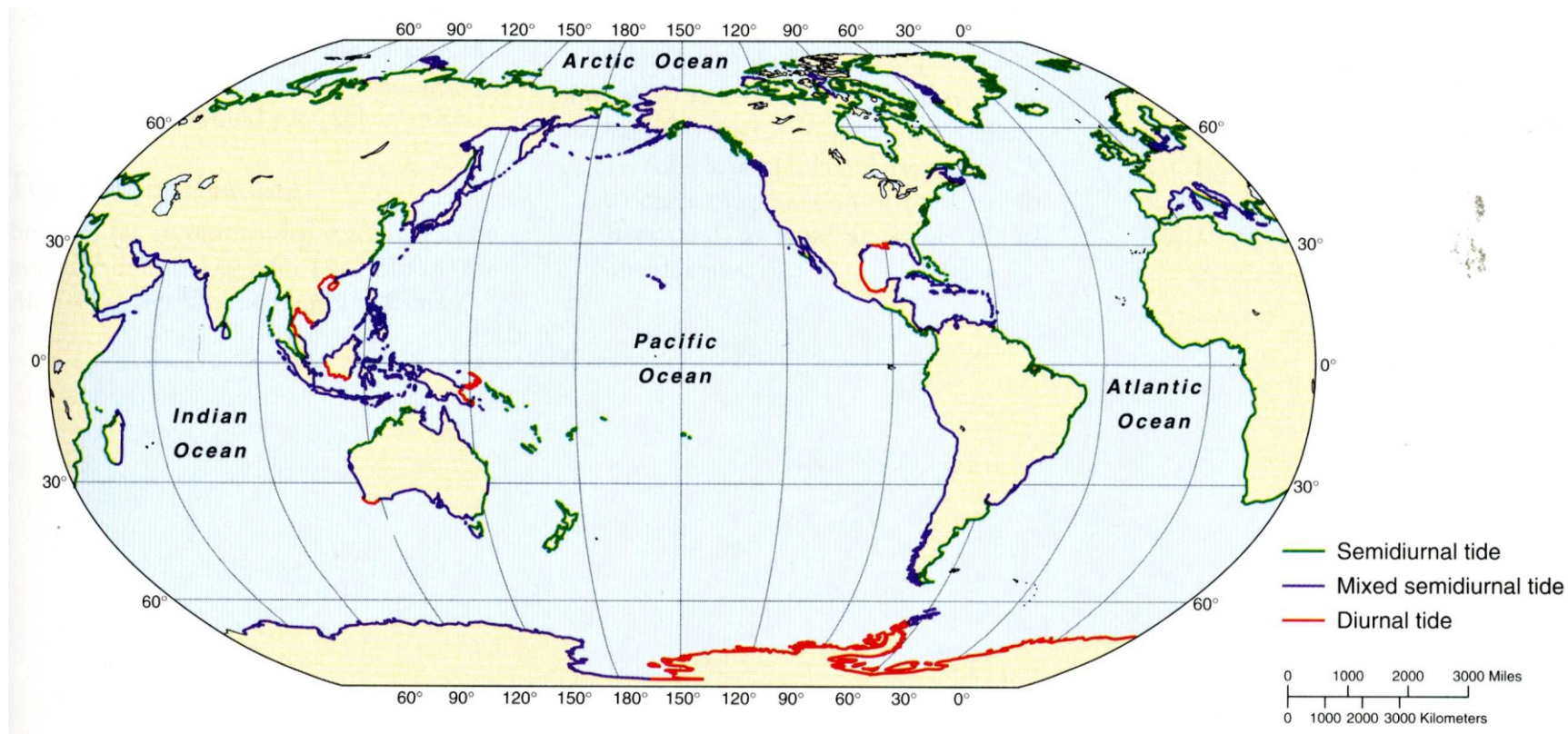


FIGURE 3.31 The moon does not exactly rotate around the earth. Instead, both the moon and earth rotate around their common center of mass, which lies inside the earth. Thus, the earth actually “wobbles” a bit, like an unbalanced tire. Centrifugal force produced by the earth’s motion causes the

Pozice Slunce, Měsíce a Země ve vztahu k přílivu je zásadní



Distribuce typů přílivů - semidiurnálního, smíšeného semidiurnálního a diurnálního

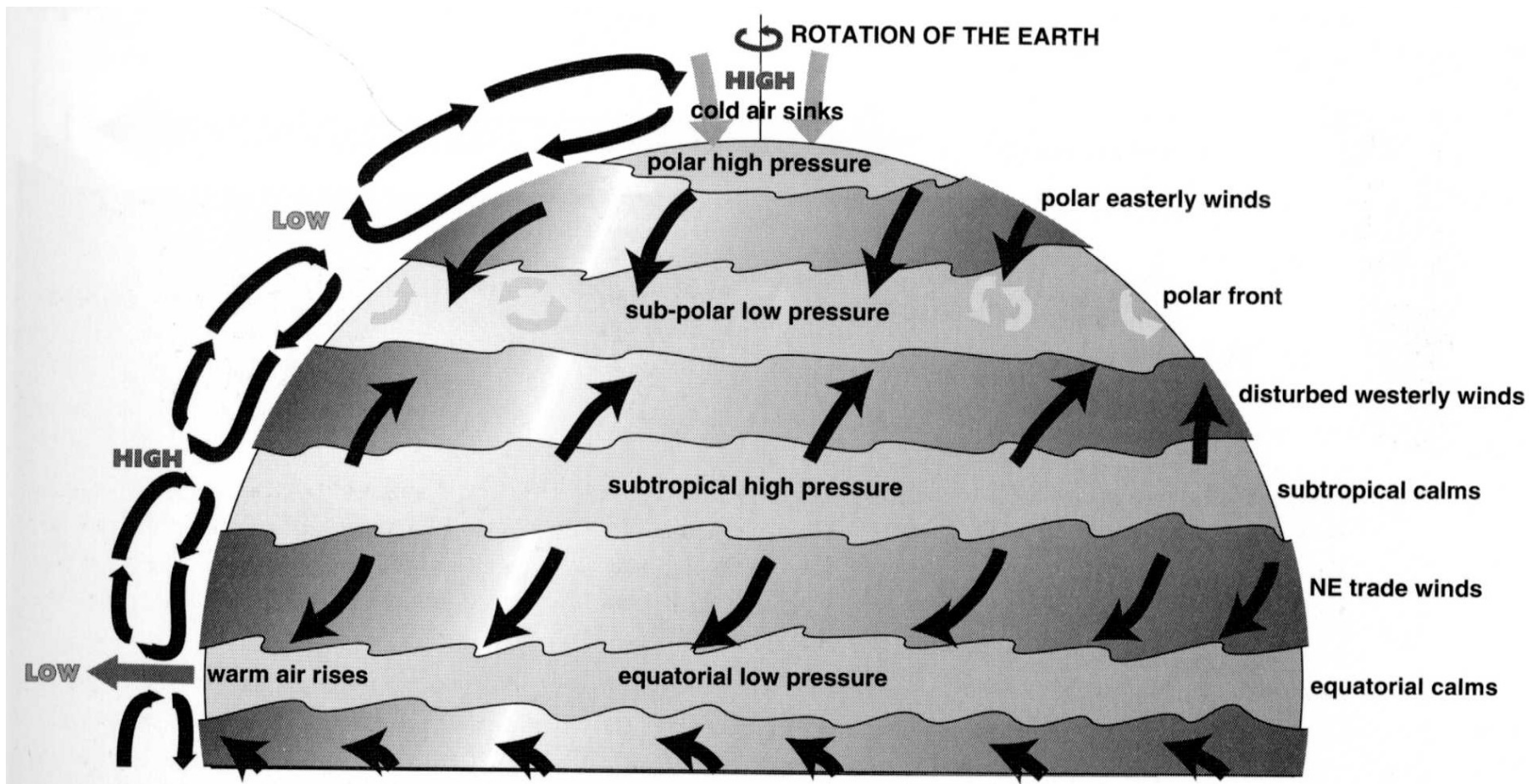




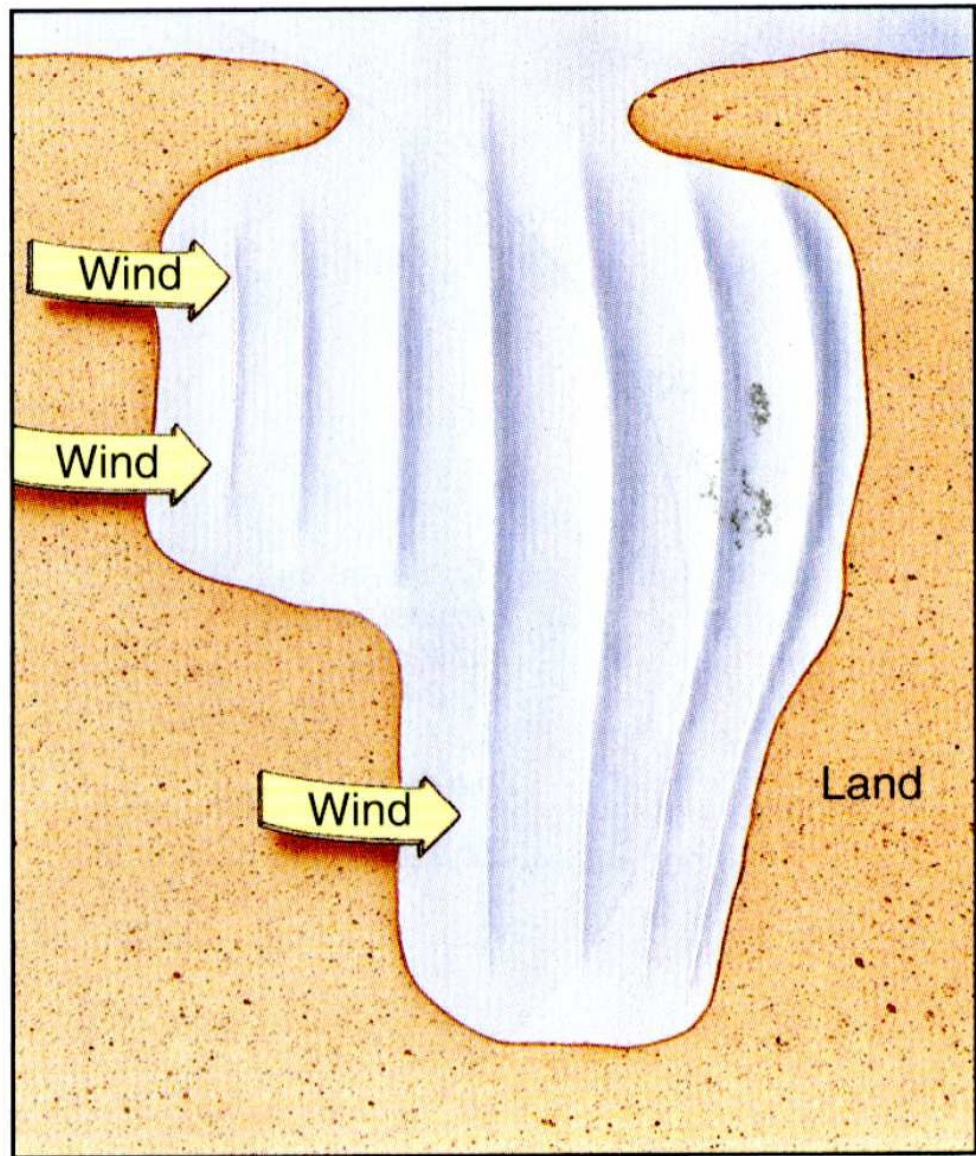
神奈川沖

Proudění vzduchu

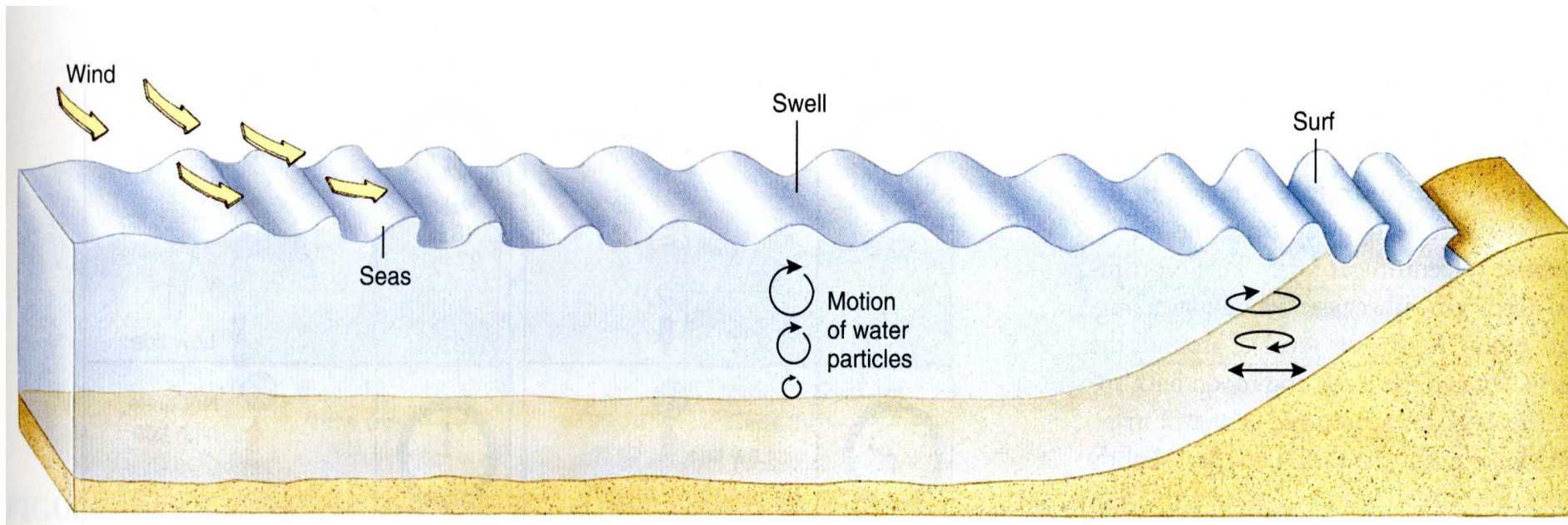
Cirkulace větru na severní polokouli



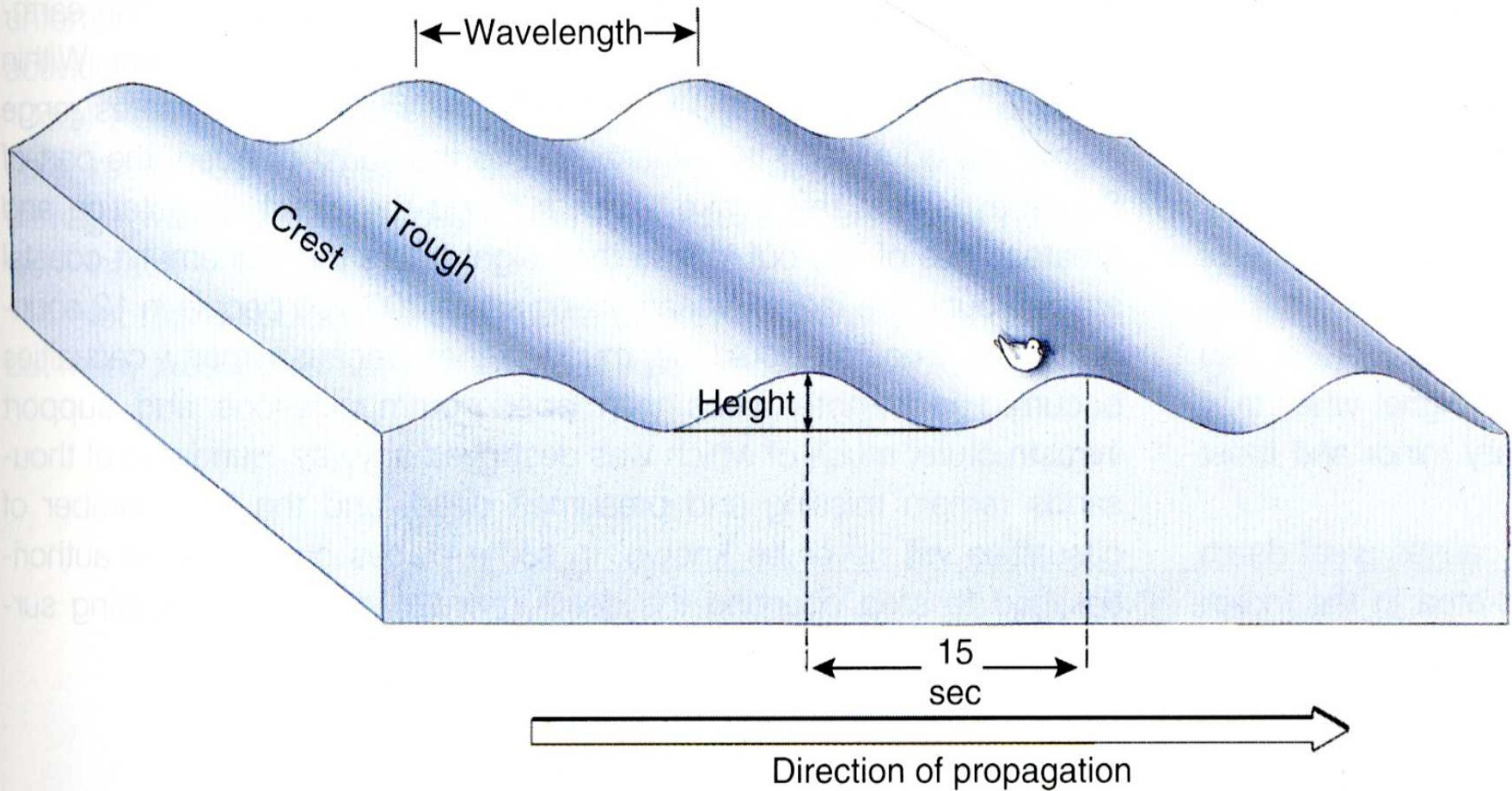
Působení větru na vlny



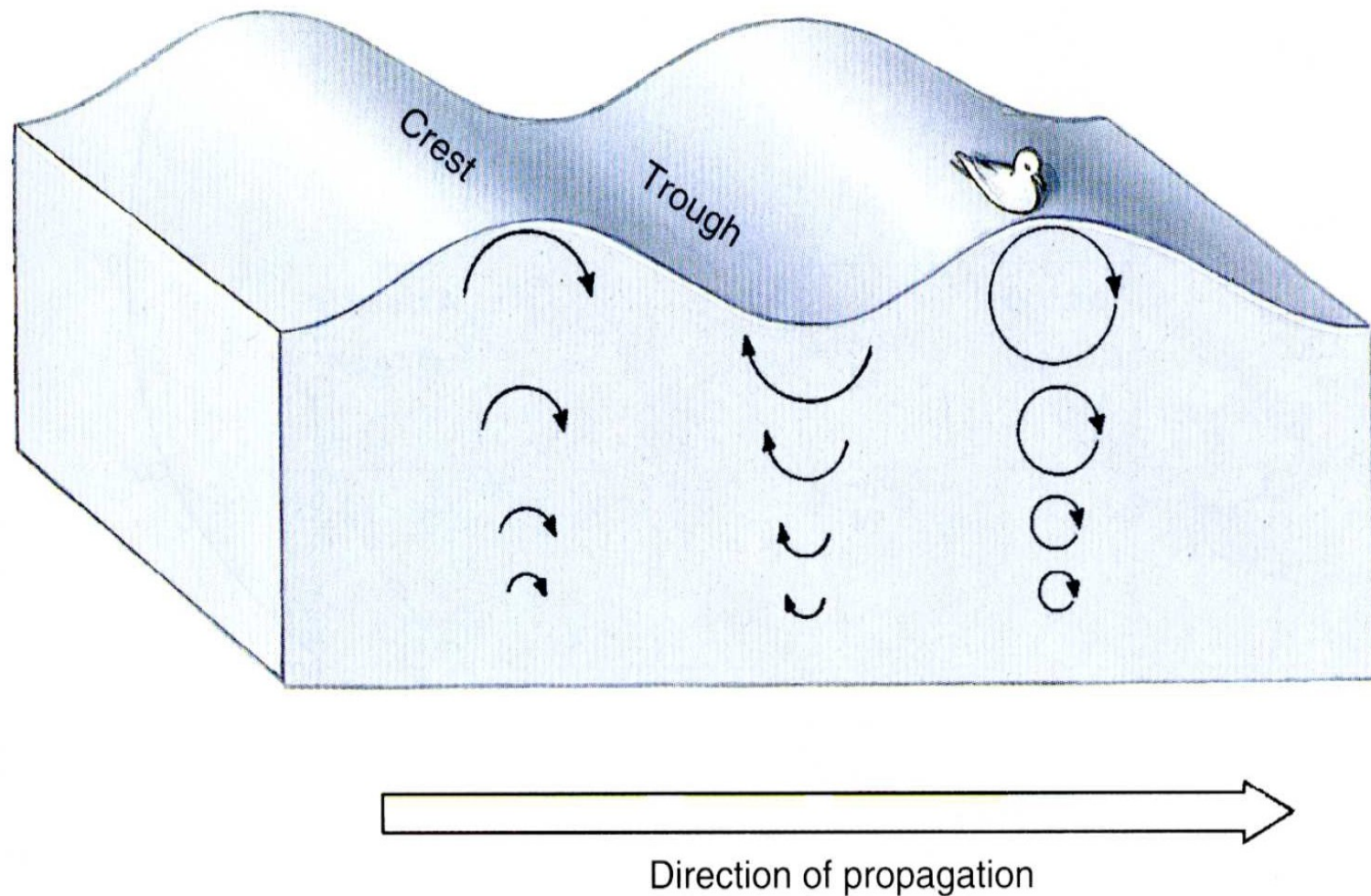
Mechanismus vzniku přípoje



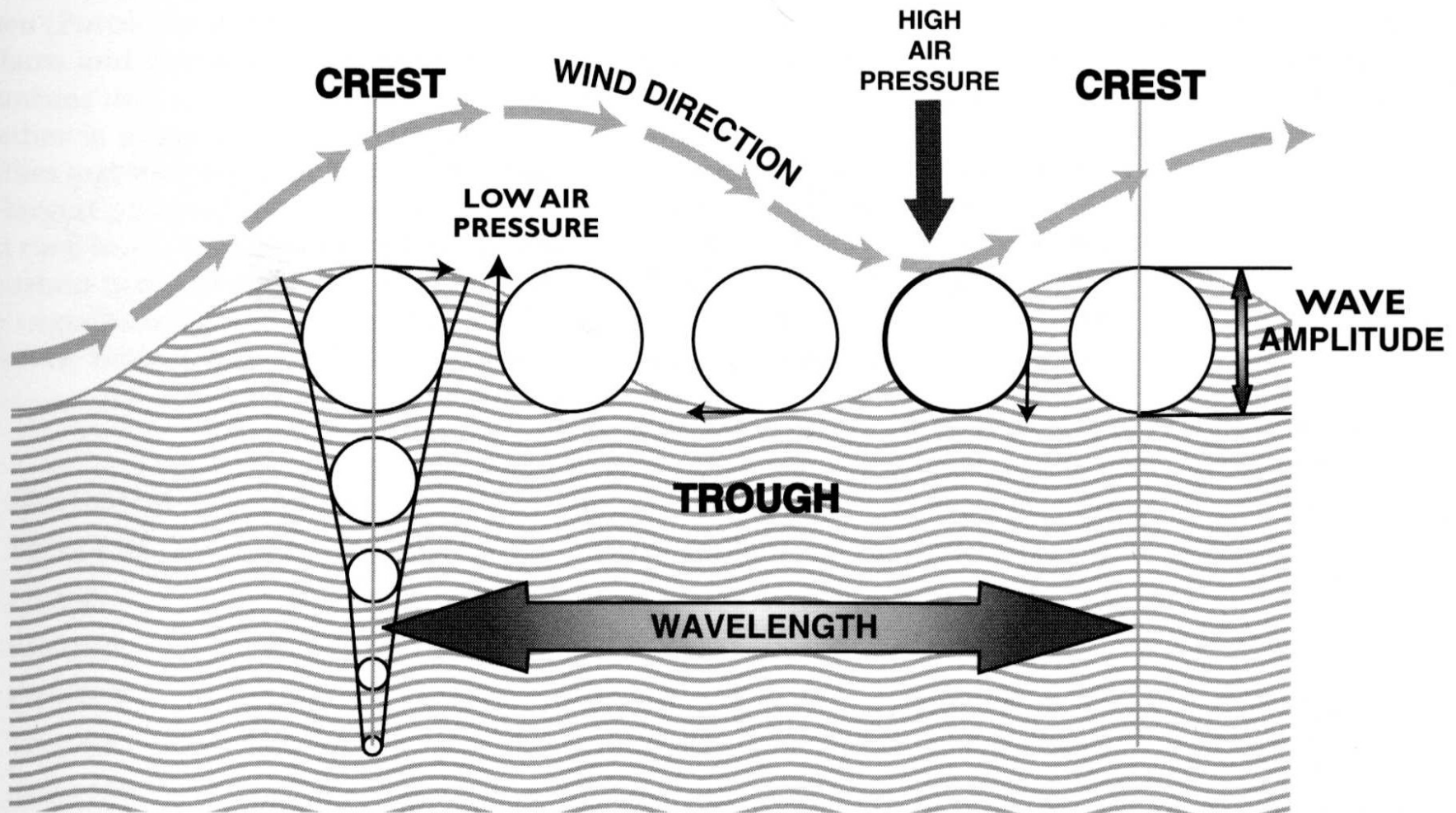
Idealizovaná série vln



Pohyb částic vody ve vlnách



Profil vlny a rotace vodních částic





Děkuji za pozornost

Struktura molekul vody v kapalném stavu

