

MUNI | RECETOX

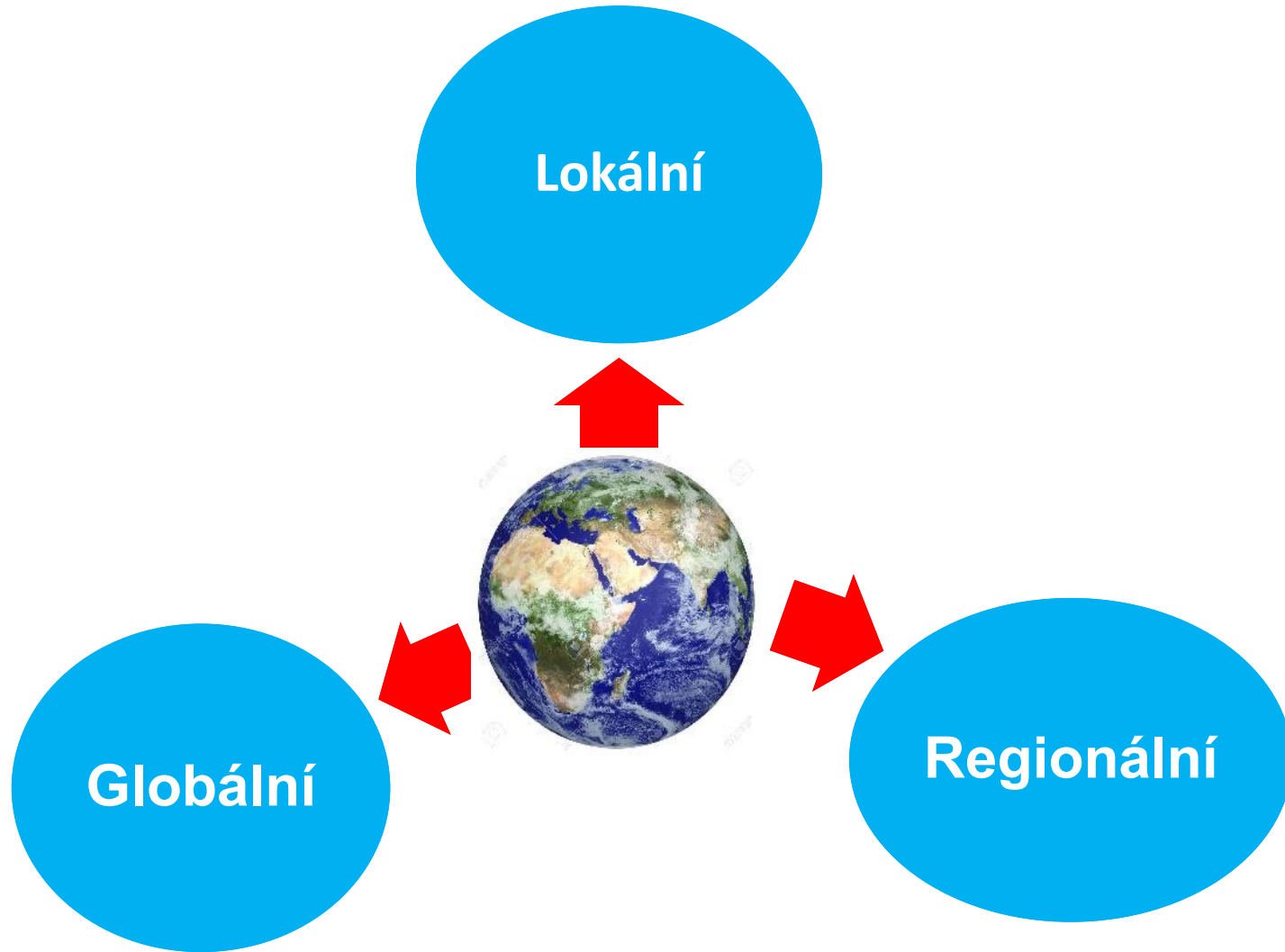
# Hydrosféra – kvalita vod

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

RECETOX  
Přírodovědecká fakulta  
Masarykova univerzita  
Brno, Česká republika



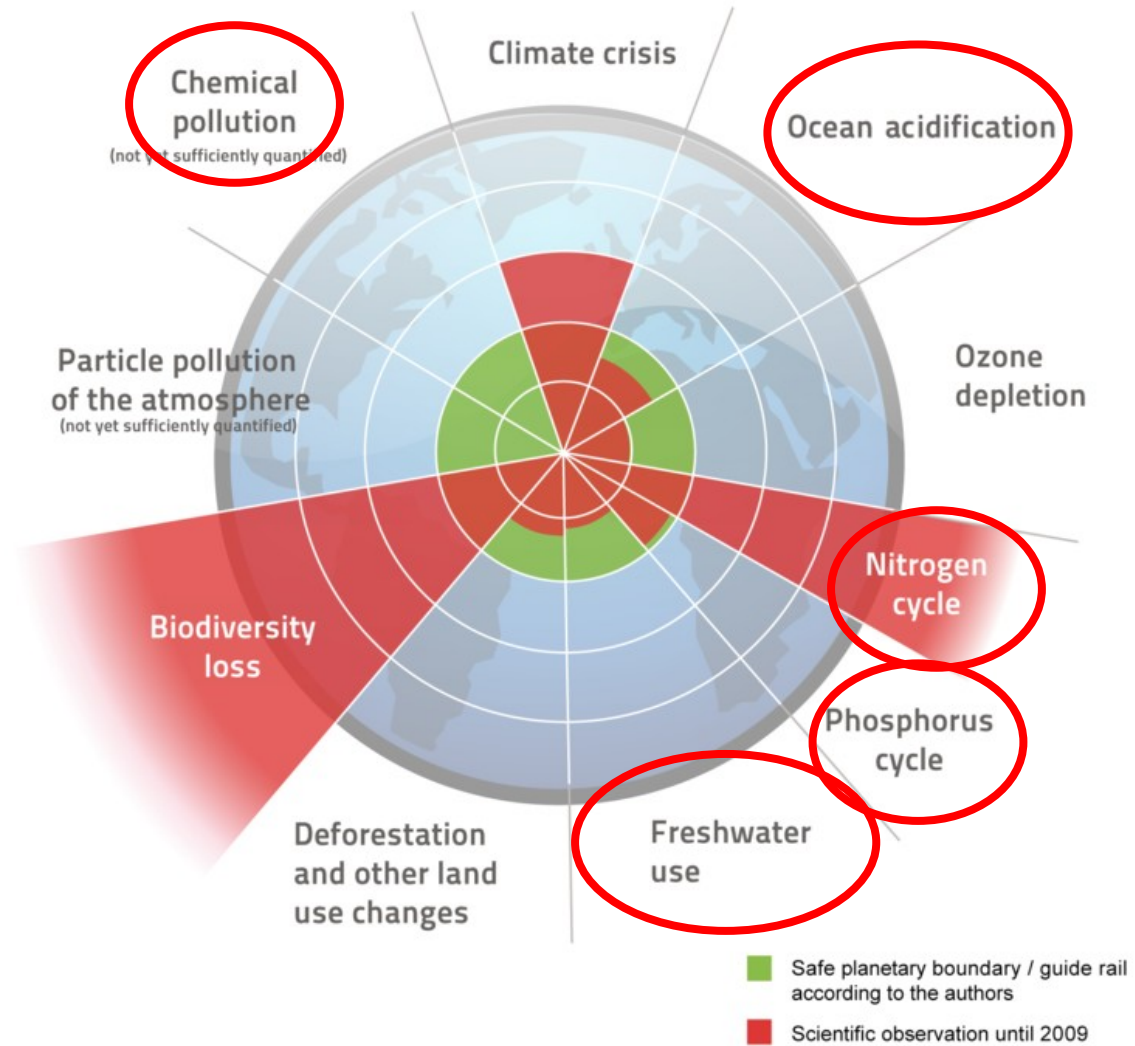
# Problémy planety a jejich dopady



# Planetární meze

Úzký vztah s hydrosférou:

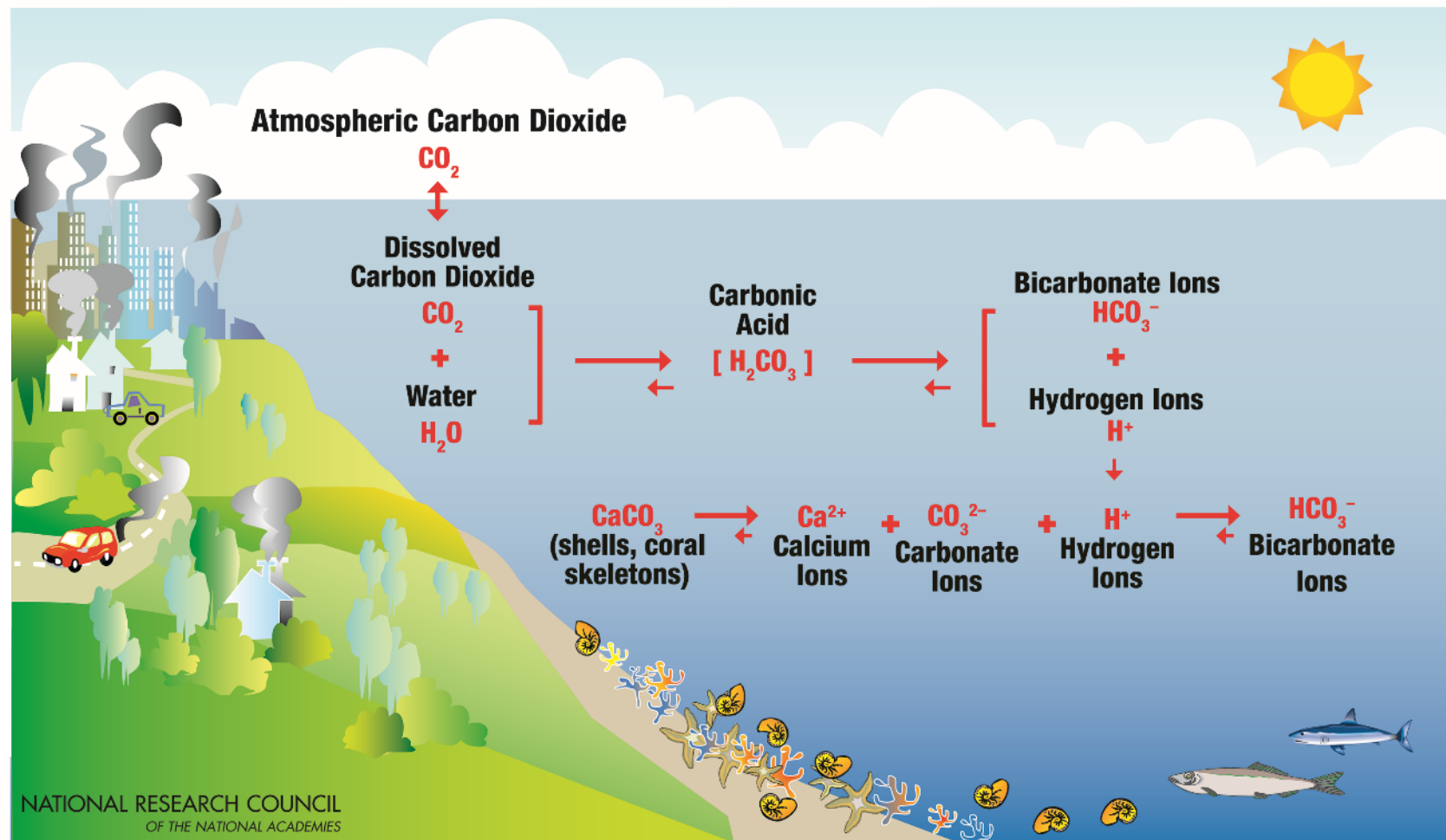
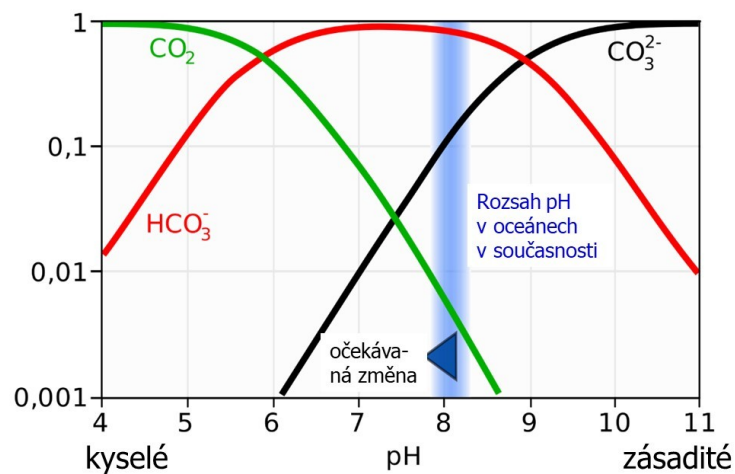
- Acidifikace oceánu
- Biogeochemické toky fosforu a dusíku
- Zdroje sladké vody
- Chemické znečištění



# 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,

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

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

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

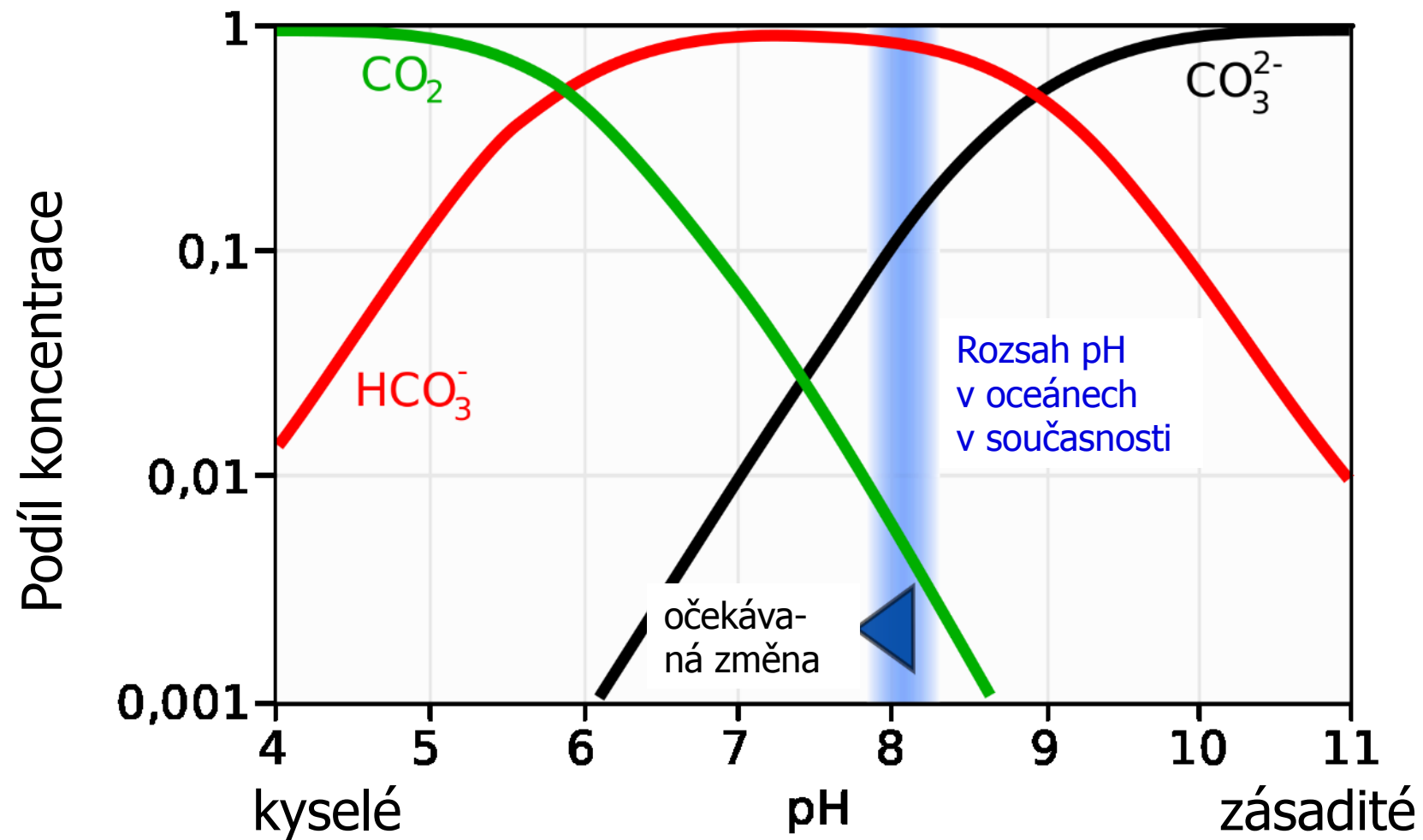
$$\log(H^+_2 / H^+_1) = 0.14$$

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

Vzroste o 38%



# Acidifikace oceánu

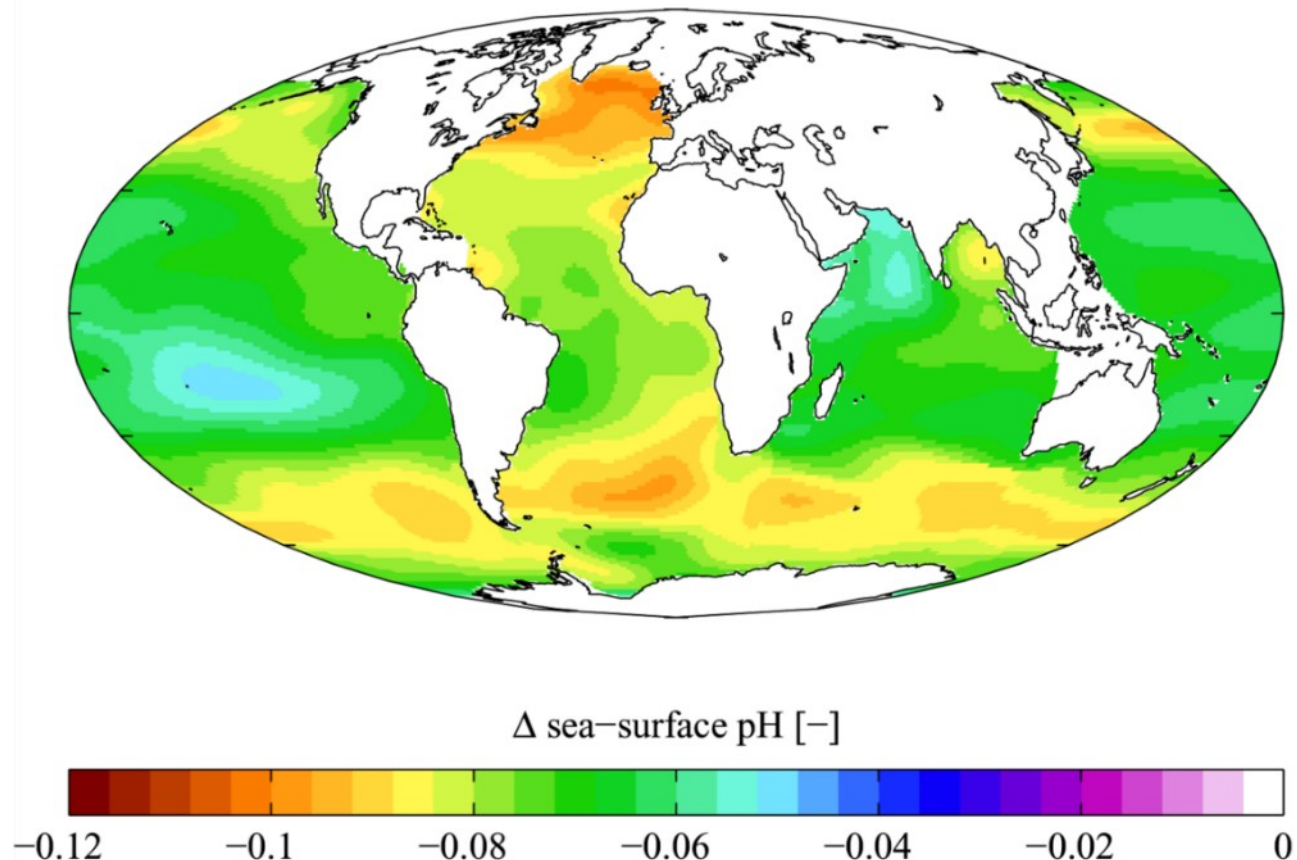


# Globální problém: Acidifikace oceánu

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.



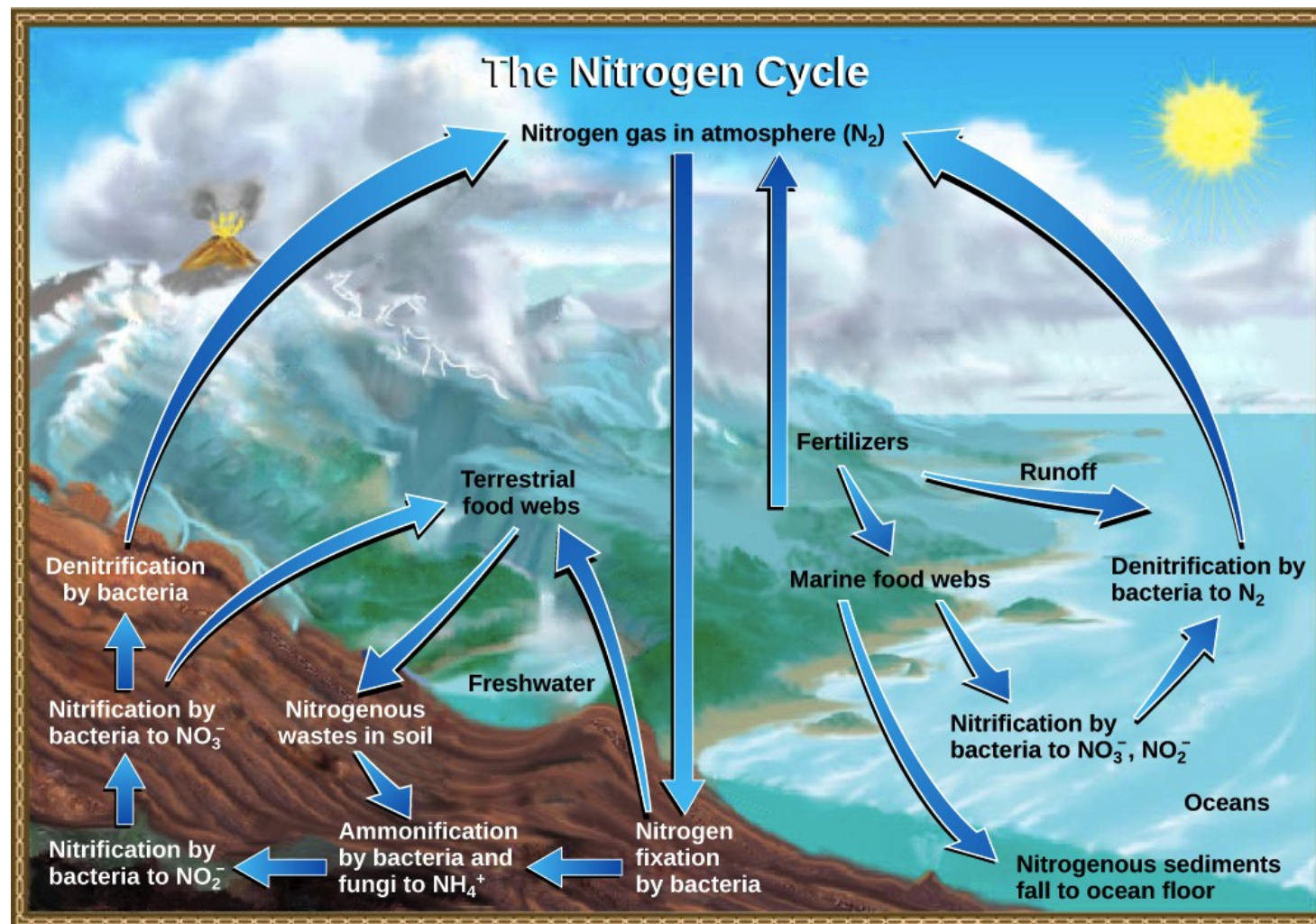
# Biogeochemické toky dusíku a fosforu

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



Fritz Haber (1868-1934)

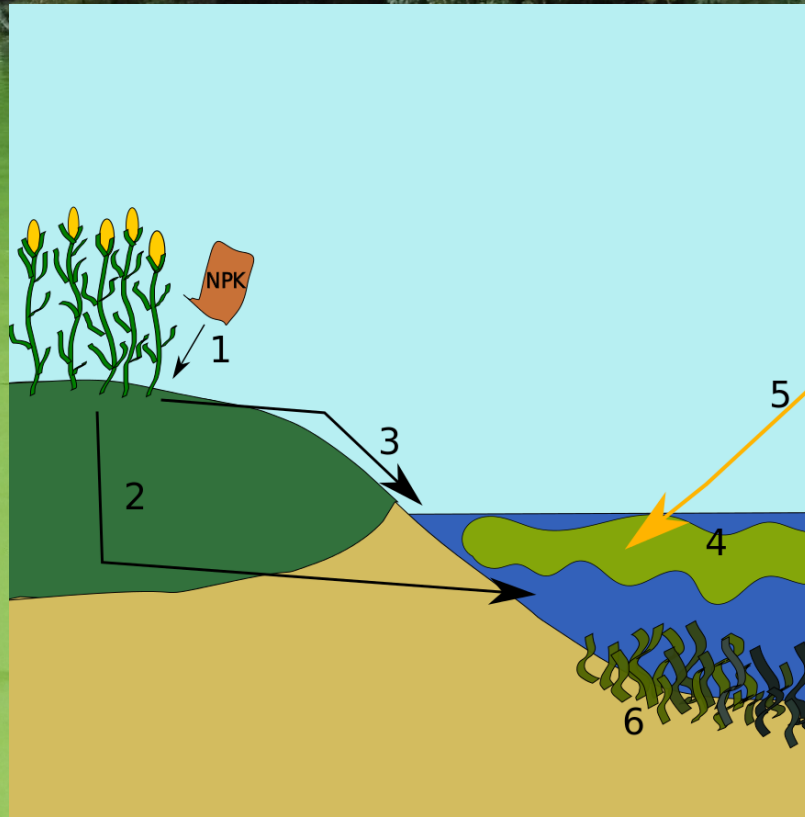
MUNI | RECETOX





# Eutrofizace

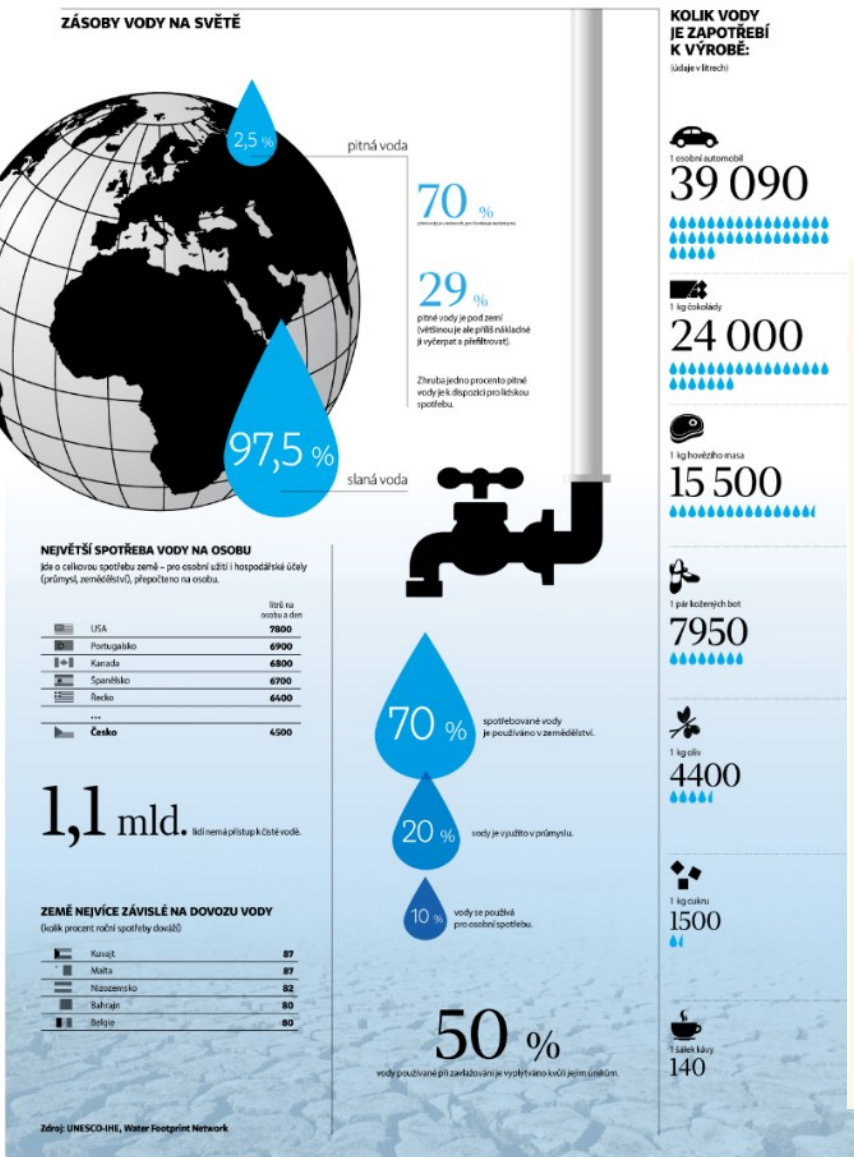
- Obohacování vod o živiny- dusík a fosfor
- **Přirozená** – výplach z půdy, rozklad mrtvých organismů
- **Nepřirozená** – lidská činnost (hnojiva, čistící prostředky, průmyslové a komunální odpadní vody)



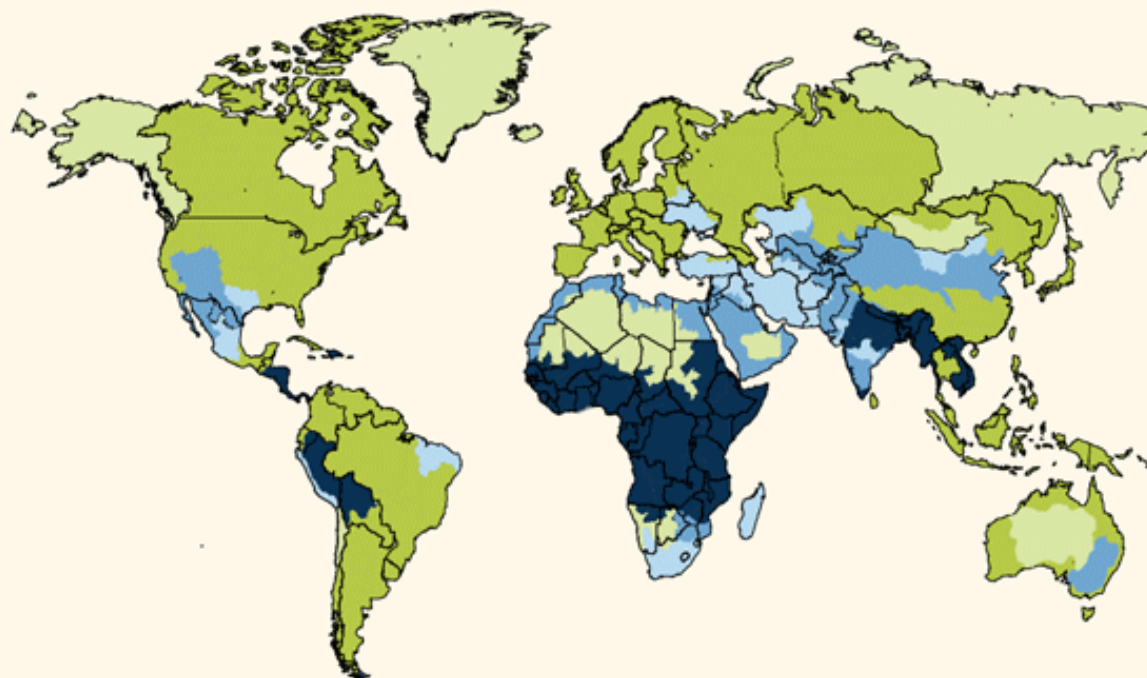


# Globální problém: Zdroje sladké vody

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



Global physical and economic water scarcity

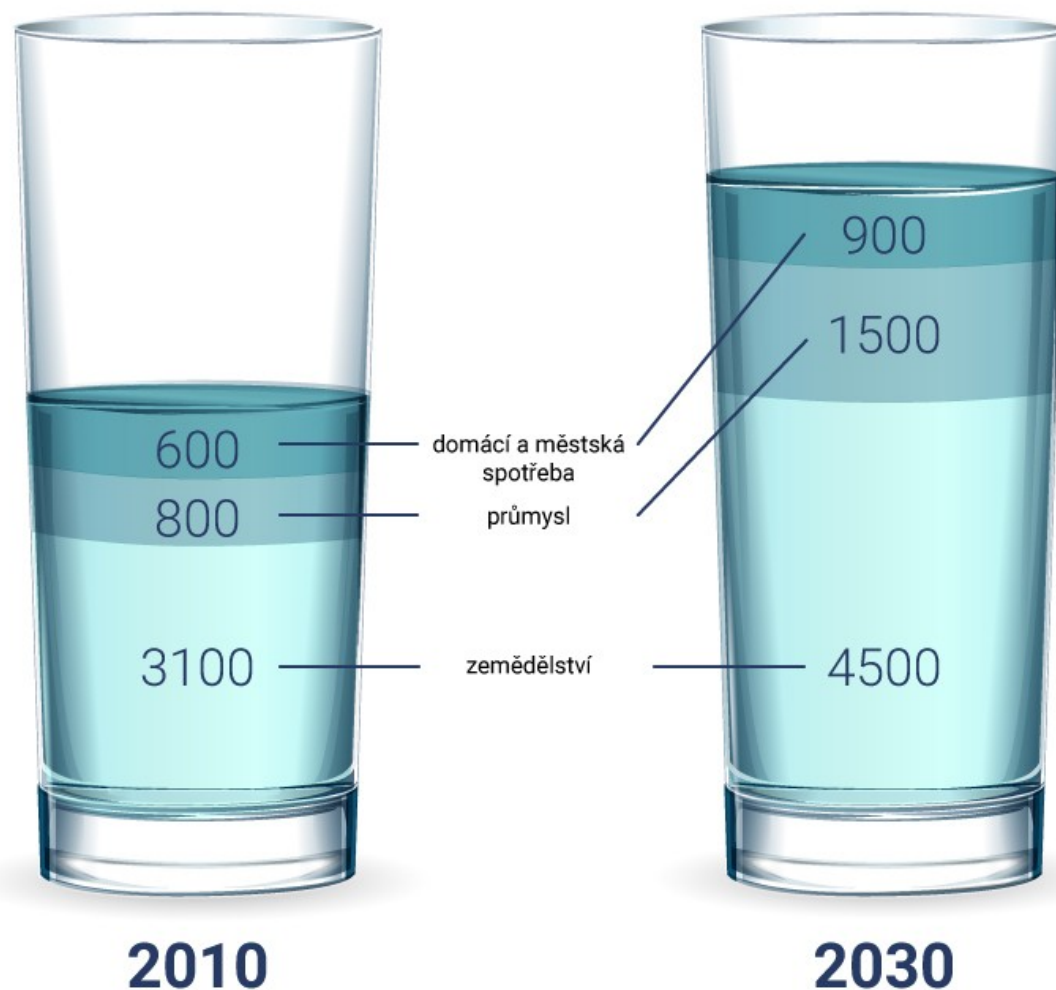


- Little or no water scarcity
- Physical water scarcity
- Approaching physical water scarcity
- Economic water scarcity
- Not estimated



# Odhadovaná spotřeba vody

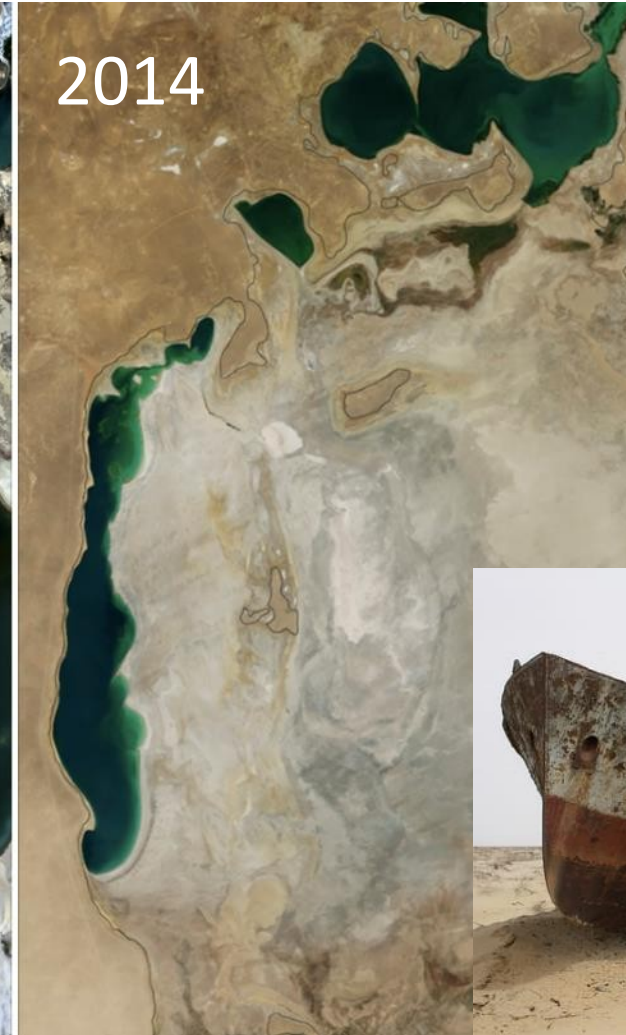
Voda je kritickým zdrojem pro udržení života



# 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:



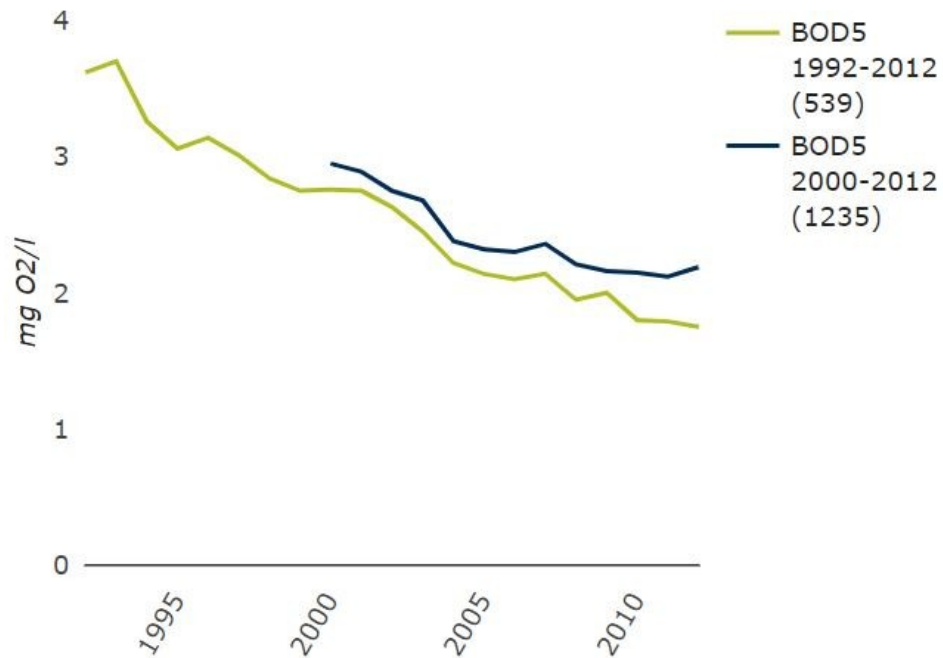
2019: Únik kyanidu do Bečvy





# Regionální znečištění vod chemickými látkami

## BSK5-řeky-Evropský trend



## Amoniak-řeky-Evropský trend



# Jaký je stav vod v Evropě dnes?

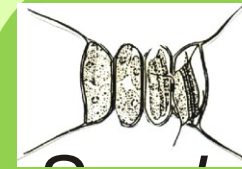
Vodní rámcova směrnice 2000/60/ES

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

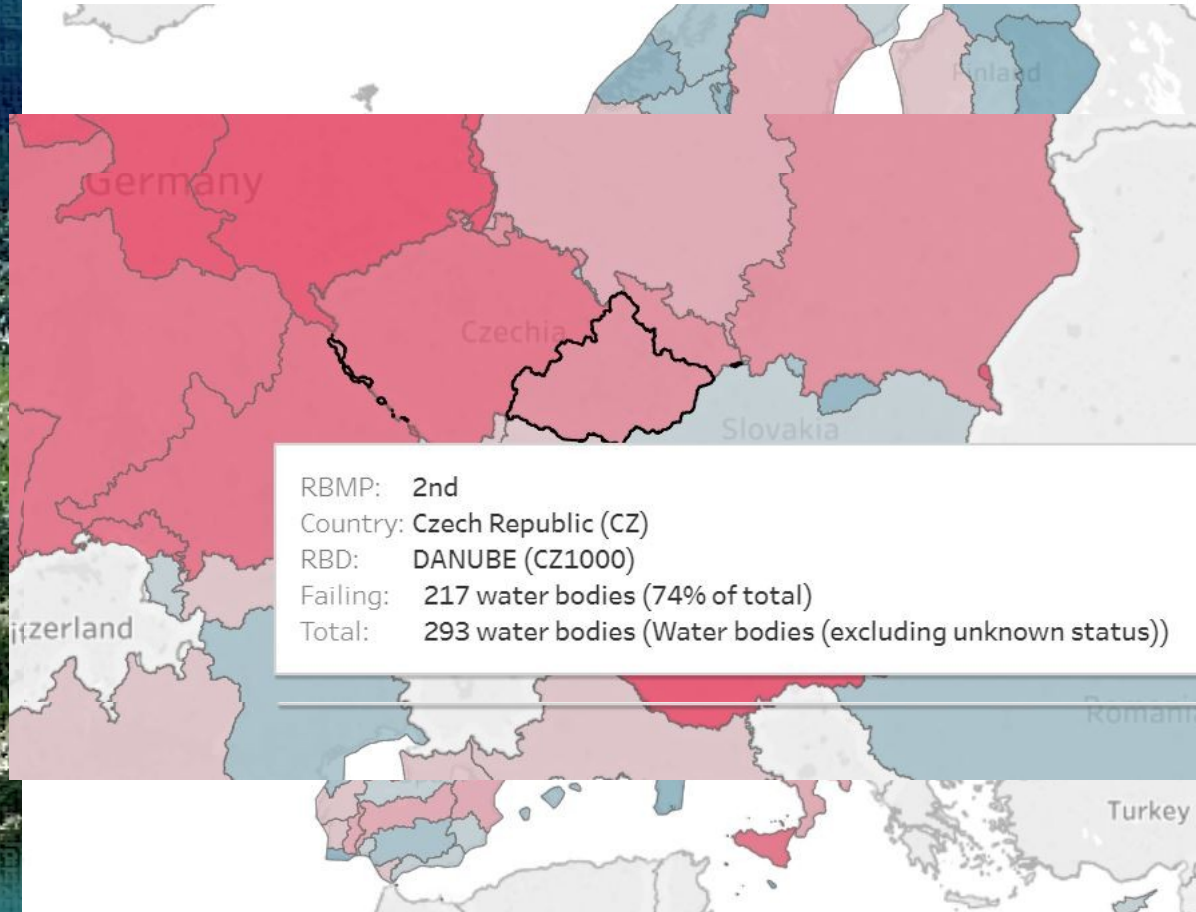








## Ekologický stav povrchových vod, 2018



## 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

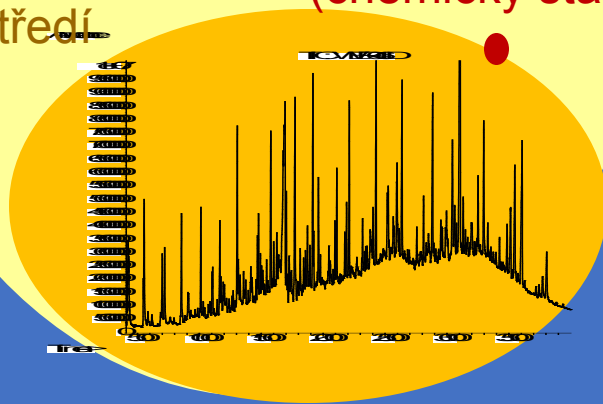
# Jaký je stav vod v Evropě dnes?

## 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



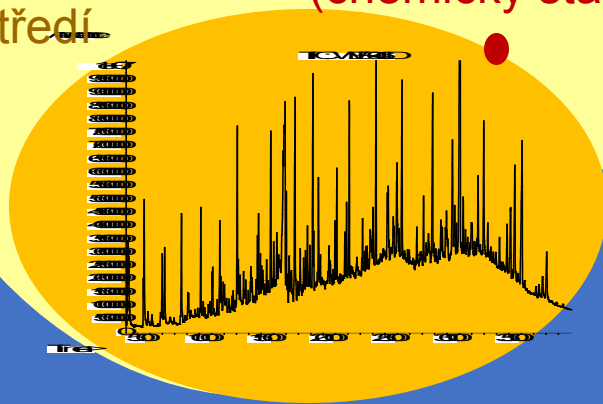
# Jaký je stav vod v Evropě dnes?

## 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)



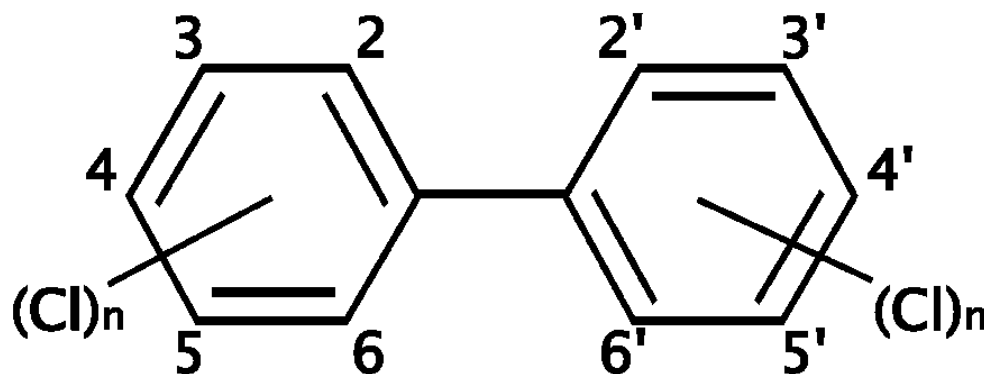
## Prioritní znečišťující látky

- 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



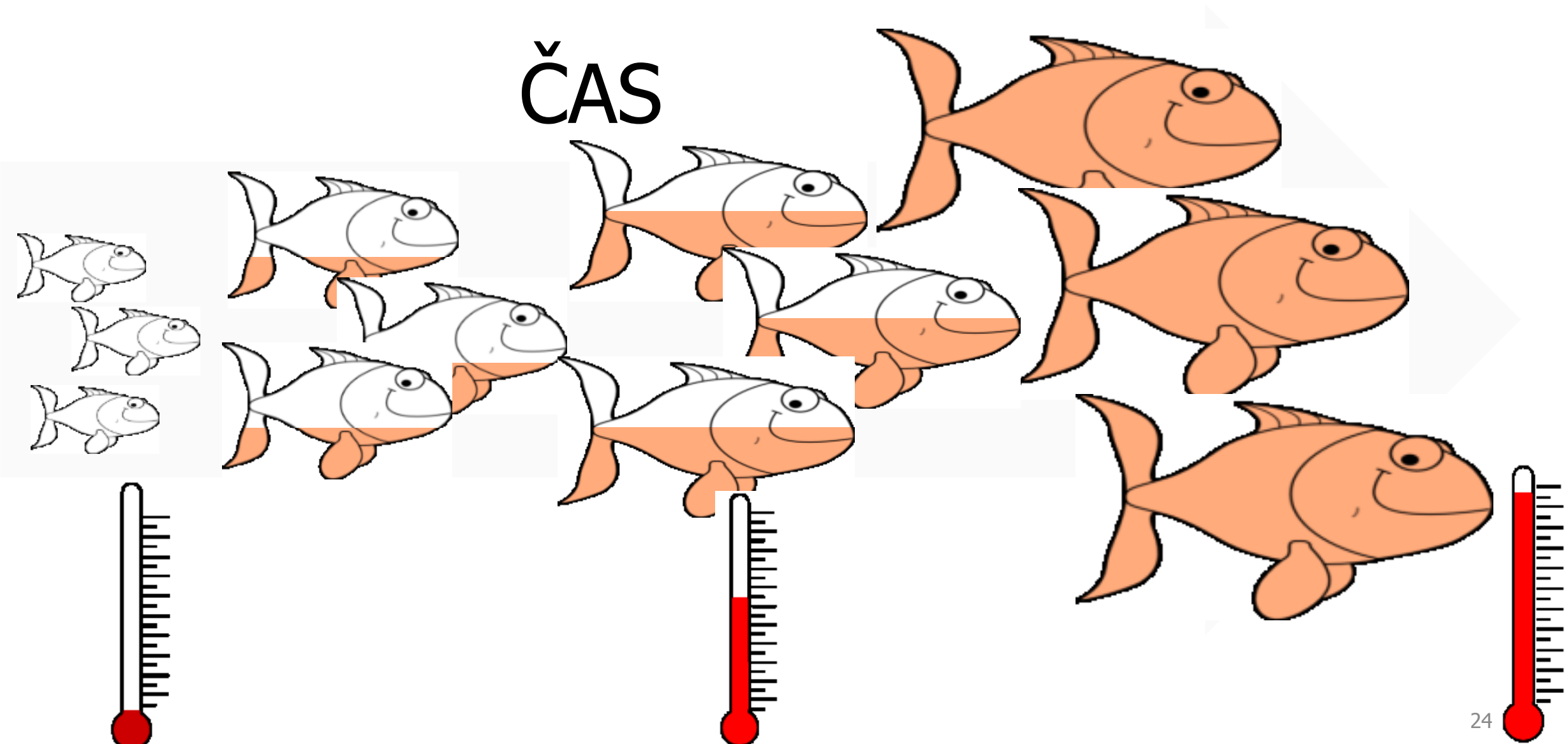
# Polychlorované bifenyly

- 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



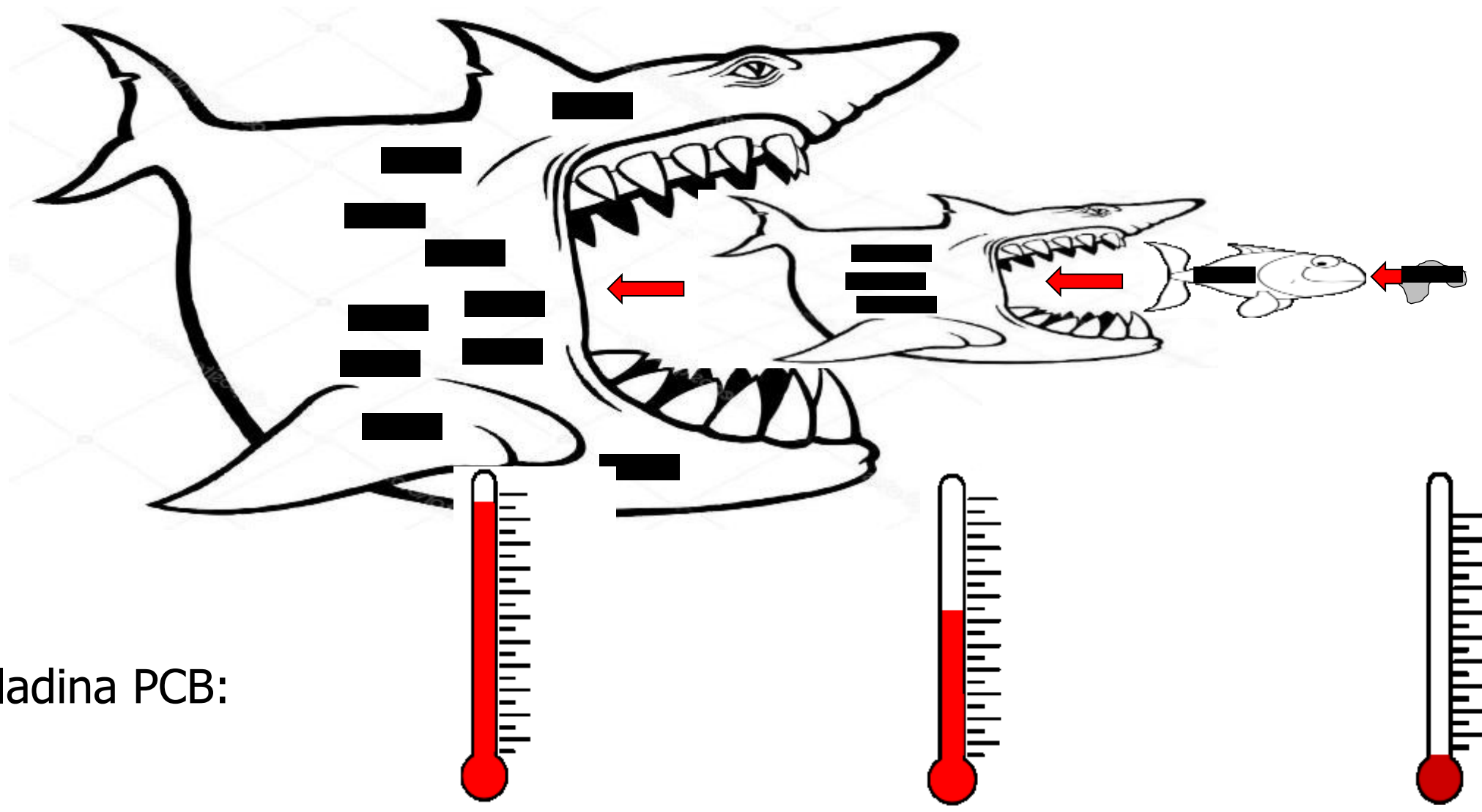


# Potravní řetězec ve vodním ekosystému

Pieter Brueghel: Velké ryby žerou malé ryby



# PCB a ryby - biomagnifikace



Hladina PCB:

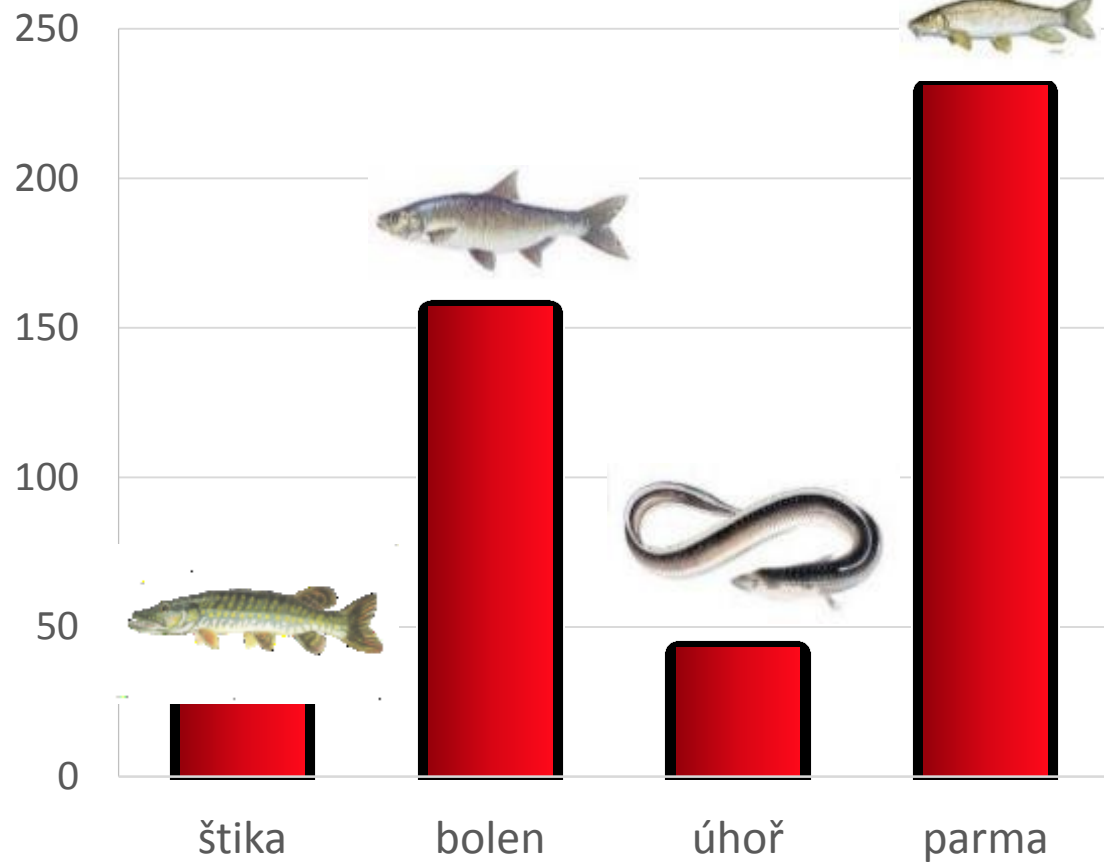
MUNI | RECETOX

MUNI | RECETOX

# Srovnání kontaminace PCB

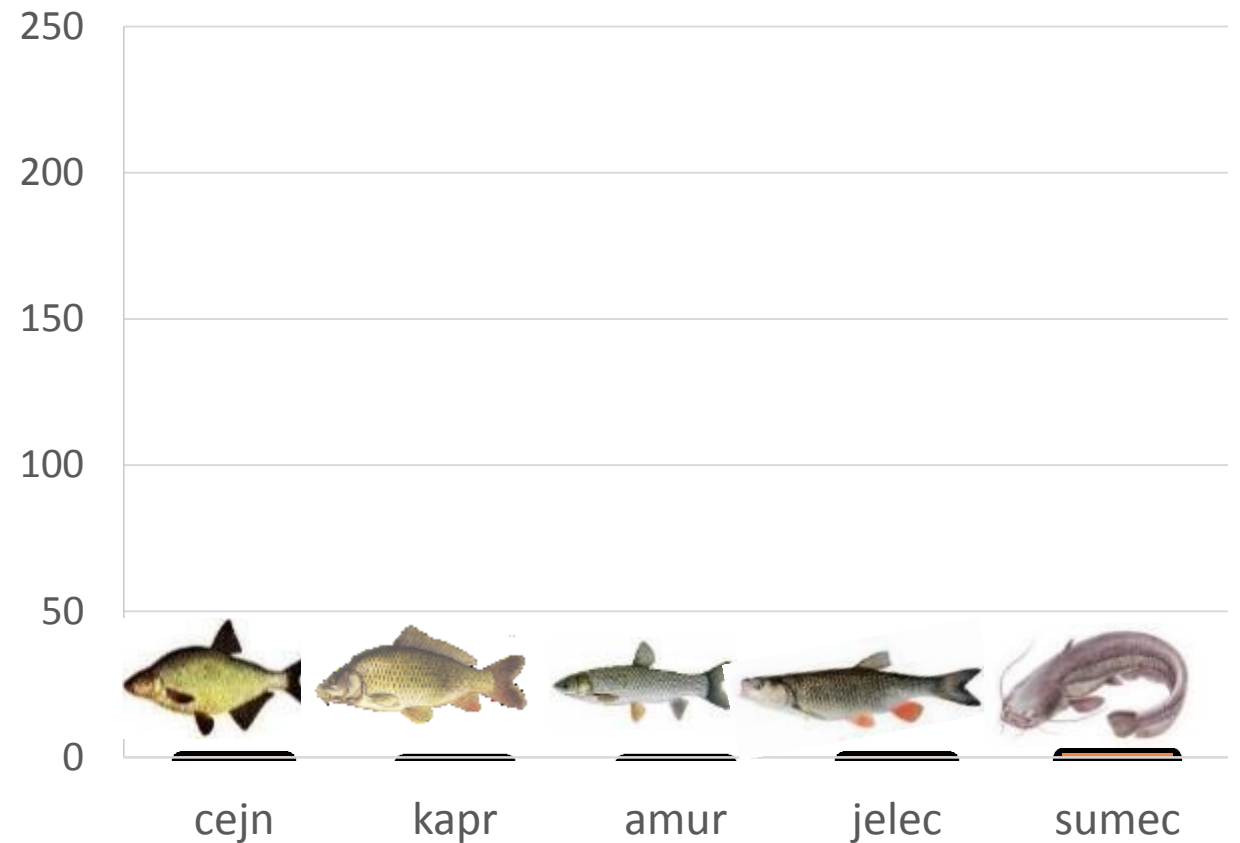
## Zemplínska Šírava

Koncentrace v tuku (mg/kg)



## Pohořelice

Koncentrace v tuku (mg/kg)



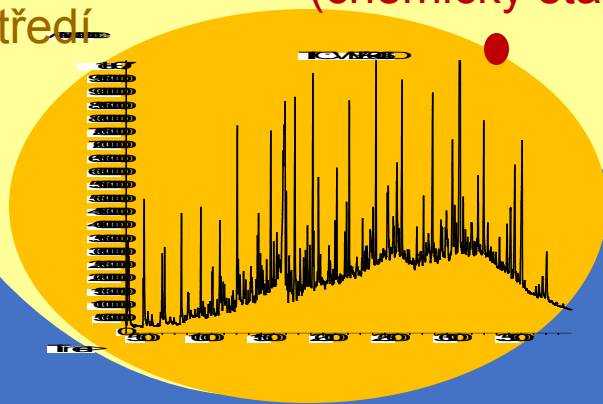
# Jaký je stav vod v Evropě dnes?

## 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

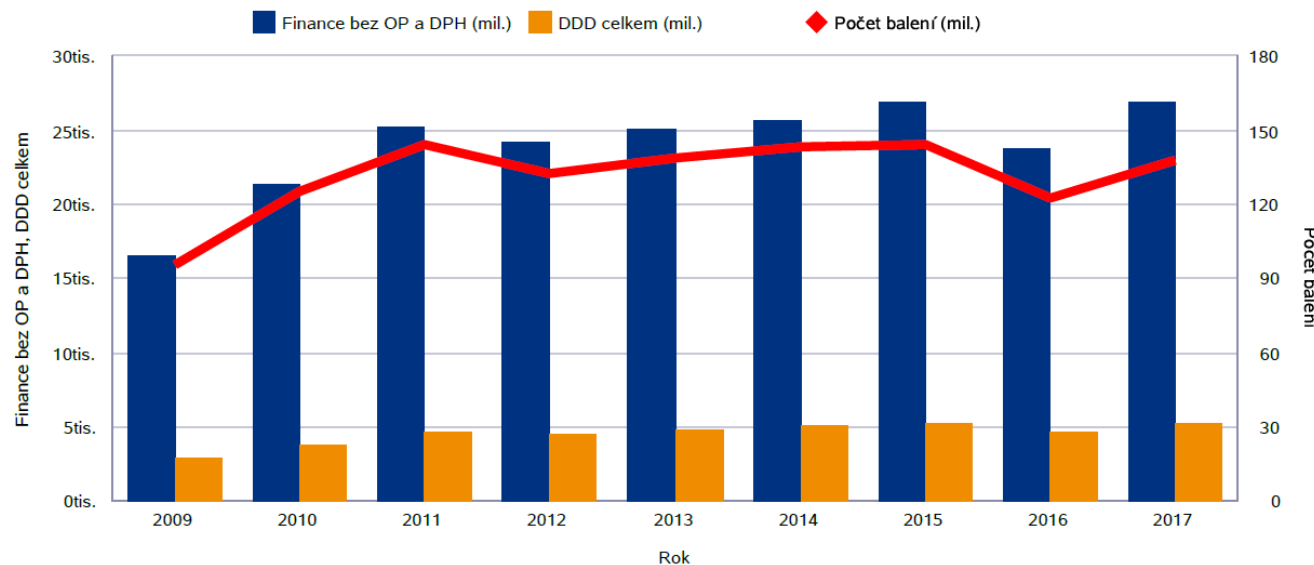
# Léčiva

## Spotřeba léčiv v ČR v 2017



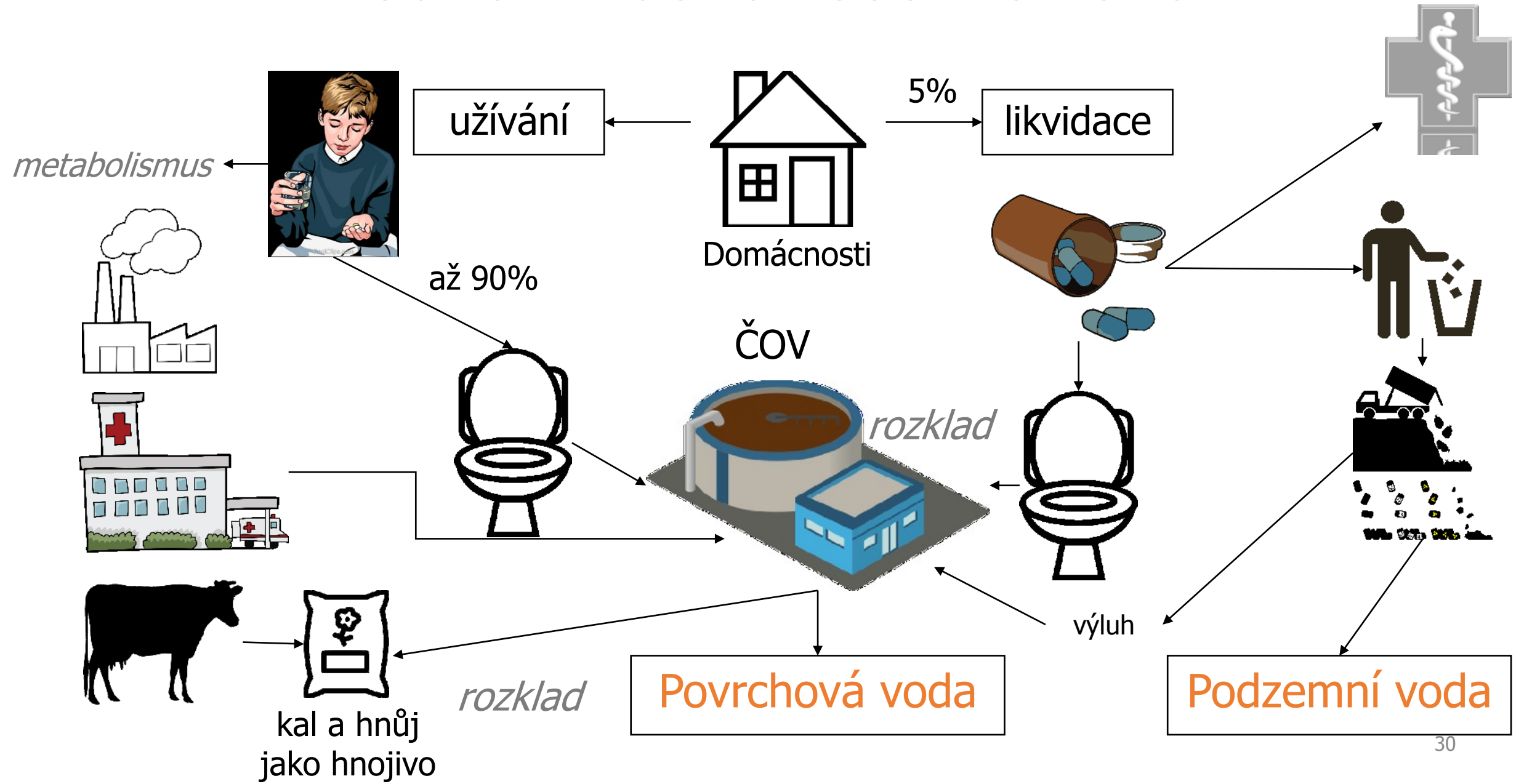
- Na trhu cca 3000 účinných složek
- 137,87 mil. balení
- 5228 mil. definovaných denních dávek
- 27 miliard Kč bez DPH
  - trávicí trakt a metabolismus – 6 mld. Kč
  - nervový systém – 4.9 mld Kč
  - kardiovaskulární systém – 6 mld. Kč
  - respirační systém – 3 mld. Kč

Graf RV.1.1 Výdeje z lékáren - základní ukazatele





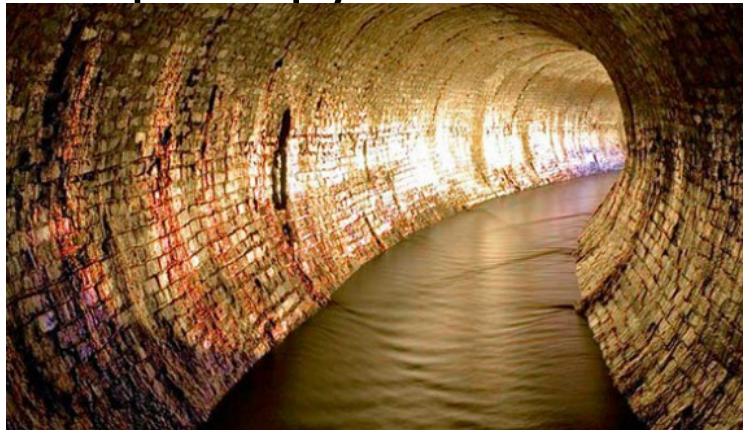
# Léčiva – kde to všechno končí?



# Léčiva – kde to všechno končí?

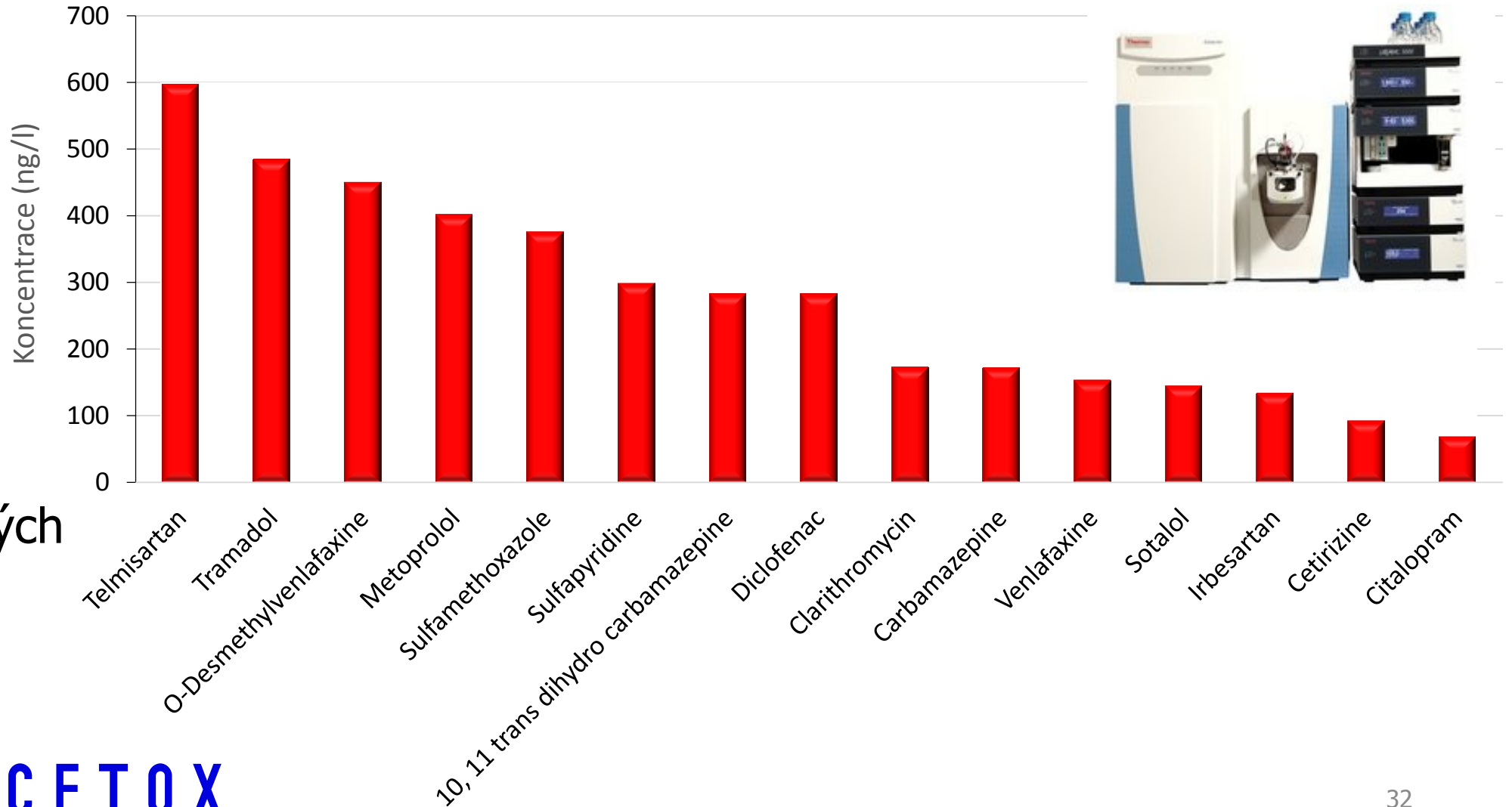


- omezené účinnosti odstranění na ČOV
- sorpce na kal (různé vlastnosti)
- biodegradace na metabolity, nebo až na  $\text{CO}_2$
- účinnost odstranění 0 – 100 %
- závisí od struktury látek
- hledají se nové postupy odstranění



# Koncentrace léčiv ve vodě na odtoku z ČOV

Voda na odtoku ČOV Modřice



asi 100 léčiv  
v 14 terapeutických  
skupinách



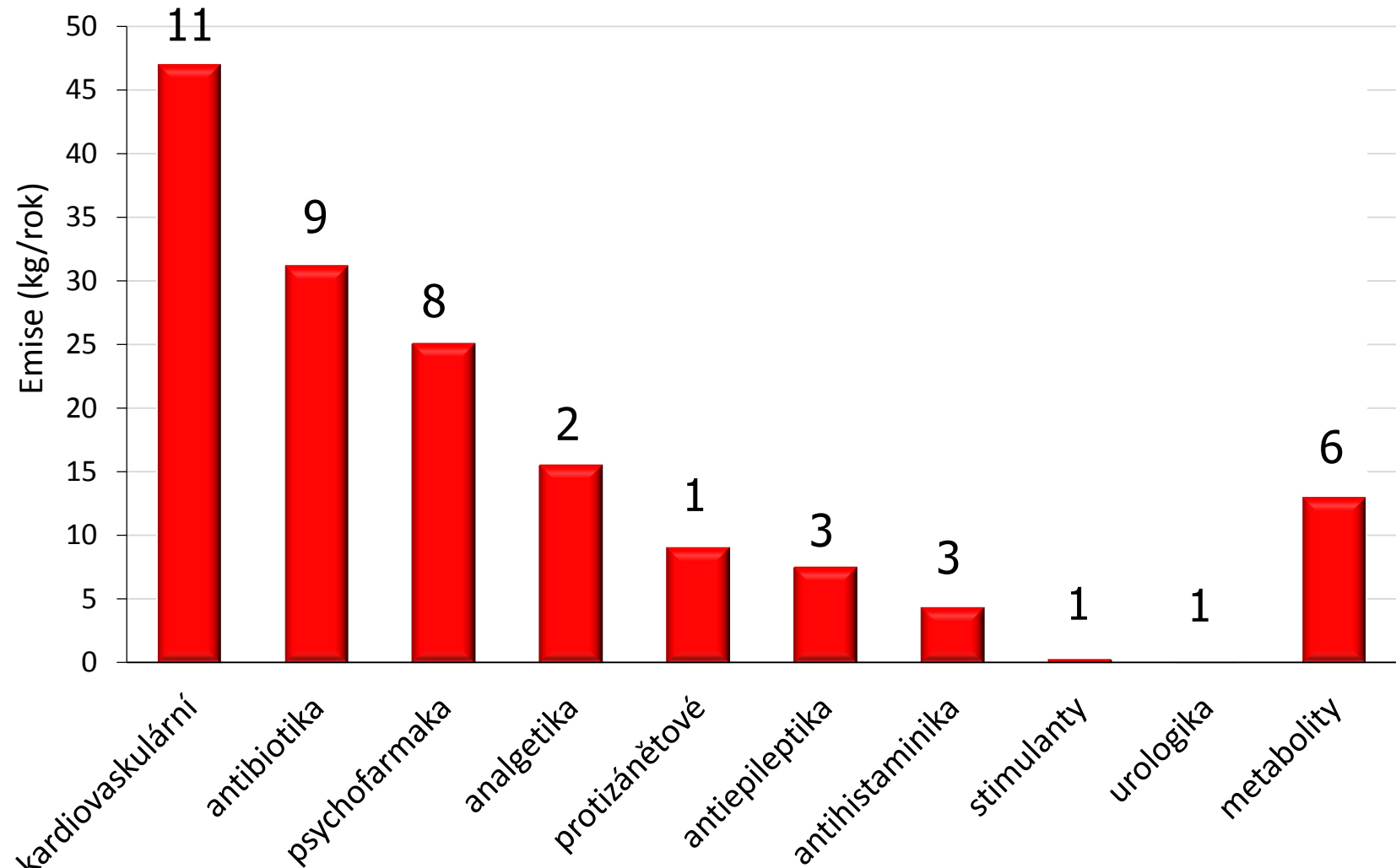
# Emise léčiv z komunálních odpadních vod

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 m<sup>3</sup>/s  
Řeka Svatka: 7.68 m<sup>3</sup>/s



ČOV Košice: 225 000 obyvatel  
Emise 5.2 kg/den – 1900 kg/rok  
Průtok na ČOV: 0.7 m<sup>3</sup>/s  
Řeka Hornád: 22 m<sup>3</sup>/s

Zdroj: STU Bratislava



ČOV Bratislava: 500 000 obyvatel  
Emise ?  
Průtok na ČOV: 1.2 m<sup>3</sup>/s  
Dunaj: 2 025 m<sup>3</sup>/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



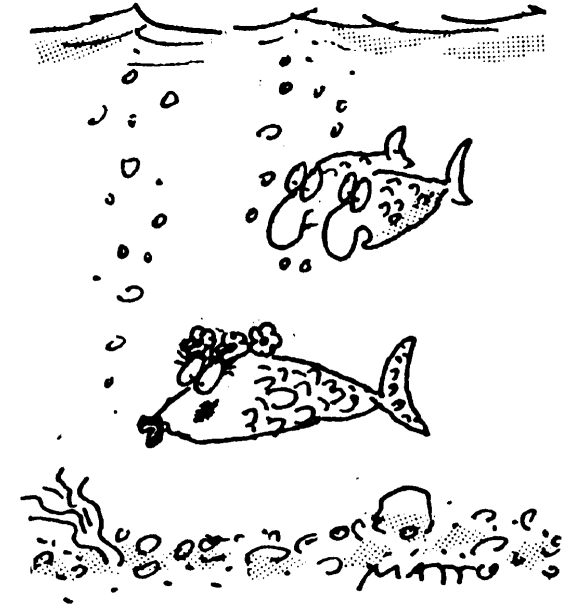
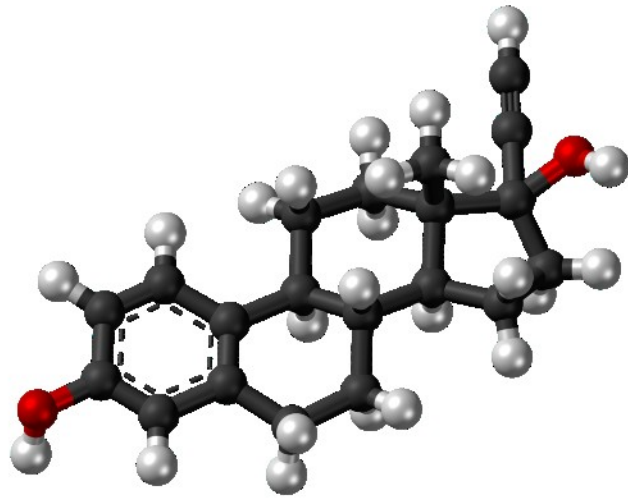
## Které látky mohou být EDC?

- 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  $\mu$ g

1  $\mu$ 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 dark green rain suit, a dark cap, and glasses is crouching on a dark, wet 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!



RECETOX  
Přírodovědecká fakulta  
Masarykova univerzita  
Brno, Česká republika



Pavla  
Fialová

Foppe  
Smedes

Lenka  
Sedlačková

Tanya  
Rusina

Brano  
Vrana

Míša  
Minaříková

Jaromír  
Sobotka

Jakub  
Urík