Voda a vodní prostředí

Osnova přednášky

- Země planeta vody
- Původ vody na Zemi ?
- Voda jako kolébka života
- Voda – základní údaje - druhy a typy vod
- Hydrologický cyklus
- Fyzikálně-chemické vlastnosti vody
- Základní ekologické faktory vodního prostředí
- Topografické členění sladkých vod
- Základní charakteristiky mořského prostředí

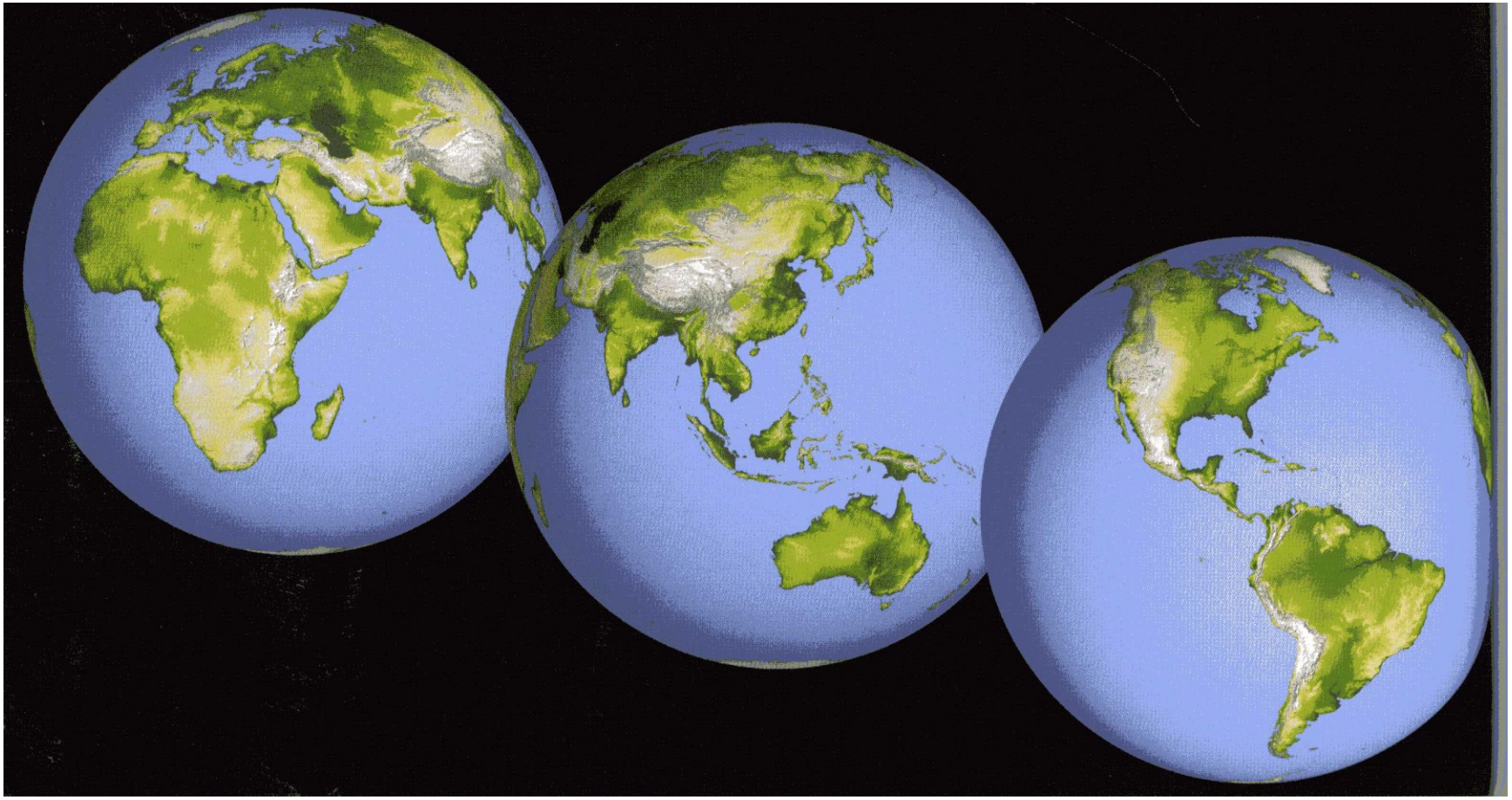
Co je voda ?

Za normální teploty a tlaku je to **bezbarvá, čirá kapalina bez zápachu,** v silnější vrstvě namodralá.

V přírodě se vyskytuje ve třech skupenstvích: v **pevném** – led a sníh, v **kapalném** – voda a v **plynném** – vodní pára.

Mimořádné chemické a fyzikální vlastnosti vody jsou důsledkem geometrie její molekuly.

Země – planeta vody



plocha světového oceánu 70,8 %	plocha pevniny 29,2 %
průměrný roční výpar ze světového oceánu 502 800 km^3	z pevniny 74 200 km^3

Vodní prostředí - heterogenita

pixers

Země - kolébka života

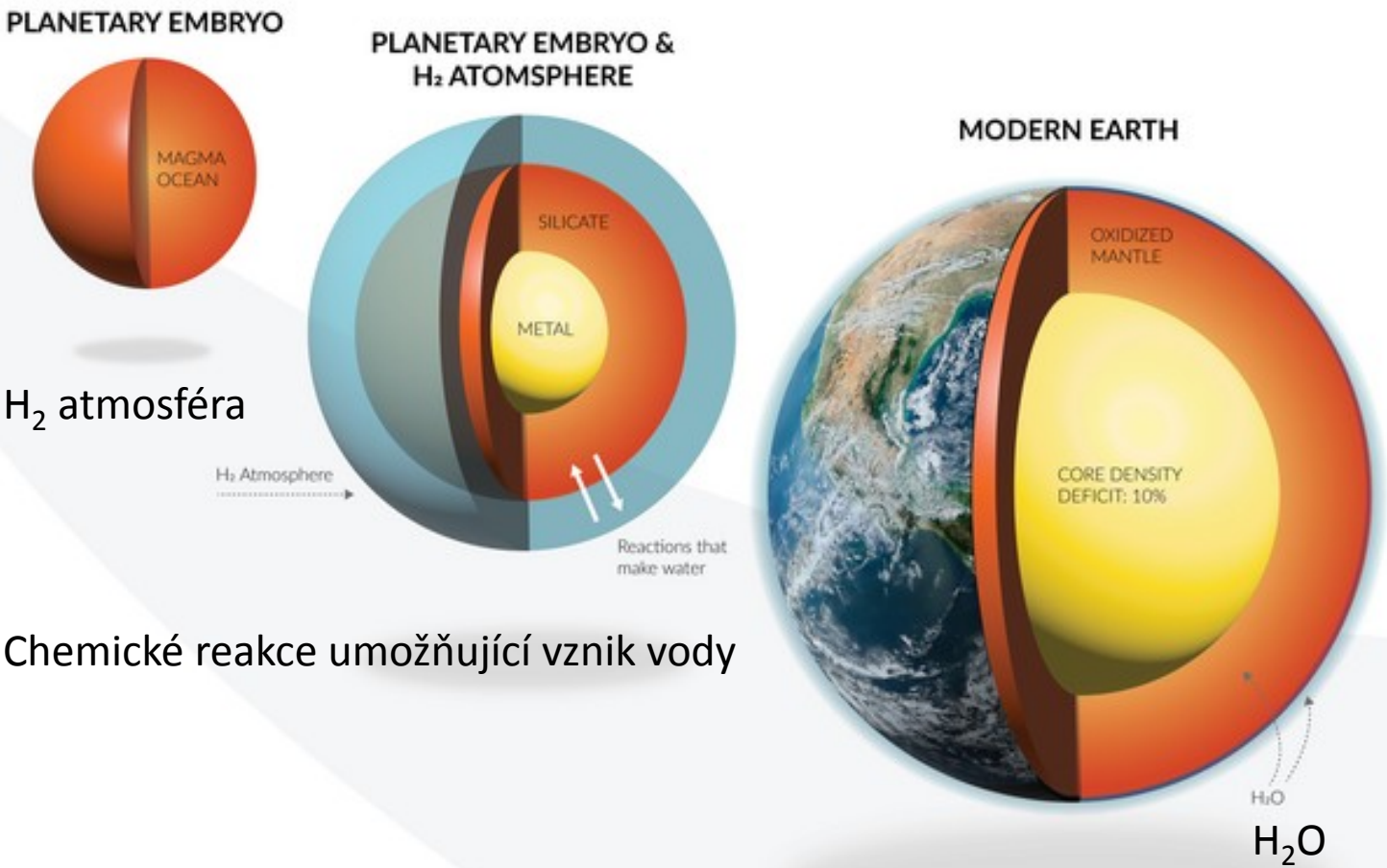
Země byla vytvořena asi před 4,5 miliardami let, život začal existovat nedlouho poté. Vzhledem k obrovskému časovému horizontu neexistují přesvědčivé důkazy o přesných datech, je ale zřejmé, že život vznikl relativně brzy po jejím počátku.

Naše sluneční soustava byla ještě mladá a **Slunce se po svém vzniku před miliardami let stále ochlazovalo**. Jedinečné okolnosti naší sluneční soustavy a naší planety daly **vzniknout životu. To bylo způsobeno řadou charakteristik, které vykazuje naše ekosféra, oblast planety schopné udržet život**.

Venuše, jeden z našich planetárních sousedů, je blíže ke Slunci, přičemž planeta vykazuje vlastnosti, které by nebyly schopny podporovat život. Na druhou stranu, **Mars** je dále od Slunce a příliš chladný na to, aby přirozeně podporoval život.

Země však po miliardy let obsahovala všechny materiály (prvky) a vhodné podmínky pro podporu života.

Evoluce planety a původ vody na Zemi



H_2 atmosféra

Chemické reakce umožňující vznik vody

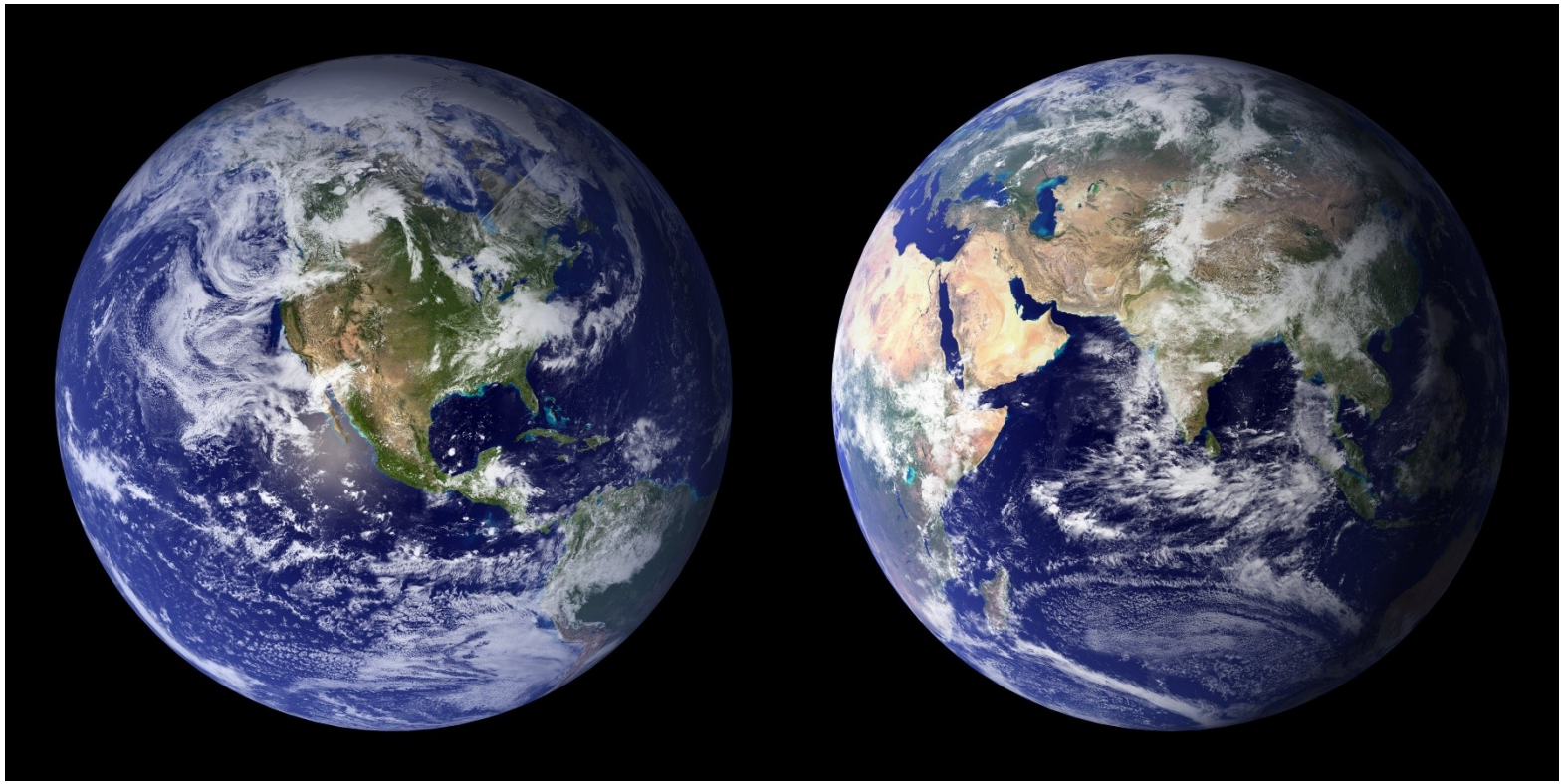
H_2O

Země – kolébka života na Zemi

Jaký je původ vody na Zemi ?

Země je dnes pokryta vodou – **obrovskými oceány**, které se rozprostírají na **mnohem větší ploše než zemská pevnina**. Je pravděpodobné, že na počátku formování sluneční soustavy prudké poryvy slunečního větru zbavily vnitřní planety (tedy i Zemi) těkavých látek, včetně vody.

Odkud pochází voda na Zemi? Pochopení odpovědí na tyto otázky je klíčem k pochopení formování planety.



Evoluce planety a původ vody na Zemi

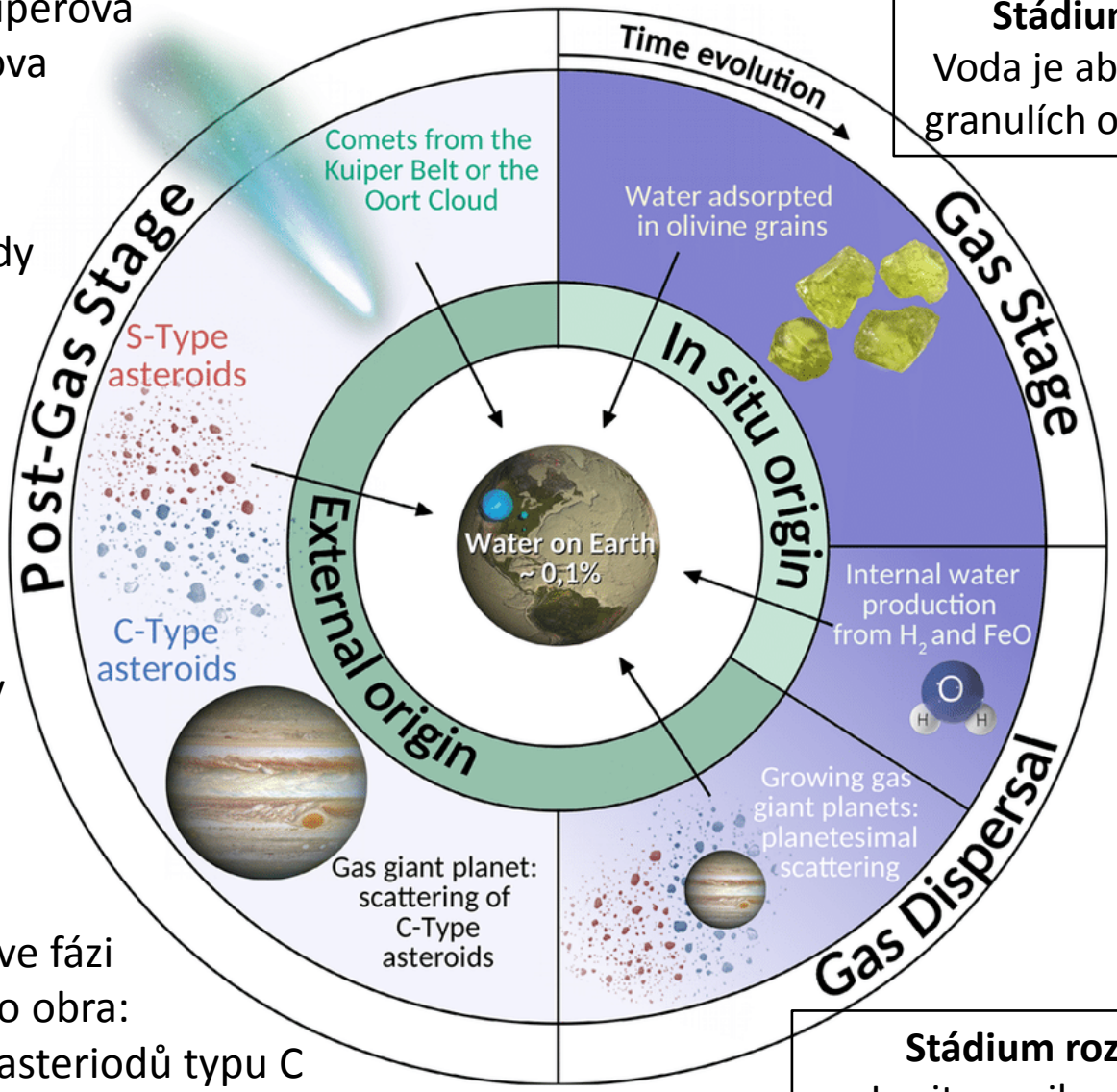
Komety z Kuiperova pásu a Oortova oblaku

Asteroidy typu S

Post plynné stádium

Asteroidy typu C

Planeta ve fázi plynného obra: dopady asteriodů typu C



Stádium plynu
Voda je absorbovaná granulích olivové barvy

Stádium rozpínání plynu
In situ vznik vody z H2 a FeO.
Planeta ve fázi růstu plynného obra

Původ vody na Zemi

(Nezbytná podmínka vzniku života)

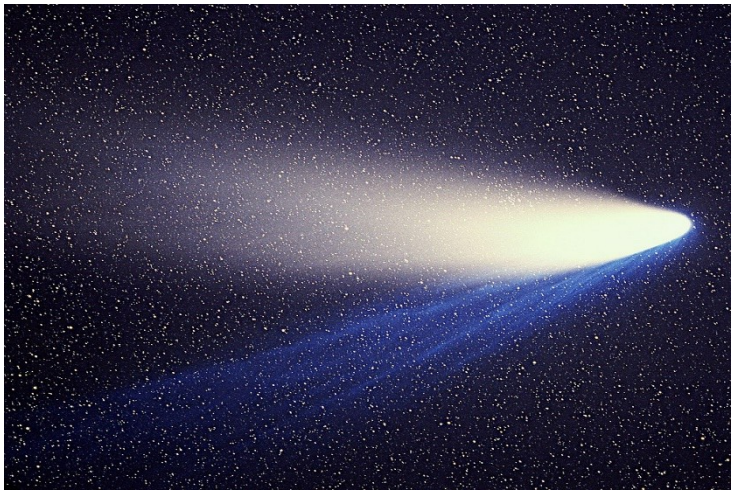
- Voda pochází **z komet a asteroidů**
- Vznik vody **na Zemi chemickou cestou**
- **Vodní pára ukrytá v dutinách Země**

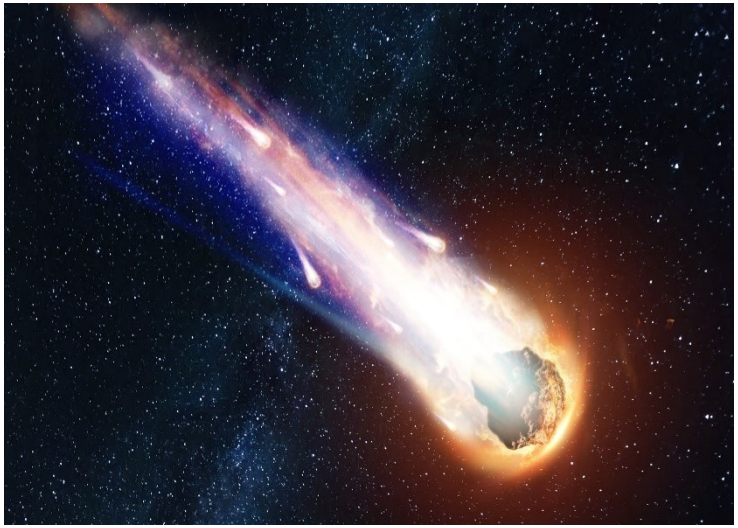
Voda pochází z komet a asteroidů

Jednou z hlavních teorií je přenos vody prostřednictvím komet a asteroidů. Z výzkumu a studia komet a asteroidů víme, že **mnoho z nich obsahuje obrovské množství vody** a je možné, že Země byla bombardována mnoha z nich. To by samozřejmě zvýšilo množství vody na planetě. Bylo by zapotřebí velmi vysokého počtu impaktů, aby se shromáždila veškerá voda, kterou dnes na Zemi máme, ale **možná to komety a asteroidy nedokázaly samy**.

A odkud pocházejí komety a asteroidy ?
Odkud přilétají ?

Kometa Hale–Bopp viděno v roce 1997





Čtyři největší asteroidy:

Ceres, Vesta, Pallas, Hygiea.

Pouze Ceres a Vesta byly navštíveny kosmickou sondou a mají tedy detailní obraz.

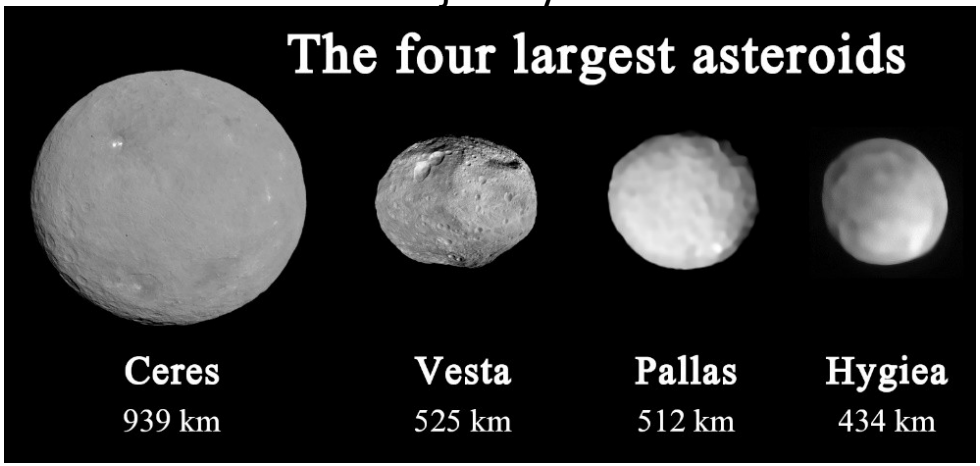
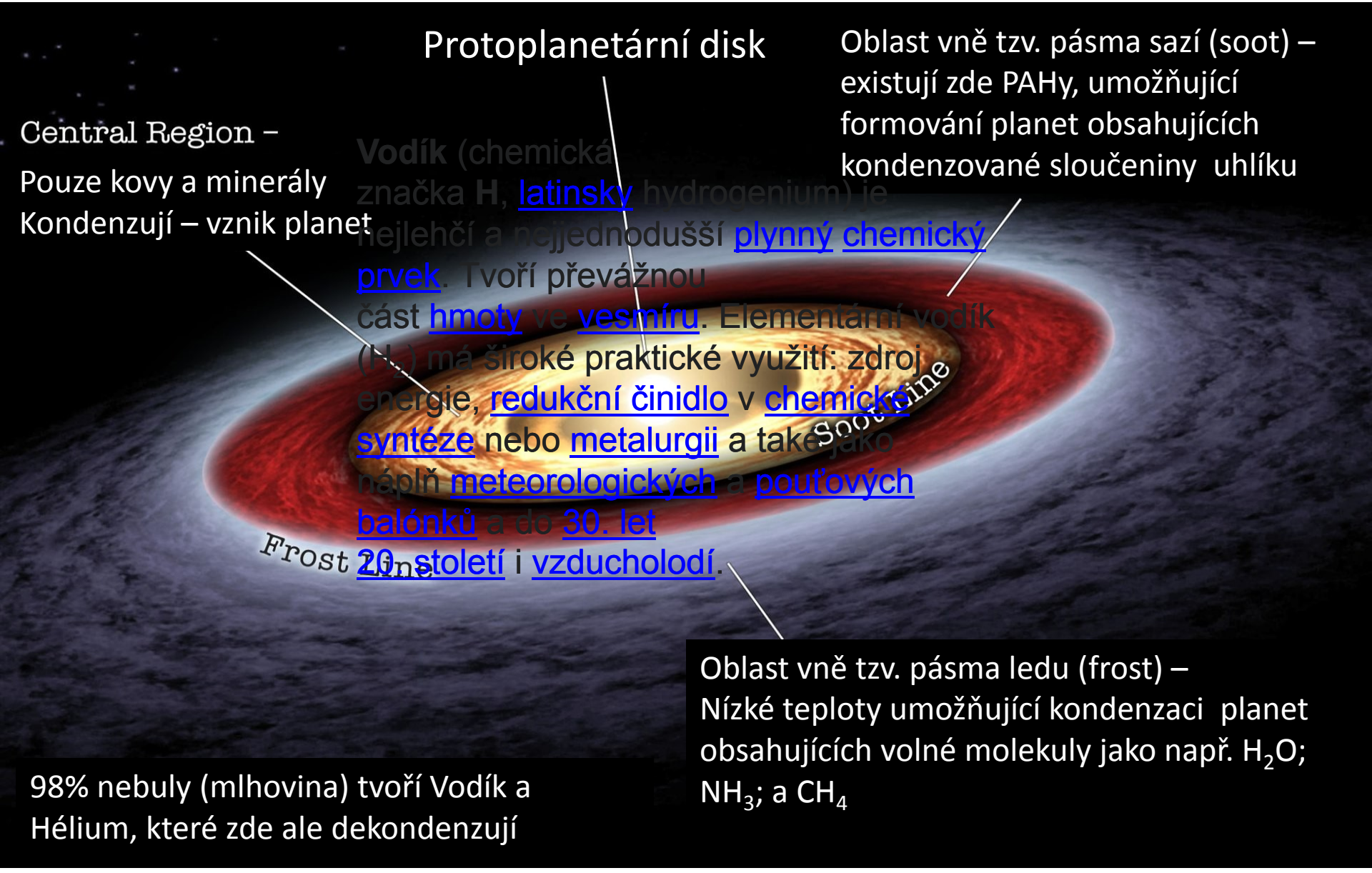
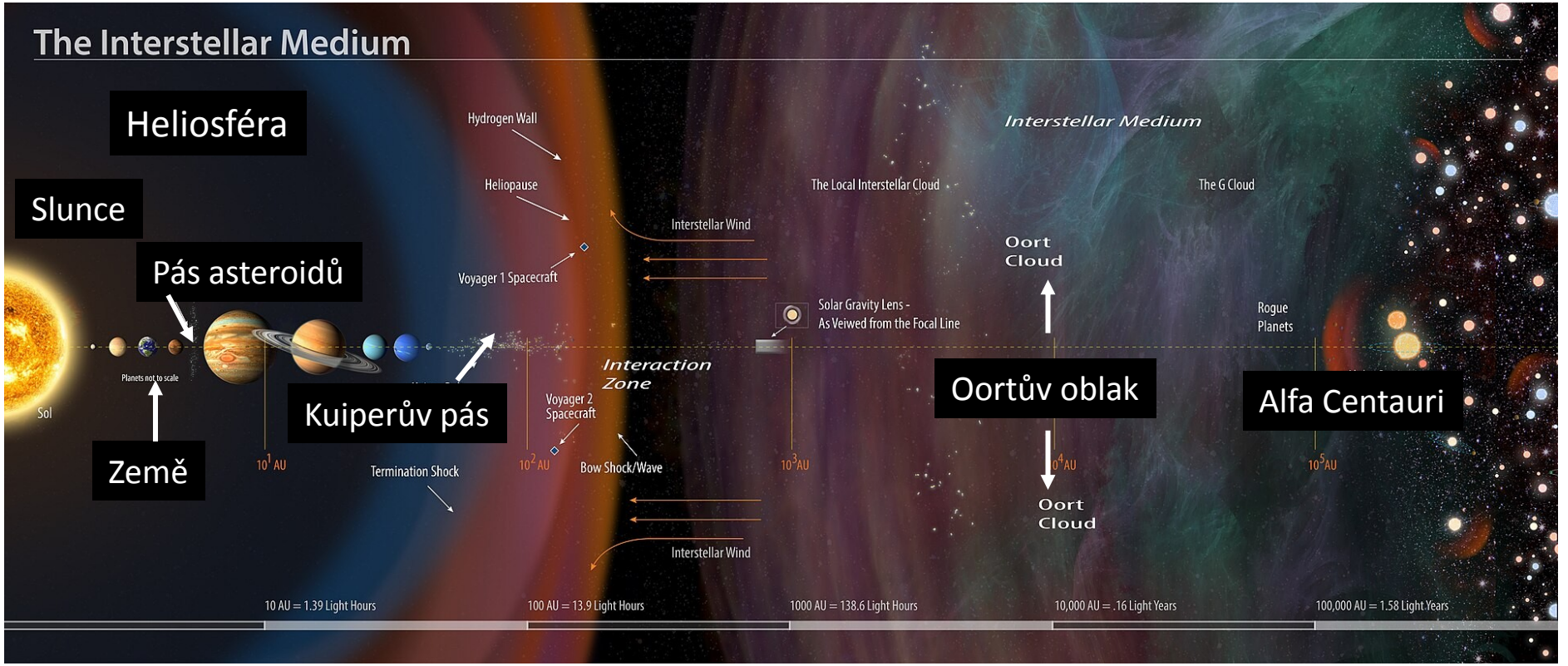


Diagram rané fáze vývoje Sluneční soustavy - **protoplanetární disk**, ze kterého se zformovala Země a další tělesa Sluneční soustavy

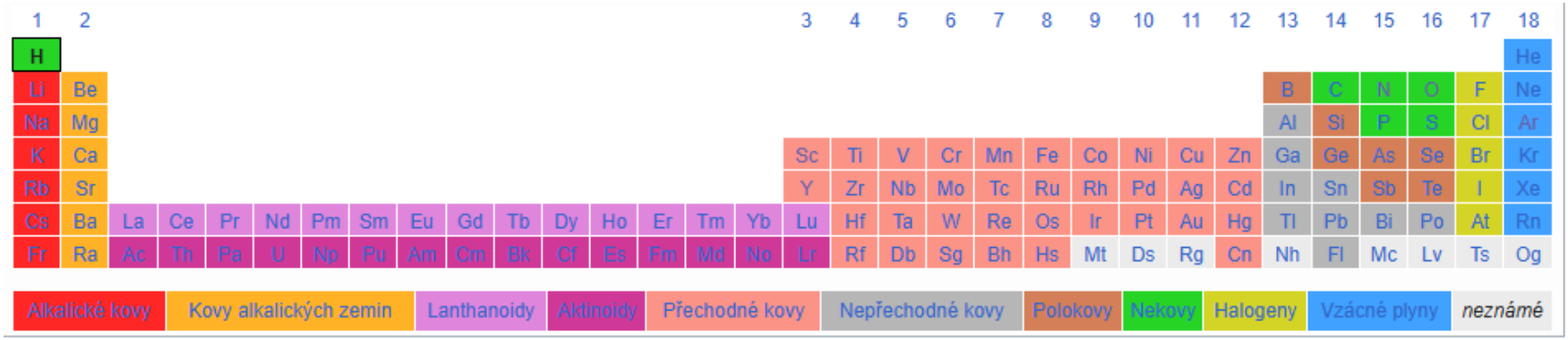


Sluneční soustava (vlevo) v rámci mezihvězdného média, s různými oblastmi a jejich vzdálenostmi v logaritmické stupnici



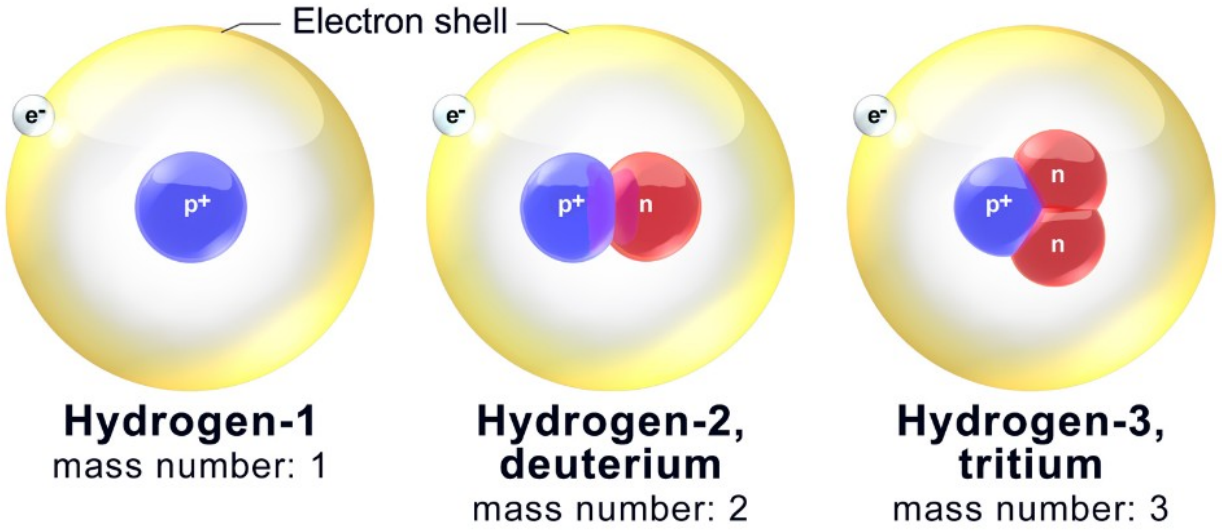
Vodík - hydrogemium

- **Vodík** (chemická značka **H**, latinsky hydrogenium) je nejlehčí a nejjednodušší plynný chemický prvek. Tvoří převážnou část hmoty ve vesmíru.

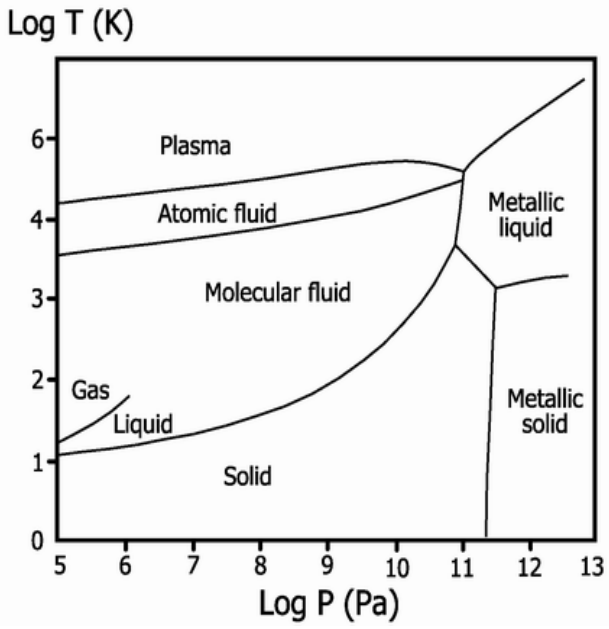


Elementární vodík (H_2) má široké praktické využití: zdroj energie, redukční činidlo v chemické syntéze nebo metalurgii aj.

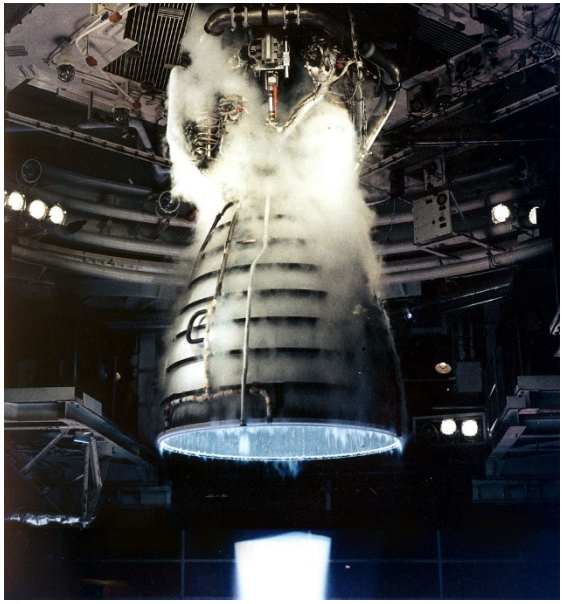
Přirozené izotopy Vodíku



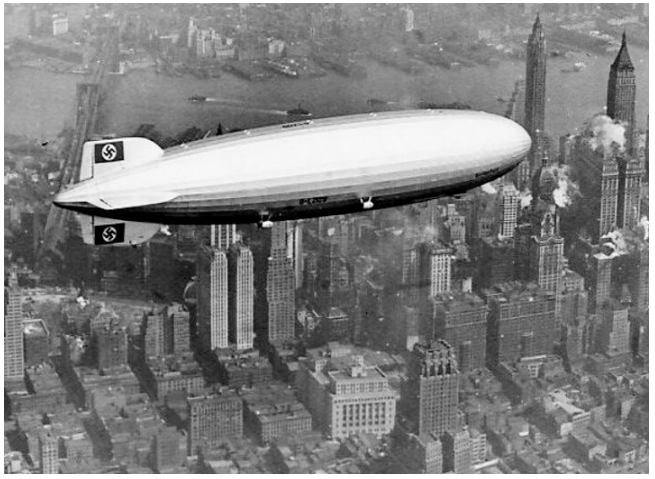
Antoine Lavoissier
(objevitel vodíku)



Fázový diagram vodíků



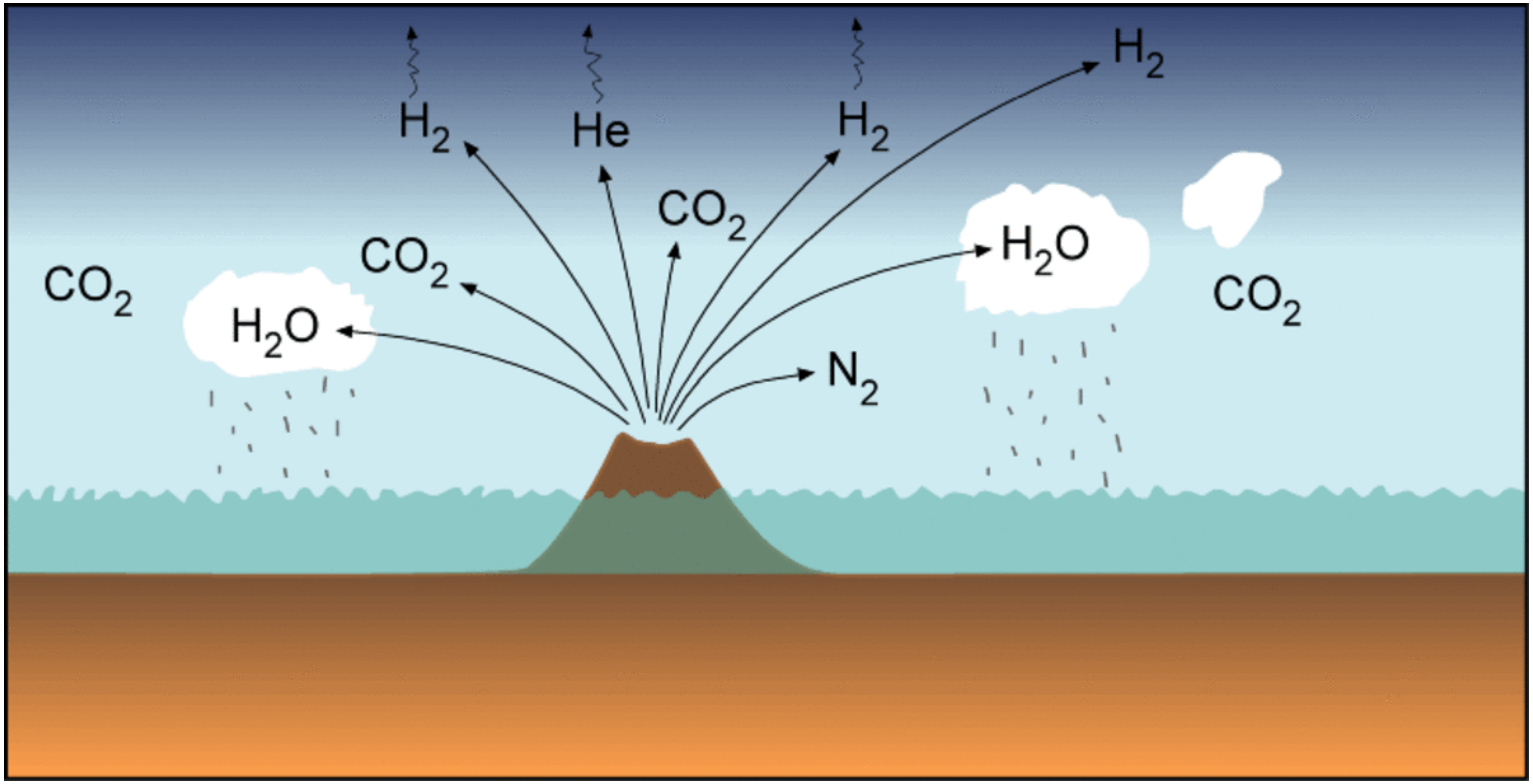
Motor raketoplánu
(spalování vodíku)



Hindenburg , New York, 1937

Vznik vody na Zemi chemickou cestou

Jednou z metod, která pomáhá objasnit původ vody na Zemi je **chemická izotopová analýza**. Voda je tvořena kyslíkem a "normálním" vodíkem (běžná H_2O), ale část vznikla z **těžšího izotopu vodíku zvaného deuterium**. Lze si to představit jako něco jako "chemický otisk prstu". Ze studia izotopického poměru každého z nich ve vzorcích hornin ze Země a Měsíce se zdá, že pro obě tělesa musí existovat společný zdroj (Cowen 2013).



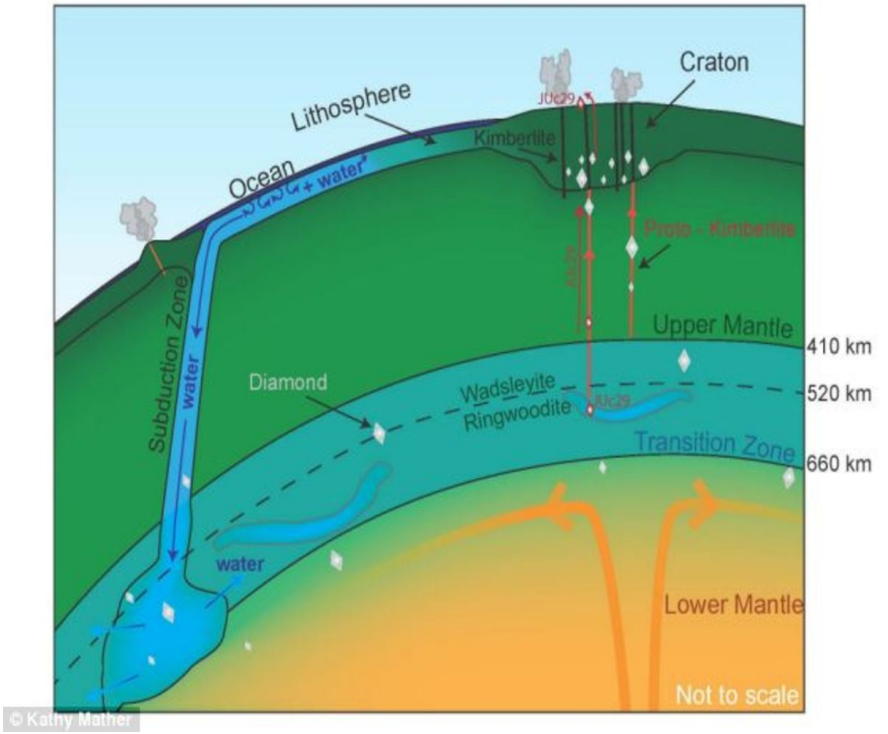
Vodní pára ukrytá v hlubinách Země

Skutečnost, že **vodní pára je i současnosti ukryta uvnitř Země, by mohla být klíčovým faktorem pro pochopení toho, jak přirozená voda Země pravděpodobně přežila prudké poryvy slunečního větru přítomné dříve při formování sluneční soustavy.**

Pokud by voda byla **obsažena hluboko v Zemi**, je velmi pravděpodobné, že by **byla chráněna před silami, které by odstřelily povrchovou vodu**.

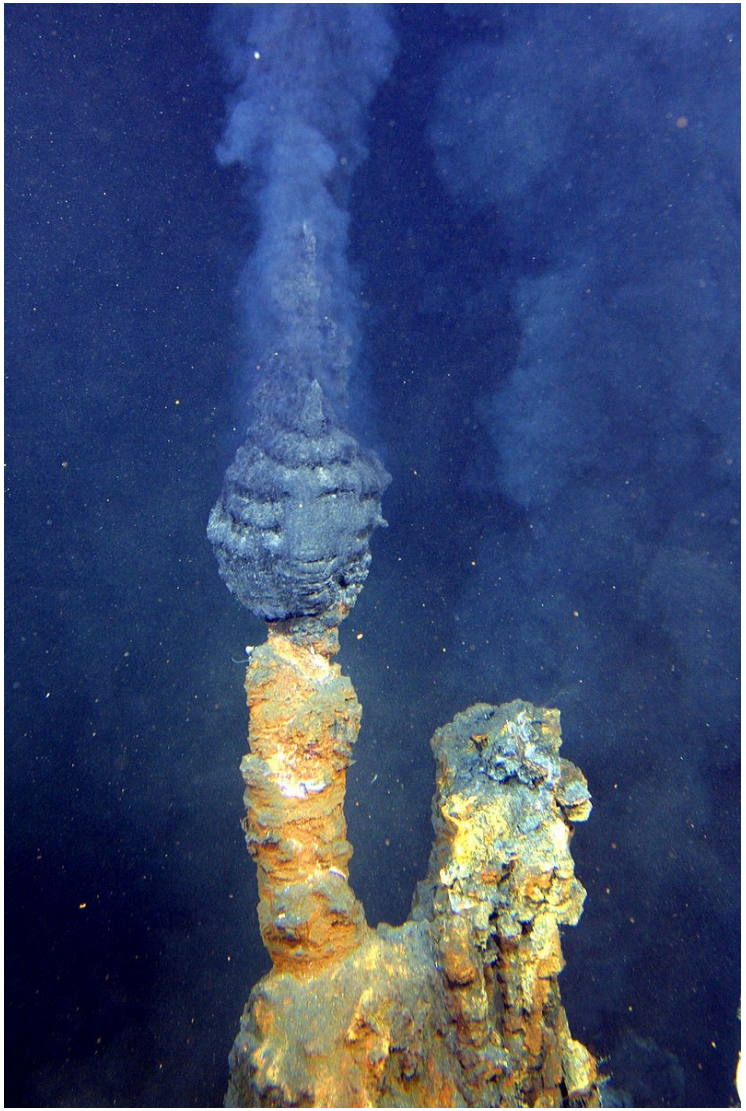
Pak by mohla být **později vyvržena sopečnými erupcemi, gejzíry** atd., aby se tak dostal na zemský povrch.

Je velmi pravděpodobné, že k tomu došlo spolu s dodávkami vody prostřednictvím komet a/nebo asteroidů, aby vytvořily oceány, tak je máme nyní.

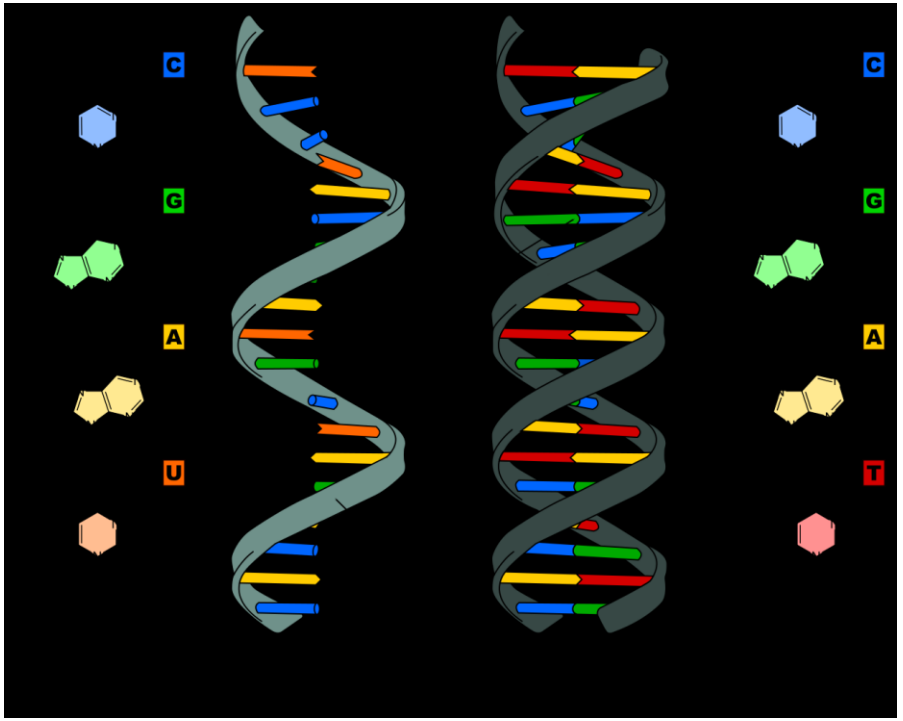


Vznik života na Zemi !

Teorie o vzniku života na Zemi

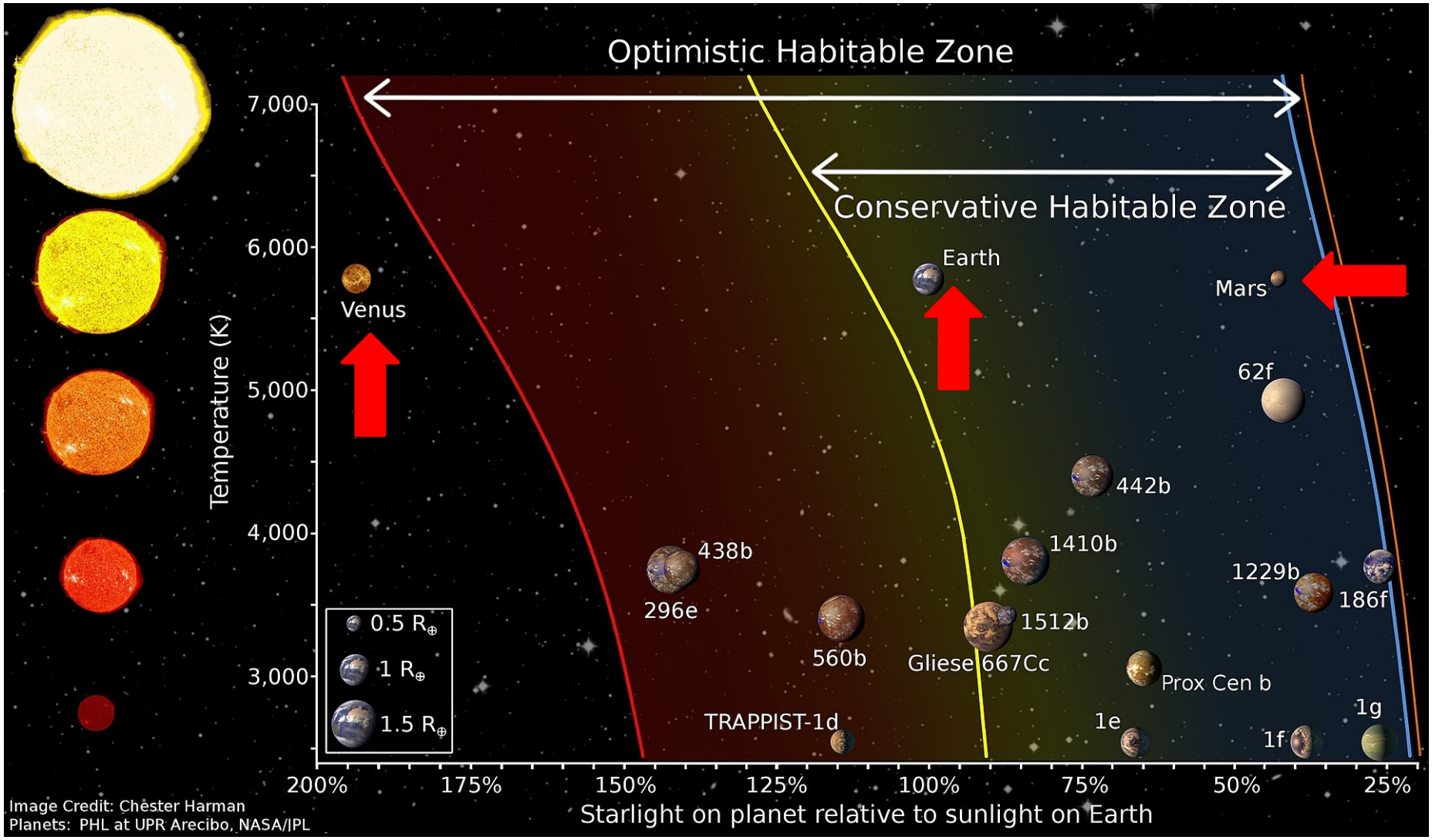


Tzv. **černí kuřáci** – **specifické prostředí**, kde podle některých badatelů mohly vzniknout první živé organismy.

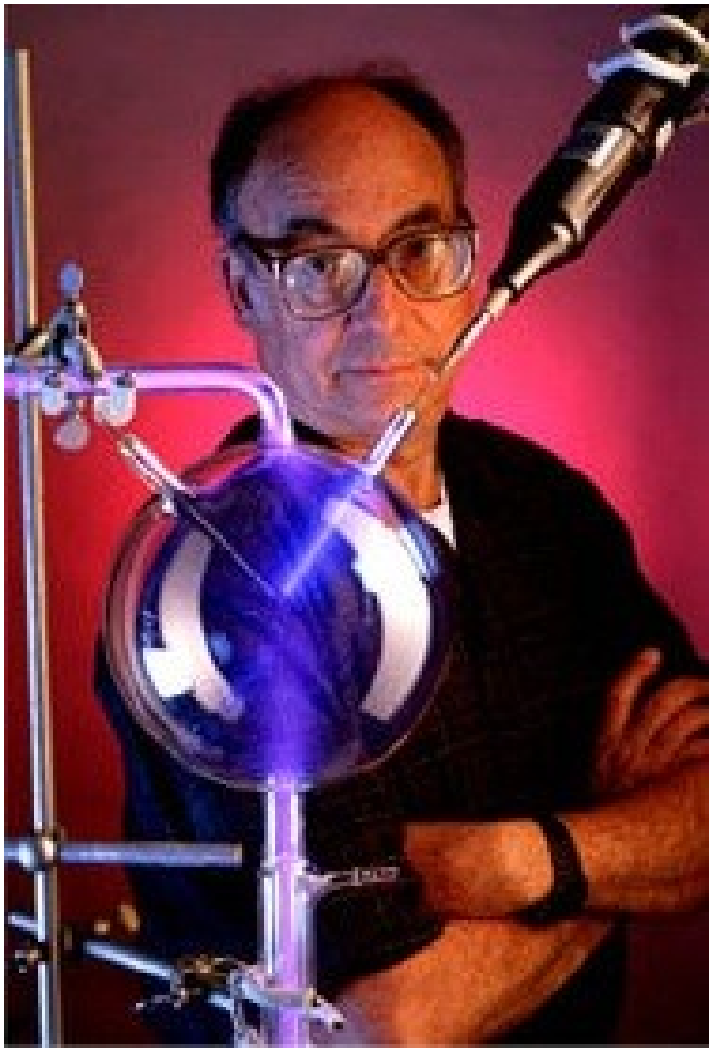


Rozdíly ve struktuře RNA a DNA

Srovnání šíře tzv. **Obyvatelné zóny Sluneční soustavy** (**přítomnost vody na planetě**) pro různé teploty hvězd, se vzorkem známých exoplanet - **Země, Mars a Venuše**



Experiment vzniku života



Stanley L. Miller, na fotografii v roce 1999, se zapsal do historie svým experimentem, jenž **prokázal, že aminokyseliny mohou vznikat v poměrně jednoduchých fyzikálních podmínkách z anorganických látek.**

Současné kolonie stromatolitů v Austrálii.

Stromatolit (z řeckého strōma – vrstva a lithos – kámen) je hlízovitá vápnitá biogenní usazenina bochníkovitého až polokulovitého tvaru.

Biologický 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 (viz. biomy)

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 !

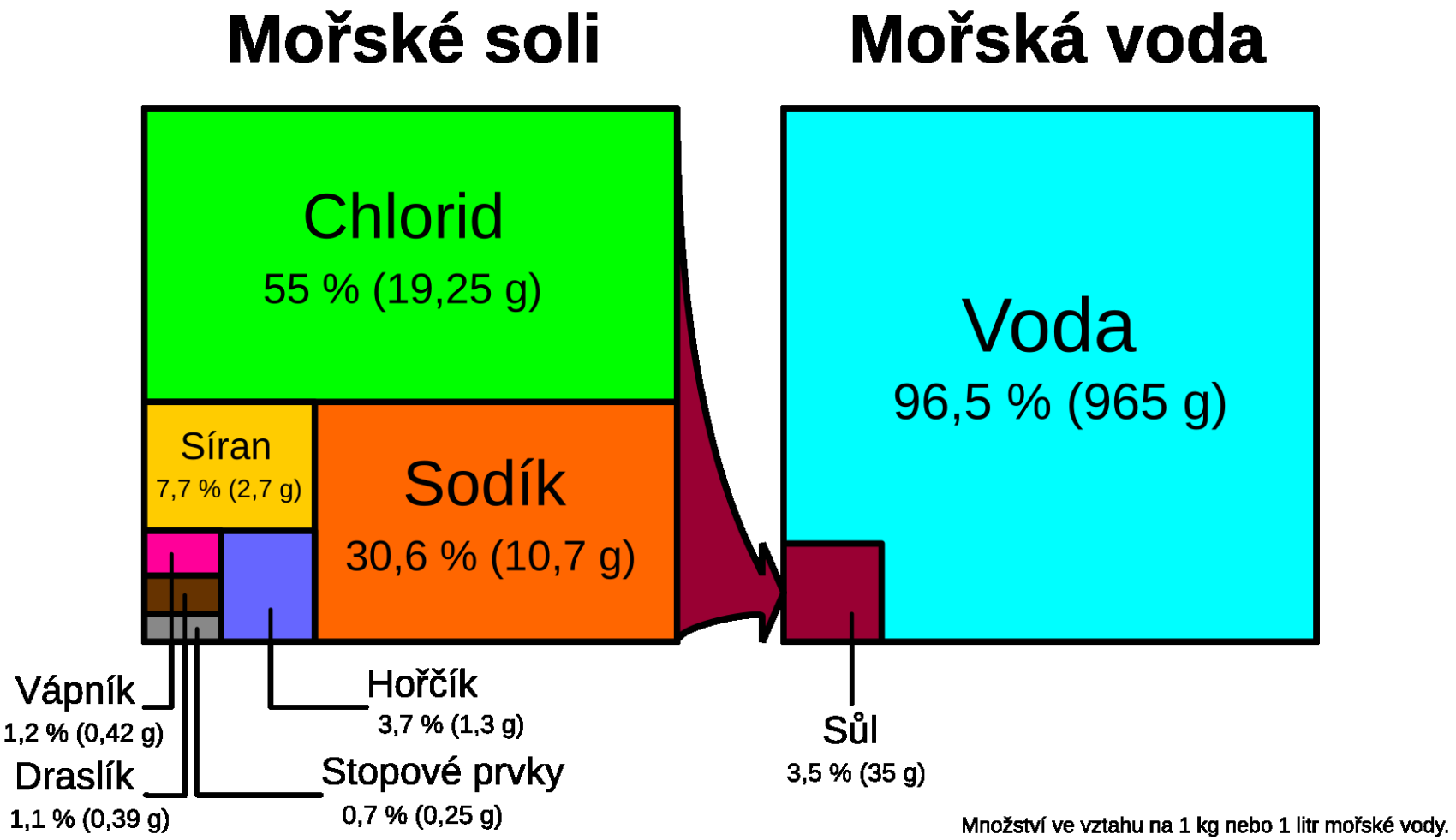
Voda – základní údaje

- Moře a oceány – 70,8 %
- Plocha oceánů – 361, 18 miliónů km^2
- Plocha souše – 149,39 miliónů km^2

- Střední hloubka oceánů - 3 795 m
- Maximální hloubka oceánů – cca 11km
- Sladká voda - cca 2% zemského povrchu
- Na $1cm^2$ zemského povrchu připadá 273 l vody:

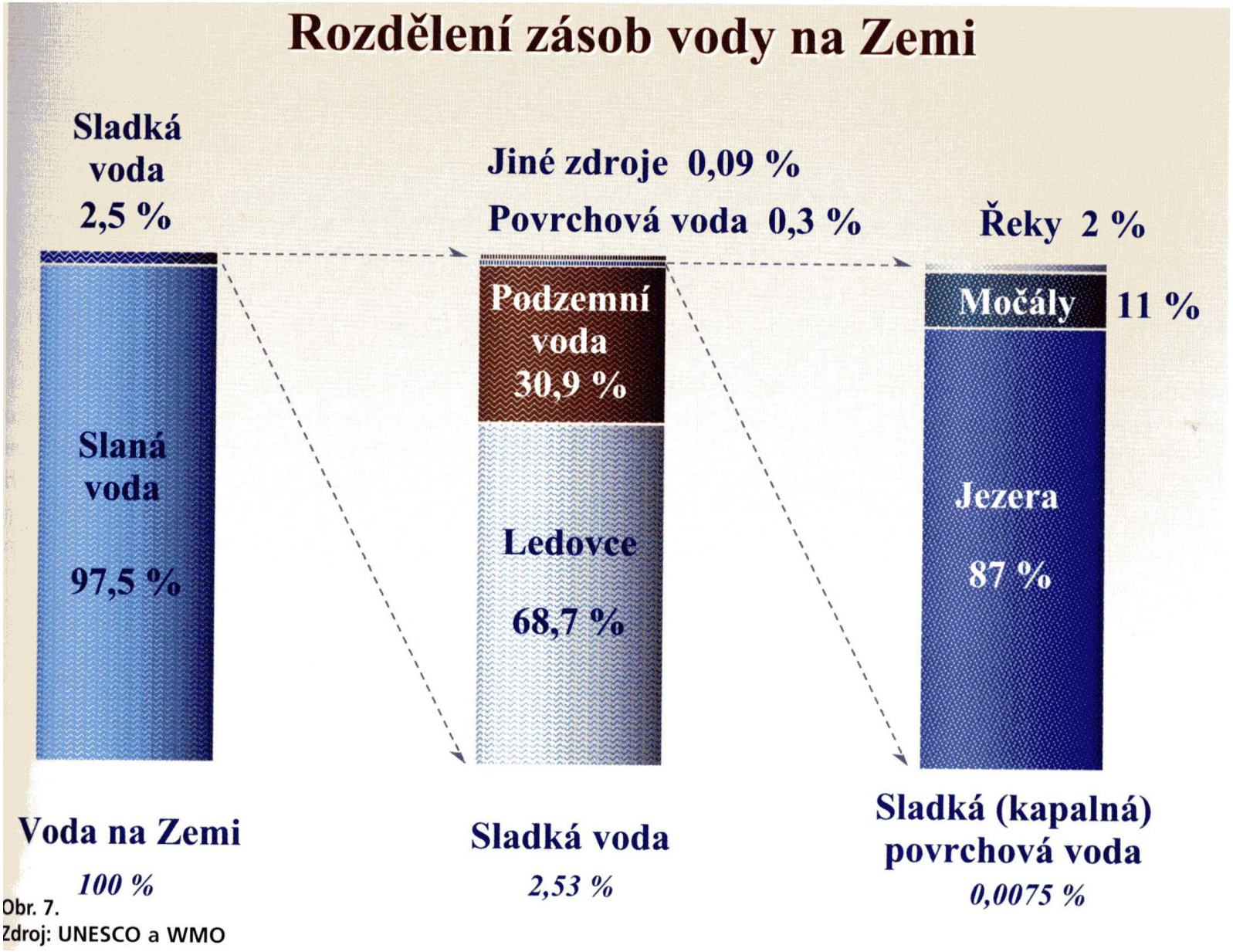
  Z toho: 269 l mořská voda
  4,5 l led
  0,3 l sladká voda
  0,003 l vodní pára

Složení mořské vody



Množství ve vztahu na 1 kg nebo 1 litr mořské vody.

Rozdělení vody na Zemi



Obr. 7.
Zdroj: UNESCO a WMO

Druhy a typy vody

- 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 %

Význam vody

- Voda – stálá součást všech systémů – u vyšších živočichů a člověka tvoři největší podíl tělesné hmotnosti

- Nejvíce u zárodku:

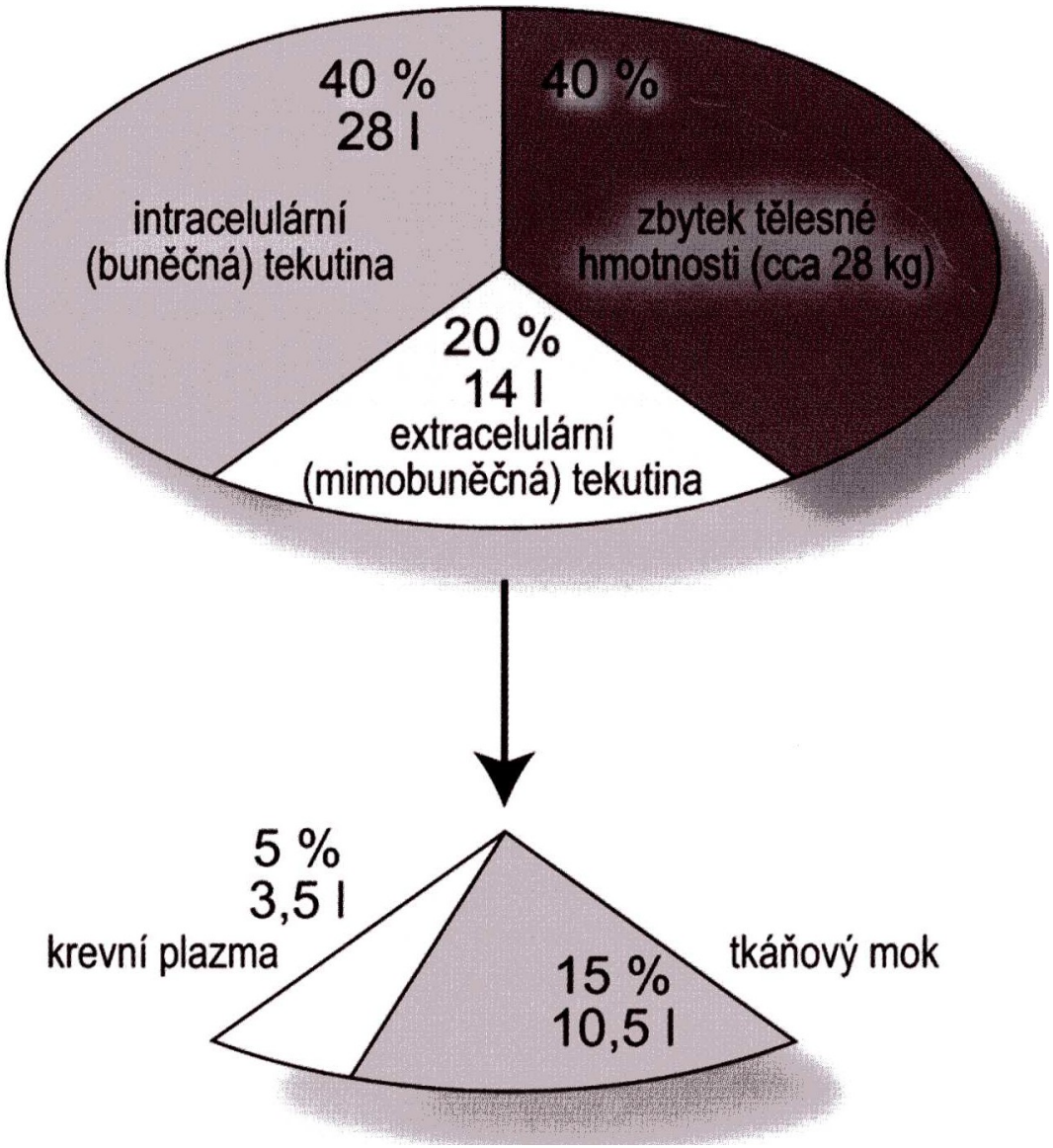
  ve stáří 1 měsíc – 95% hmotnosti

  po narození – 75 – 80 % vody

  v dospělosti – 60 % (70kg – 42kg vody)

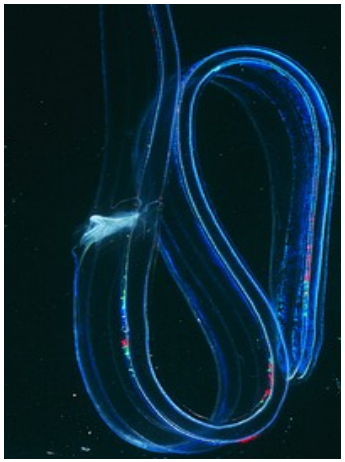
Voda v těle univerzální rozpouštědlo – umožňuje látkovou a energetickou výměnu

Rozdělení tekutin v lidském těle

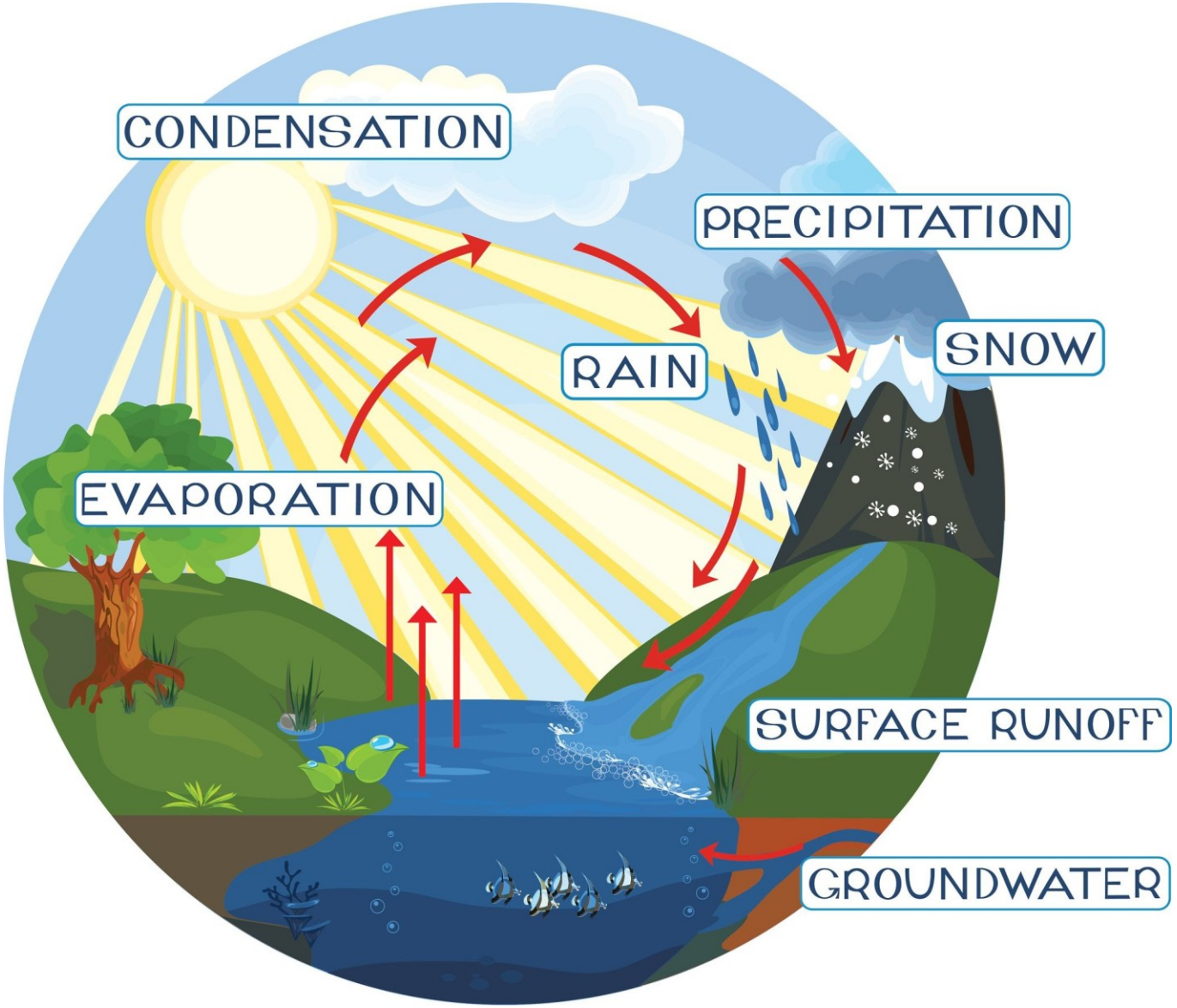


Obsah vody v těle a vodní bilance živočichů

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



Koloběh vody na Zemi



Vlastnosti vody a její oběh

Vlastnosti vody jsou významné pro **oběh vody na Zemi**. Voda se v podobě vodní páry odpařuje z hladin vodních toků, vodních nádrží, oceánů, z povrchových vrstev půdy, z rostlin i kůže živočichů. Vodní pára stoupá, ochlazuje se a zkapalňuje v drobné kapky, které vytvářejí oblaka a jako vodní nebo sněhové srážky padají zpět na Zemi.

Voda se na Zemi vyskytuje ve třech skupenstvích: **vodní pára**, kapalná **voda** a **led**.

Hydrologický cyklus

- Velký oběh
- Malý oběh

- Voda v atmosféře – 12 700 km^3 (25mm)
- Průměrné množství srážek – 510 000 km^3
- Doba jednoho koloběhu – 9 dní (40x za rok)

Koloběh vody v přírodě

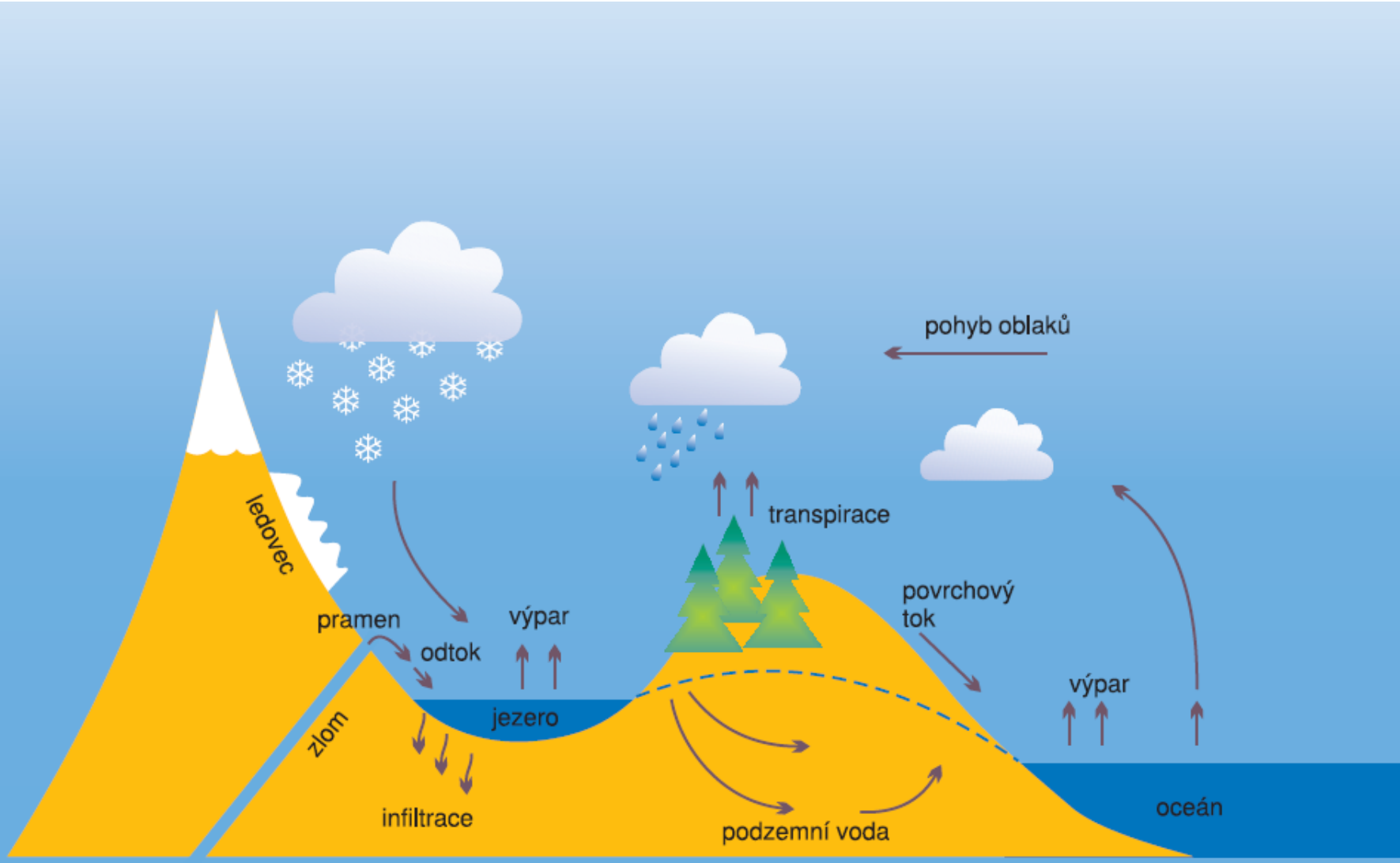
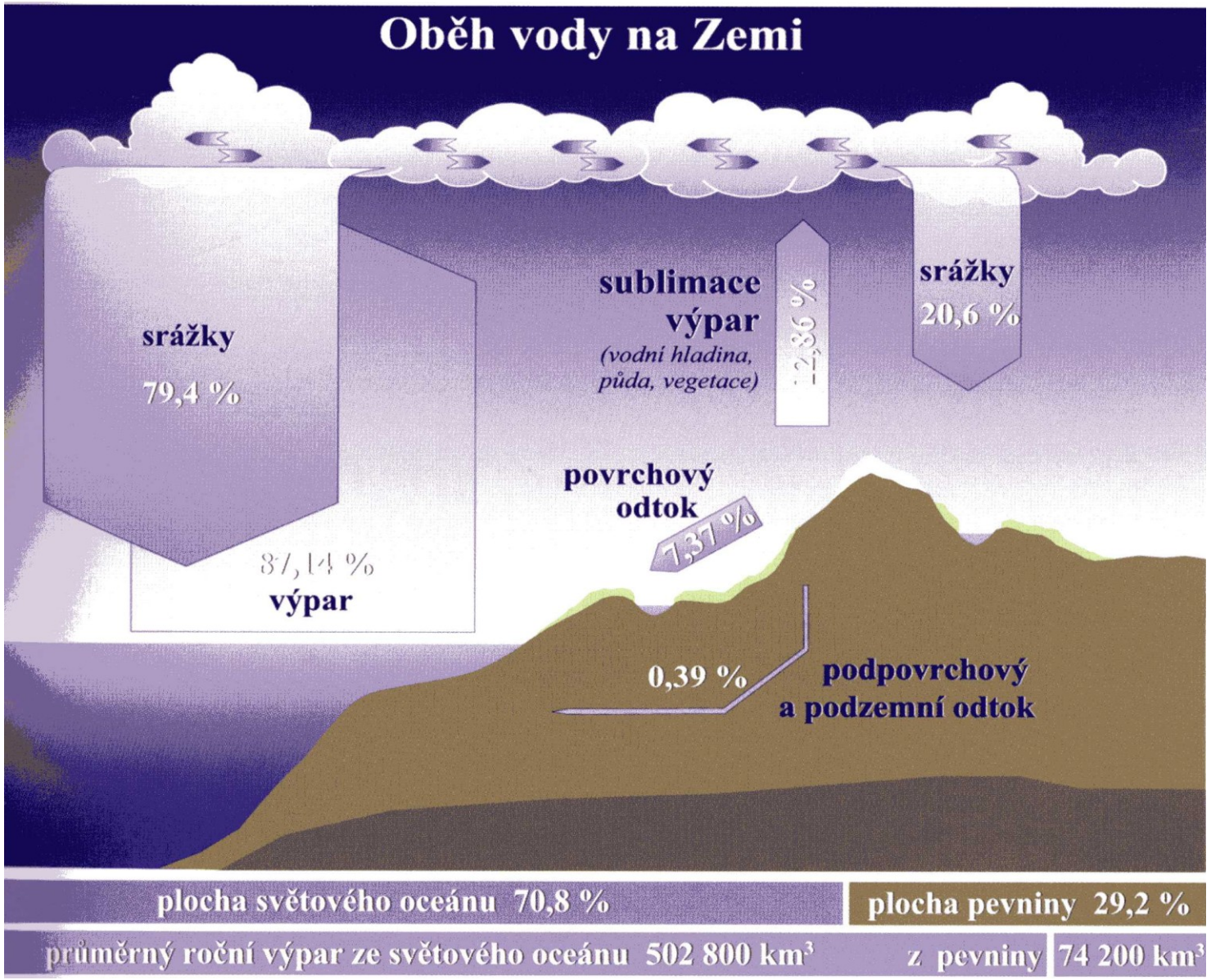
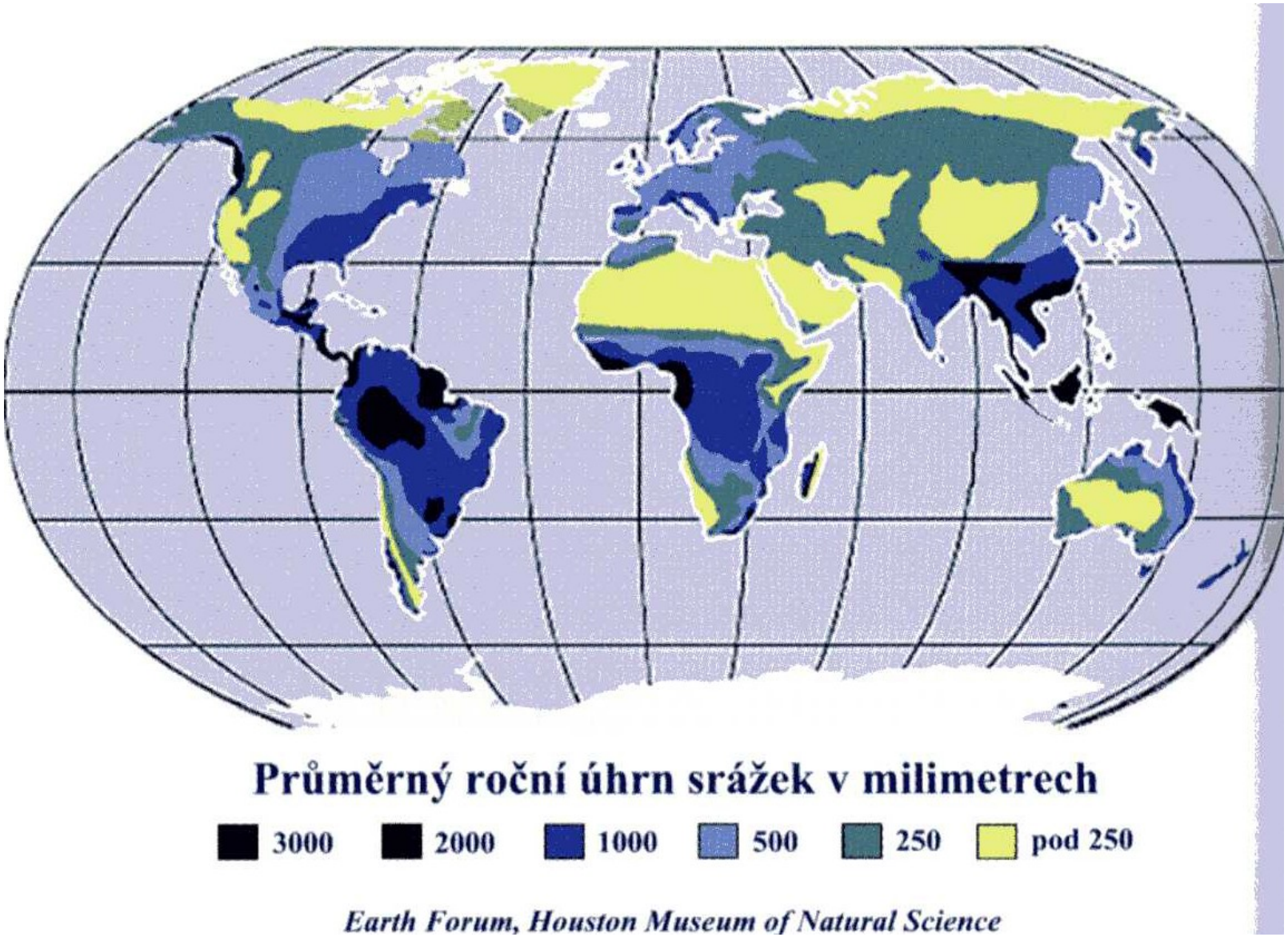


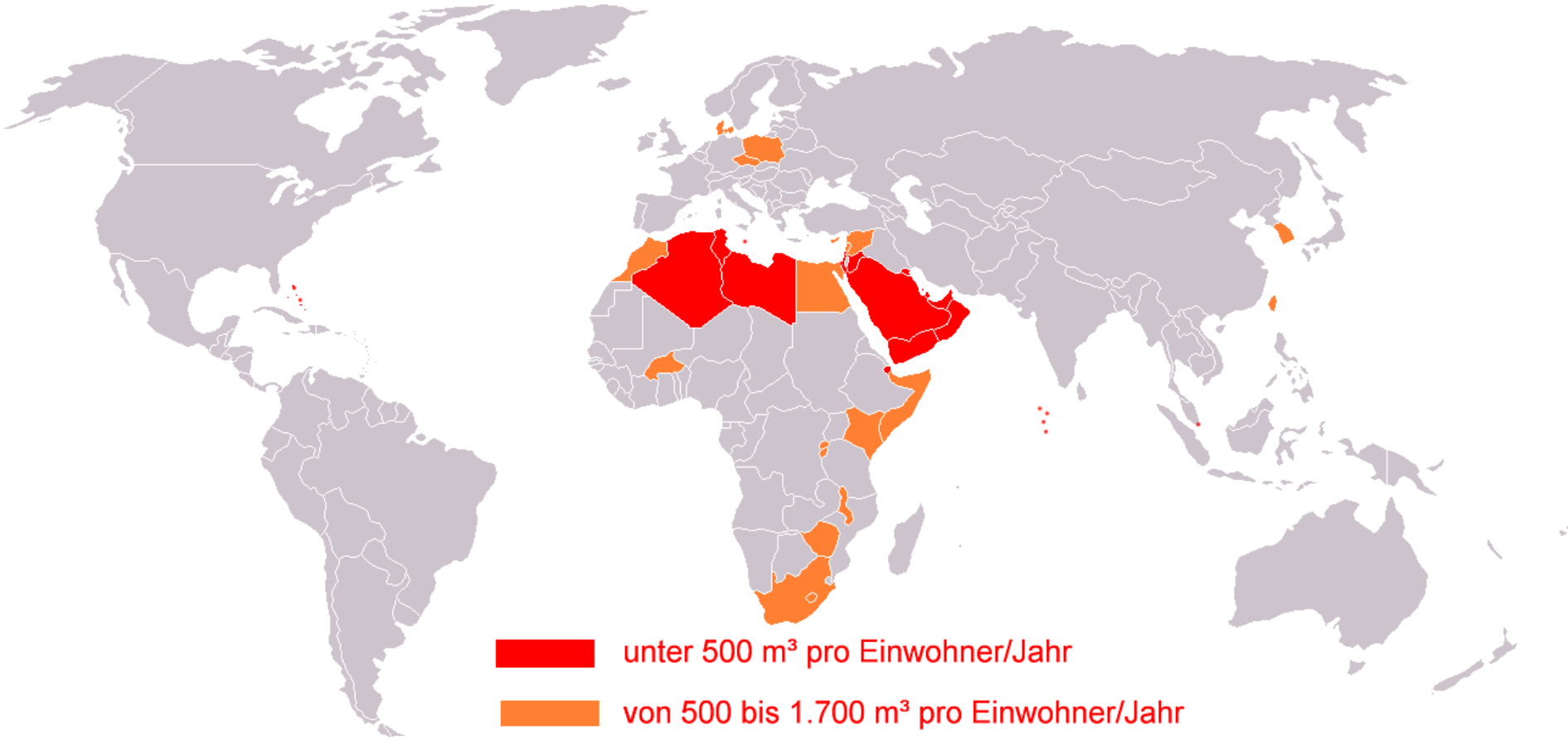
Schéma oběhu množství vody



Průměrný roční úhrn srážek na Zemi



Státy s nejmenšími zásobami obnovitelné sladké vody v m^3 na obyvatele za rok



Legenda: **červeně**: pod 500 m^3 na obyvatele za rok **oranžově**: 500–1700 m^3 na obyvatele za rok.

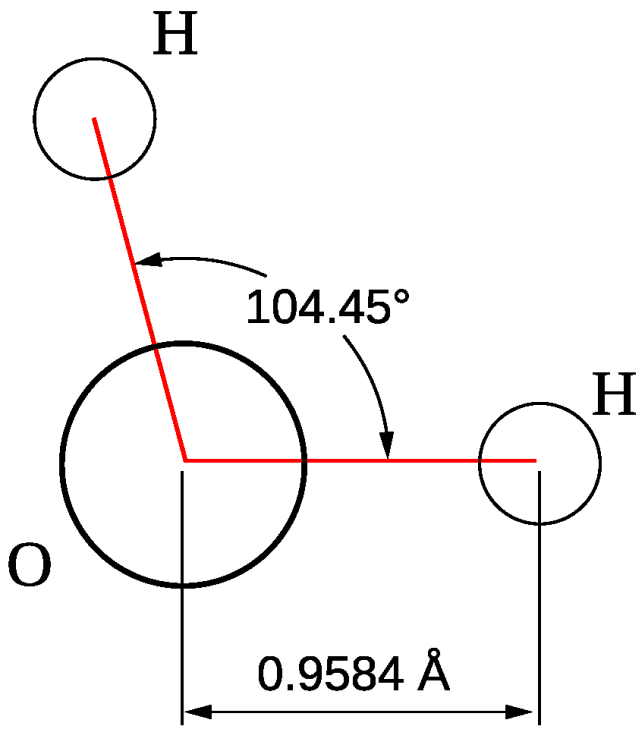
Jak vypadá voda ?

Fyzikálně- chemické vlastnosti vody

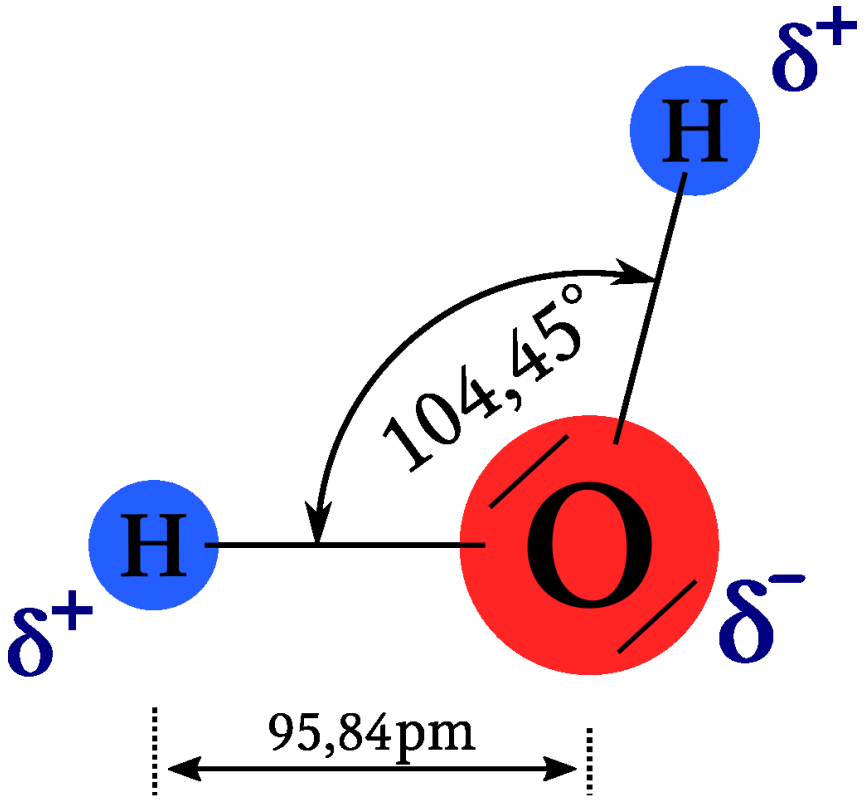
(Tři skupenství vody)

Voda jako molekula

Struktura molekuly vody

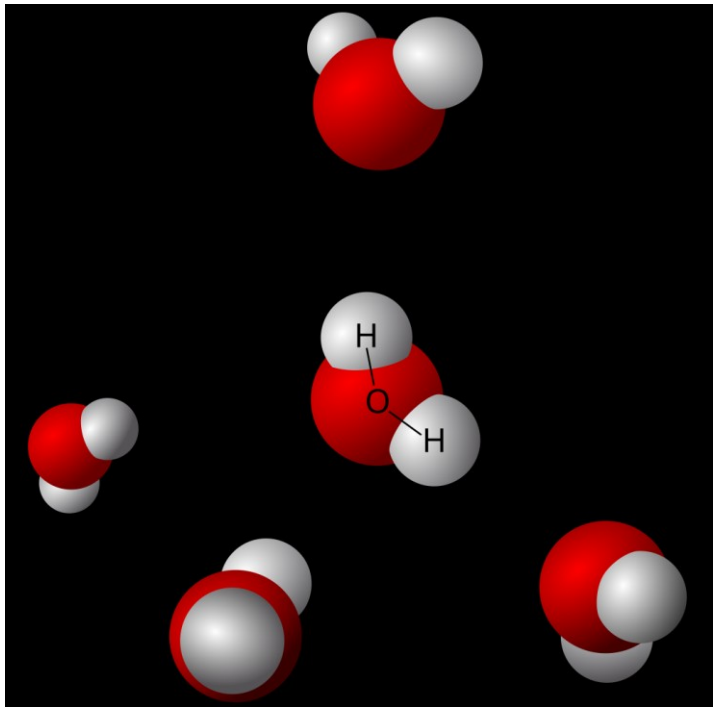


Geometrie molekuly vody

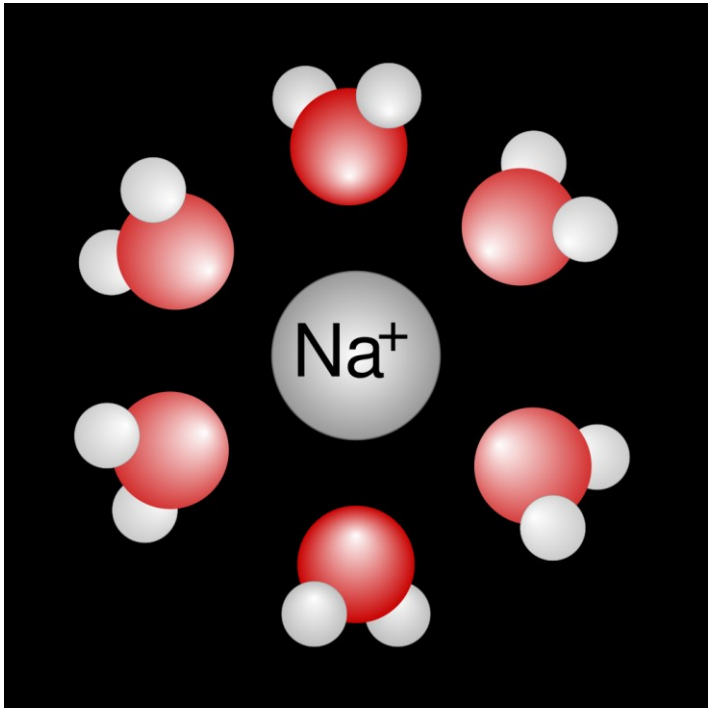


Voda je dobrým rozpouštědlem pro některé polární materiály, protože molekuly vody jsou polární a schopné tvořit vodíkové vazby.

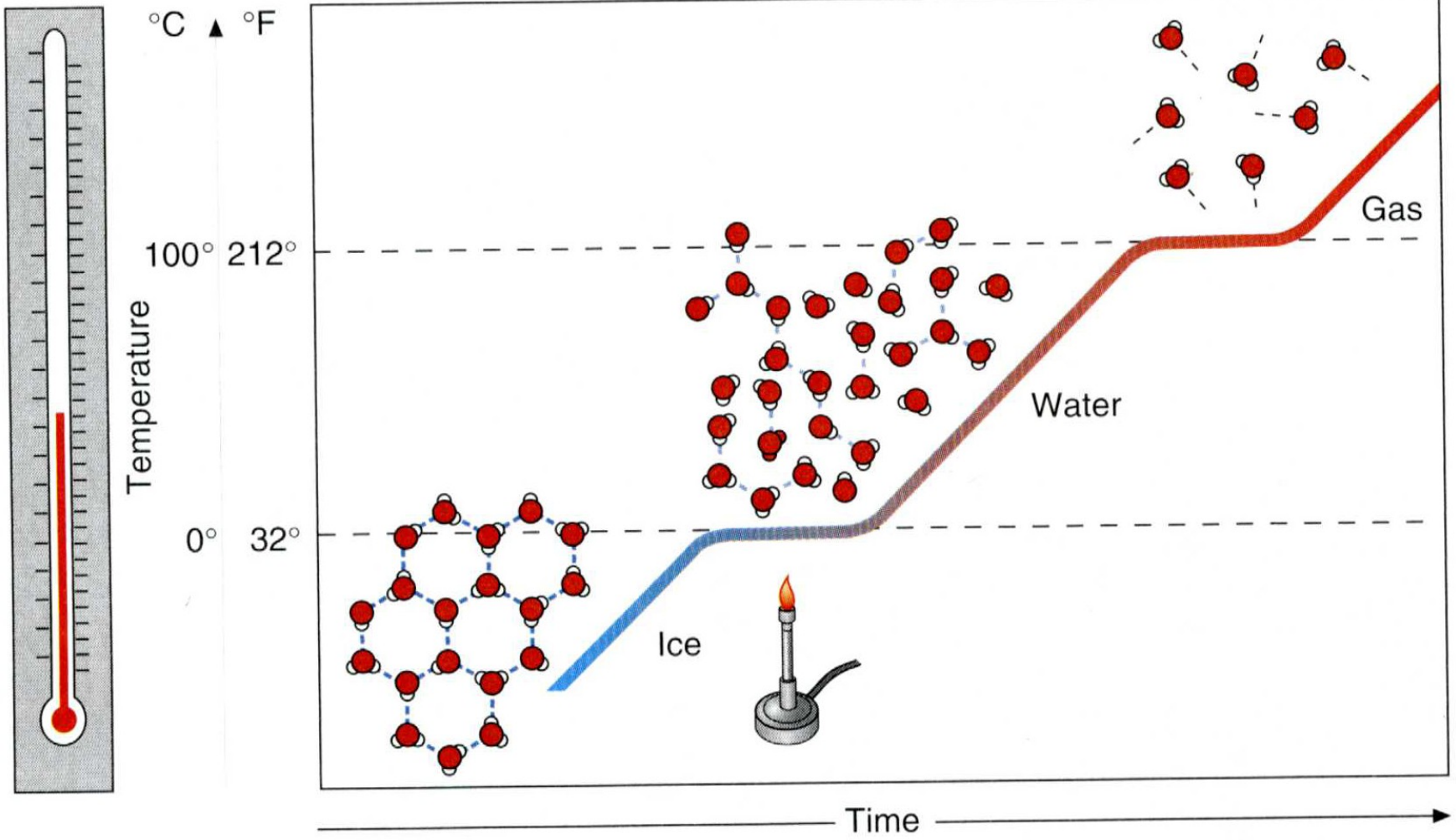
Vodíkové můstky



Voda jako rozpouštědlo

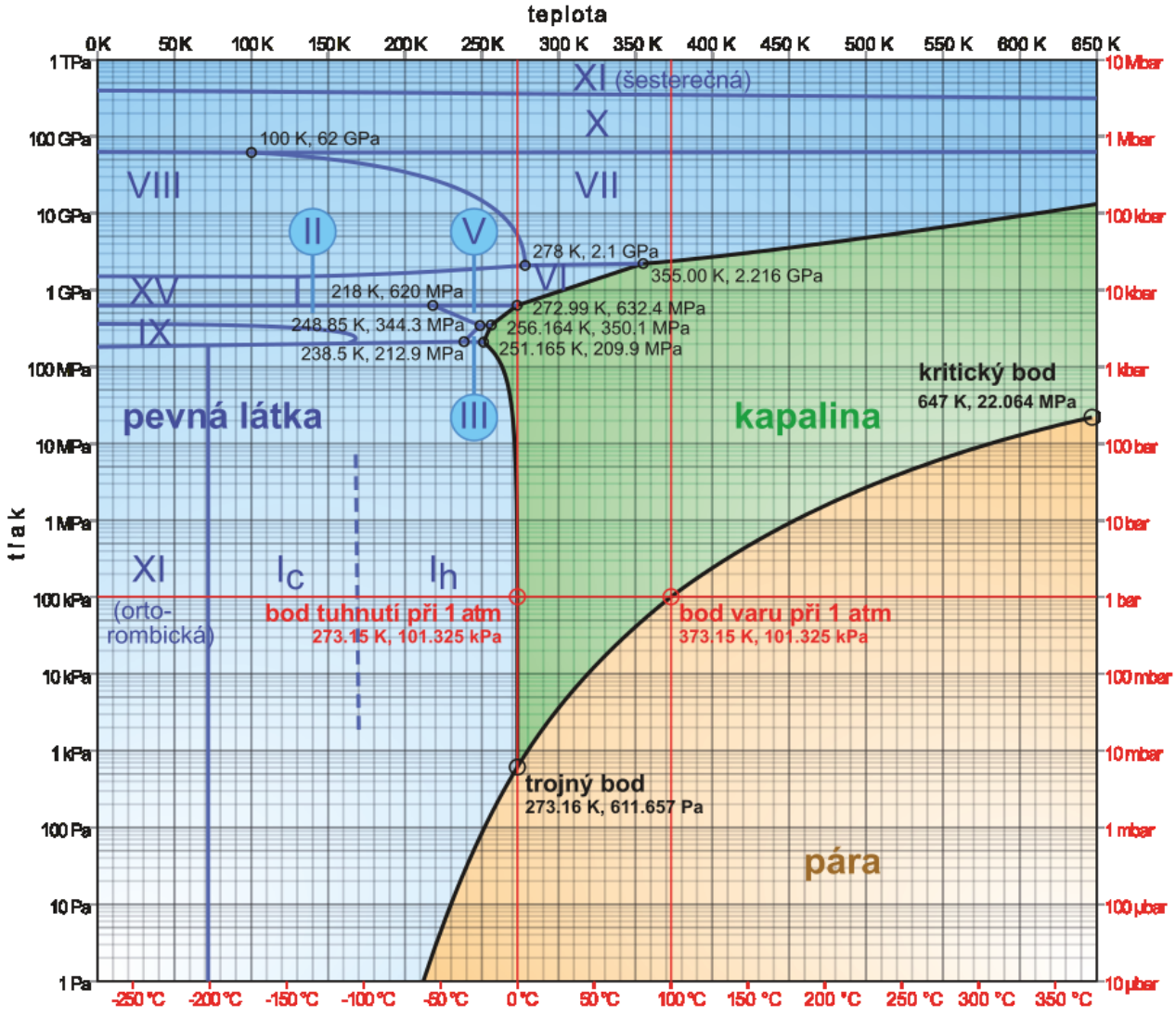


Struktura molekuly vody závisí na teplotě

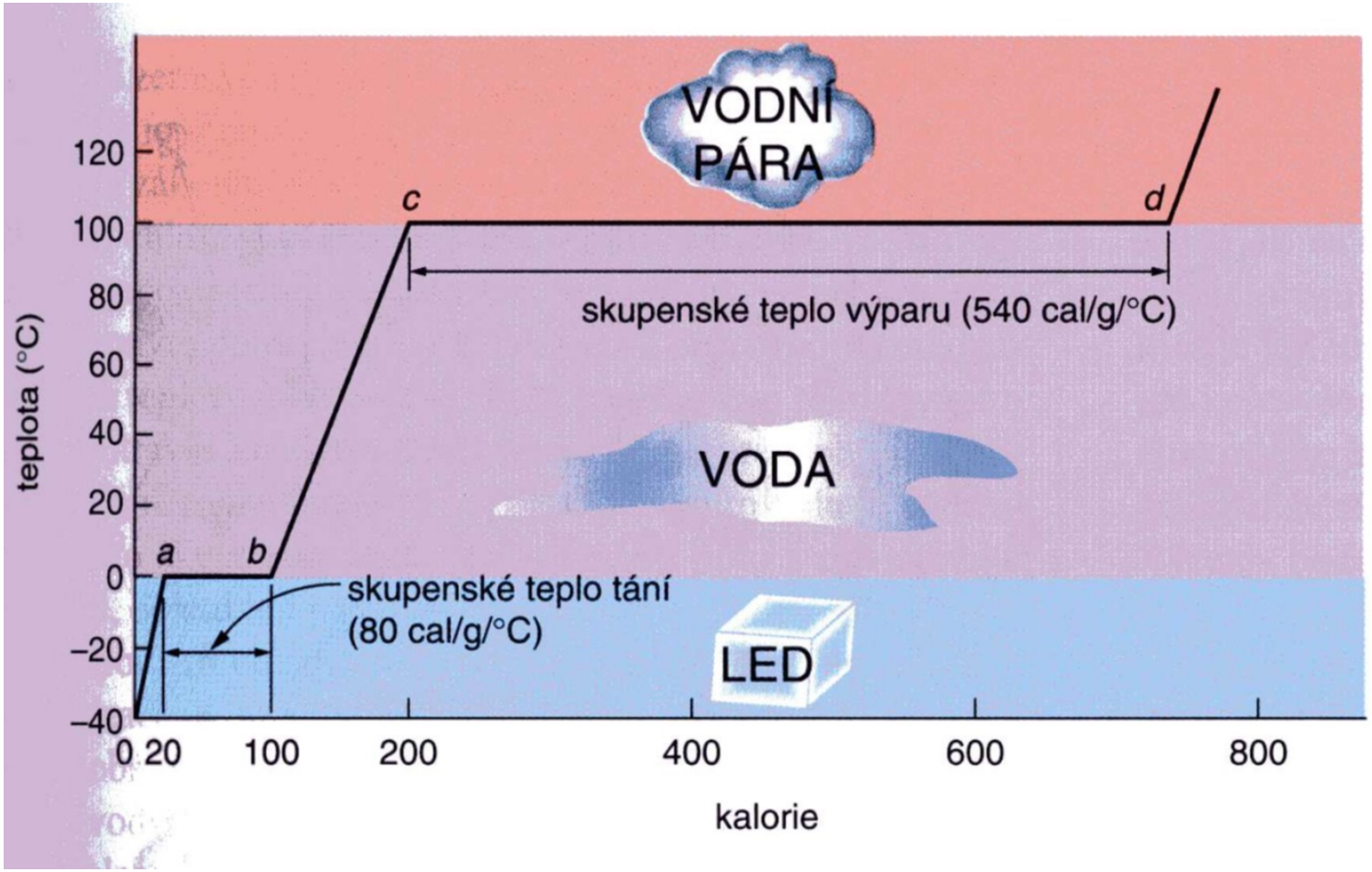


Tři skupenství vody !

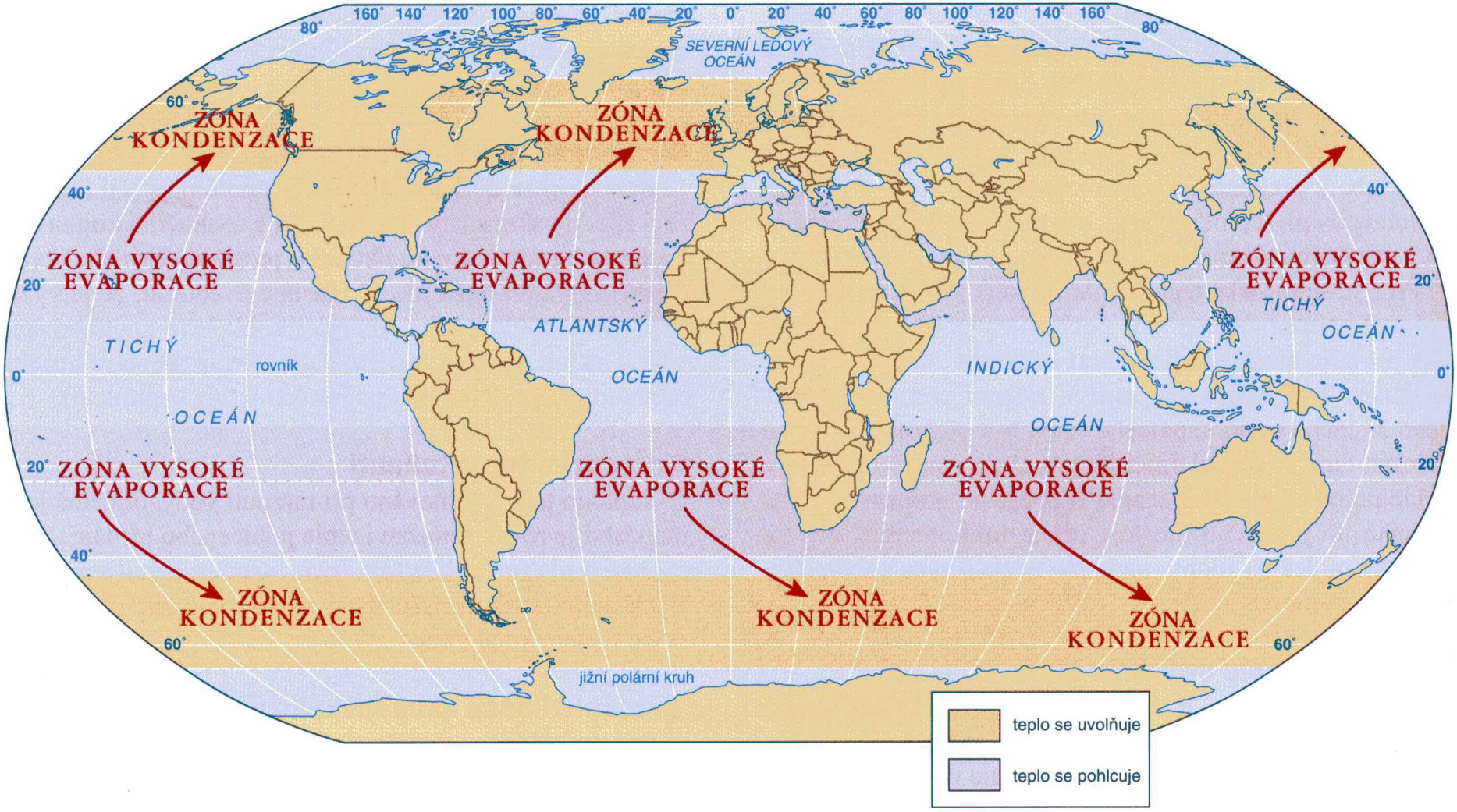
Fázový diagram vody znázorňující závislost



Skupenské teplo a změny skupenství vody



Přenos tepelné energie



Kapalná voda je **špatně** tepelně vodivá. Pomalu teplo přijímá a vydává. Jeho velké množství v **sobě „skladuje**“. **Transport tepla zajišťují voda a vítr.**

Základní ekologické faktory vodního prostředí

Podmínky

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

Zdroje

- Záření
- Oxid uhličitý
- Kyslík
- Minerální živiny
- Organismy (potrava, samice)
- Prostor – hloubka topografie vodního prostředí

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

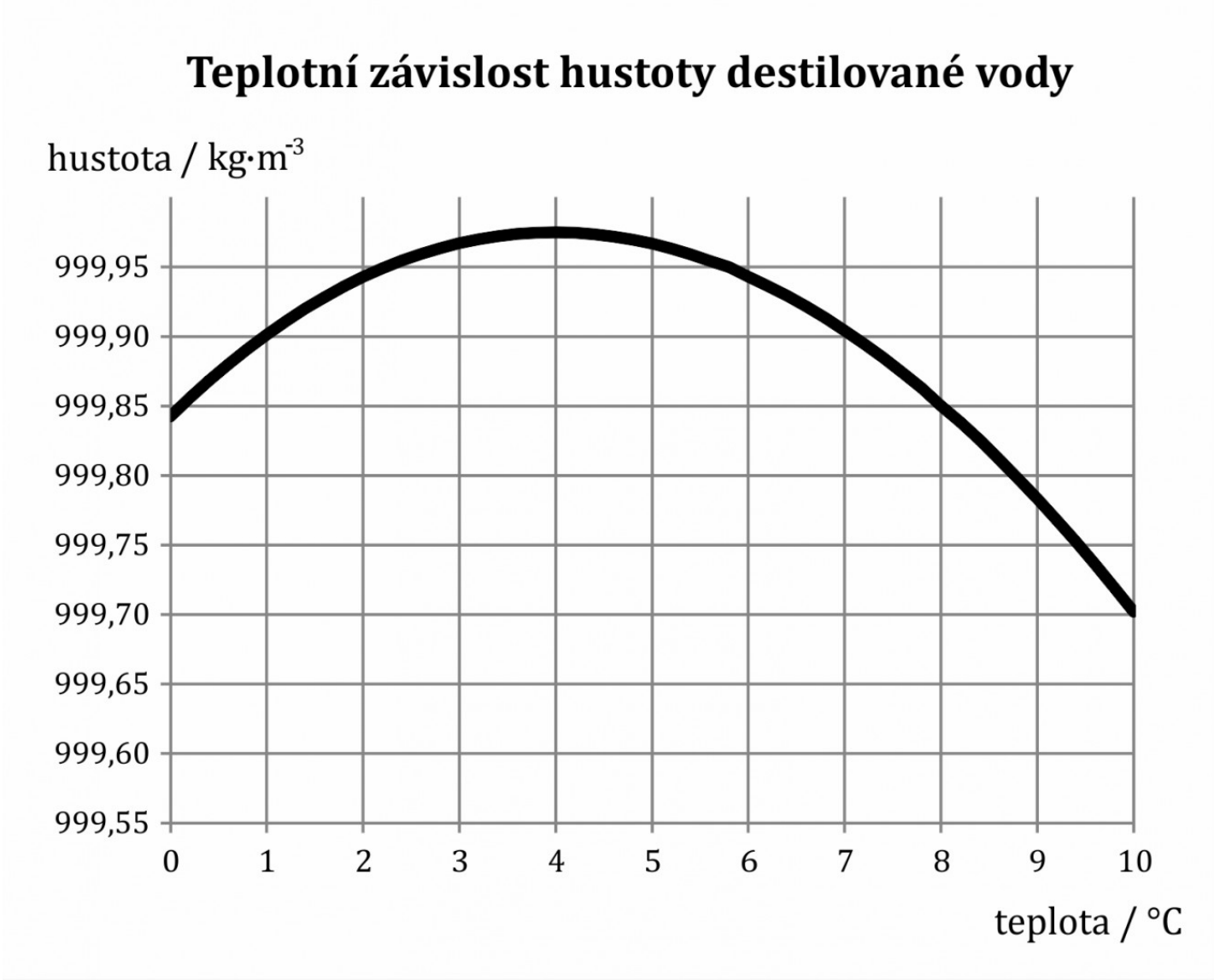
Změny teploty

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

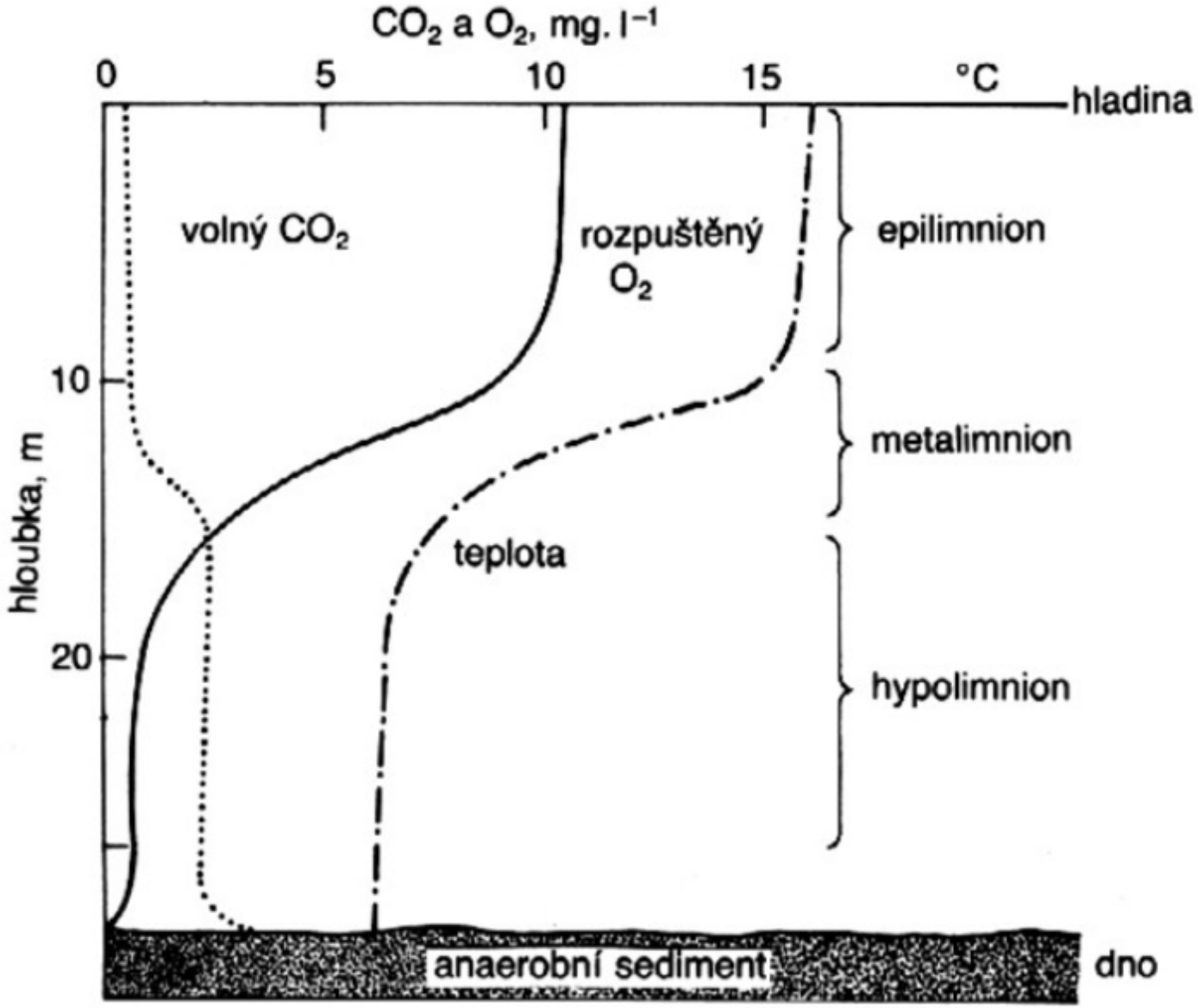
Teplotní (fyzikální) anomálie vody

- s rostoucí teplotou od 0℃ do 100℃ se zmenšuje velikost shluků molekul
- menší shluky se lépe „naskládají“ do prostoru, jsou hustší – hustota vody roste
- současně se ale s rostoucí teplotou voda roztahuje, molekuly zaujímají větší prostor
- tato teplotní expanse při cca 4℃ právě kompensuje rostoucí hustotu shluků
- výsledkem je maximální hustota při 4℃

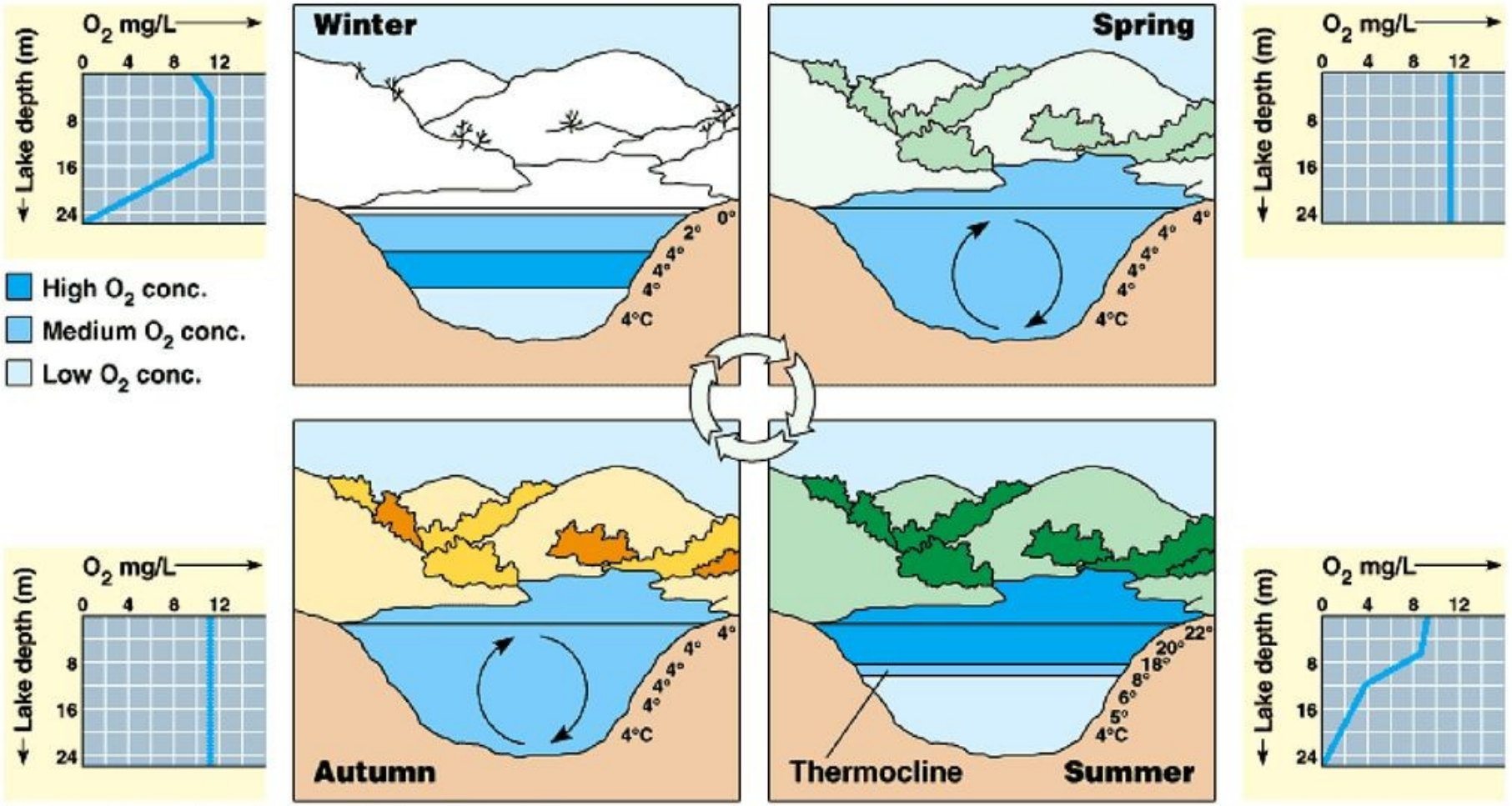
Teplotní anomálie vody



Vztah teploty vody a O_2 A CO_2



Stratifikace teploty vody během roku

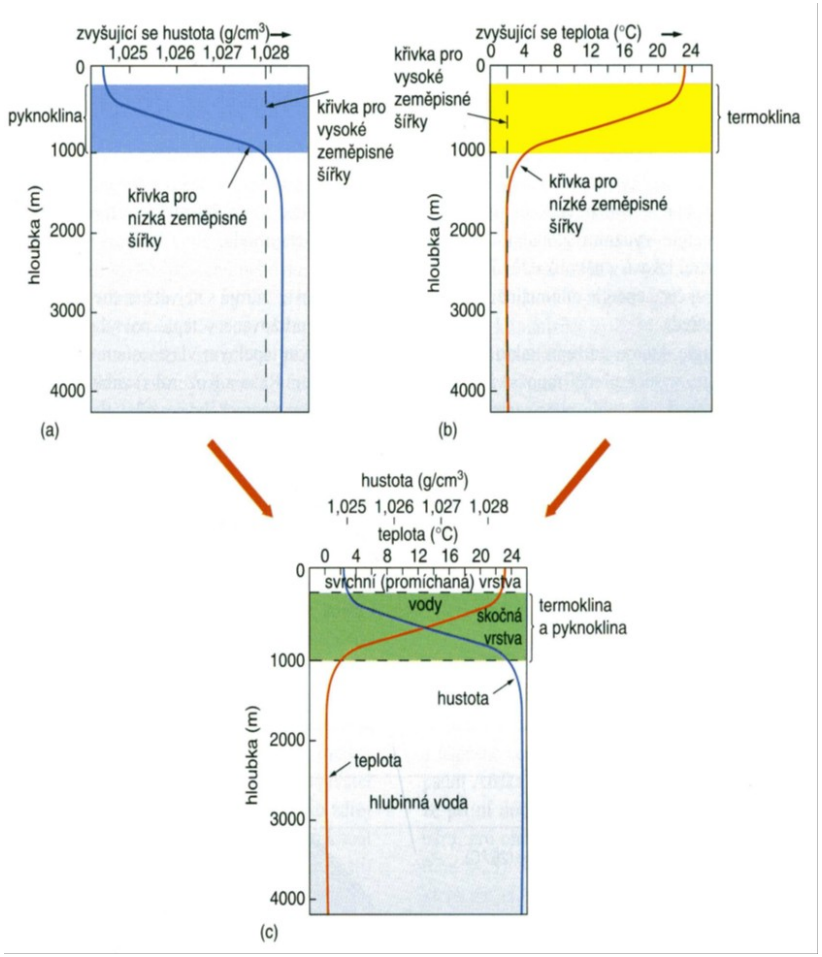


Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Při přechodu do pevného stavu vzrůstá objem o přibližně 10 % a led plave na vodě, protože má menší hustotu než kapalná voda.

Roční cyklus teploty ve sladkých stojatých vodách – fyzikální anomálie vody

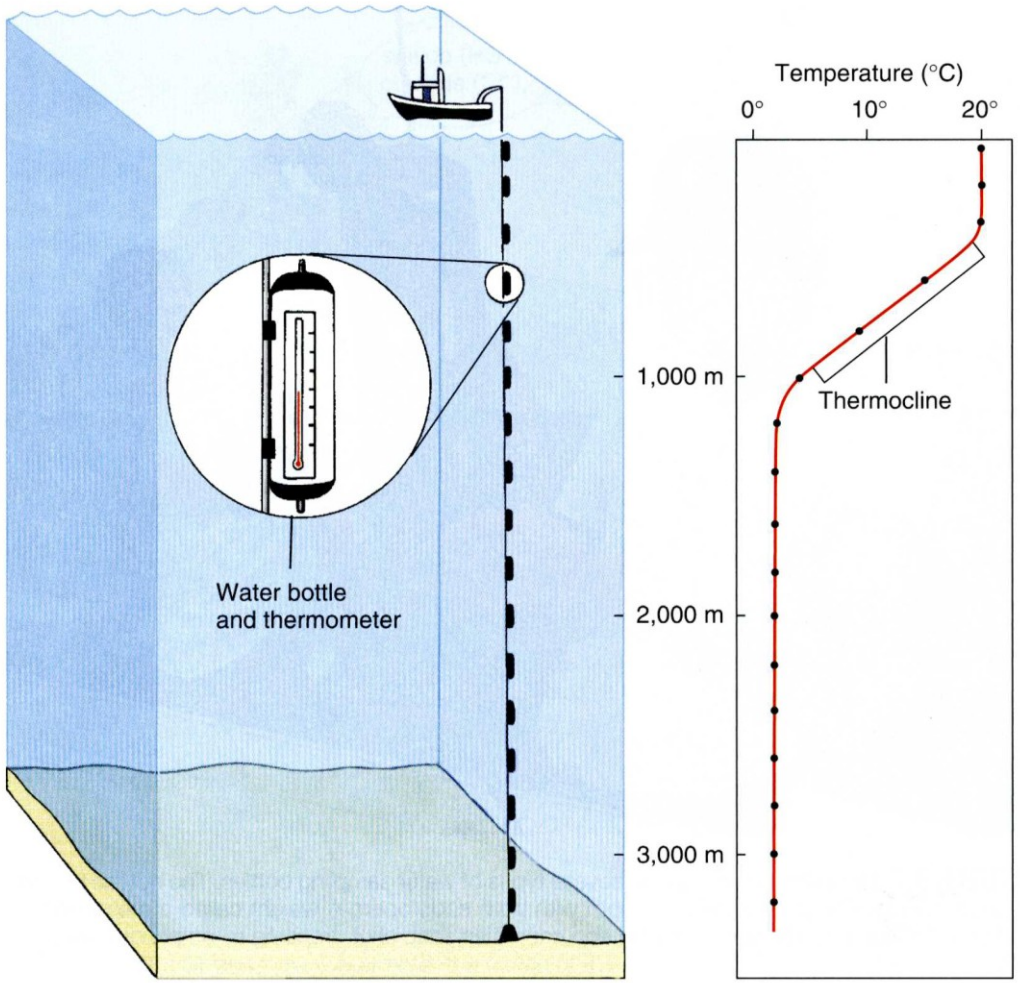
- **Letní stratifikace vody** podle teploty
- **Podzimní totální cirkulace** vody
- **Zimní inverzní stratifikace** vody
- **Jarní totální cirkulace** vody



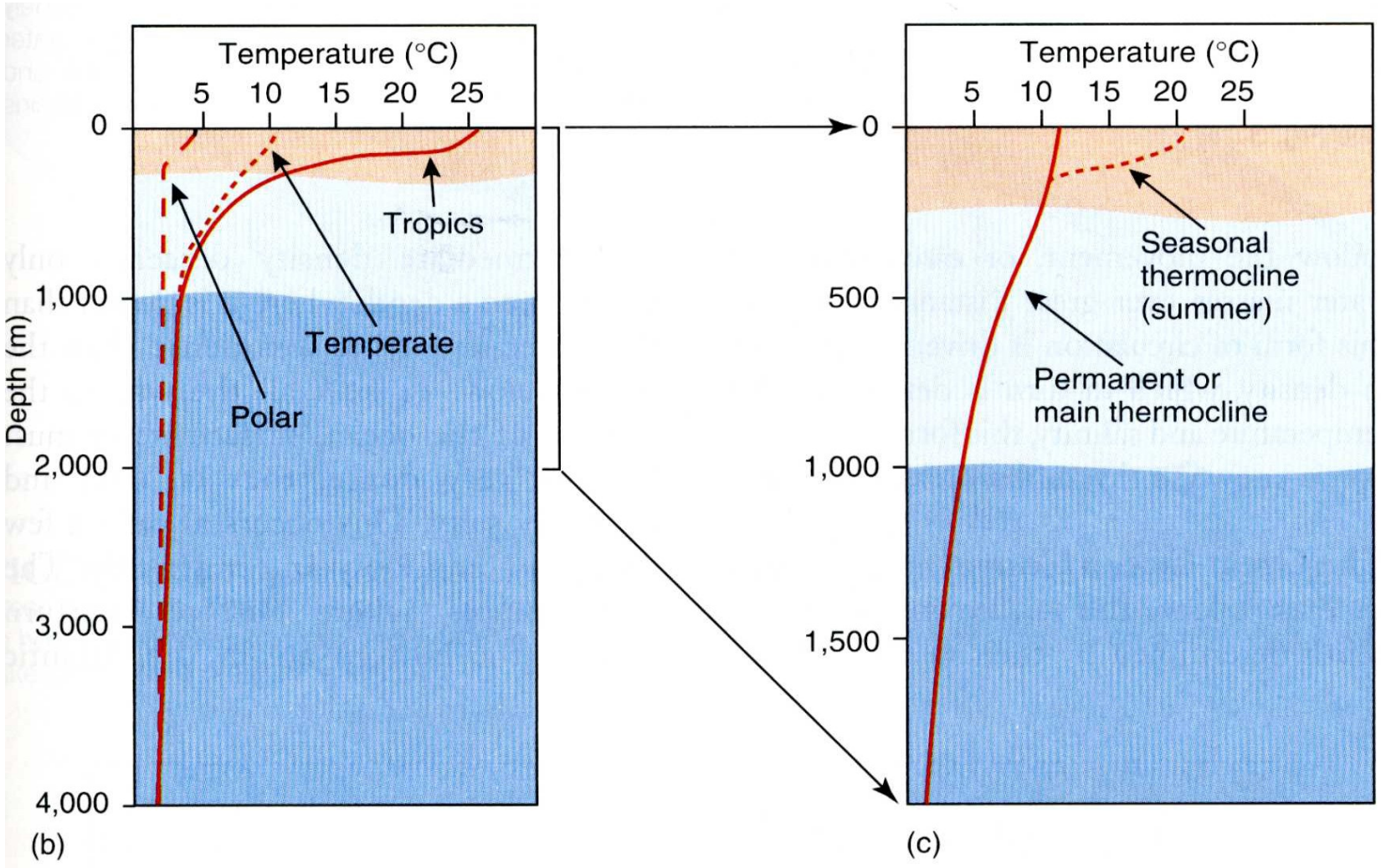
Variace teploty vody s hloubkou moře

S přibývající hloubkou dochází k poklesu teploty vody v mořích

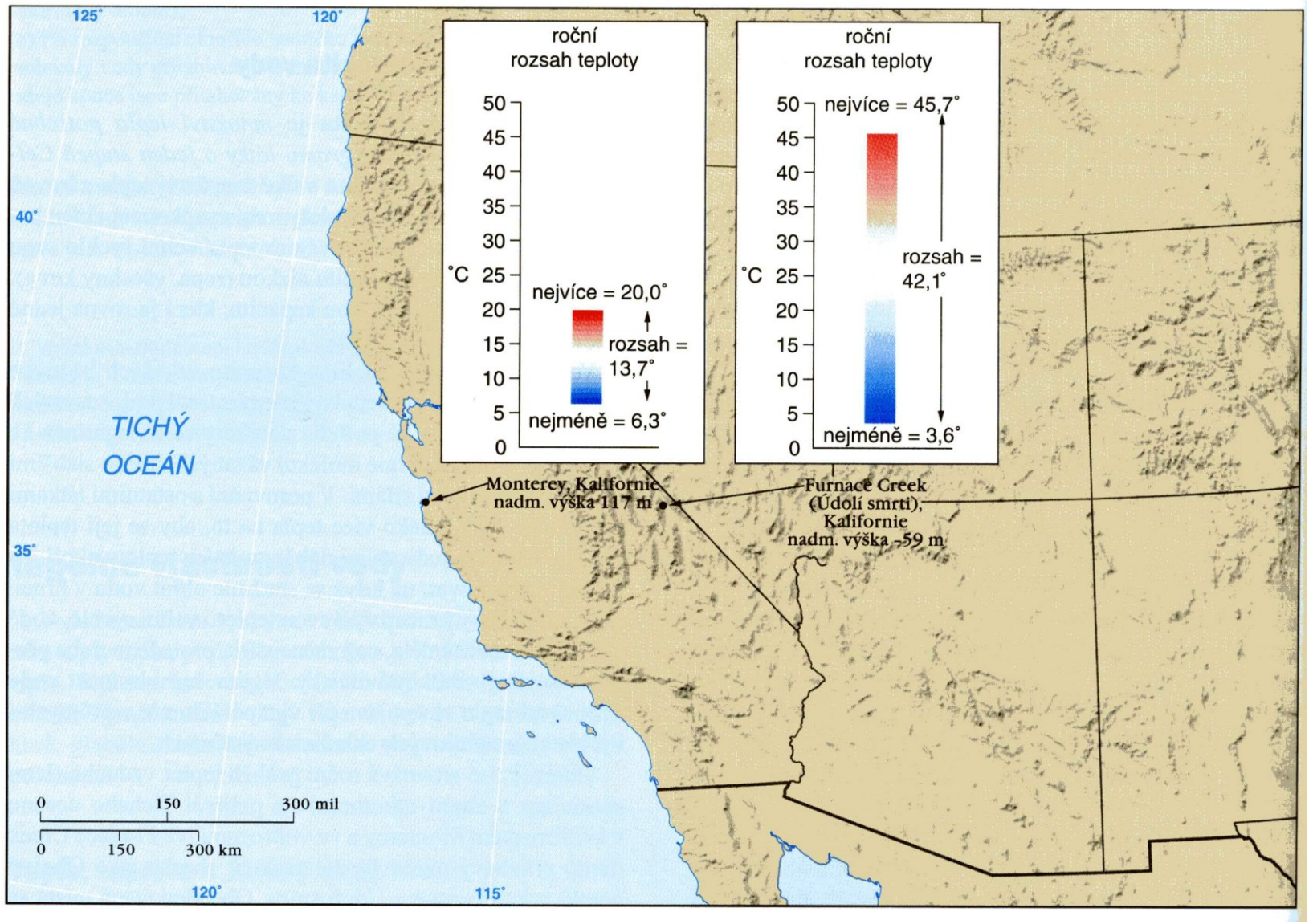
Termoklina je oblast prudkého poklesu teploty vody



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



Roční rozsah teplot vzduchu a teplota vody



Koncentrace vodíkových iontů- pH vody

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

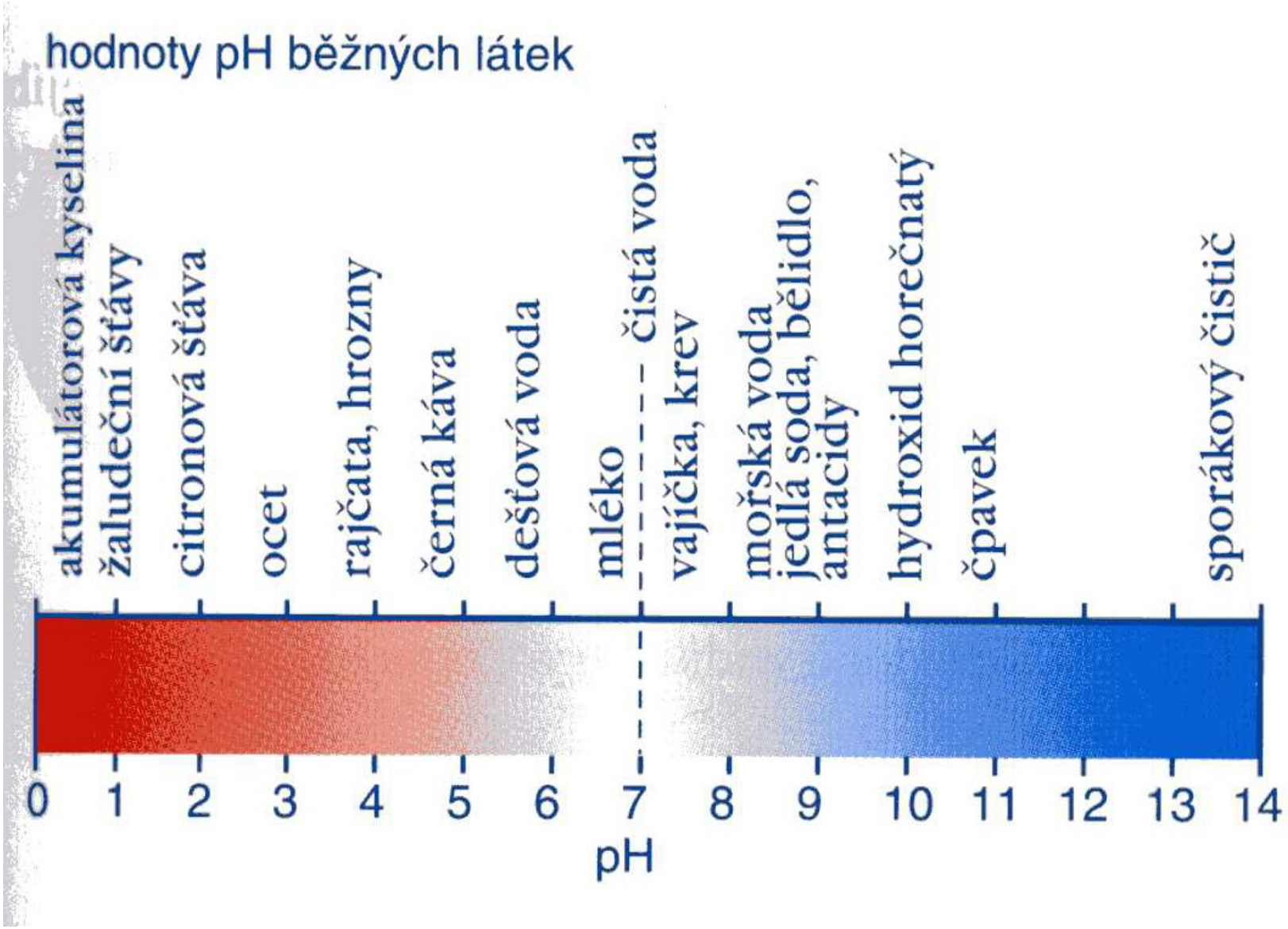
Reakce vody (pH) je podmíněna koncentrací vodíkových iontů. pH je určováno rovnovážnými stavy mezi kyselinou uhličitou a hydrouhličitanem vápenatým.

Dešťová voda: pH = 5,65

Mořská voda: pH = 8,1 – 8,3

Sladká voda: pH = 3 - 10

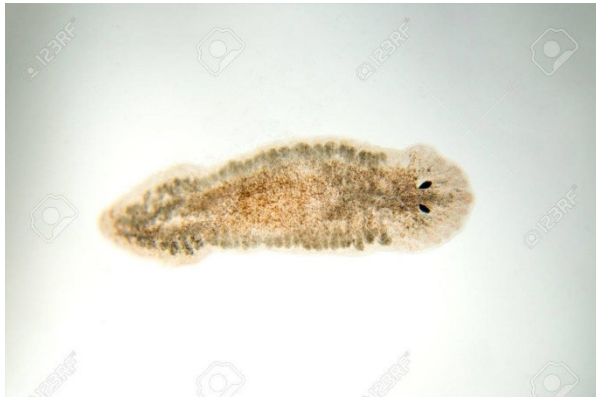
Stupnice pH


hodnoty pH běžných látek
akumulátorová kyselina
žaludeční šťávy
citronová šťáva
ocet
rajčata, hrozny
černá káva
dešťová voda
mléko
čistá voda
vajíčka, krev
mořská voda
jedlá soda, bělidlo,
antacidy
hydroxid horečnatý
čpavek
sporákový čistič
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
pH

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 *Brabchiomus urcelaris*: 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

pH vody – koncentrace vodíkových iontů

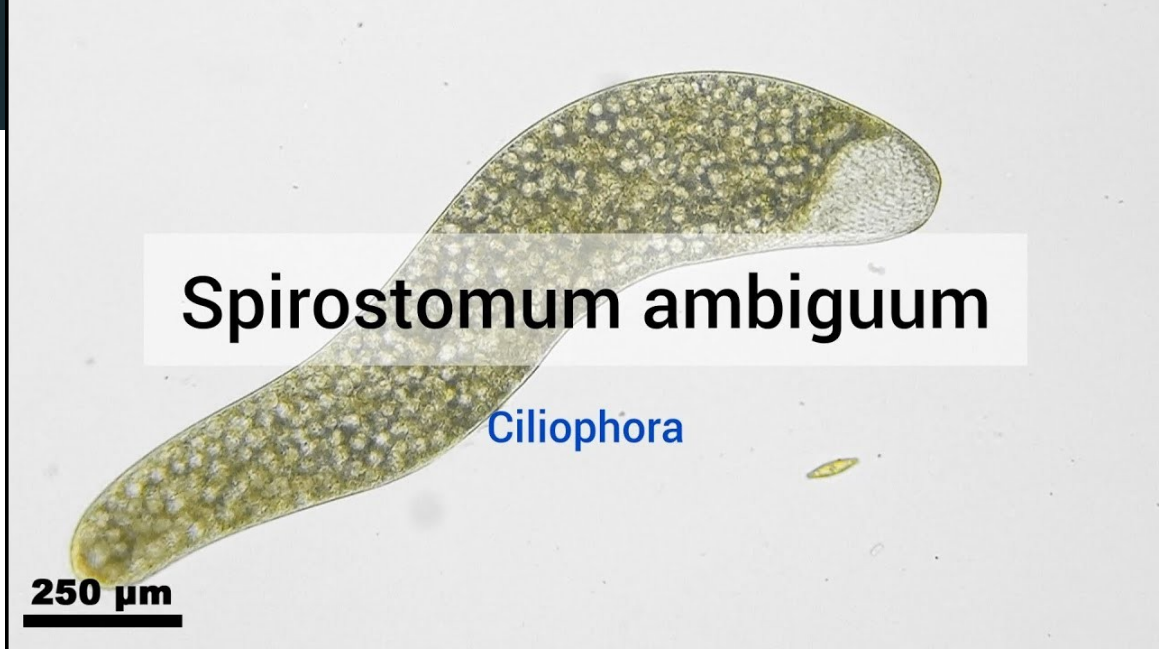
- O udržení stabilní hodnoty pH rozhoduje především dostatečné množství $Ca(HCO_3)_2$, který společně s H_2CO_3 brání většímu kolísání pH.
- Nízké pH vody bývá nejčastěji tam, kde je ve vodě málo vápníku a kde se rozkládá mnoho organických látek (listí, jehličí, rašeliniště).
- Snížení pH povrchových vod bývá často způsobeno kyselými odpadními vodami, které nebyly dostatečně nebo vůbec neutralizovány, nebo kyselými dešti.
- Zvýšení pH je nejčastěji způsobeno intenzivní fotosyntézou vodních rostlin, sinic a řas.

pH vody – tolerance organismů

- Vodní organizmy můžeme rozdělit na ***stenoiontní*** (druhy snášející jen malé výkyvy pH vody) např. nálevník *Spirostomum ambiguum*, který žije jen v úzkém rozpětí pH 7,4-7,6
- ***Euryiontní*** (druhy snášející velké výkyvy pH vody) např. vířník *Brachionus urceolaris*, který žije v rozpětí pH 4,5-11
- Naše ryby snášejí pH v rozpětí přibližně 4,5 až 10,5. Nižší nebo vyšší hodnota pH způsobuje podráždění epitelů a jejich poleptání (především žaber).
- Kyselou vodu lépe snášejí ryby lososovité, alkaličtější vody naopak ryby kaprovité.

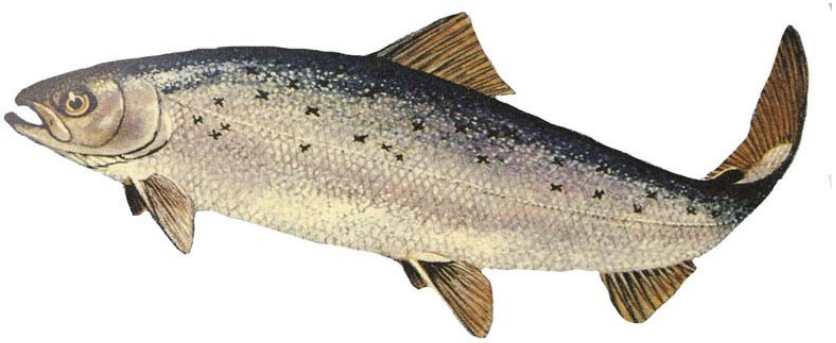
Příklady organismů

Branchionus ulceolaris
Rotifera

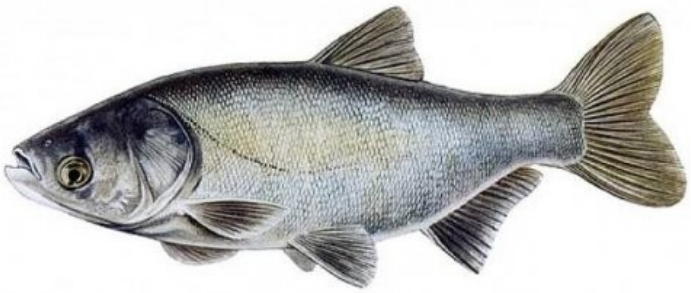


Tolerance ryb vůči pH
(V našich podmínkách: 4,5 až 10,5)

Tolerance spíše kyselého prostředí
Lososovité ryby



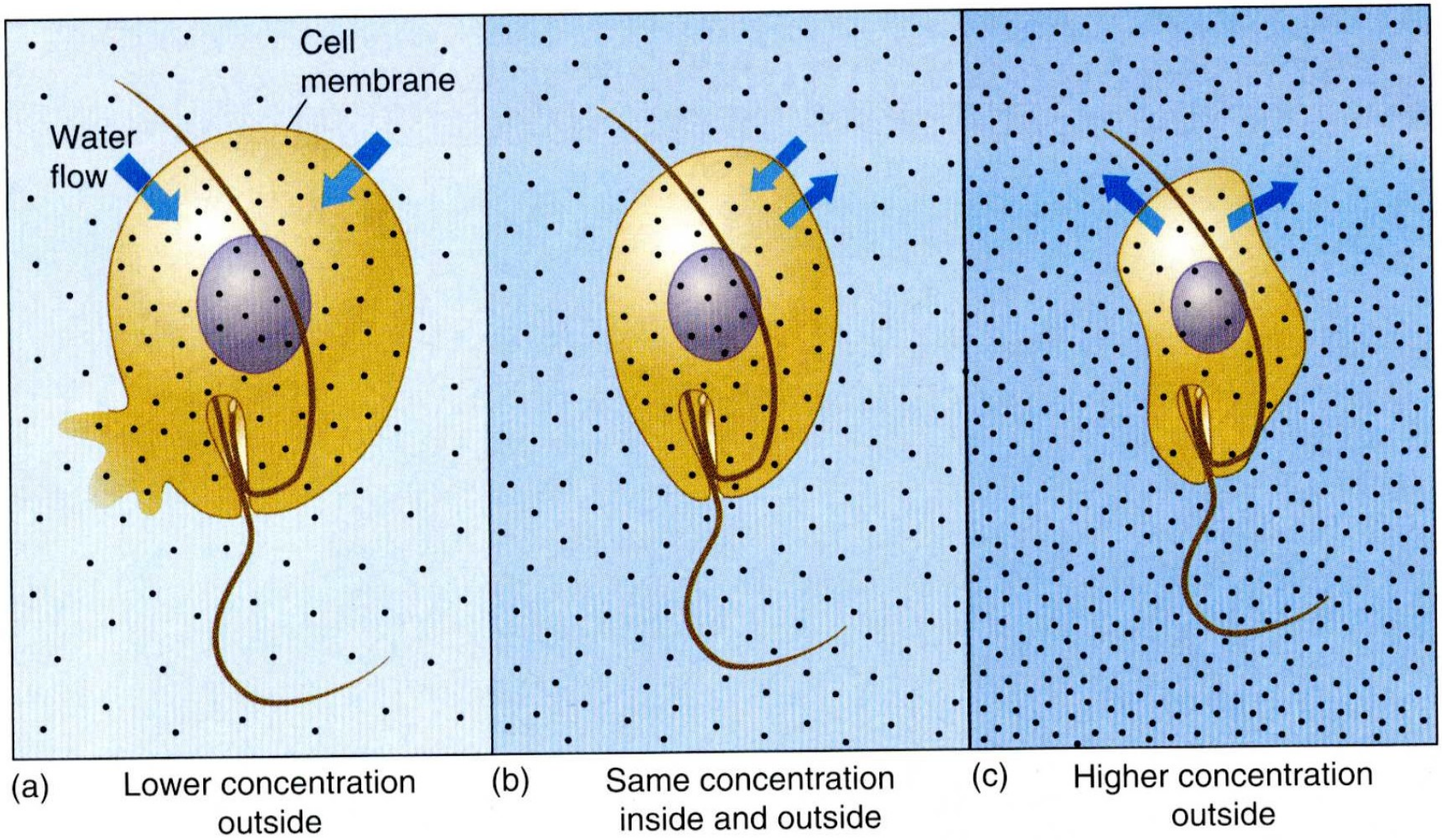
Tolerance spíče zásaditého prostředí
Kaprovité ryby



Salinita

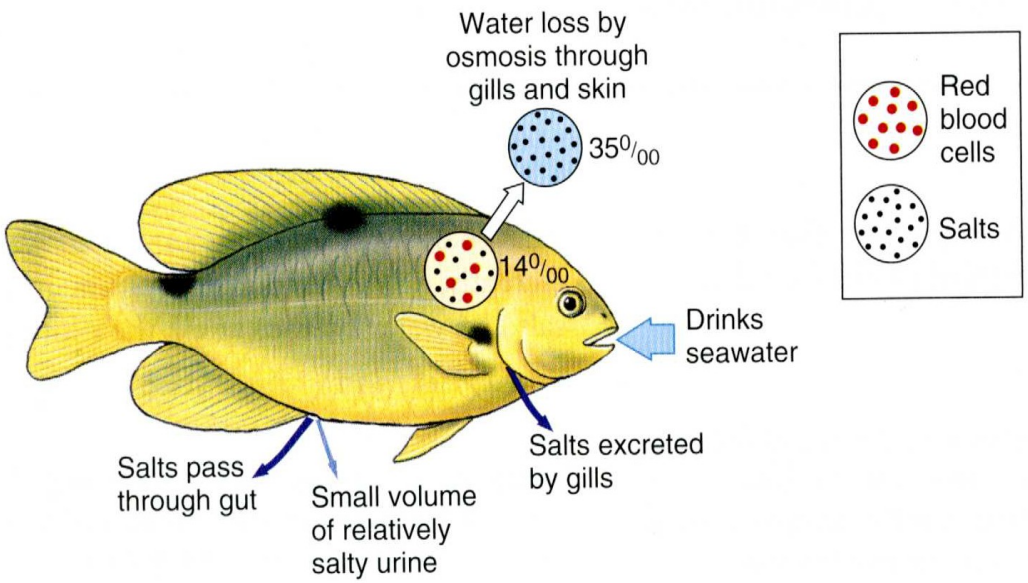
- **Obsah solí (salinita**) vody je ovlivňován a především jejich polohou a podkladem
- Sladkovodní (brakické) biotopy
- **Osmotické problémy živočichů** – kolísání: 0,05-0,4%; ze solí převládají uhličitany
- **Mořské biotopy**
- Izotonické prostředí
- Převládají chloridy – 35‰
- Vnitrozemská moře =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

Princip osmózy



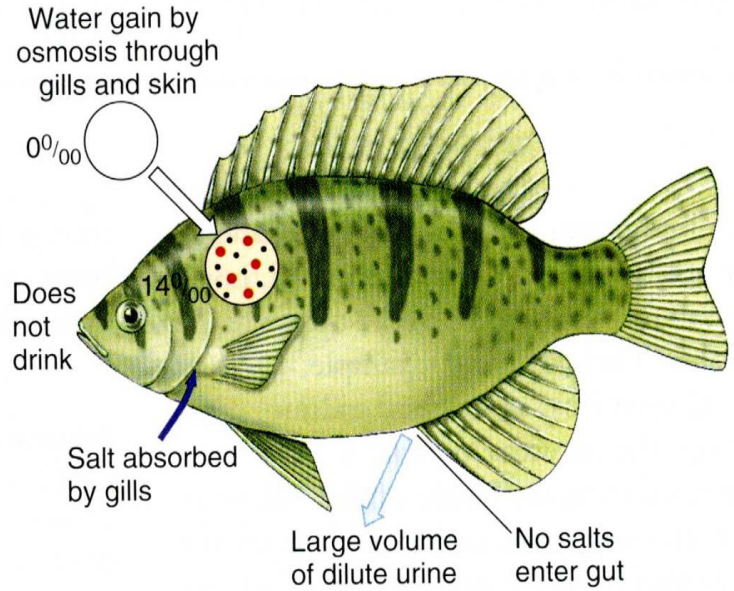
Rozdílnlá koncentrace solí ve vodě

Mořská ryba

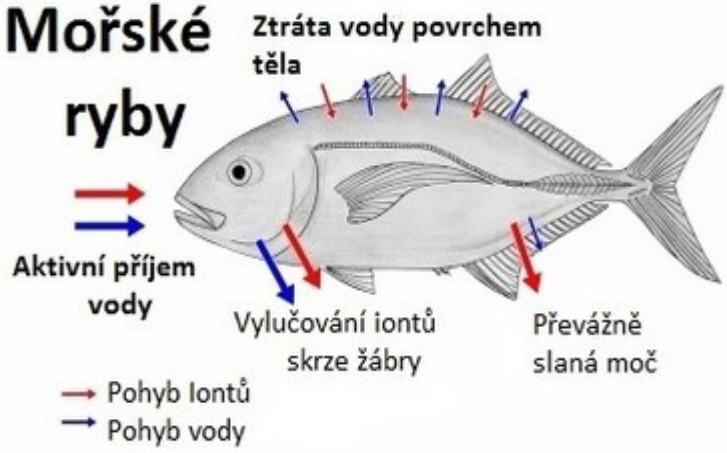


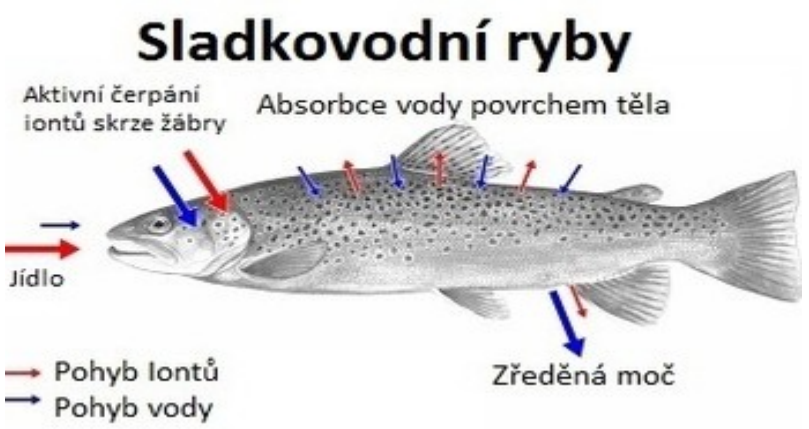
(a) Marine fish

Sladkovodní ryba



(b) Freshwater fish





Sladkovodní původ mořských ryb !

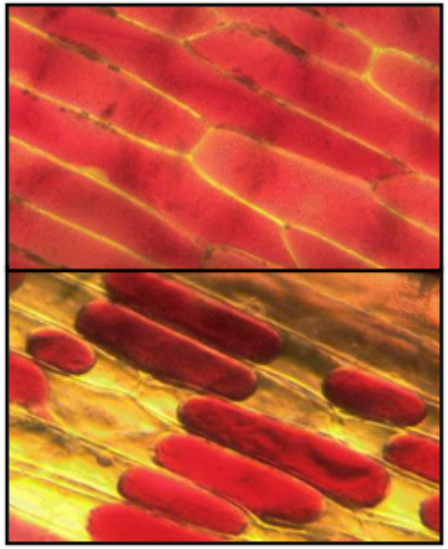
- Moře = kolébka života (osmotické poměry bezobratlých, Cyclostomata, Elasmobranchii, Holocephali, Osteichthyes

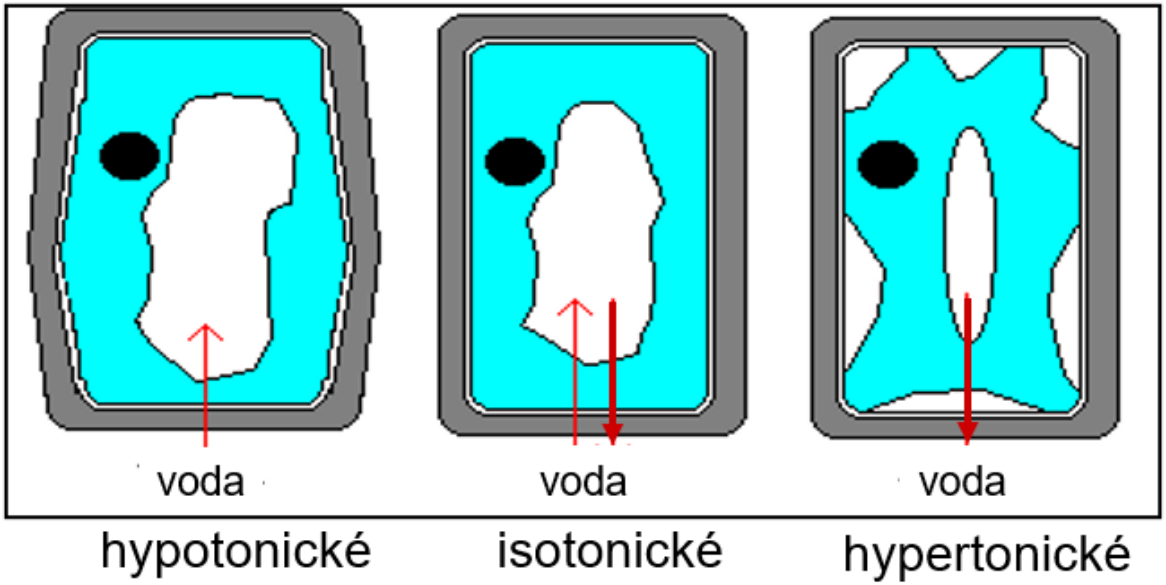
- Ostracodermi = první známí obratlovci ve sladkovodních usazeninách siluru a devonu (pancířnatí praobratlovci)
- Mořské ryby: málo hypotonické moči, pijí mořskou vodu
- Sladkovodní ryby: hodně hypotonické moči

Ostracodermi - štítnatci

Rostlinná buňka

- **hypotonické prostředí** – do buňky proudí voda, dokud se nevyrovná vnitřní tlak plazmat. membrány protitlaku buněčné stěny, buněčná stěna se napne = **turgor**. Při poškození buněčné stěny může buňka prasknout.
- **hypertonické prostředí** – voda uniká z buňky, cytoplazma a vakuoly zmenšují objem, plazmat. membrána se odděluje od buněčné stěny, tvar se díky buněčné stěně nemění. Po delší době může buňka zaniknout. Jev se = **plazmolýza**.





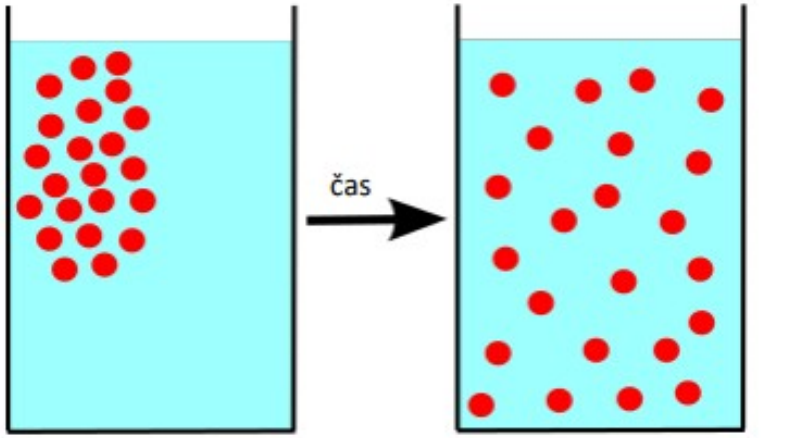
Co je to difuze ?

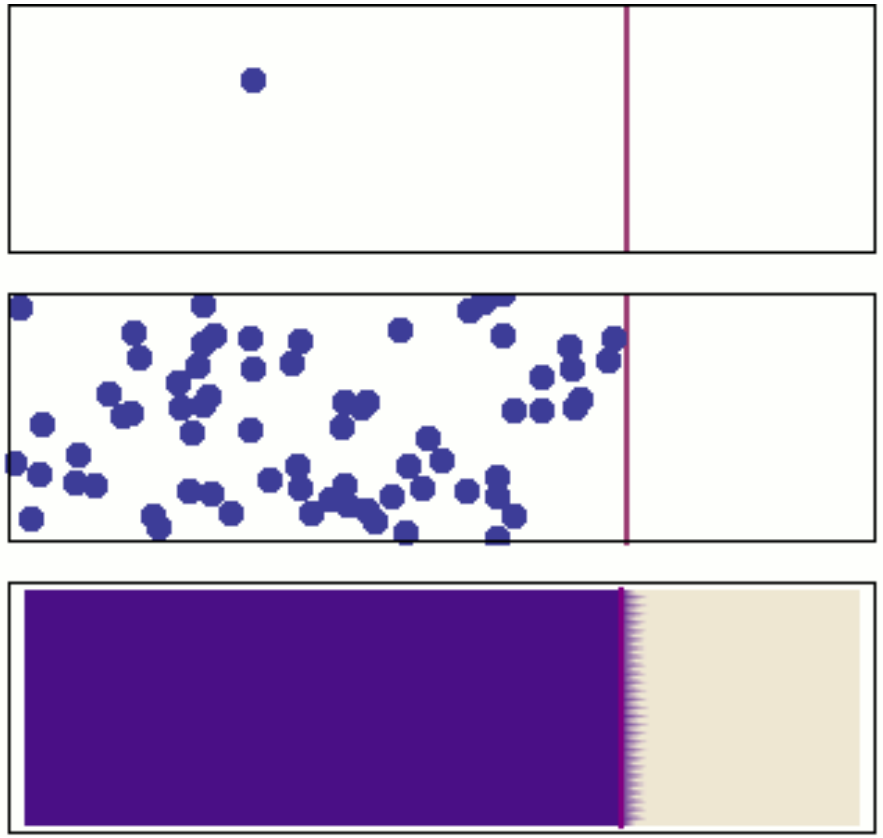
Difuze je samovolný proces pronikání částic jedné látky do druhé se snahou o **rovnoměrné prostoupení** do celého objemu.

Rychlost šíření částic je ovlivněna **velikostí částic, teplotou i vlastnostmi prostředí**.

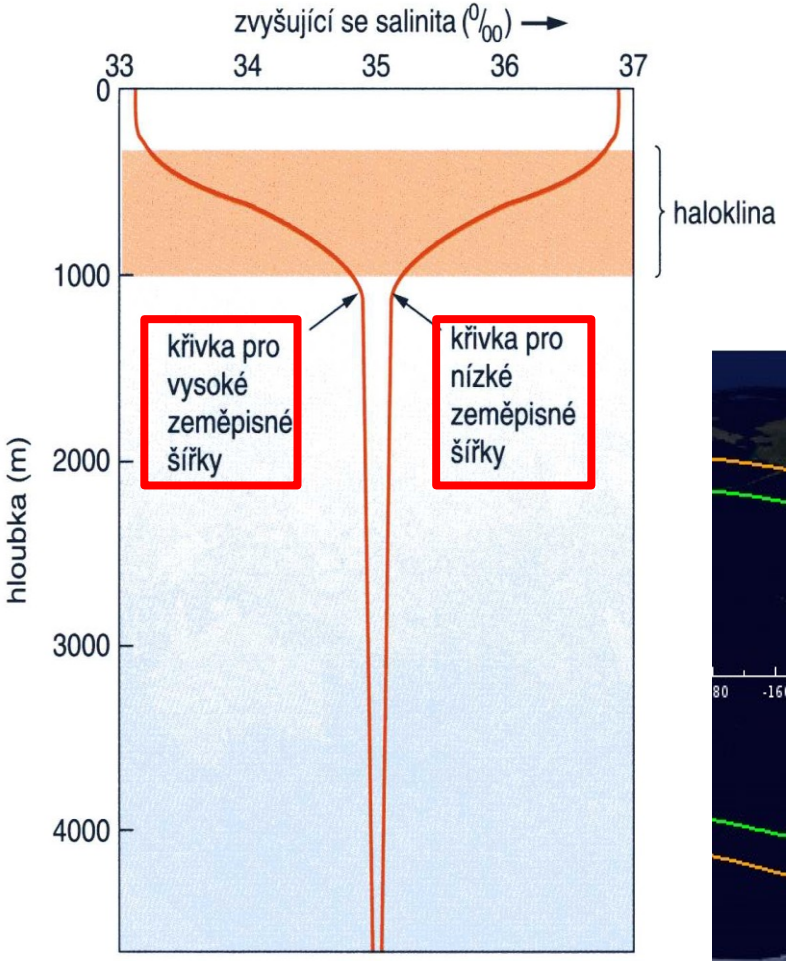
Mechanismus - Difuze

(Pasívní transport)

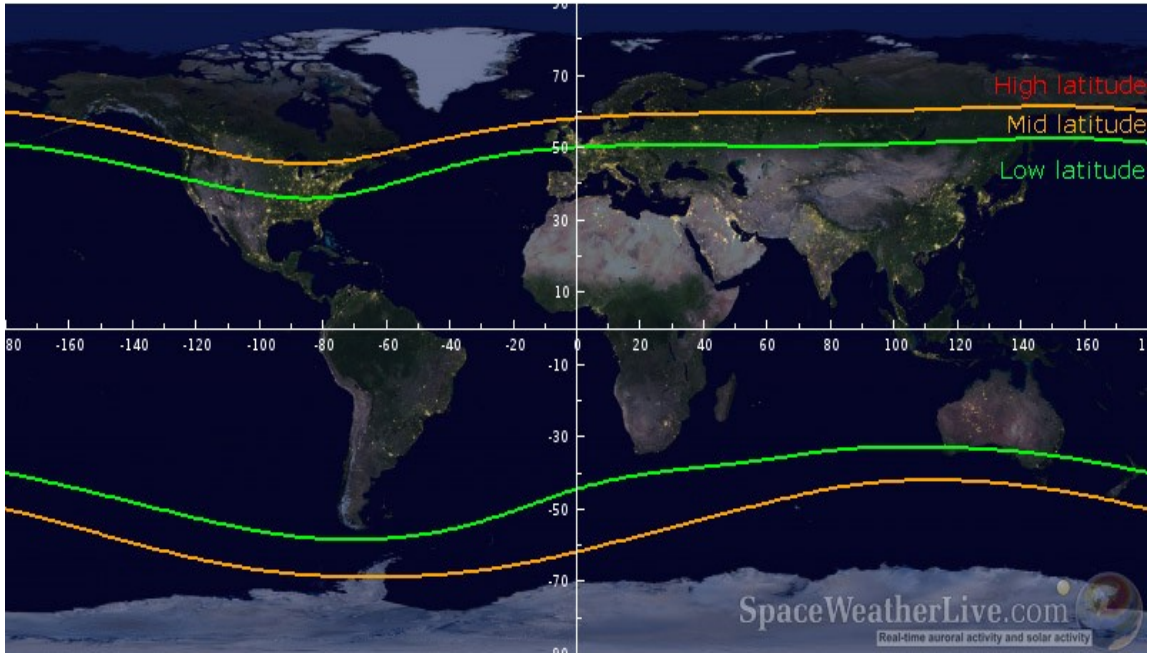




Změny salinity v hloubce



Vysoká zeměpisná šířka se nachází kolem magnetické zeměpisné **šířky 60 ° a výše**
Střední zeměpisná šířka mezi magnetickou šířkou **50 ° a 60 °**
Vše **pod magnetickou šířkou 50** ° se považuje za kategorii s **nízkou zeměpisnou šířkou**



Nízké a vysoké zeměpisné šířky

Vliv salinity na rozšíření a výskyt

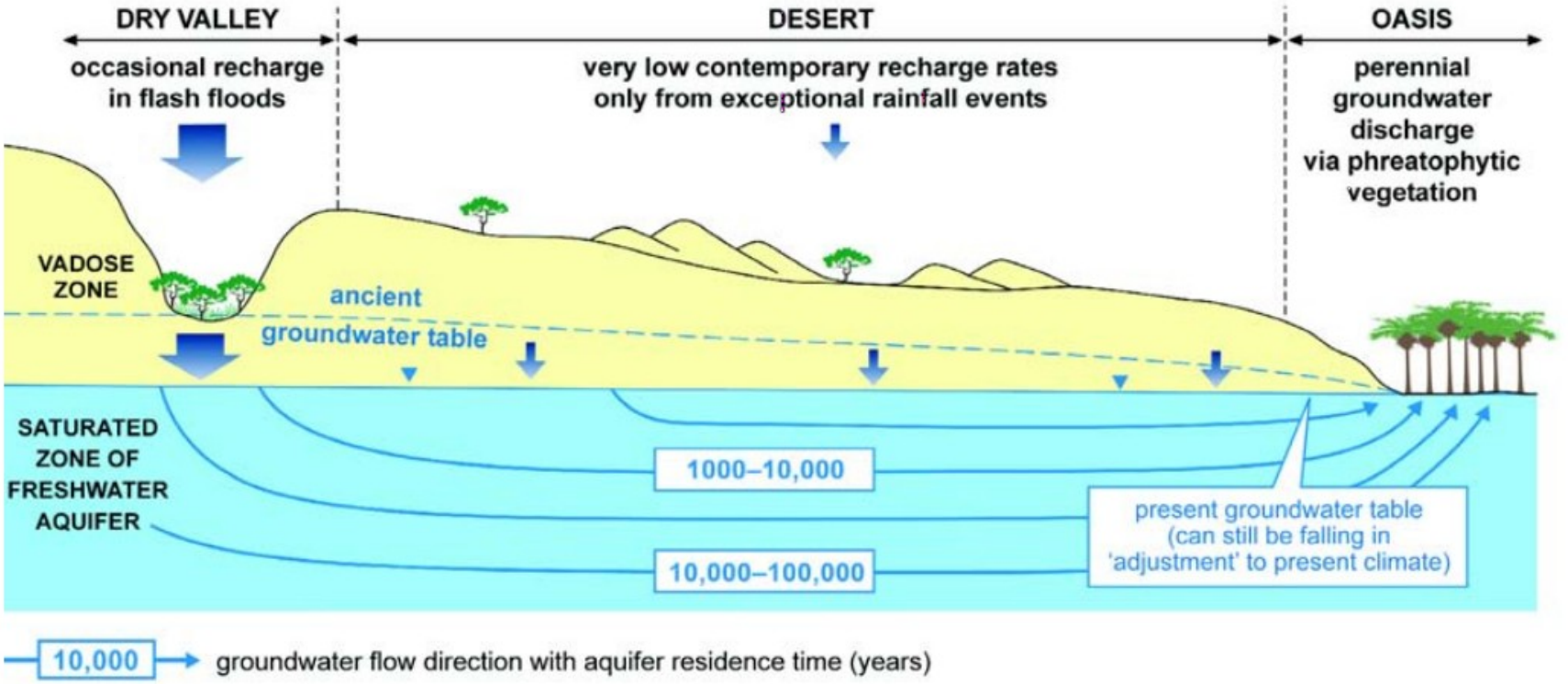
- Ústí moře do řeky – **plynulý gradient**
- **Ryby tažné** = cyklicky euryhalinní (viz migrace)
- Ostatní ryby = **euryhalinní** nebo **stenohalinní**

Co je brakická voda ?

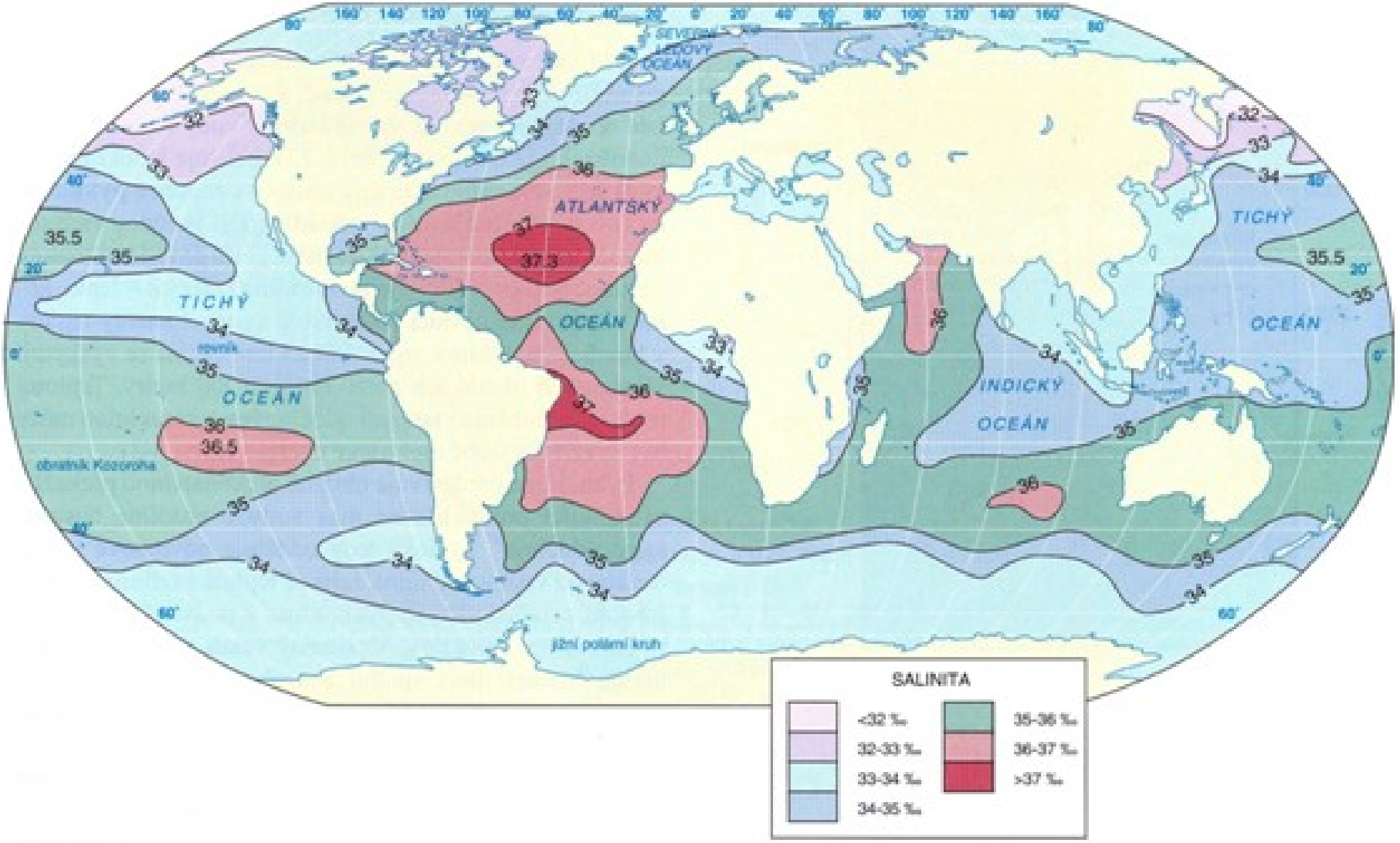
Ve většině případů má brakická voda **obsah soli kolem 0,5 až 30 gramů na litr.** Malé množství této vody může být spotřebováno, ale má to i záludnou stránku. Pokud tuto vodu pijeme, naše ledviny musí přebytečnou sůl odfiltrovat. K naředění této soli ledviny absorbují vodu z těla.

Ústí řeky Amazonky

Vliv geologického času na distribuci podzemní vody ve vyprahlých zvodnělých vrstvách

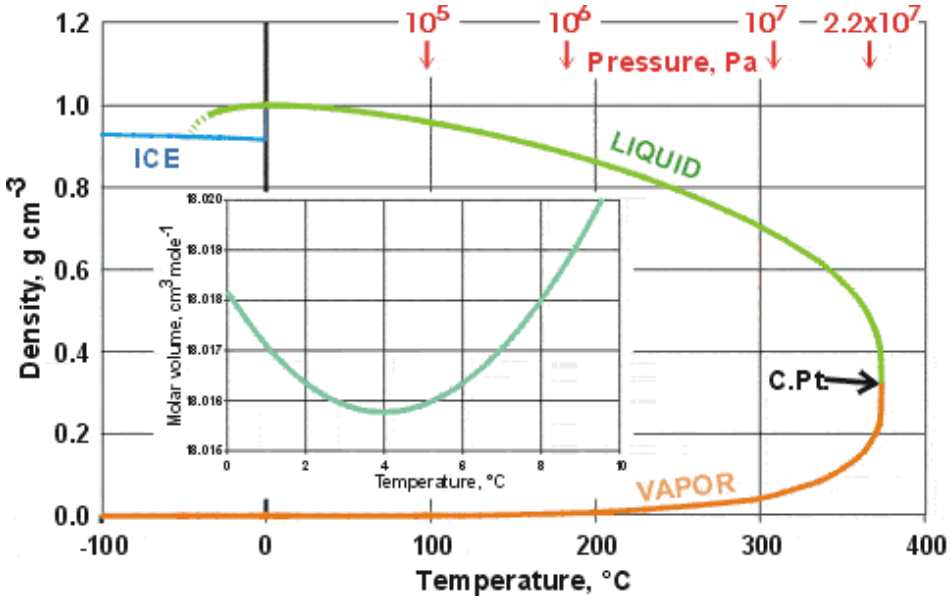


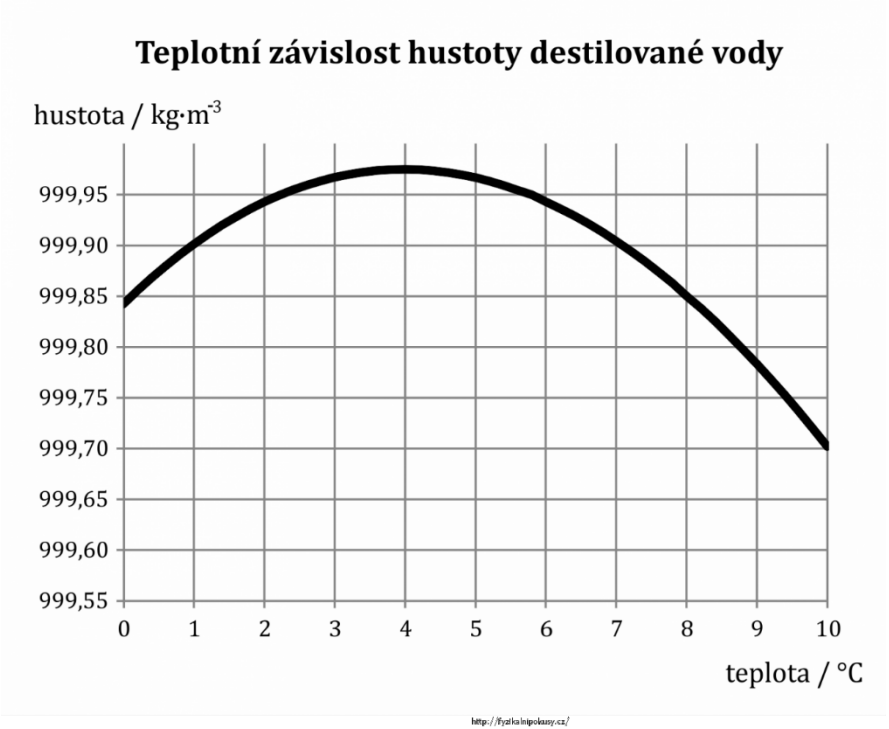
Salinita oceánů a moří



Hustota vody = 997 kg/m³

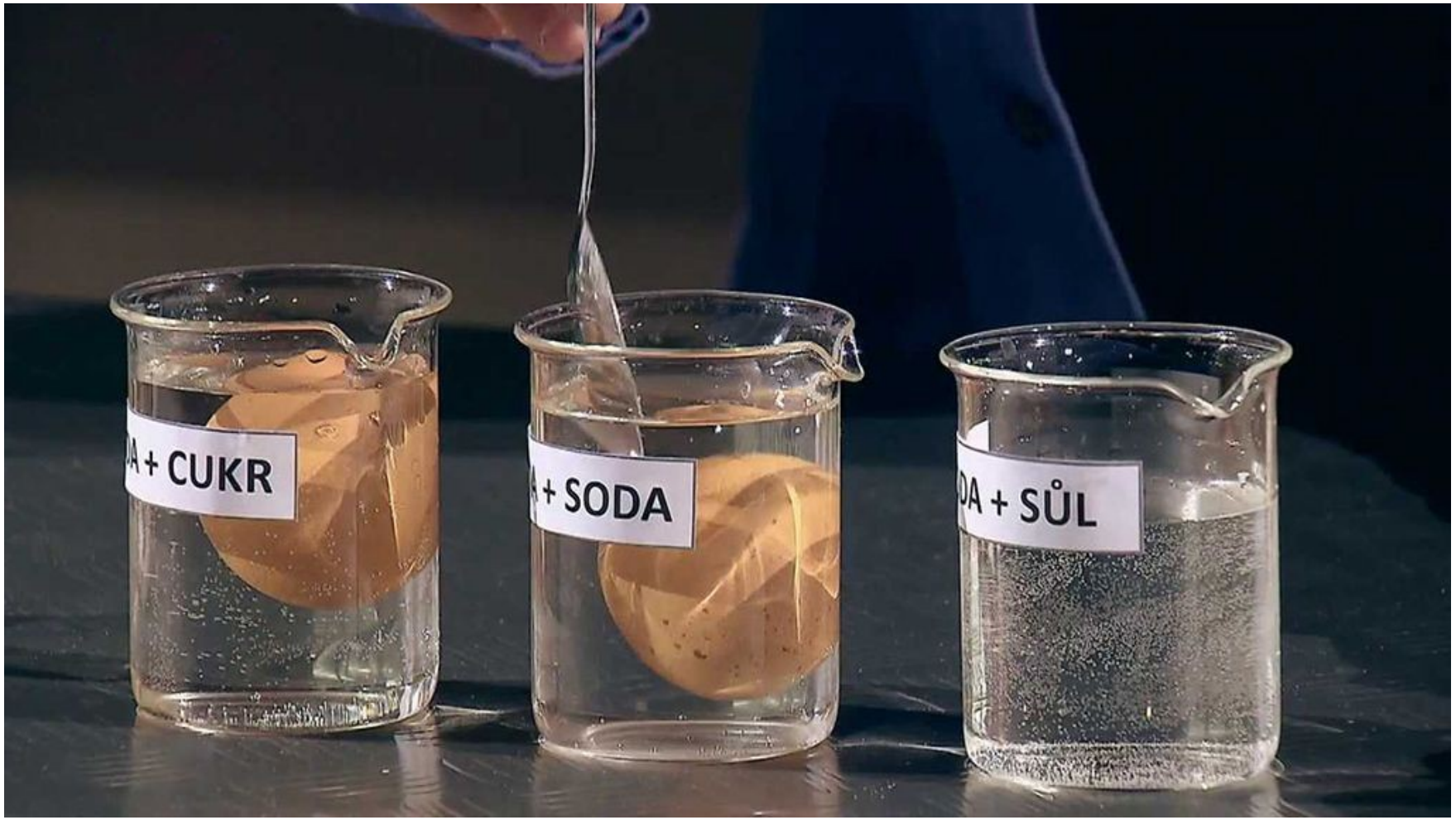
Hustota vody závisí na její teplotě !





Pro představu, hustota vody je přibližně 1000 kg/m3. Jeden metr krychlový vody (1000 litrů) tedy váží jednu tunu.

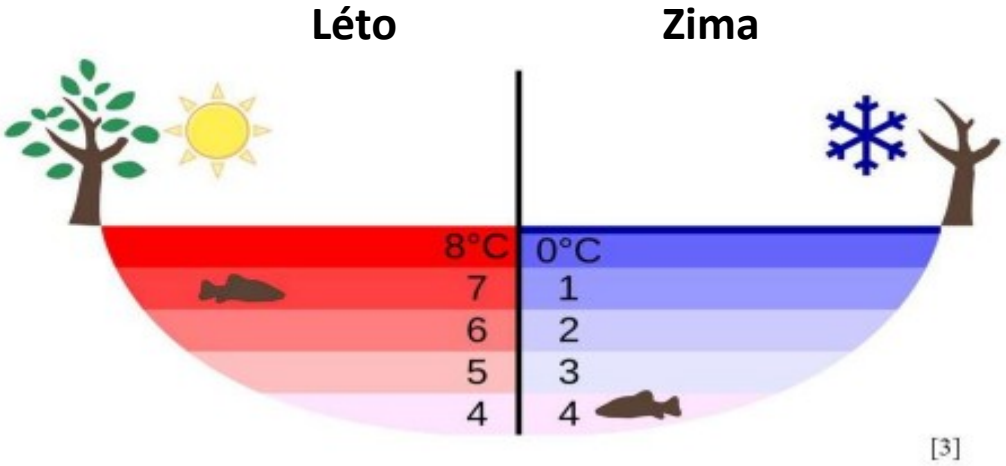
Změna hustoty vody



Máme tři kádinky s vodou. Do jedné přidáme cukr, do druhé sodu a do třetí sůl. Dokážete určit, ve kterém roztoku nebude vajíčko plavat? Přidáním cukru nebo soli se zvětší hustota roztoku, a proto vajíčko plavat bude. **V roztoku sody plavat nebude !**

Hustota vody – opět anomálie

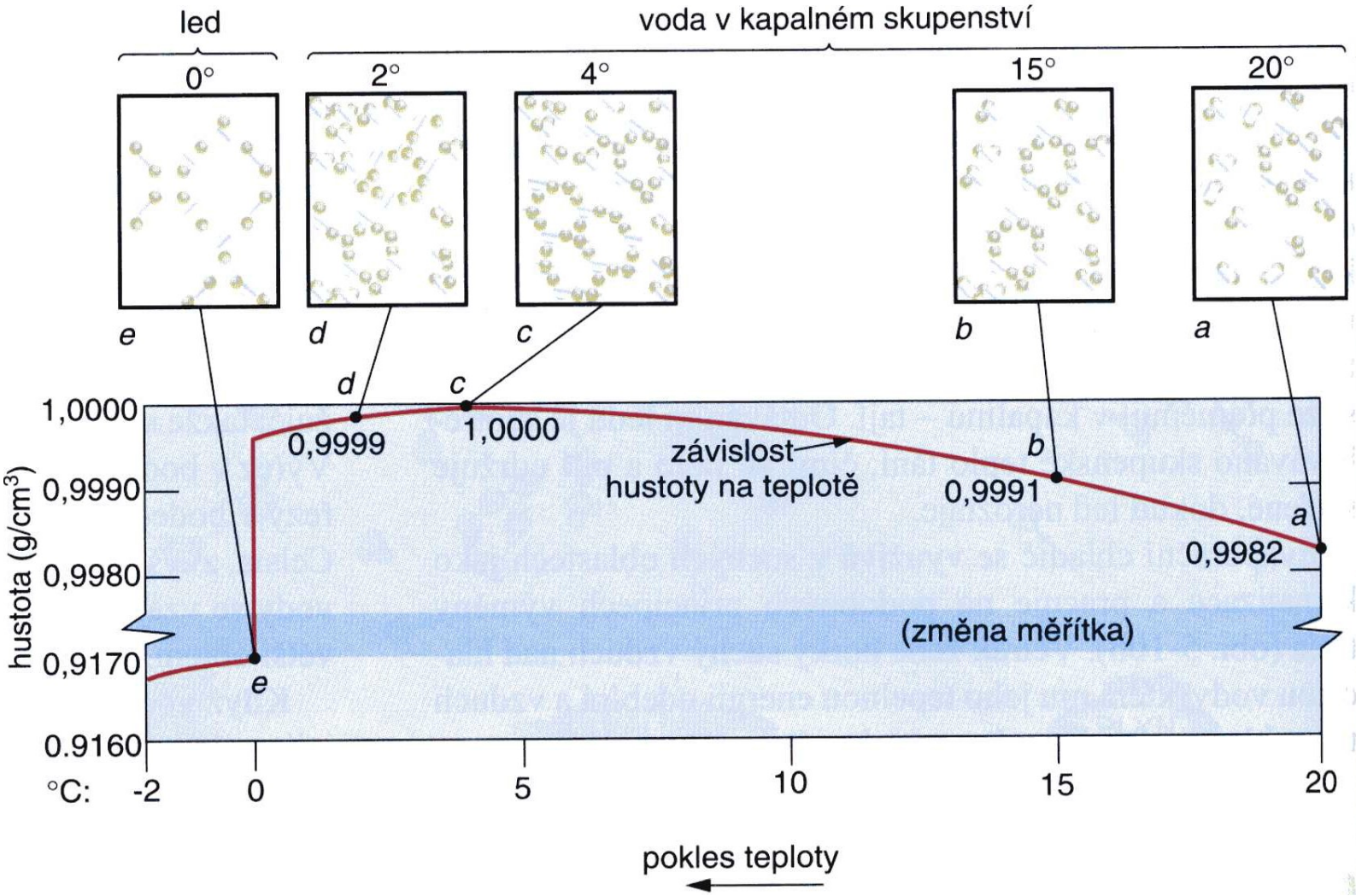
- Hustota se dá samozřejmě měřit i u kapalin a plynů (tekutin). Obecně platí, že tekutiny s menší hustotou stoupají vzhůru, zatímco ty hustší klesají. **U valné většiny tekutin platí, že čím má látka vyšší teplotu, tím má menší hustotu.**
- Například horký vzduch má menší hustotu než studený, stoupá tedy vzhůru. Na tomto principu fungují například horkovzdušné balóny.
- Výjimkou z pravidla je voda: **nejvyšší hustotu má voda o teplotě 4 °C (a ne o voda s teplotou 0 °C, jak bychom čekali)**.
- Díky tomu se v zimě i v létě udržuje na dně vodních nádrží stálá teplota 4 °C, takže tam mohou přežívat vodní organismy.



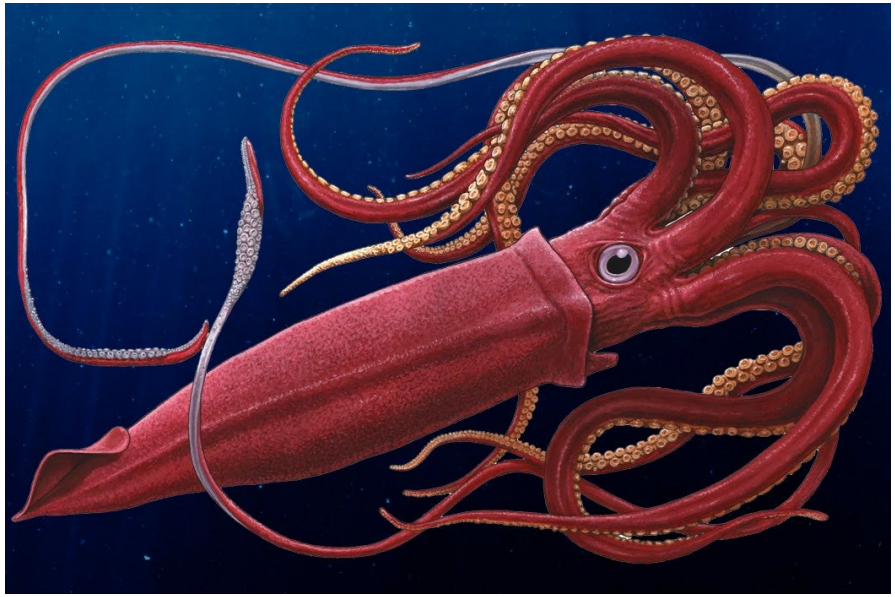
[3]

Hustota vody – závislost na teplotě

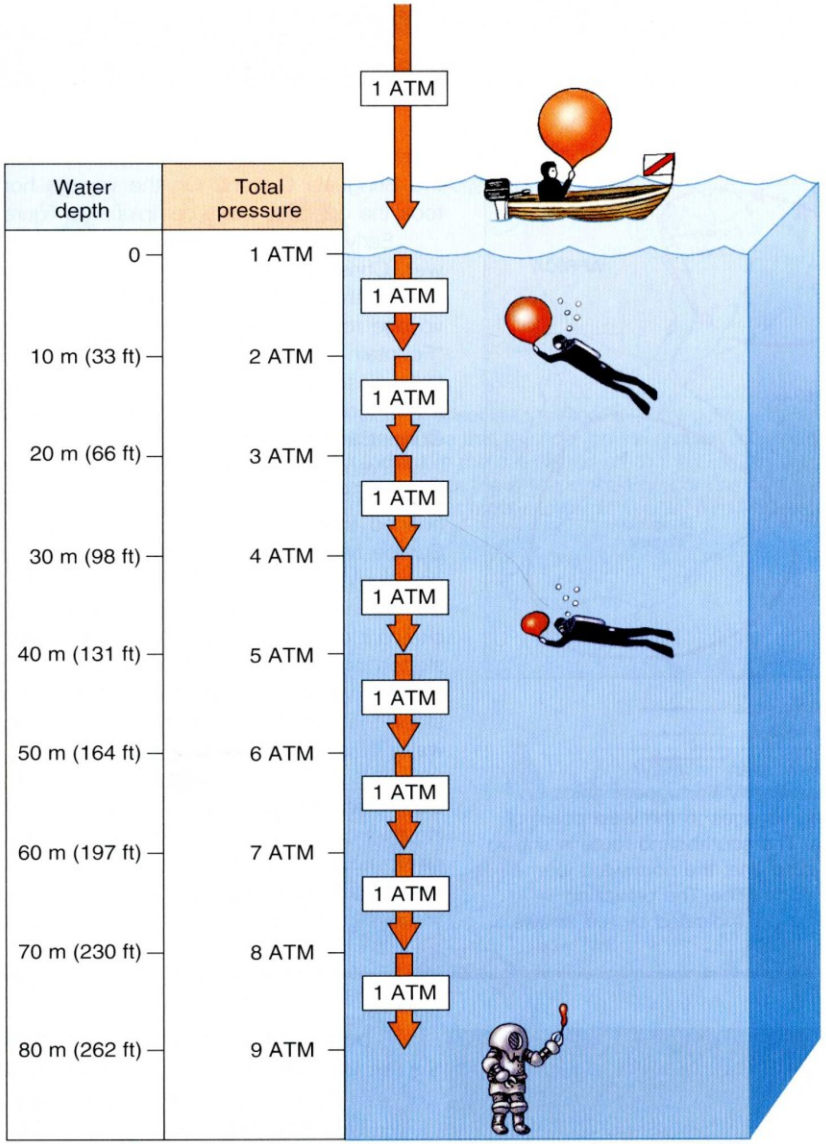
Teplotní (fyzikální) anomálie vody a tvorba ledu



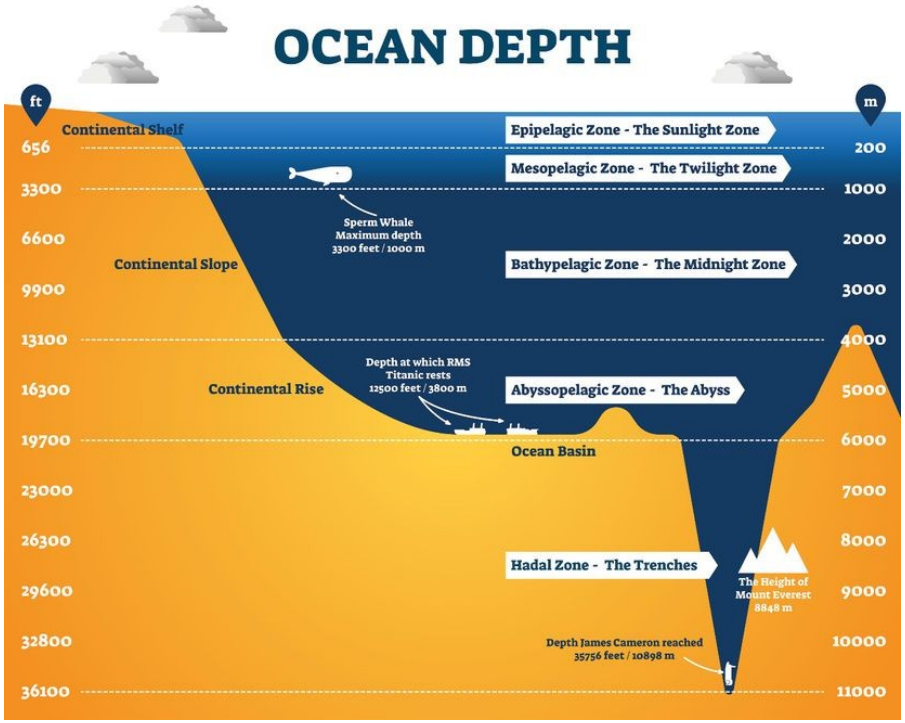
Hydrostatický tlak



Růst hydrostatického tlaku s hloubkou vody

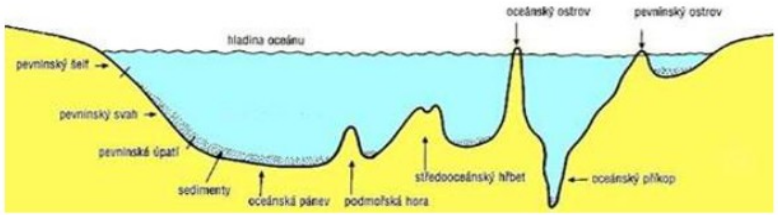


Výzkum oceánských hlubin



Batyskaf Trieste bylo speciální podmořské plavidlo, určené pro ponor do velkých hloubek. Byl postaven v roce 1953 podle návrhu Auguste Piccarda. 23. ledna 1960 Jacques Piccard (syn Auguste Piccarda) a Don Walsh, dosáhli hloubky asi 10 994 m při potopení v Mariánském příkopu.

ZJEDNODUŠENÝ MODEL OCEÁNSKÉHO DNA

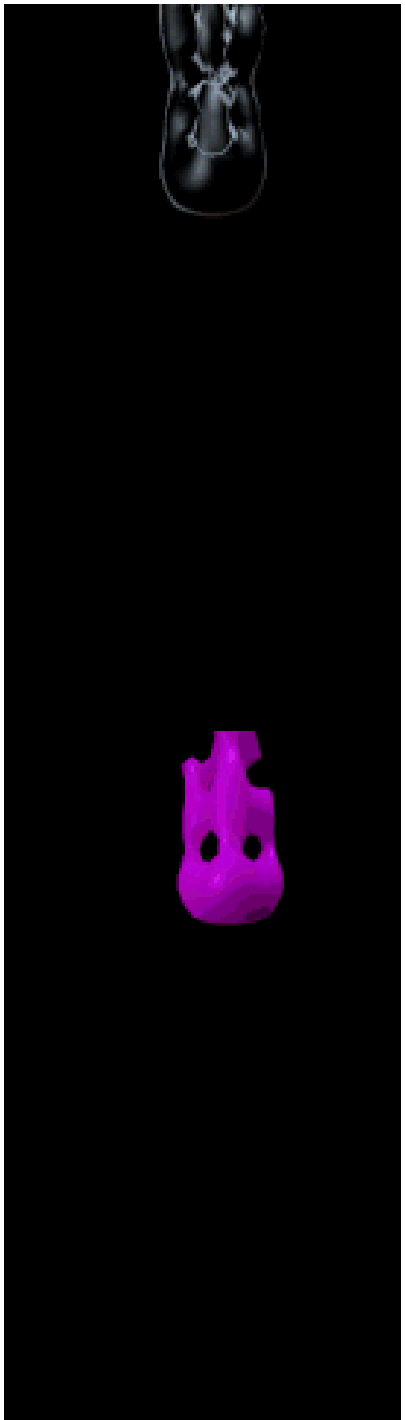


Viskozita

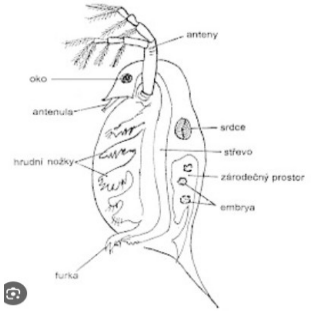
Viskozita je veličina charakterizující **vnitřní tření kapaliny** a závisí především na přitažlivých silách mezi částicemi.

Kapaliny s větší přitažlivou silou mají větší viskozitu, větší viskozita znamená větší *brzdění* pohybu kapaliny nebo těles v kapalině.

Simulace dvou látek s rozdílnou viskozitou. Horní kapalina má nižší viskozitu, dolní kapalina má vyšší viskozitu



Viskozita



Viskozita - vnitřní tření tekutiny

ovlivňuje odpor vůči tělesu, které se v ní pohybuje

odpor závisí na velikosti tělesa a rychlosti pohybu

Viskozita vody je asi 100x vyšší než viskozita vzduchu.

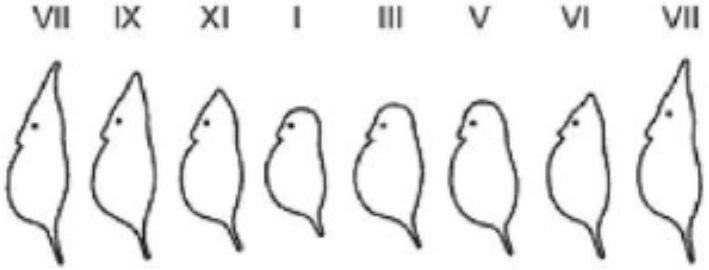
Vliv teploty: při 0°C je viskozita 2x vyšší než při 25°C

Cyklomorfóza některých planktonních živočichů

hrotnatka jezerní (*Daphnia cucullata*)

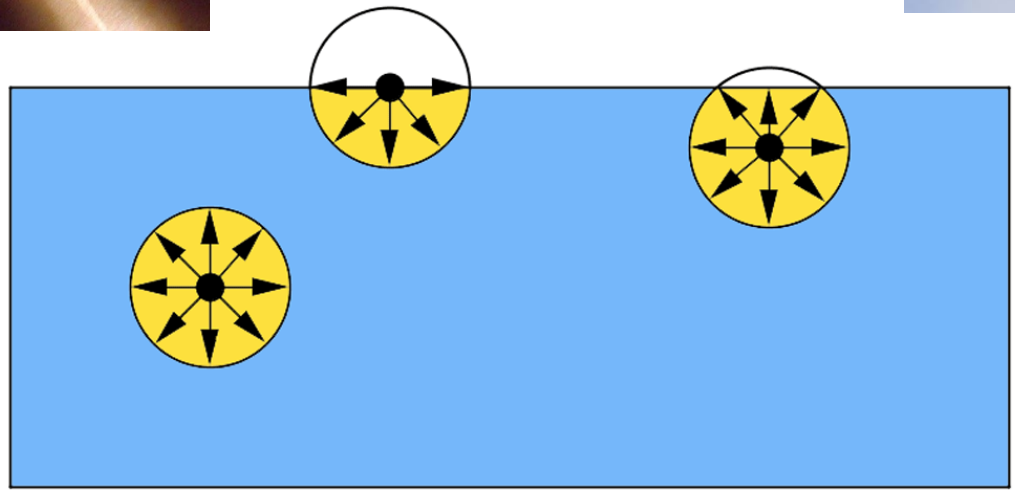
chladné období: nízká kulovitá hlava

teplé období: hlava přilbovitě zvýšená



Povrchové napětí

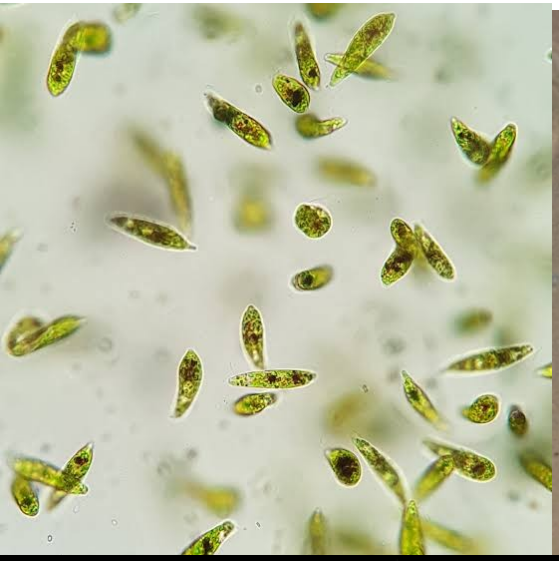
Volný povrch kapaliny (řádově mm) má podobné vlastnosti jako tenká pružná blána. O pružnosti volného povrchu kapaliny svědčí i vytváření kapek na konci neúplně zavřeného vodovodního kohoutku. Kapka se jeví jako pružný balónek, ve kterém je voda. Na každou molekulu kapaliny působí přitažlivými silami sousední molekuly.



Povrchové napětí vody

- Voda má **vysoké povrchové napětí**. To je ovlivňováno **teplotou a znečištěním**.
- Hladina vytváří povrch, který je pro některé organismy bariérou. Existují organismy pohybující se přímo **v povrchové blance**. Obvykle jsou mikroskopických rozměrů, například: **krásnoočka, bičíkovci**.
- Některé organismy **využívají povrchové napěti** k pohybu po hladině, například: **bruslařky, vodoměrky**
- vodoměrky, nebo se **zavěšují na hladinu** z její spodní strany, například: **perloočka, larvy komárů.**

Povrchové napětí vody – příklady:

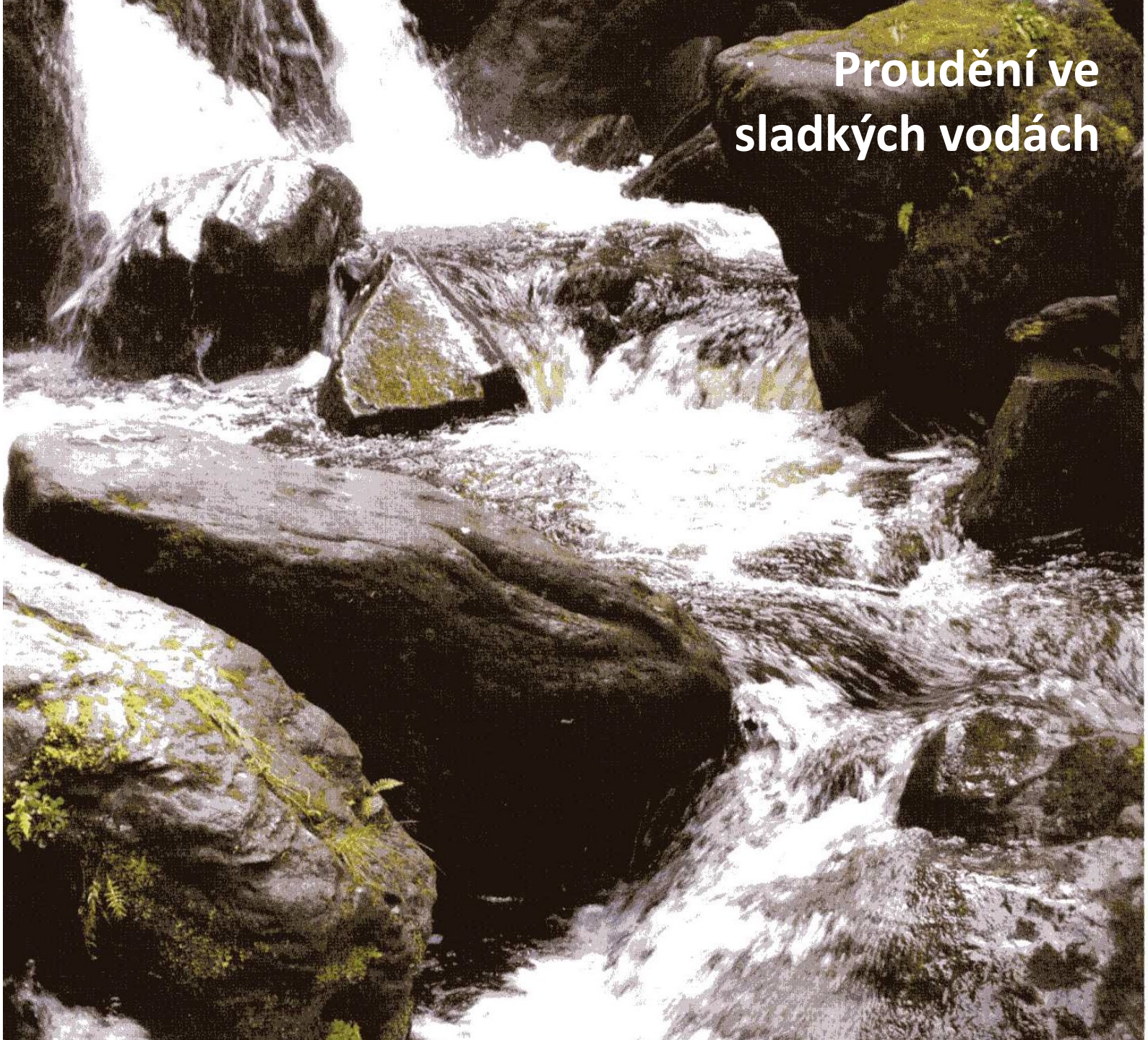


Proudění

- Proudění vzduchu
- **Proudění vody**
  - **Proudění ve sladkých vodách**
  - **Proudění v oceánech a mořích**

- 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)



Proudění ve sladkých vodách

Znázornění říčního kontinua

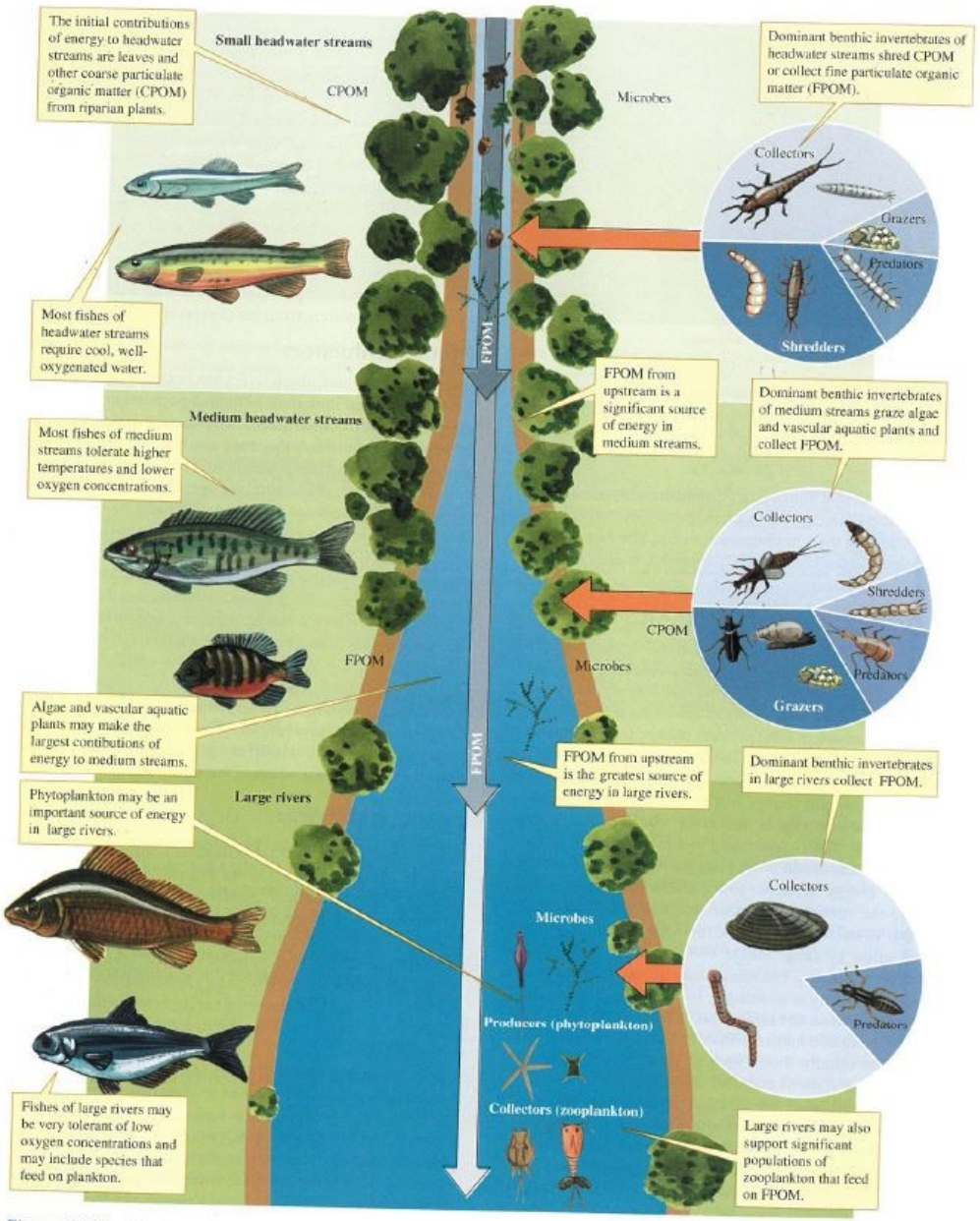
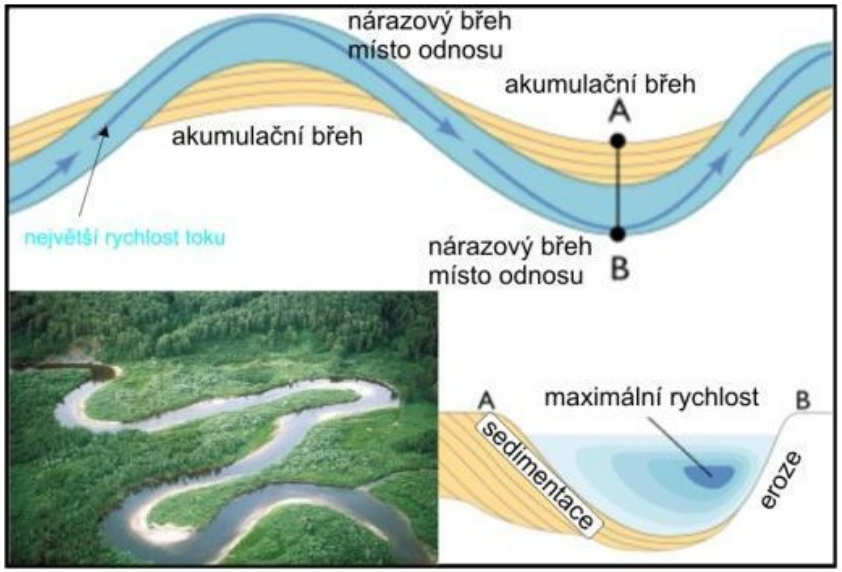


Figure 3.34 The river continuum.

Schéma říčního toku



Princip migrace meandru.

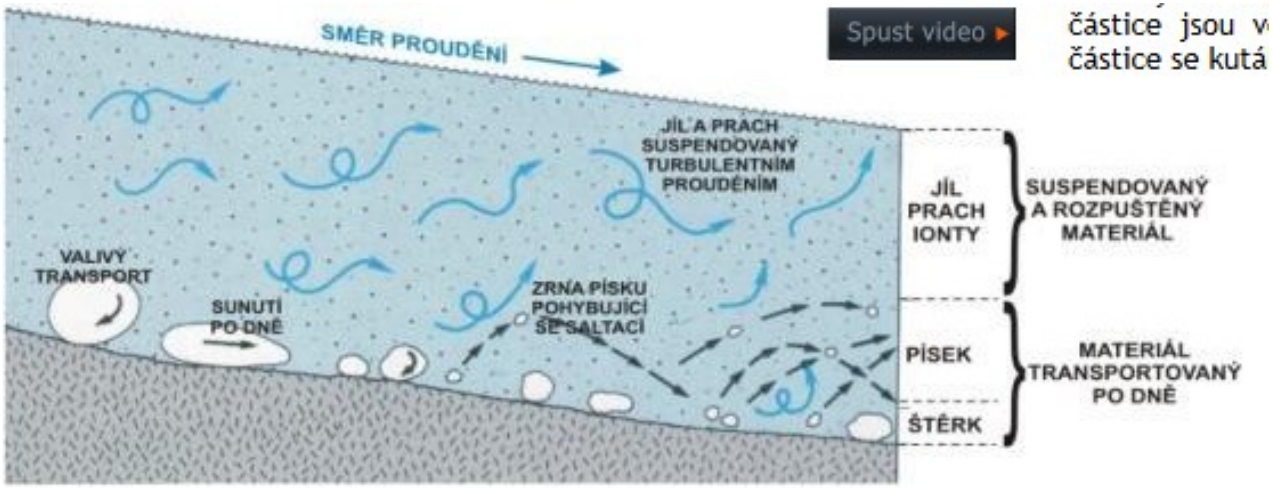
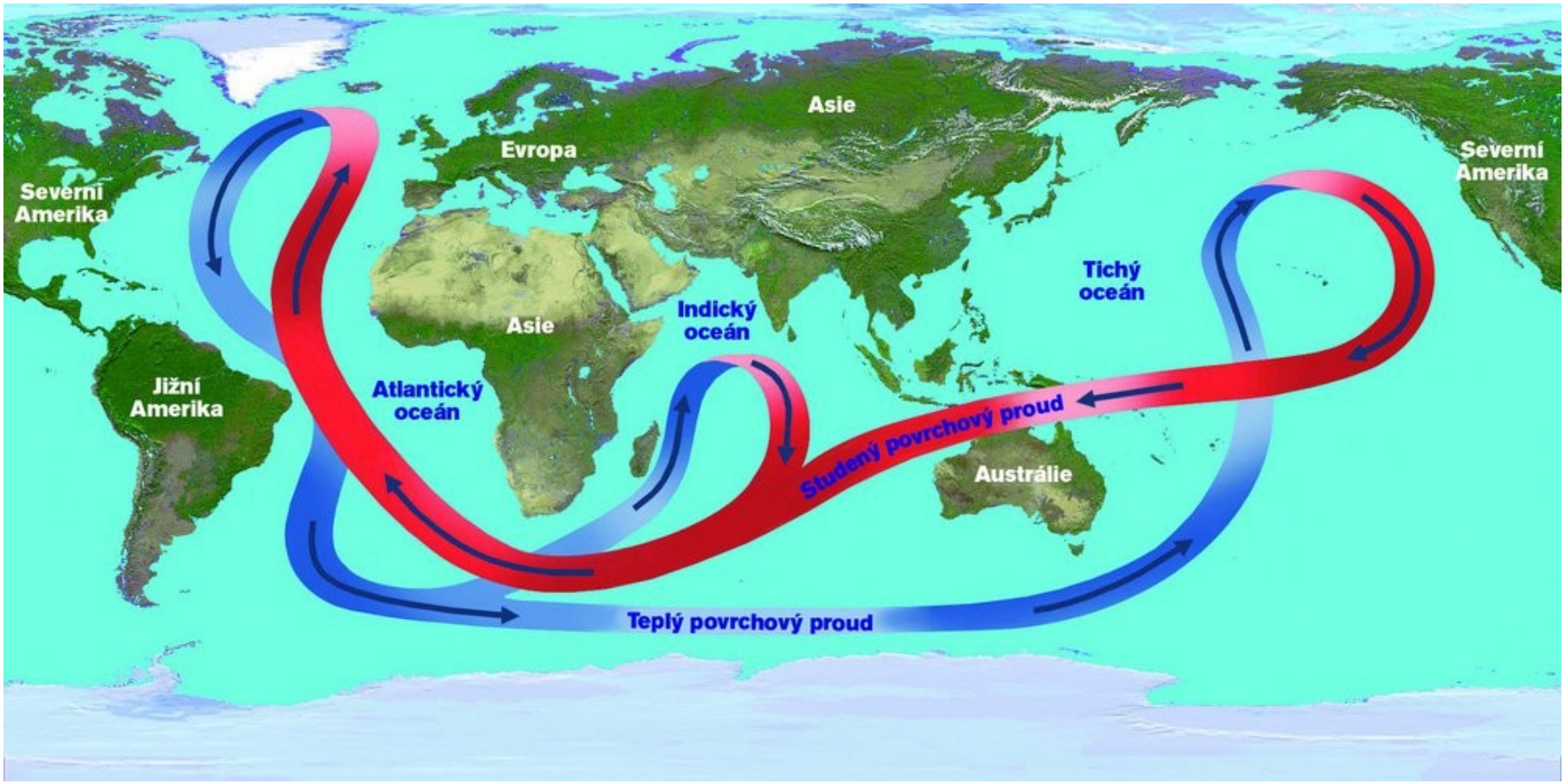


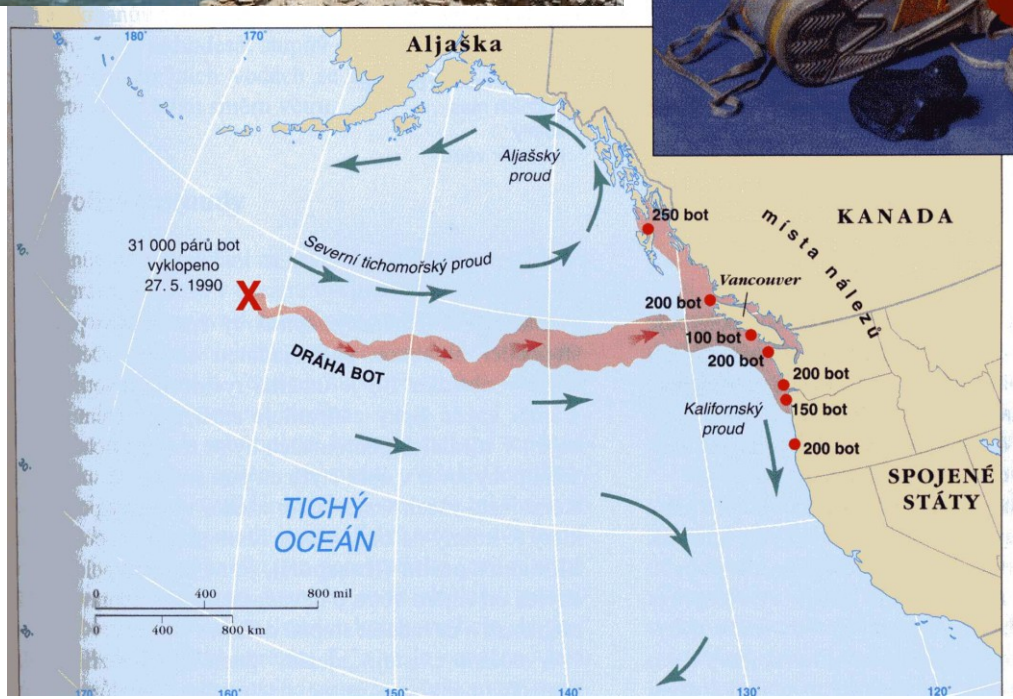
Schéma znázorňující transport různě velkých částic v říčním toku.

Cirkulace vody v oceánech a mořích

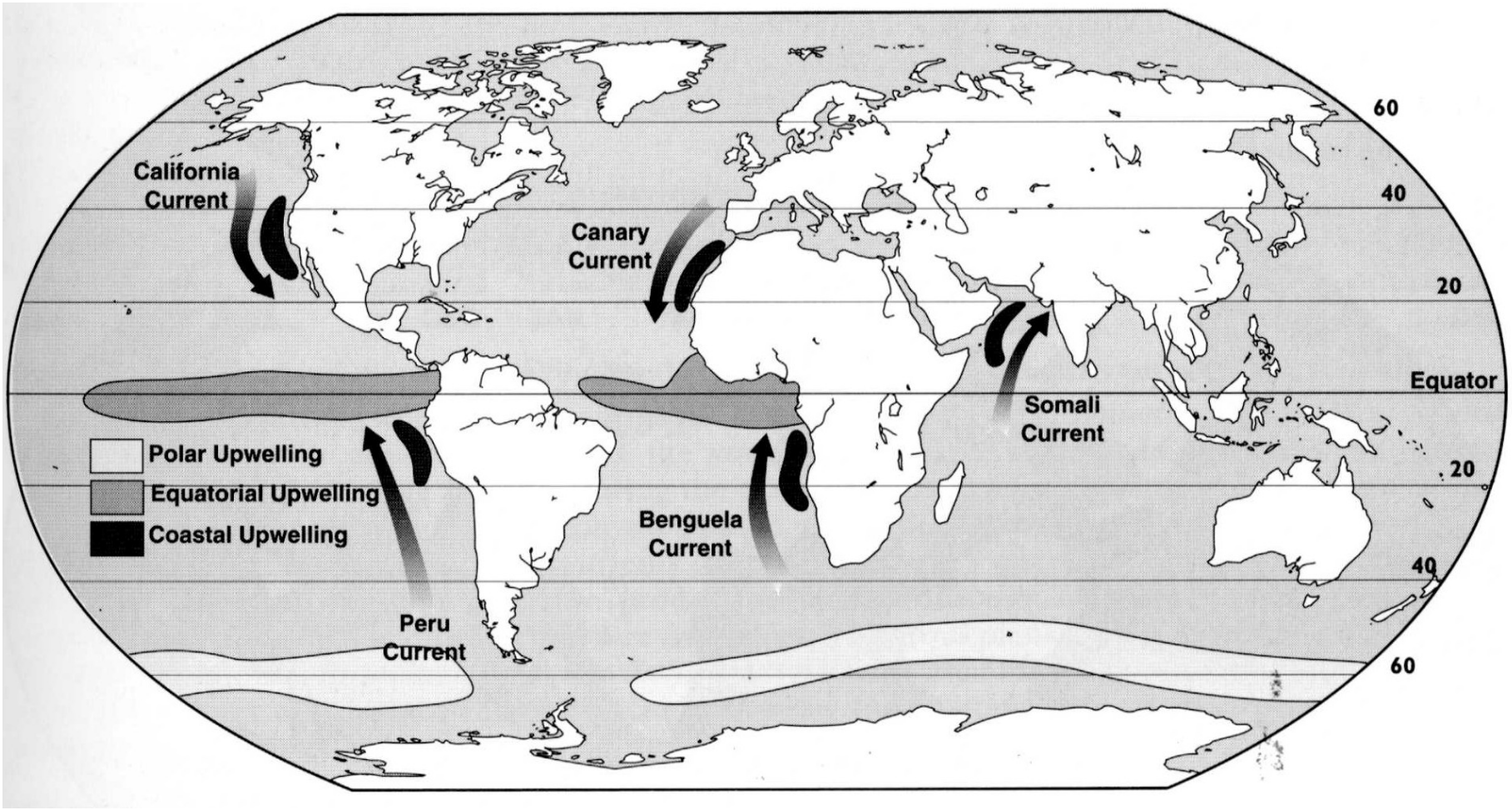


Mořské proudy

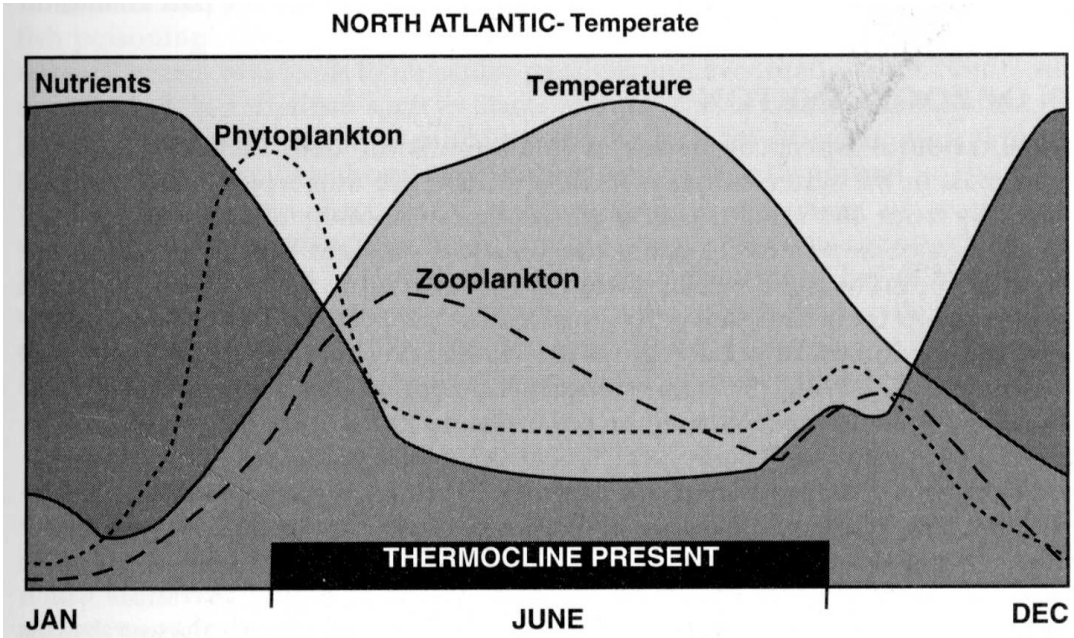
Mořské proudy - dráha pohybu bot z nehody v roce 1990 a místa jejich nalezení.



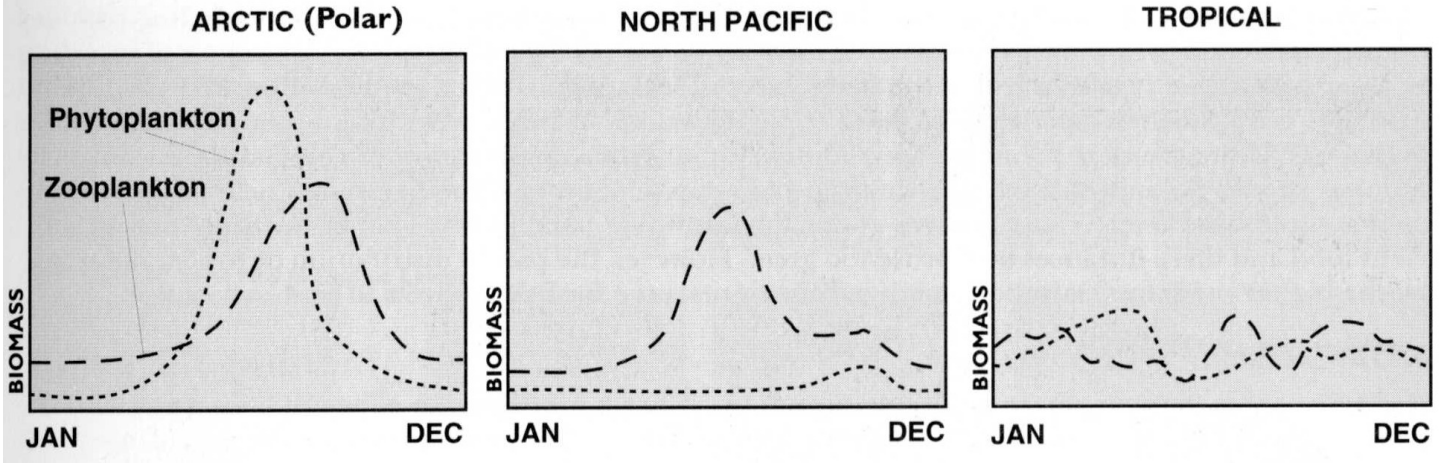
Oblasti zdvihu mořské vody

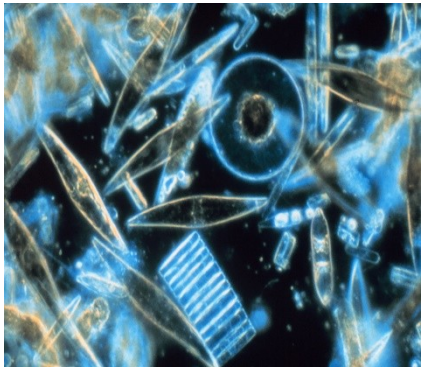


Sezónní variace produkce planktonu



Zooplankton





Rozsivky a řasy

Slapové jevy – Mořské dmutí

Leuresthes tenuis ve tření na pobřeží Kalifornie

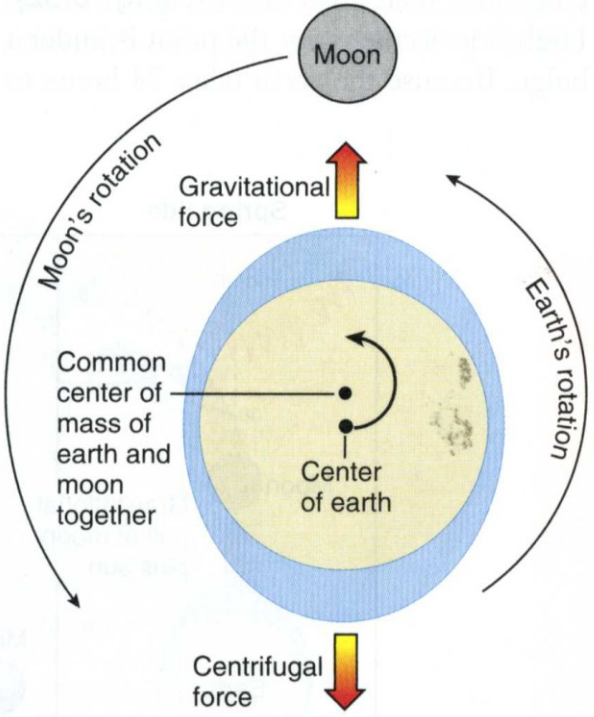
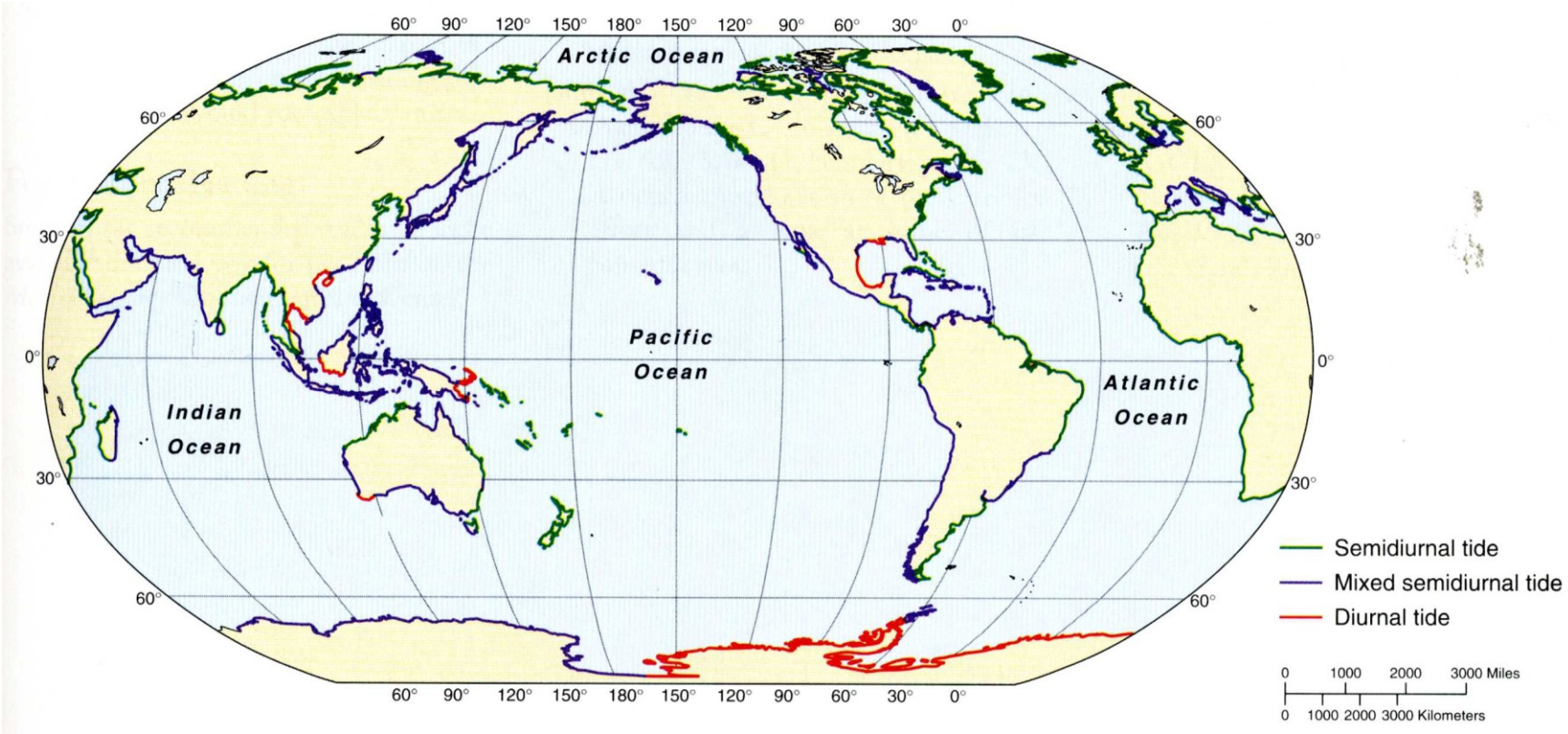
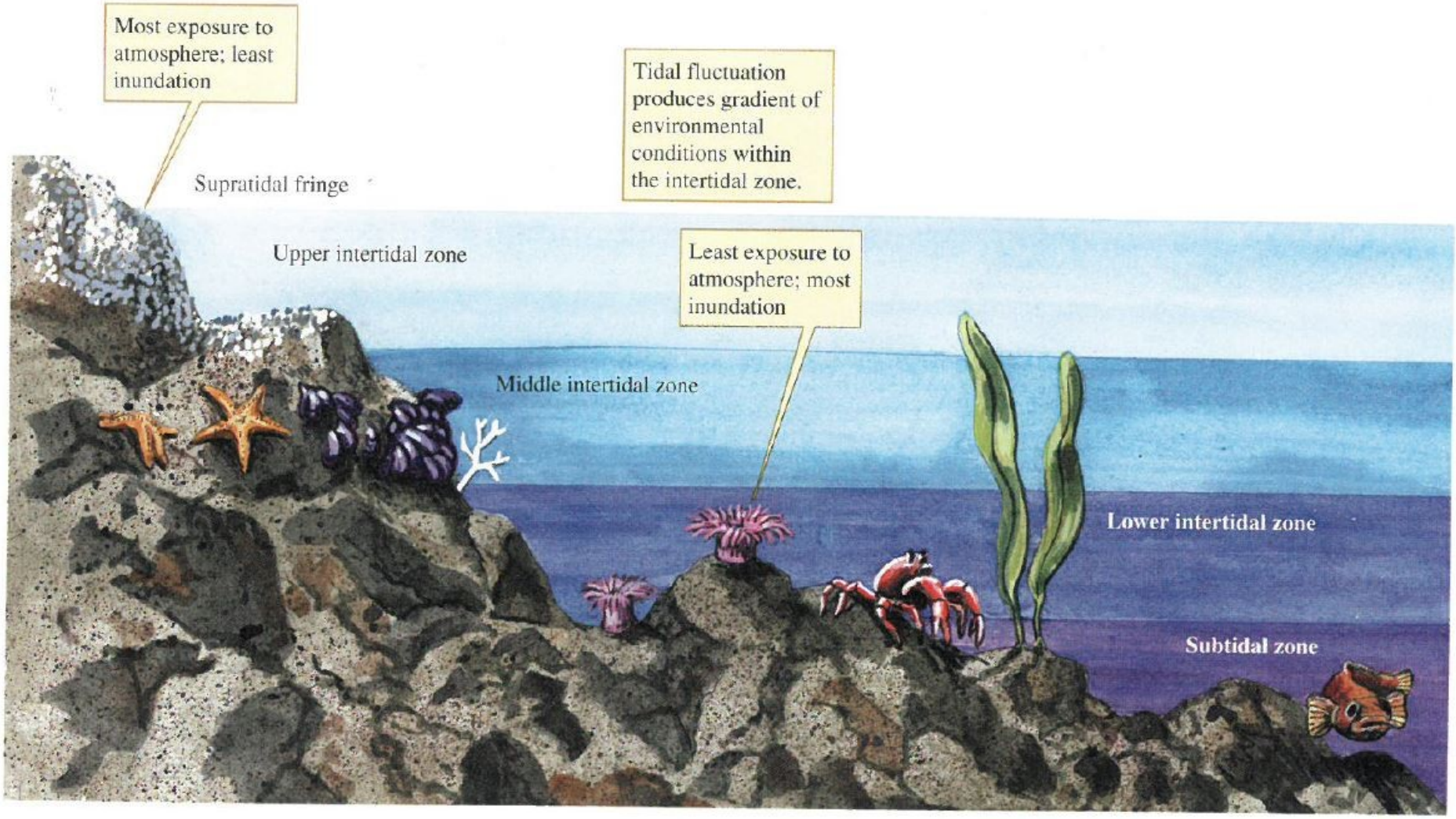


FIGURE 3.31 The moon does not exactly rotate around the earth. Instead, both the moon and earth rotate around their common center of mass, which lies inside the earth. Thus, the earth actually "wobbles" a bit, like an unbalanced tire. Centrifugal force produced by the earth's motion causes the

Distribuce typů přílivů -
semidiurnálního, smíšeného semidiurnálního a diurnálního



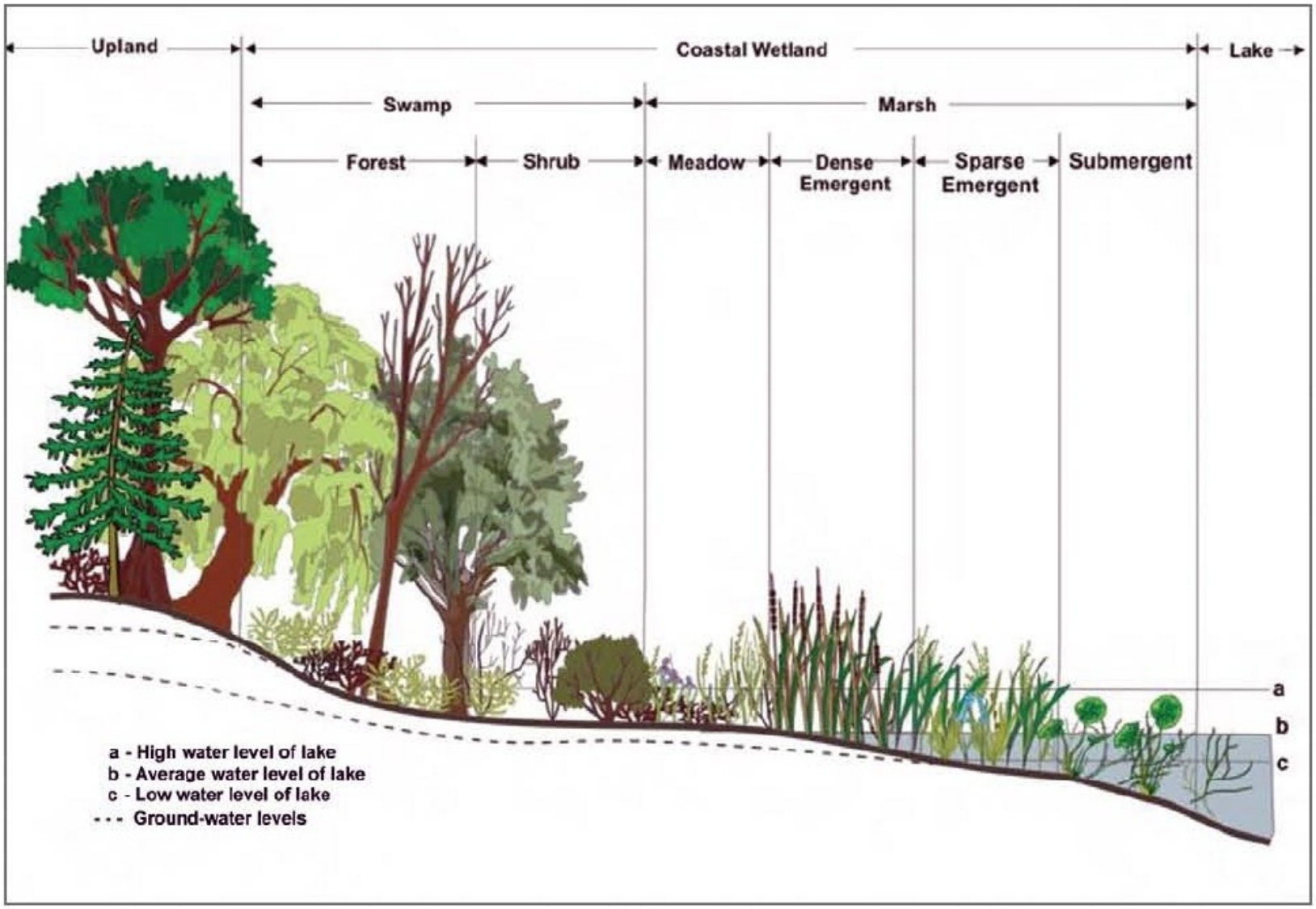
Přílivová zóna moře



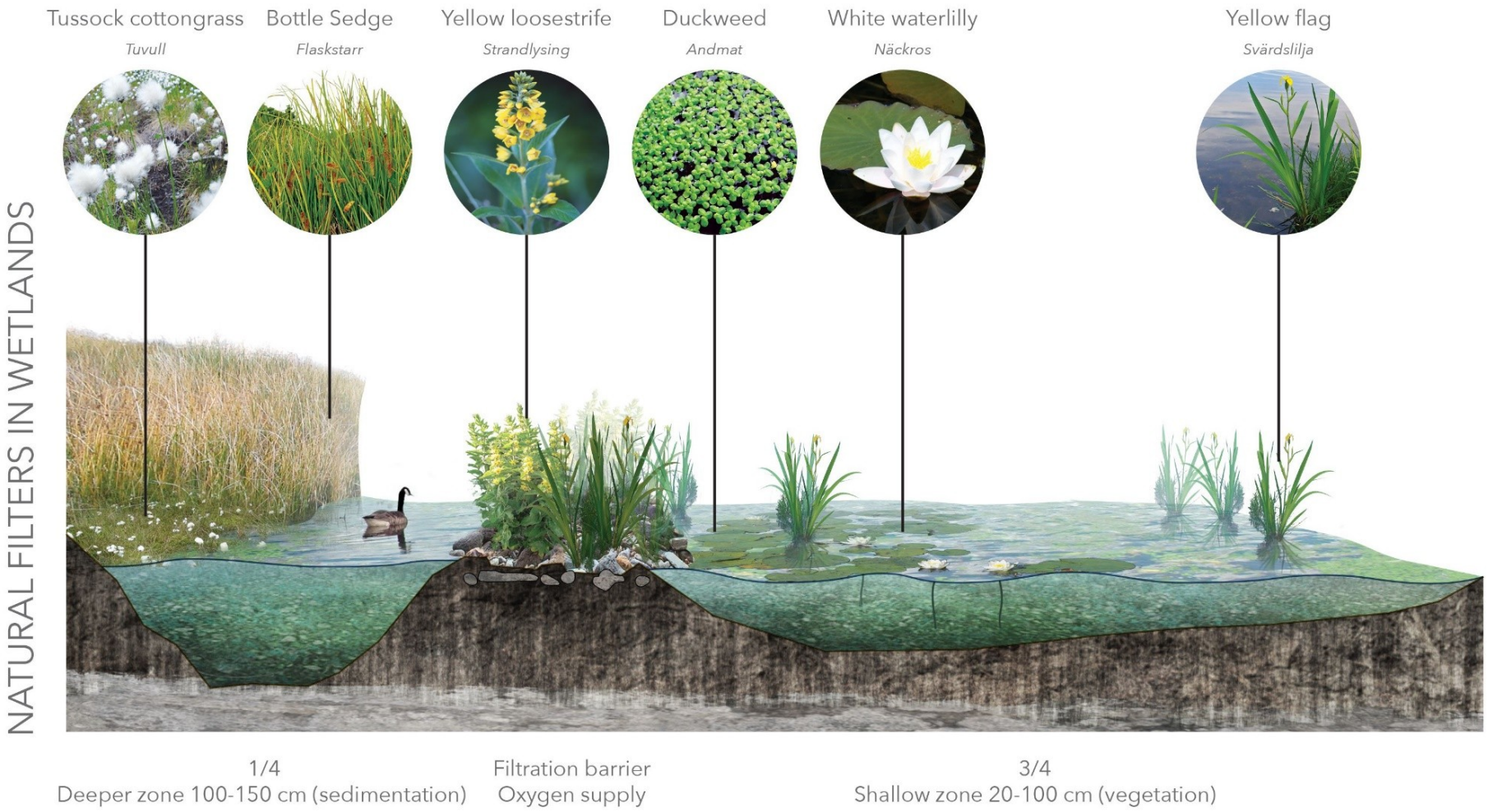
Pásmovitost (zonace) – břehy a pobřeží

- 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** = mozaikovité 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 břehu a typy vegetace



Mozaikovité společenstvo

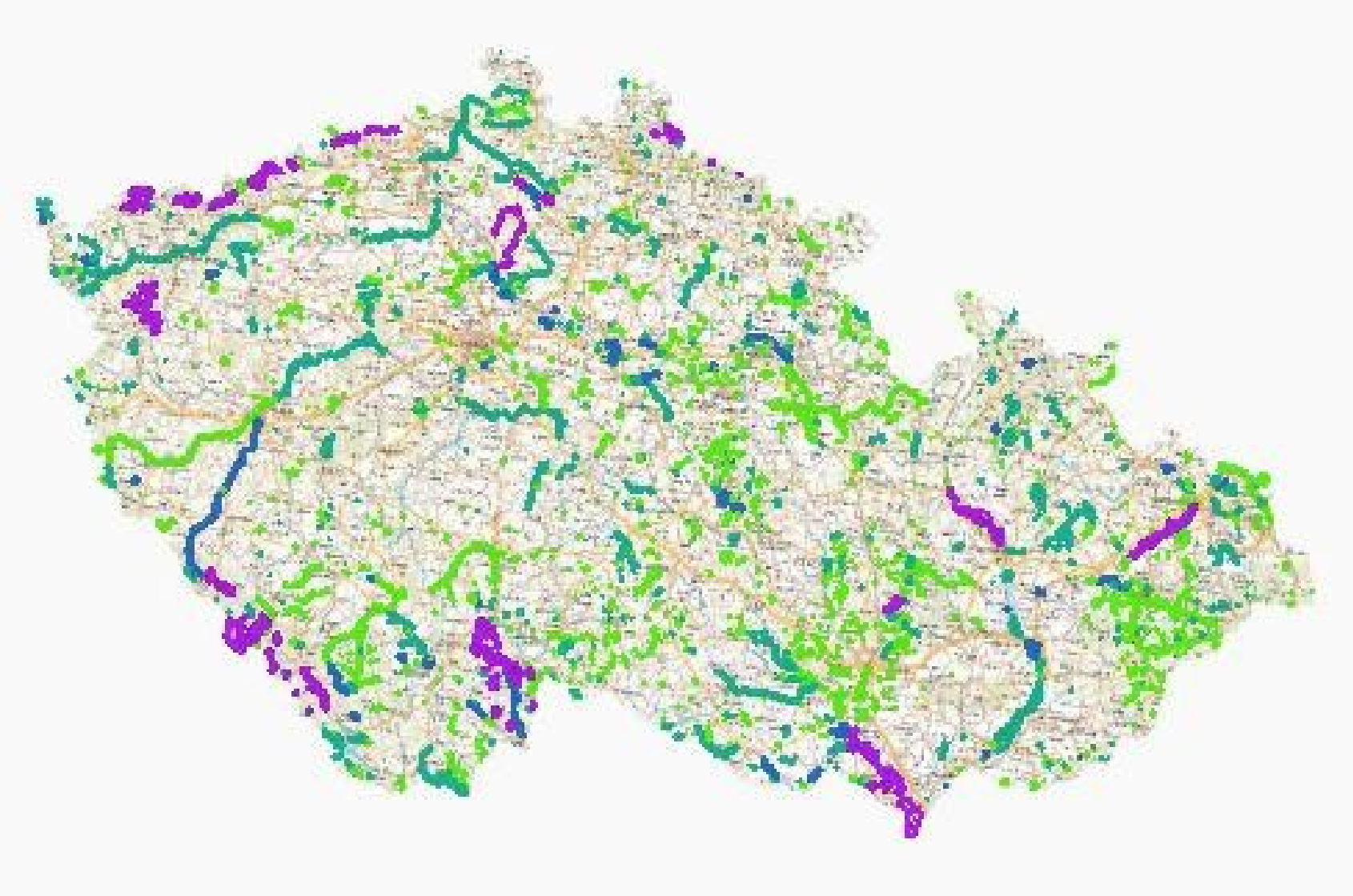


Ekologické zonace

Zonace

Mokřady

Mapa mokřadů v ČR



Ekologické zonace

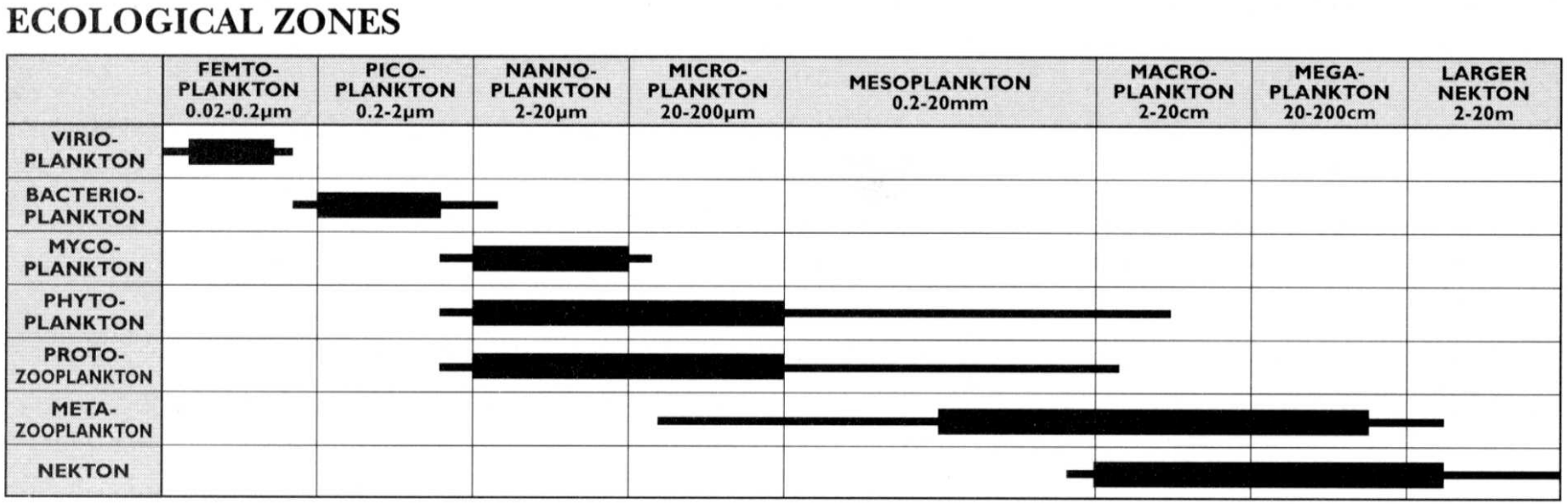


Table 6. Grade scale for size classification of pelagic organisms. (After Lalli and Parsons 1993).

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)

Látky rozpuštěné ve vodě

Oligotrofní versus eutrofní jezera

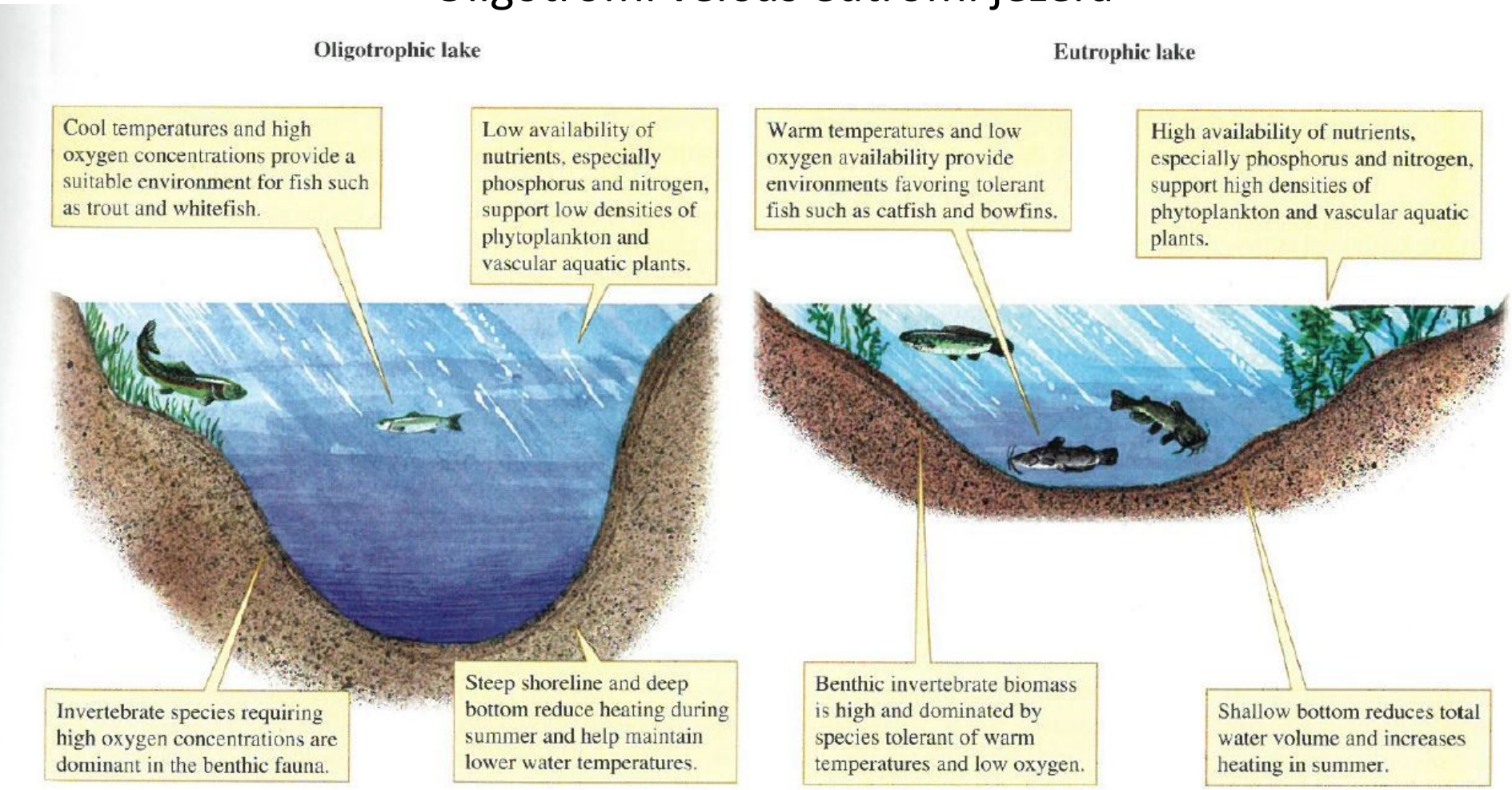


Figure 3.39 Oligotrophic and eutrophic lakes.

Znečištění vody

Bude v závěru přednášky !

Základní ekologické faktory vodního prostředí

Podmínky

- Teplota
- pH vody
- Salinita
- Hustota
- Hydrostatický tlak
- Pásmovitost (zonace)
- Proudění vody
- Slapové jevy
- Znečištění (viz aplikovaná ekologie)

Zdroje

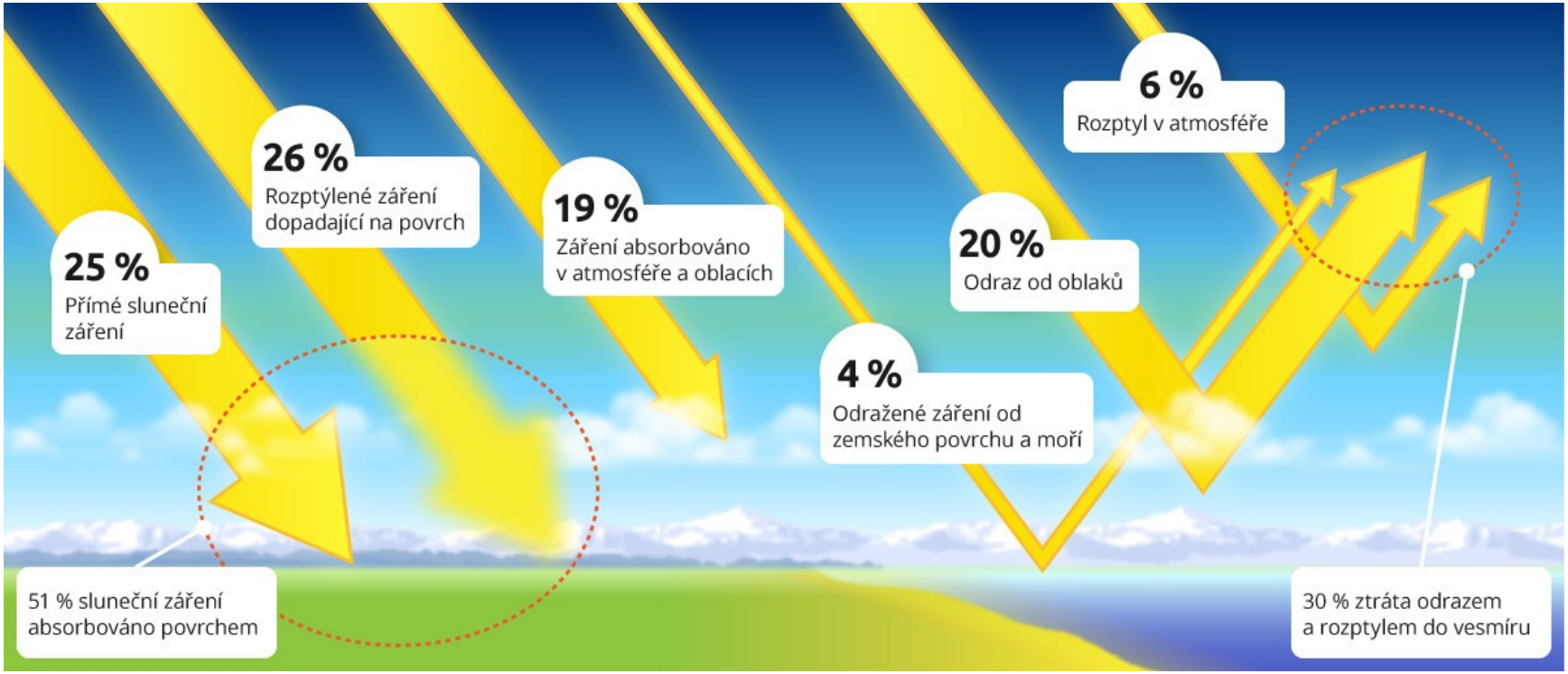
- Záření ve vodě
- Oxid uhličitý
- Kyslík
- Minerální živiny
- Organismy (potrava, samice)
- Prostor – hloubka - typologie vodního prostředí

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

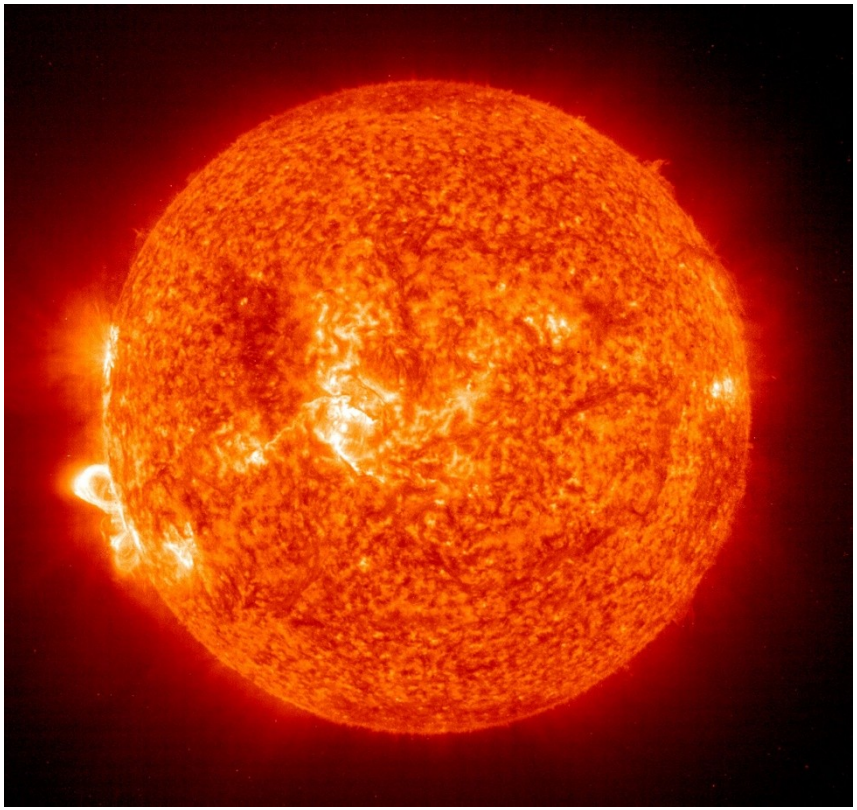
- Fotoperioda má mimořádný význam na reprodukci živočichů, synchronizuje dobu pohlavní aktivity s ročními sezónami

Slunce jako zdroj slunečního záření !

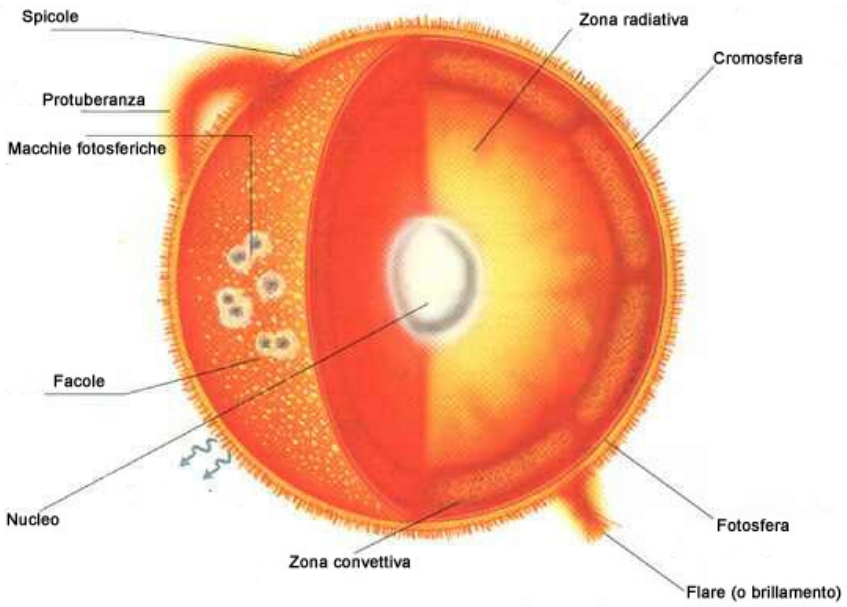


Stavba Slunce

Slunce



Jednotlivé vrstvy Slunece



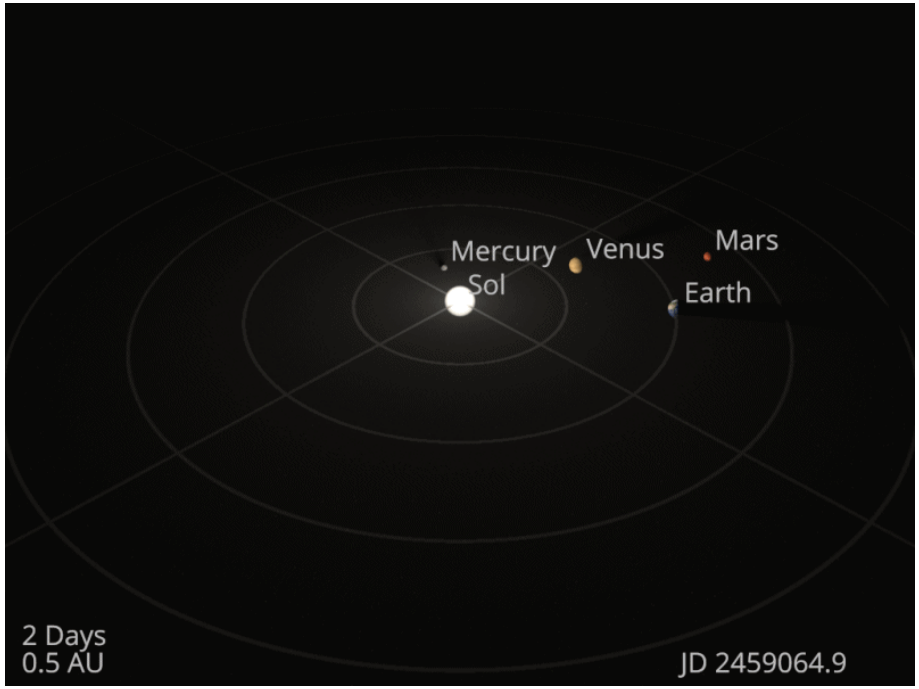
Slunce je hvězda !

- **Slunce** je hvězda ve středu Sluneční soustavy. **Od Země je vzdálena 1 au (asi 150 milionů km**), jde tedy o hvězdu **nejbližší Zemi**.
- **Obíhá okolo středu Mléčné dráhy** ve vzdálenosti od 25–28 tisíc světelných let. **Oběh trvá přibližně 226 milionů let**. **Hmotnost Slunce je asi 330 000krát větší než hmotnost Země a představuje 99,8 % hmotnosti sluneční soustavy**, ale jen asi 2 % jejího momentu hybnosti.
- Slunce je staré přibližně **4,6 miliard let**, což je řadí mezi **hvězdy středního věku**. Bude svítit ještě asi 5 až 7 miliard let. **Teplota na povrchu Slunce činí asi 5 800 K**, proto je lidé vnímají jako žluté (i když maximum jeho vyzařování je v zelené části viditelného spektra).
- **Průměr Slunce** je zhruba **1 400 000 km**, což činí asi **109 průměrů Země.**

Animace vývoje sluneční soustavy - obíhající planety

tzv. Vnitřní planety **tzv. Vnější planety**

(Animace vnějších planet je 100 krát rychlejší než animace planet vnitřních).



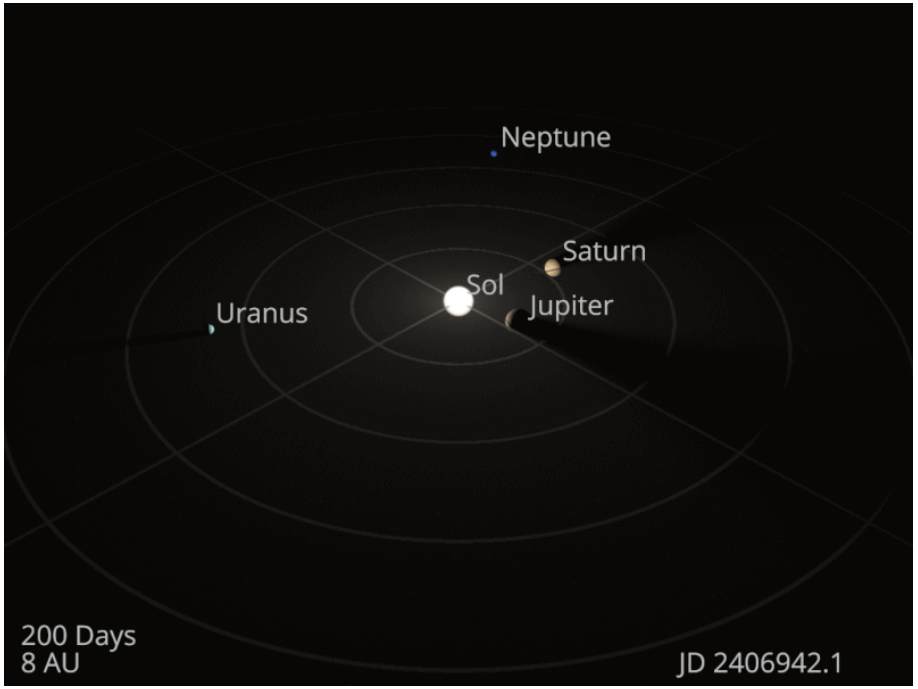
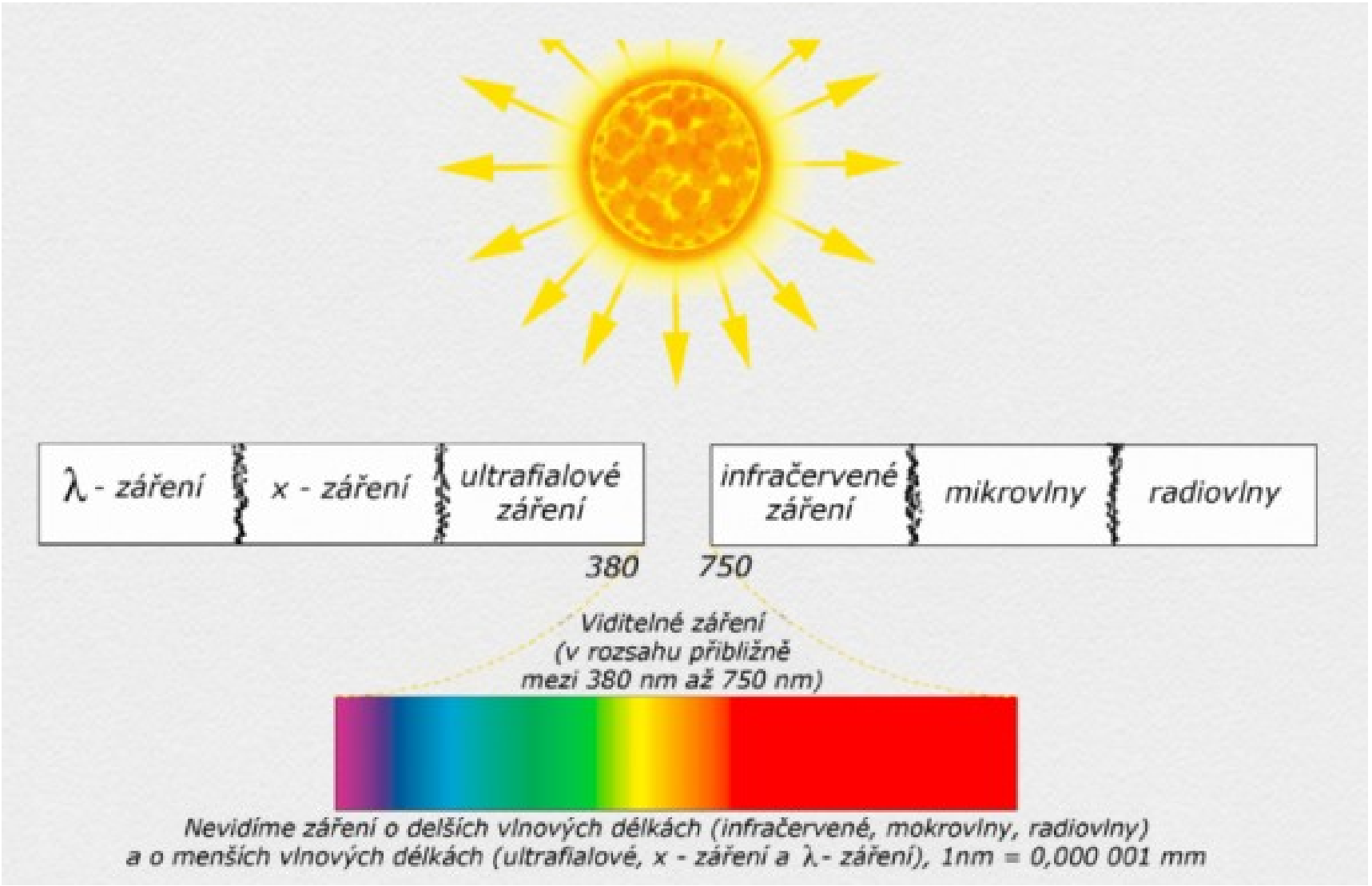


Diagram vzdálenosti mezi planetami v měřítku, velikost planet není v měřítku.

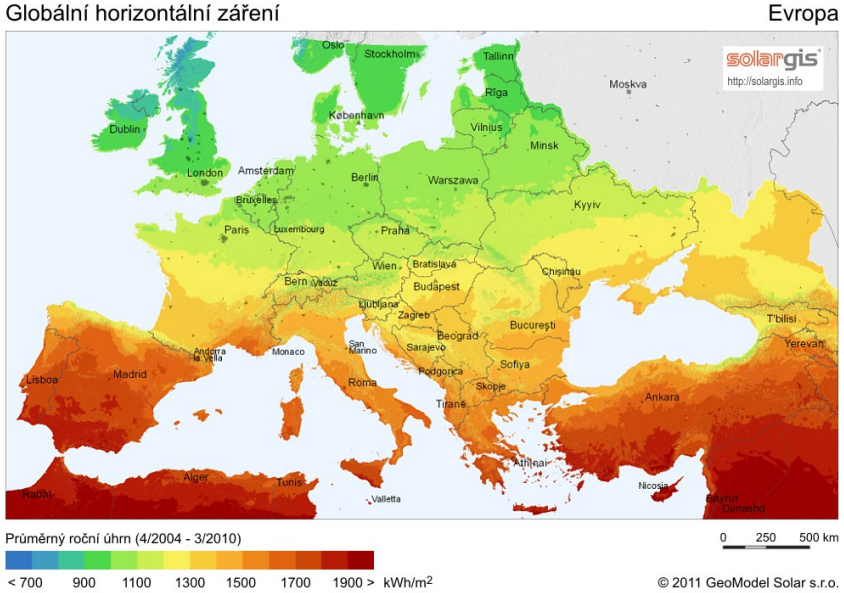
Složení slunečního záření u povrchu Země



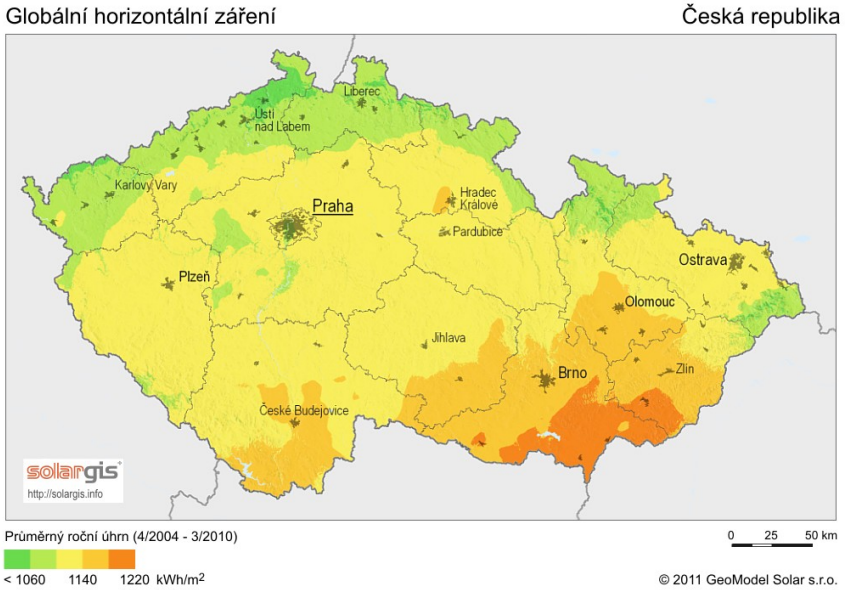
Insolace je tok sluneční energie na osvětlený povrch Země bez atmosféry.

(Závisí na výšce Slunce, maximální insolace je pro Slunce v zenitu)

Sluneční záření v Evropě



Sluneční záření v Česku



Cykličnost - 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

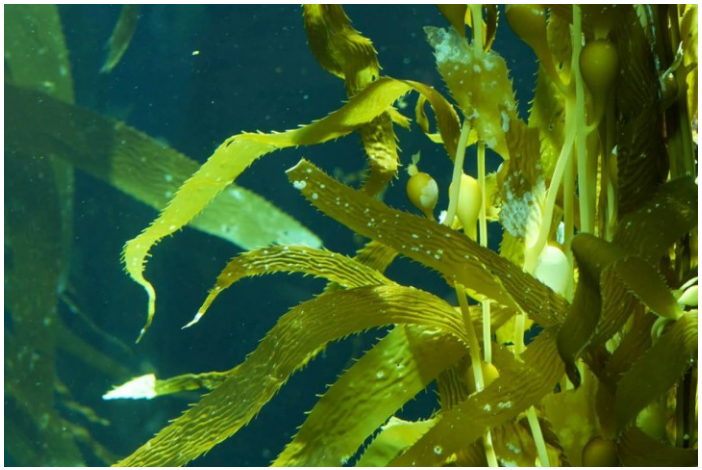
Lunární rytmy – důsledek mořského dmutí. Měsíční kulminace – (*Eunice viridis)*

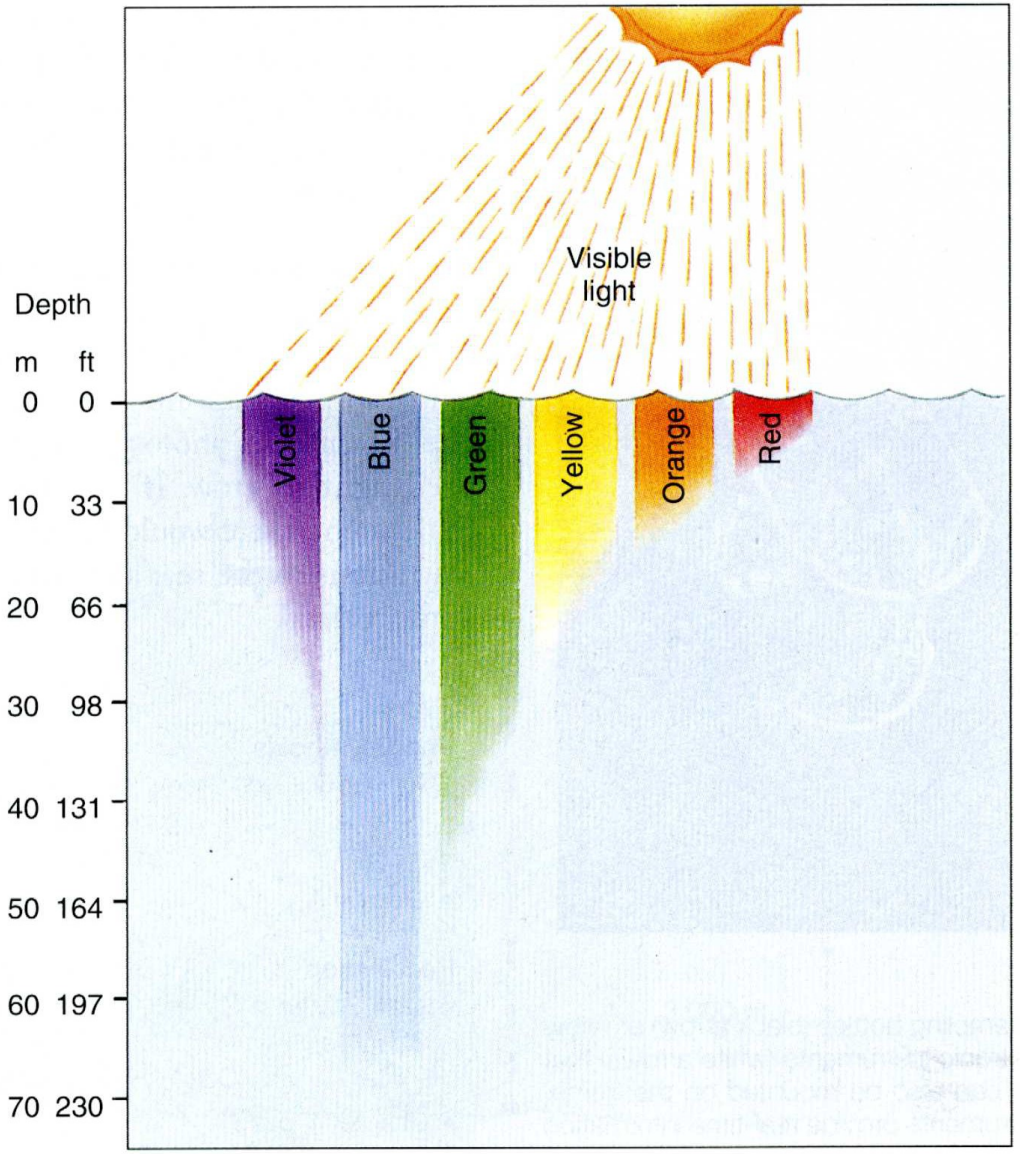
Záření

Průnik částí světelného spektra do vody

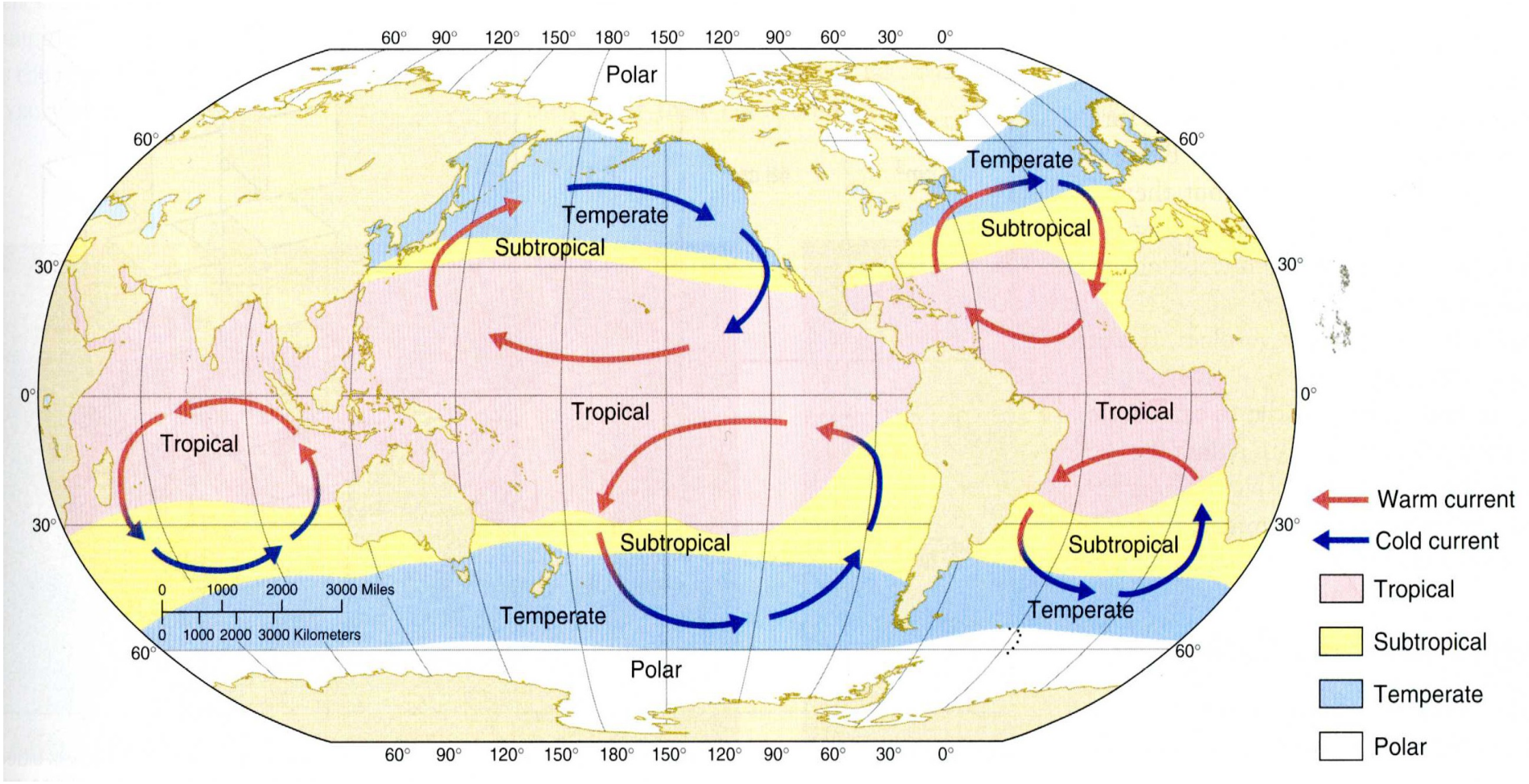
Modré světlo proniká nejhlouběji.

Červené naopak nejméně hluboko.





Výskyt mořských organismů závisí na teplotě mořské vody – teplotní oblasti



Záření - Fotokinetické reakce

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

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 CO_2 je v atmosféře kolem 300ppm tj. kolísá zhruba od 0,027 – 0,033%

Zdroje CO_2

Zdrojem je téměř výlučně atmosféra:

- Hoření uhlíkatých látek
- Dýchání živých organismů
- Rozklad organických látek
- Sopečná činnost
- Znečištění ovzduší

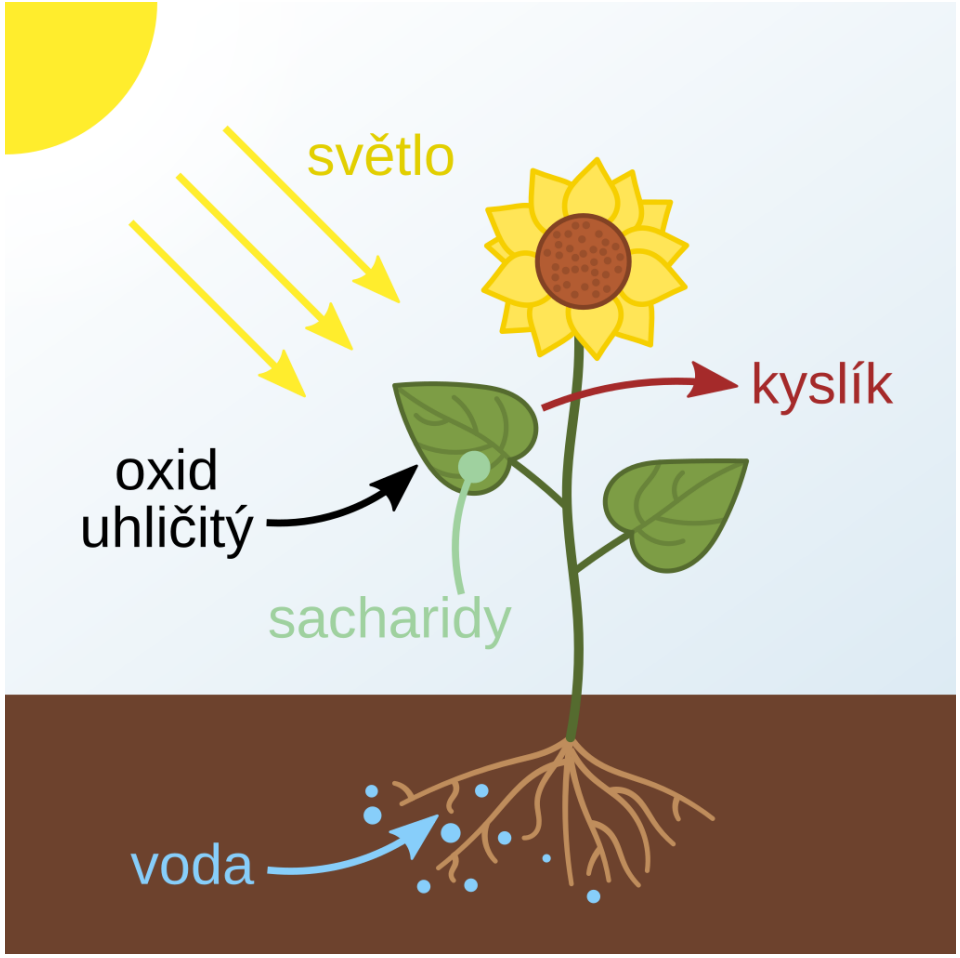
- V průmyslových oblastech roste koncentrace až 10x
- Termitiště CO_2 až 50 x více
- Doupata a nory zvířat – zvýšené hodnoty
- Sopečná činnost – úhyny ptáků a savců

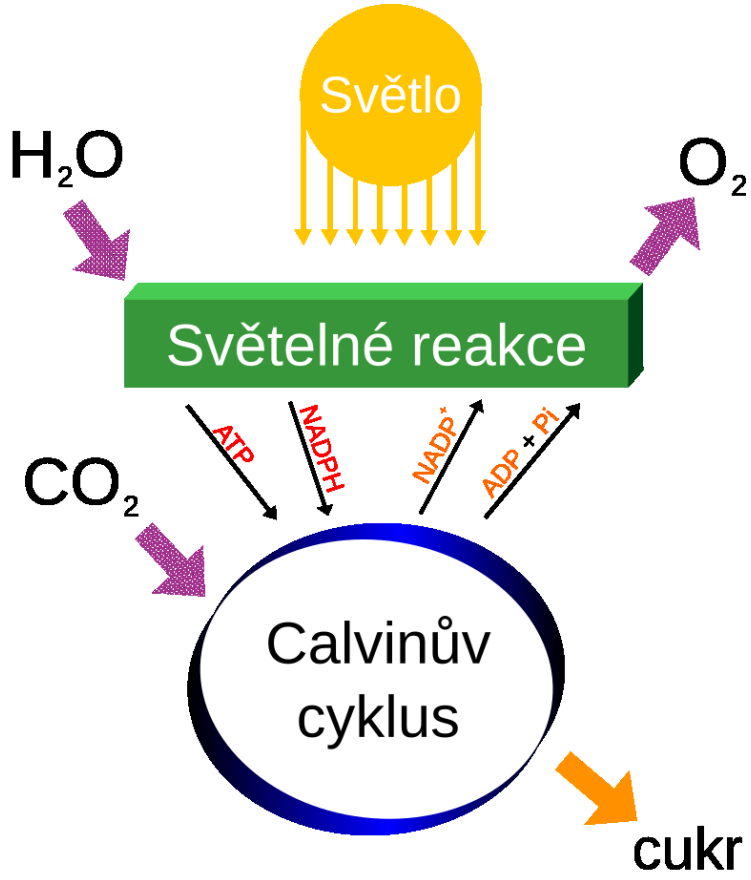
Kyslík jako zdroj !

Hlavním zdrojem kyslíku v biosféře a atmosféře je **fotosyntéza**, při níž se mimo jiné rozkládá voda na kyslík a oxid uhličitý je přeměňován na jednoduchý cukr: $6CO_2 + 6H_2O + \text{energie} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O$.

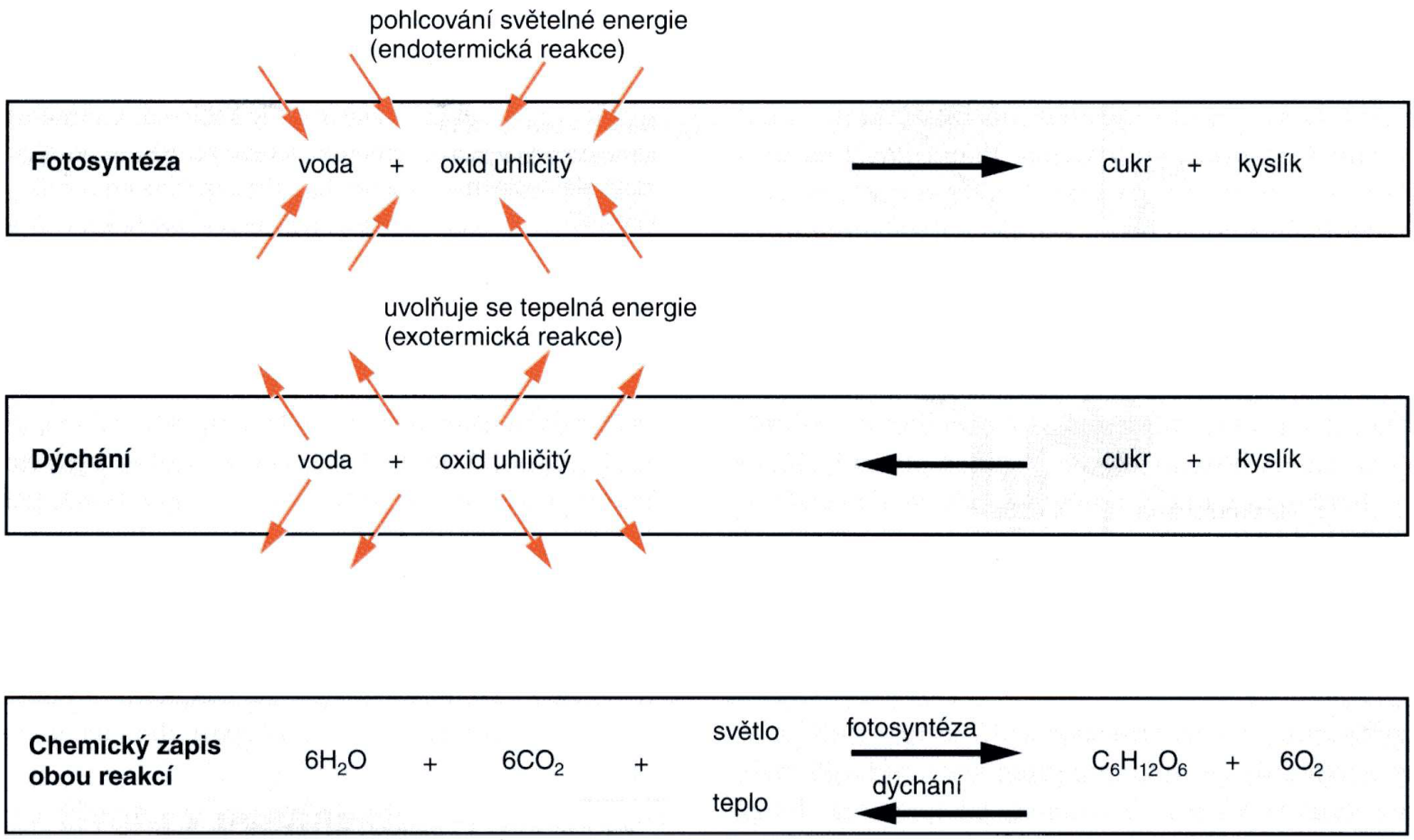
Mezi **fotosyntetizující (fotoautotrofní**) organismy patří zelené rostliny, ale i fytoplankton v oceánech.

Fotosyntéza



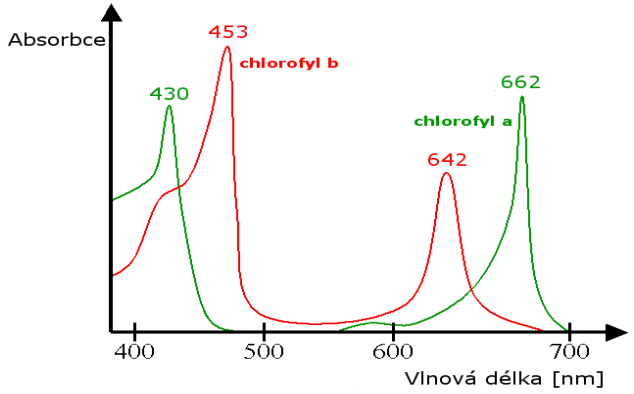


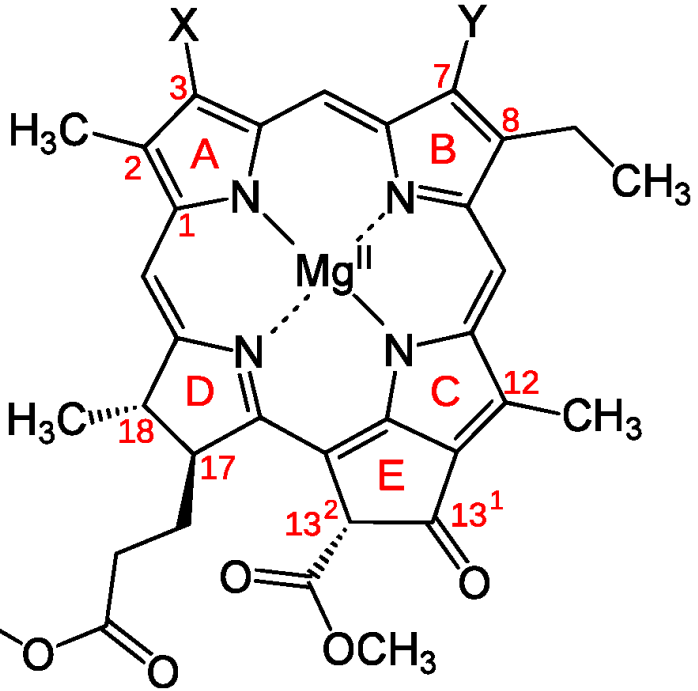
Fotosyntéza a dýchání

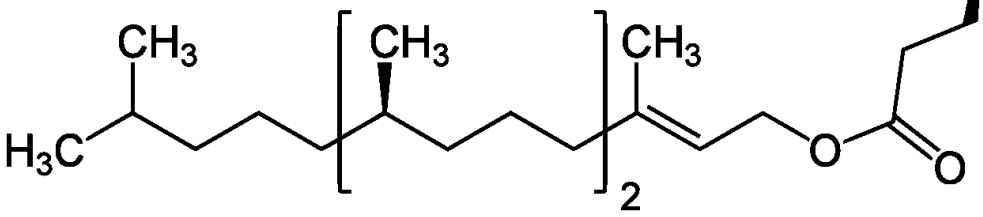


Zázrak jménem chlorofyl !

Chlorofyl je zelený pigment obsažený v zelených rostlinách, sinicích a některých řasách.







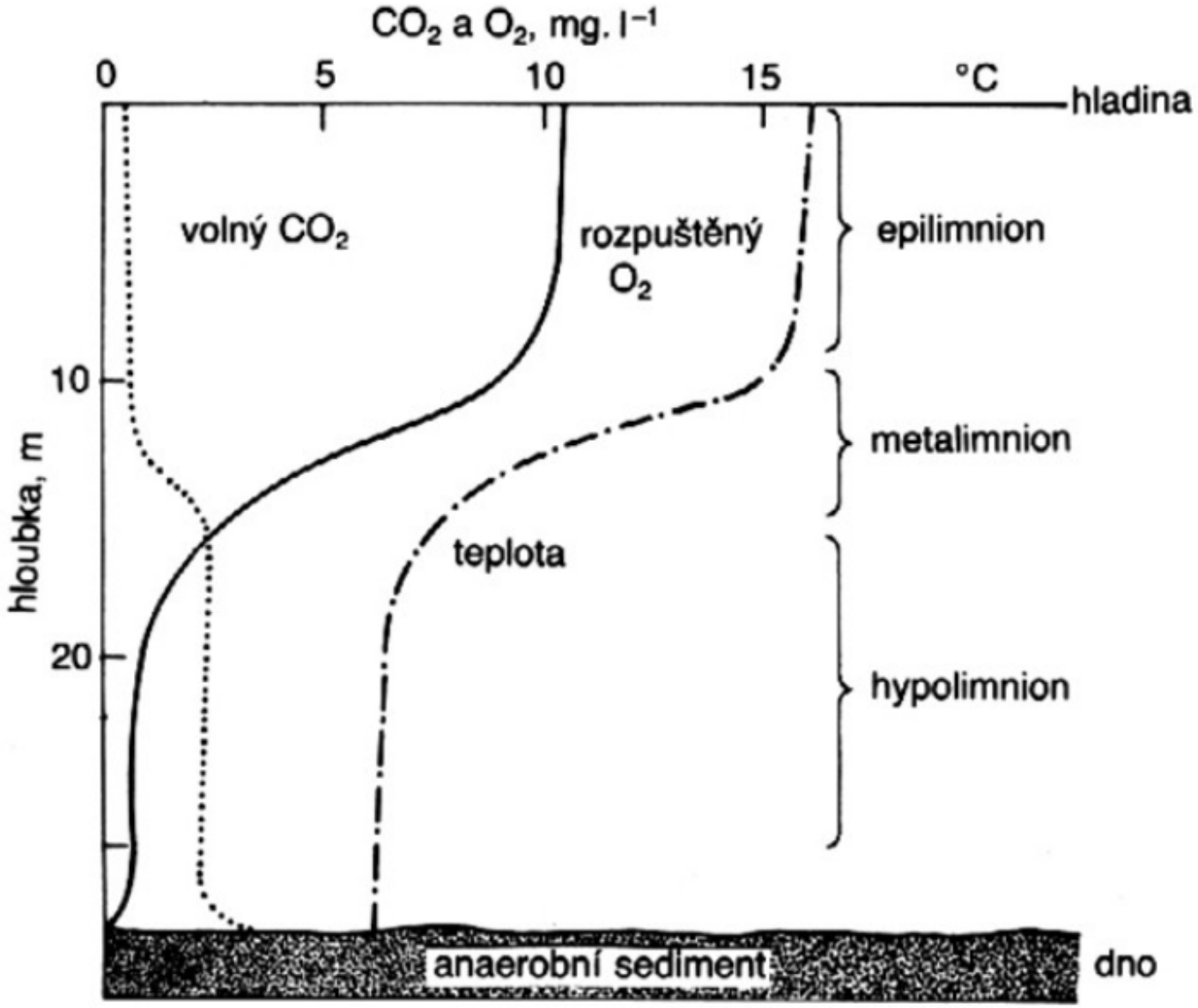
Cyklické kolísání CO_2

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

Oxid uhličitý a fotosyntéza

- V důsledku intenzivní fotosyntézy může dojít k úplnému vyčerpání obsahu CO_2 a tím vzrůstu pH nad 8,3. V eutrofních vodách může být tedy i látkou limitující rozvoj rostlin.
- $CaCO_3 + H_2O + CO_2 \leftrightarrows Ca^{2+} + 2\ HCO_3^-$
- Po odčerpání volného CO_2 dochází k rozkladu kyselých uhličitanů a pH vody může vystoupit až nad hodnotu 10,0, při rozkladu normálních uhličitanů pak až na hodnoty kolem pH 11,0.
- $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$
- $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$
- Rozpustnost $CaCO_3$ ve vodě je asi 15 $mg.l^{-1}$, pokud voda neobsahuje rozpuštěný CO_2.

Vztah teploty vody CO_2 a O_2



Oxid uhličitý – extrémní stavy

- Nadbytek CO_2 ve vodě může vést ke ztíženému uvolňování vydechovaného CO_2 (uvolňování přes žábry či jiné povrchy) z těl hydrobiontů.

- V přírodě však zpravidla k těmto extrémním stavům nedochází. Nadbytek CO_2 se kombinuje s dalšími nepříznivými faktory, zpravidla s nedostatkem kyslíku, nízkým pH a zvýšeným obsahem Fe.

- Je-li ve vodě přítomno naopak menší množství volného CO_2 než odpovídá rovnovážnému stavu, má voda tendenci vylučovat $CaCO_3$ a tvořit inkrustace.

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 O_2 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 **stenooxybiontní** (torentilní úseky)
- Zdrojem kyslíku je atmosféra a asimilace rostlin

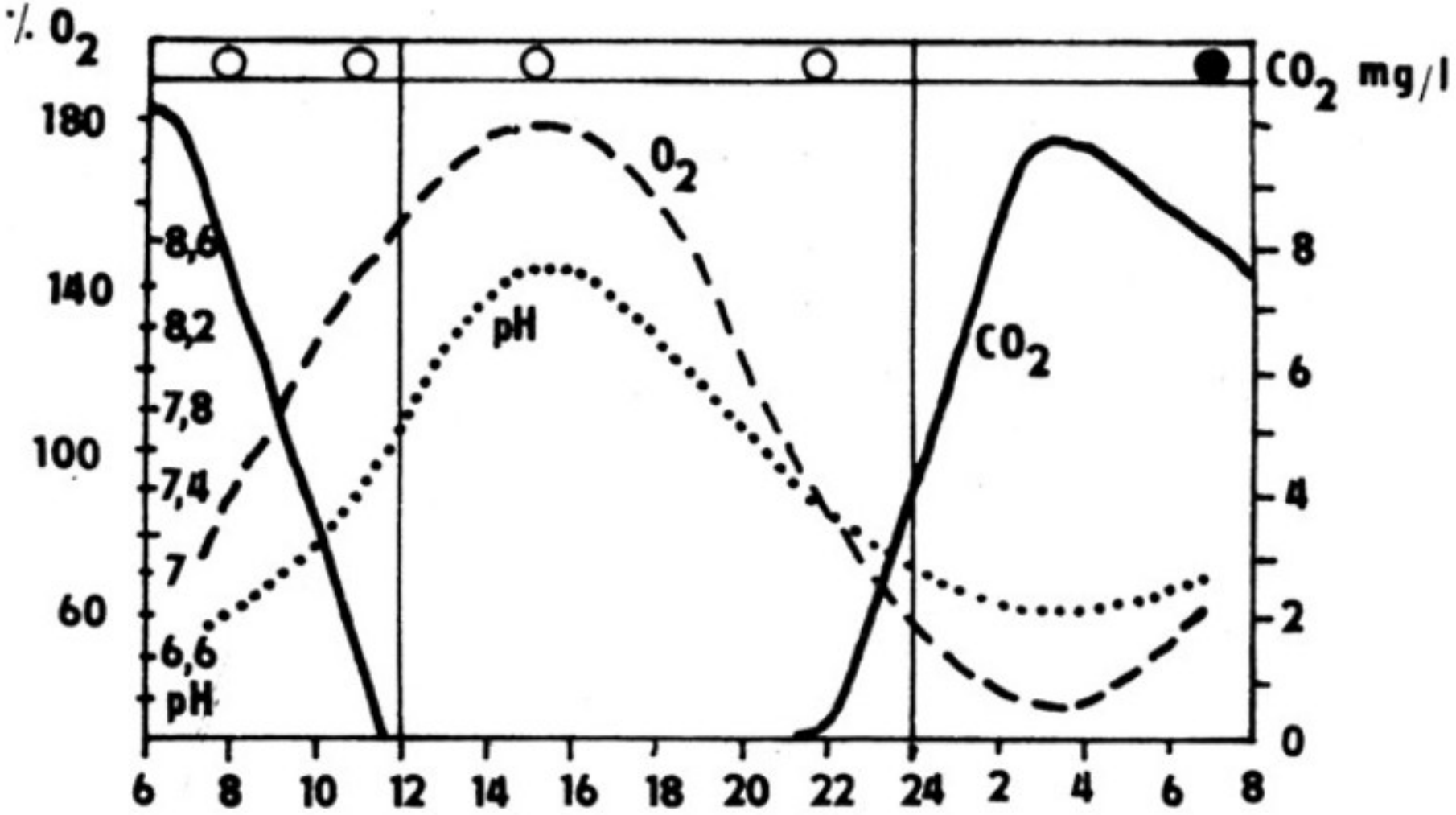
Absorpce kyslíku

- Absorpční koeficient pro O_2 je při teplotě 20 oC 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

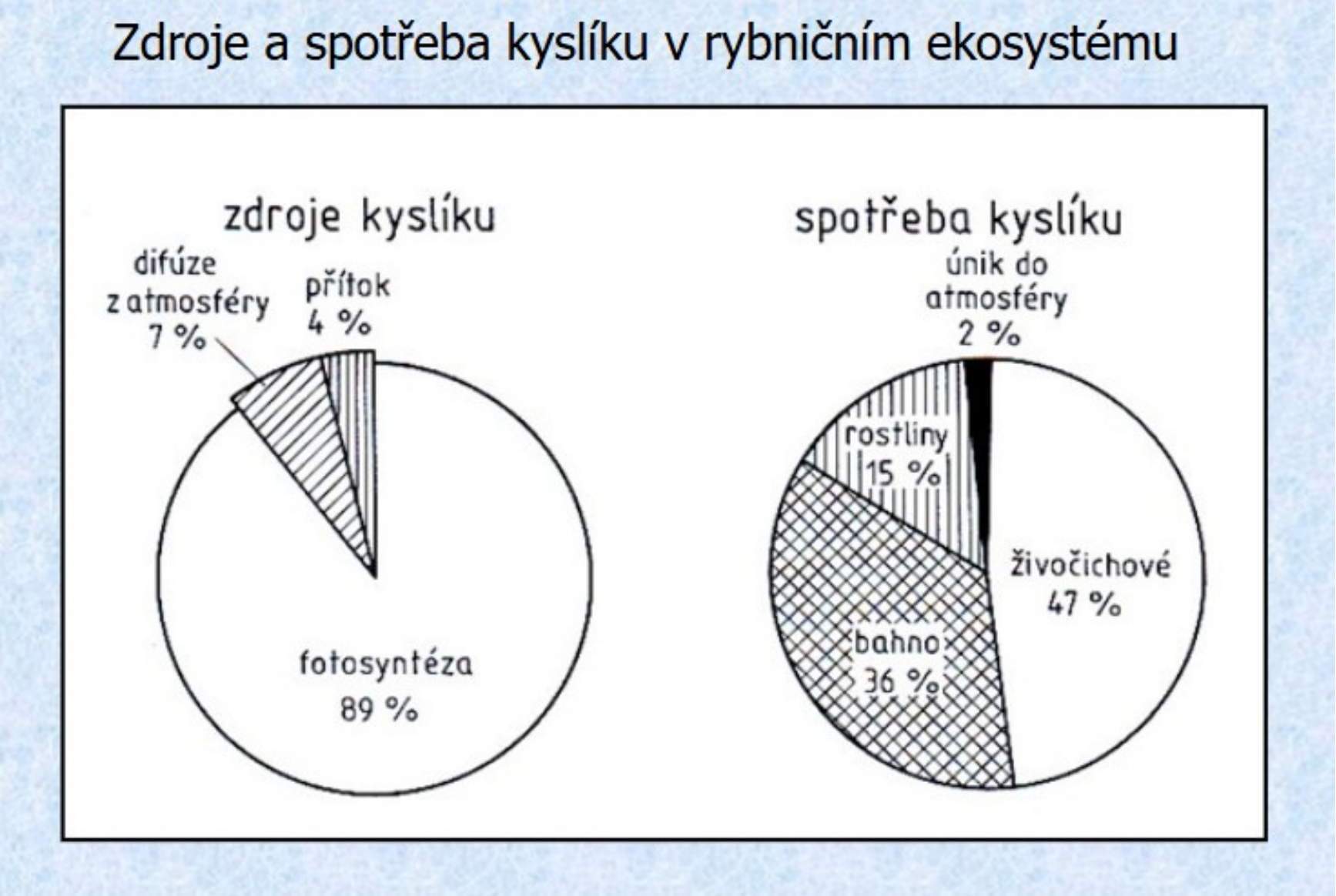
Rozpuštěný kyslík

- Množství rozpuštěného kyslíku ve vodě závisí na atmosférickém tlaku, množství rozpuštěných látek ve vodě a především na teplotě vody.
- S rostoucí teplotou, množstvím rozpuštěných látek ve vodě a rostoucím tlaku se ve vodě rozpouští stále méně kyslíku.
- Do vody se kyslík dostává jednak ze vzduchu, jednak z fotosyntézy vodních rostlin, řas a sinic.
- Kyslík je z vody spotřebováván na dýchání všech organismů a na veškeré oxidační procesy jak organických, tak anorganických látek.
- Vodu, která má obsah kyslíku odpovídající daným fyzikálním podmínkám (tj. tlaku a teplotě), označujeme jako vodu nasycenou kyslíkem na 100 %.

Změny v koncentraci O_2, pH a CO_2 během 24 hodin



Zdroje a spotřeba kyslíku v rybničním ekosystému



Kyslík a tolerance organismů

- Podle vztahu ke kyslíku se dělí organismy na ***euroxybiontní*** a ***stenoxybiontní***.
- Obsah kyslíku ve vodě je jedním z nejdůležitějších faktorů při chovu ryb. Jednotlivé druhy ryb mají dosti odlišné nároky na obsah kyslíku ve vodě.
- Pro ***lososovité*** v letních měsících je kritické množství kyslíku 5,0 - 5,5 $mg \cdot l^{-1}$. Při 4,0 $mg \cdot l^{-1}$ lze pozorovat obtíže při dýchání a při 1,0 - 2,0 $mg \cdot l^{-1}$ již v krátkém čase hynou.
- Obsah kyslíku u dna stojatých vod značně ovlivňuje výskyt organizmů. Vody s dostatkem kyslíku u dna jsou osídleny převážně larvami pakomárů rodu *Tanytarsus* (**tanytarsové nádrže**). Vody s nízkým obsahem kyslíku u dna jsou osídleny převážně larvami pakomárů rodu *Chironomus* (**chironomové nádrže**). V případě, že kyslík u dna chybí a naopak je přítomen sirovodík je dno často osídleno larvami koreter rodu *Chaoborus* (**chaoborové nádrže**).

Kyslík - tolerance organismů

(vysoká koncentrace)

Pstruh potoční

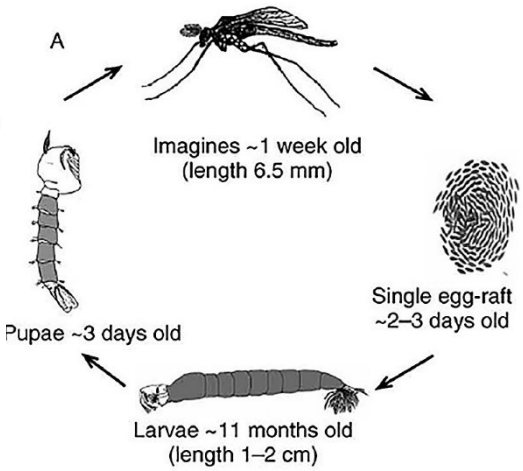
Pstruh duhový

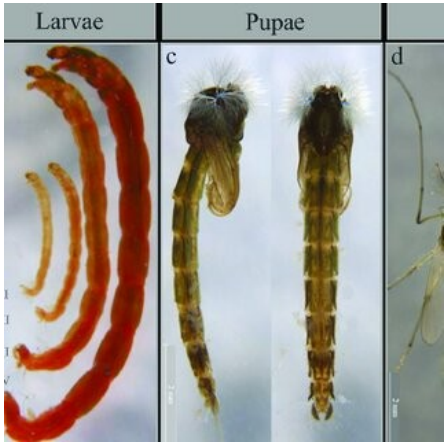
Komáři rodu Tanytarsus - imago

Komáři rodu Tanytarsus -larvy

Kyslík - tolerance organismů
(nízká koncentrace)

Komáři rodu
Chironomus - imago





Komáři rodu
Chironomus - larvy

Komáři rodu
Chaoborus:
imago (nahoře) a
larva (dole)

Kritické stavy v obsahu kyslíku

- V zimním období led a silná vrstva sněhu.
- V letním období v ranních hodinách v silně eutrofních vodách.
- V nádržích značně přesazených rybami nebo zaplněných zooplanktonem.
- Při náhlém odeznění vodního květu sinic.
- Při rozkladu herbicidem zasažených nebo posekaných vodních rostlin.
- Při zatížení nádrže odpadními vodami.
- Při přepravě většího množství ryb v malých nádržích.

Prostor jako zdroj

Typologie vodního prostředí

- Ekologie sladkých vod
- Ekologie oceánů a moří

Prostorová struktura toku

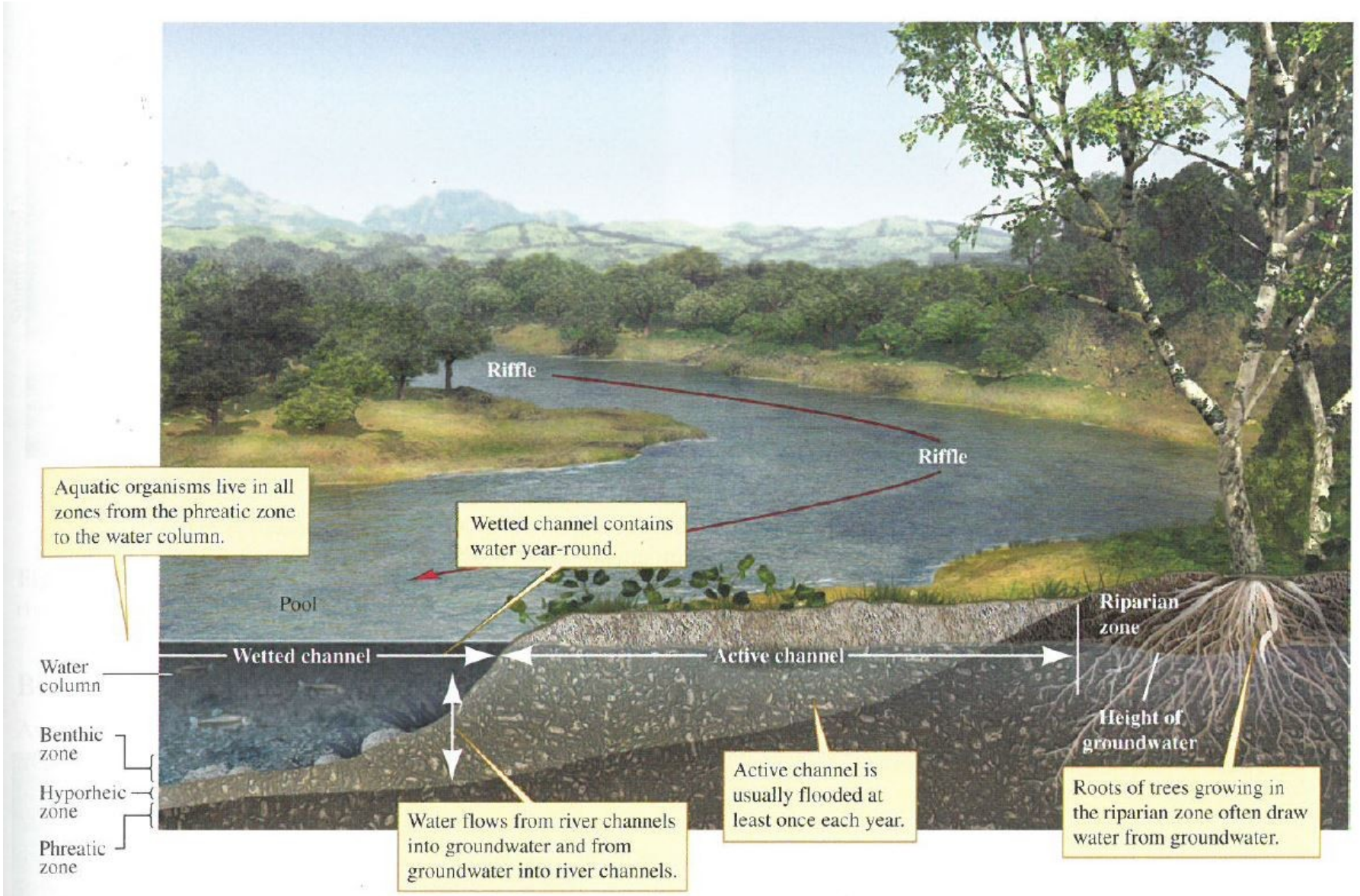


Figure 3.30 The three dimensions of stream structure.

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

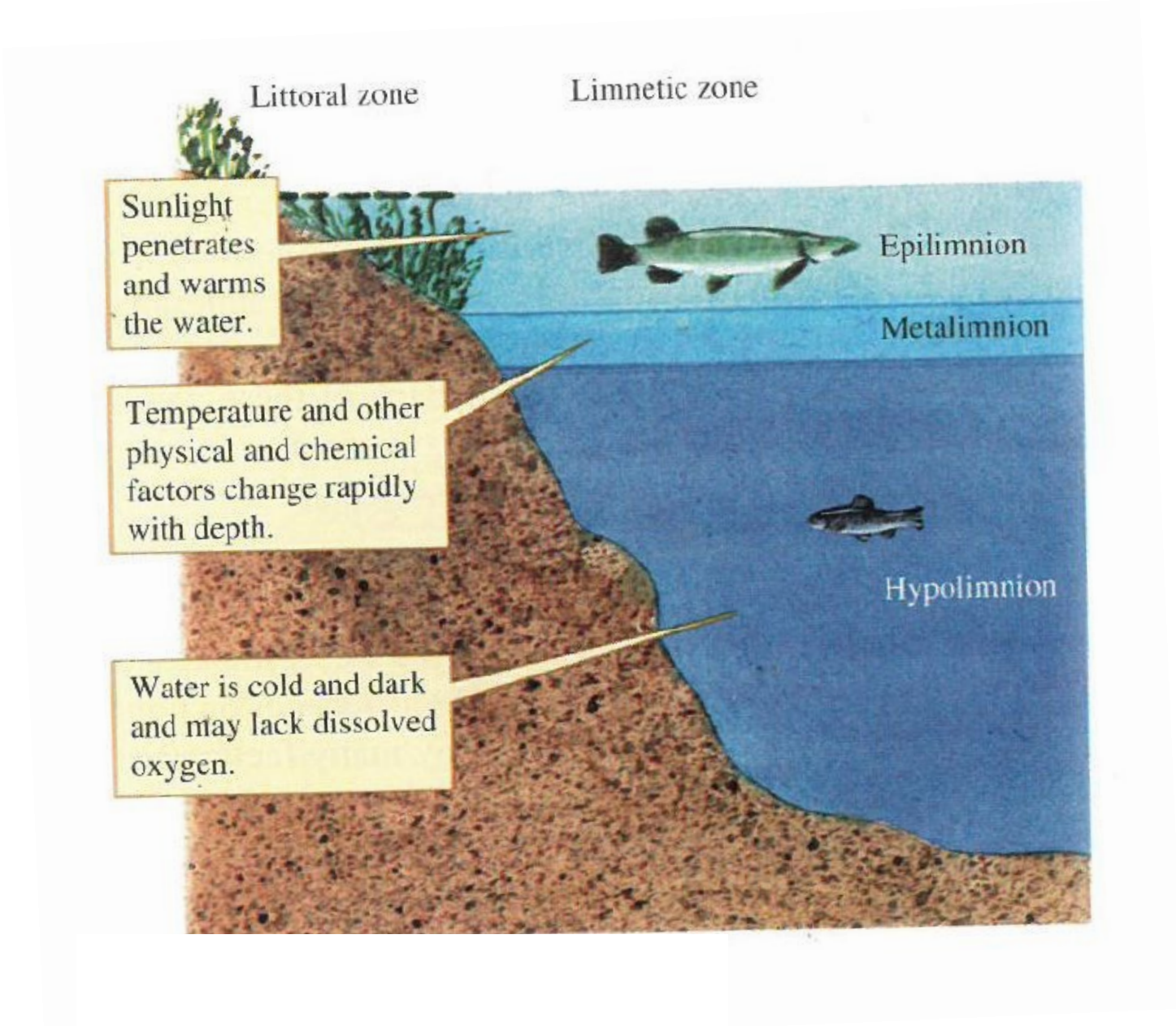
- **Krenal** – eukrenal, hypokrenal
- **Rhitral** – epirhitral, metarhitral, hyporhitral
- **Potamal** – epipotamal, metapotamal, hypopotamal

Teplota versus rychlost proudění

- Souvisí s geologickým a topografickým podmínkami, které určují spád toku

- Prameniště – nejmenší kolísání s rozpětím do 5ºC
- Horní úsek toku – roční výkyvy do 10ºC
- Střední úsek toku – roční výkyvy nad 10ºC
- Dolní úsek toku – roční výkyvy nad 15ºC

Schéma prostorové struktury jezera



Ekologie moře

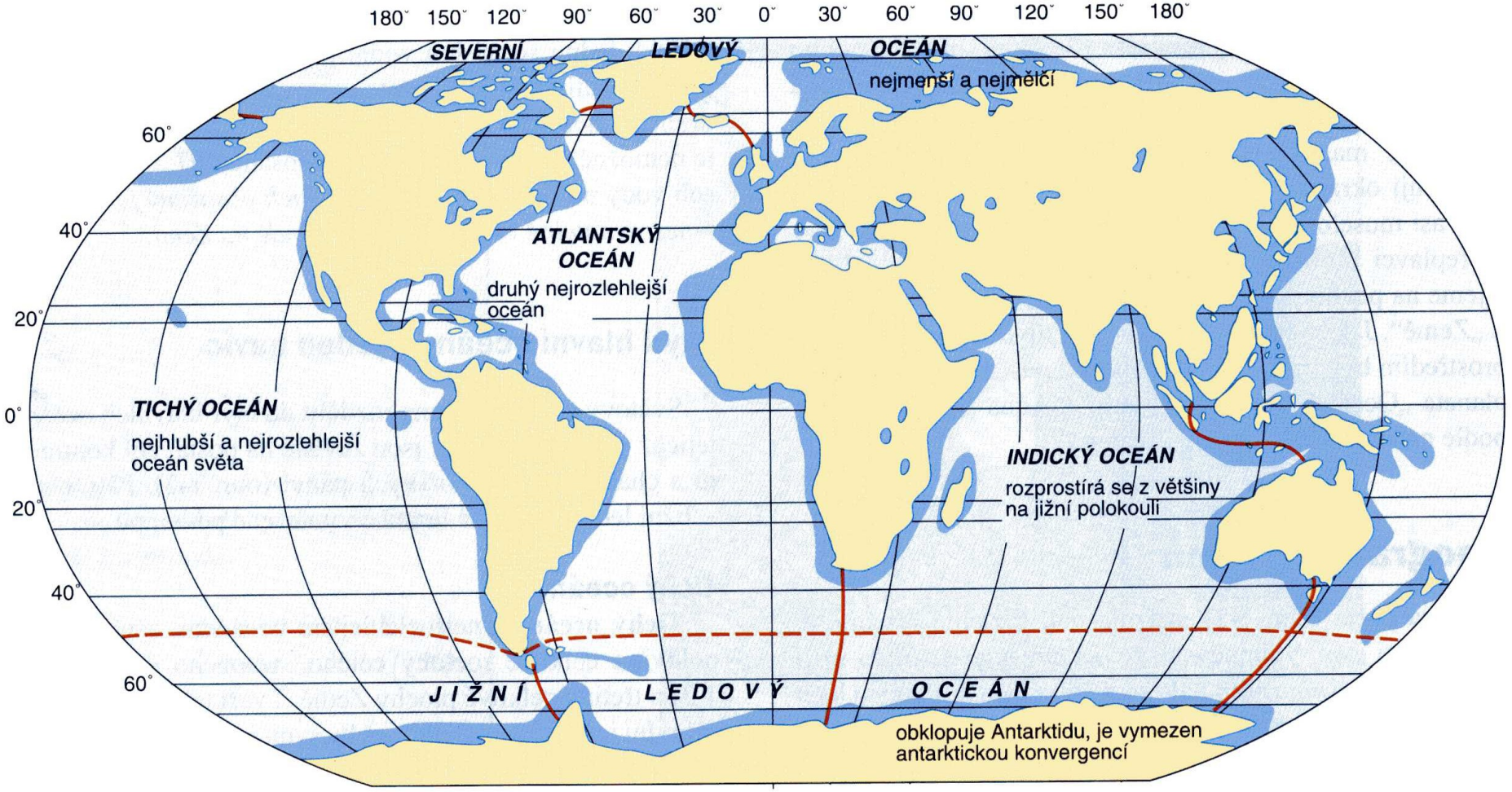
Oceány a moře

- **Oceán** je velká masa vody (či jiné kapaliny) nalézající se na povrchu vesmírného tělesa, či pod některou z jeho vrstev (například ledem).

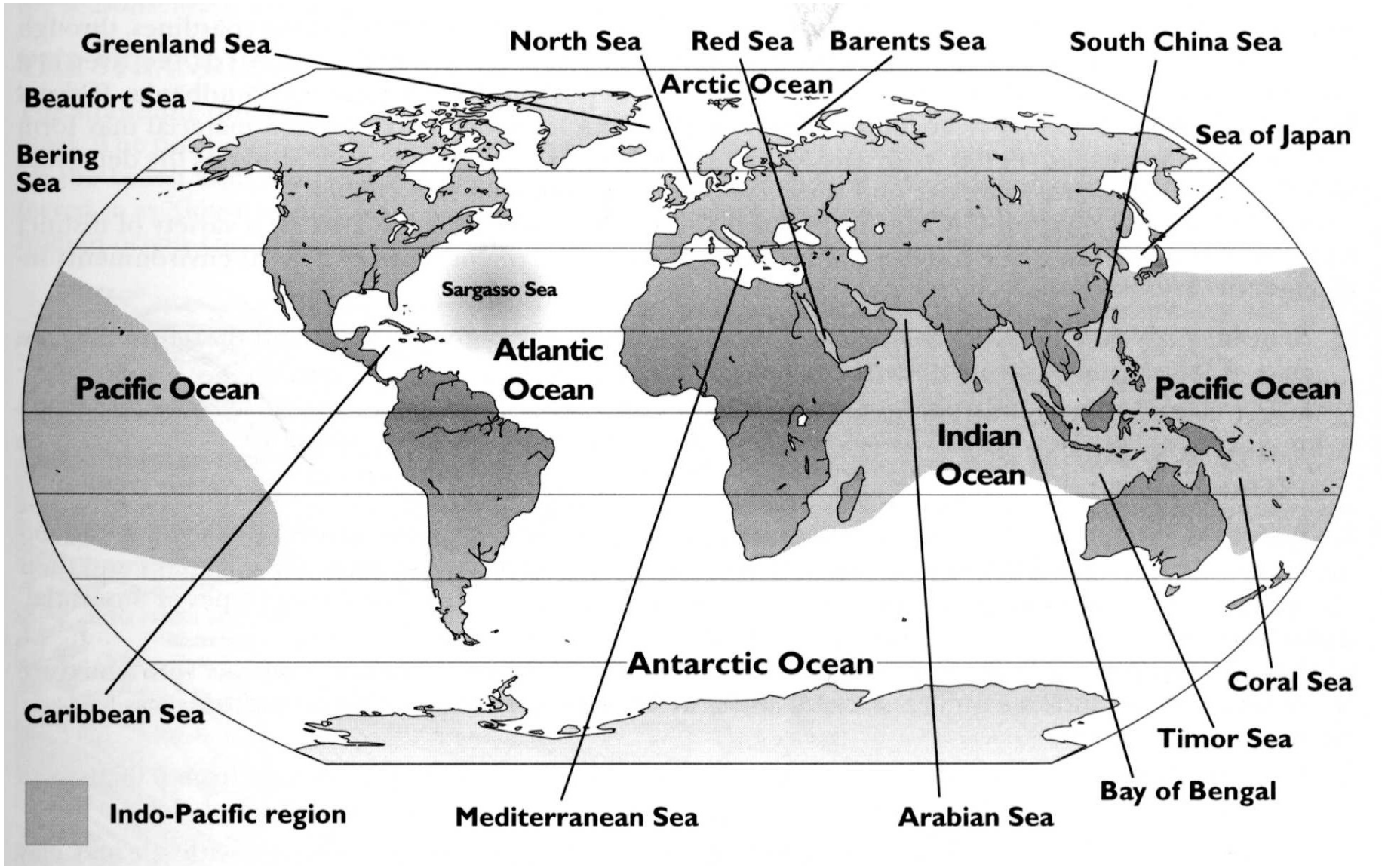
- Na Zemi tvoří oceány jedno těleso, které se nazývá světový oceán a pokrývá 71 % povrchu.

- Oceány jsou známé nejlépe ze Země, kde se v současnosti vyskytuje 5 oceánů. Jsou to Atlantský oceán, Severní ledový oceán, Jižní oceán, Indický oceán a Tichý oceán.

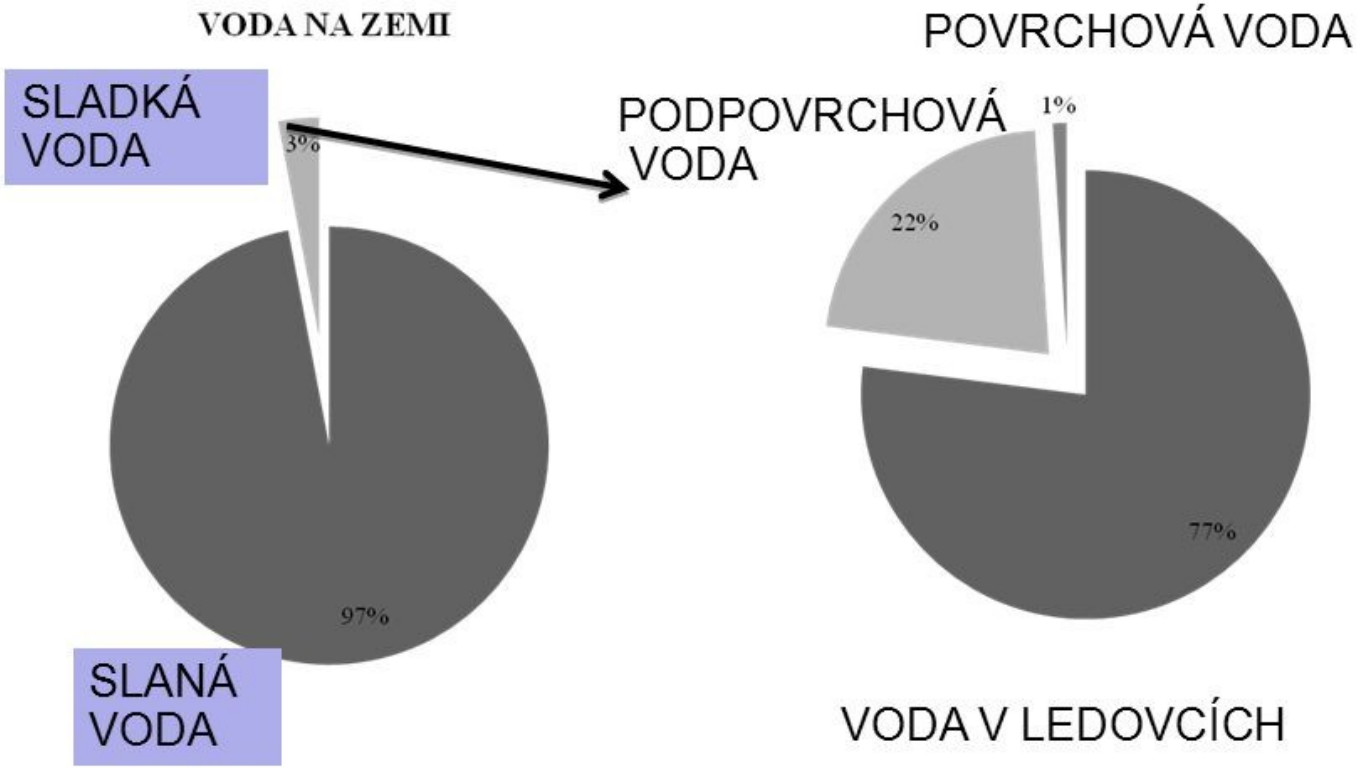
Mapa světa s oceány a jejich přibližnými hranicemi a charakteristikami



Rozmístění hlavních oceánů a moří

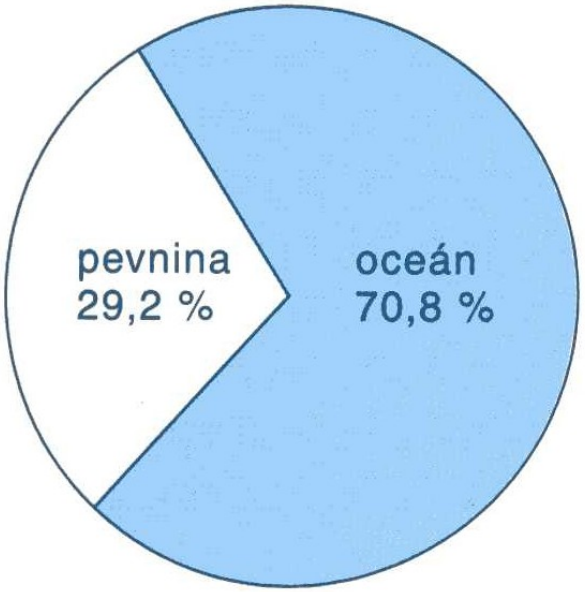


ROZLOŽENÍ VODY NA ZEMI

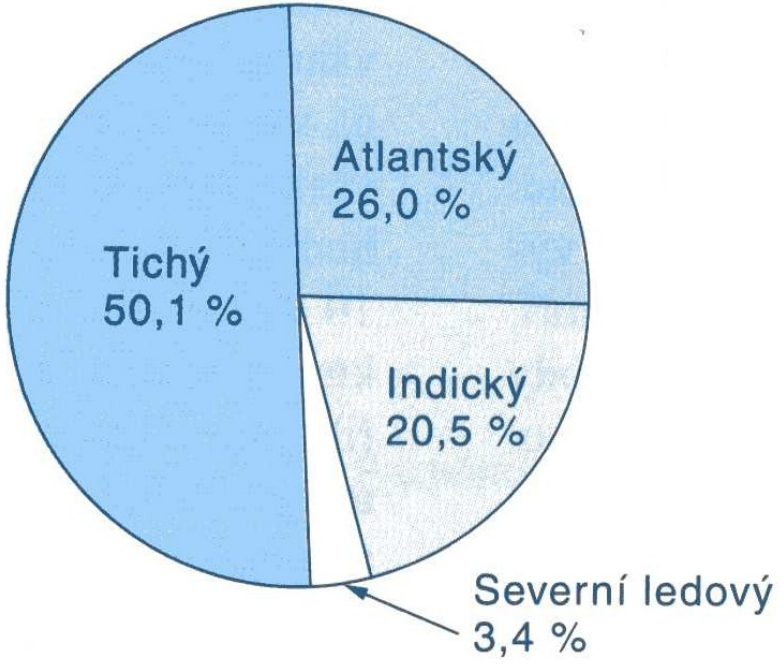


Světové oceány v číslech a procentech

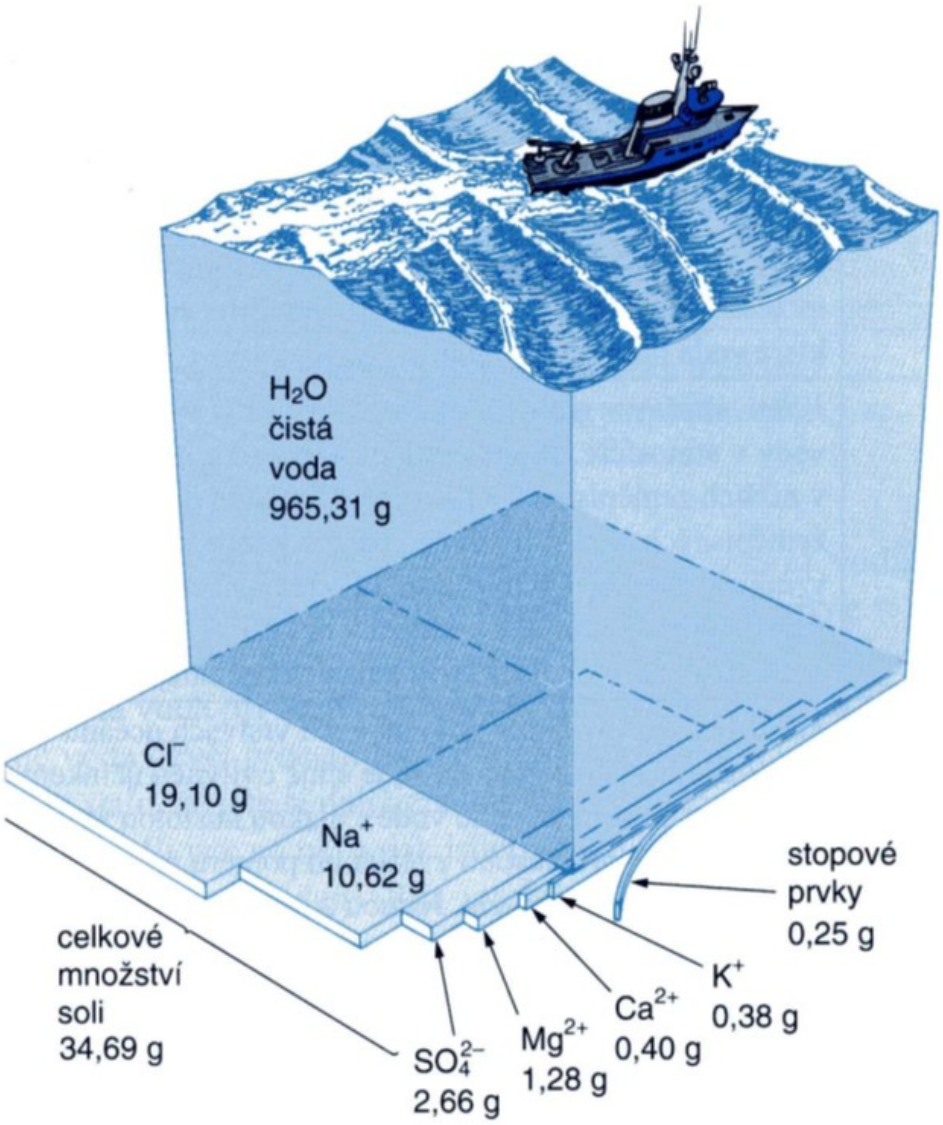
(a) Poměr plochy pevniny k ploše světového oceánu

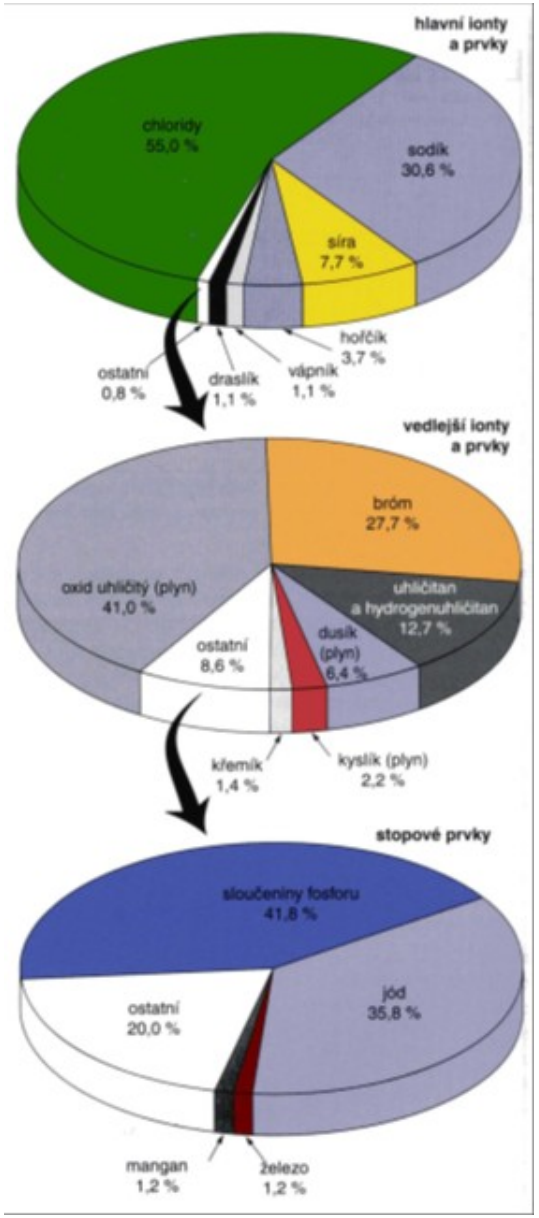


(b) Poměr ploch čtyř hlavních oceánů



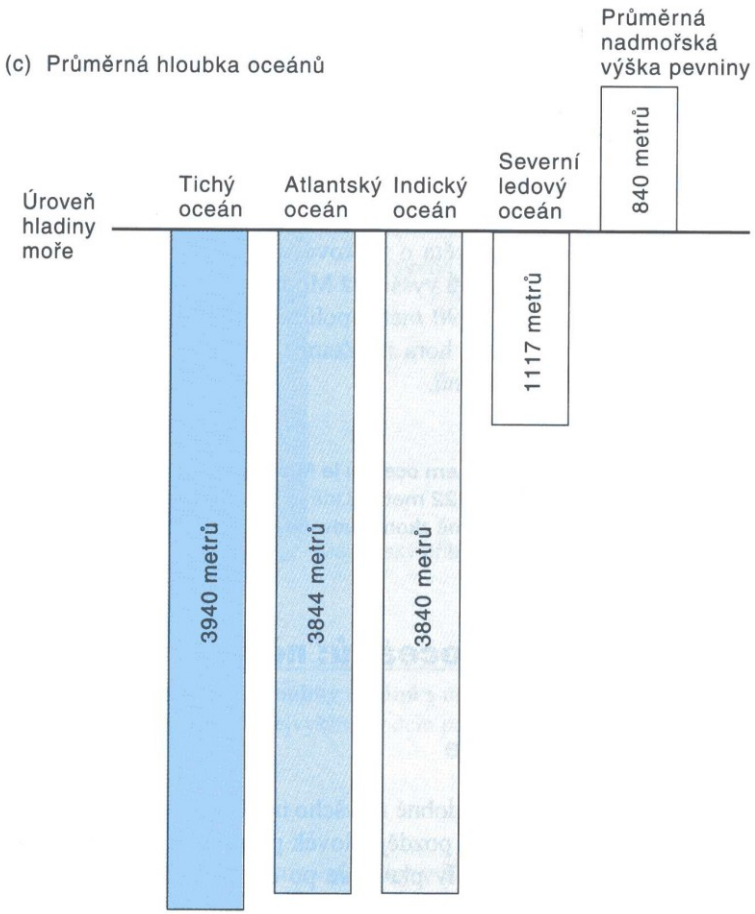
Složení mořské vody



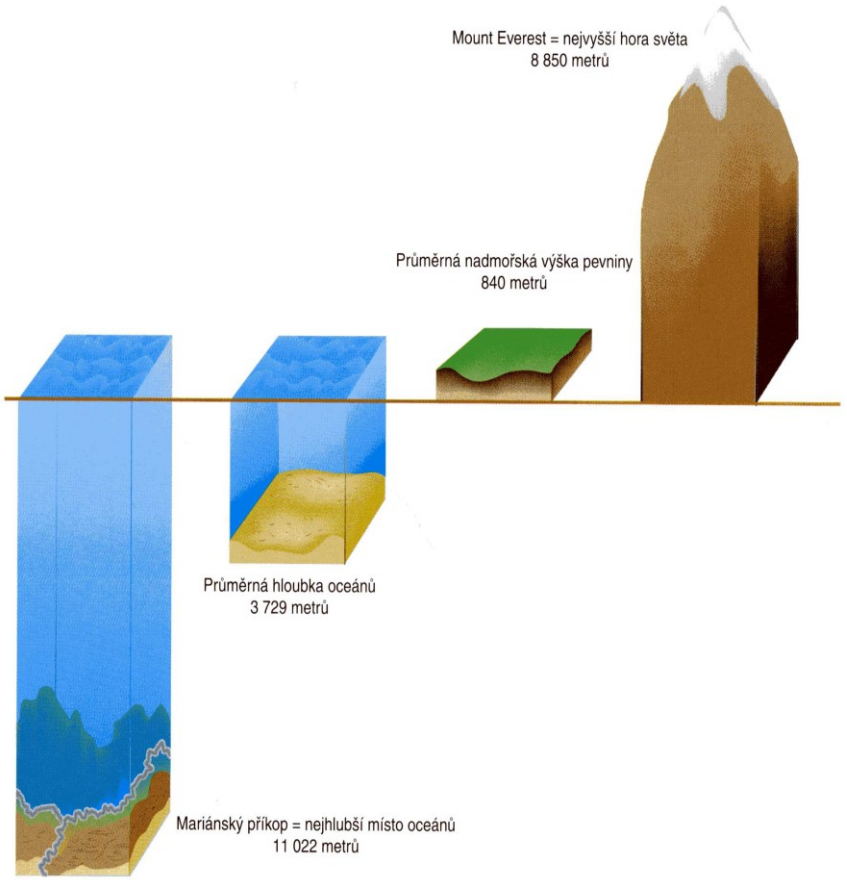


Porovnání hloubky oceánů a nadmořské výšky pevniny

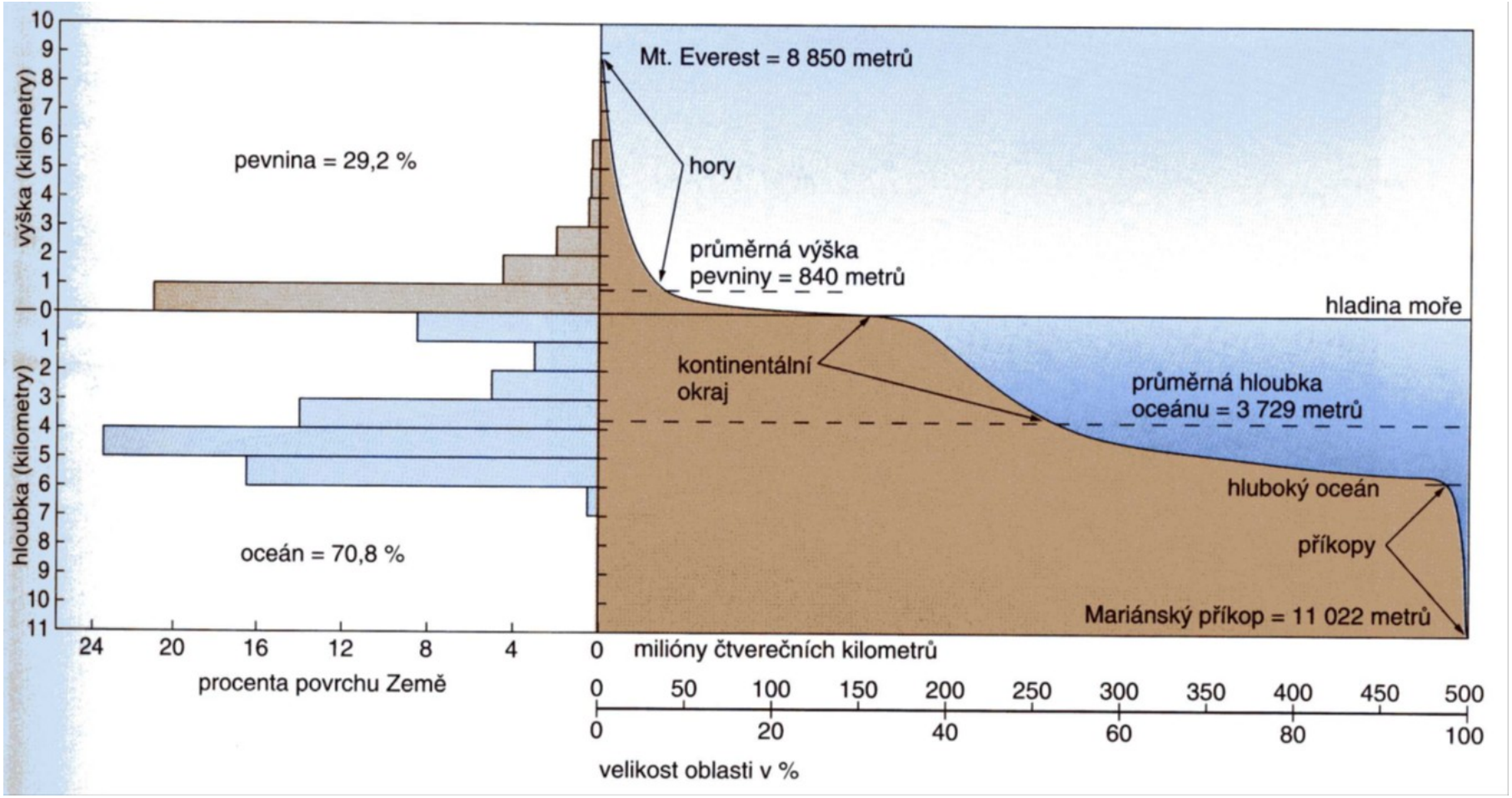
Průměrné hloubky oceánů



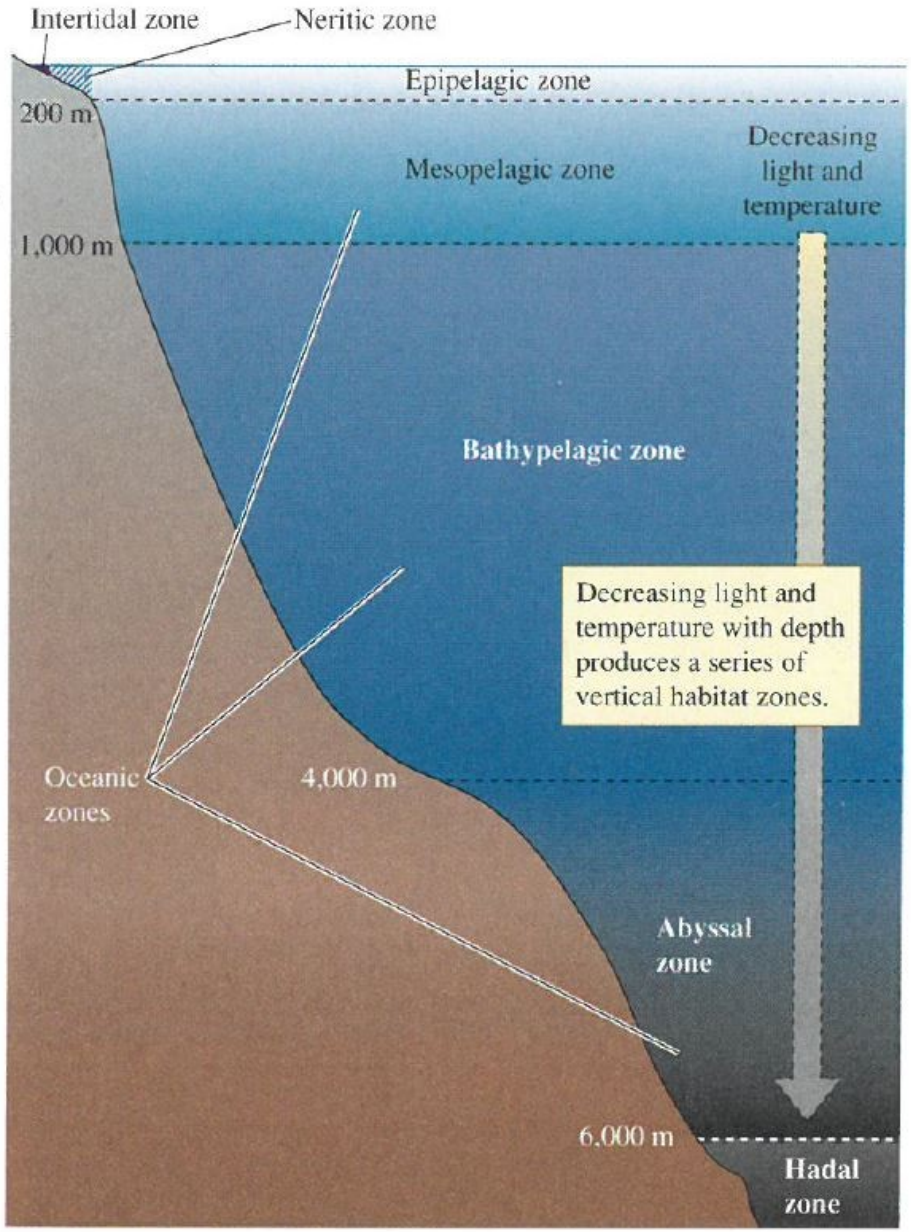
Největší hloubka a největší výška



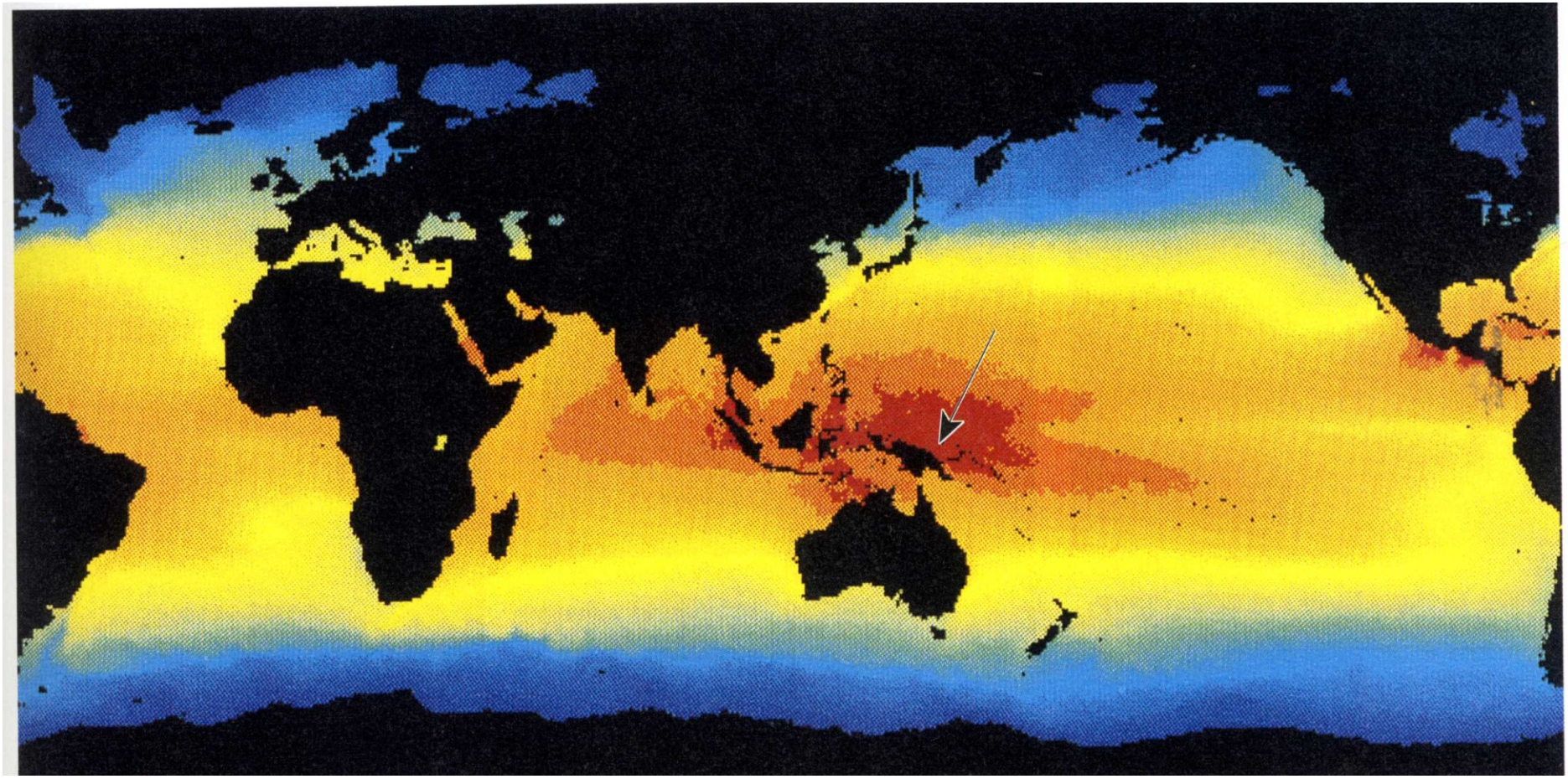
Hypsografická křivka – zastoupení intervalů hloubek a výšek na Zemi v procentech.



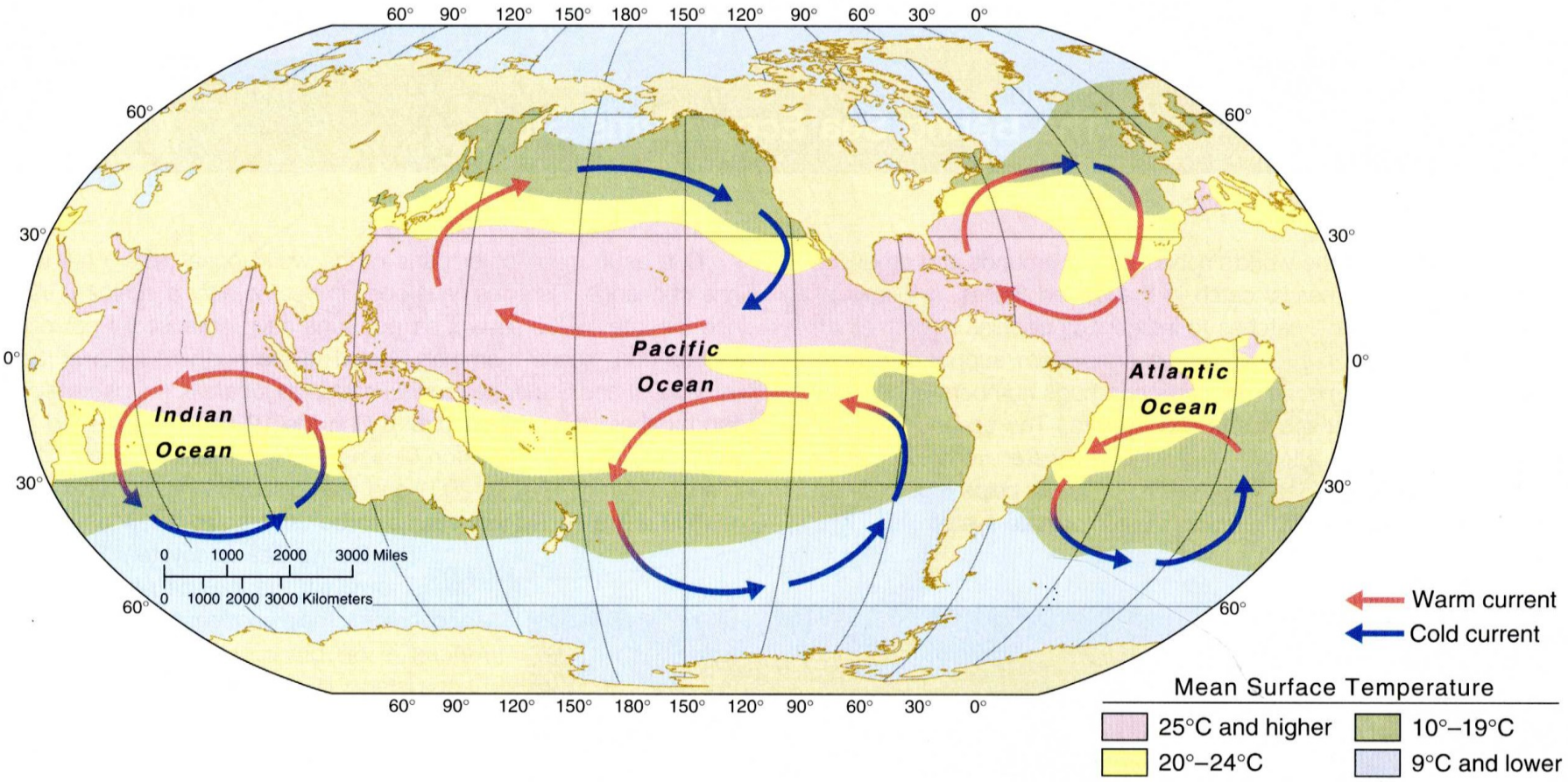
Vertikální struktura moří a oceánů



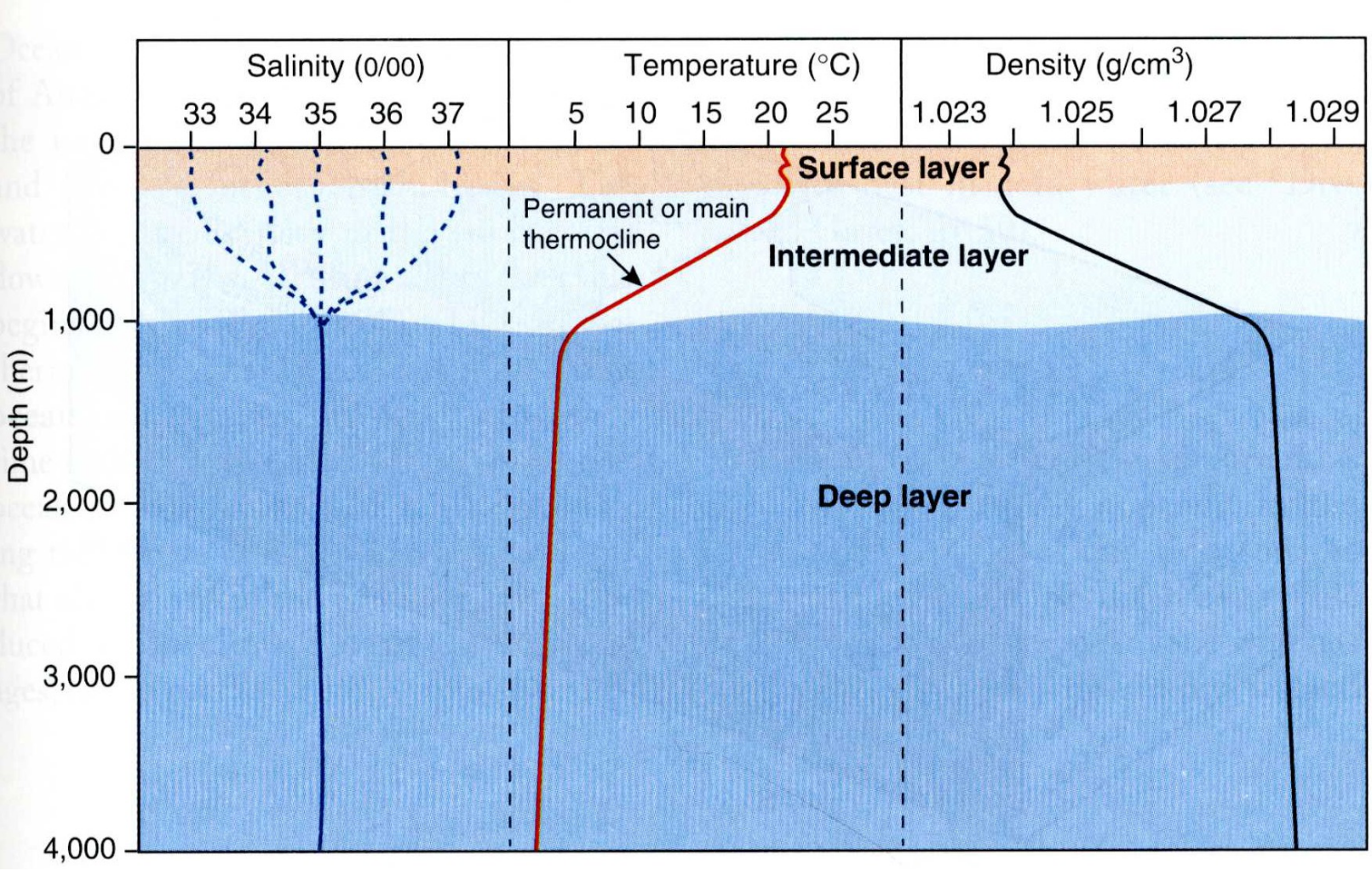
Satelitní snímek rozložení povrchové teploty vody moří a oceánů



Rozložení průměrných povrchových teplot vody a mořské proudy

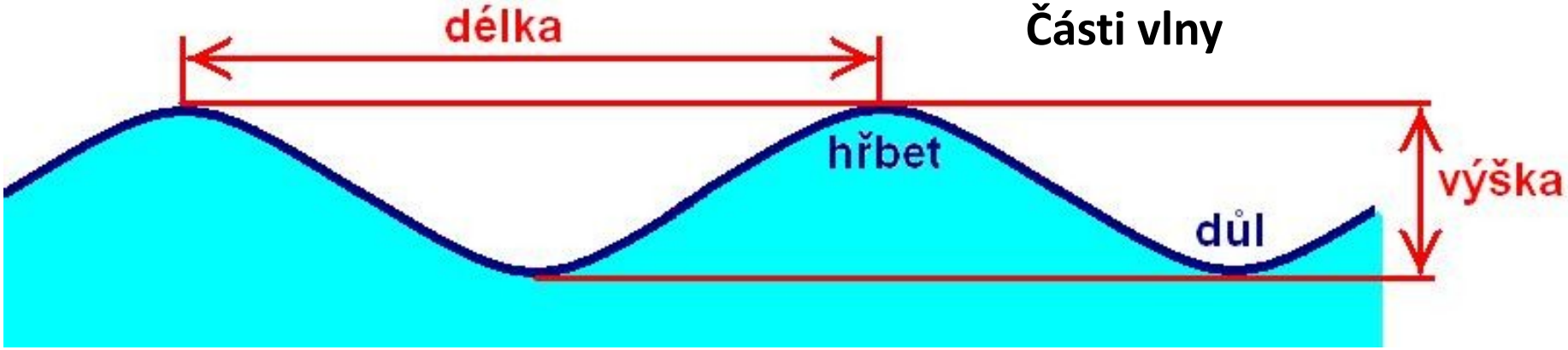


Typický profil salinity, teploty a **hustoty vody** v otevřeném oceánu



Vznik mořských vln

Mořská vlna je pohyb částí vody. Vlny jsou vyvolávány především větrem (**eolické vlny**) a mořskými proudy. Mimoto mohou být vyvolány i zemětřesením, sesuvem půdy nebo části ledovce do vody apod.



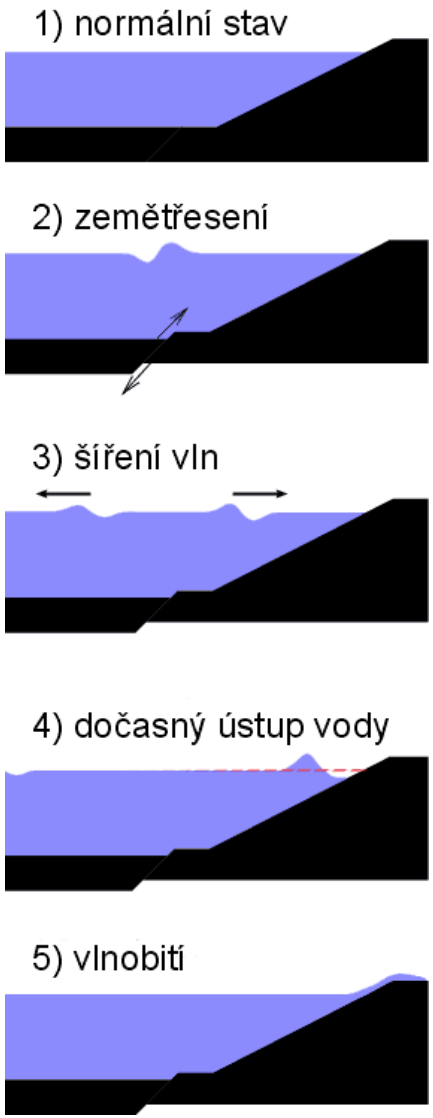
Lámání vlny

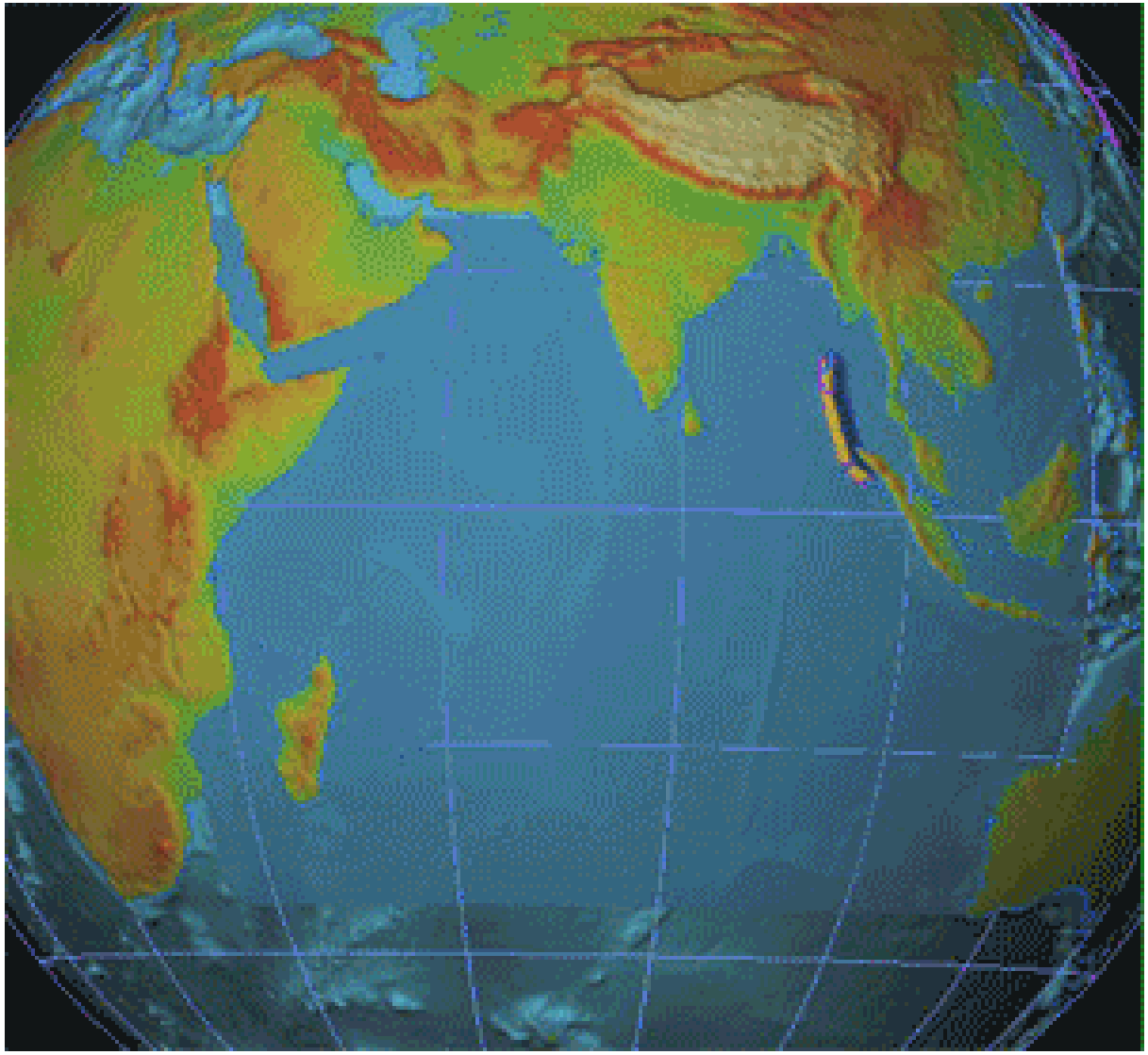
Surfing Oahu , Havaj

Tsunami, Male Divy, 2004

Příboj

Vznik a vývoj tsunami





Děkuji za pozornost