

# APLIKOVANÁ HYDROBIOLOGIE II

## - ZNEČIŠŤOVÁNÍ VOD



## Znečištění

Jako znečištění lze z praktického hlediska chápat každou změnu přirozených fyzikálních a chemických vlastností vody, která snižuje jejich kvalitu se zřetelem k použitelnosti



- autochtonní
- alochtonní



- bodové
- rozptýlené
- plošné
- zbytkové
- druhotné



hledisko vodohospodářské

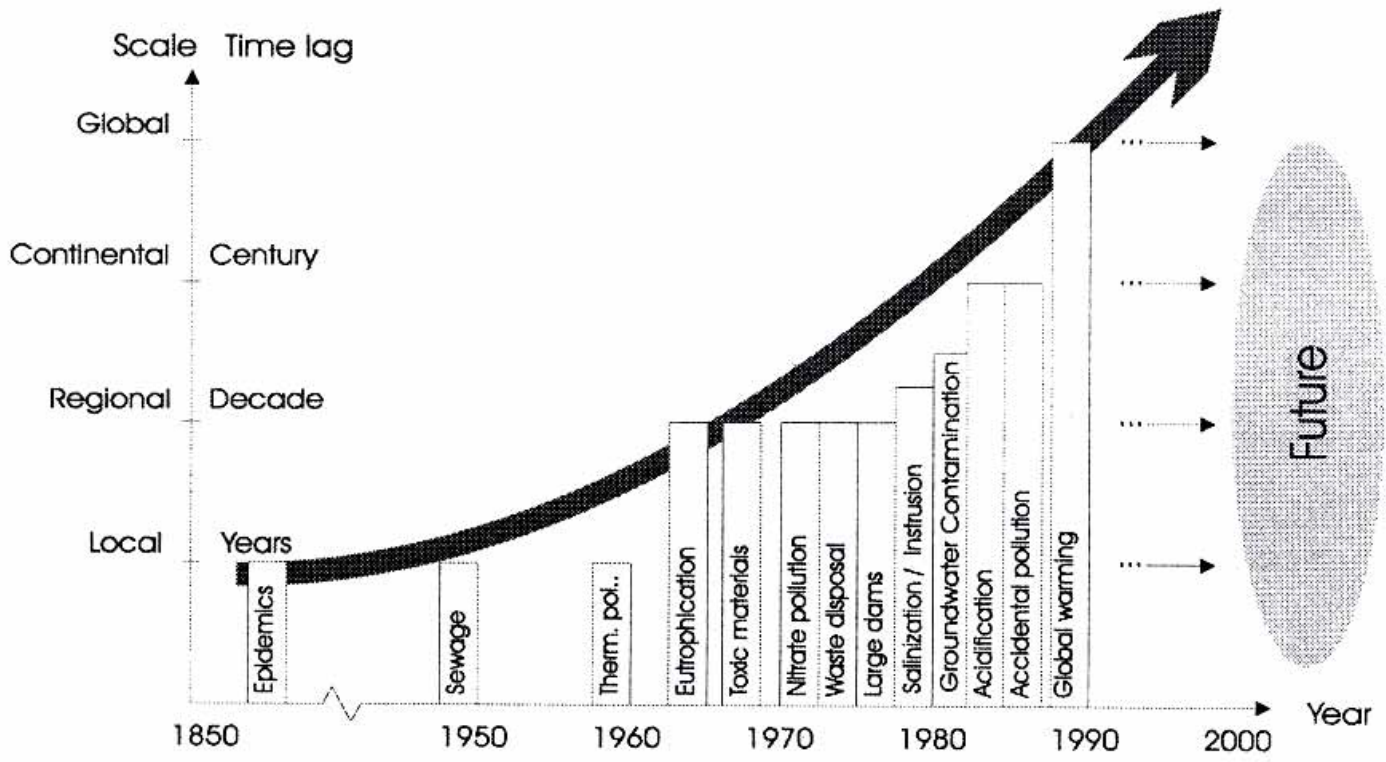


- havarijní (akutní)
- trvalé (chronické)
- periodické (kampaňové)



hledisko časové

# Trends in Pollution Problems



## Kategorie polutantů vyskytujících se ve vodách

Kyseliny a zásady

Anionty (např. sulfidy, sulfáty, kyanidy)

Detergenty

Splašky a zemědělská hnojiva

Potravinářské odpadní vody

Plyny (např. chlor, amoniak)

Oteplené vody

Kovy (např. Cd, Zn, Pb, Hg)

Živiny (zejména fosfáty a dusičnany)

Oleje a olejové disperzanty

Organické toxické odpady (např. formaldehyd, fenoly)

Pesticidy

PCB, PAU

Radionuklidy

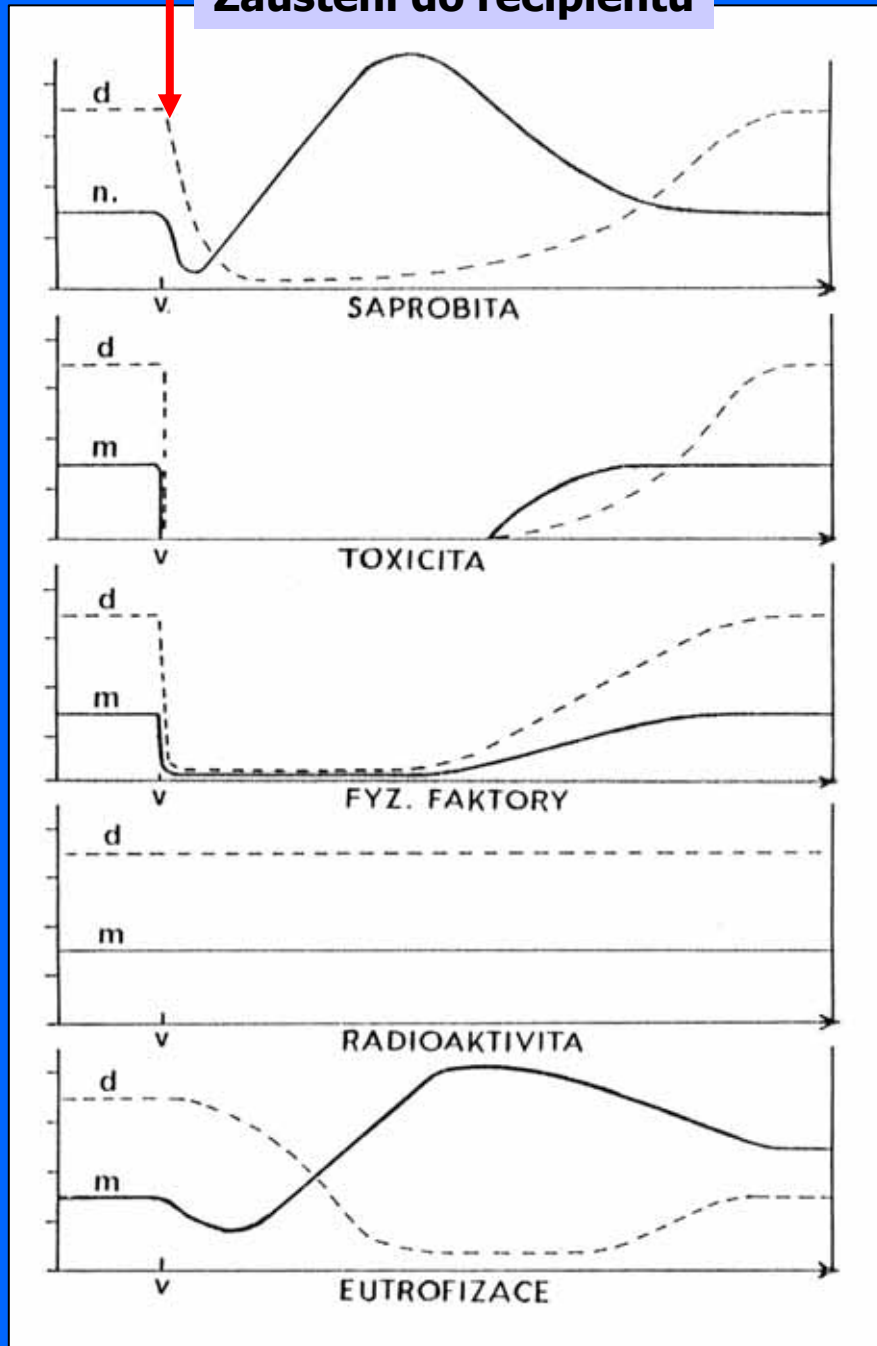
Patogeny



# Chemické závody Synthesia, Pardubice



Zaústění do recipientu



Vliv různých typů polutantů na diverzitu (d) a abundanci (m) vodních bezobratlých v podélném profilu toku

## Odpadní vody

= veškerá voda, která projde jakýmkoliv výrobním procesem a tímto použitím se změnila její jakost nebo teplota, příp. i jiné vody, odtékající ze sídlišť, obcí, dolů, závodů a dalších objektů, které jsou vypouštěny do vod povrchových (recipientů) a mohou ohrozit jakost těchto vod.

1. **městské (splaškové)**
2. **průmyslové** (+ odpadní vody ze zemědělských závodů);

### Odpadní vody

- hnilobné
- toxické
- s anorganickými kaly
- s tuky, oleji a ropnými látkami
- oteplené
- radioaktivní
- s patogenními mikroby
- kyselé důlní vody

# ORGANICKÉ ZNEČIŠTĚNÍ

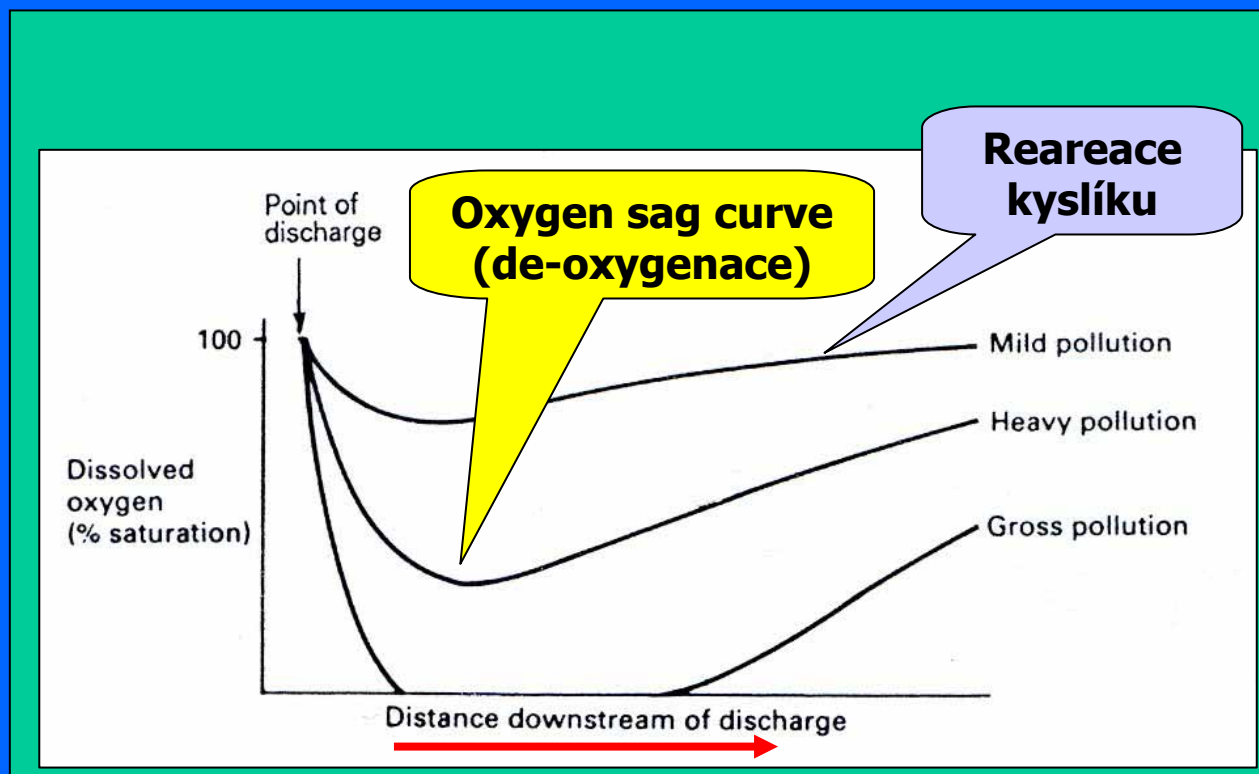


lehce odbouratelné látky typu BSK

nejstarší a dosud nejrozšířenější typ znečištění

**Zdroj:**

komunální splaškové vody, zemědělství, potravinářský, papírenský a textilní průmysl







## Celulózky

Produkce obtížně rozložitelných OV  
s vysokým CHSK a minimálním BSK<sub>5</sub>

$$\text{BSK}_5 : \text{CHSK}_{\text{Cr}} > 0.3-0.4$$



BIOCEL PASKOV

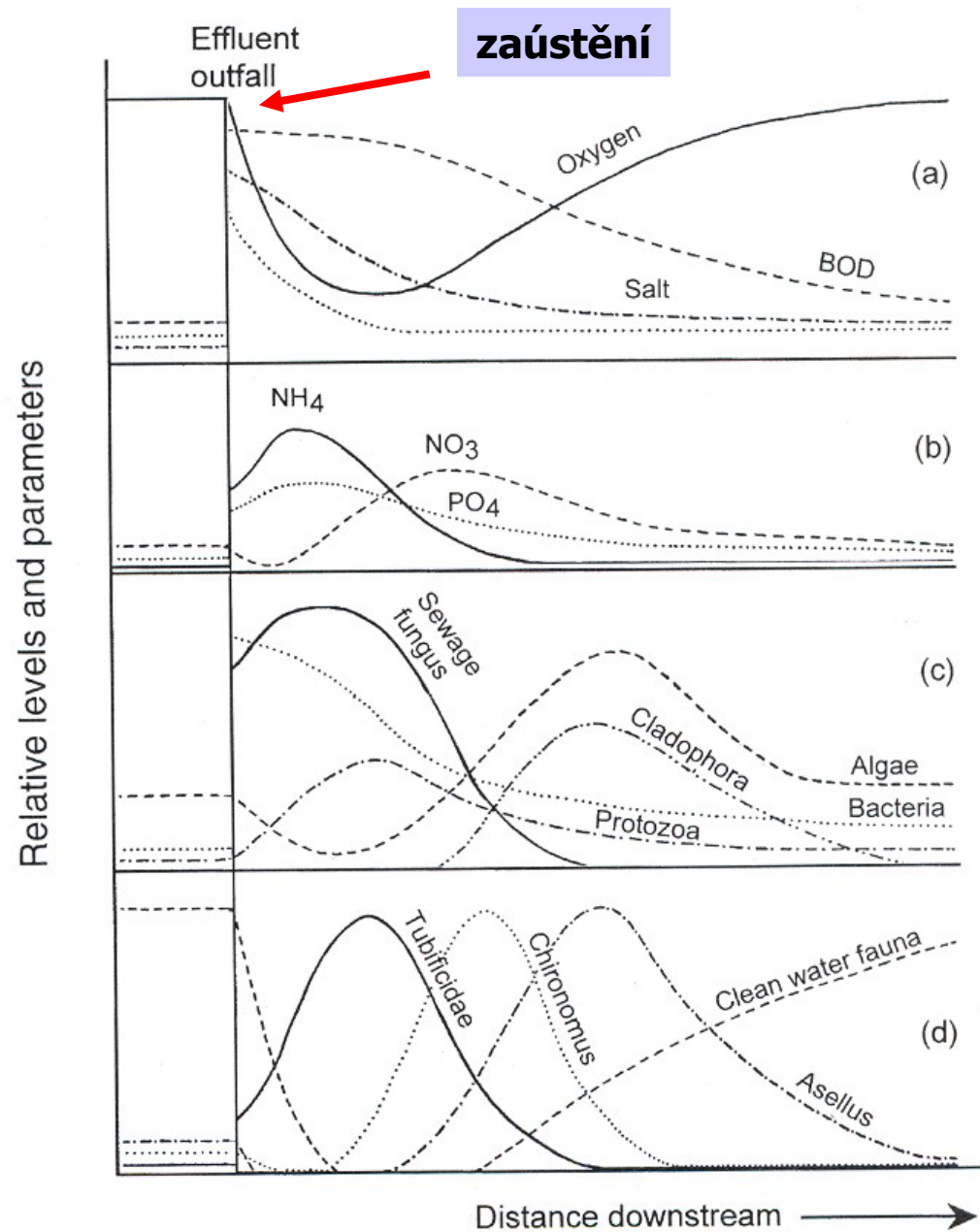


**BIOCEL**

BIOCEL  
739 21 PASKOV, CS  
Telefon 0658 – 955 11  
Telex 52927  
Telefax 0658 – 95532

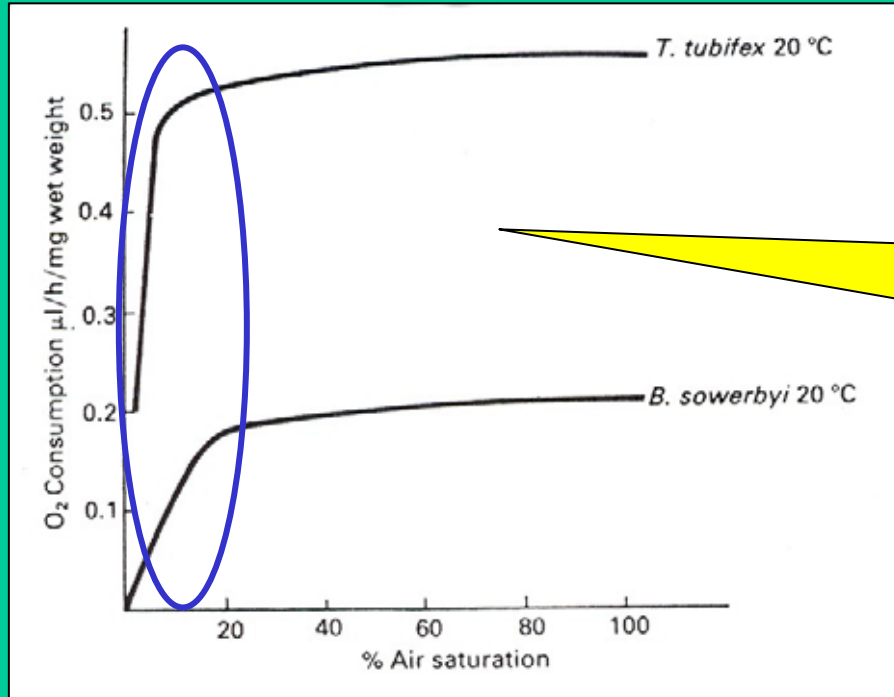
## Biologická rozložitelnost organických látek

Biologicky dobře rozložitelné	Biologicky obtížně rozložitelné
Nízkomolekulární látky	Vysokomolekulární látky
Nízké koncentrace	Vysoké koncentrace
Alifatické sloučeniny	Aromatické sloučeniny
Nenasycené sloučeniny	Nasycené sloučeniny
Sloučeniny bez terciárního uhlíku	Sloučeniny s terciárním uhlíkem
Méně substituované látky	Více substituované látky



Sukcese organismů v podélném profilu toku ovlivněného přísunem lehce odbouratelných organických látek

### Spotřeba kyslíku při různé koncentraci kyslíku ve vodě



Schopnost respirace při nízkých koncentracích rozpuštěného kyslíku ve vodách

### Obecně:

respirace *Tubifex tubifex* a *Branchiura sowerbyi* je neovlivněná koncentracemi rozpuštěného kyslíku do 20 % nasycení



hemoglobin

## Suspendované látky



Stavebnictví, sklárny, metalurgický průmysl

1. Zvýšení turbidity  $\Rightarrow$  snížení fotosyntézy  $\Rightarrow$  ovlivnění reerace toku
2. Vypadávání z roztoku  $\Rightarrow$  změna charakteru dna
3. Poškození žaber ryb, zanášení povrchu těla a dýchacích orgánů bezobratlých

### Vlivy suspendovaných látek na rybníkářství

Suspendované látky (mg.l <sup>-1</sup> )	Vliv
< 25	Žádný škodlivý vliv
25 – 80	Možná redukce výtěžku
80 – 400	Nepřirozeně dobré rybníkářství
> 400	Velmi chudé nebo neexistující rybníkářství

## KYSELÉ DŮLNÍ VODY (Acid mine drainage)

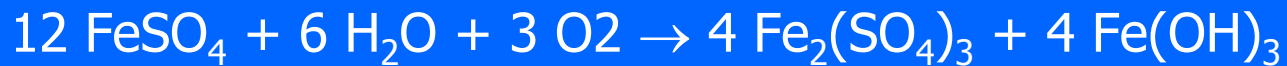
### Zvětrávání (oxidace) pyritu



Katalýza reakce síru – oxidujícími bakteriemi (*Thiobacillus*, *Thiomonas*, *Acidithiobacillus* a *Acidiphilium*)

pH 4.0  
– 4.5

FeII nestálé, přechází na FeIII,

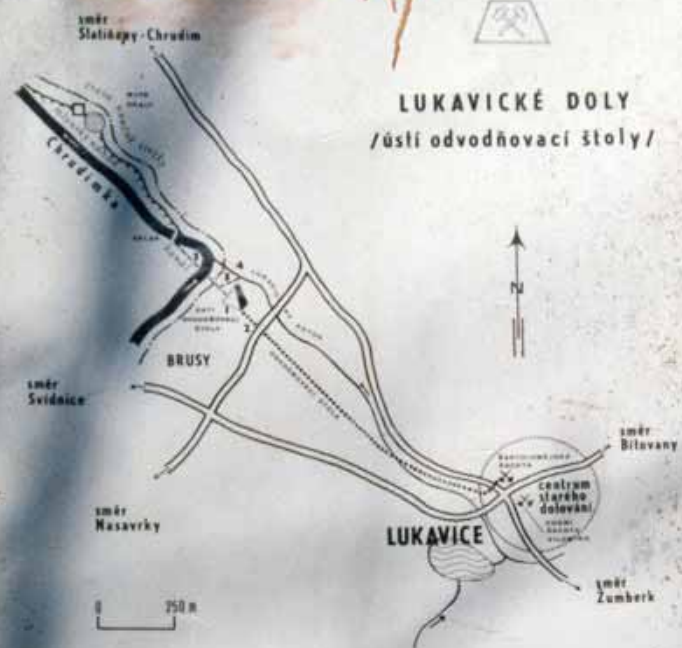


katalýza reakce železo-oxidujícími bakteriemi *Acidithiobacillus ferrooxidans* a *Leptospirillum ferrooxidans*



V neutrálním či slabě kyselém prostředí síran hydrolyzuje za vzniku hydroxidu železitého





V LUKAVICI SE OD KONCE 16. STOLETÍ AŽ DO R. 1892 TĚŽIL PYRIT ( $\text{FeS}_2$ ) A ZÁROVEŇ SE ZDE ZPRACOVÁVAL V ZÁVODĚ POVAŽOVANÉM ZA NEJSTARŠÍ ČESKOU CHEMICKOU TOVÁRNU (VÝROBA SÍRY, KYSELINY SÍROVÉ, HNOJIV AJ.) • ZAJÍMAVÝM POZŮSTATKEM PO STARÉM DOLOVÁNÍ RUD JE ZACHOVANÝ PORTÁL ODVODŇOVACÍ ŠTOLY (1), KTERÁ JE TECHNICKOU PAMÁTKOU • ŠTOLA, VYBUDOVANÁ ASI PŘED 200 LETY, JE DLOUHÁ 1593 M • JEJÍ ZAČÁTEK JE V CENTRU OBCE LUKAVICE, V HLOUBCE 23 M (1. PATRO BARTOLOMĚJSKÉ ŠACHTY) •

ZACHOVÁN JE I ZBYTEK JEDNOHO Z KOMÍNŮ (2), KTERÉ SLOUŽILY K ČIŠTĚNÍ TOHOTO DŮLNÍHO DÍLA • OD ÚSTÍ ŠTOLY POKRAČUJE POVRCHOVÝ KANÁL AŽ K ŘECE CHRUDIMCE (3), KTEROU DŘÍVE PODCHÁZEL KAMENNÝM POTRUBÍM NA DRUHÝ BŘEH • DÁLE KANÁL VEDE PO LEVÉ STRANĚ ŘEKY AŽ ZA MLÝNSKÝ SPLAV (3) • CELÉ ZARÍZENÍ SLOUŽILO K ODVÁDĚNÍ ŠKODLIVÝCH DŮLNÍCH VOD S OBSAHEM KYSELINY SÍROVÉ MIMO DOSAH MLÝNA "SKÁLY" • V LUKAVICKÉM POTOCE (4) PROTĚKAJÍCÍM OBLASTÍ STARÝCH DOLŮ A HALD JSOU VODY ROVNĚŽ OKYSELENY A DNO POVLEČENO REZAVÉ HNĚDÝMI SLOUČENINAMI ŽELEZA (HNĚDELEM) • VŠECHNA UVEDENÁ MÍSTA JE MOŽNÉ SI PROHLÉDNOUT (VIZ PLÁNEK) •



## Vlivy

- Kyselost
- Toxicita kovů
- Salinizace
- Sedimentace  
vysráženého železa

*Euglena mutabilis,*  
*Lepocinclis ovum,*  
*Eunotia exigua* a  
*Ulothrix zonata*

Rezavé  
sloučeniny  
železa ve  
formě  $\text{Fe}^{3+}$

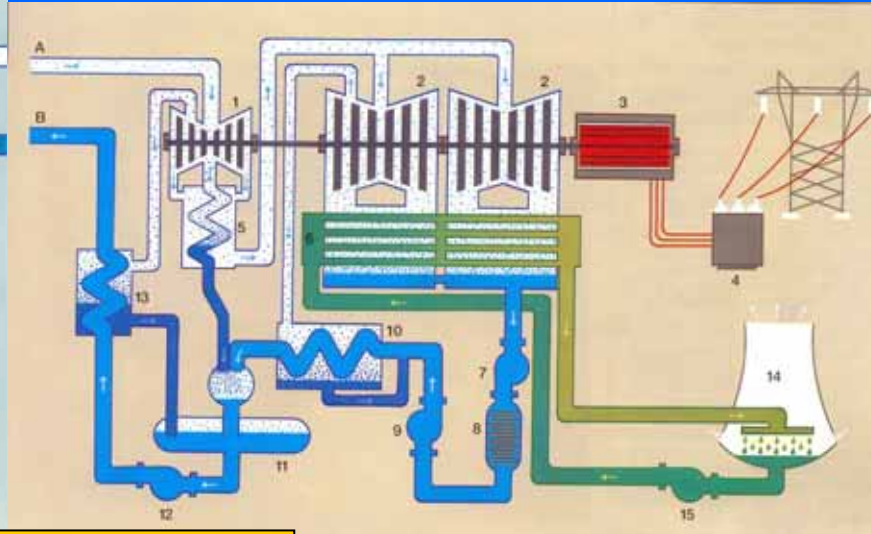
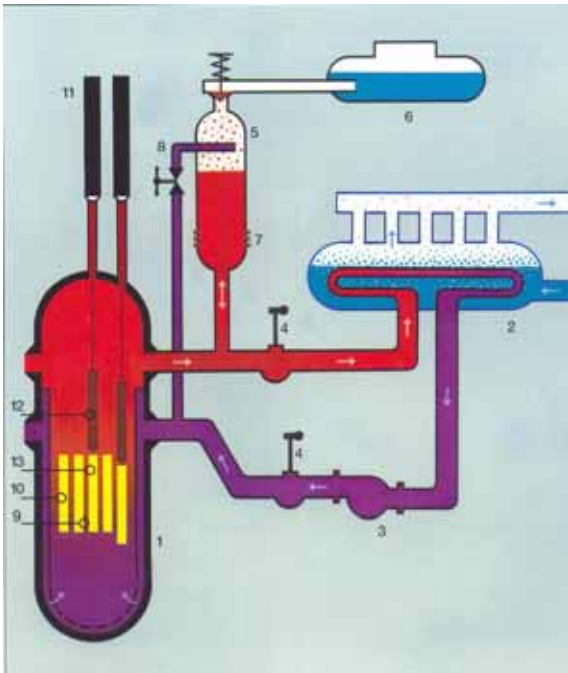




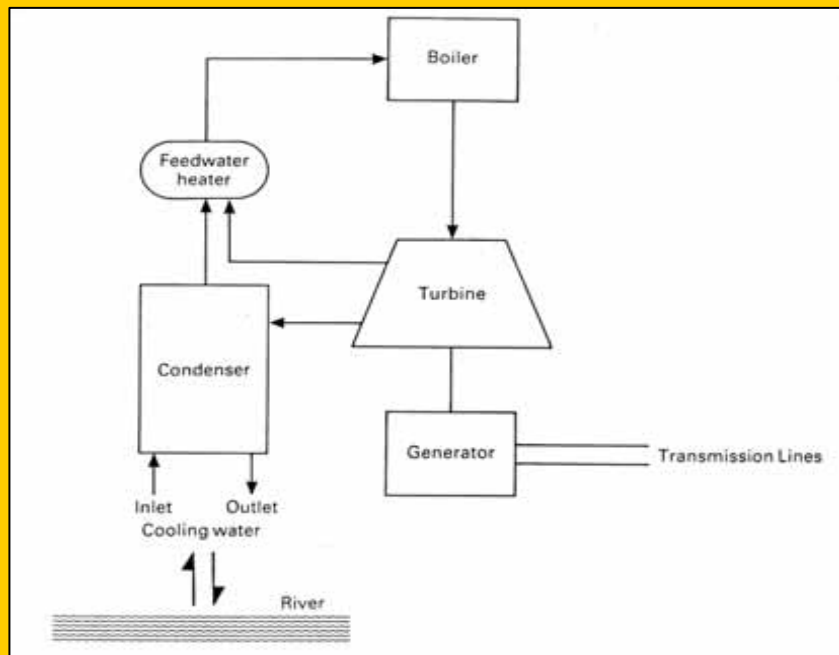
# TEPELNE ZNEČISTENÍ



JE Temelín, 2004



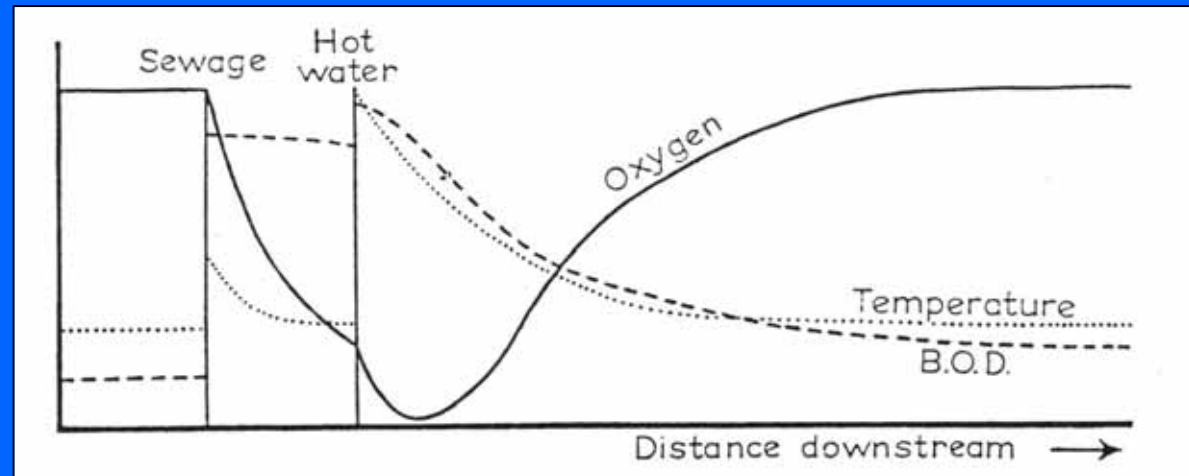
## Rankinův energetický cyklus



# TEPELNÉ ZNEČIŠTĚNÍ

## Zvýšená teplota

- Snížení hustoty vody ( $\downarrow$  viskozity)
- Snížení nasycení vody kyslíkem
- Zvýšení toxicity některých látek
- Zvýšení rozkladných procesů ( $\downarrow$   $O_2$ )



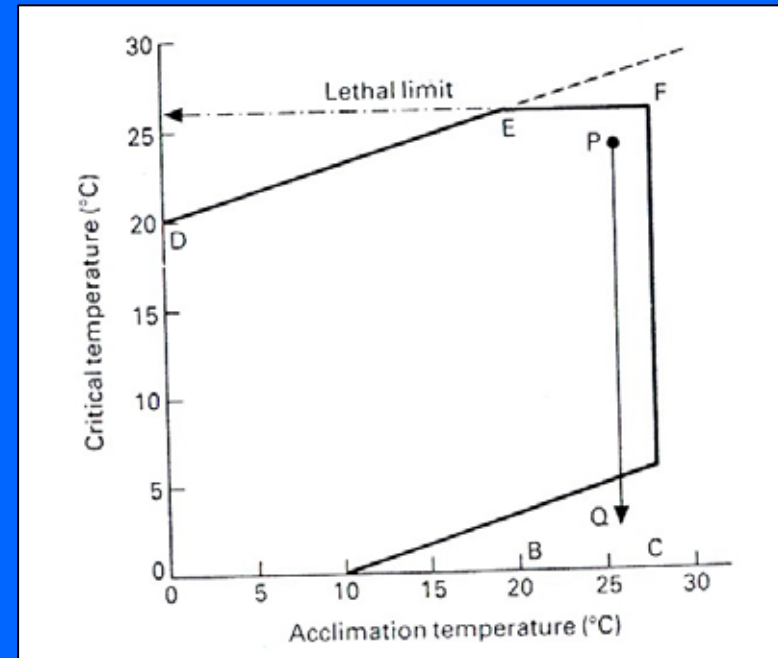
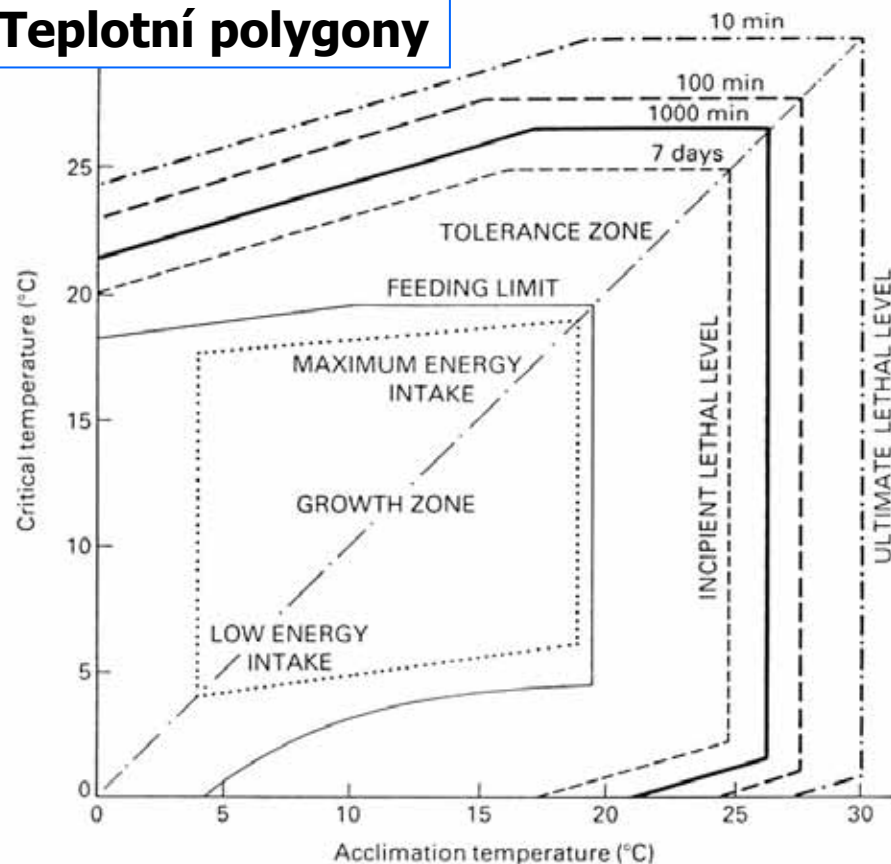
## Biota

- Urychlení larválního vývoje
- Zrychlení metabolismu  $\rightarrow$  zrychlený žír  $\rightarrow$  vyšší biomasa
- Pokles druhové diverzity
- Zvýšení abundance a biomasy dominantních taxonů
- Raná stádia (po vykulení či vylíhnutí) jsou nejcitlivější
- Tolerované teploty  $\rightarrow$  teplotní adaptace

## Maximální tolerovaná teplota

= teplota, která umožňuje reprodukci sledovaného druhu

### Teplotní polygony



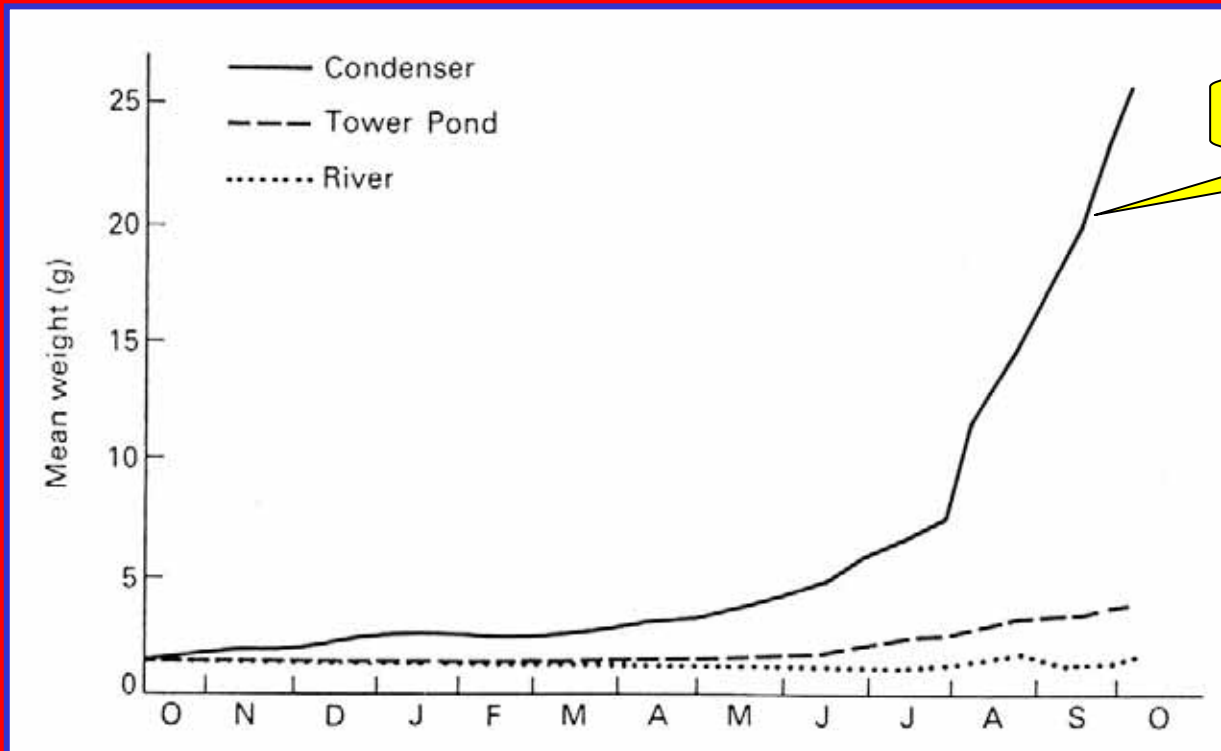
Aklimatizací lze uměle zvýšit teplotu vody, při které organismus přežívá a je schopen .....

## Využití oteplené vody



1. Rychlený plůdek
2. Chov tropických ryb (*Tilapia*)

### Průměrná hmotnost úhořů chovaných v říční vodě, rybníku a oteplené vodě z elektrárny



Oteplená voda



## TĚŽKÉ KOVY

**Specifická hmotnost**  $> 5.0 \text{ g.cm}^{-3}$

**Přirozené pozadí**

**Antropogenní činnost** – metalurgie, spalování uhlí, oprava, zemědělství

**Forma výskytu** - rozpustné vs nerozpustné sloučeniny  
- oxidační stupeň  
- organická vs anorganická forma

**Kumulace**

**Vazba na povrchu drobných částic** → sedimenty

**Uvolňování** → rozpuštěná forma

1) iontová výměna; 2) desorpce z organické hmoty; 3) destrukce redukovatelných složek (oxidy železa a manganu); 4) oxidace organické hmoty a sulfidů; 5) destrukce minerálů

**Mimořádně toxické kovy** - blokují činnost enzymů obsahujících – SH skupiny  
Hg, Pb, Cd, As, Se, Cu, V

**Indukce chronických onemocnění**

- Nádorová (As, Cr, Cd, Ni)

-Teratogenní (Hg, Pb)

Schopnost většiny kovů  
akumulovat se do sedimentů

Distribuční koeficienty ( $K_d$  = koncentrace v  
sedimentech/koncentrace ve vodě)  
vybraných kovů v jezerech

Látka	$K_d$
$^{60}\text{Co}$	$10^4$
$^{65}\text{Zn}$	$10^3$
$^{239}\text{Pu}$	$10^5\text{-}10^6$
$^{137}\text{Cs}$	$10^4\text{-}10^6$
$^{90}\text{Sr}$	$10^4$
Cr	$10^4$
Ni	$10^5$
Pb	$10^5$

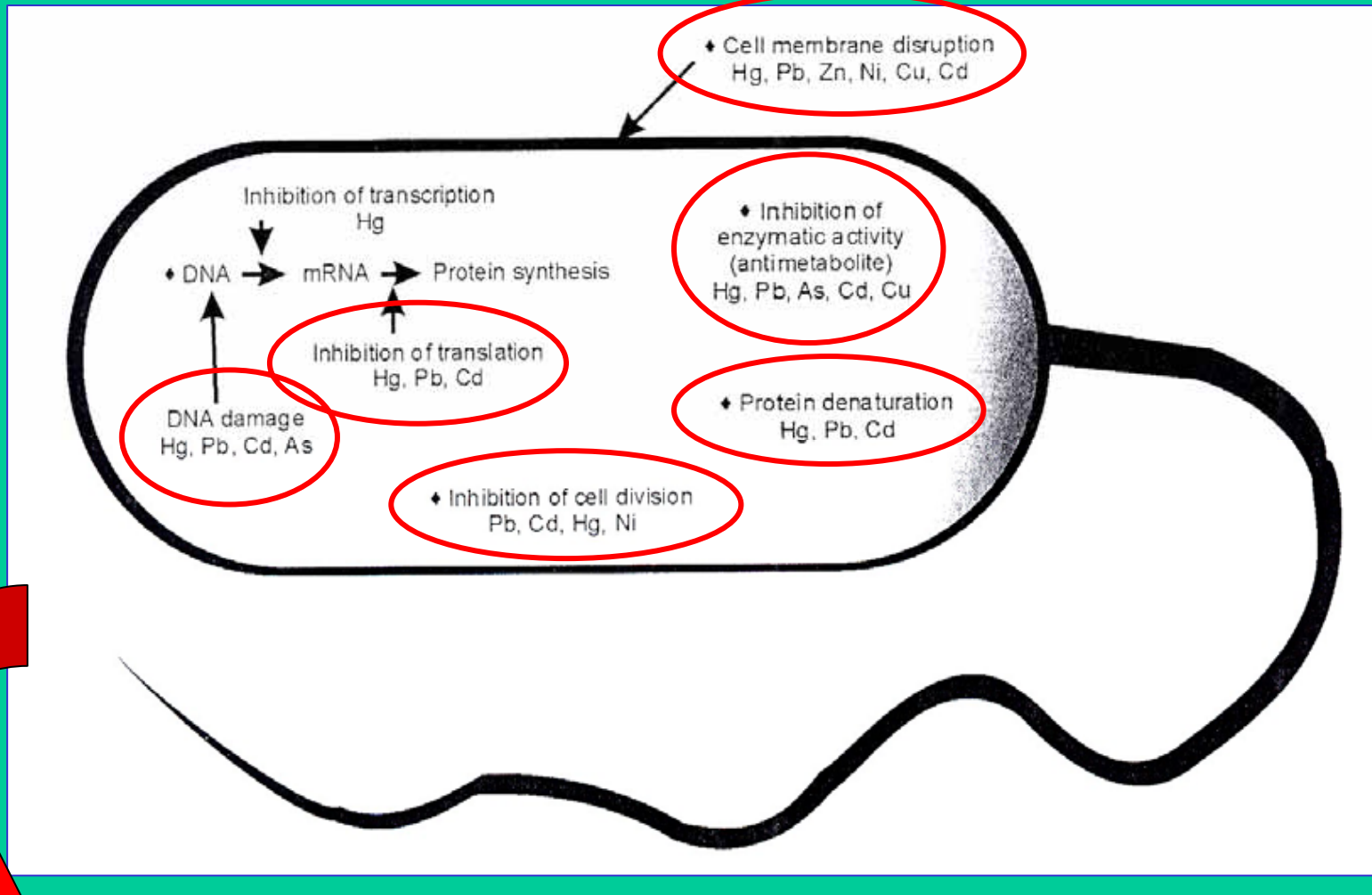
Ve směsi se toxické účinky  
jednotlivých kovů mohou vzájemně  
zesilovat (synergismus Cd + Zn, Ni  
+ Zn, Hg + Cu),  
nebo zeslabovat (Se + Cd, Se +  
Hg).

Častá je kontaminace vod kovy,  
uvolněnými důlní činností

Vliv znečištění zinkem ze staré důlní činnosti na říční faunu bezoratých v River Nent, Anglie

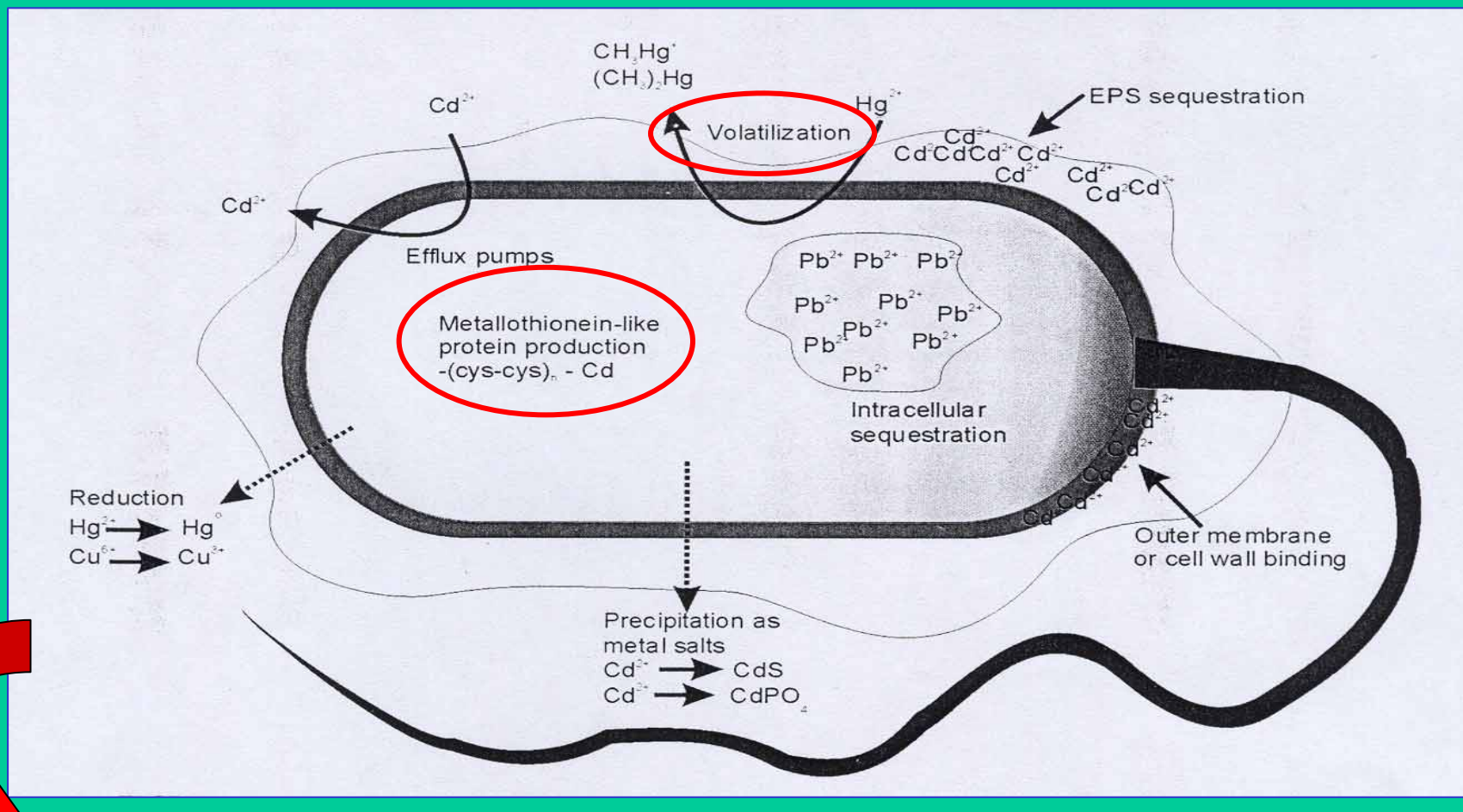
Taxon	Typ stanoviště			
	Nízká konc. Zn	Nízká + okyselení	Střední konc. Zn	Vysoká konc. Zn
Ephemeroptera	1-10	0	0-3	0
Plecoptera	4-12	0	6-10	0-5
Trichoptera	1-7	0	1-8	0-2
Suma taxonů	19-57	2-4	13-35	2-15

## Vlivy těžkých kovů na buňku



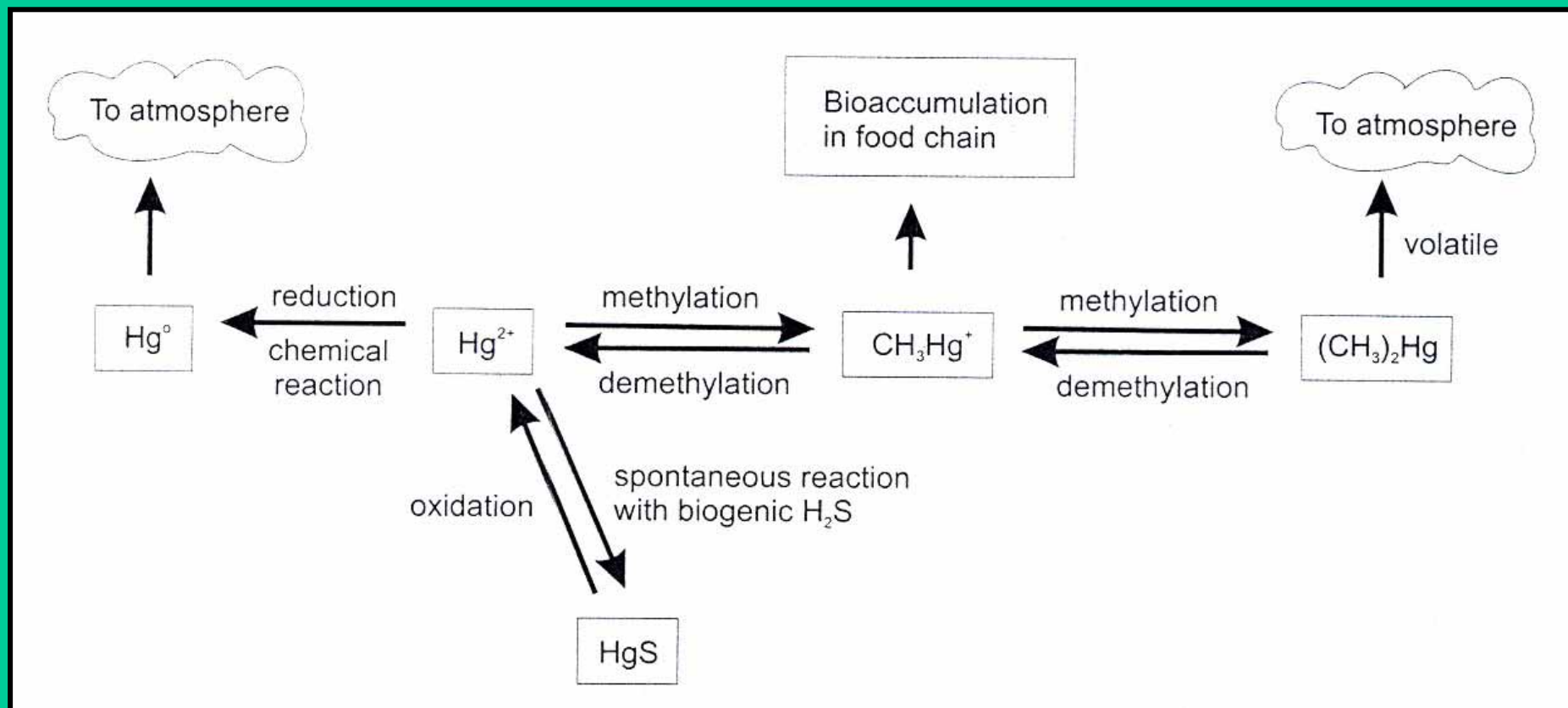
**Toxicita kovů všeobecně inhibuje buněčné dělení a metabolismus**

## Mechanismy rezistence a detoxifikace buňky před vlivy těžkých kovů



**Mechanismy mohou být vnitro i vněbuněčné, specifické pro konkrétní kov, nebo obecné, zaměřené na interakci s různými kovy**

## Mikrobiálně zprostředkované reakce $\text{Hg}^{2+}$ v prostředí



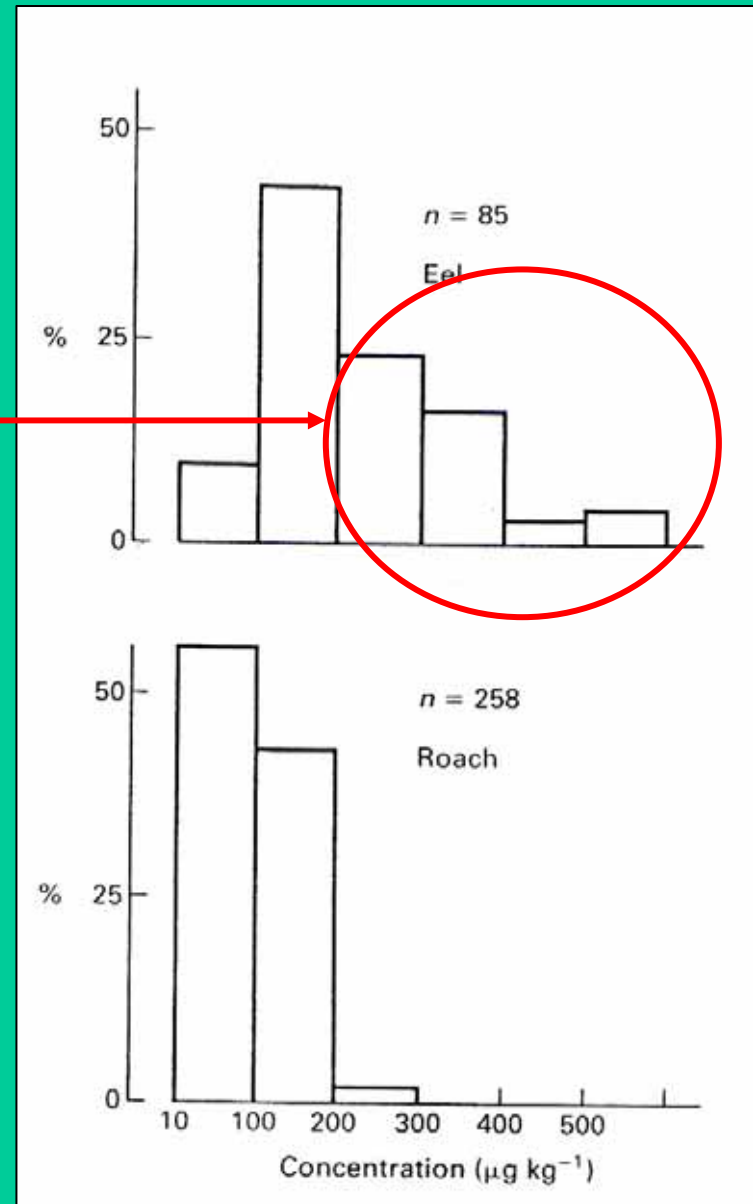
### Prvky, které podléhají biometylaci v přírodním prostředí

Nikl (Ni), Cín (Sn), Antimon (Sb), Rtuť (Hg), Olovo (Pb), Arsen (As), Selen (Se), Germanium (Ge)



# Rtuť (Hg)

Koncentrace celkové rtuti ( $\mu\text{g kg}^{-1}$  čerst.hm.) v úhořích a ploticích ze sladkých vod, Anglie

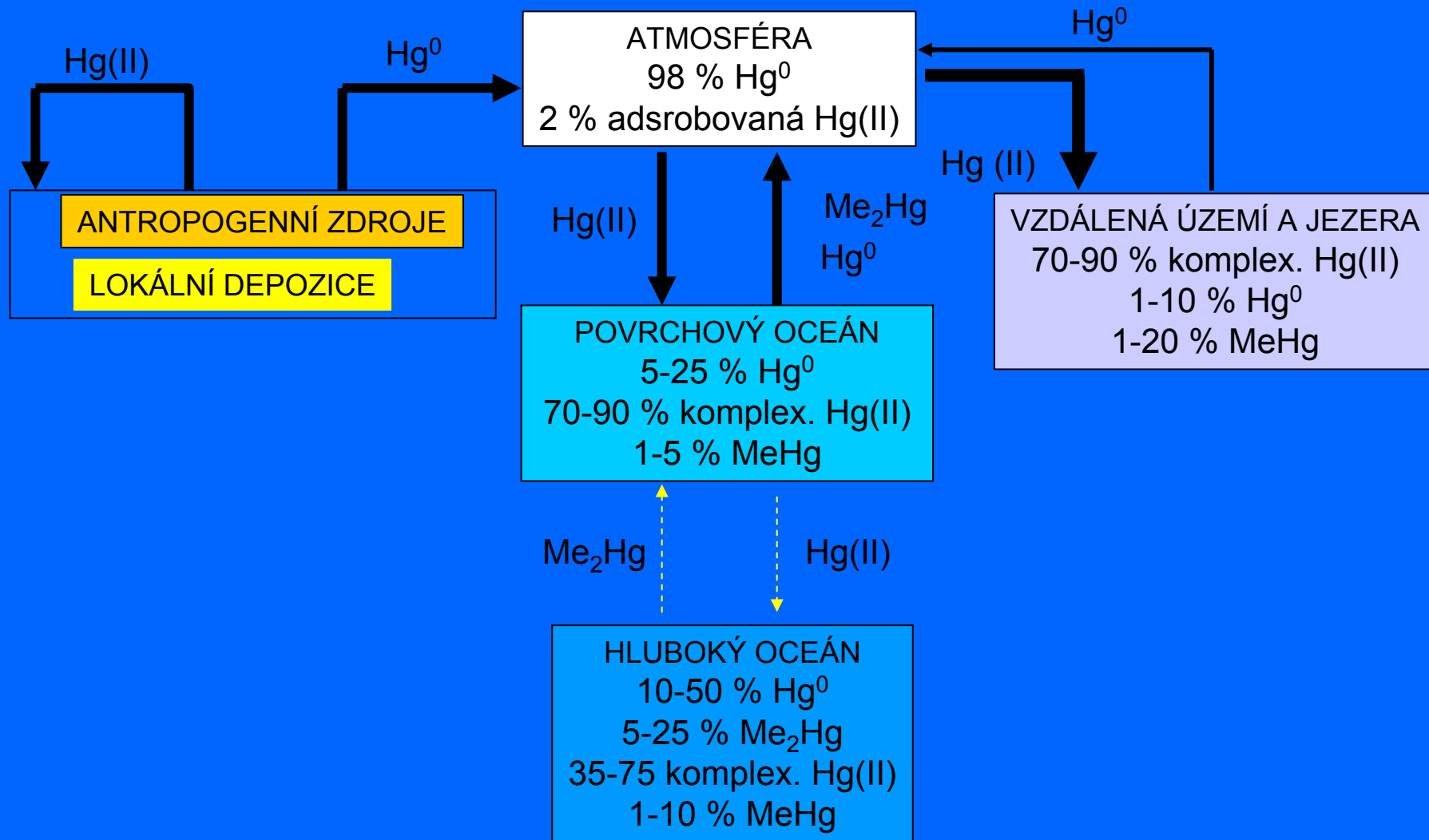


Průměrný obsah rtuti ( $\mu\text{g kg}^{-1}$  čerst. hm.) v různých hladinách potravního řetězce v Lake Päijänne, Finsko

Materiál	Koncentrace rtuti
Sediment	87-114
Fytoplankton	15
Vyšší rostliny	9
Zooplankton	13
Herbivorní zoobentos	77
Karnivorní zoobentos	83
Herbivorní ryby	332-500
Karnivorní ryby	604-1510
Insektivorní kachny	240
Piscivorní ptáci	2512-13 685

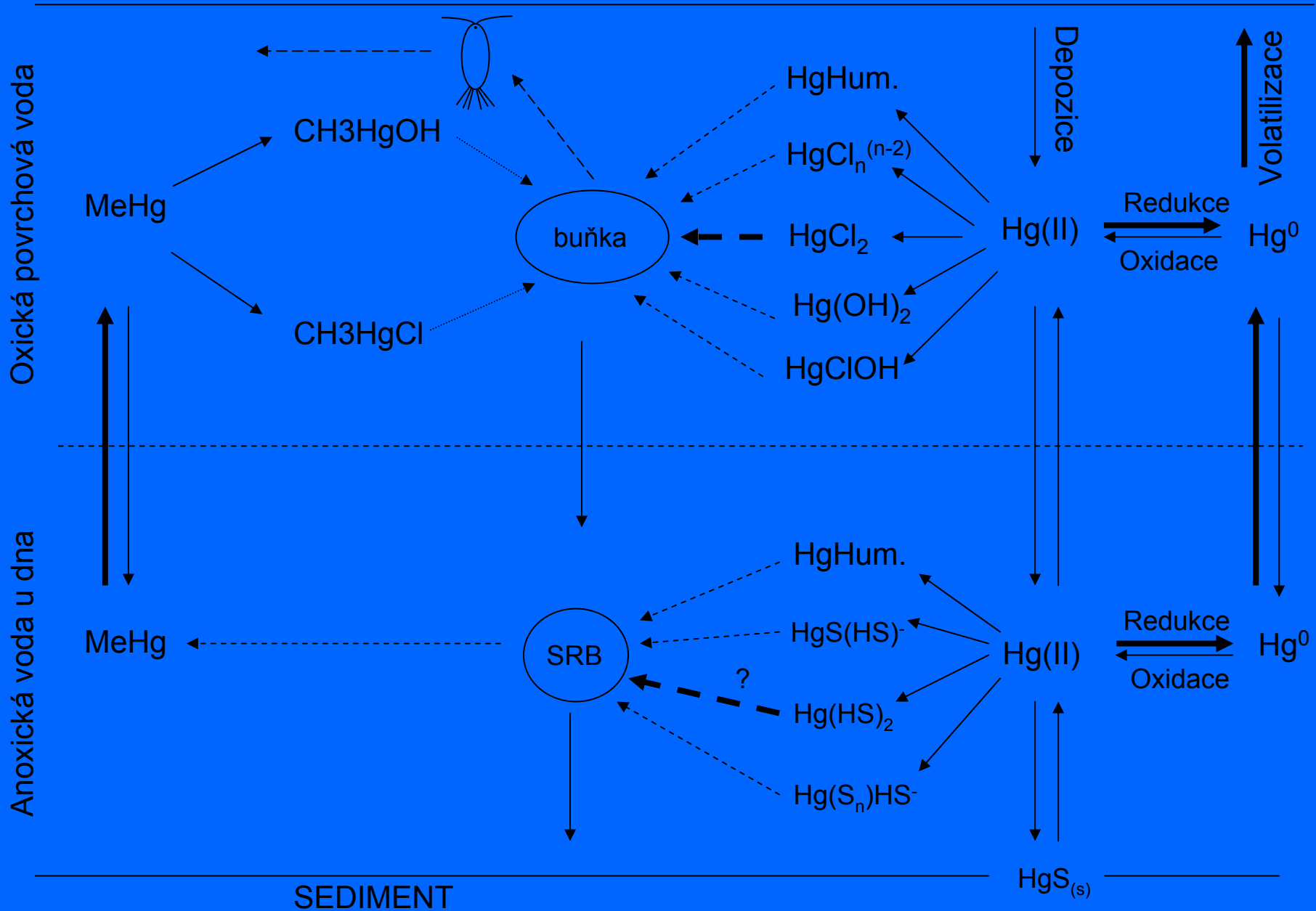
**Biomagnifikace !!!**

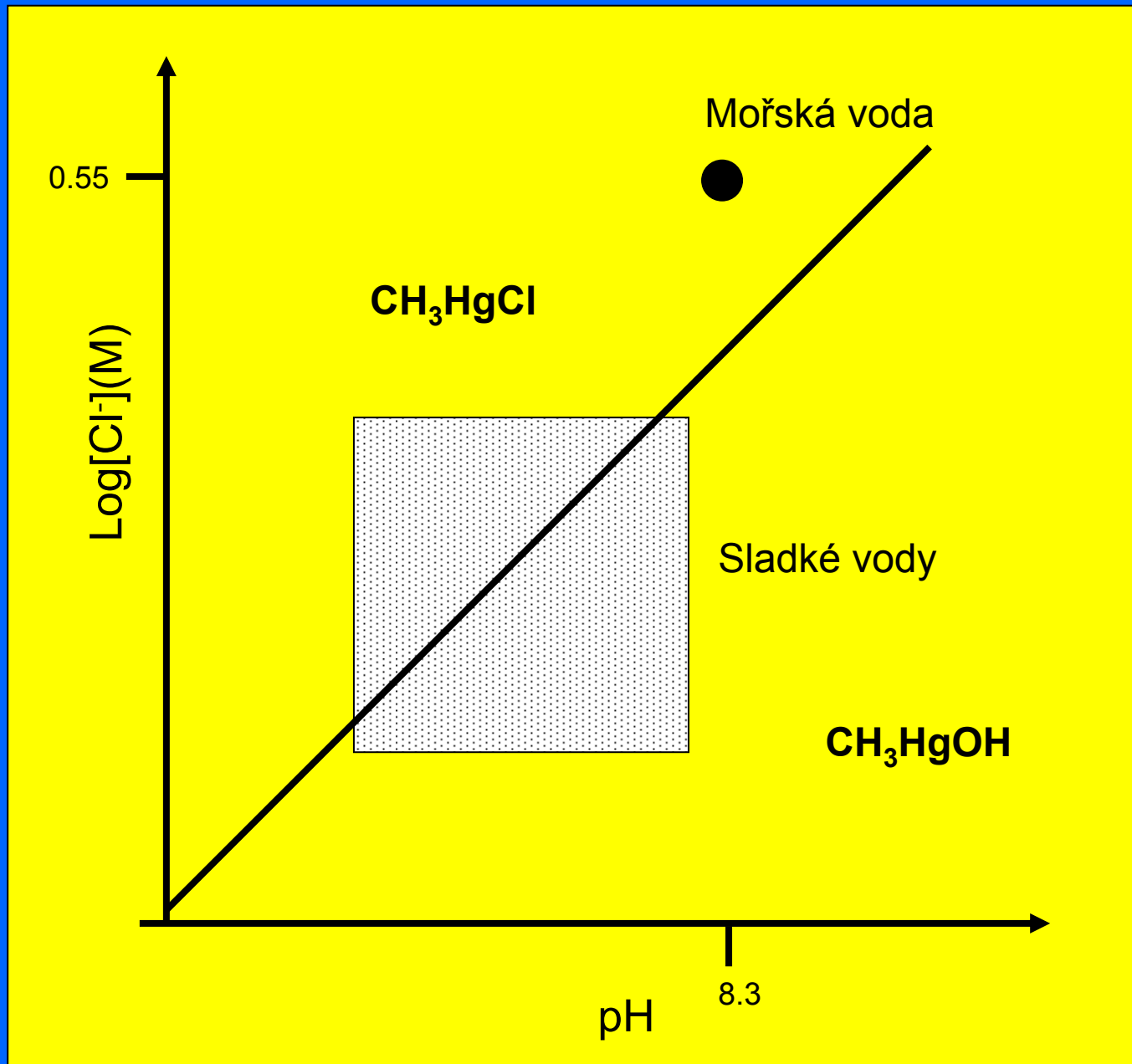
# Globální cyklus Hg



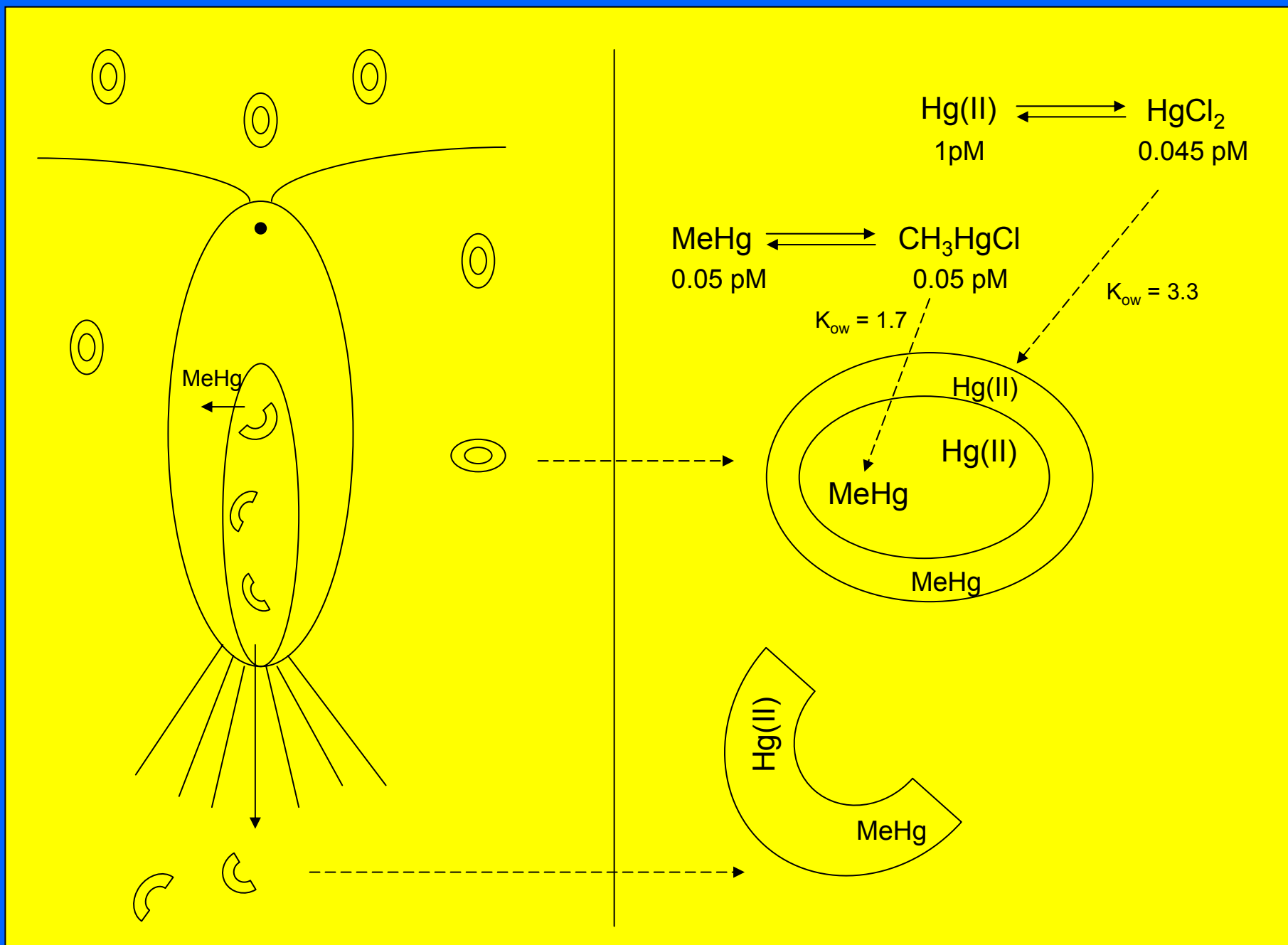
-----> Toky dosud neznámé

# Akvatický cyklus rtuti





# Bioakumulace rtuti v prvním kroku potravního řetězce



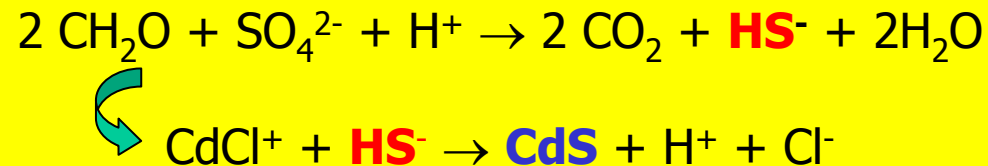


## Kadmium (Cd)

Patří mezi kovy s největším potenciálem znečištění; kumuluje se především ve vodních sedimentech a suspendovaných částicích. Vzhledem k sedimentu má **vysoký koncentrační koeficient 5000-50 000**.

Pokud je  $\text{pH} > 8$ , je Cd přítomno ve volné iontové formě  $\text{Cd}^{2+}$

Během letních měsíců obsahuje povrchová voda relativně vysoké koncentrace kadmia, především rozpustného iontu  $\text{CdCl}^+$ ; naopak anaerobní vrstva u dna je chudá na kadmium, protože, sulfid vzniklý mikrobiální redukcí sráží kadmium na nerozpustný sulfid kademnatý:

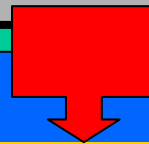


Podzimní míchání vody způsobuje desorpci kadmia – rozpuštěné kadmium poté reaguje se suspendovaným materiálem a sedimentuje

1. **Hodnoty kadmia se nezvyšují** se vzůstajícím stupněm potravního řetězce v ekosystému povrchových vod
2. Jako bioindikátoru zatížení vod kadmiem je vhodné používat organismy **zooplanktonu a bentosu spíše než ryby**

Relativní význam vodního a potravního příjmu kadmia beruškou vodní (*Asellus aquaticus*)

Expozice	Příjem z vody (%)	Příjem z <i>Elodea</i> (%)
Nízká koncentrace Cd ve vodě	95	5
Vysoká koncentrace Cd ve vodě	98	2
Vysoká koncentrace Cd v potravě	50	50
Vysoká koncentrace Cd ve vodě i v potravě	89	11

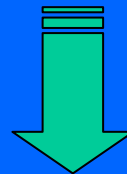


1. Beruška snadno **akumuluje Cd z vody**
2. **Příjem Cd potravou** (i v případě jeho vysoké koncentrace) se jeví jako **méně účinný**
3. Vysoce účinná biokoncentrace Cd z vody indikuje, že **predace na beruškách může představovat významný mechanismus pro vstup Cd do akvatických potravních řetězců**

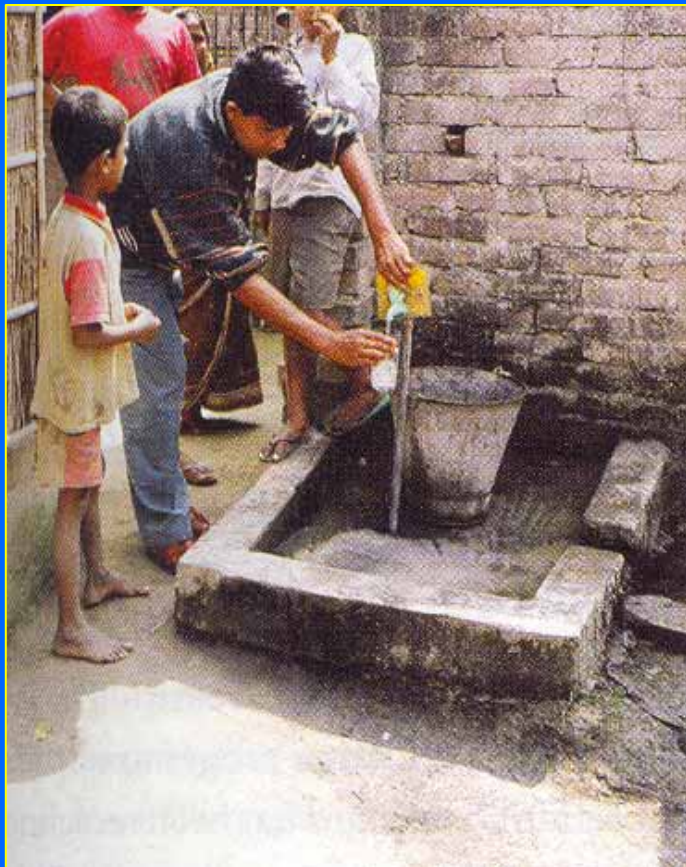
## Arzén (As)

Přírodním zdrojem je litosféra, kde **zvětráváním arzenopyritu**, popř. jiných minerálů obsahujících arzen, vznikají sekundární metabolity, nejčastěji arseničnany.

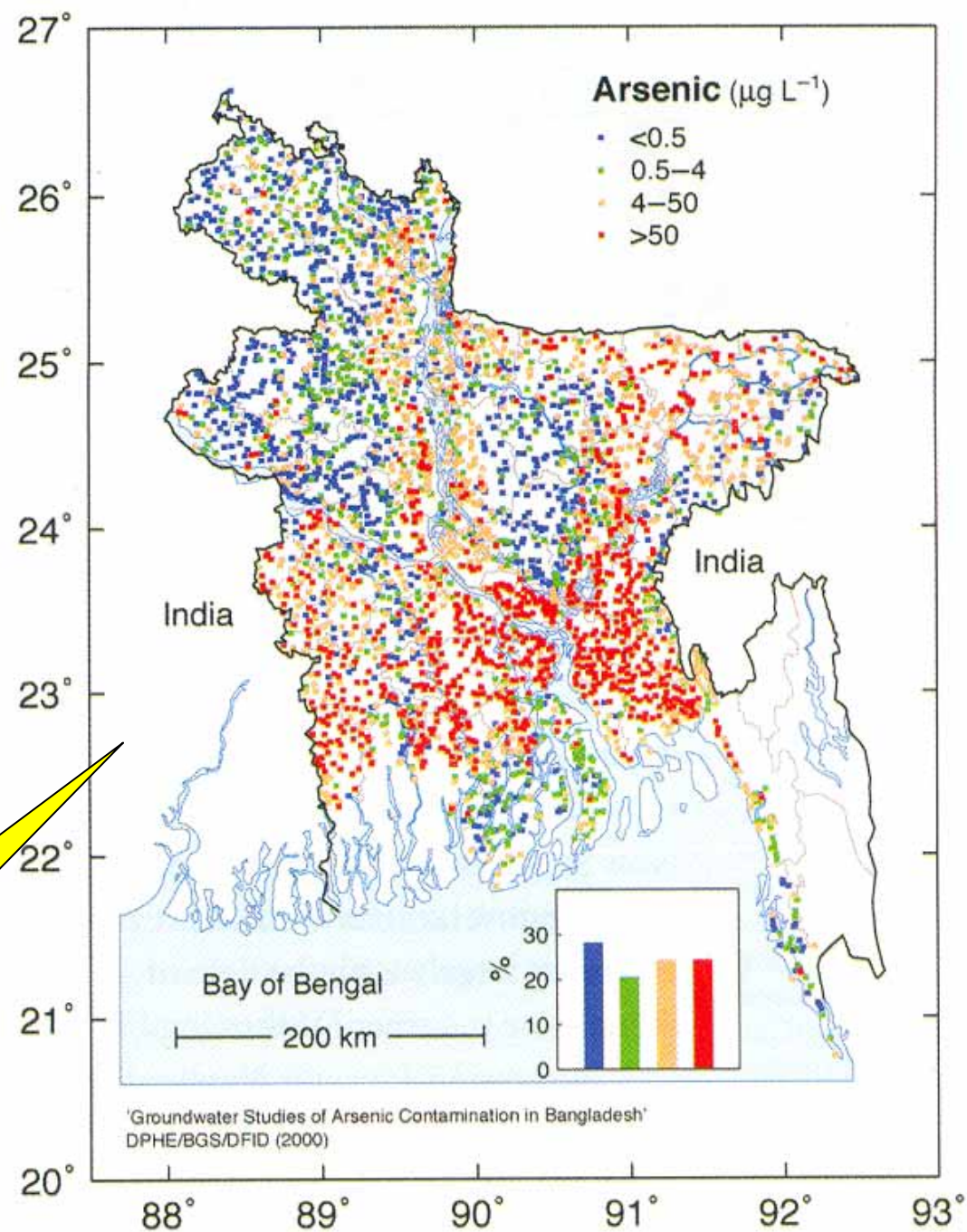
Arzenopyrit je v zemské kůře **stabilní, je-li pod hladinou podzemní vody** – octne-li se v zóně nenasycené vodou, dochází k jeho **oxidaci a tím ke vzniku sekundárních minerálů**. Arzen uvolněný do vody představuje závažný polutant – směrnice WHO doporučuje maximální množství arzenu **10 µg/l**.



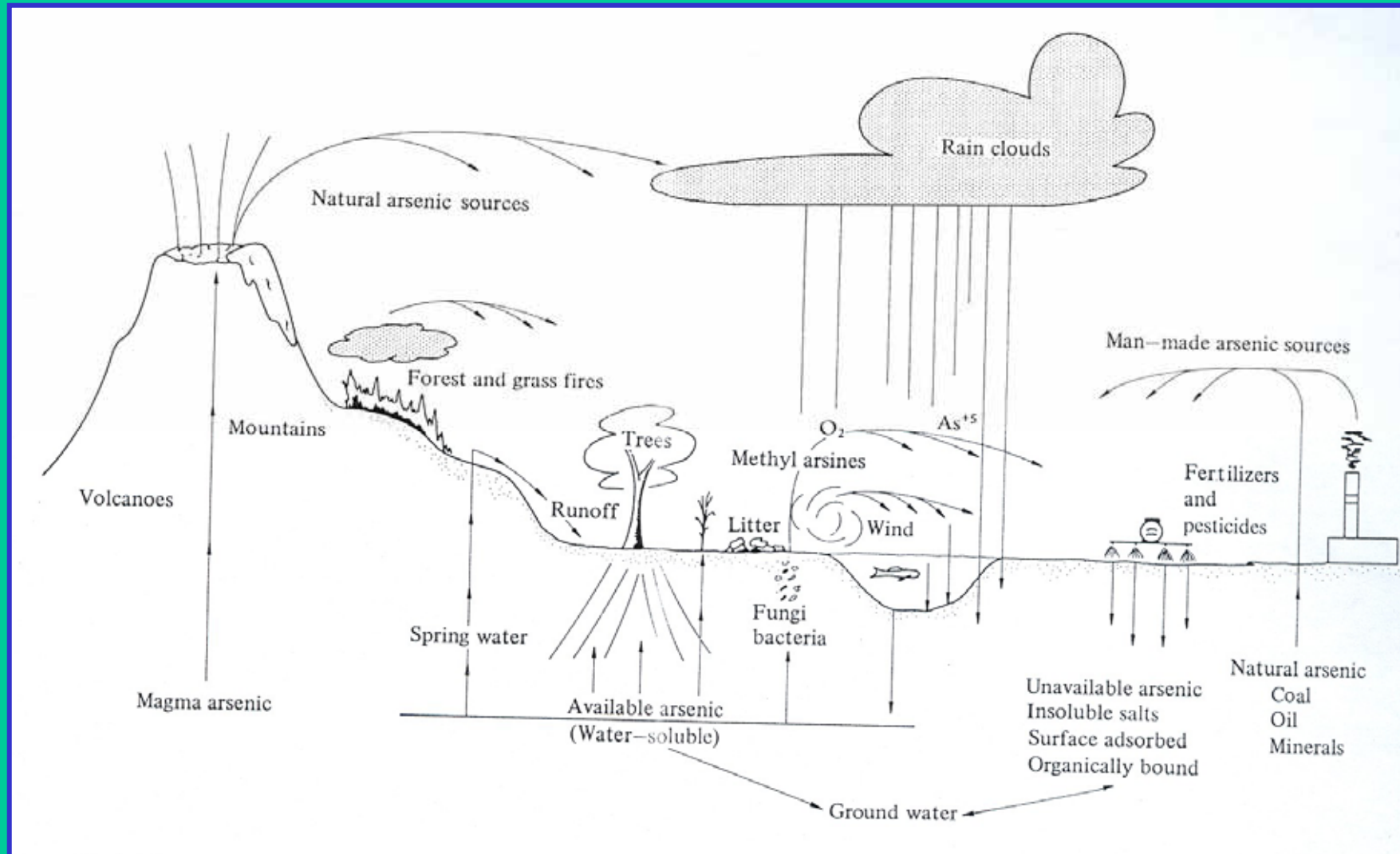
**Bangladéš** – podzemní voda z deltových náplavů řeky Gangy (cca 78 mil. lidí); V důsledku oxidace minerálů obsahujících arzen dosahuje koncentrace arzenu v podzemní vodě hodnot až **3 700 µg/l** → chronická onemocnění a úmrtí stovek až tisíců lidí



**Bangladéš -**  
Kontaminace  
podzemní vody  
arzenem

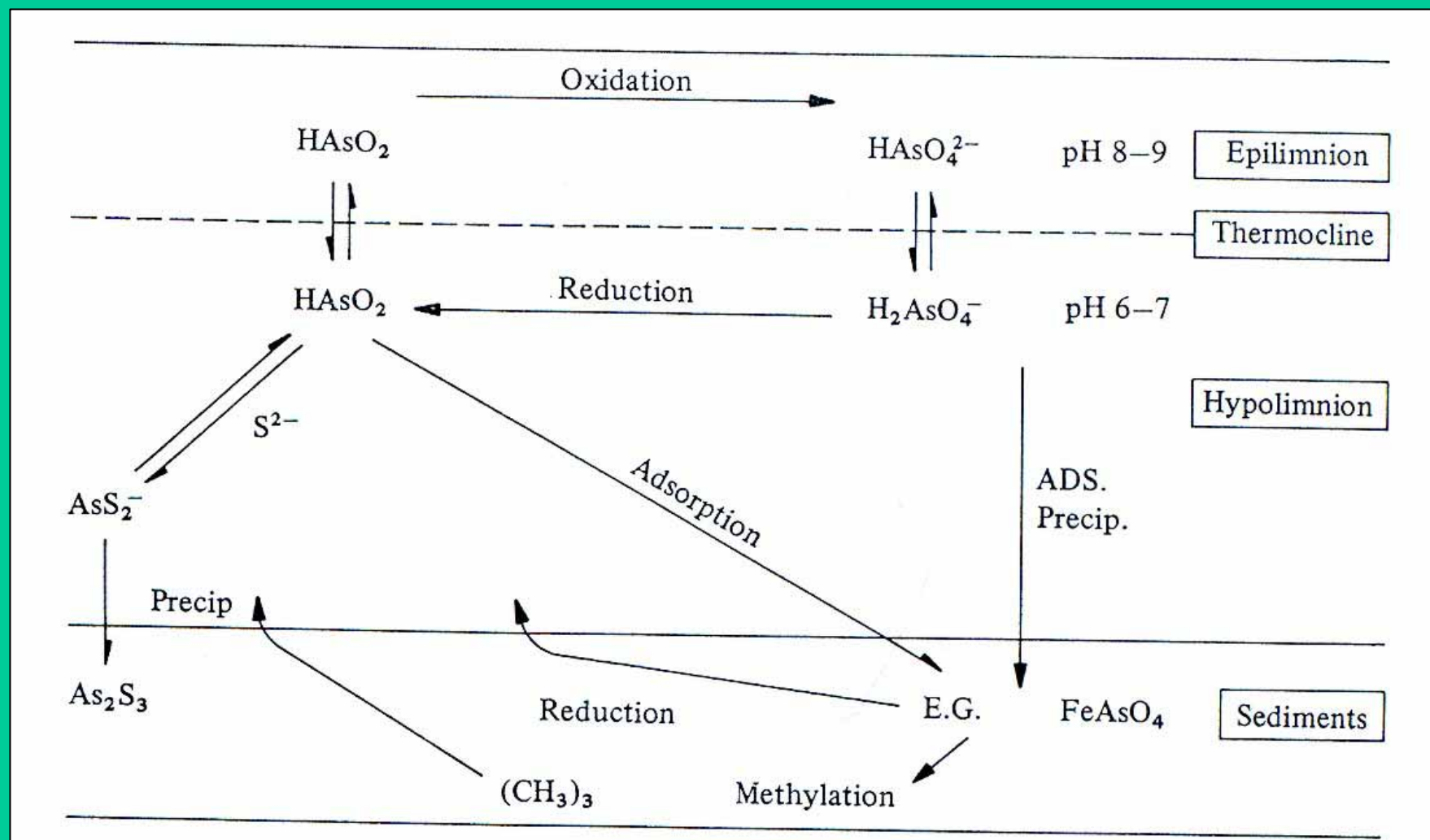


## Koloběh arsenu (As)



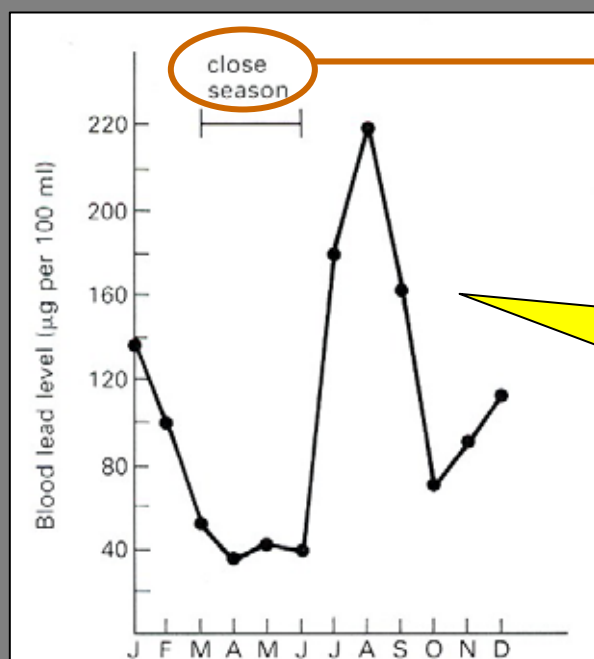


## Koloběh arsenu ve vodní nádrži



## Olovo (Pb)

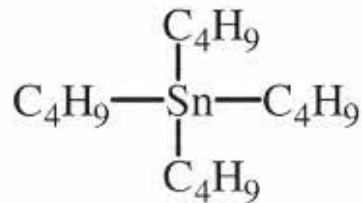
- Nebyla prokázána biomagnifikace podél potravního řetězce
- Kumulace v sedimentech a tvorba methylderivátů
- Toxické působení zejména na vodní ptactvo – konzumace olověných broků z myslivecké činnosti a olověných zátěží používaných rybáři
- USA – 2.4 mil ptáků /rok
- Velká Británie – 8000 kachen/rok (*Anas platyrhynchos*)
- Labutě (*Cygnus olor*) – z 1500 mrtvých labutí v letech 1981-1984 zahynulo 60 % v důsledku otravy olovem z olůvek a zátěží



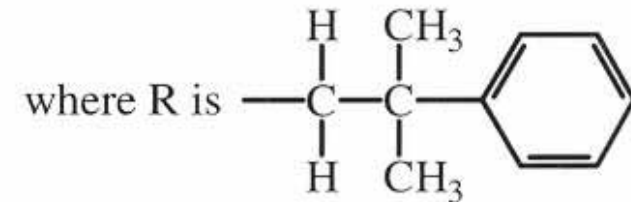
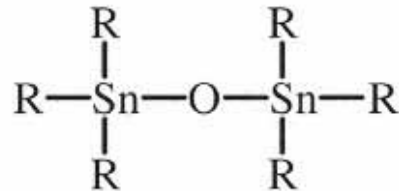
Zákaz rybolovu

Hladina olova v krvi labutí *Cygnus olor* během roku 1981 na Temži

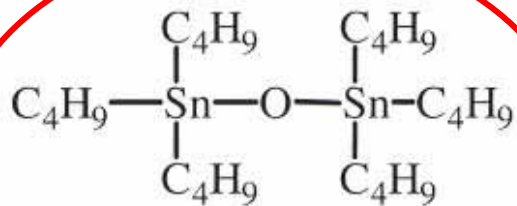
## Organické sloučeniny cínu (Sn)



Tetra-*n*-butyltin



Bis (tri(2-methyl-2-phenylpropyl)tin) oxide



Bis (tributyltin)



Dimethyltin dichloride

Antikoroziční barviva a nátěry – kontakt s vodním prostředím

Nejtoxičtější jsou sloučeniny obsahující tři organické skupiny (metyl-butyl)

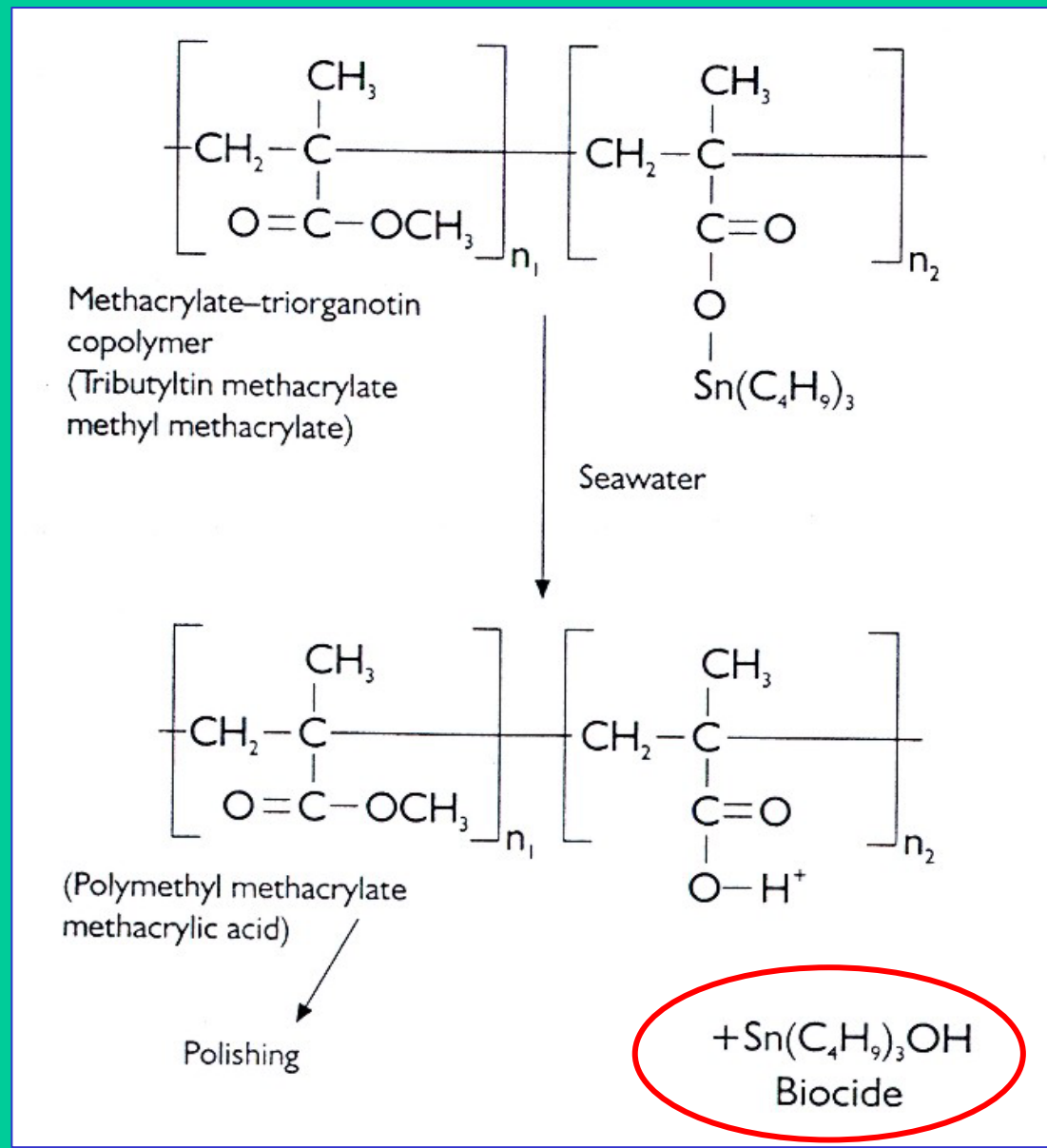


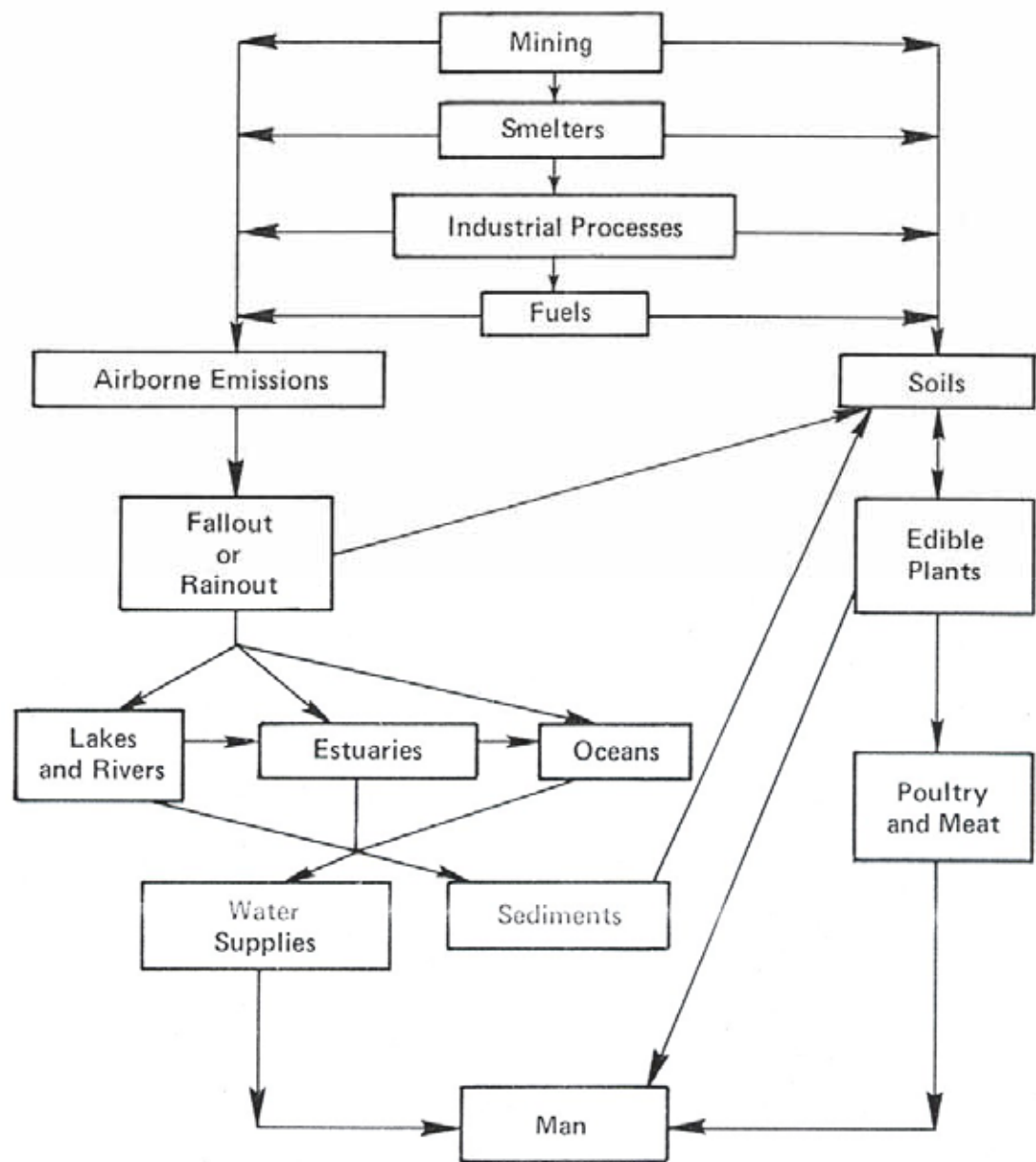
## Tributylcín (TBT)

vlivem TBT bylo zjištěno ztenčení tloušťky lastur a snížená růstová rychlost mlžů; irreverzibilní vývoj samčích charakteristik u samic plžů *Nucella lapillus* – kolaps populace plžů. TBT se může zřejmě biomagnifikovat.



## Struktura a hydrolyza kopolymeru metakrylát-triorganocín





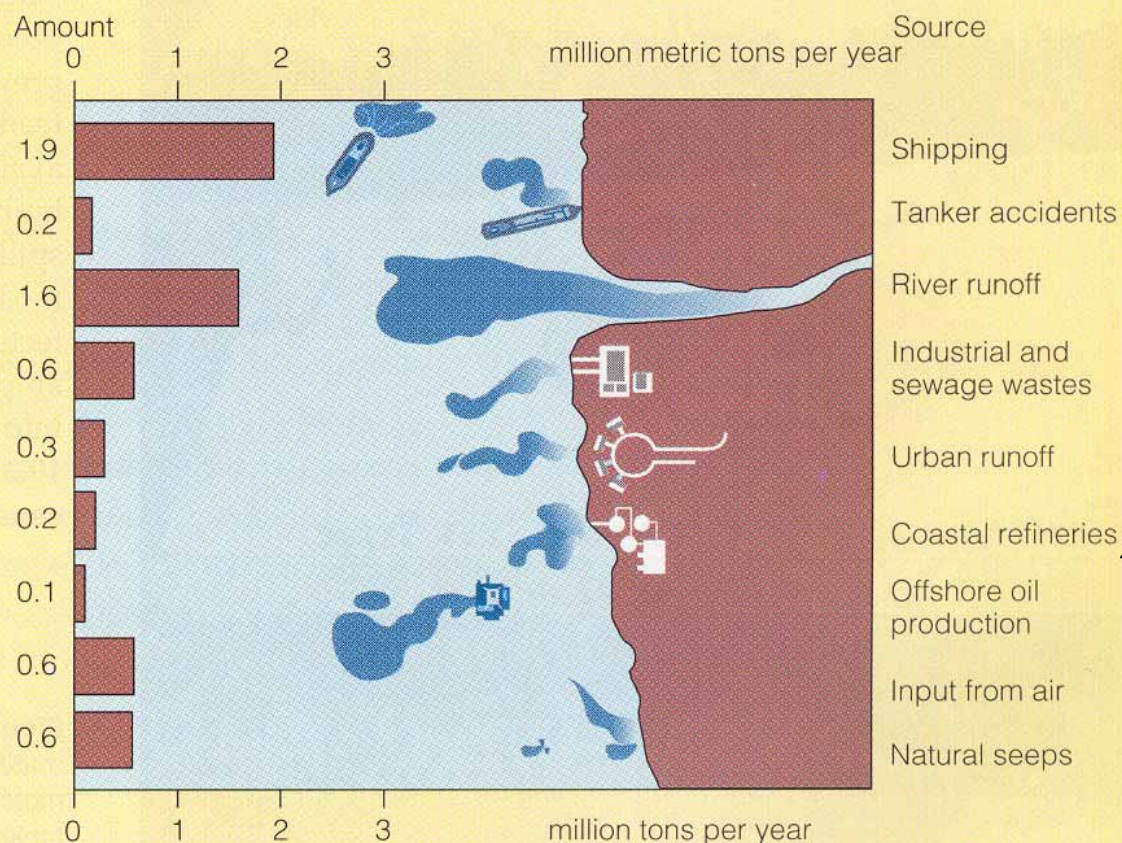
## Ropné látky a uhlovodíky



uhlovodíky a jejich směsi, které jsou tekuté při teplotách + 40°C a nižších. Patří mezi ně **motorová paliva, mazací a topné oleje, benzín, nafta, petrolej, ropa** a podobné látky.



Havárie, splachy nafty a olejů ze silnic, lodní doprava



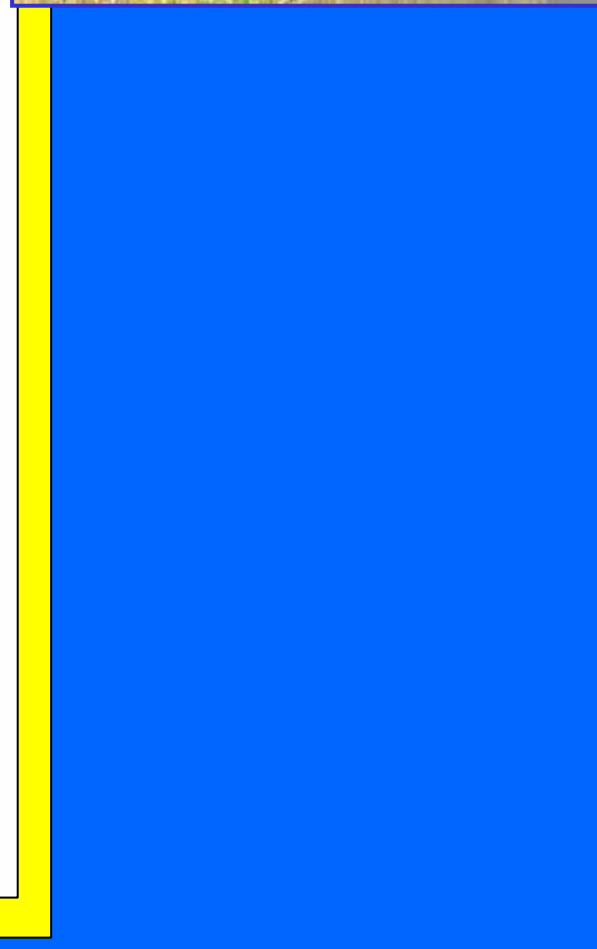
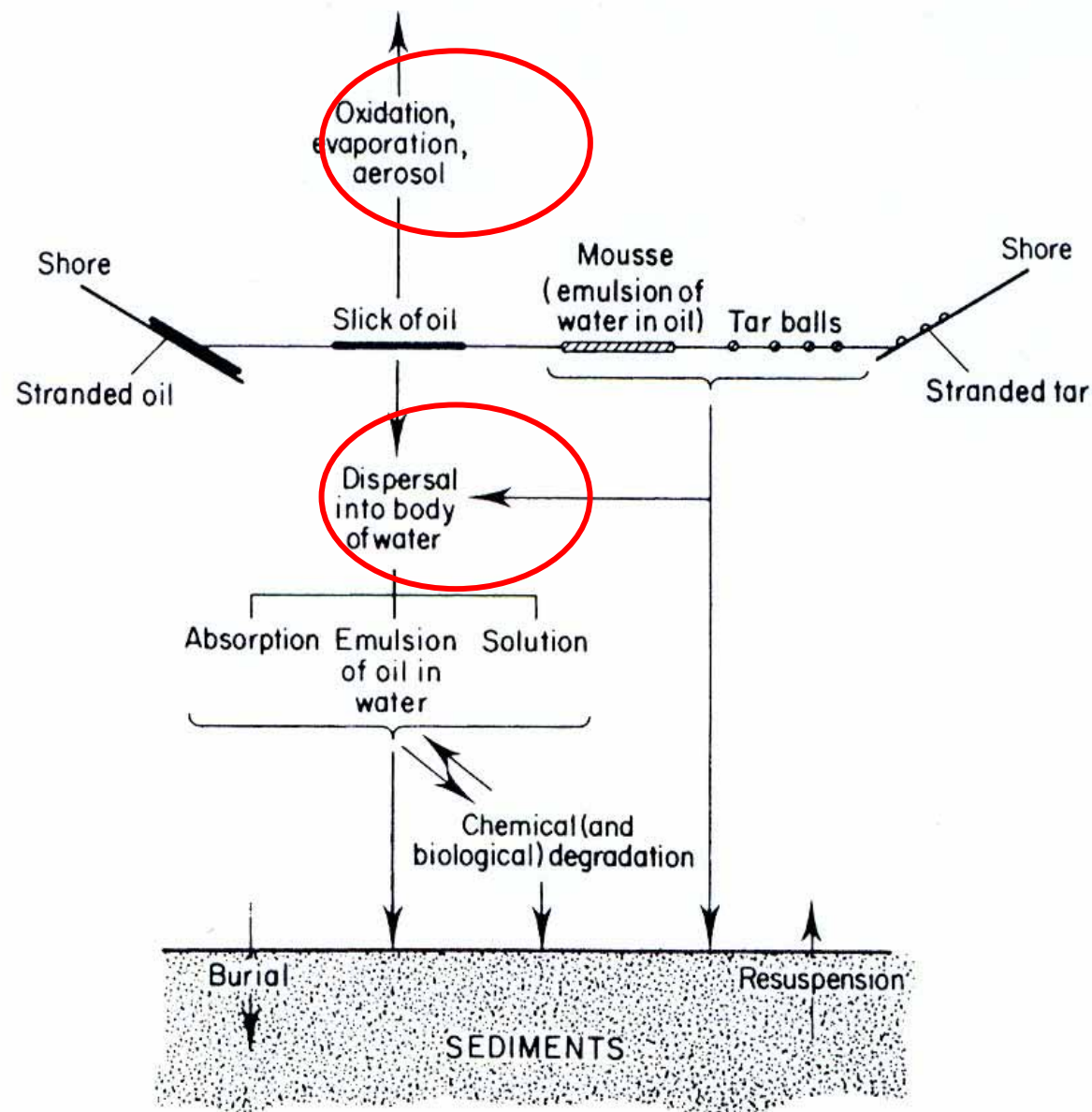
6.1 million metric tons per year (6.7 million tons) = Total (1993)

nehody tankerů a úniky ropy z tankerů představují minoritní zdroj ropného znečištění vodních ekosystémů, cca 6 %.

### Hlavní skupiny ropných uhlovodíků

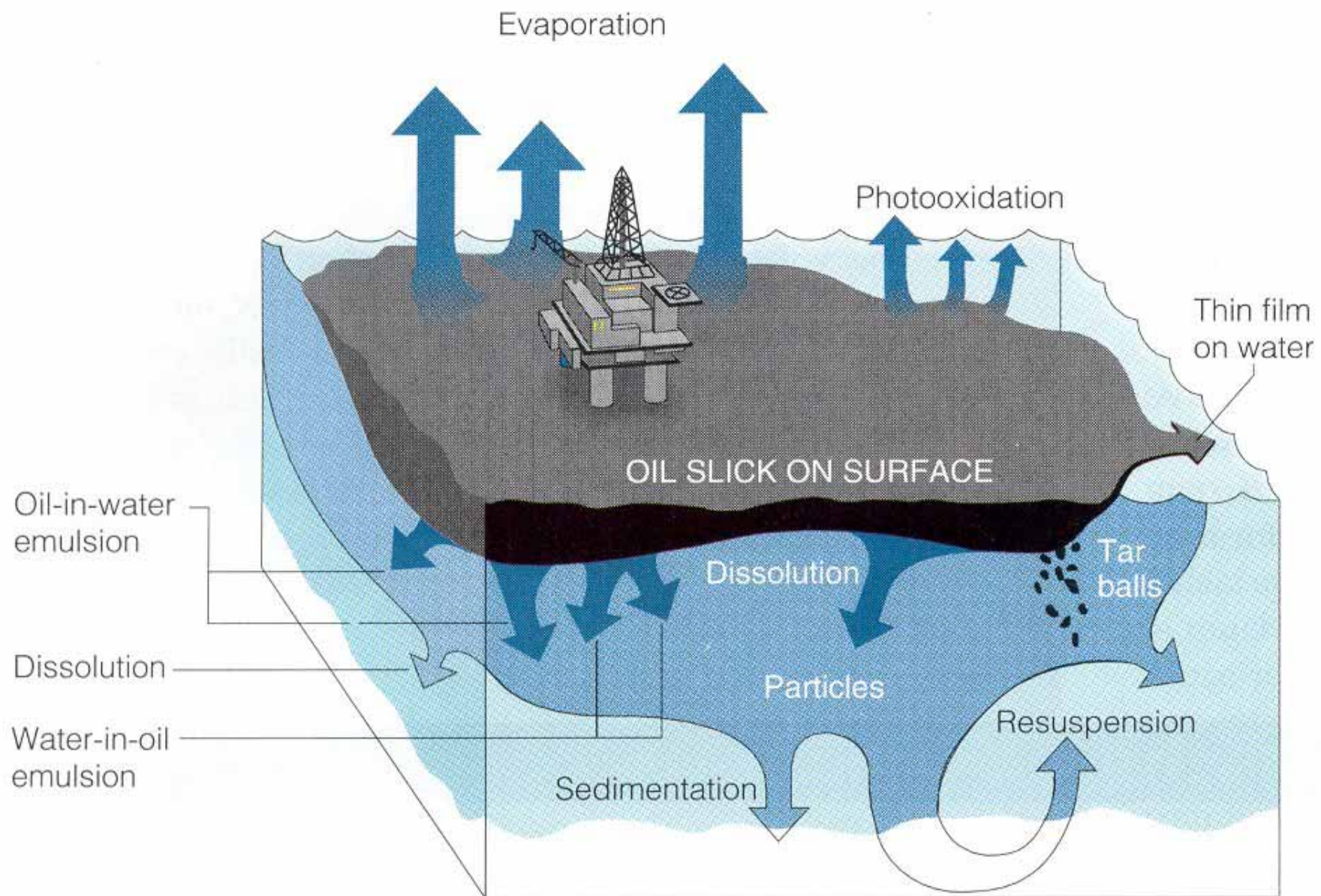
Třída	Příklad	Molekulová hmotnost	Biodegradabilita	Vlastnosti ve vodě
Nasyčené	Alkany	Nejnižší	Nevyšší	Volatilní - rychlá ztráta z vody
Aromatické	Areny ( <i>benzen, naftalen</i> )	↓	↑	Tvorba emulzí a pěny
Asfaltény	Fenoly, mastné kyseliny, ketony, estery, porfyriny			
Pryskyřice	Pyridiny, chinoliny	Nejvyšší	Nejnižší	Tvoří ropné kuličky

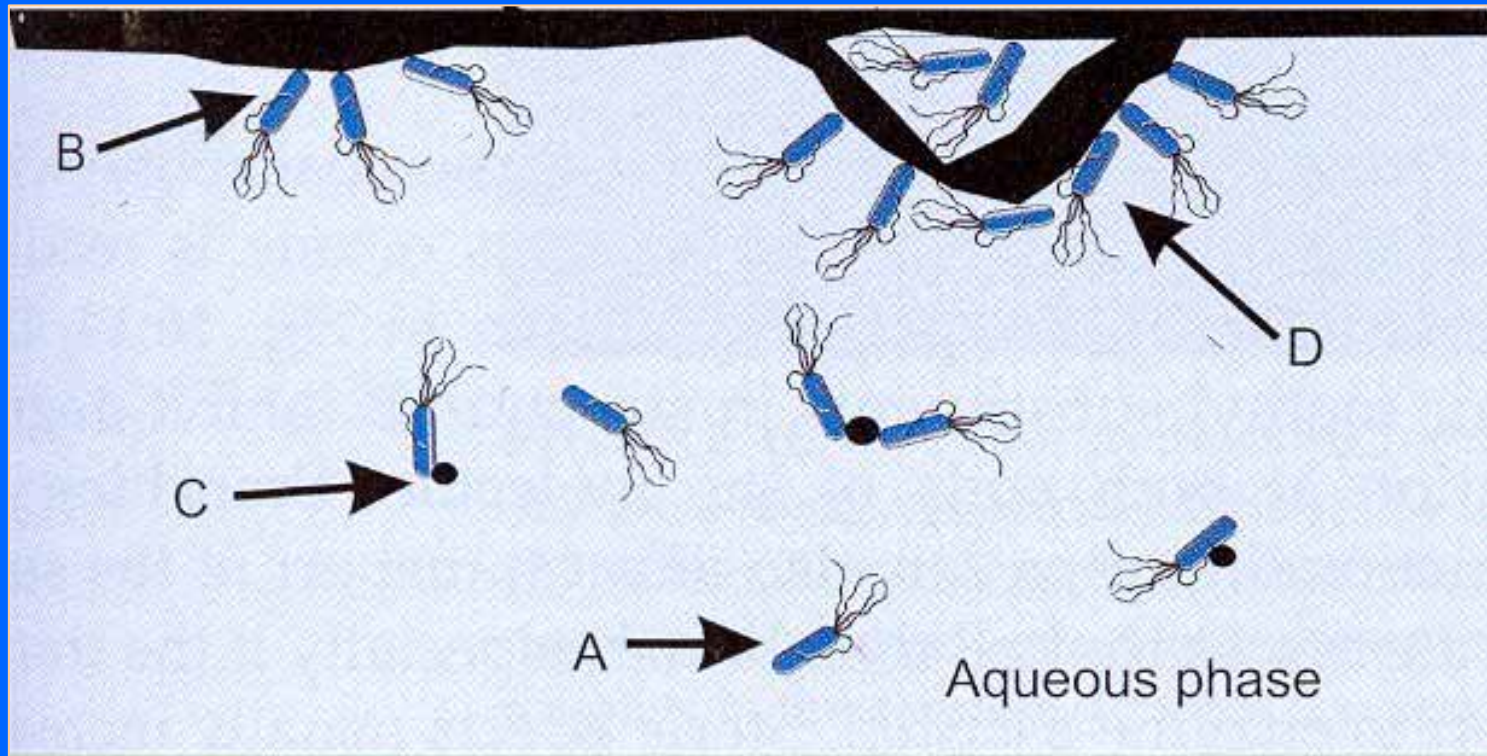
# Chování ropy ve vodách



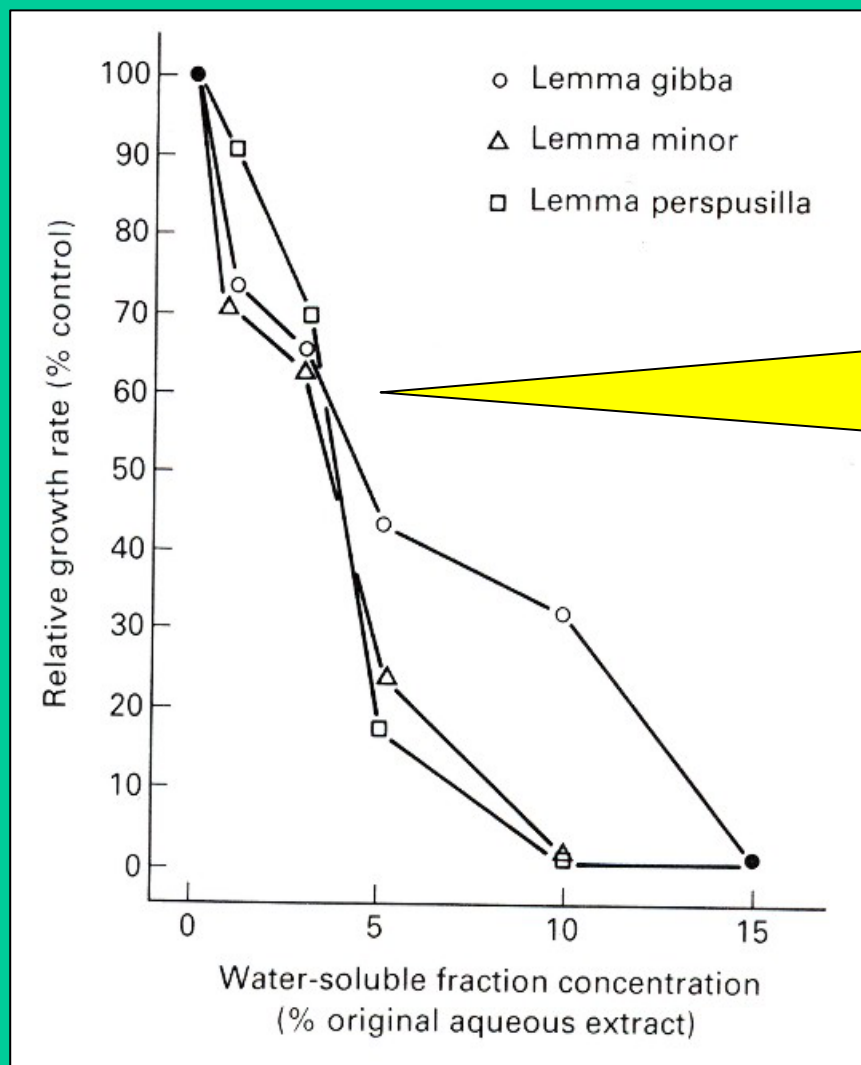


# Osud vylité ropy





Vliv ve vodě rozpustných frakcí uhelného destilátu na růstovou rychlost 3 druhů okřehků



Toxicita je způsobena přítomností vysokých koncentrací PAU (již 4 % roztok způsobuje > 50 % pokles růstové aktivity)



## Vliv ropných látek

- Přímá toxicita
- Fyzikální udušení

## Vliv ropných uhlovodíků na organismy

Test organism							
Alga	<i>Selenastrum capricornutum</i>			•	●	•	●
Alga	<i>Nitzschia palea</i>	•	●	•	●	•	●
Shrimp	<i>Gammarus minus</i>	•	●	•	●	•	●
Water flea	<i>Daphnia magna</i>	•	●	•	●	•	●
Midge	<i>Chironomus tentans</i>	•	●			•	●
Snail	<i>Physa gyrina</i>	•	●	•	●		
Fish	<i>Micropterus salmoides</i>	•	•	•	●	•	●
Fish	<i>Pimephales promelas</i>	•	●	●	•		
Fish	<i>Salmo gairdneri</i>	•	•			•	●
		Phenol	β-Naphthol	Quinoline	Acridine	Naphthalene	Phenanthrene
		Phenols		Azaarenes		PAHs	

Toxicita ropných látek stoupá s počtem aromatických kruhů

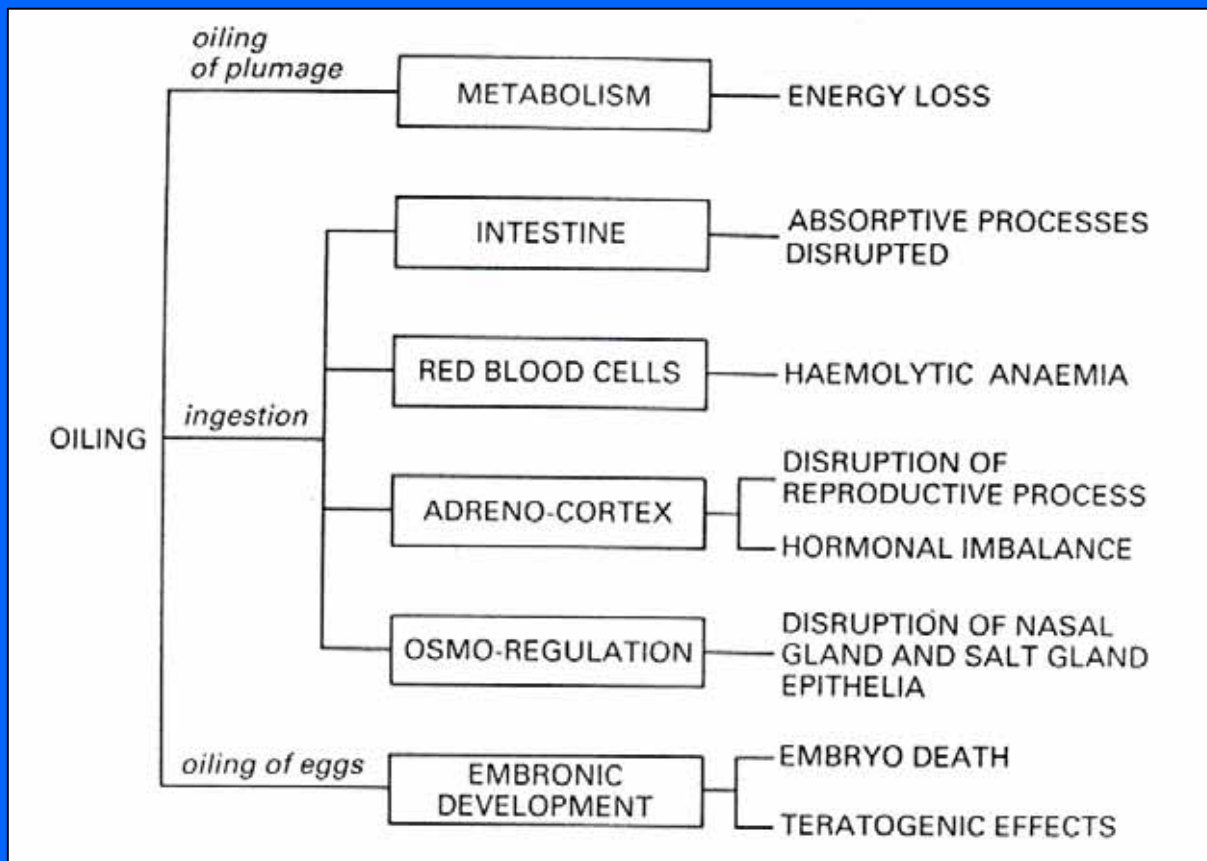
## Degradace uhlovodíků a ropných látek

- Uhlovodíky a jejich deriváty dokáží rozkládat různé druhy mikroorganismů. Nejčastěji jde o bakterie, avšak patří sem i kvasinky a vláknité houby. Polycyklické aromatické uhlovodíky dokáží štěpit vedle bakterií i dřevokazné houby způsobující bílou hnilobu dřeva.
- Doposud bylo zjištěno, že cca 21 rodů bakterií, 10 rodů hub a 5 rodů kvasinek má schopnost degradovat uhlovodíky. Smíšená populace mikroorganismů může degradovat až 97 % ropy. Preference substrátů je obecně v řadě alifatické > heterocyklické > asfalteny.
- Rozklad uhlovodíků a jejich derivátů probíhá za aerobních i anaerobních podmínek

Mikroorganismy izolované z vodního prostředí - schopné degradovat uhlovodíky

Baktérie	Houby	Řasy
<i>Achromobacter</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Prototheca</i>
<i>Acinetobacter</i>	<i>Aureobasidium</i>	
<i>Actinomyces</i>	<i>Candida</i>	
<i>Aeromonas</i>	<i>Cephalosporium</i>	
<i>Alcaligenes</i>	<i>Cladosporium</i>	
<i>Arthrobacter</i>	<i>Cunninghamella</i>	
<i>Bacillus</i>	<i>Hansenula</i>	
<i>Bacterium</i>	<i>Penicillium</i>	
<i>Beneckea</i>	<i>Rhodosporidium</i>	
<i>Brevibacterium</i>	<i>Rhodotorula</i>	
<i>Corynebacterium</i>	<i>Saccharomyces</i>	
<i>Flavobacterium</i>	<i>Sporobolomyces</i>	
<i>Micrococcus</i>	<i>Torulopsis</i>	
<i>Micromonospora</i>	<i>Trichosporon</i>	
<i>Mycobacterium</i>		
<i>Nocardia</i>		
<i>Proactinomyces</i>		
<i>Pseudobacterium</i>		
<i>Pseudomonas</i>		

## Vliv zasažení ropou na metabolismus ptáků



## PBTs (Persistent, bioaccumulative, toxic)

skupina organických sloučenin, jejichž dominantními fyzikálně-chemickými a environmentálně-chemickými vlastnostmi jsou:

1. odolnost vůči různým degradačním procesům,
2. malá rozpustnost ve vodě,
3. lipofilní charakter a z toho plynoucí výrazná tendence k bioakumulaci a
4. polotěkavost umožňující globální atmosférický transport



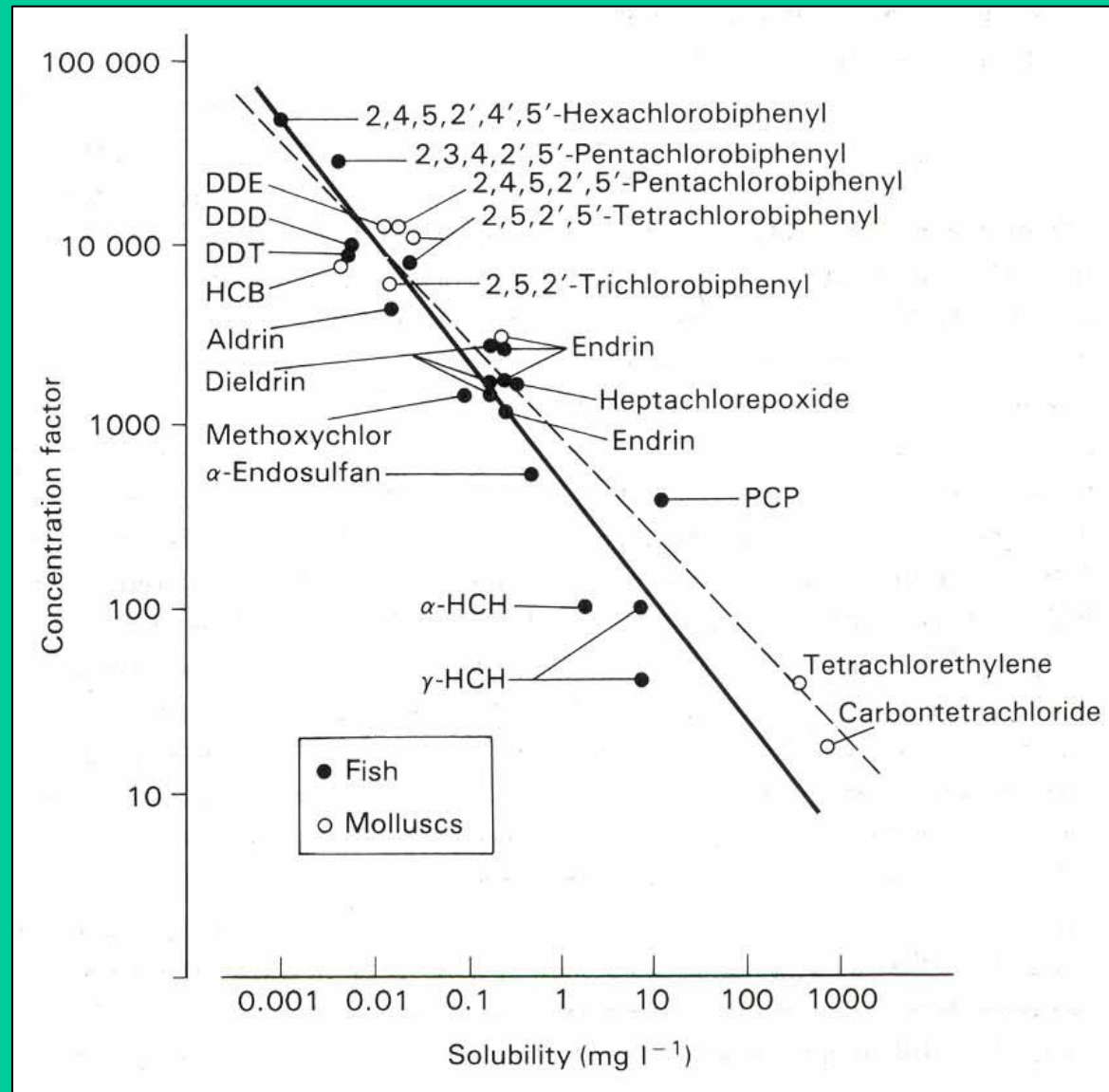
chlorované pesticidy

polychlorované bifenyly

polychlorované dibenzodioxiny  
a dibenzofurany

polycyklické aromatické uhlovodíky

## Příklady chlorovaných pesticidů a jejich BCF v závislosti na rozpustnosti ve vodě

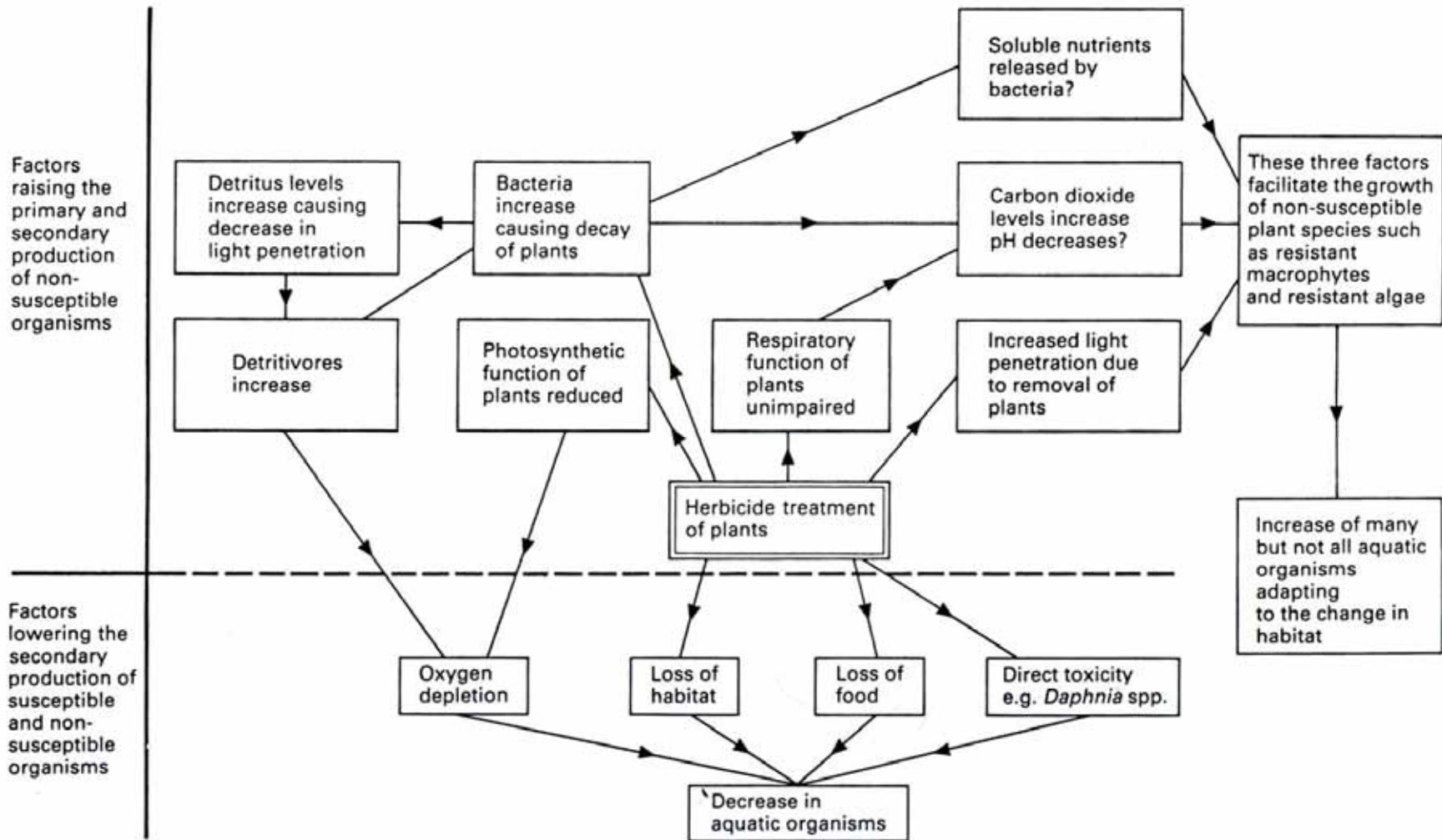


# Pesticidy

- chemické, biocidní látky používané na ochranu užitkových rostlin v zemědělství a lesnictví, proti plevelům, houbám a živočišným škůdcům.
- ve vodním hospodářství, slouží např. k likvidaci některých vodních rostlin, k redukci zooplanktonu v případě ohrožení ryb kyslíkovým deficitem nebo např. k antiparazitárnímu ošetření kaprovitých ryb

dotykové

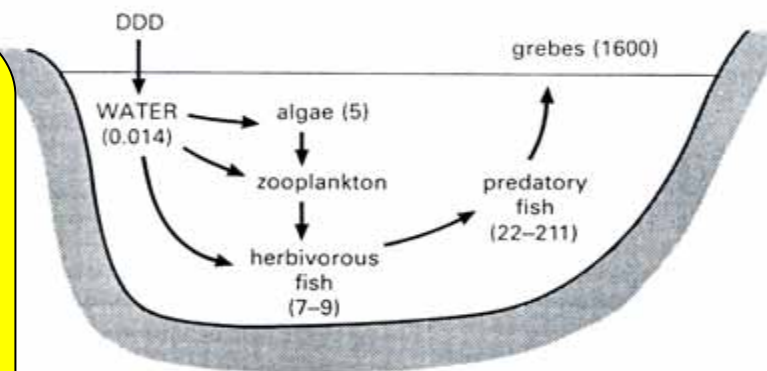
## Přímé a nepřímé vlivy herbicidů



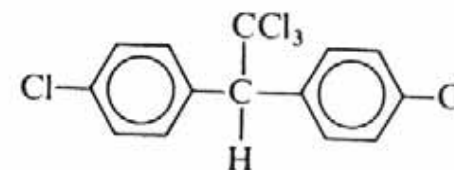


# Organochlorové insekticidy (organochlory)

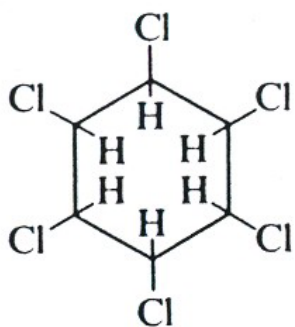
1. Zásah do transportu  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$  a funkce ATP-ázy  $\Rightarrow$  narušení přenosu uvedených prvků přes membránu nervových vláken a tím pravděpodobně i přenos nervových vzruchů, což nepříznivě ovlivňuje funkci nervového systému a samotného mozku.
2. Ovlivnění další existence estrogenních hormonů a metabolismu  $Ca^{2+}$ , což vyvolává poruchy v reprodukci, snižuje plodnost a přežívání mlád'at.



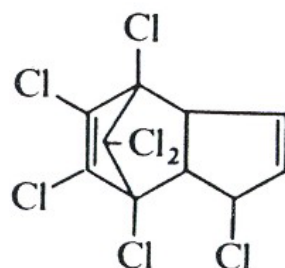
## DDT



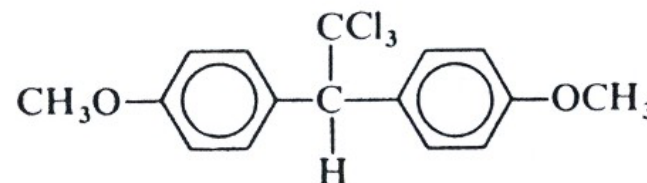
## Lindan



## Heptachlor

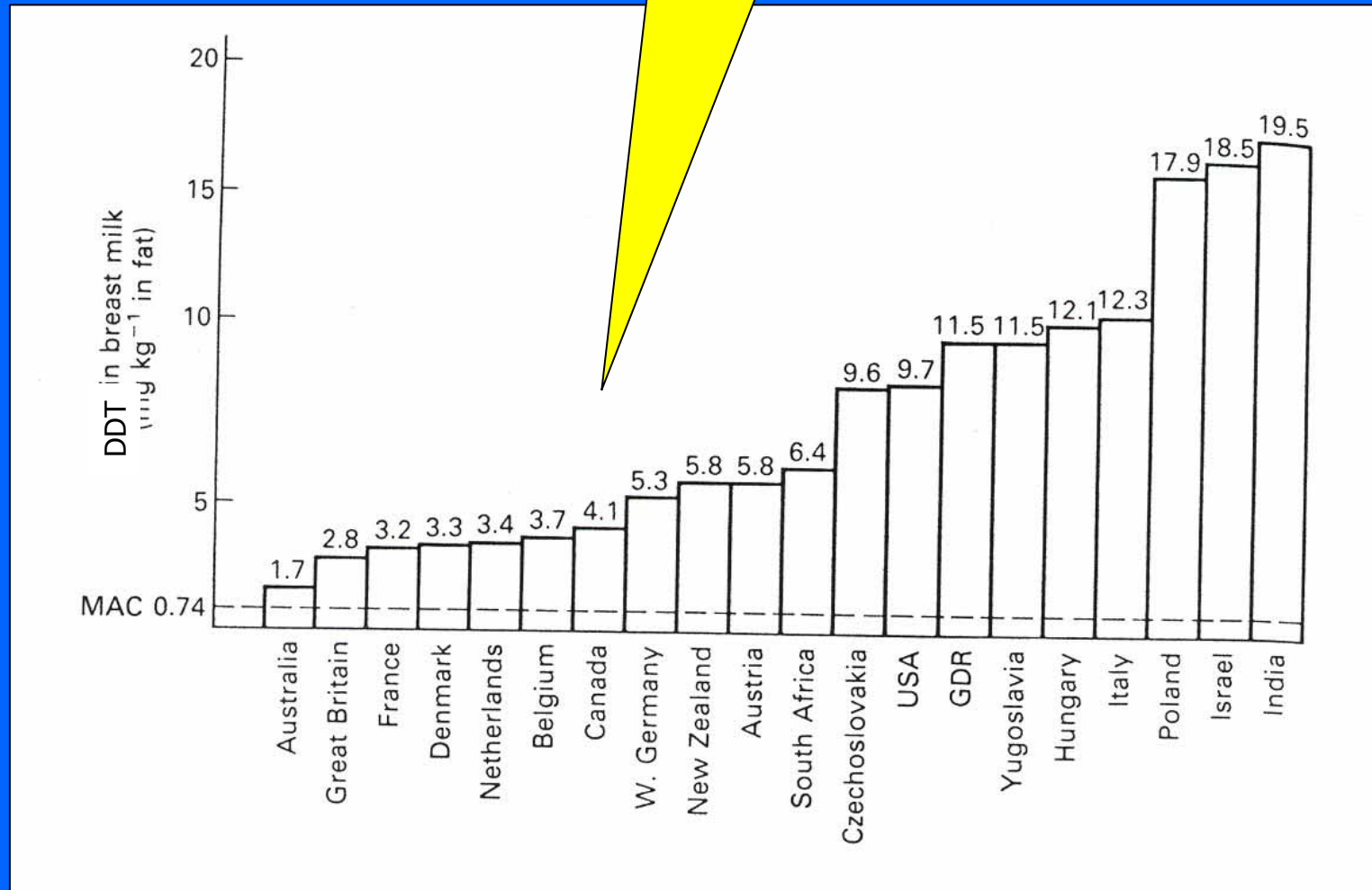


## Methoxychlor



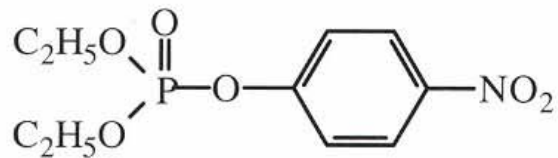
# Používání DDT znamenalo celosvětový rozmach

DDT v mateřském mléce

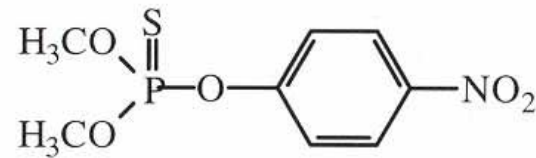


Toxický účinek organofosfátů spočívá v blokování činnosti aktivity enzymu cholinesterázy

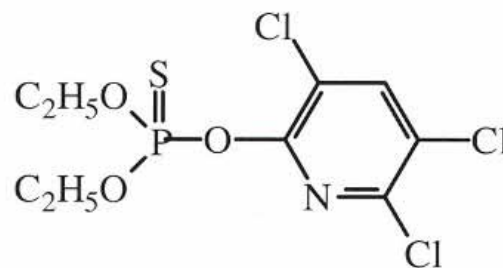
## Organosfosforové sloučeniny



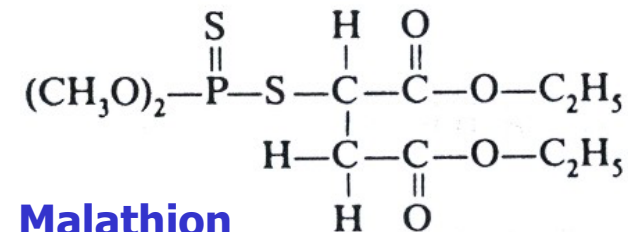
Parathion



Methyl parathion

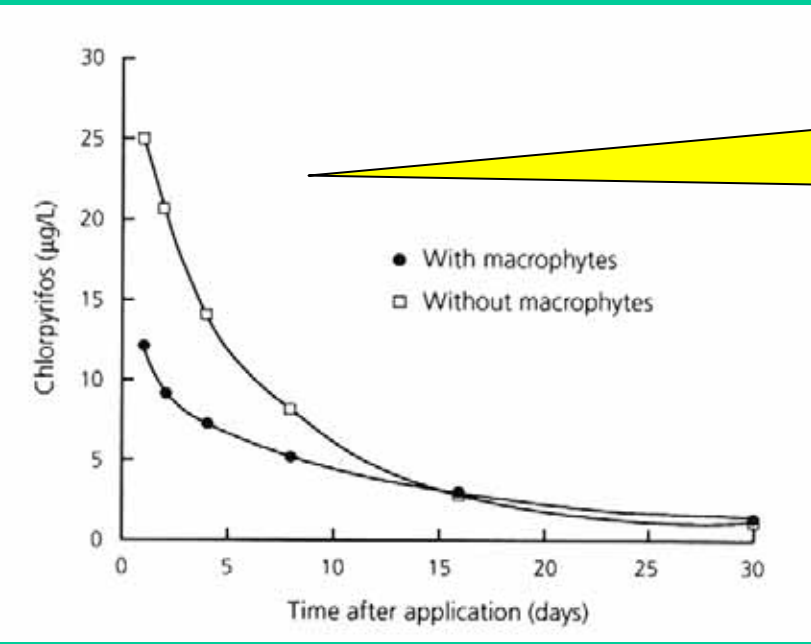
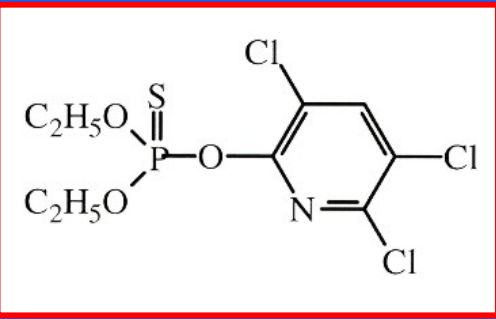
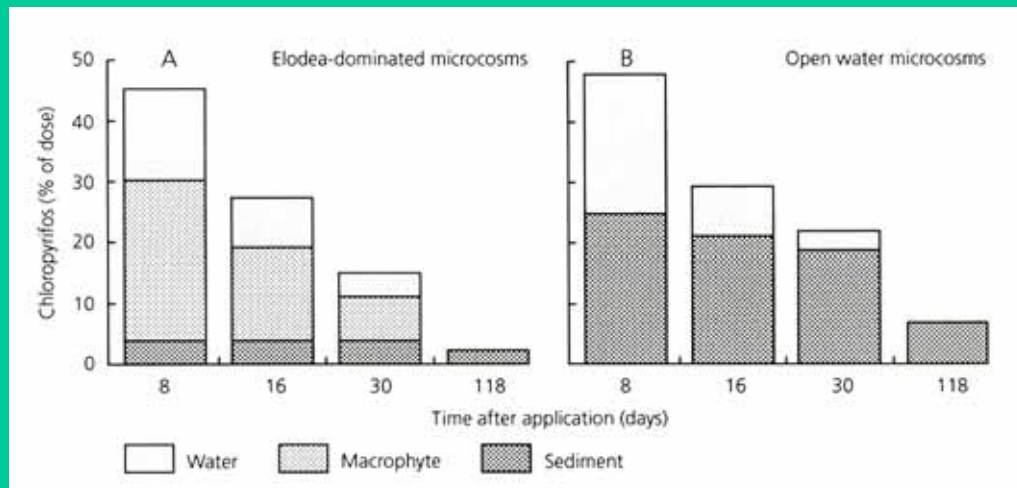


Chlorpyrifos



Malathion

Jsou více toxické pro člověka, nedochází však k jejich biomagnifikaci a jejich rozklad na netoxické složky probíhá v rozsahu dní až týdnů. Ve vodním prostředí jsou dobře biodegradabilní.



Osud chlorpyrifosu ve vodním prostředí s makrofyty a bez makrofyt

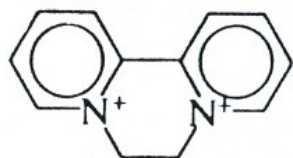
## Bipyridilové herbicidy



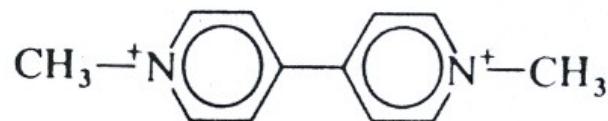
např. Gramoxone S

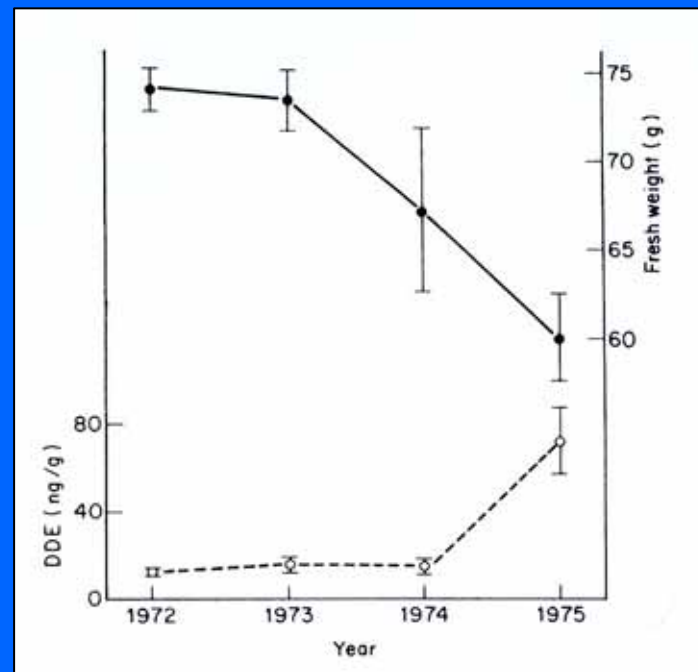
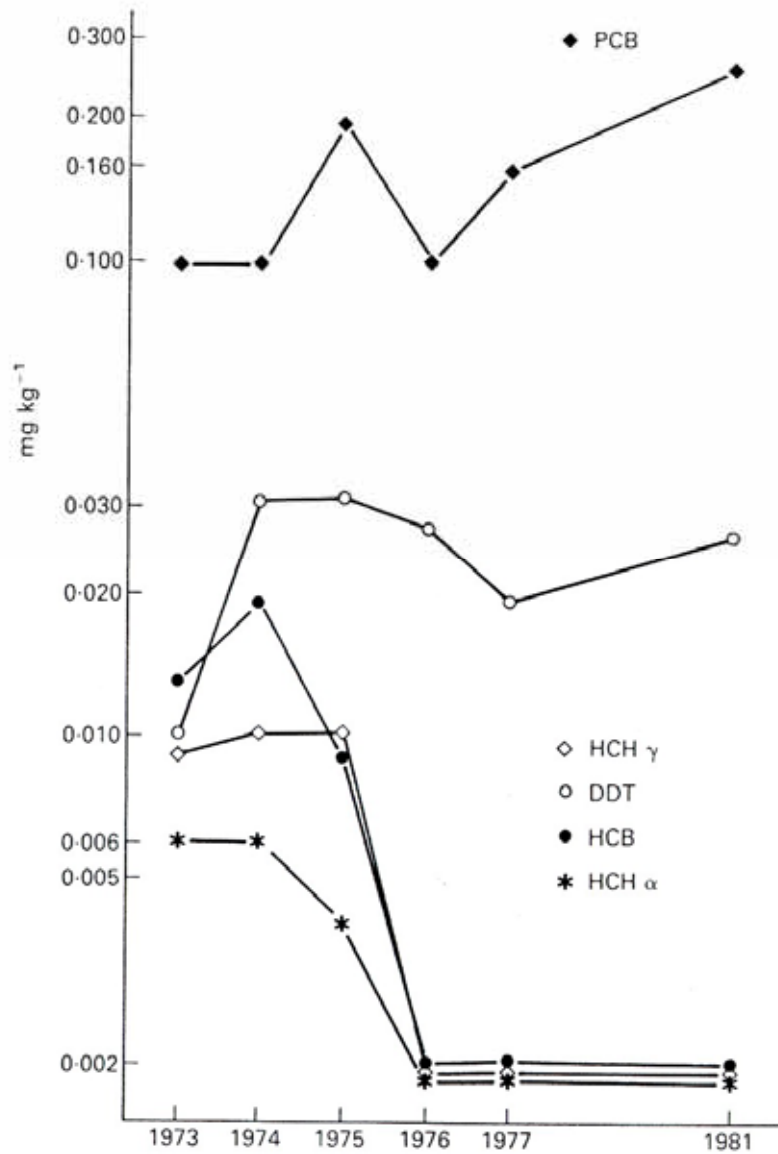
silné, rychle působící  
kontraktní chemikálie  
širokého působení, které ničí  
buněčné membrány

**Diquat**

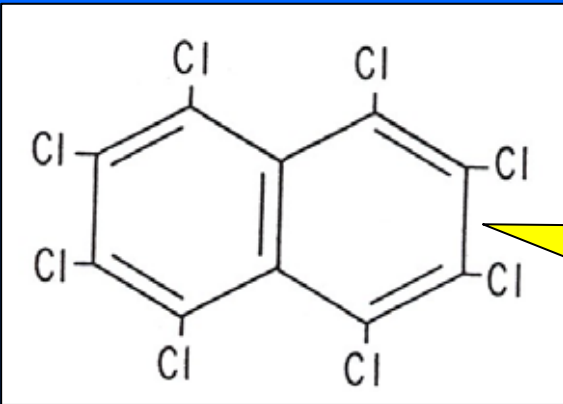


**Paraquat**

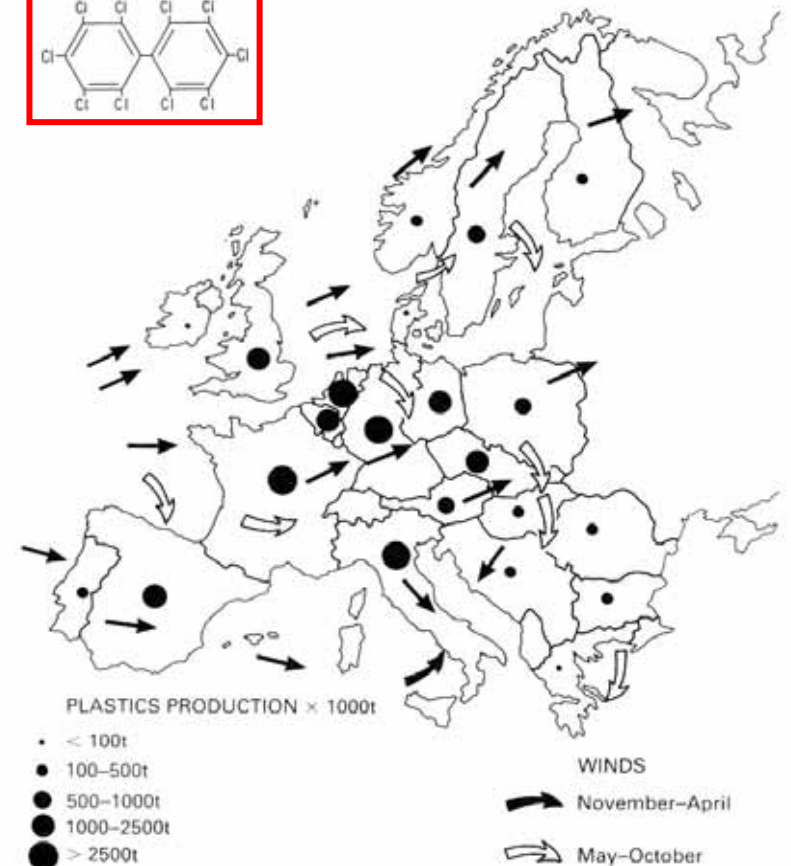
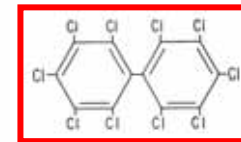




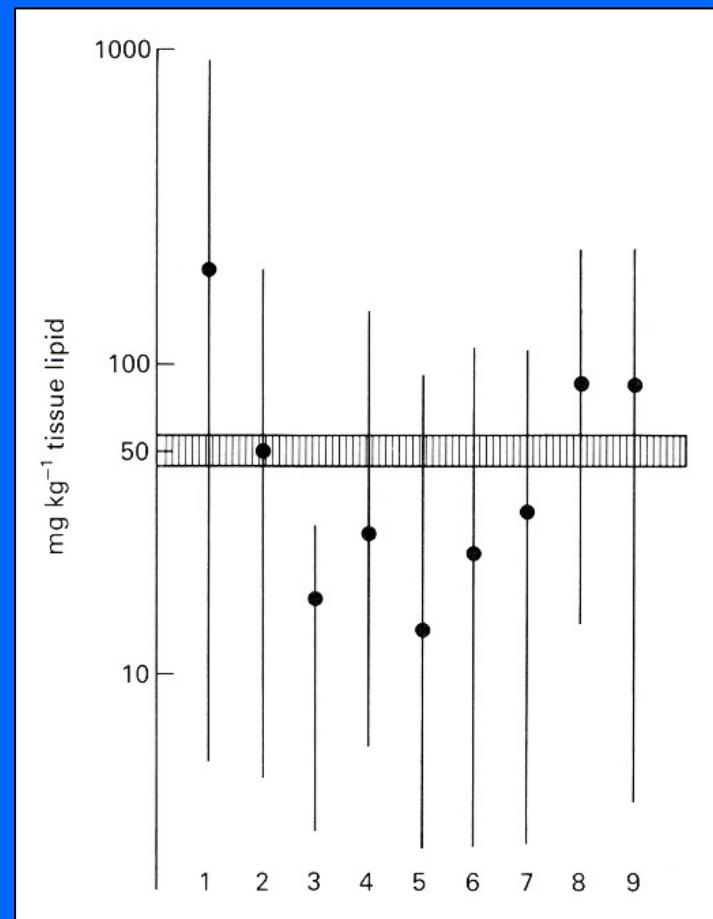
# Polychlorované bifenyly (PCBs)



velká stálost, odolnost vůči vysokým teplotám, dobré tepelné a nízké elektrické vodivosti a malá rozpustnost ve vodě ⇒ široké uplatnění především v elektrotechnice





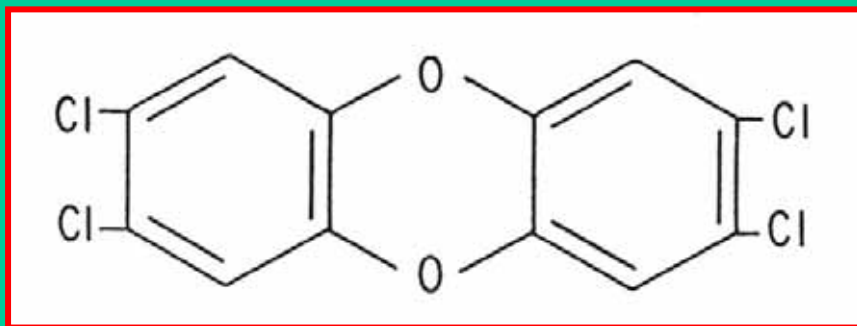


# Polychlorované dibenzo-para-dioxiny (PCDDs) Polychlorované dibenzofurany (PCDFs)

Nikdy se cíleně nevýraběly a průmyslově nevyužívaly, ale vznikaly a stále vznikají jako nežádoucí vedlejší produkty v průmyslových výrobcích, zvláště chemických, hutních a zejména při spalovacích procesech.

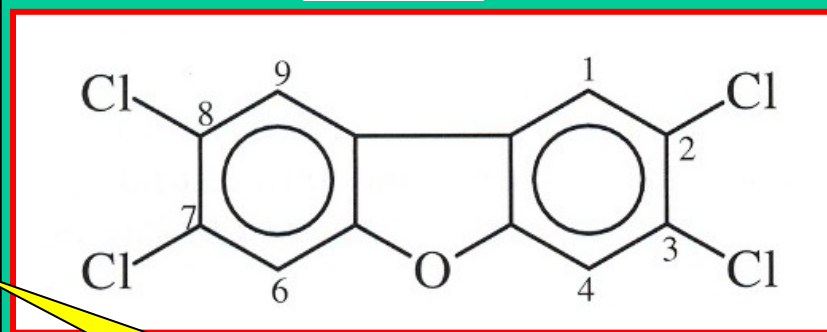
Vysoký bod tání, malá rozpustnost ve vodě, lipofilní charakter

**PCDD**



2,3,7,8 - tetrachlordibenzo-para- dioxin  
(= 2,3,7,8-tetra CDD = TCDD)

**PCDF**

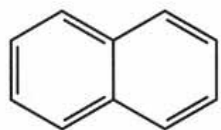


embryotoxické a mutagenní účinky a jsou považovány za karcinogeny

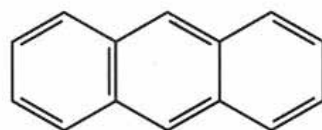
# Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)



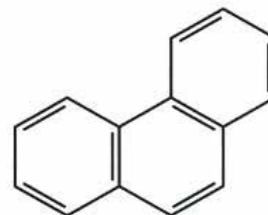
spalování uhlí, koksárenský průmysl, ropné havárie, automobilová doprava



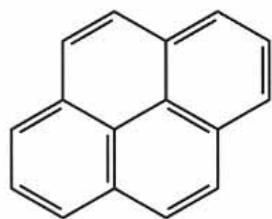
Napthalene



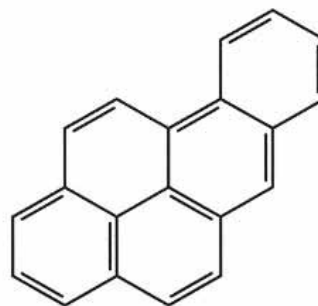
Anthracene



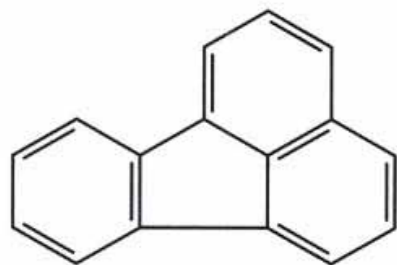
Phenanthrene



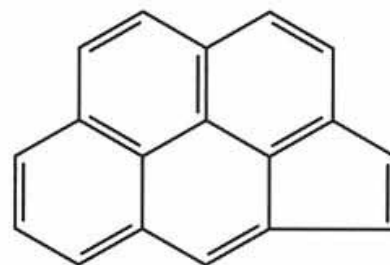
Pyrene



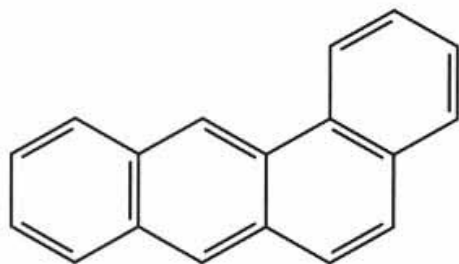
3,4-benzopyrene



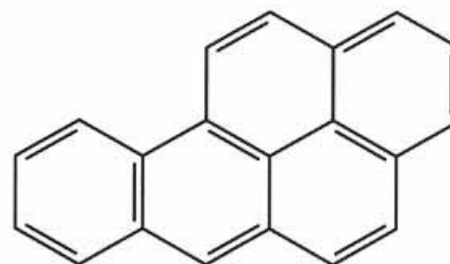
Fluoranthene



Cyclopenta(*cd*)pyrene



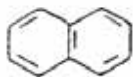
Benz(*a*)anthracene



Benzo(*a*)pyrene

## Vybrané PAU

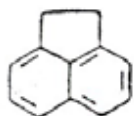
1. Naphthalene



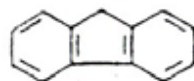
2. Acenaphthylene



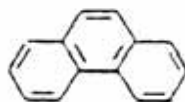
3. Acenaphthene



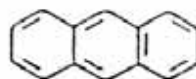
4. Fluorene



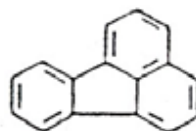
5. Phenanthrene



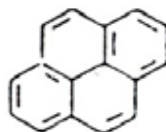
6. Anthracene



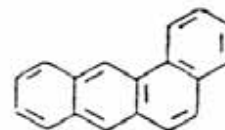
7. Fluoranthene



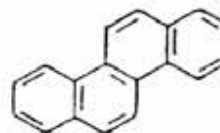
8. Pyrene



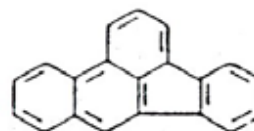
9. Benz(a)anthracene



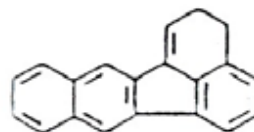
10. Chrysene



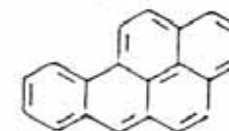
11. Benzo(b)fluoranthene



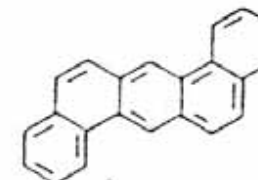
12. Benzo(k)fluoranthene



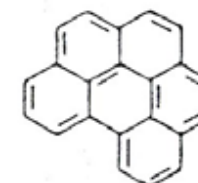
13. Benzo(a)pyrene



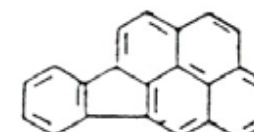
14. Dibenz(a,h)anthracene



15. Benzo(g,h,i)perylene



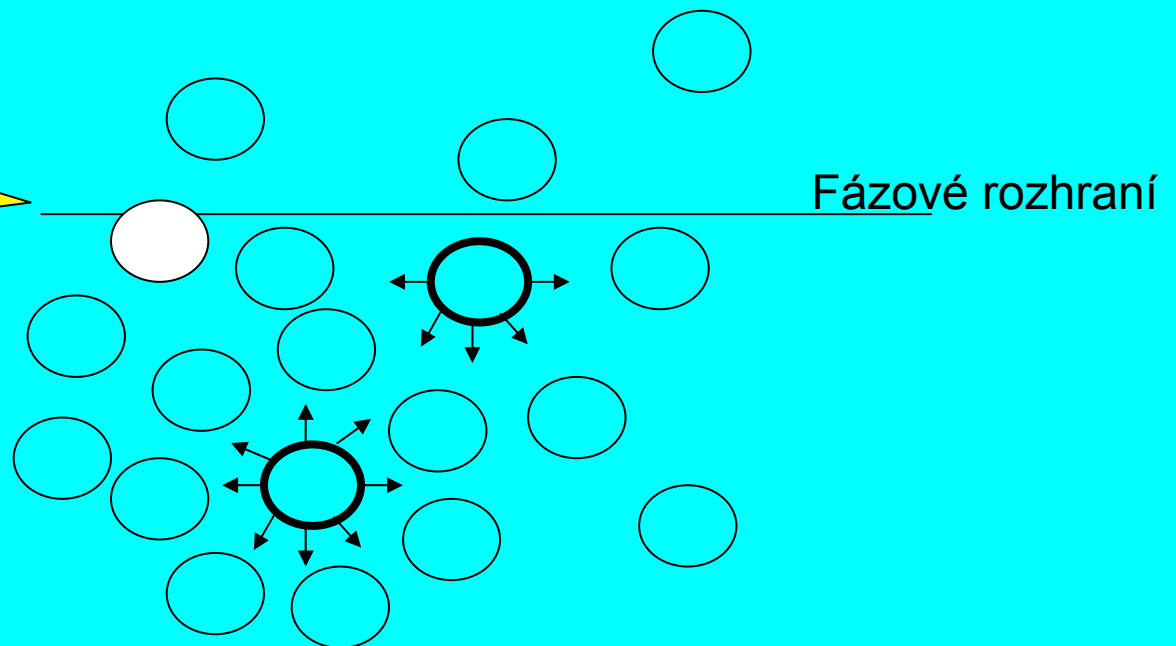
16. Indeno(1,2,3-cd)pyrene



## Povrchově aktivní látky (tenzidy)

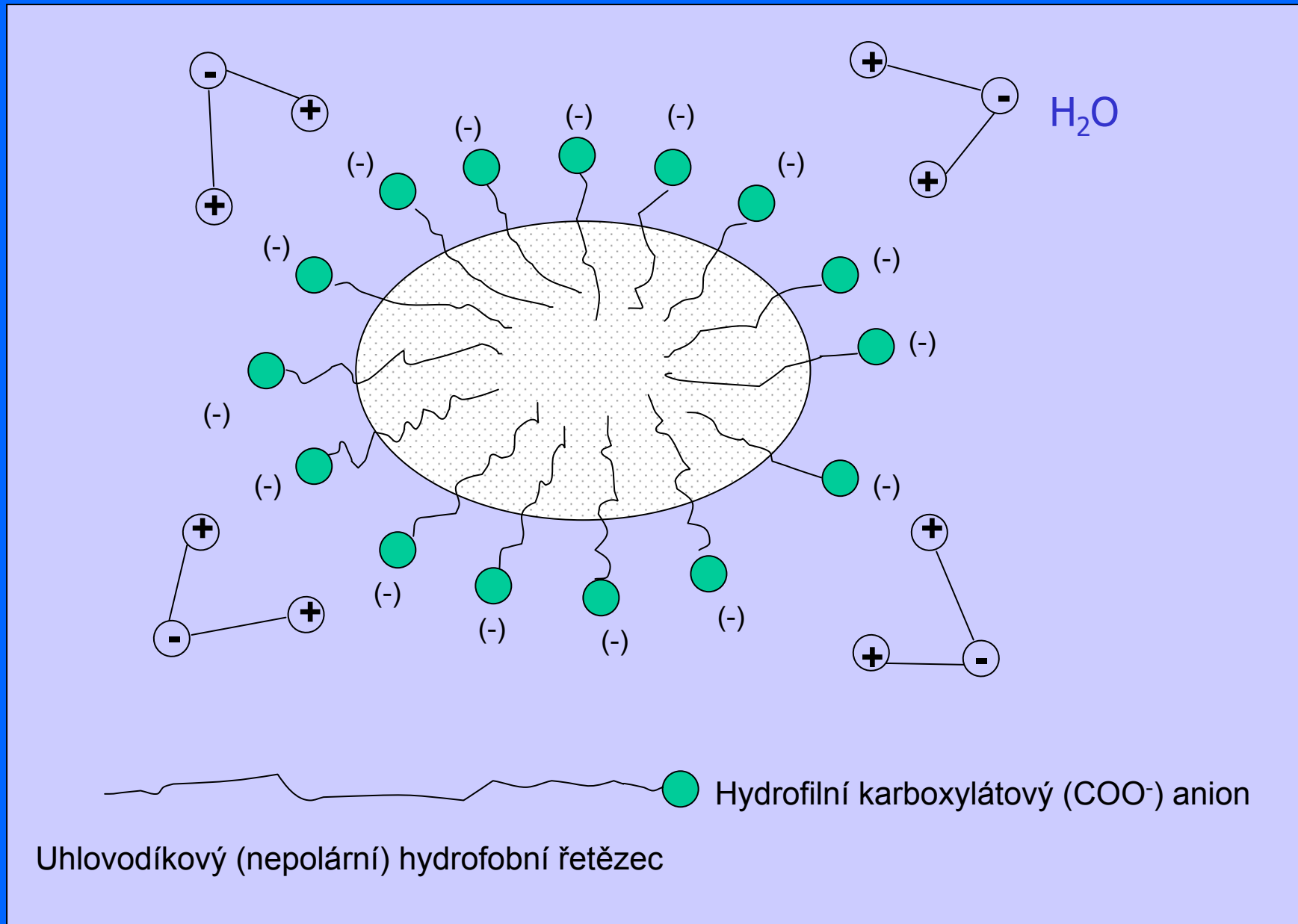
Skupina organických látek, které se již při nízké koncentraci významně hromadí (adsorbují) na fázovém rozhraní a snižují tak mezifázovou, resp. povrchovou energii.

### Působení mezimolekulových sil v kapalině



Výsledkem je vznik fázového rozhraní – pevné blanky na povrchu

# Struktura a působení molekuly tenzidu

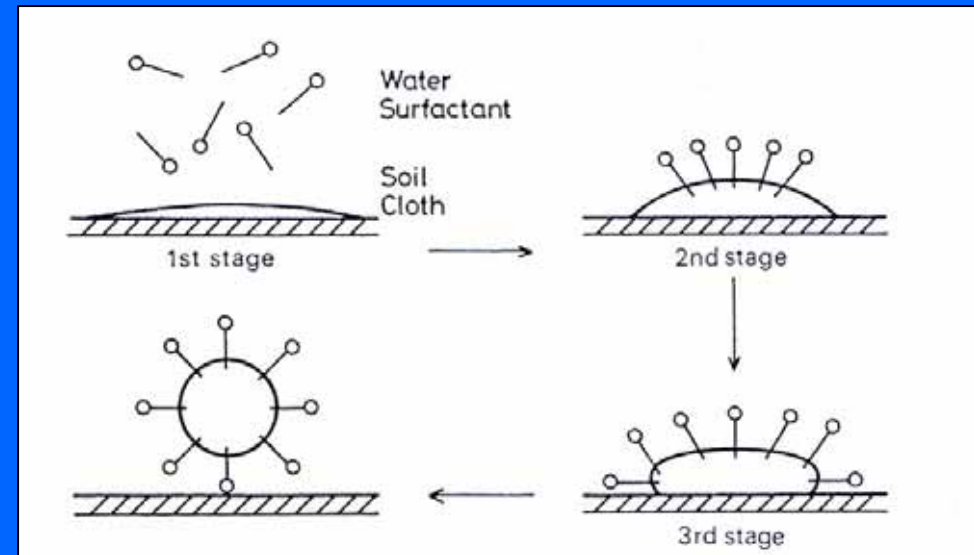




## Detergenty

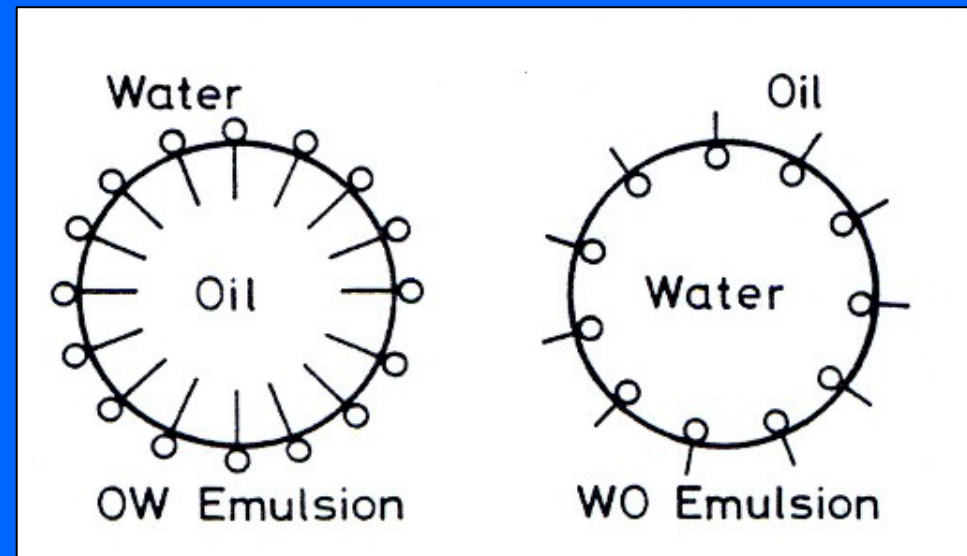
přípravky na praní a čištění, které obsahují jeden nebo více tenzidů a další přísady, které zvyšují účinnost směsi.

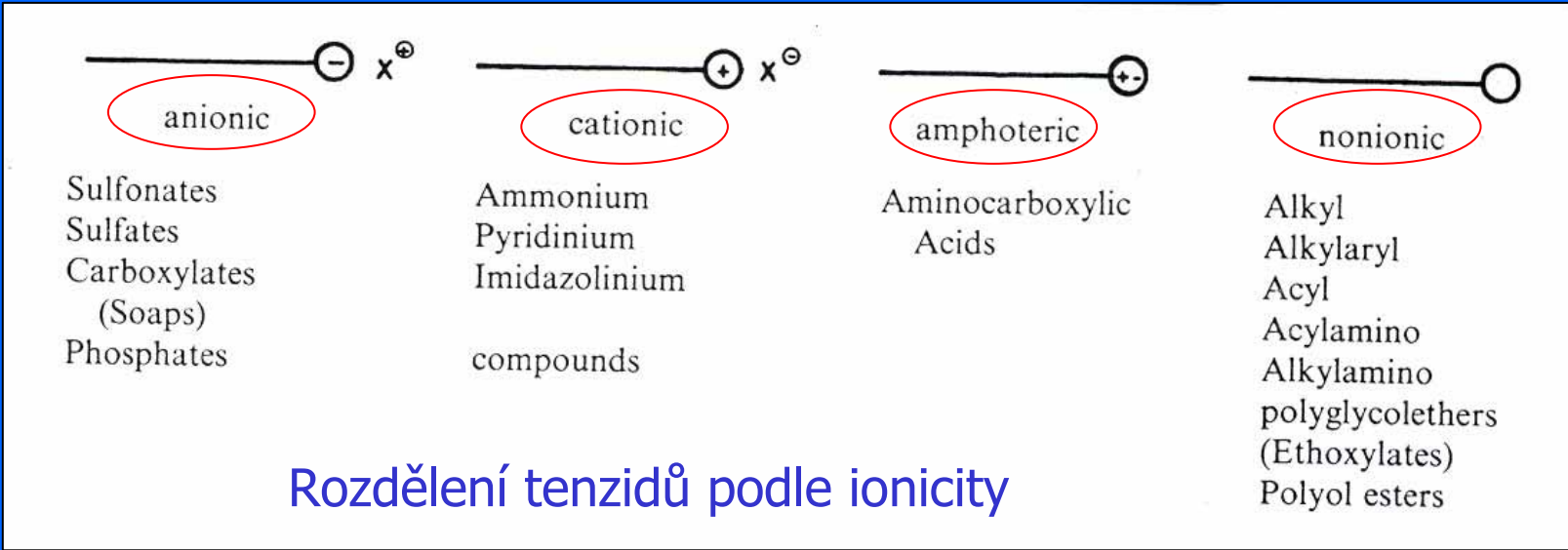
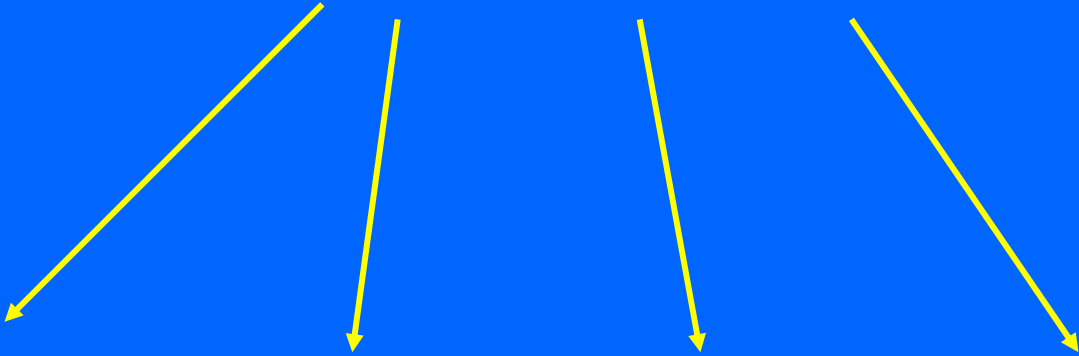
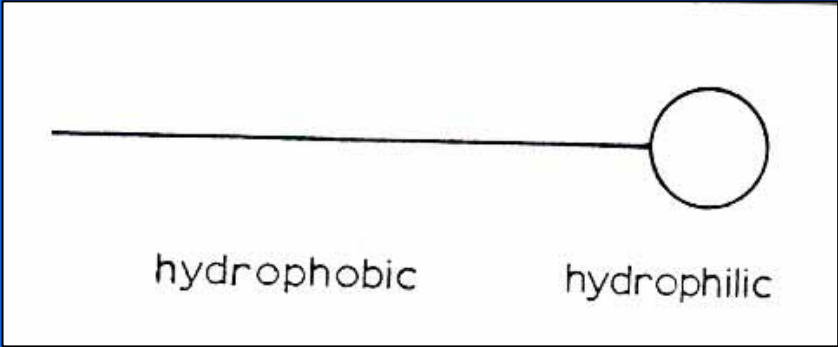
Přísady se dělí na: (i) aktivační přísady; (ii) pomocné přísady; (iii) plnicí přísady (plnidla).



## Detergence

proces odstraňující z tuhého povrchu tuhé i kapalné částičky hmoty kombinovaným využitím mechanické práce a účinku tenzidu (praní a čištění).





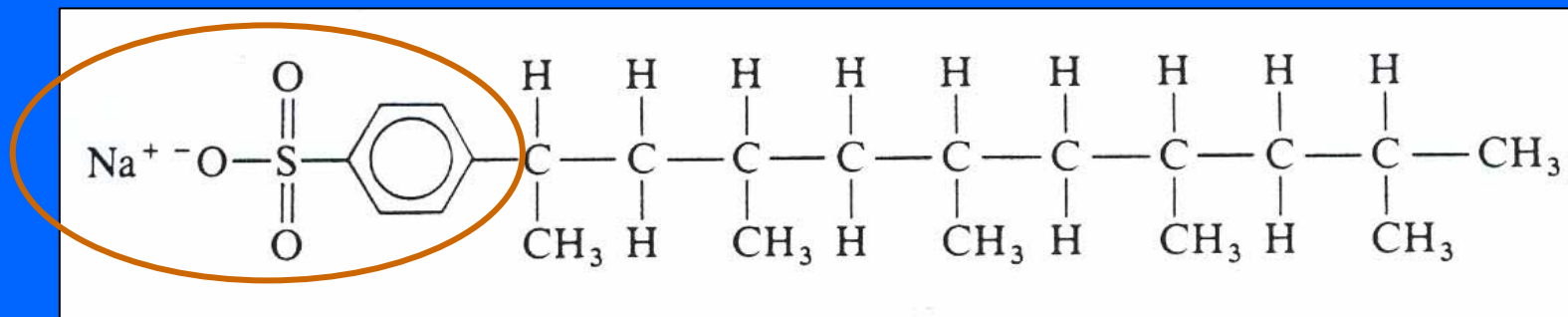


Aniontový tenzid

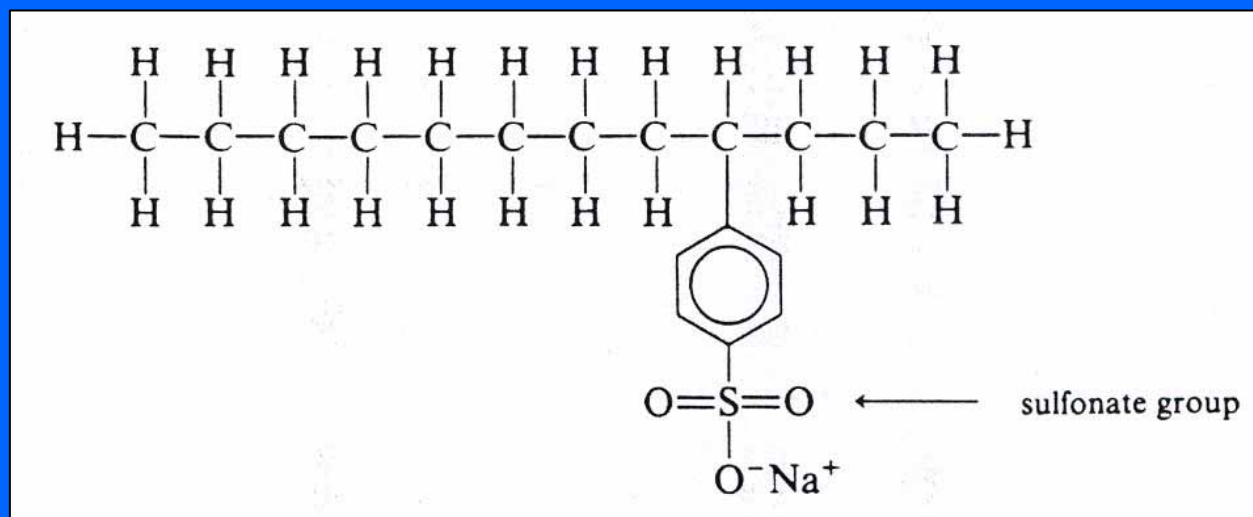


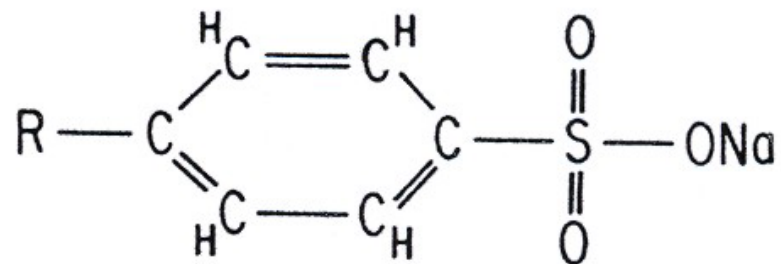
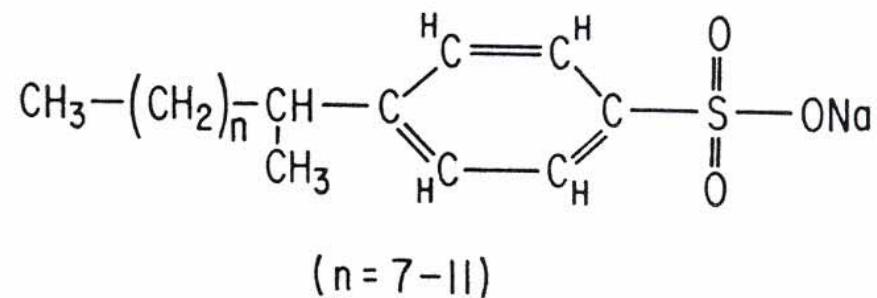
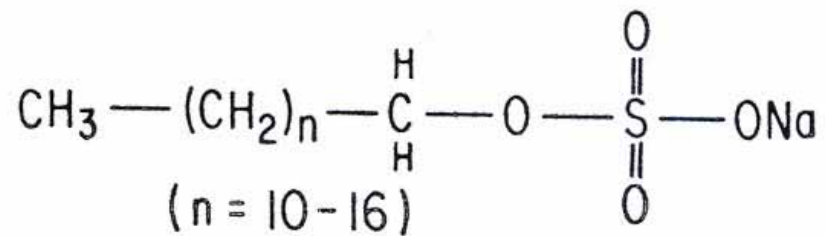
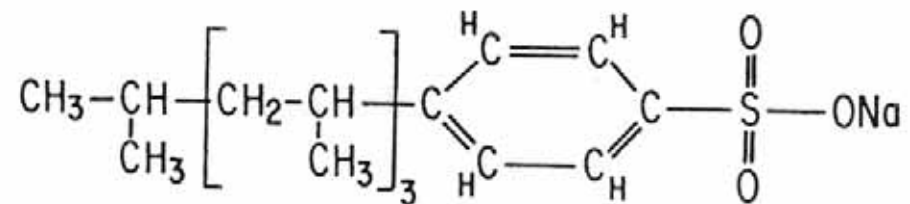
Kationtové tenzidy  
– baktericidní účinek

## Lineární alkyl sulfonát (LAS)



## Rozvětvený alkyl sulfonát





## Vlivy tenzidů na hydrosféru



Pro živou přírodu jsou všechny tenzidy biologicky aktivními látkami, neboť svými povrchovými efekty ovlivňují děje na membránách buněk.

pěnění

zhoršení rozpuštění kyslíku  
(snížení intenzity reaerace)

1. Biodegradabilita

2. Toxicita

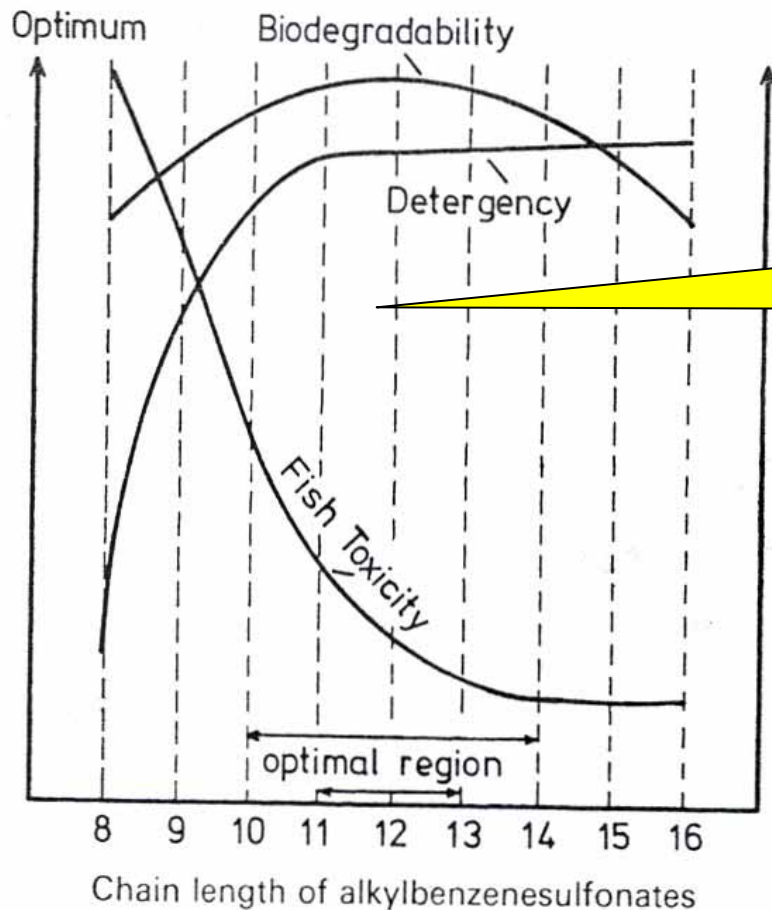
3. Eutrofizace

Měkké tenzidy – rozklad > 90 % během 14 dní  
Obdouratelné – rozklad 35-90 % během 14 dní  
Tvrdé tenzidy - < 35 % během 14 dní

Zejména kationtové tenzidy (baktericidní a bakteriostatické)

Polyfosforečnany detergentů (35-40 %)

## Biodegradabilita anionických tenzidů



Se zvyšujícím se počtem uhlíků řetězce klesá biodegradabilita a roste toxicita

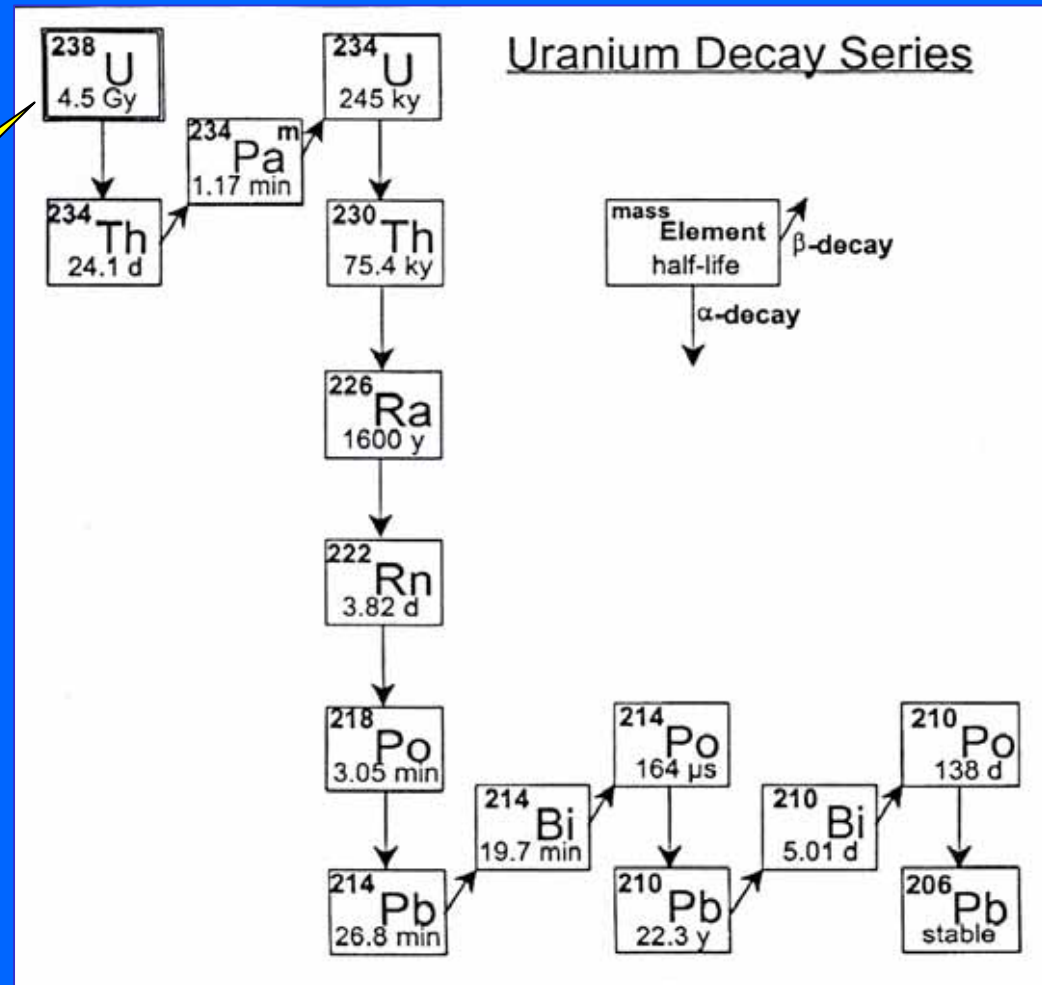
Odbourávání tenzidů probíhá snadno, jestliže jejich struktura obsahuje lineární, nerozvětvený a nesubstituovaný uhlovodíkový řetězec. U neionických tenzidů na bázi polyethylenoxidu klesá rychlost odbourávání tím více, čím je větší polymerační stupeň molekul.



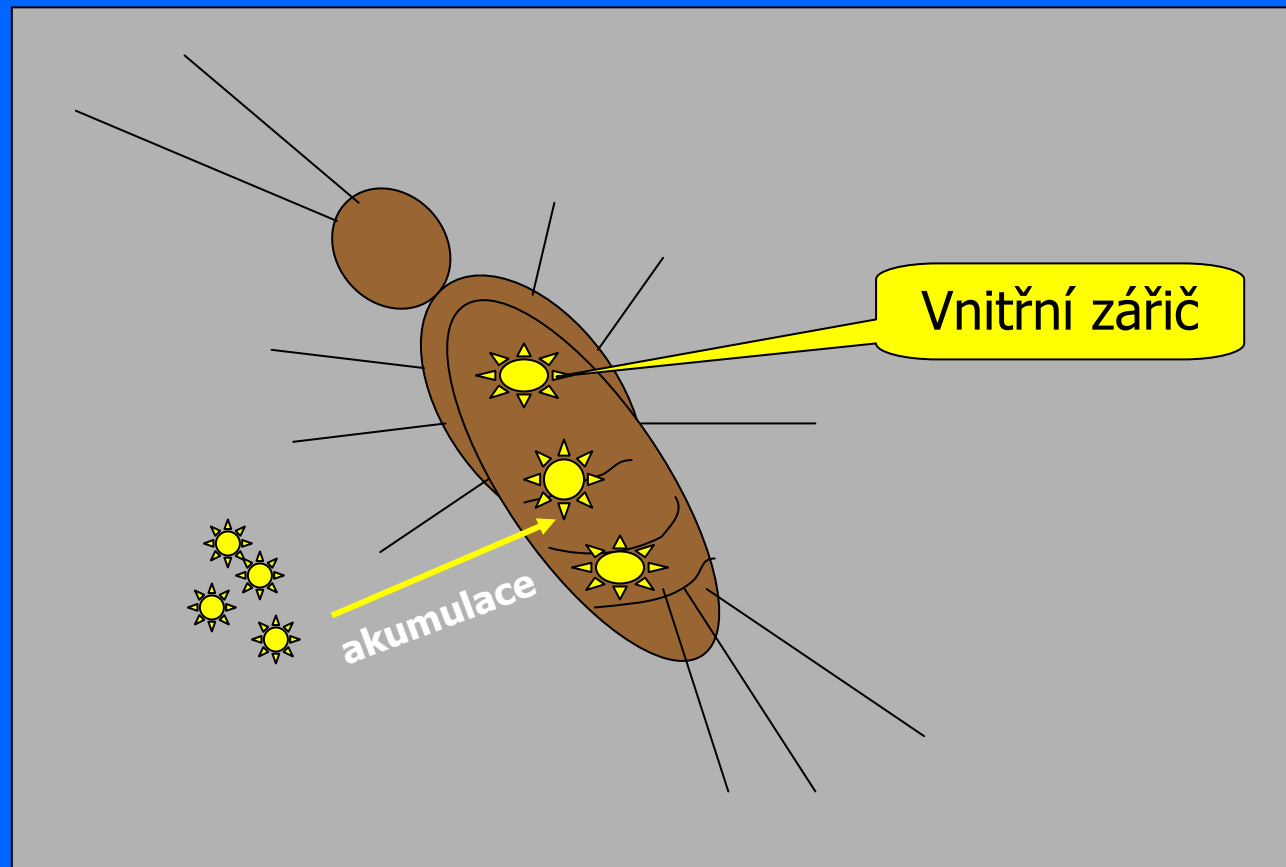
# Radionuklidy

Radionuklidy (radioaktivní izotopy) jsou produktem rozpadu těžkých jader, jako např. uranu či plutonia, nebo vznikají reakcí neutronů se stabilním jádrem

Rozpadová řada uranu ( $^{238}\text{U}$ )

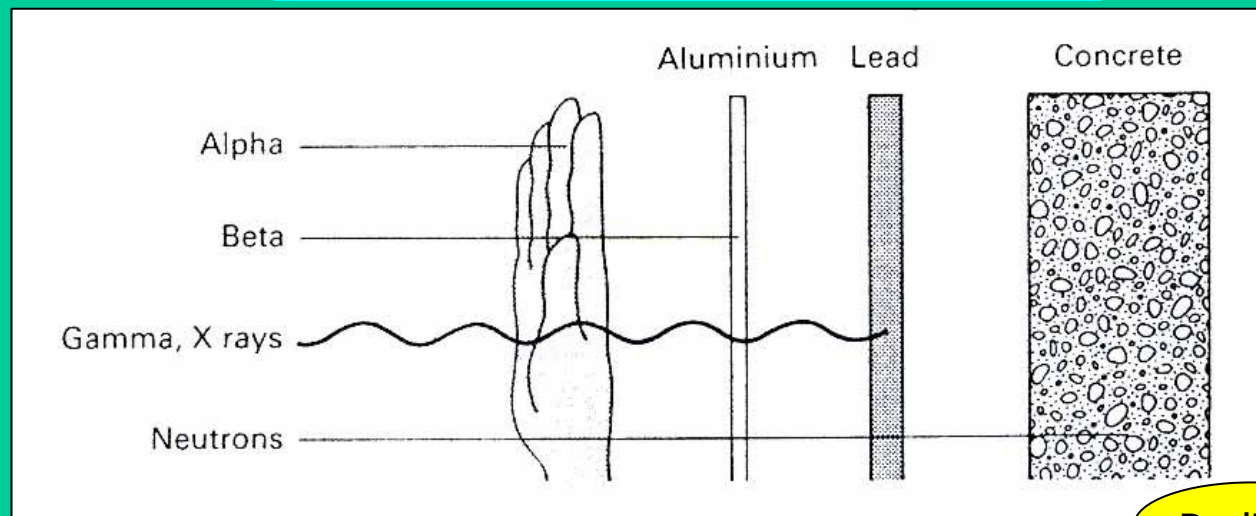


V důsledku bioakumulace vodními živočichy působí radionuklidy jako tzv. *vnitřní zářiče*.



Maximální kumulační faktory některých radionuklidů mohou u vodních živočichů dosahovat za vhodných podmínek někdy až hodnot  $10^4$ . Při přemístění vodních živočichů kontaminovaných radionuklidy do neaktivní vody dochází k jejich dekontaminaci.

## Působení jednotlivých typů záření



Radionuklidy se liší od ostatních nuklidů tím, že emitují (vyzařují) ionizační záření – alfa částice, beta částice a gama paprsky

**Záření alfa** - malá schopnost pronikat materiály. Hlavní nebezpečí představuje možnost vnitřní kontaminace (zamoření) organismu zářiči alfa.

**Záření beta** - emitováno při jaderných přeměnách nestabilních produktů štěpení ve stabilní. Jeho nebezpečí spočívá rovněž v možnosti vnitřní kontaminace zářiči beta. Má sice větší dolet ve vzduchu než záření alfa, ale schopnost pronikat materiály je rovněž malá. Energie částic beta je nižší než energie částic alfa.

**Záření gama** - velká schopnost pronikat materiály a ionizovat jejich atomy. Fotony, kvanta záření gama jsou emitovány jádru atomů při jejich přeměnách. Nejvýznamnější druh záření jaderného výbuchu.

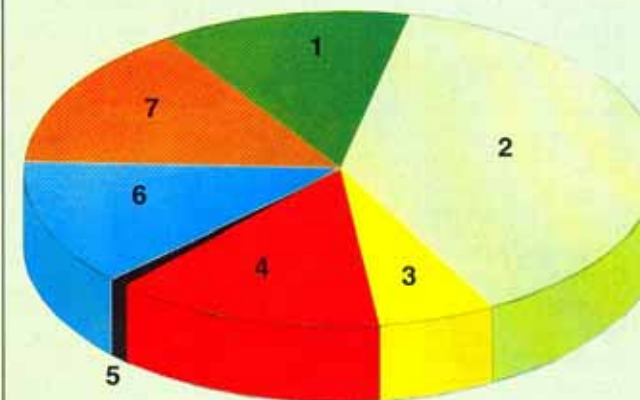
## Podíl radice z různých zdrojů obdržených průměrným obyvatelem Británie

Zdroj	%
Kosmické záření z prostoru	10.0
Terestrické gamma záření ze skal a půdy	14.0
Radon a thorium jako plyny uvnitř staveb	52.0
Potrava a nápoje akumulované v tkáních	12.0
Medicína, zejména X paprsky	11.4
Různé	0.6
Jaderný průmysl	0.004

## Radionuklidy mající biologický význam

Nuklid	Poločas rozpadu	Biologický účinek
$^3\text{H}$	12.4 roků	Asimilován do těl ve vodě
$^{14}\text{C}$	5730 roků	Prochází potravním řetězcem
$^{32}\text{P}$	14.3 dní	Koncentrován v kostech
$^{40}\text{K}$	$1.3 \times 10^9$ roků	V různých částech těla
$^{90}\text{Sr}$	28.9 roků	Koncentrován v kostech
$^{131}\text{I}$	8.1 dní	Koncentrován ve štítné žláze
$^{137}\text{Cs}$	30.2 roků	V různých částech těla
$^{226}\text{Ra}$	1622 roků	Koncentrován v kostech
$^{238}\text{U}$	$4.5 \times 10^9$ roků	Koncentrován v plicích a ledvinách

Světová střední dávka z radiačních zdrojů - celkem 2,8 mSv za rok (podle Radiation Atlas, Commission of the European Communities)



1 - vnitřní zdroje, 2 - Radon Rn 222, 3 - Thoron Rn 220, 4 - umělé zdroje, 5 - ostatní, 6 - kosmické záření, 7 - záření z hornin zemského povrchu

Protože stanovení jednotlivých radionuklidů je poměrně náročné, stanovuje se ve vodách především **celková objemová aktivita  $\alpha$  a celková objemová aktivita  $\beta$** , které do určité míry vystihují celkovou koncentraci radionuklidů. **Celková objemová aktivita alfa ( $a_\alpha$ ) je ukazatelem možného obsahu radionuklidů s přeměnou alfa.** Vzhledem k tomu, že umělé radionuklidy nejsou  $\alpha$ -zářiči, **je objemová aktivita alfa způsobena přírodními radionuklidy.** **Celková objemová aktivita beta ( $a_\beta$ ) je ukazatelem možného obsahu radionuklidů s přeměnou beta.** Vyjadřuje se součinem objemové aktivity izotopu  $^{40}\text{K}$  **přírodního draslíku a zastoupením jeho přeměny beta s emisí elektronů, který poskytuje stejnou odezvu jako měřený vzorek v  $\text{Bq.l}^{-1}$  (Pitter 2000).**

## Kumulace radionuklidů vodními živočichy

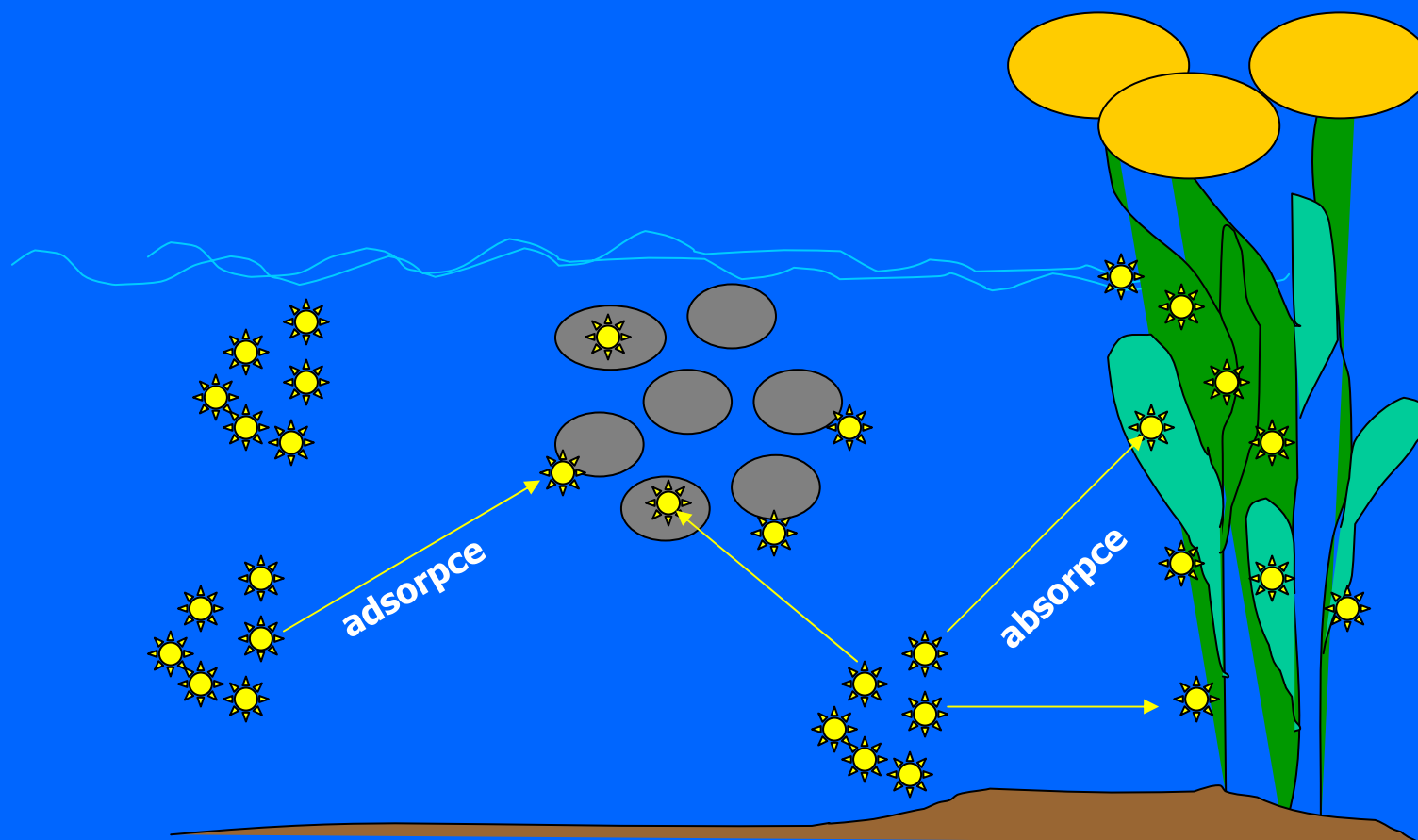
- 1. Vodní živočichové menších rozměrů, kteří mají poměrně větší tělesný povrch, hromadí radioaktivní látky rychleji než organismy větších objemových rozměrů.**
- Radioizotopy biogenních prvků jsou asimilovány mnohem rychleji než jiné prvky. Vyskytující se stabilní izotopy téhož prvku nebo přítomného chemicky podobného prvku mohou silně ovlivnit efekt kumulace. Např. běžný biogenní prvek vápník je svými vlastnostmi blízký oligobiogennímu stronciu. **Zvýšení koncentrace neradioaktivního vápníku ve vodě vede ke snížení kumulace  $^{90}\text{Sr}$  nebo  $^{45}\text{Ca}$  vodními živočichy .**

Při akumulaci radionuklidů hrají roli některé procesy, které je potřeba znát:

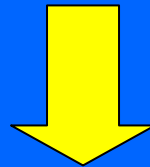
1) **způsob příjmu** - adsorpce, absorpce a asimilace; 2) **retence**, která je funkcí biochemie částic, místo depozice, doba obratu a poločas rozpadu; 3) **způsob eliminace** - iontová výměna, difúze a defekace



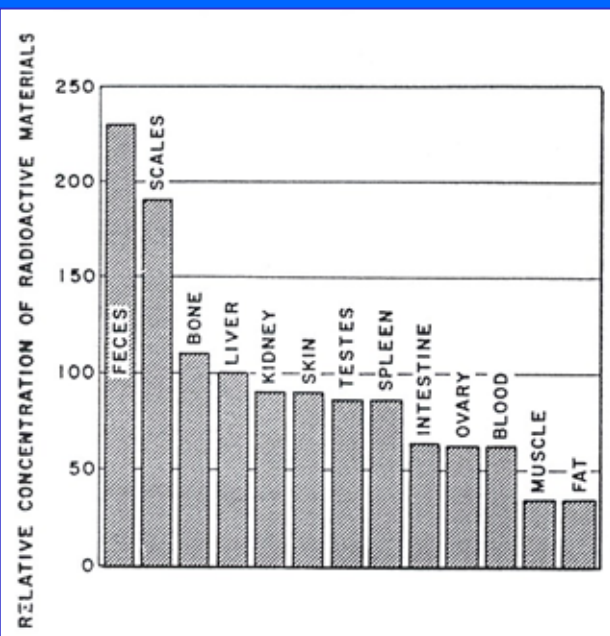
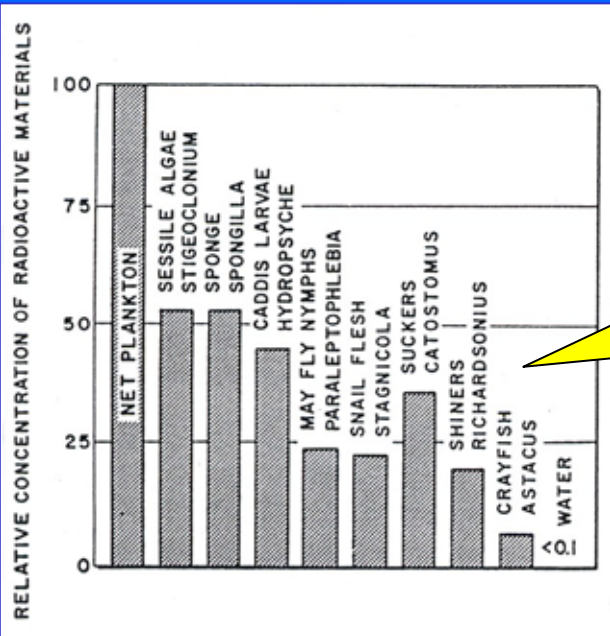
**Adsorpce** s **absorpcí** jsou primárními mechanismy, kterými se anorganický materiál dostává do vodních rostlin a fytoplanktonu, které jsou dále potravním zdrojem pro živočichy. Adsorpce je téměř okamžitá, zatímco absorpce dosahuje u řasových buněk a cévnatých rostlin ekvilibria po několika hodinách.



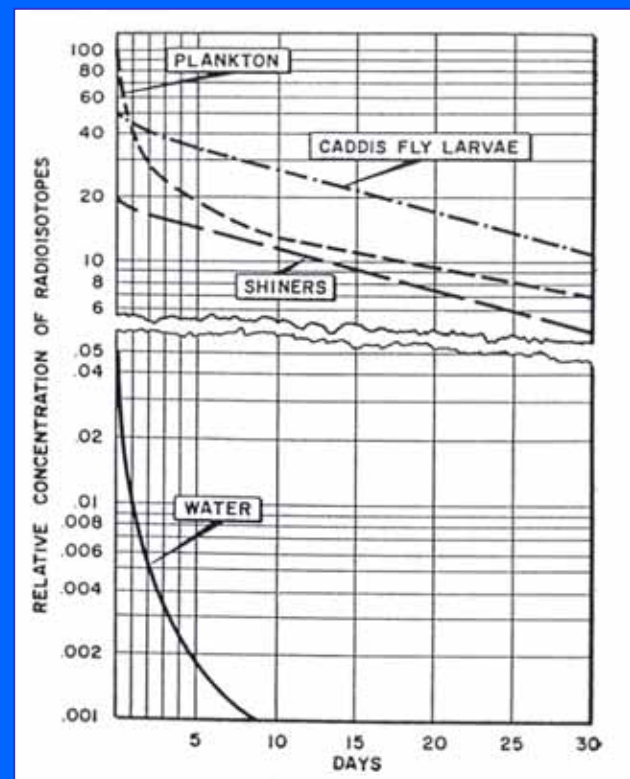
Fytoplankton (rozsivky) v Columbia River pod JE Hanford dosahoval ekvilibria již po 1 hodině, naopak u ryb z řeky Columbia sorpce měla mnohem menší význam pro příjem radioaktivního materiálu než ingesce potravy. Asimilace přijatého materiálu je hlavní cestou, kterou se většina radioaktivního materiálu kumuluje v organismech vyšších trofických stupňů.



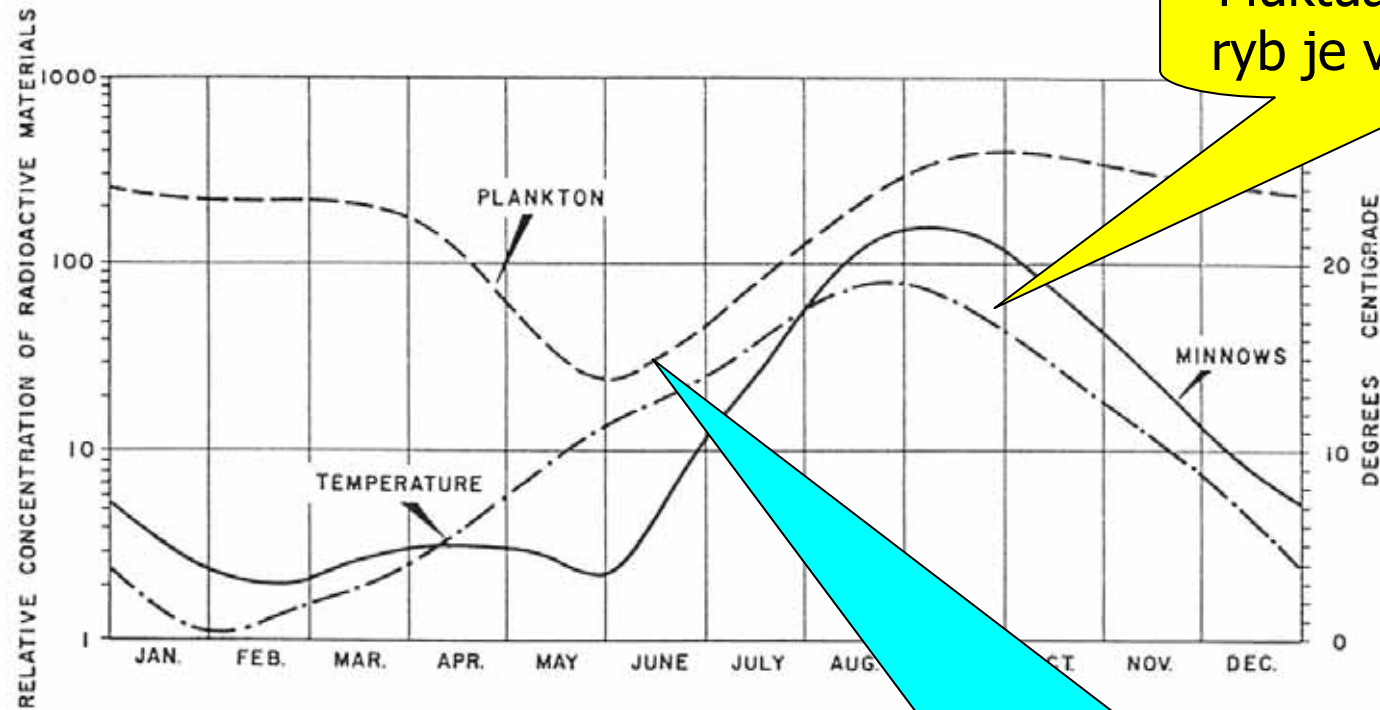
Význam potravy při akumulaci radioizotopů ve vodních organismech byl zjevný u vzorků z řeky Columbia:  
Ryby odchycené v řece pod výpustí z reaktorů byly cca 100 radioaktivnější než ryby chované v laboratoři při stejné koncentraci radionuklidů, ale krmených nekontaminovanou potravou. Bentické organismy, zejména herbivorní larvy hmyzu byly někdy více radioaktivní než ryby.



Nejvíce radioaktivních látek je v organismech primární trofické úrovně; v tekoucích vodách se bude specifická aktivita radioizotopů snižovat podél trofického řetězce.



## Sezónní kolísání radioaktivity v rozsivkách a rybách (*Richardsonius balteatus*) v Columbia River



Fluktuace v radioaktivitě ryb je v relaci s teplotou.

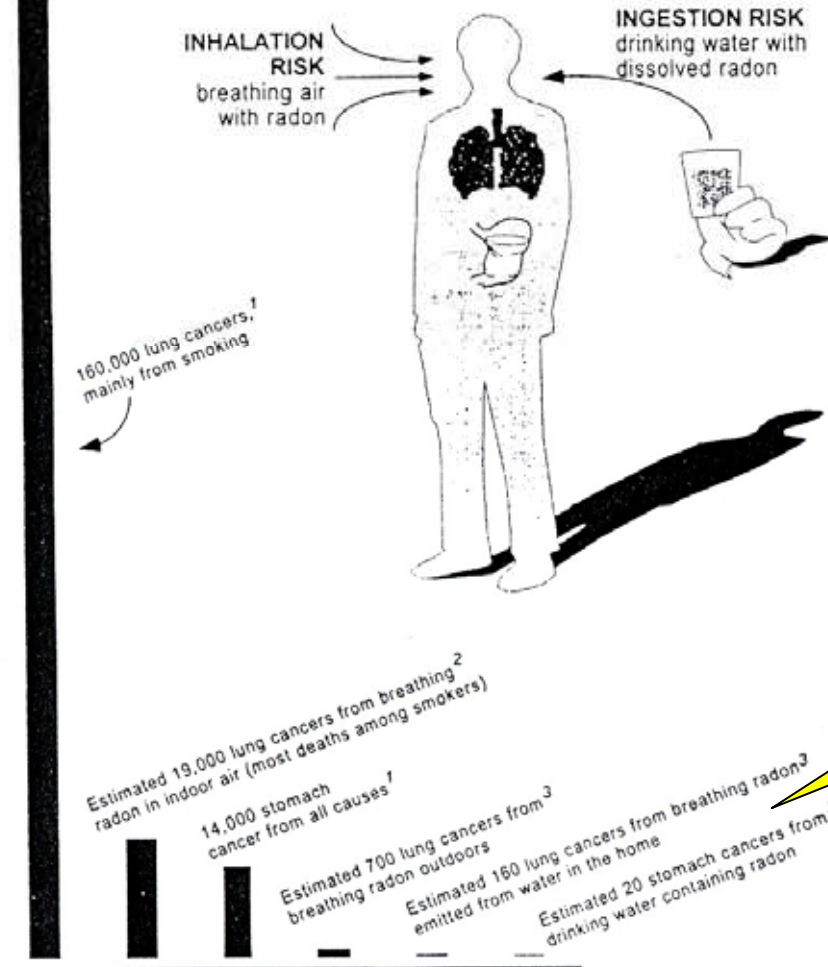
Většina vodních živočichů je poikilotermních, jejich metabolická rychlost a tedy i žrací rychlost se mění s kolísáním teploty vody a tedy sezónně. U těch organismů, které kumulují radioaktivní látky principiálně ingescí, koncentrace akumulovaných radiozotopů proto kolísá s rychlostí metabolismu.

Fluktuace radioaktivity u planktonu je podobná jako v řece, protože radioizotopy jsou přijímány přímou absorpcí a adsorpcí.

## RADON (Rn) v pitné vodě

### COMPARISON OF LUNG AND STOMACH CANCER FATALITIES IN THE UNITED STATES IN 1998

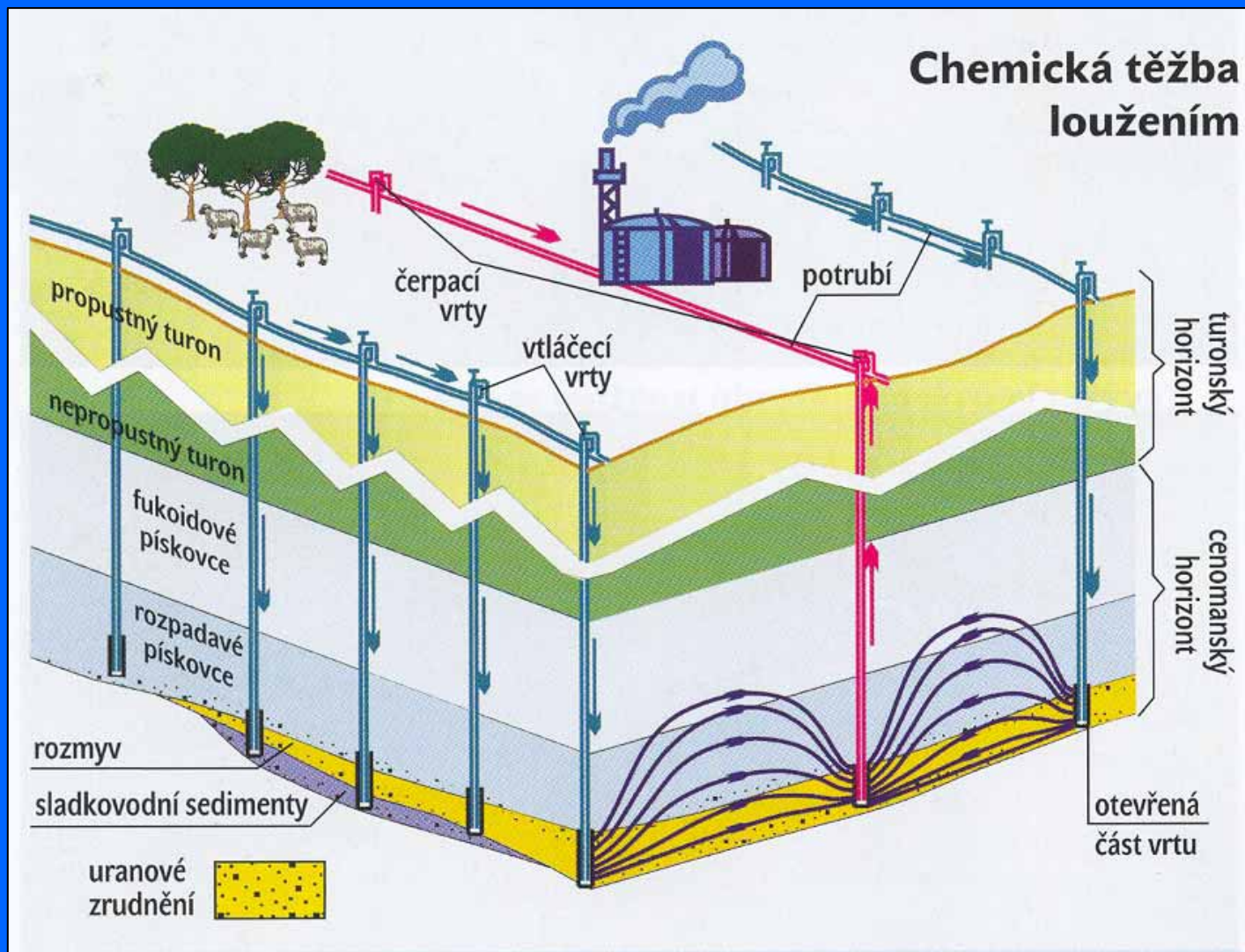
CANCER RISK DUE TO RADON RESULTS FROM INHALATION OF AIR AND INGESTION OF WATER



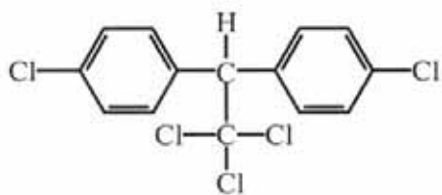
Nebezpečí radioaktivní kontaminace organismu inhalací či konzumací pitné vody obsahující radon je ve srovnání s kouřením zanedbatelné



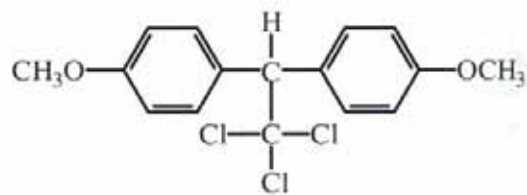
# Chemická těžba loužením



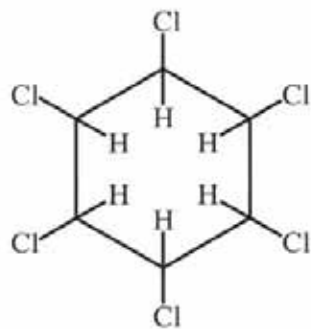




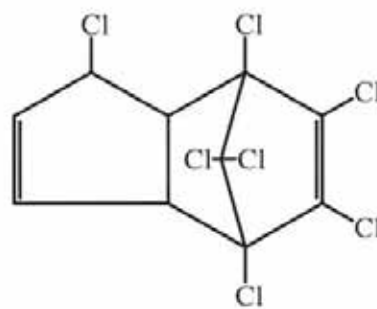
DDT



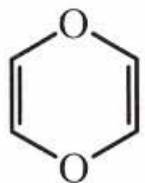
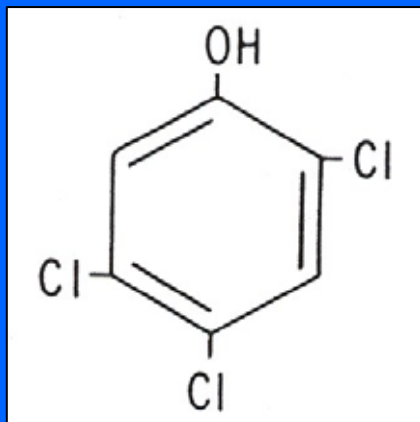
Methoxychlor



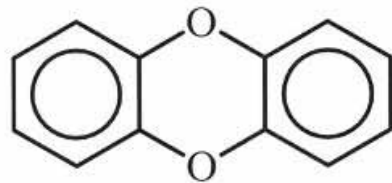
1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane (Lindane)



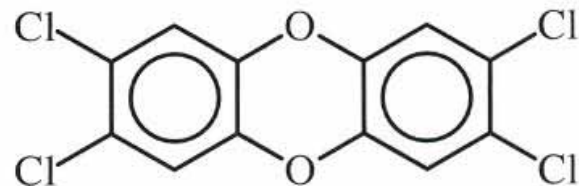
Heptachlor



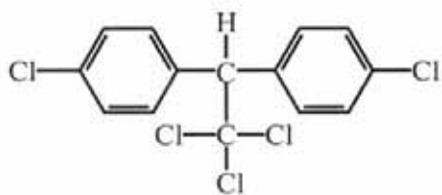
1,4-dioxin



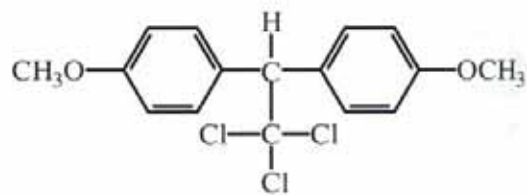
Dibenzo-*p*-dioxin



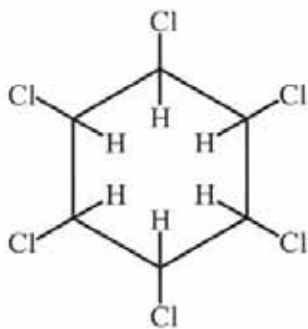
2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin  
(TCDD)



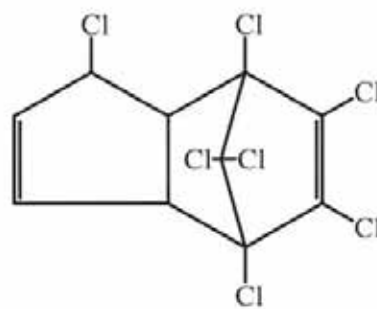
DDT



Methoxychlor



1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane (Lindane)



Heptachlor

