

MUNI | RECETOX

Hydrosféra – kvalita vod

Doc. Ing. Branislav Vrana, PhD.
branislav.vrana@recetox.muni.cz

RECETOX
Přírodovědecká fakulta
Masarykova univerzita
Brno, Česká republika



Voda na Zemi

- Existence **hydrosféry a vodního koloběhu** je jednou z největších zvláštností naší planety. Na žádném jiném tělese sluneční soustavy nic podobného neexistuje.



Za svou „Modrou planetu“ vděčíme souhře příznivých okolností, k nimž patří zejména **velikost Země a její poloha ve sluneční soustavě**, které zabránily úniku těkavé vody do kosmu.

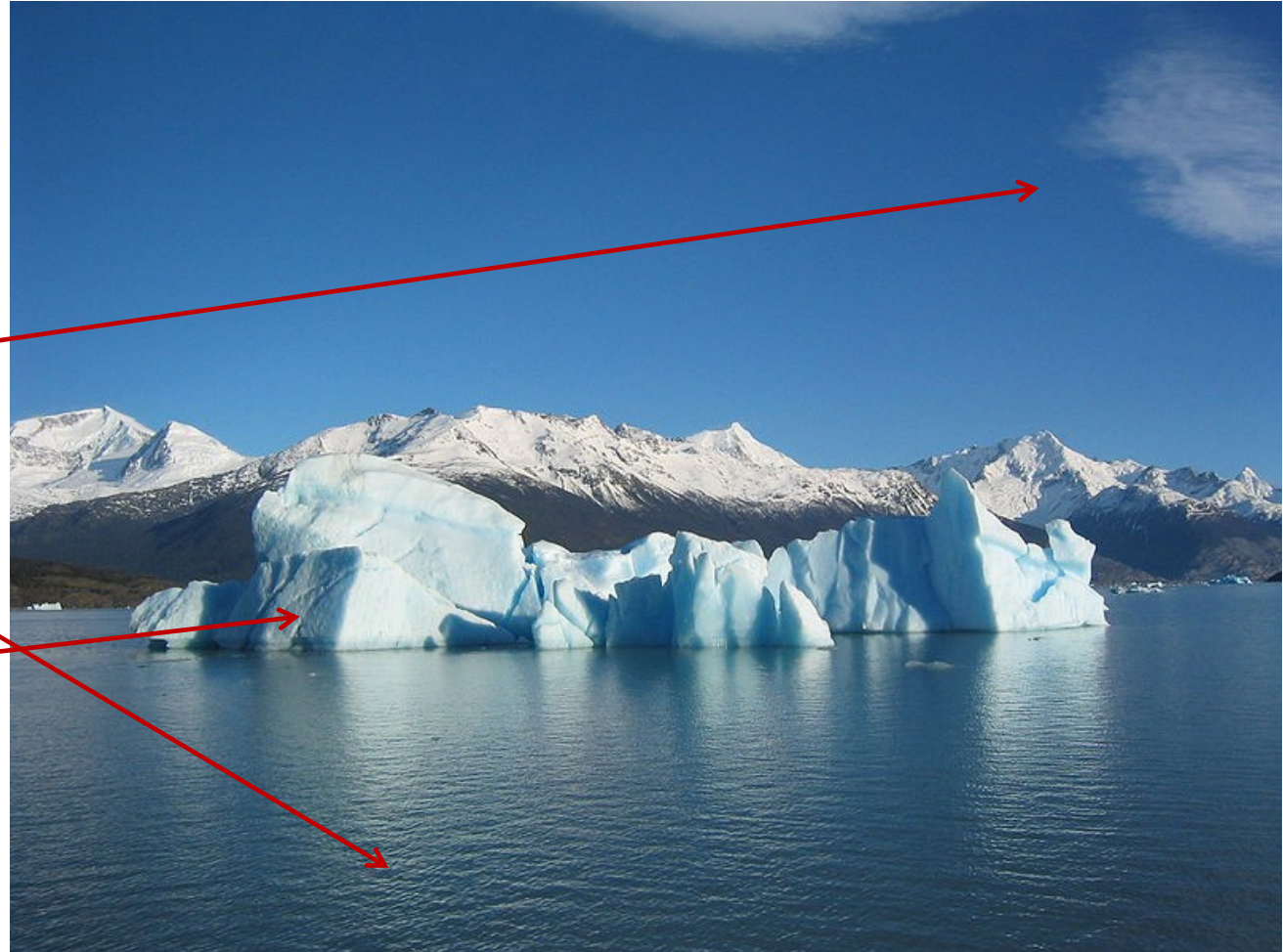
http://switchboard.nrdc.org/blogs/lpagano/media/blue_planet.jpg

Skupenství vody

vodní pára

kapalina

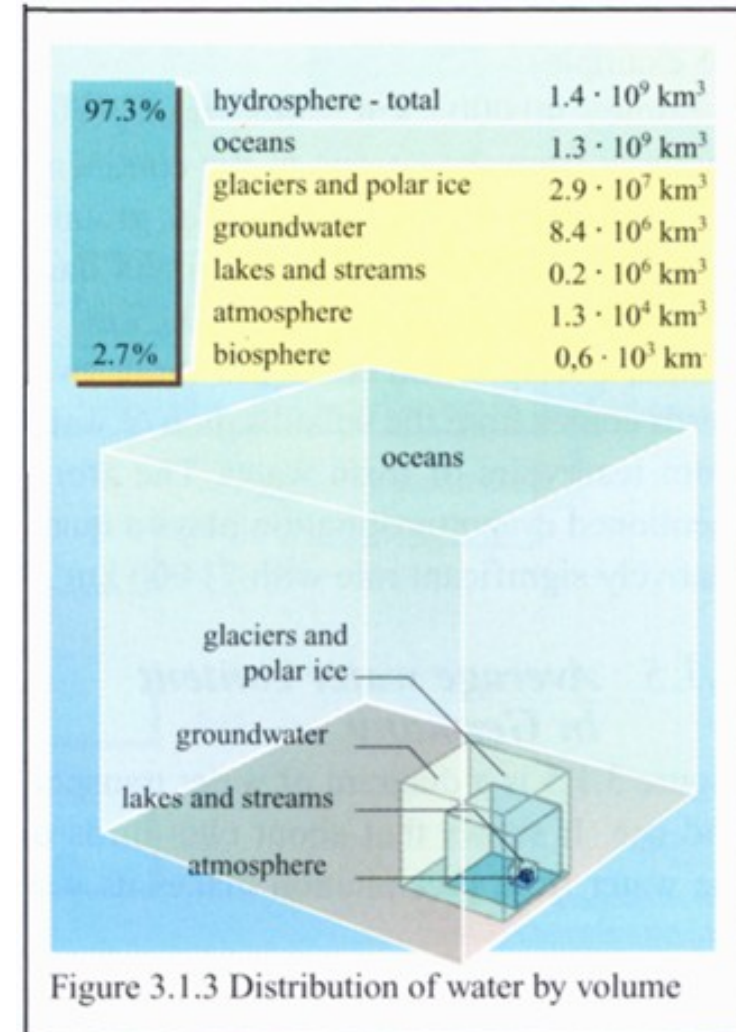
led



Světové vodní zdroje

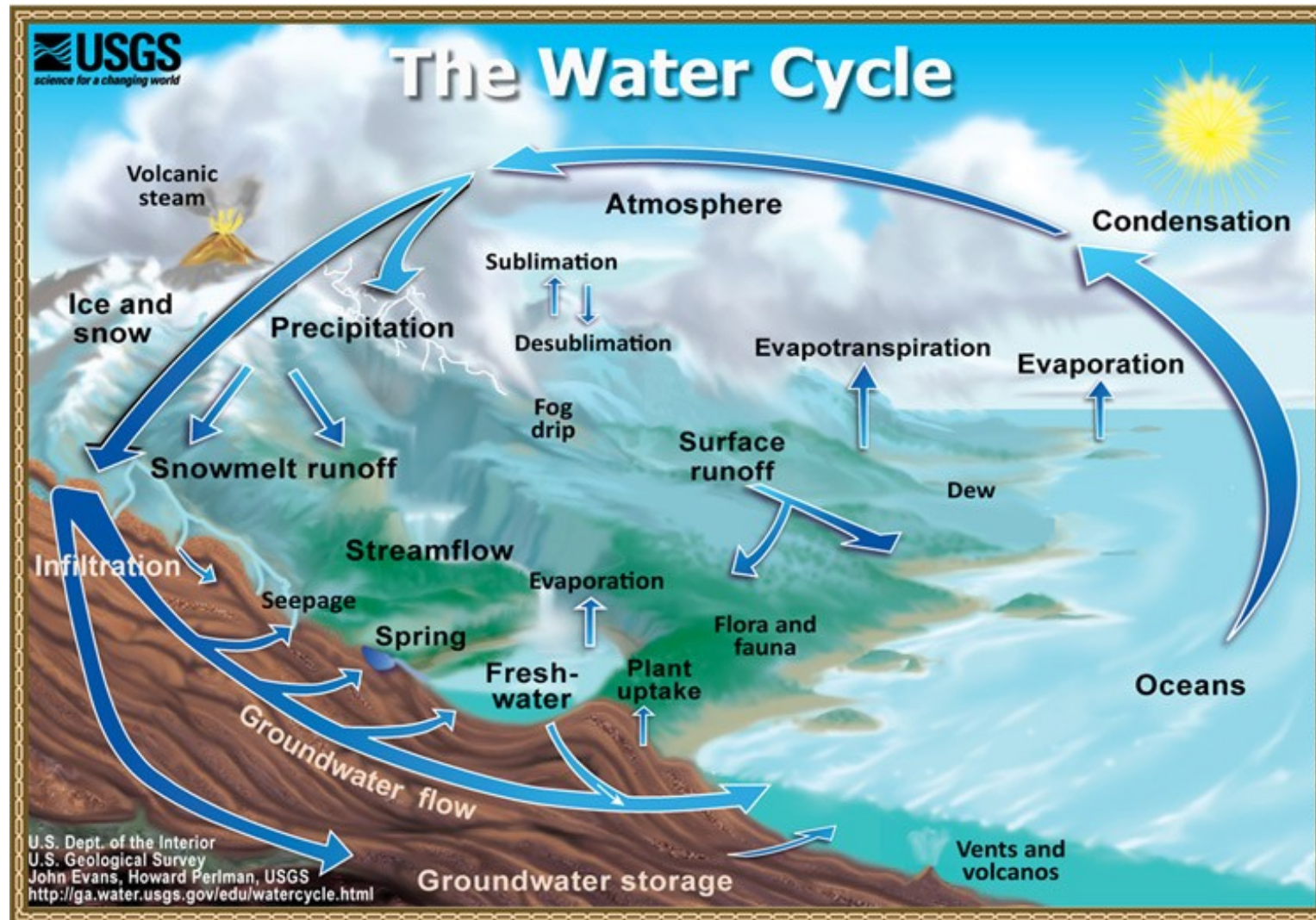
Global Water Reservoirs and Turnover Times

	10^3 km^3	%	Turnover time
Oceans	1,370,000	97.61	37,000 y
Polar Ice, Glaciers	29,000	2.08	16,000 y
Groundwater (actively exchanged)	4000	0.29	300 y
Freshwater lakes	125	0.009	10-100 y
Saline Lakes	104	0.008	10-10,000 y
Soil moisture	67	0.005	280 d
Atmosphere (water vapor)	14	0.0009	9 d
Rivers	1.32	0.00009	12-20 d



Zdroje

Globální hydrologický oběh je nejmohutnější ze všech přirozených látkových cyklů planety.

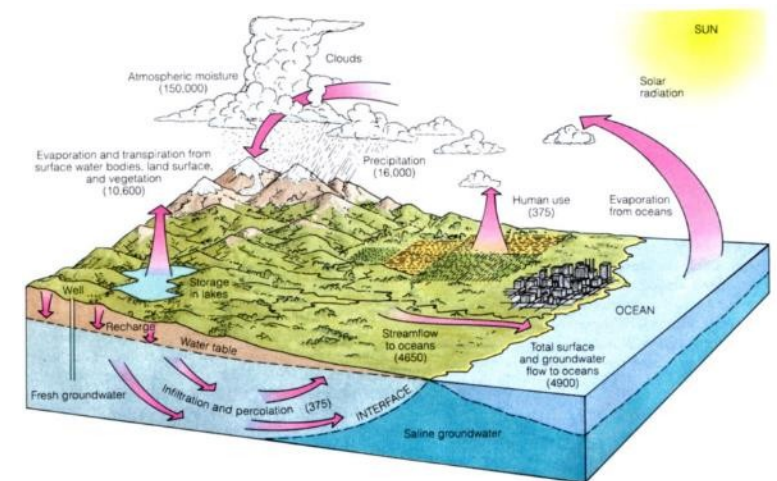


Hydrologický cyklus

Cesty

Odpaření (evaporace)

Srážky ⇒ přímé odpaření
⇒ zachycení rostlinami ⇒ odpaření
(„vypocení= evapotranspirace“)
⇒ povrchový odtok
⇒ vsakování (infiltrace) ⇒ mělký oběh
⇒ rezervoár podzemní vody



Zdroje

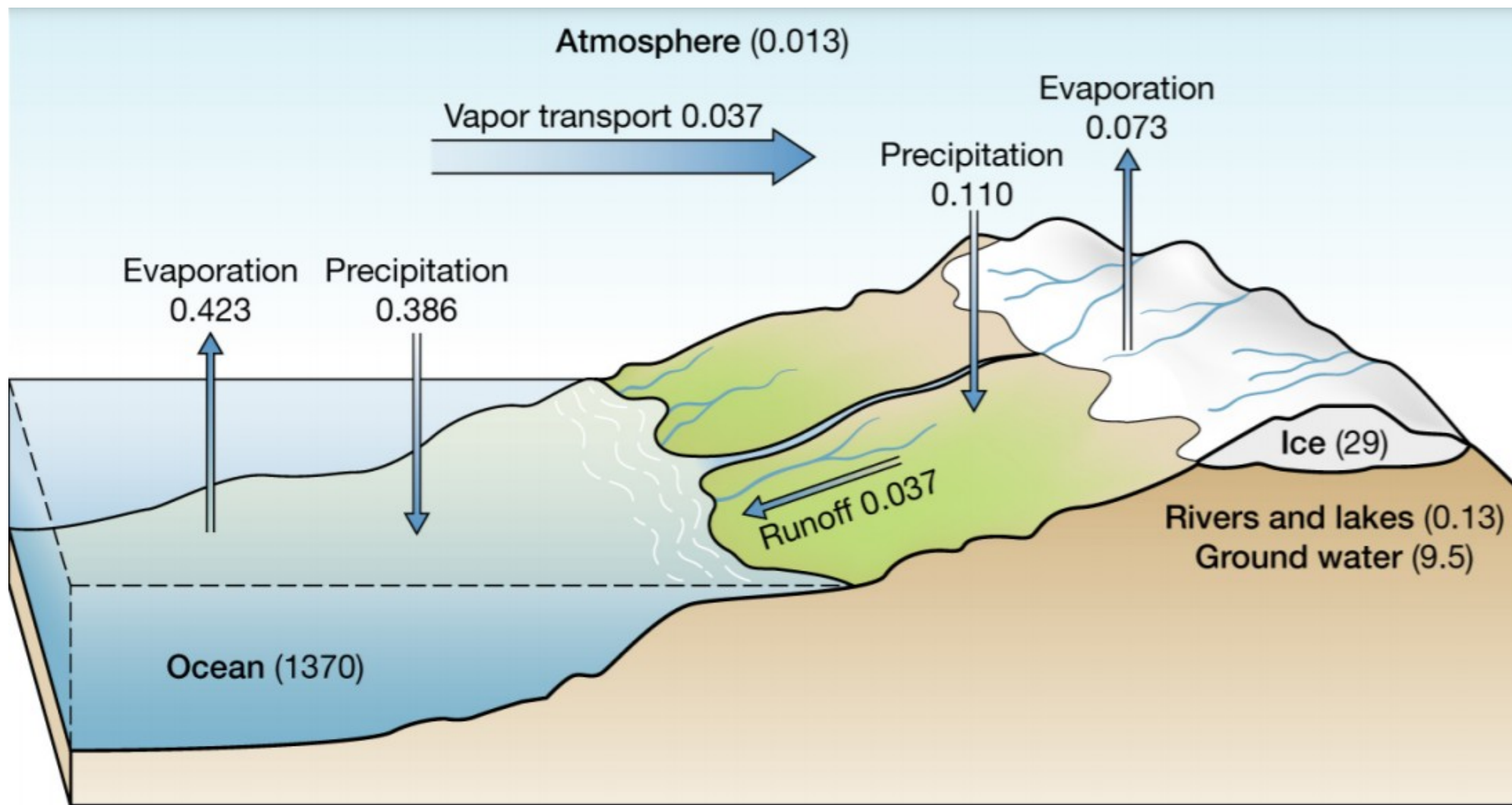
Dva hlavní faktory:

- ↪ **Kvalita**
- ↪ **Množství**

Podzemní voda

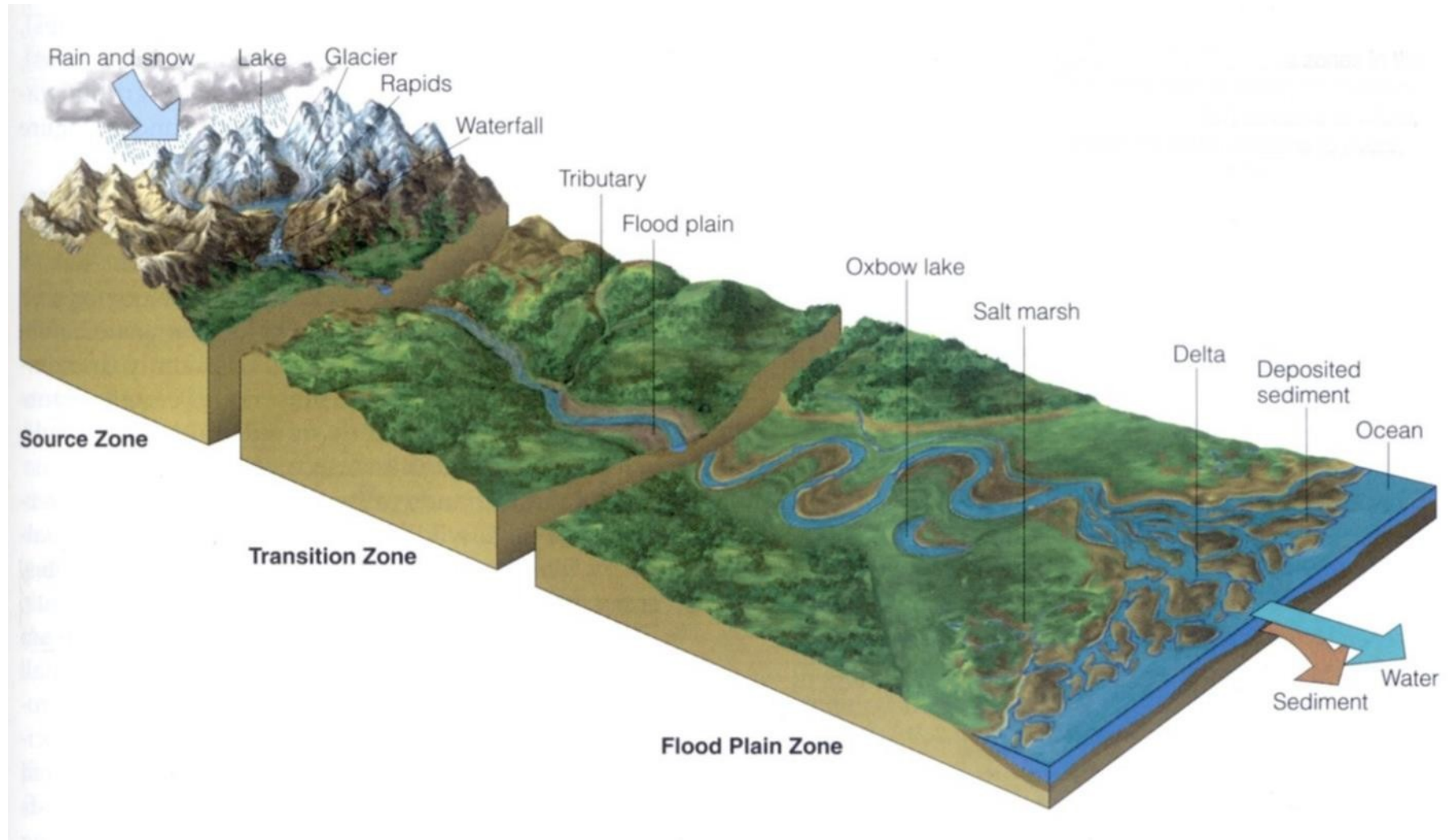
- ↪ méně než 1 % z celkového množství vody
- ↪ 40× více než ve sladkovodních jezerech
- ↪ více než 98 % nezmrzlé vody v hydrologickém cyklu jako podzemní voda
- ↪ většinou v oblasti do 750 m
- ↪ objem ekvivalentní vrstvě 55 m vody na kontinentech

Hydrologický cyklus - kvantifikace



Objem vody v jednotlivých zásobnících (v miliónech km³)
a toky vody (v miliónech km³ za rok). Townsend et al. (2010)

Hydrologický cyklus



Vztahy mezi vodou a krajinou

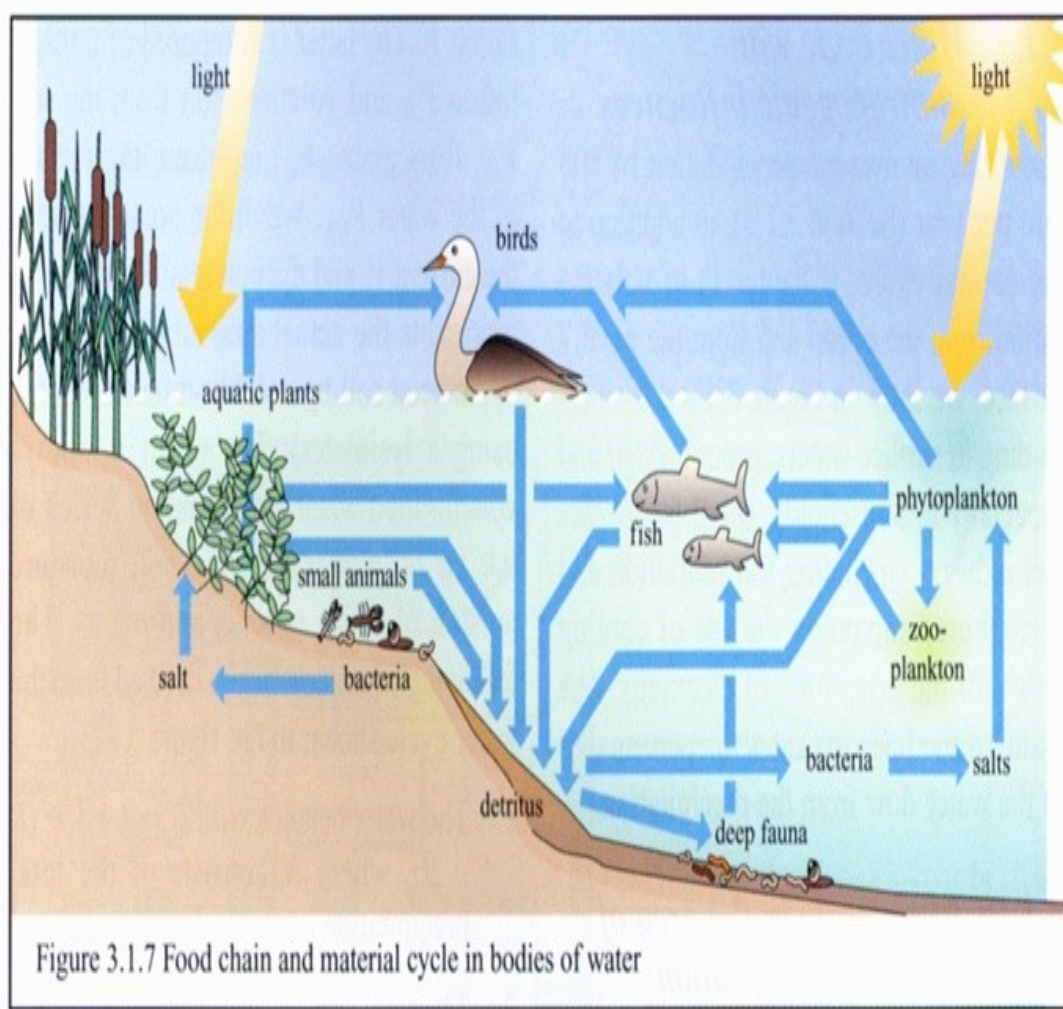


Figure 3.1.7 Food chain and material cycle in bodies of water

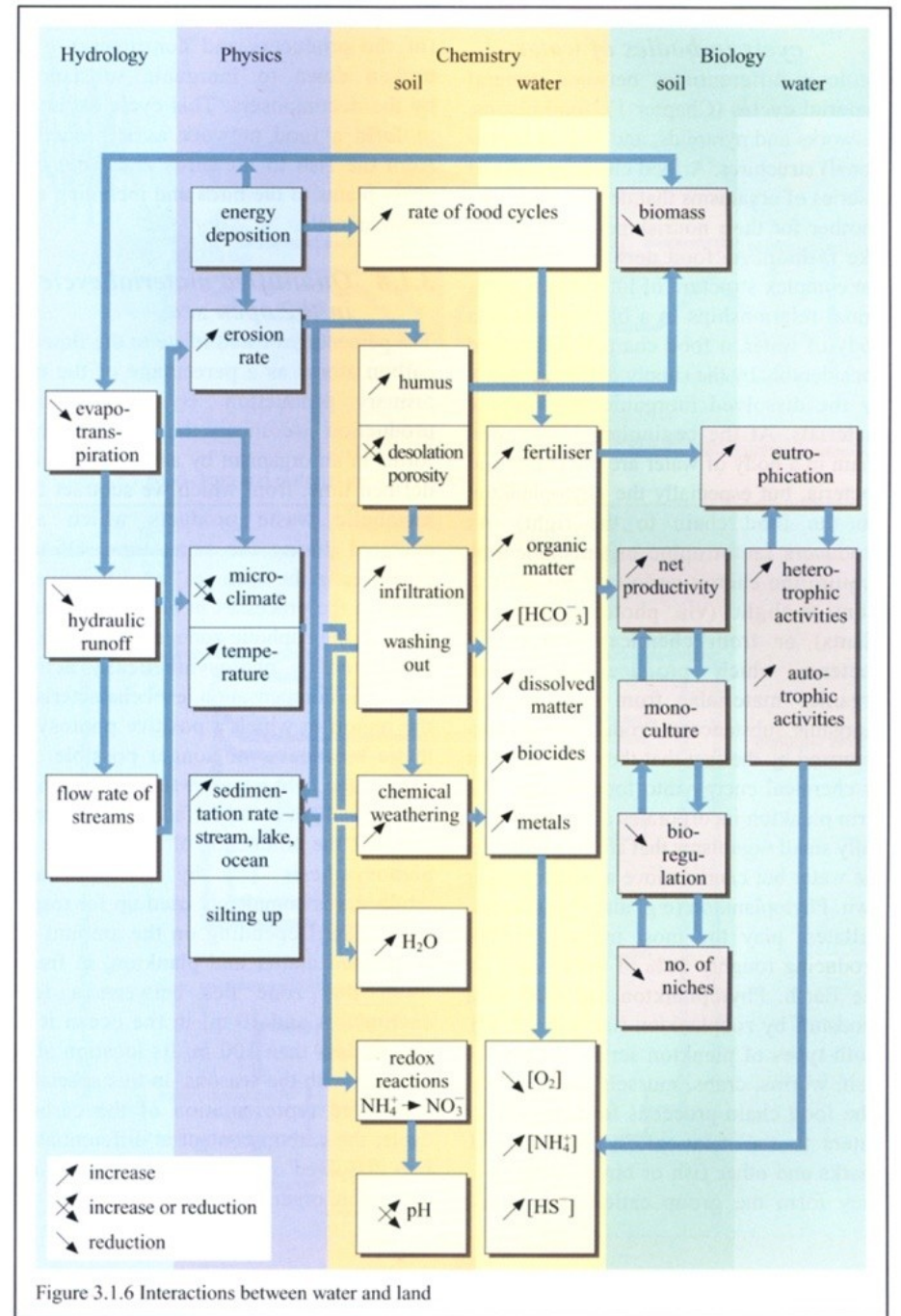
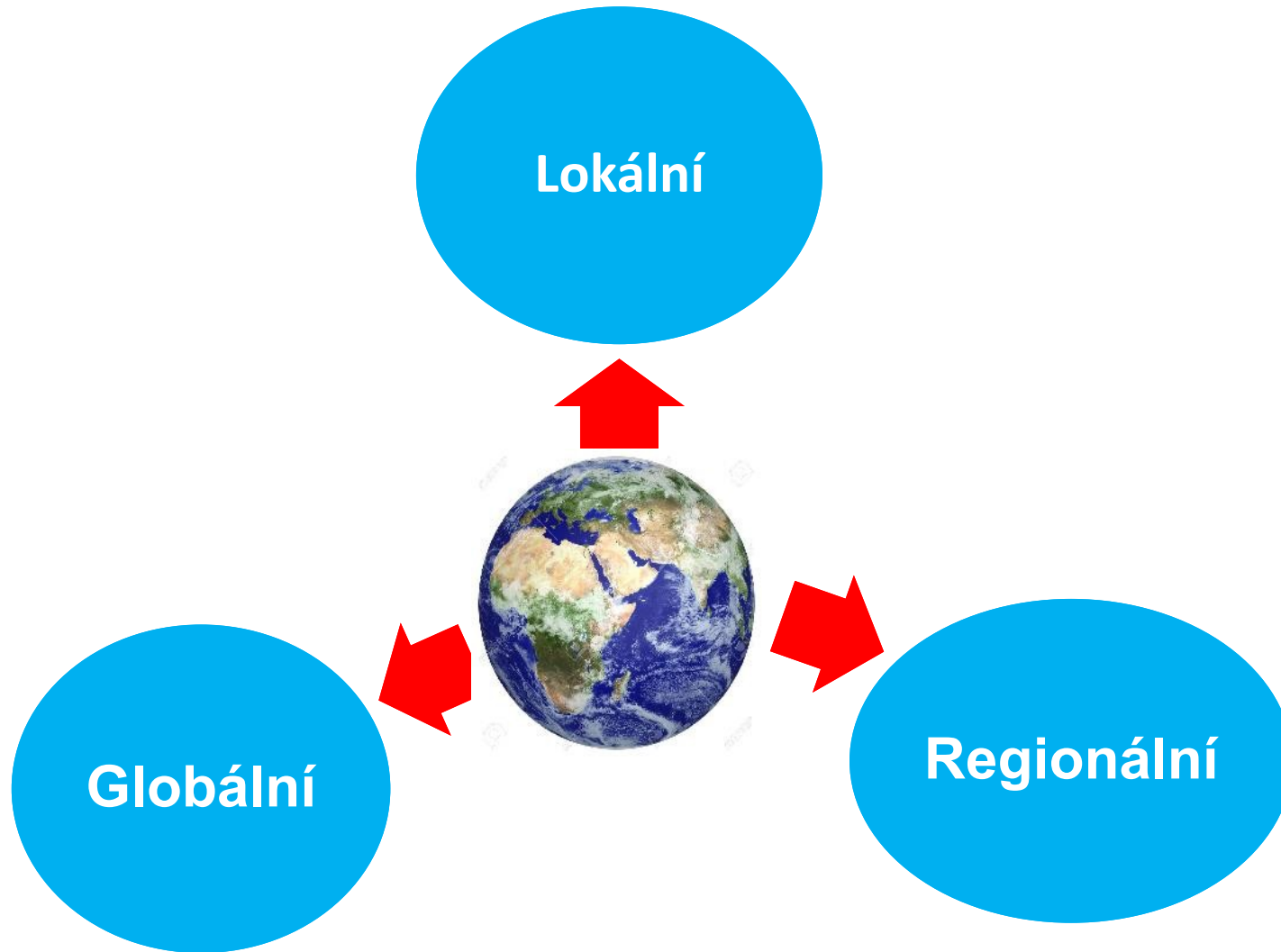


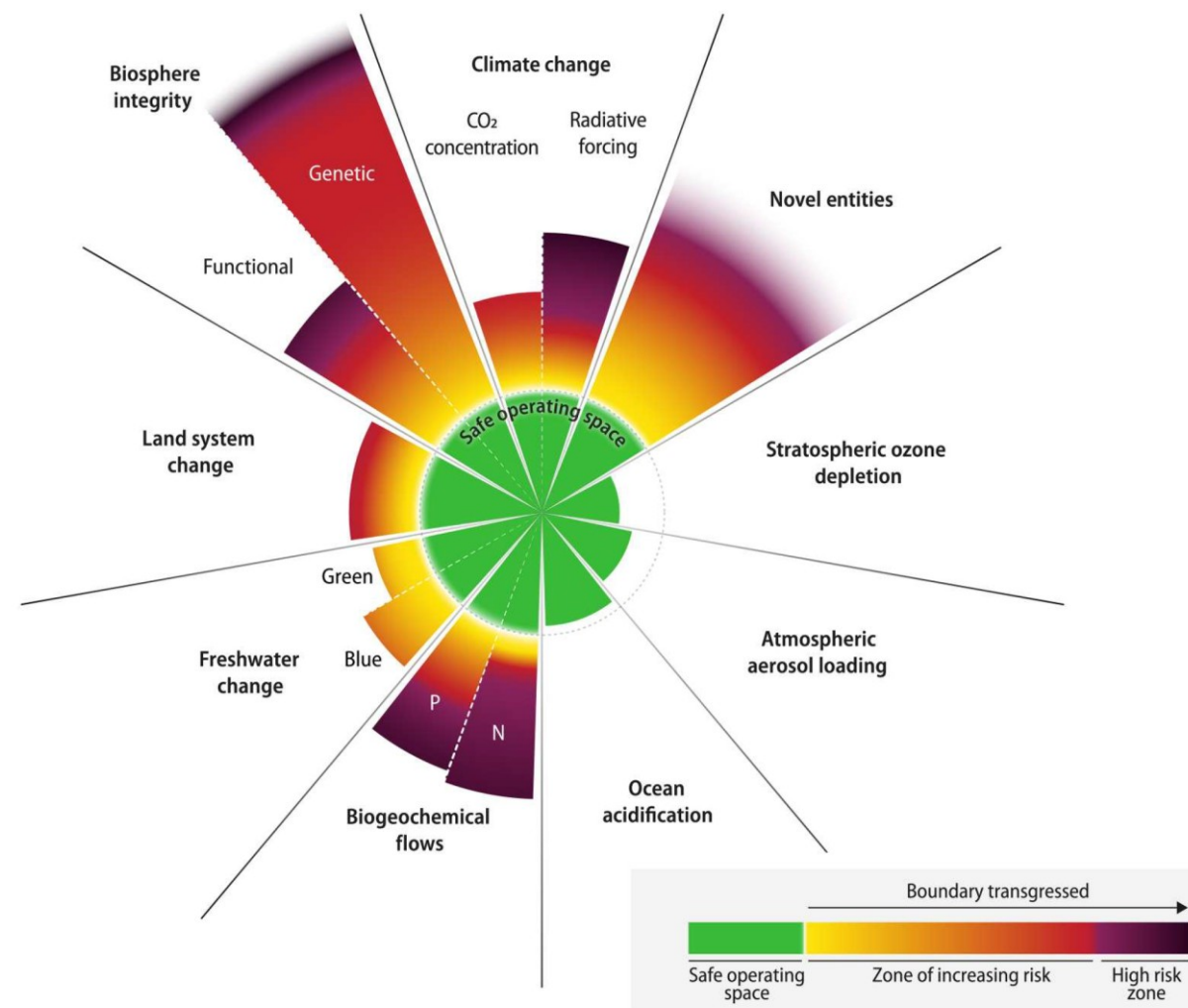
Figure 3.1.6 Interactions between water and land

Problémy planety a jejich dopady



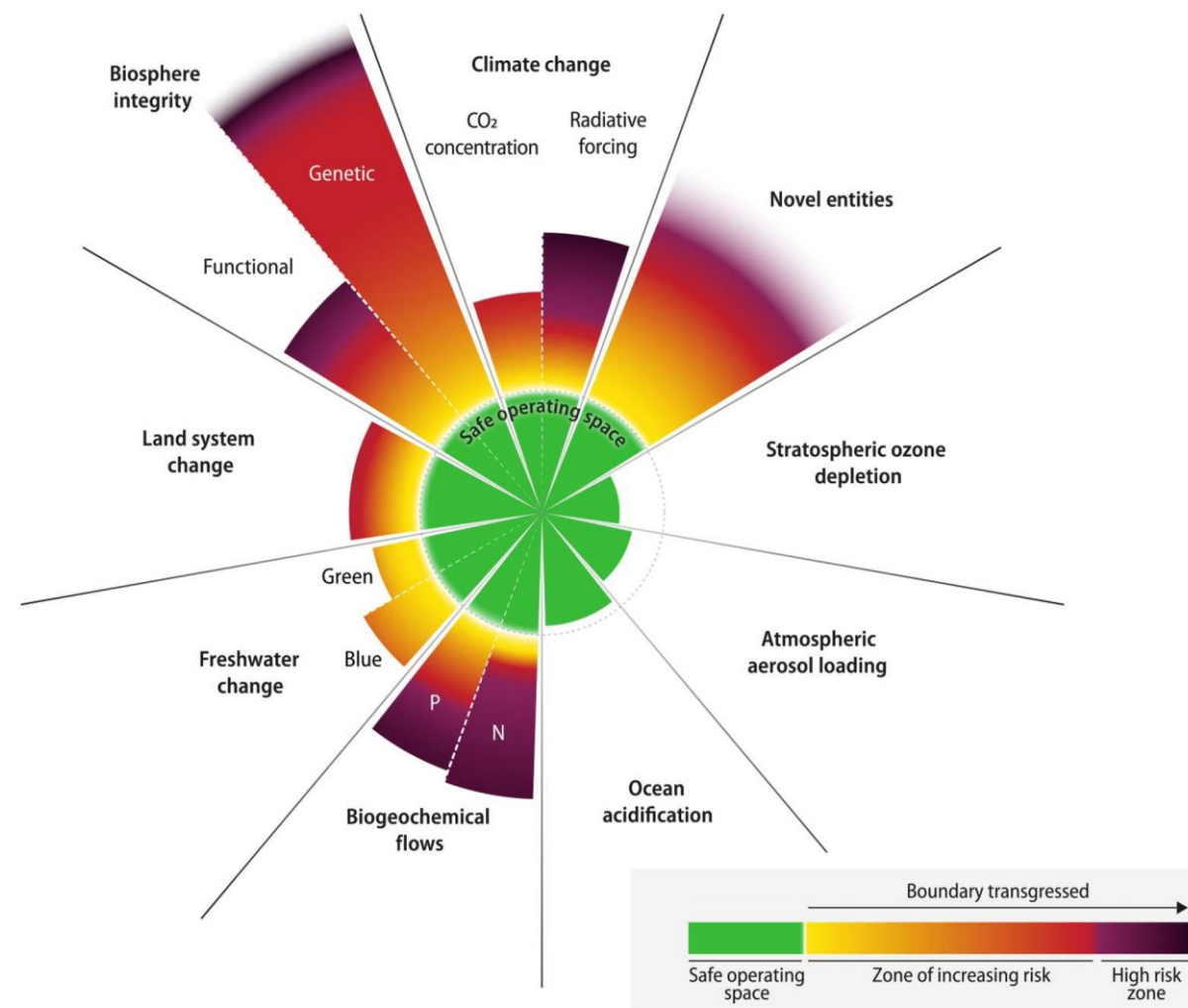
Planetární meze

- Identifikuje devět procesů, které jsou kritické pro udržení stability a odolnosti zemského systému jako celku
- Cíl: vymežit a kvantifikovat úrovně antropogenních poruch, které by, pokud by byly respektovány, umožnily Zemi zůstat v stavu „podobnému holocénu“
- Lidské aktivity nyní přivedly Zemi mimo holocénní oblast proměnlivosti životního prostředí, což dalo vzniknout nové době: antropocénu.



Planetární meze

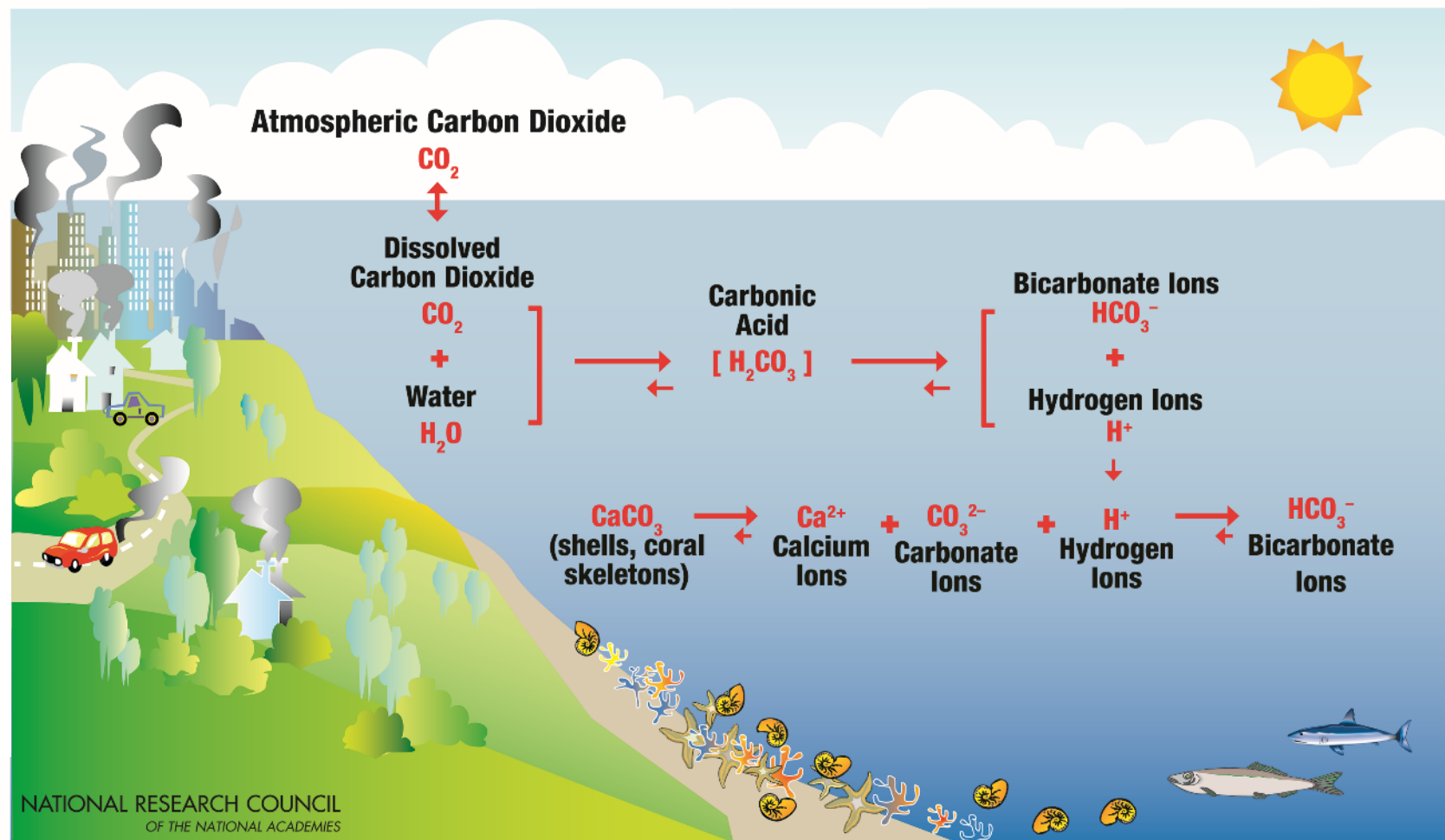
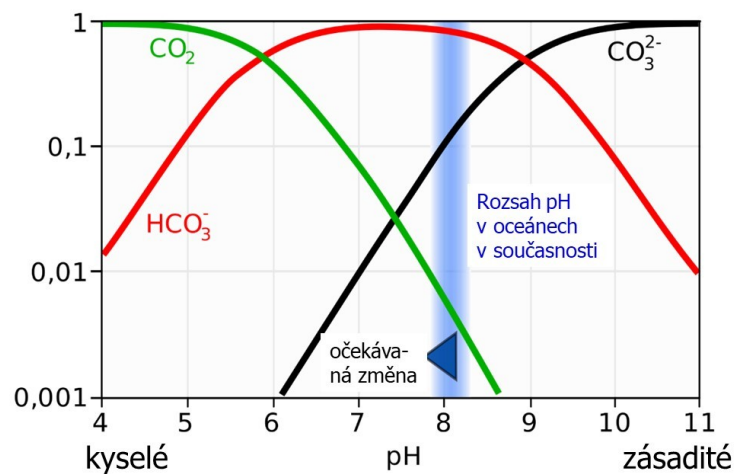
- Integrita biosféry
- Klimatická změna
- **Nové entity = chemické látky + GMO**
- Úbytek stratosférického ozónu
- **Změna sladkovodního režimu**
- Atmosférické aerosolové zatížení
- **Acidifikace oceánu**
- Změna suchozemského systému
- **Biogeochemické toky (N, P)**



Globální problém: Acidifikace oceánu

Oceány pohlcují oxid uhličitý z atmosféry, a proto stoupá jejich acidita.

Podíl koncentrace



O kolik % vzroste koncentrace H^+ při poklesu pH z 8,19 na 8,05?

Odhaduje se, že průměrné pH mořské vody pokleslo od roku 1750 z 8.19 na 8.05,

$$pH_1 = -\log H^+_1 = 8.19$$

$$pH_2 = -\log H^+_2 = 8.05$$

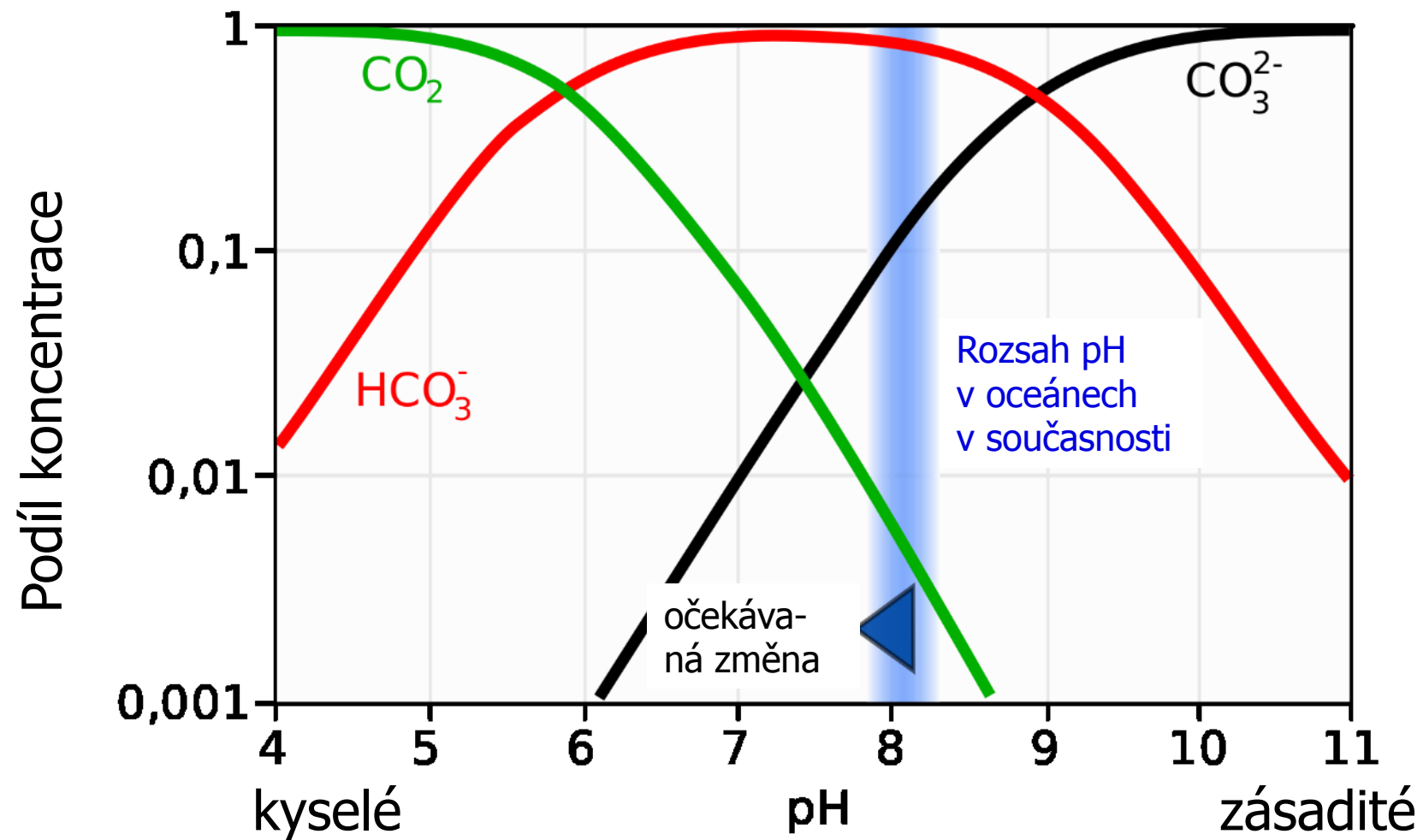
$$pH_1 - pH_2 = (-\log H^+_1) - (-\log H^+_2) = 0.14$$

$$\log(H^+_2 / H^+_1) = 0.14$$

$$(H^+_2 / H^+_1) = 10^{0.14} = 1.38 = 138\%$$

Vzroste o 38%

Acidifikace oceánu

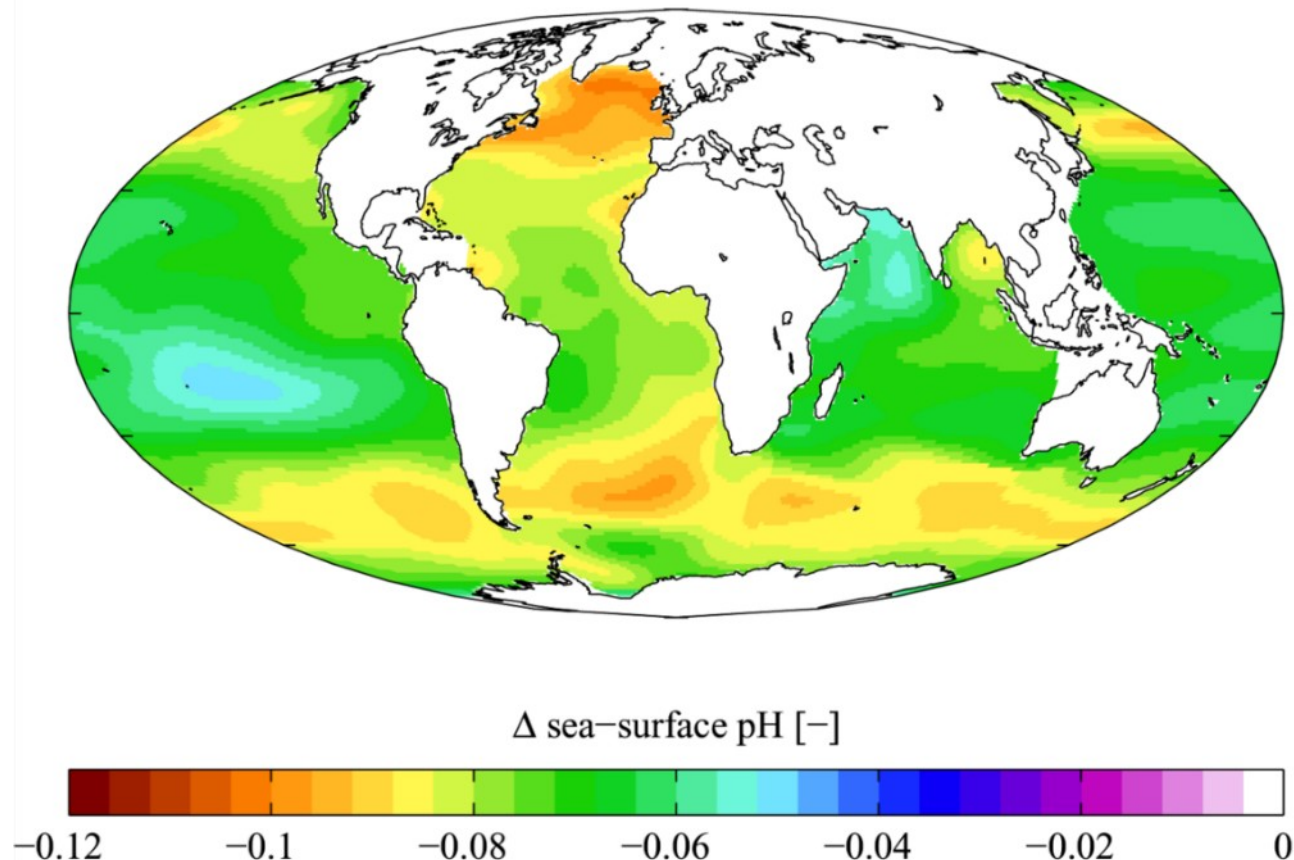


Globální problém: Acidifikace oceánu

Odhaduje se, že průměrné pH mořské vody pokleslo od roku 1750 z 8.19 na 8.05,

co znamená téměř 40% nárůst koncentrace H^+ .

Acidifikace může způsobit zásadní narušení fungování mořských ekosystémů.



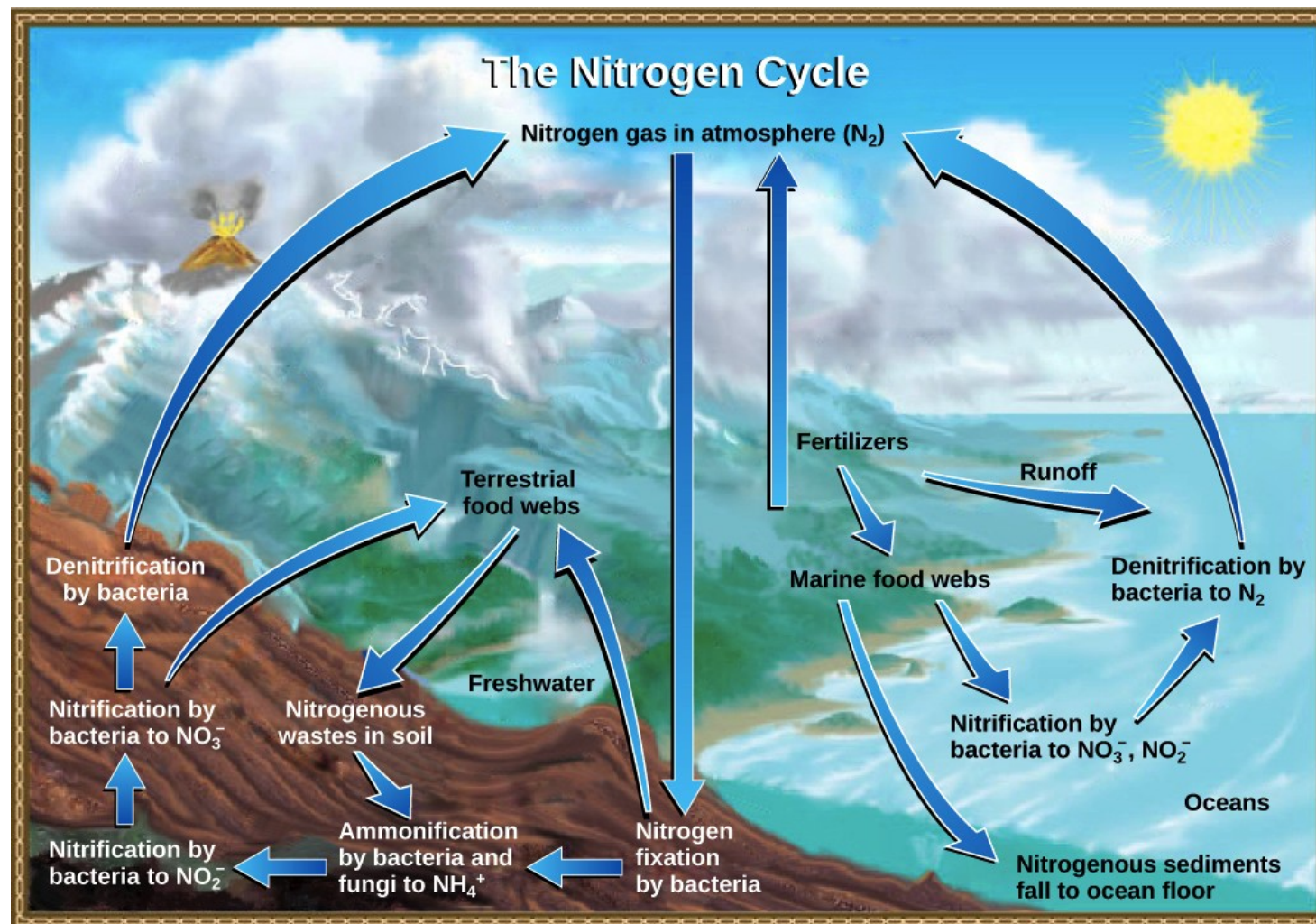
Biogeochemické toky dusíku a fosforu

Biogeochemické cykly dusíku a fosforu byly lidmi radikálně změněny v důsledku mnoha průmyslových a zemědělských procesů.



Fritz Haber (1868-1934)

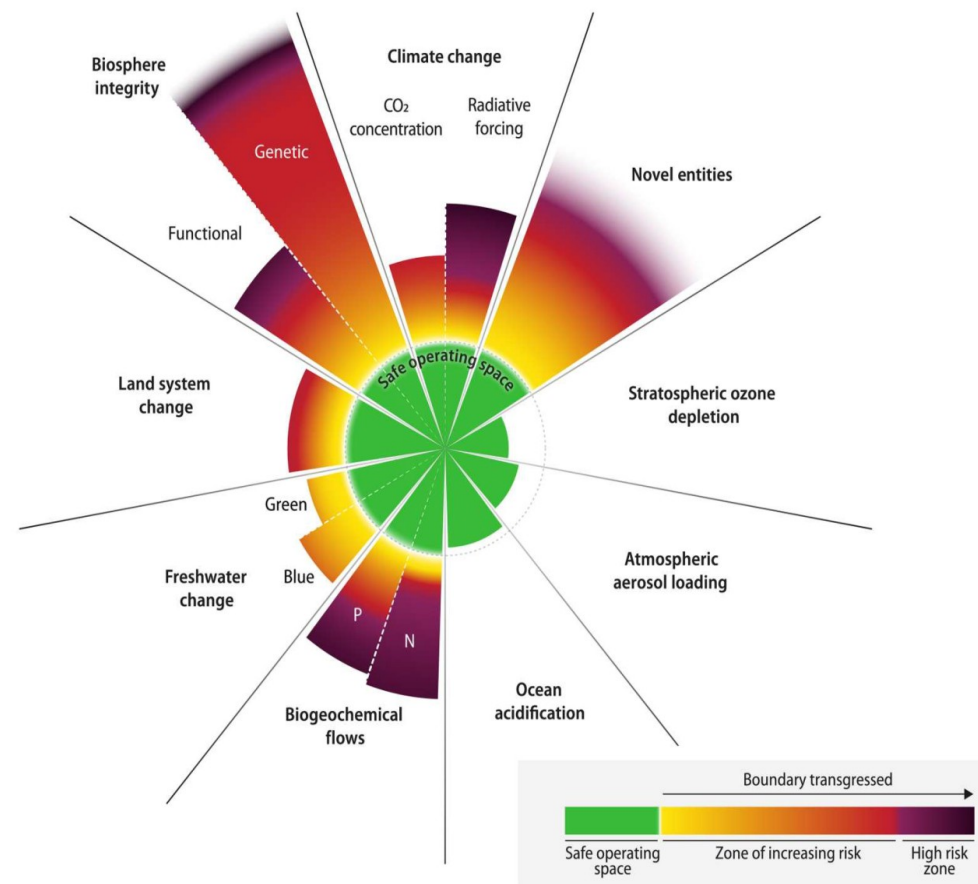
MUNI | RECETOX



Planetární meze: biogeochemické toky N

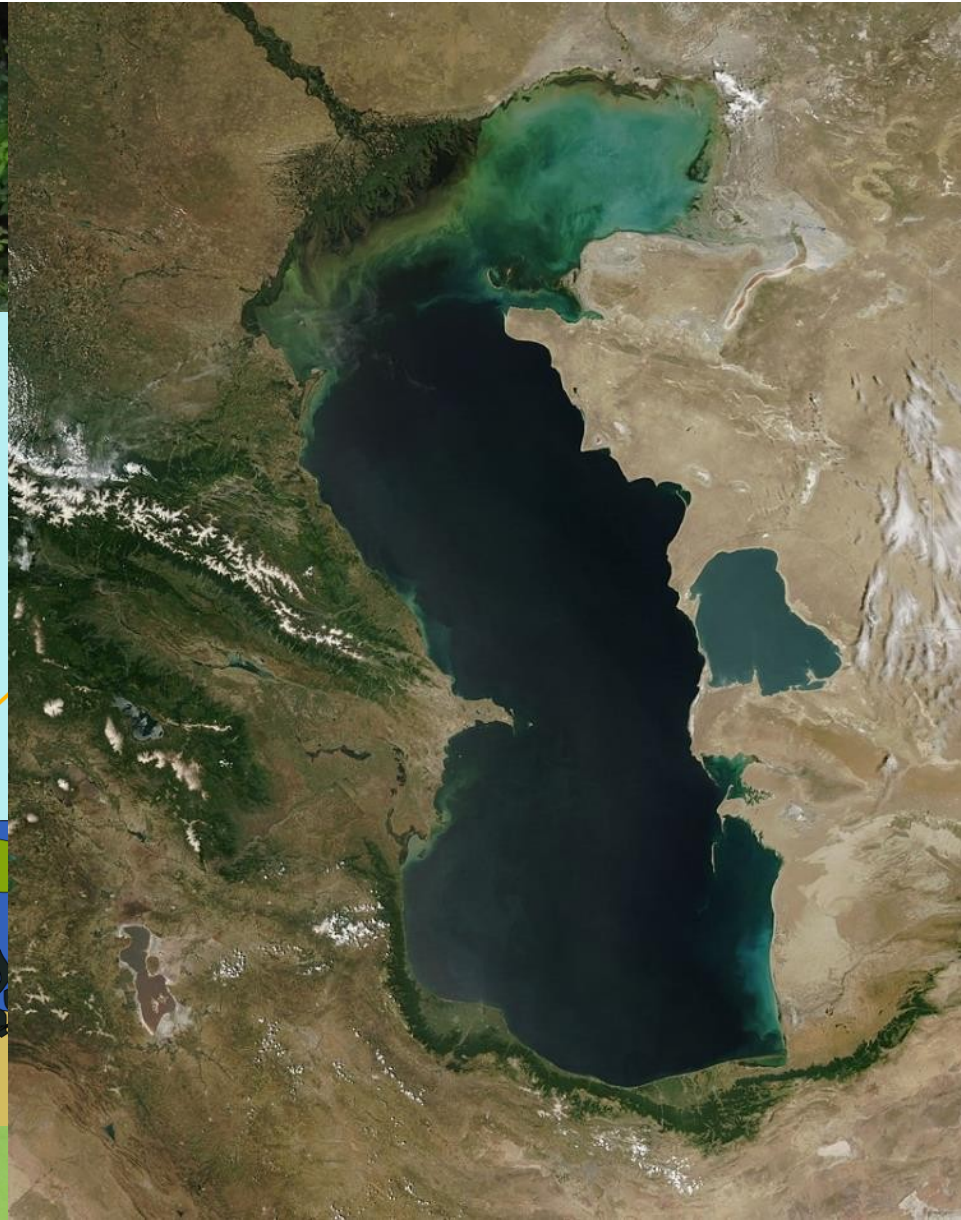
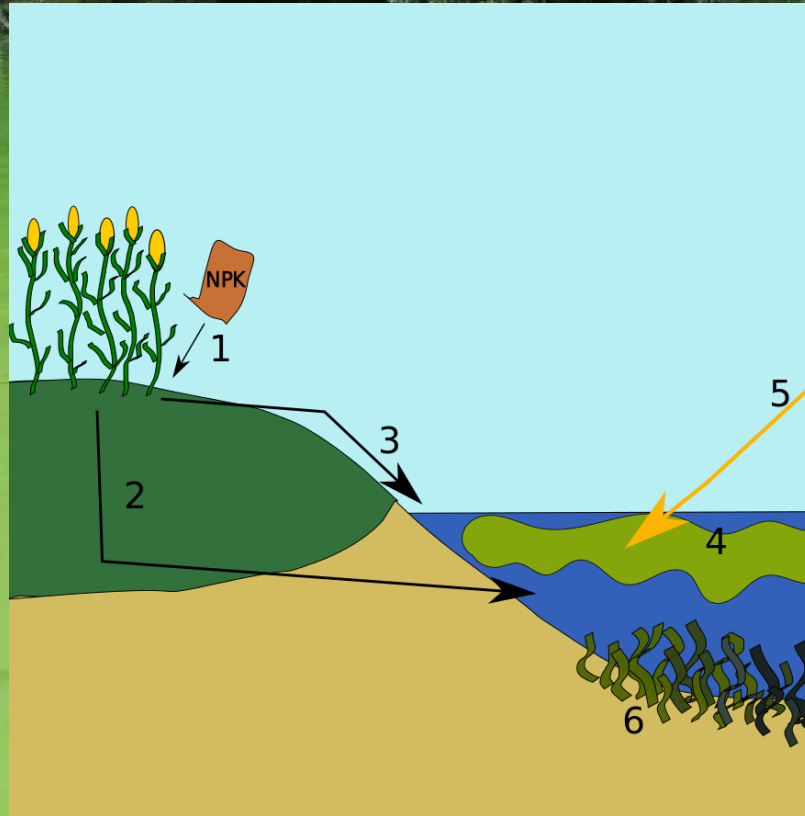
a P

- jejich globální cykly se díky zemědělství a průmyslu výrazně změnily
- Antropogenní dopady na globální koloběh uhlíku jsou stejně zásadní, ale řeší se v mezích integrity klimatu a biosféry
- **FOSFOR:** Globální mez pro P je trvalý tok 11 Tg P za rok ze sladké vody do oceánu, aby se zabránilo rozsáhlé anoxii
- Současný odhad toku: 22 Tg P za rok
- aplikace fosforu v hnojivech do orné půdy je 17,5 Tg P za rok
- **DUSÍK:** planetární hranice pro N je aplikační dávka záměrně fixovaného N do zemědělského systému 62 Tg N za rok
- Celkový přísun antropogenně fixovaného N aplikovaného do zemědělského systému je ~190 Tg za rok



Eutrofizace

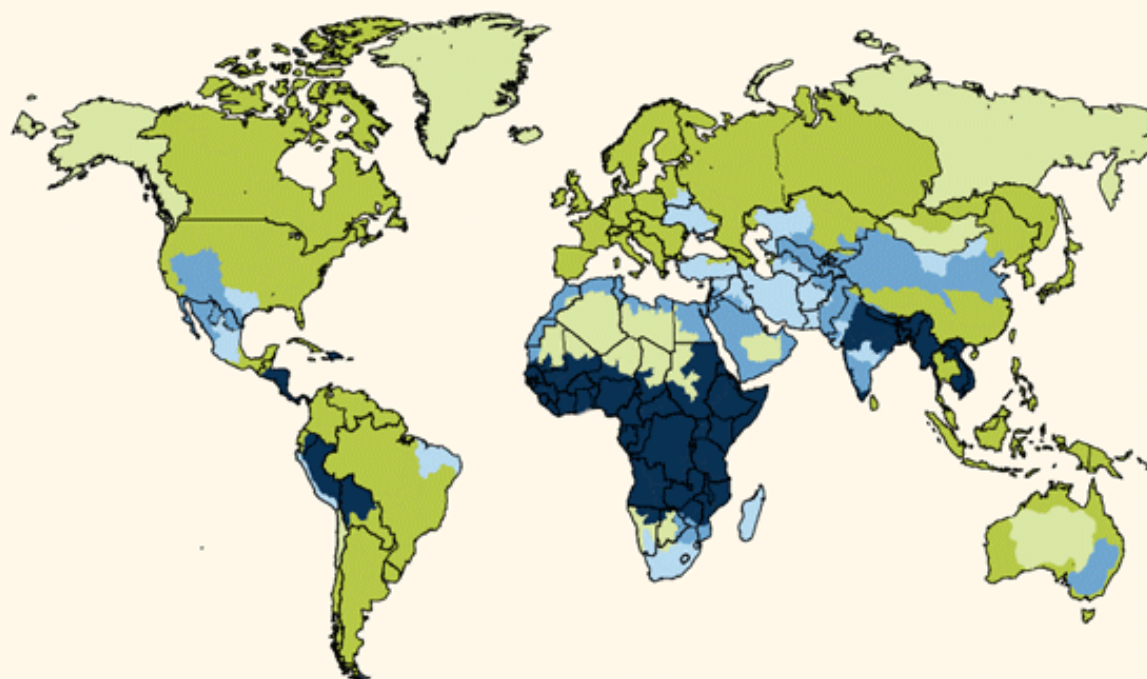
- Obohacování vod o živiny- dusík a fosfor
- **Přirozená** – výplach z půdy, rozklad mrtvých organismů
- **Nepřirozená** – lidská činnost (hnojiva, čisticí prostředky, průmyslové a komunální odpadní vody)



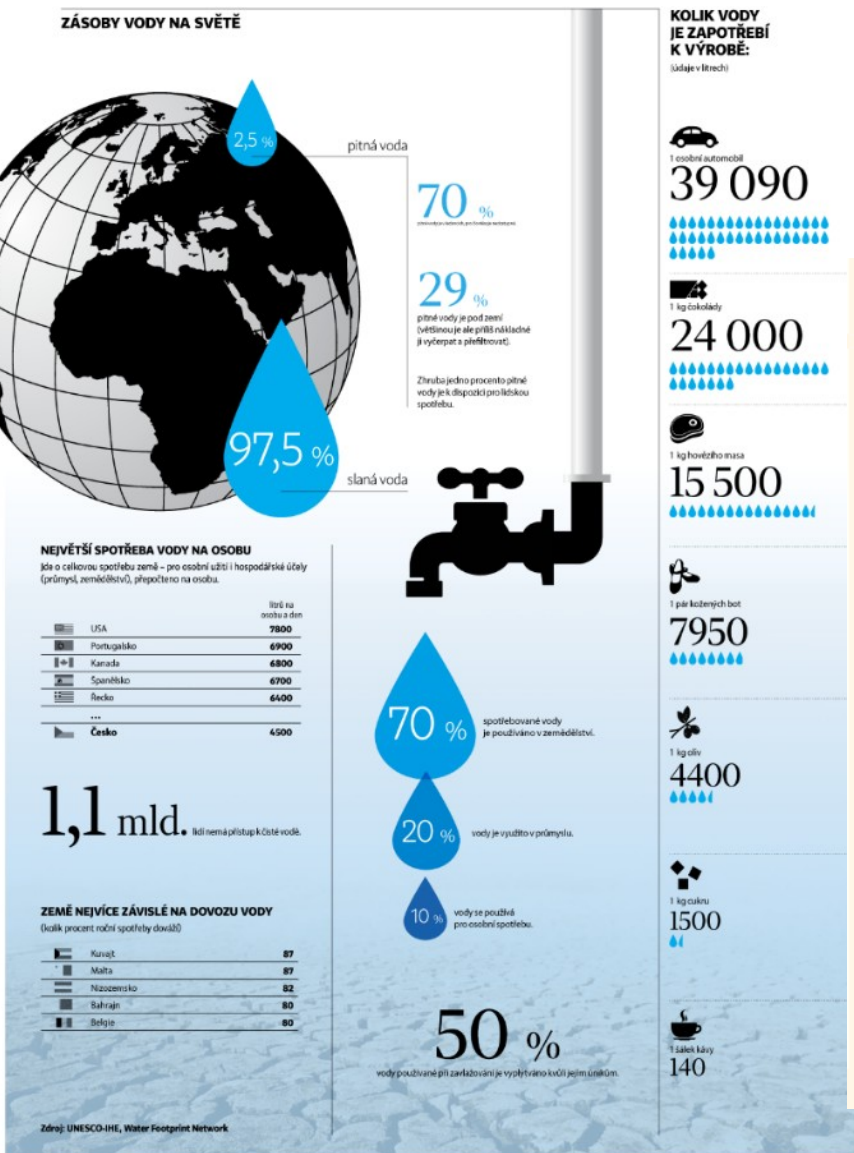
Globální problém: Zdroje sladké vody

Dvě třetiny světové populace (4 miliardy lidí) žijí v podmínkách vážného nedostatku vody alespoň 1 měsíc v roce.

Global physical and economic water scarcity

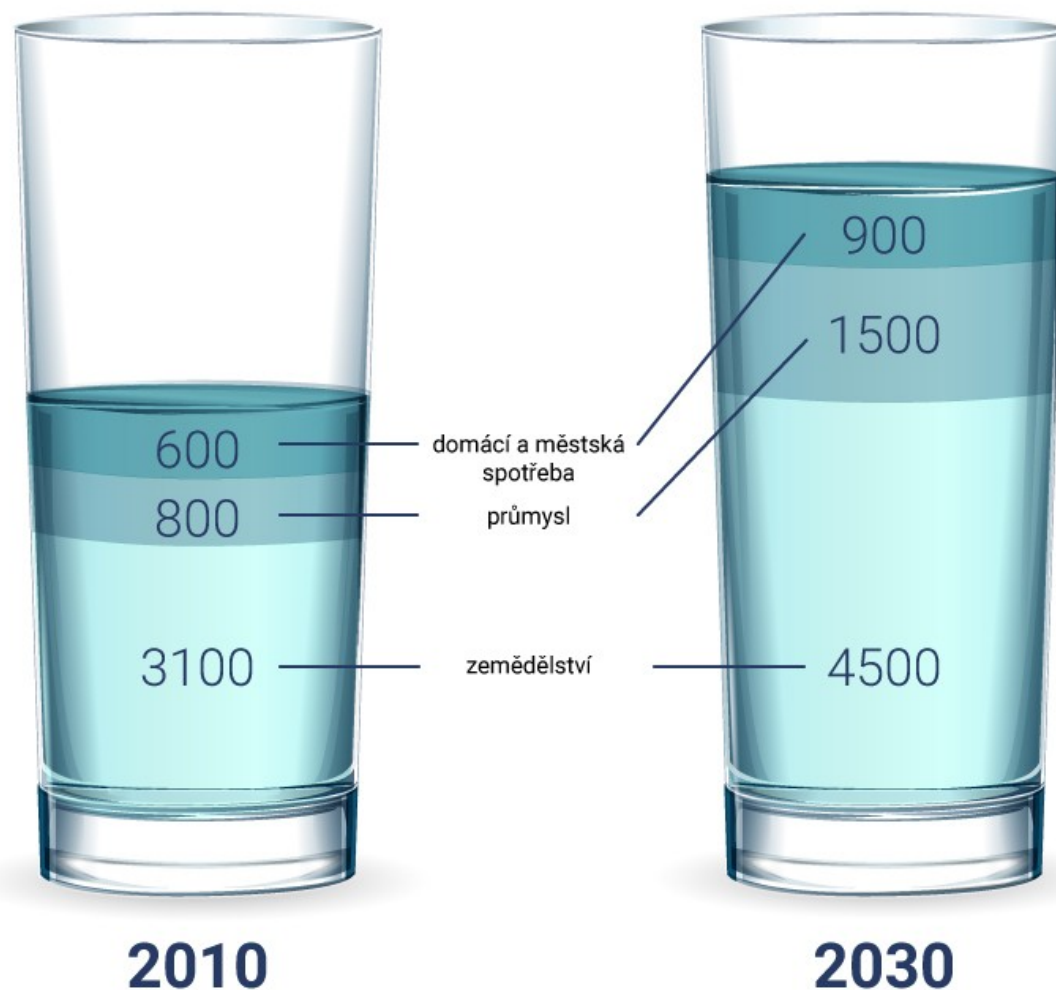


- Little or no water scarcity
- Physical water scarcity
- Approaching physical water scarcity
- Economic water scarcity
- Not estimated



Odhadovaná spotřeba vody

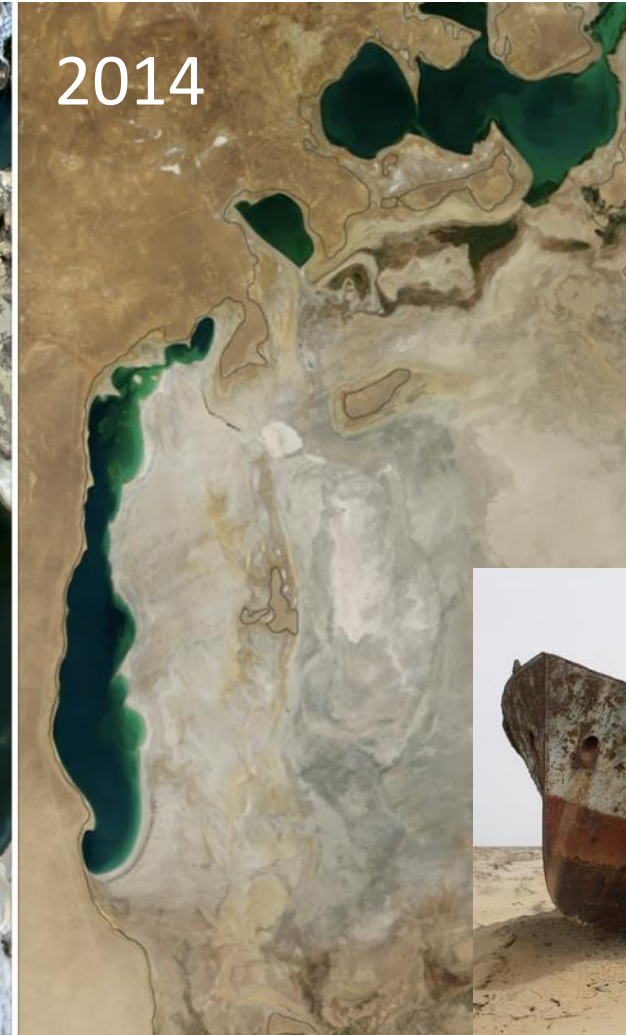
Voda je kritickým zdrojem pro udržení života



Globální problém: Zdroje sladké vody

- Environmentální problémy: Aralské moře

K nadměrné exploataci dochází, pokud je vodní zdroj těžen nebo extrahován rychlostí, která překračuje rychlost doplňování.



Znečištění vod chemickými látkami



- sídla - tuhý a kapalný odpad
- průmyslová výroba
- zemědělská výroba (hnojiva, pesticidy, odpadní vody)
- doprava (exhaláty, ropné produkty)

1986: Únik chemikálií do Rýna



2000: Únik kyanidu do Tisy



2002: Povodeň na Labi



2010: Protržení hráze odkaliště, Ajka



2012:

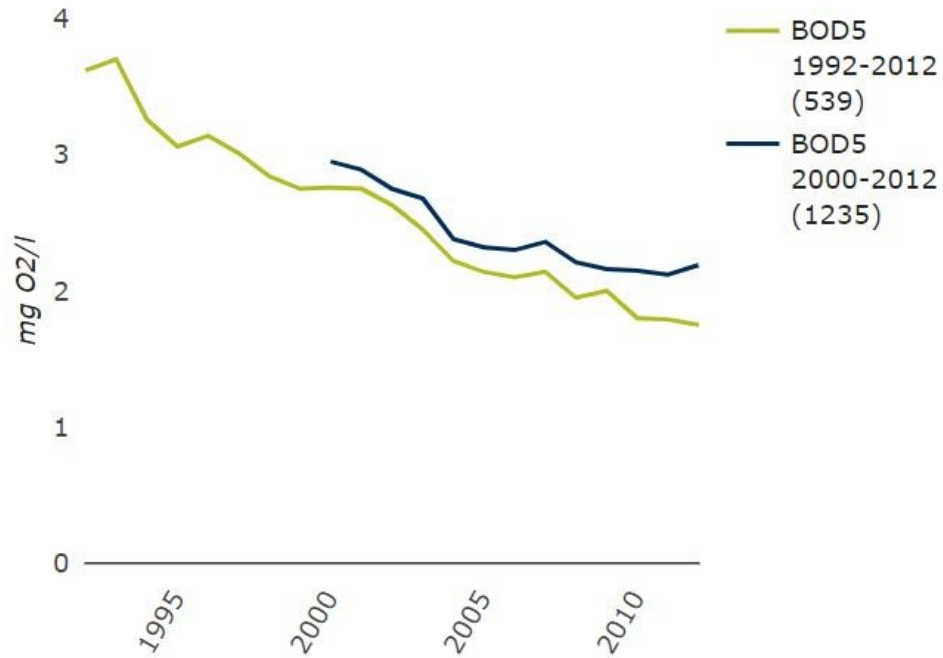


2019: Únik kyanidu do Bečvy



Regionální znečištění vod chemickými látkami

BSK5-řeky-Evropský trend



Amoniak-řeky-Evropský trend



Jaký je stav vod v Evropě dnes?

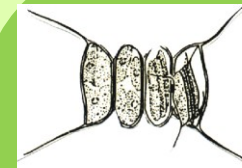
Vodní rámcova směrnice 2000/60/ES

Ekosystém

Ekologický stav: holistický přístup

- charakterizuje kumulativní účinek stresorů
 - Hydromorfologie
 - Eutrofizace
 - Teplota, pH
 - Invazivní druhy
 - **Chemické látky**

Biologické prvky
kvality (BQEs) +
podpůrné faktory



řasy



bezobratlí

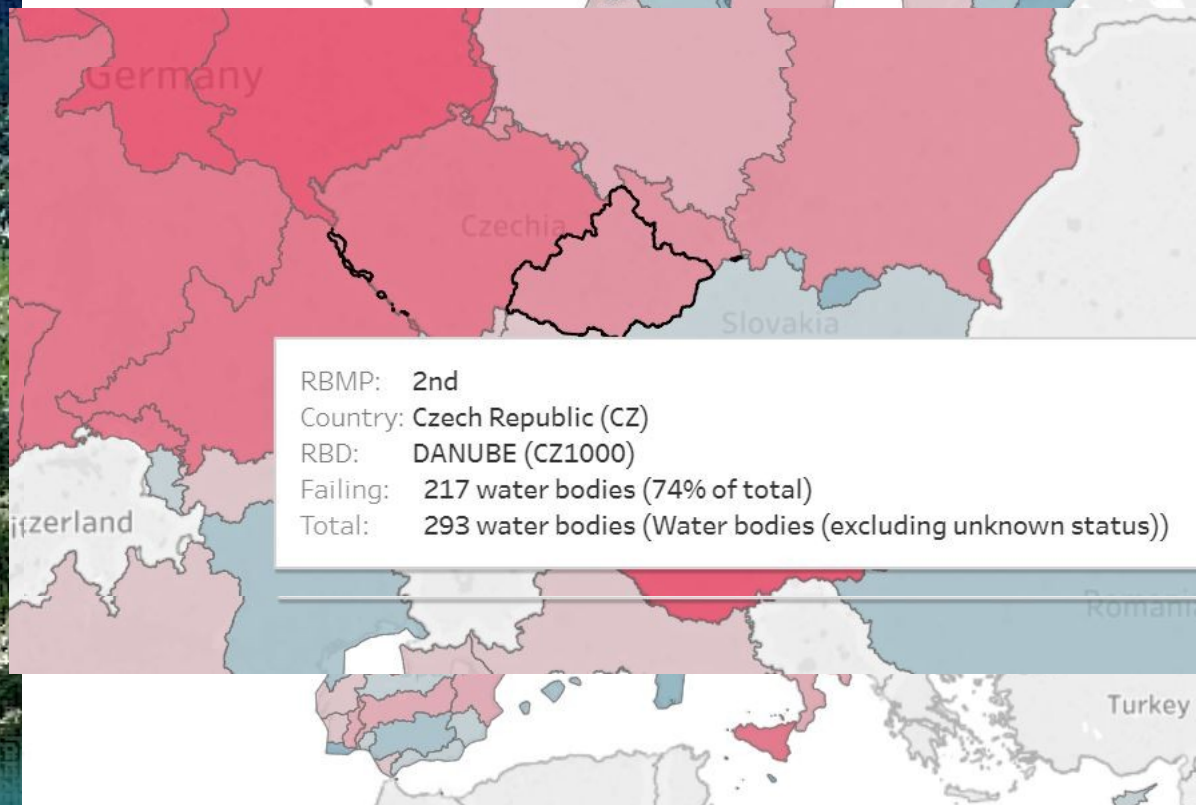


ryby





Ekologický stav povrchových vod, 2018



Jaký je stav vod v Evropě dnes?

- Ve většině evropských řek a jezer není dosaženo dobrého ekologického stavu (Vodní rámcová směrnice 2000/60/ES)
- Chemické látky stále hrají významnou roli ve zhoršování stavu

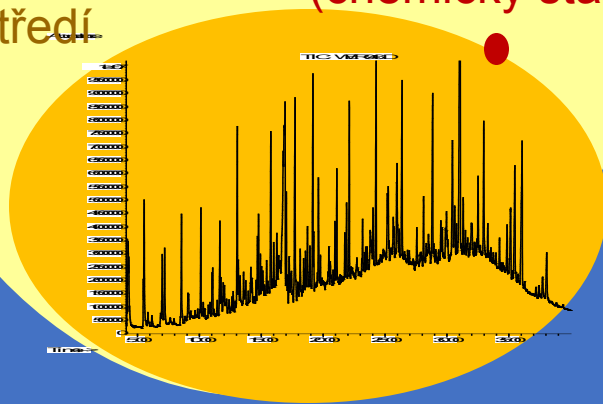
Jaký je stav vod v Evropě dnes?

Chemosféra

70 mil. chemických látek
14 mil komerčně
dostupných
> 100.000 denně
používáno

> 10.000 látek ve
vzorcích životního
prostředí

41 prioritních
znečišťujících
látek
(chemický stav)



Ekosystém



řasy



bezobratlí



ryby

Biologické prvky
kvality (BQEs) +
podpůrné faktory

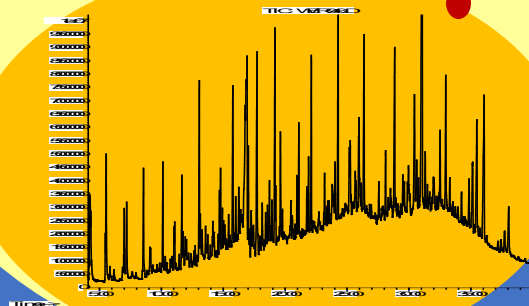
Jaký je stav vod v Evropě dnes?

Chemosféra

70 mil. chemických látek
14 mil komerčně
dostupných
> 100.000 denně
používáno

> 10.000 látek ve
vzorcích životního
prostředí

41 prioritních
znečišťujících
látek
(chemický stav)



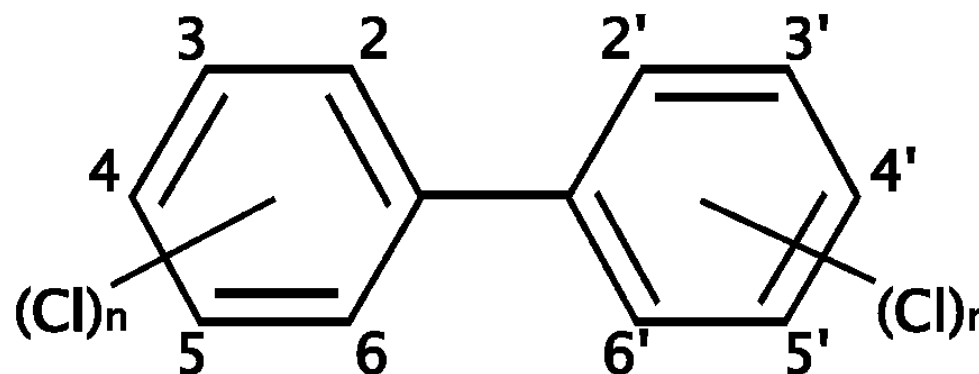
Prioritní znečišťující látky

- typické jsou nepolární persistentní organické látky a těžké kovy
- většinou zakáz používání
- často nevysvětlují pozorované účinky

Příklad: PCB



- POLYCHLOROVANÉ BIFENYLY
- Substituční deriváty bifenyly -209 kongenerů
- se stupněm chlorace
 - roste stabilita
 - klesá rozpustnost ve vodě
 - roste rozpustnost v tuku
- persistentní organické látky
- jednotlivé kongenery mají různou toxicitu



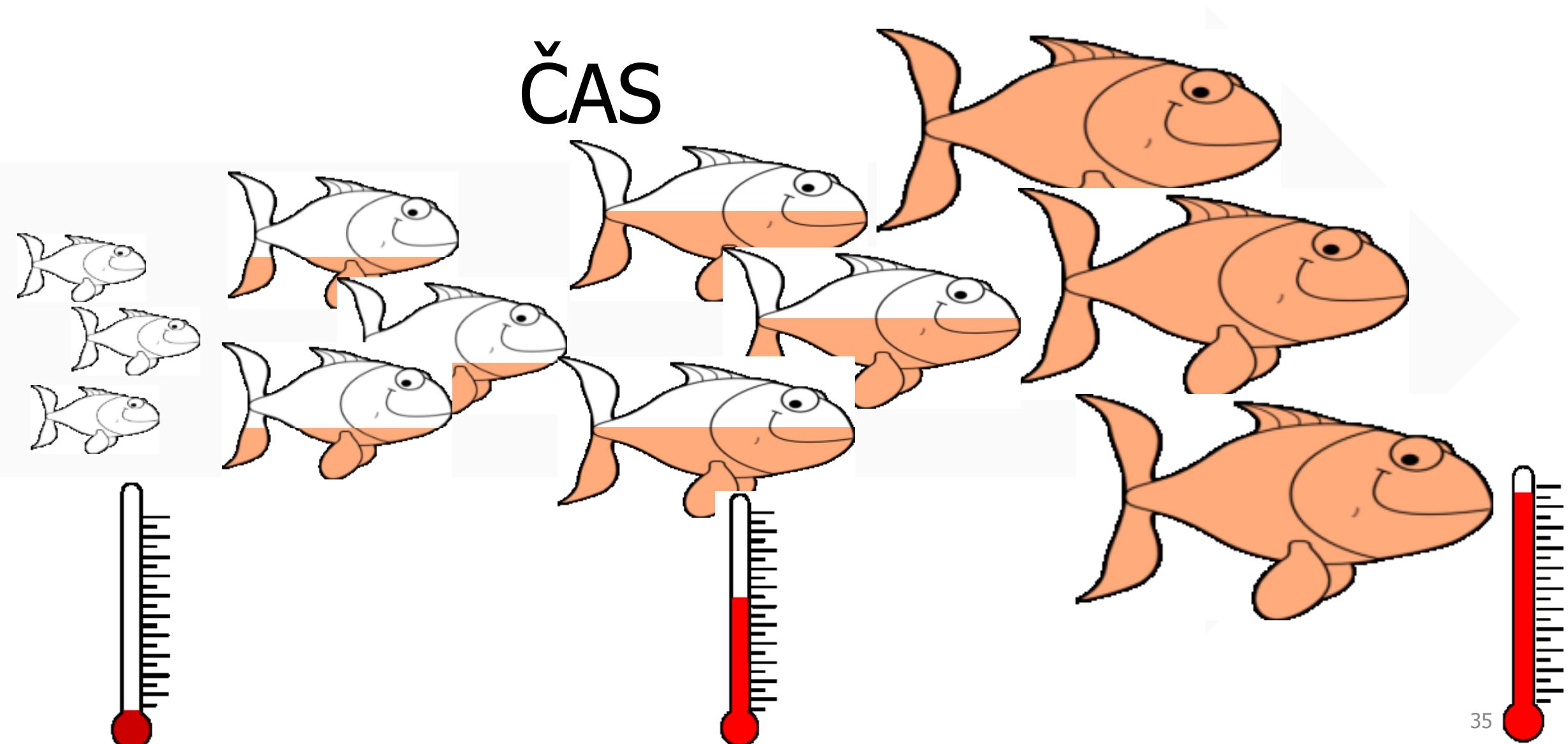
Polychlorované bifenyly

- PCB: podnik Chemko Strážske r.1959-1984
- Výrobky: Delor, Hydeler a Delotherm (21 000 t)
- Použití: při výrobě transformátorů a kondenzátorů,
- nátěrové hmoty, teplotnosné kapaliny, aditiva plastů...



Bioakumulace PCB

ČAS

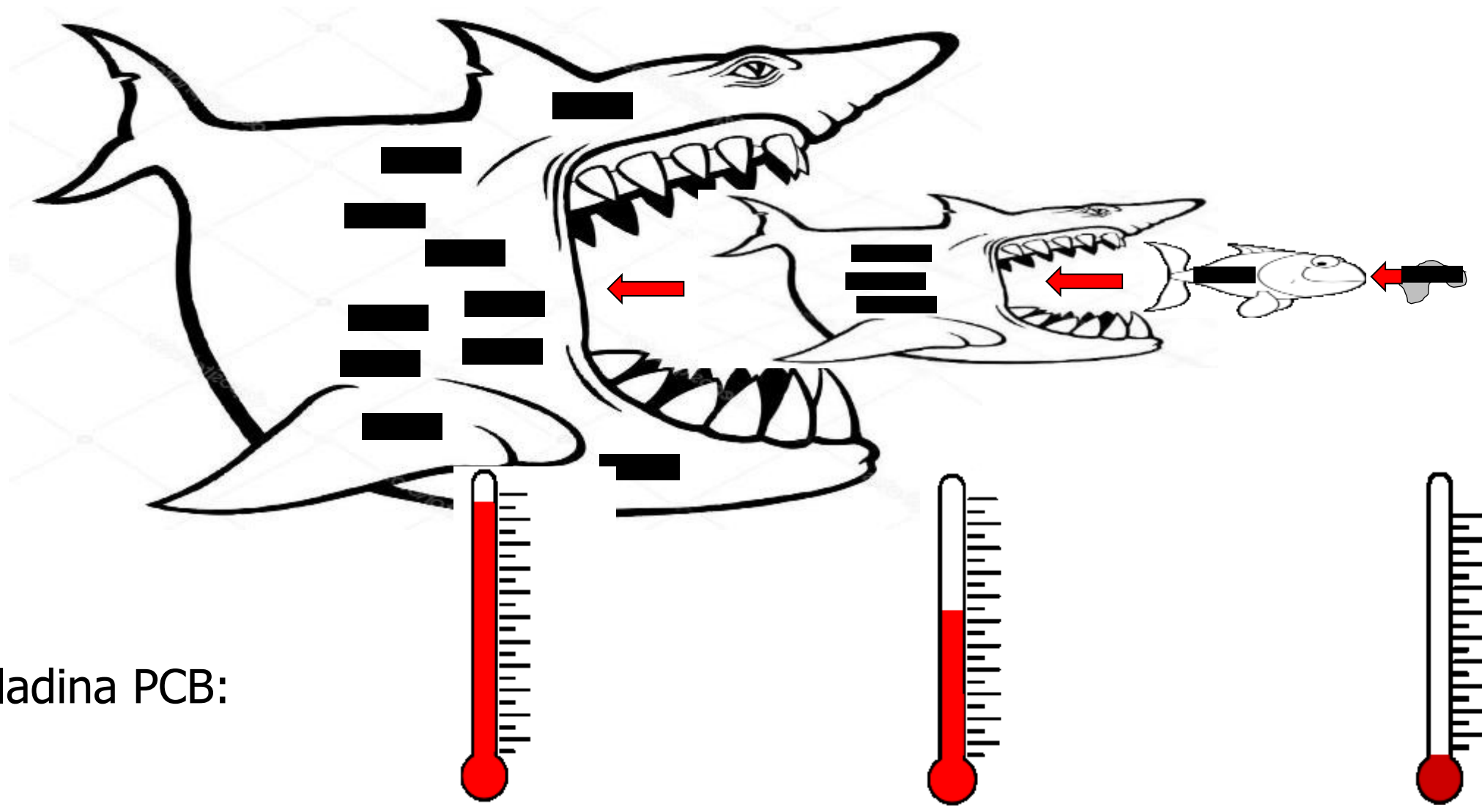


Potravní řetězec ve vodním ekosystému

Pieter Brueghel: Velké ryby žerou malé ryby



PCB a ryby - biomagnifikace



Hladina PCB:

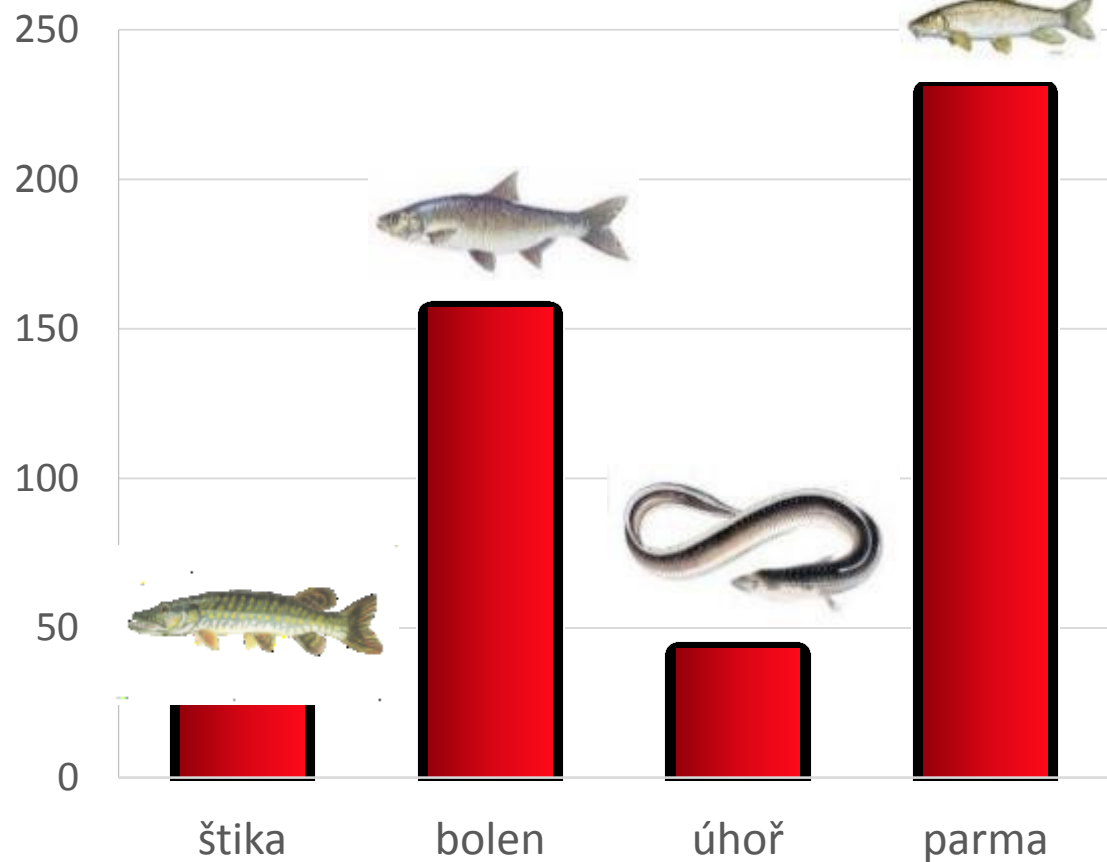
MUNI | RECETOX

MUNI | RECETOX

Srovnání kontaminace PCB

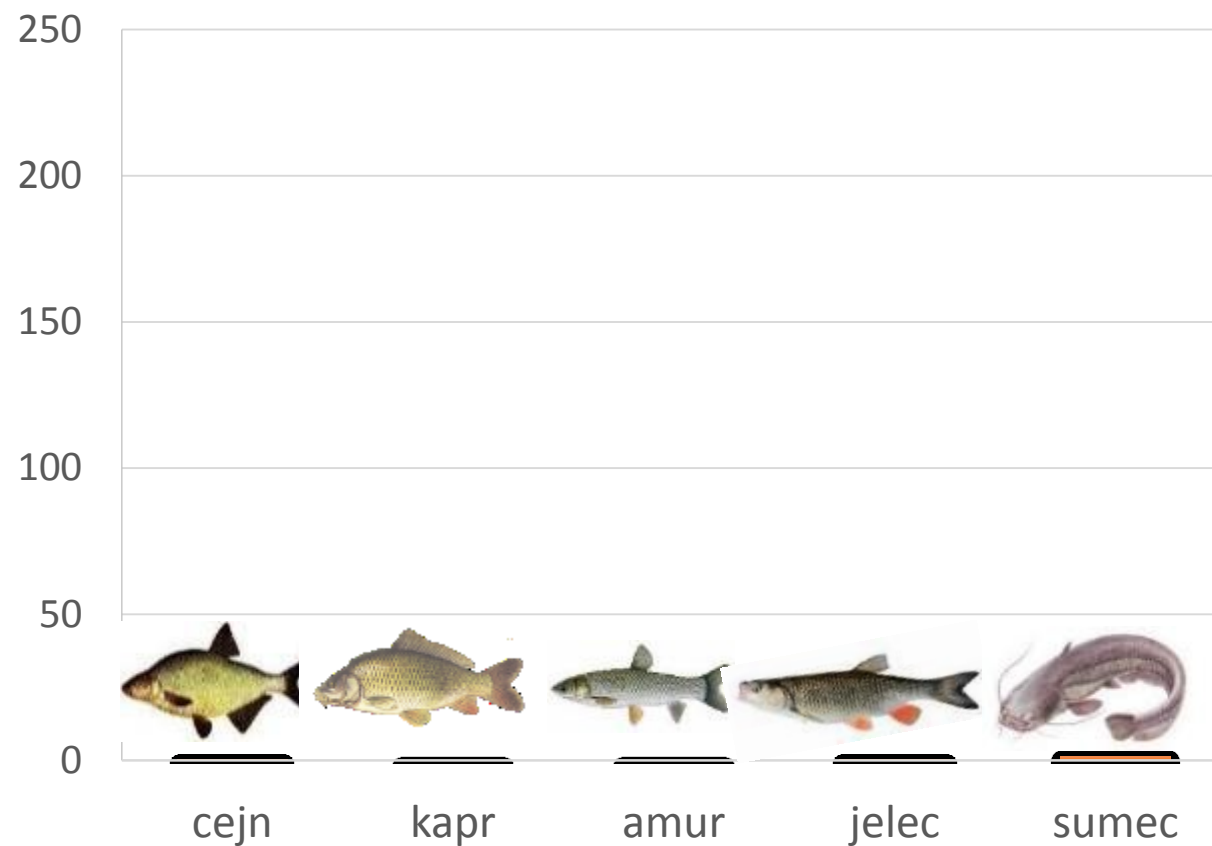
Zemplínska Šírava

Koncentrace v tuku (mg/kg)



Pohořelice

Koncentrace v tuku (mg/kg)



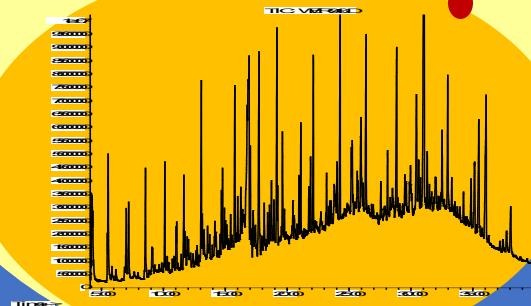
Jaký je stav vod v Evropě dnes?

Chemosféra

70 mil. chemických látek
14 mil komerčně
dostupných
> 100.000 denně
používáno

> 10.000 látek ve
vzorcích životního
prostředí

41 prioritních
znečišťujících
látek
(chemický stav)



Nové „emergentní“ látky

- rozšířeny
- neregulovány
- zřídka monitorovány
- většinou polární
- nízká účinnost odstraňování na ČOV
- směsi
- mohou mít vysokou biologickou aktivitu

Léčiva

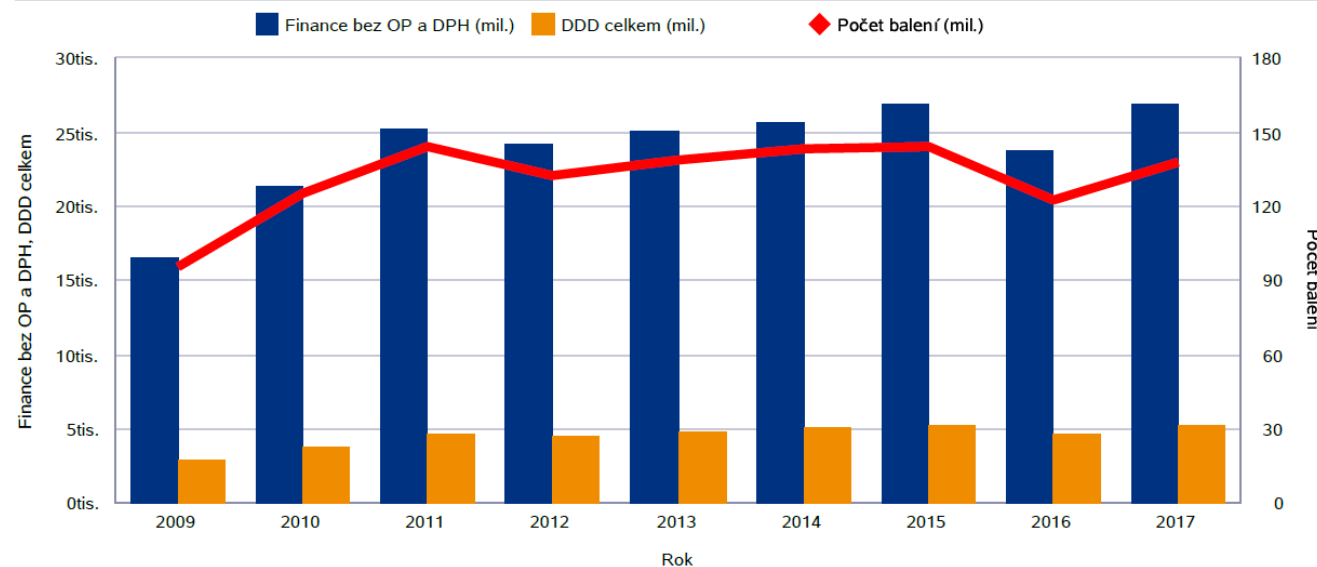
Spotřeba léčiv v ČR v 2017

- Na trhu cca 3000 účinných složek
- 137,87 mil. balení
- 5228 mil. definovaných denních dávek
- 27 miliard Kč bez DPH
 - trávicí trakt a metabolismus – 6 mld. Kč
 - nervový systém – 4.9 mld Kč
 - kardiovaskulární systém – 6 mld. Kč
 - respirační systém – 3 mld. Kč

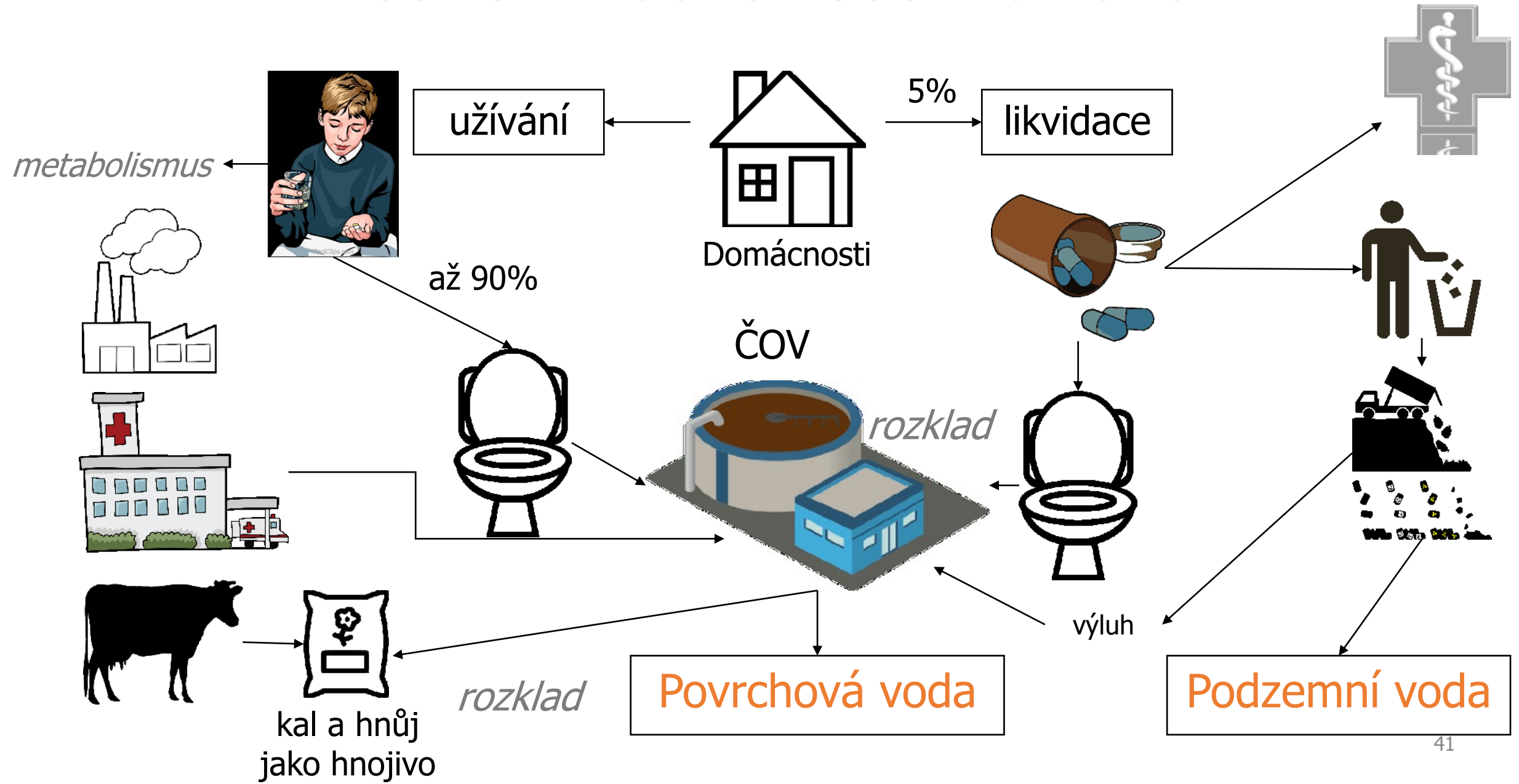
MUNI | RECETOX



Graf RV.1.1 Výdeje z lékáren - základní ukazatele



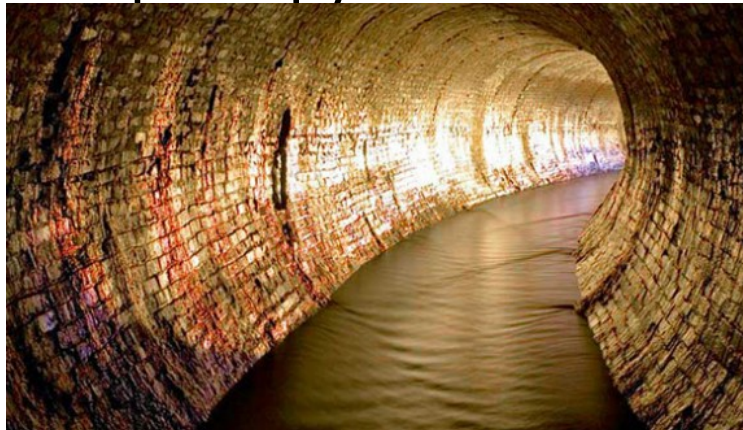
Léčiva – kde to všechno končí?



Léčiva – kde to všechno končí?

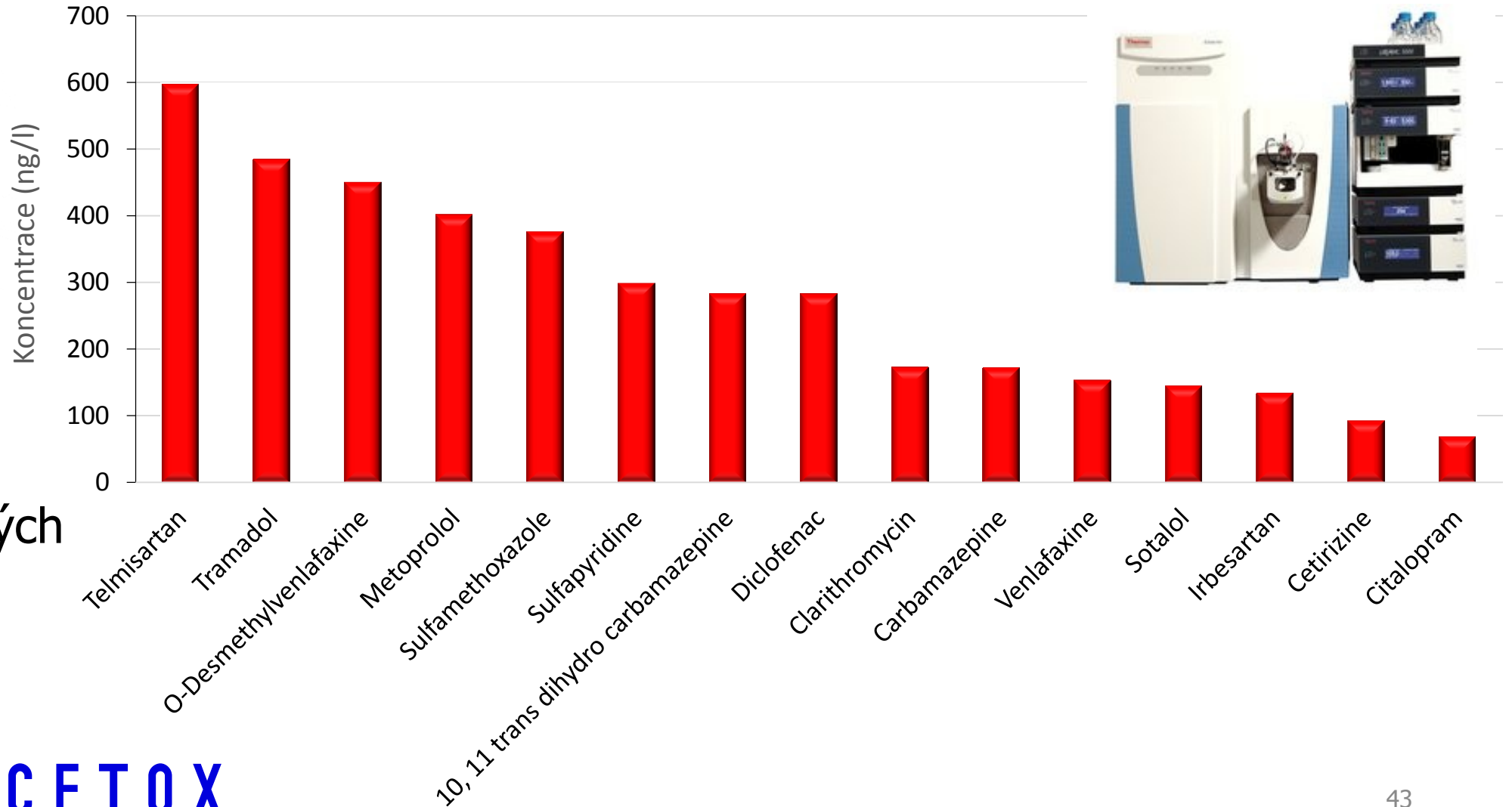


- omezené účinnosti odstranění na ČOV
- sorpce na kal (různé vlastnosti)
- biodegradace na metabolity, nebo až na CO_2
- účinnost odstranění 0 – 100 %
- závisí od struktury látek
- hledají se nové postupy odstranění



Koncentrace léčiv ve vodě na odtoku z ČOV

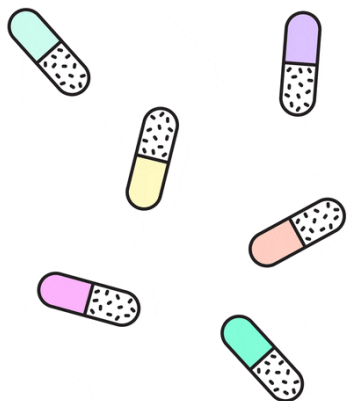
Voda na odtoku ČOV Modřice



asi 100 léčiv
v 14 terapeutických
skupinách

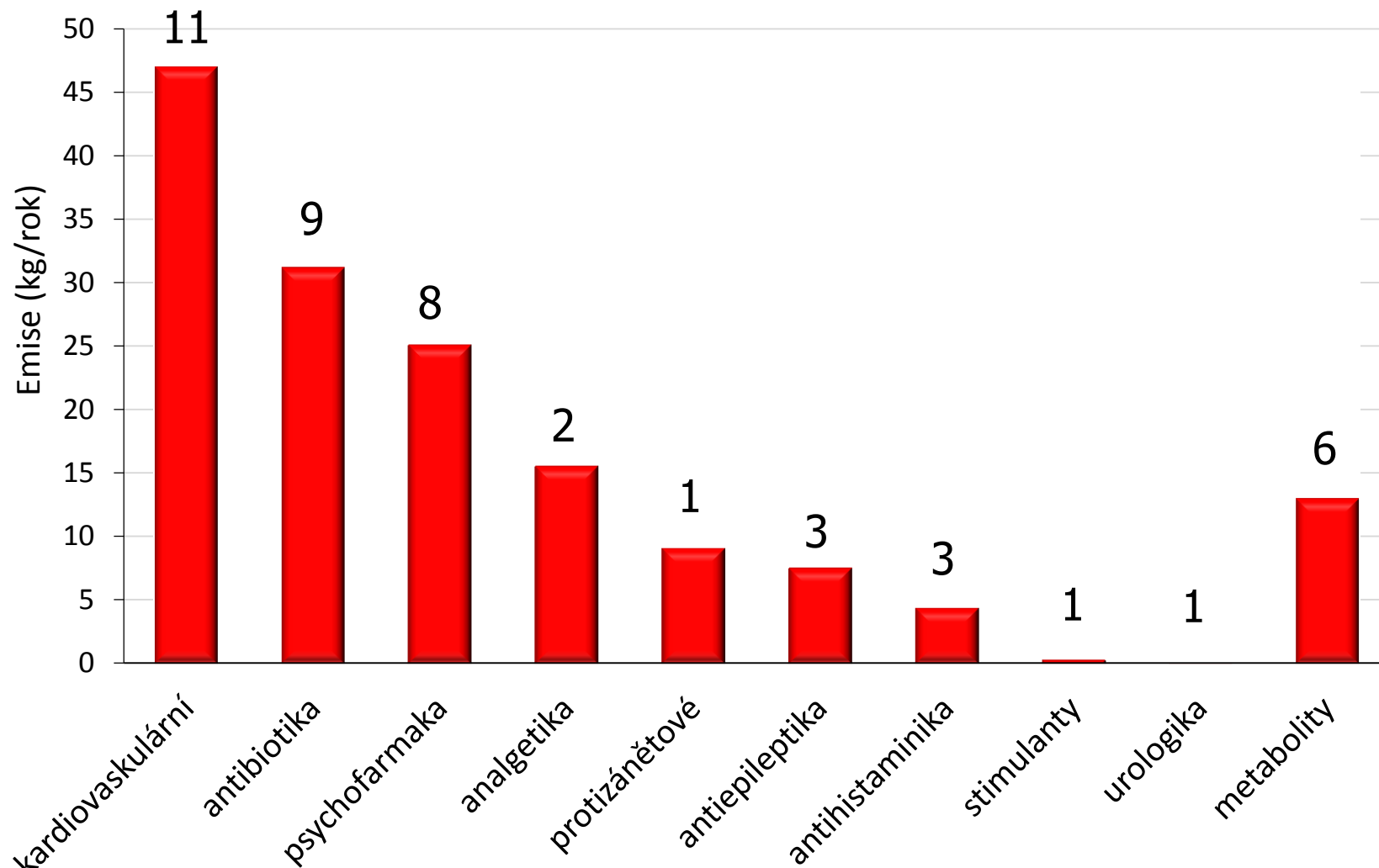
Emise léčiv z komunálních odpadních vod

Odhad roční emise léčiv z odtoku ČOV Brno-Modřice



Měření cca 100 léčiv
v 14 terapeutických
skupinách

cca 153 kg/rok



Léčiva a znečištění vod

Koncentrace v řekách závisí od účinnosti odstranění na ČOV a ředícího poměru



ČOV Brno: 378 000 obyvatel
Emise 0.4 kg/den – 153 kg/rok
Průtok na ČOV: 1.0 m³/s
Řeka Svatka: 7.68 m³/s



ČOV Košice: 225 000 obyvatel
Emise 5.2 kg/den – 1900 kg/rok
Průtok na ČOV: 0.7 m³/s
Řeka Hornád: 22 m³/s

Zdroj: STU Bratislava



ČOV Bratislava: 500 000 obyvatel
Emise ?
Průtok na ČOV: 1.2 m³/s
Dunaj: 2 025 m³/s

Léčiva a znečištění vod - účinky

biologické účinky při nízkých koncentracích

persistence nebo pseudo - persistence

chronická expozice

účinek směsí látek



antibiotická rezistence

endokrinní disruptory

poškození ekosystému

Endokrinní disruptory - EDC

• Jaké jsou následky disrupce?

- Neschopnost udržet homeostázu
- Narušení růstu & vývoje
- Narušení odpovědi na vnější impulsy
- Změny chování
- Potlačená gametogeneze
- Embryonální malformace
- Zvýšená neoplasie nebo karcinogeneze



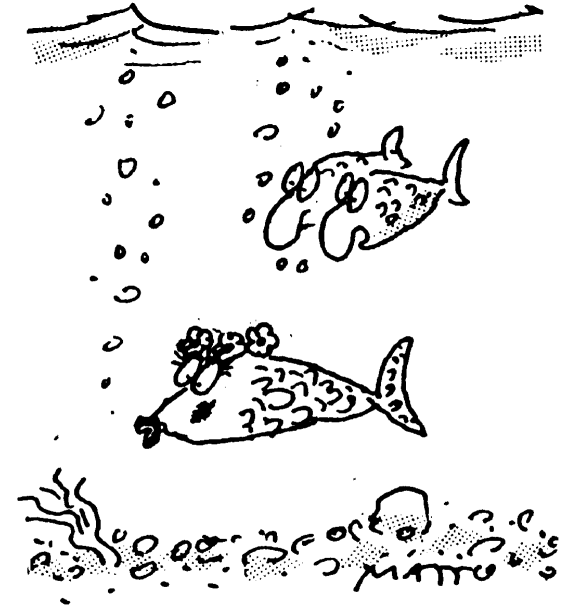
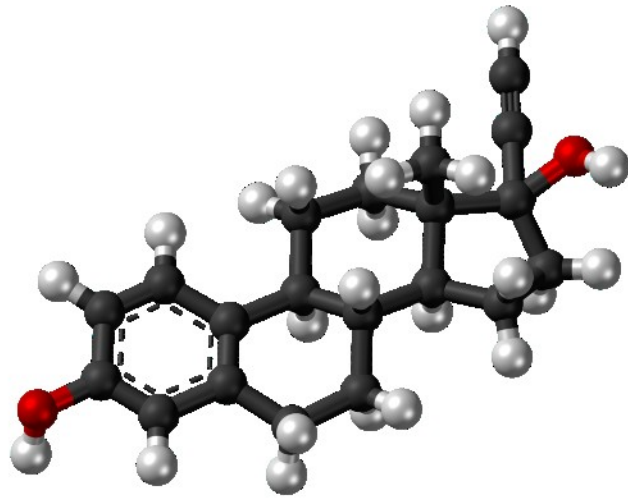
Které látky mohou být EDC?

- Farmaceutika (antikoncepce, léky,...)
- Antibiotika
- Produkty rozkladu detergentů
- Pesticidy (herbicidy, insecticidy, fungicidy...)
- Změkčovače plastů
- Rostlinné metabolity
- Chemikálie z vaření & hoření
- Kovy



Důvod intersexuality v rybách?

- Samci ryb jsou 'feminizováni' estrogenními látkami
- Mnoho látek s estrogenní aktivitou je přítomno ve výpustích ČOV a tak uvolňováno do řek
- **Steroidní estrogeny**, jak přírodní (např. estradiol, estrone), tak syntetické (např. **ethynylestradiol- EE2**) jsou pravděpodobně hlavní příčinou



'I'm beginning to worry about Bob'



Jak účinný je syntetický estrogen EE2?

1 g = 1000 mg

1 mg = 1000 μ g

1 μ g = 1000 ng

1 ng = 1000 pg

návrh NEK = 35 pg/l = $3,5 \times 10^{-11}$ g/l = 0,000000000035 g/l



A man wearing a green rain suit, a dark cap, and glasses is crouching on a dark rock at the edge of a river. He is holding a black electronic device in his right hand, which is connected by a black cable to a coiled blue and black cable submerged in the water. The background shows a wide river with a concrete structure on the right and a hazy, overcast sky. The text "Děkuji za Vaši pozornost!" is overlaid on the right side of the image.

Děkuji za Vaši
pozornost!