



Centrum pro výzkum  
toxických látek  
v prostředí

# Přehled hlavních skupin látek a jejich účinků

Luděk Bláha, PŘF MU

## **Doporučení:**

*Studovat spolu s prezentací  
„2-Chemické\_stresory“  
(zdroje, typy kontaminantů)*

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Stres v důsledku antropogenních činností

- **Různorodé vlivy člověka na prostředí** → vyvolání stresu:  
(chemický stres je jen jedním řady faktorů)

## 1) fyzické změny prostředí / habitatu

- *úpravy vodních toků, stavby vodních děl; stavby – železniční tratě, silnice, obytné a průmyslové objekty; změny užívání půdy – přírodní, zemědělská, průmyslová, obytná ...*



## 2) vnášení "nových" organismů (GMO)



# Stres v důsledku antropogenních činností

- **Vlivy člověka na prostředí** → vyvolání stresu:

## 3) Chemický stres:

3.1 - uvolňování cizorodých látek

3.2 - změny (koncentrací) poměrů přírodních látek

- uvolňovány mohou být čisté látky (pesticidy) nebo směsi (průmyslové výrobky, odpady ...); **v přírodě se však VŽDY vyskytují SMĚSI**
- výsledky a důsledky přítomnosti antropogenních látek
  - **globální změny** (*recyklace vody a hmoty, atmosféra*)
    - » změny dopadajícího UV záření (*ozonová díra - freony*); *skleníkový efekt* ( $\text{CO}_2$  a další), *změny hydrologických poměrů ...*
  - **změny v přírodních ekosystémech** + *sekundární efekty* (*toxické produkty*)
    - » *eutrofizace* (*anorganické živiny, N + P*)
  - **přímá toxicita** *pro živé organismy a její důsledky*



# Člověk uvolňuje látky do prostředí

- **JAK** člověk uvolňuje látky do prostředí ?
  - **záměrné vnášení toxických** látek přímo do prostředí
    - pesticidy (*insekticidy, herbicidy, fungicidy, rodenticidy ...*)
  - jiné **vstupy čistých látek** do prostředí
    - léčiva humánní a veterinární (*antibiotika – přímá toxicita pro mikroorganismy, další látky – toxické efekty podle typu účinku*)
  - průmyslové **výrobky**, jejich součásti, vedlejší produkty výroby
    - kovy, plasty, ropa, stavby, elektronika, barvení, bělení, průmyslové plyny ....
  - **odpady**
    - průmyslové, komunální, speciální (*nemocnice*) odpadní vody, pevný odpad
  - produkty **spalování**
    - spalování odpadů, doprava, výroba energie a tepla
  - zemědělská **hnojiva**
    - zvyšování kvality půdy -> vedlejší efekty -> eutrofizace vod



# JAKÉ látky člověk uvolňuje do prostředí ?

*Existuje řada třídění a skupin – přehled pro tuto přednášku*

- anorganické plyny
- kovy
- průmyslové kyseliny
  
- nutrienty (živiny, anorganická hnojiva)
- jednoduché organické (degradabilní, komunální, fekální) znečištění
  
- komunální chemie – detergenty, mýdla, změkčovadla vody, bělení ...
- nehalogenovaná rozpouštědla
- halogenované alifatické uhlovodíky
- látky průmyslu gumy a plastů
- persistentní organické látky (POPs), halogenované [produkty průmyslu (PCBs, PBBs) a vedlejší produkty (PCDD/Fs, PBDD/Fs)]
- pesticidy [insekticidy – nehalogenované vs. halogenované (*patří mezi POPs*), herbicidy]
- farmaka, léčiva
  
- PAHs – polycyklické aromatické uhlovodíky



# Významné skupiny environmentálních polutantů

*Zdroje, Příklady, Efekty*

## A) Jednoduché anorganické látky



# (Anorganické) plynné polutanty

## Příklady

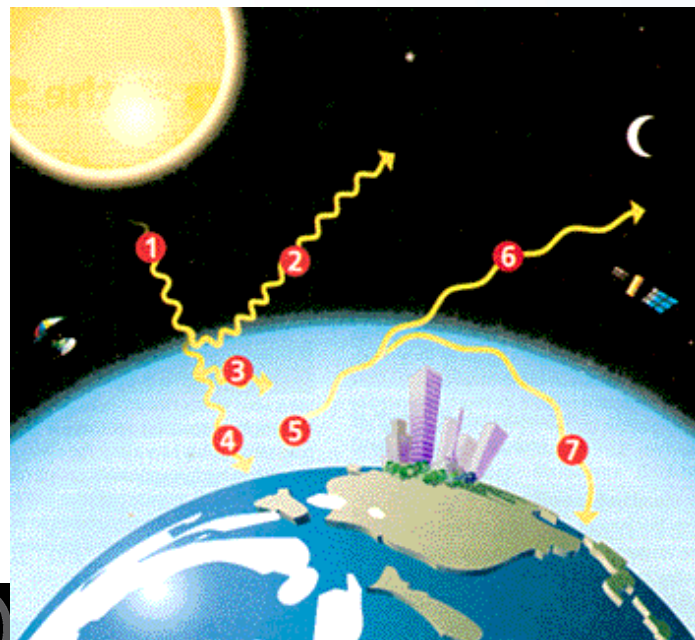
SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, CO, CO<sub>2</sub>,  
X<sub>2</sub> (Cl<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>), NH<sub>3</sub>

## Zdroje

Bodové - průmysl, chemické  
provozy spalovny, teplárny

Plošné - domácí topeniště

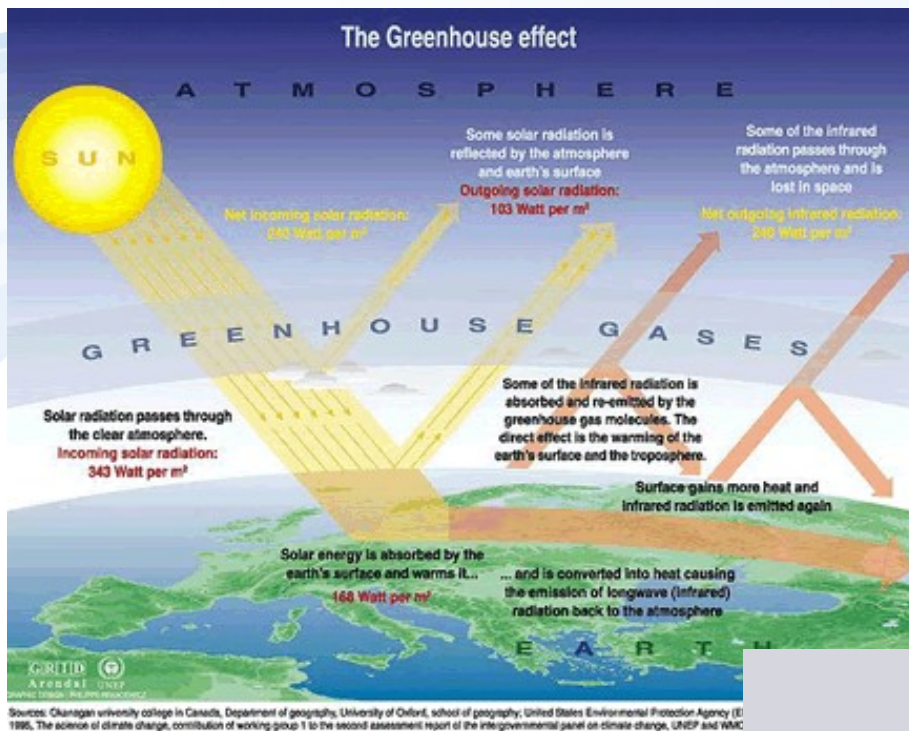
Liniové - dopravní spoje, dálnice



## Globální a regionální problémy

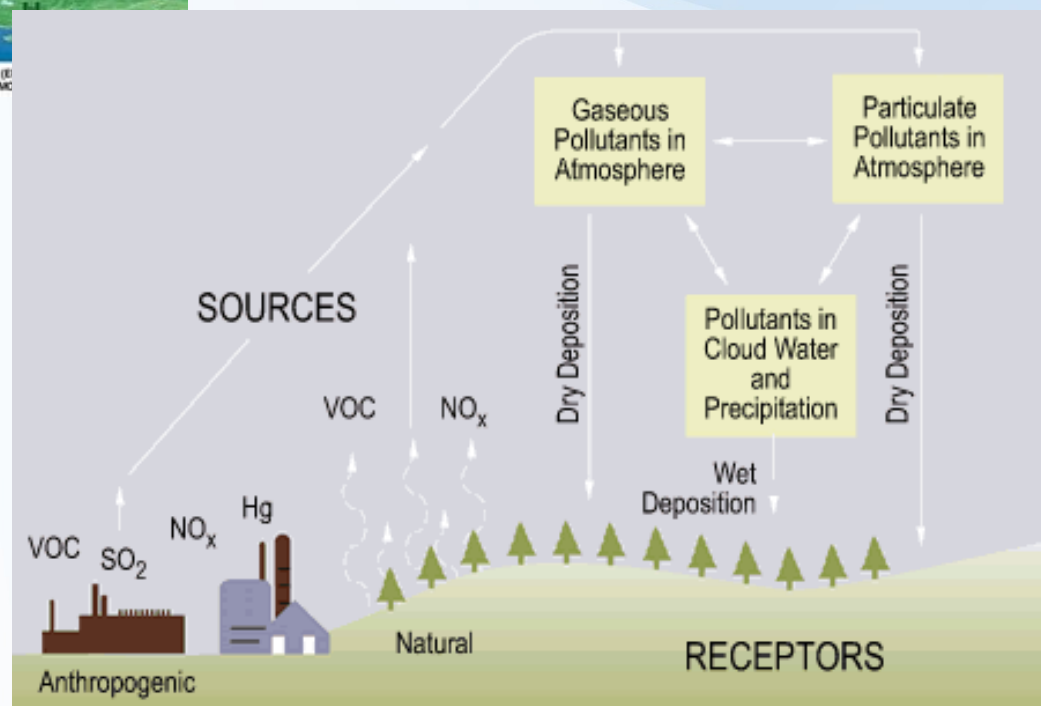
- Kyselé deště
- Skleníkový efekt
- Smog





## Tvorba kyselých dešťů

## Skleníkový efekt





# (Anorganické) plynné polutanty

## Molekulární mechanismus toxicity

podle druhu plynu: **iritace a akutní cytotoxicita**, toxicita změnami pH, **interakce s hemovými barvivy (CO)**

## Efekty - producenti

akutní toxicita : změny fotosyntézy, růst, letalita

## Efekty - konzumenti

**akutní toxicita : poškození sliznic, dýchacích cest**

## Efekty - destruenti

akutní toxicita : růst, letalita, změny metabolické aktivity

# (toxické, těžké) kovy

## Příklady

As, Cd, Cr<sup>(VI+)</sup>, Hg, Ni (soli), Pb, Zn

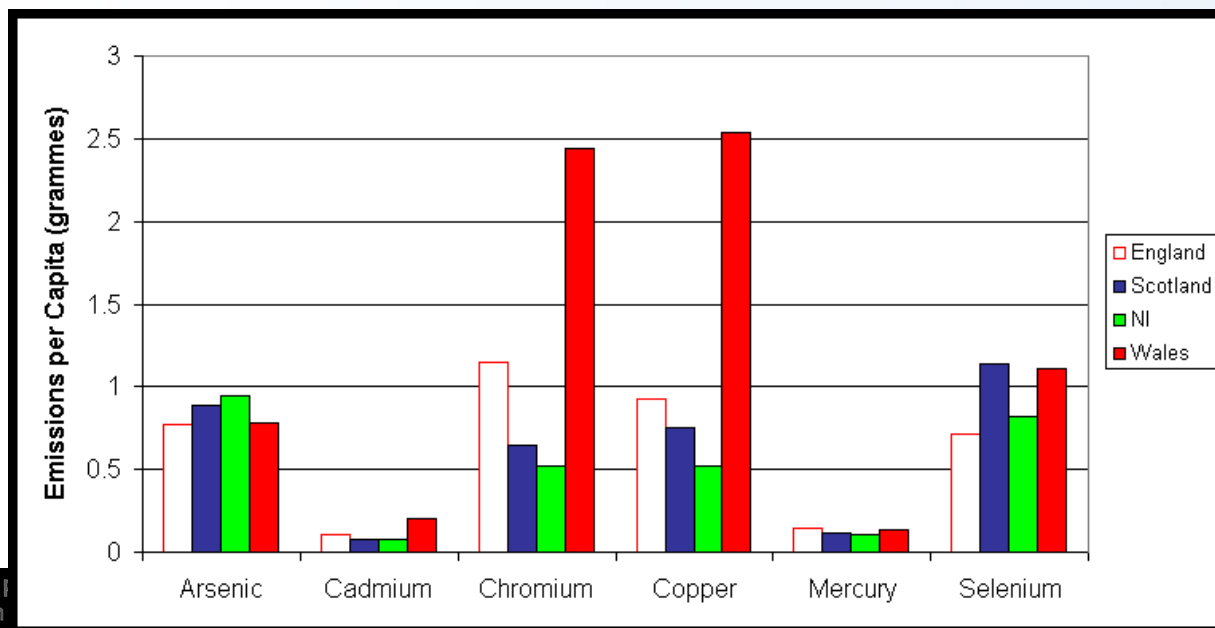
## Zdroje

(všechny lidské aktivity)

Bodové : průmysl, chemické provozy

Plošné : zemědělství, kontaminovaná hnojiva, skládky

Liniové : doprava



# (toxické, těžké) kovy

## Molekulární mechanismus toxicity

### Toxicita závisí na druhu kovu:

- : poškození DNA (As, Cr)
- : většina kovů: denaturace proteinů (disulfidické můstky, -SH skupiny) a oxidativní stres

## Efekty - producenti

- : **akutní toxicita** : změny fotosyntézy, růst, letalita, **genotoxicita**

## Efekty - konzumenti

- : akutní toxicita : letalita
- : chronická toxicita : **neurotoxicita**, **imunotoxicita**, **karcinogenita**, další poruchy

## Efekty - destruenti

- : akutní toxicita : růst, letalita, změny metabolické aktivity, **genotoxicita**

### Další specifika

*[persistence]*, biokoncentrace a bioakumulace



# Průmyslové kyseliny

## Příklady

HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HxClO<sub>y</sub>, HCOOH,  
CH<sub>3</sub>COOH

## Zdroje

Bodové : **průmysl, skládky,  
čištění a bělení**

Havárie : **úniky při přepravě,  
havárie provozů**



A team from Stepan. Co. in Elwood, IL, attending the 1998 DuPont Fuming Acid Spill Mitigation Workshop last April in Mercury, NV, demonstrate the use of a Williams Fire & Hazard Control Hydro-Chem nozzle to apply dry chemical for acid neutralization on a practice acid spill.



# Průmyslové kyseliny

## Molekulární mechanismus toxicity

toxicita změnami pH, reaktivní toxicita, iritance a cytotoxicita  
sekundární efekty -> oxidativní stres ...

## Efekty - producenti

: **akutní toxicita** : změny fotosyntézy, růst, letalita

## Efekty - konzumenti

: **akutní toxicita** : letalita, poškození zdraví (kůže, sliznice, dýchání : ryby)

## Efekty - destruenti

: akutní toxicita : růst, letalita

### Další specifika

krátký poločas života, ionizace, neutralizace

# Významné skupiny environmentálních polutantů

*Zdroje, Příklady, Efekty*

**B) anorganické a organické živiny ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_x$ )**



# ŽIVINY ... jako kontaminanty

- Změny v koncentracích živin
  - Významné funkční změny, zejm. akvatické ekosystémy
- Zvýšení koncentrací „živin“ → znečištění prostředí
  - HYPER - **TROFIZACE**  
(anorganické živiny – pro autotrofy: N, P...)
  - HYPER – **SAPROBITA**  
(organický materiál – živiny pro heterotrofní bakterie)

# TROFIZACE

- Zvyšování koncentrací anorganických živin - **zejm.  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$** ,
- V přírodě je **důležité dodržení poměrů mezi obsahy jednotlivých látek (!)**  
C / N / P (přiroz. atom. poměr 600 / 20 / 1)

## → Zvýšení trofie („úživnost“)

– stupně: ultraoligo / oligo / mezo / eu- / hyper-trofie

## Důsledky eu-/hyper-trofizace

→ změny ve struktuře ekosystémů:

- **monodruhová společenstva sinic** (u nás nejčastěji *Microcystis* sp.)

→ sekundární efekty:

- *nadprodukce biomasy – rozkladné procesy na konci sezony*  
(**vyčerpání kyslíku → úhyny ryb** atd.)
- **produkce toxických metabolitů – cyanotoxiny**  
(*tumor promoční-hepatotoxické peptidy – **microcystiny**; neurotoxické alkaloidy a další*)





# Anorganická hnojiva - živiny

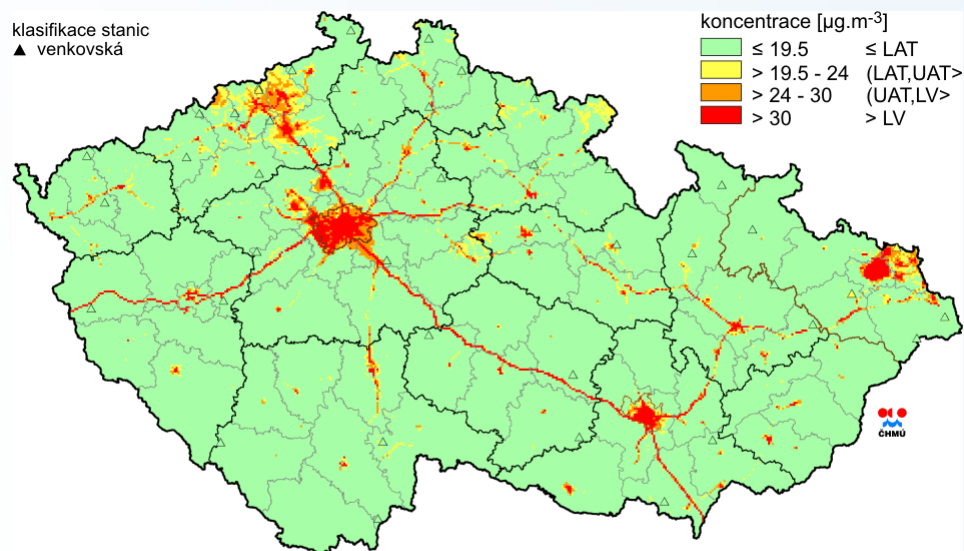
## Příklady

$\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$

## Zdroje

Zemědělství, domácí chemie  
(změkčovadla – myčky),

Doprava a sídla (uvolnění  $\text{NO}_x$ ,  
vymývání z atmosféry, imise do vod)



# Anorganická hnojiva



Molekulární mechanismus toxicity

**Primárně netoxické = živiny, hnojiva**

Podpora růstu → zvýšení zemědělské  
→ **Sekundární efekty – vodní květy sinic, red tide v mořích (červený příliv – obrněnky), oblasti bez kyslíku v mořích (dead zones)**

Efekty - producenti

Efekty - konzumenti

U kojenců – přeměna  $\text{NO}_3^-$  na dusitany v trávicím traktu → **methemoglobinémie**

Efekty - destruenti

Podpora růstu

# SAPROBITA

## Organické "netoxické" látky

(**fekální znečištění**, „živiny“ pro mikroorganismy)

- Obsah Organického uhlíku (OC) → přímý vliv na ox-red procesy a obsah kyslíku
- Hodně organických látek → živiny pro bakterie  
→ spotřeba OC a současně vyčerpání kyslíku  
→ dopady na vodní biotu organismy

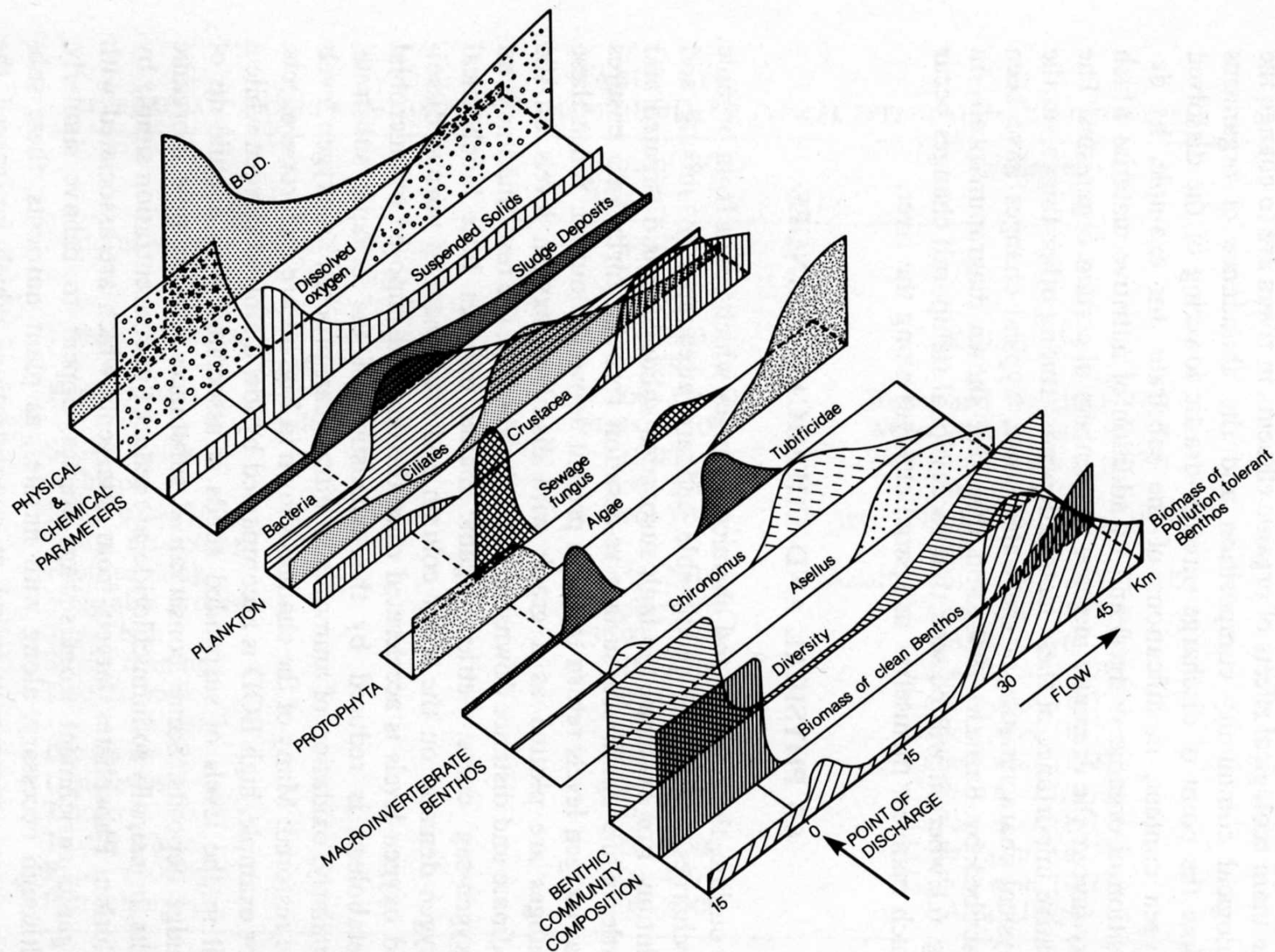
## Zvýšená saprobita

– stále jeden z hlavních problémů (a ukazatelů ne/čistoty vody) v Evropě (*! nezohledňuje přímou toxicitu, spíše obsah kyslíku*)

- Hodnocení = kategorizace
  - Polysaprobita / Mezosaprobita (alfa-, beta-) / Oligosaprobita
  - (*nebo nověji Katarobita / Limnosaprobita / Eusaprobita / Transsaprobita*)



# Vliv „hnilobného“ znečištění na společenstvo



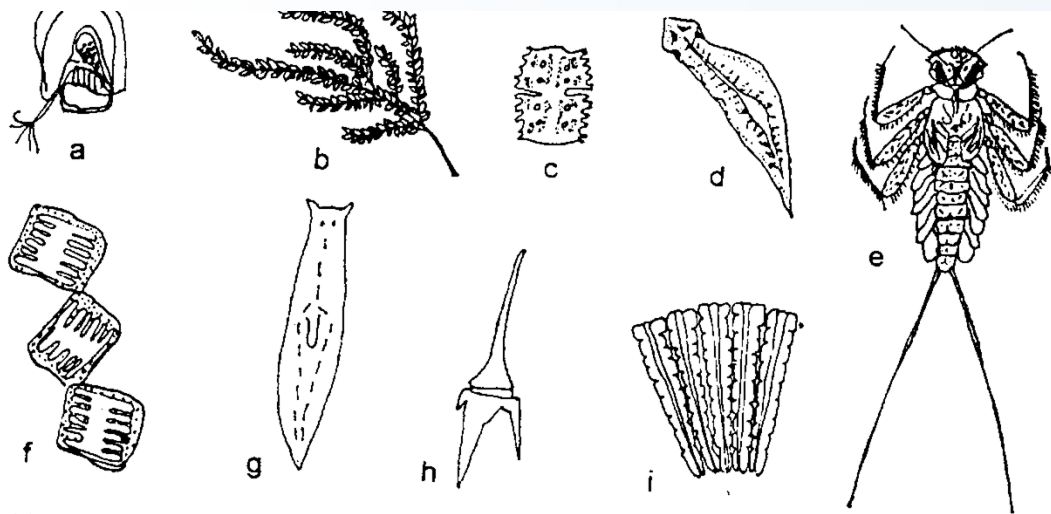
# Hodnocení saprobity

## 1) Hodnocení obsahu org. látek pomocí spotřeby kyslíku

- **BSK5** („Biologická spotřeba kyslíku“, 5 dní, *(anglicky BOD – Biological Oxygen Demand)*)
- Vzorek vody se inkubuje za definovaných podmínek a měří se spotřeba kyslíku v čase (často/vysoký obsah OC - je třeba vodu ředit):
  - **více organických látek** → více živin pro bakterie ve vzorku → vyšší spotřeba O<sub>2</sub> → **vyšší BSK5**
- **CHSK** („Chemická spotřeba kyslíku“)  
*(množství kyslíku, které je třeba k úplné oxidaci VŠECH odbouratelných látek obsažených ve vodě, tedy i těch, které nejsou degradovány mikroorganismy, tj. biologicky)*
- Stanovení – celková spotřeba kyslíku při oxidaci manganistanem draselným

## 2) Hodnocení pomocí BIOINDIKACE - Saprobni index (ČSN 83 05 32, část 6)

- Významné druhy organismů mají přiřazenu „indikátorovou“ hodnotu
- Analýza společenstva na lokalitě → výpočet Saprobního indexu



Obr. 132. Příklad xenosaprobních a oligosaprobních organismů  
 a - perloočka *Holopedium gibberum*, b - vodní mech *Fontinalis*, c - dvočátkovitá řasa *Micrasterias truncata*, d - ploštěnka *Dugesia gonocephala*, e - jepice *Epeorus asimilis*, f - rozsivka *Tabellaria flocculosa*, g - ploštěnka *Crenobia alpina*, h - obrněnka *Ceratium hirundinella*, i - rozsivka *Meridion circulare*

## Výpočet saprobního indexu

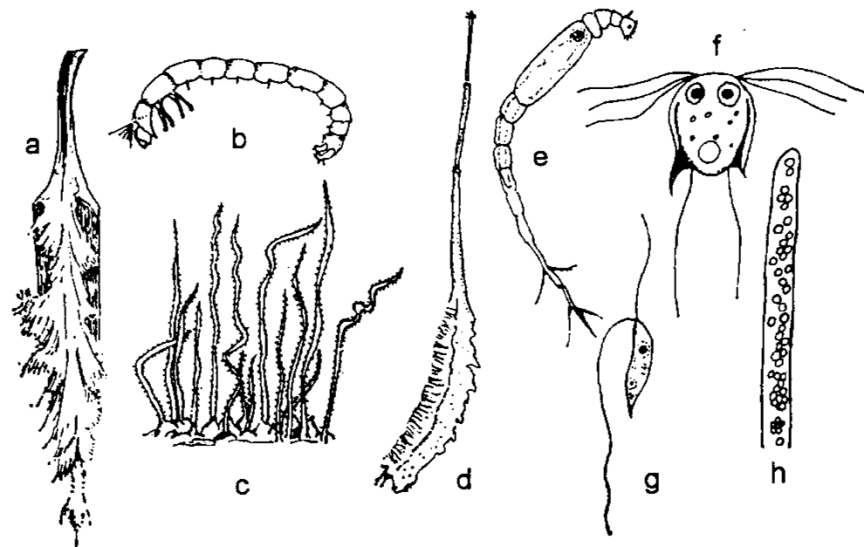
$$S = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot S_i \cdot g_i}{\sum_{i=1}^n A_i \cdot g_i}$$

$A_i$  – abundance zjištěného organismu,  
 $S_i$  - individuální saprobní index organismu  
 $g_i$  - indikační hodnota organismu.

## Příklady - indikátorové druhy saprobity

Nahoře: Xeno & oligosaprobita

Vpravo: Polysaprobita



Obr. 135. Příklad polysaprobních organismů  
 a - bakterie *Sphaerotilus natans*, b - pakomár *Chironomus thummi*, c - nitěnky *Tubifex tubifex*, d - pestřenka r. *Eristalis*, e - vířník *Rotaria neptunia*, f - bičíkovec *Hexamitus inflatus*, g - bičíkovec *Bodo putrinum*, h - bakterie *Beggiatoa alba*



	Třída I	Třída II	Třída III	Třída IV	Třída V
Saprobni index	... - 1,49	1,50 - 2,19	2,20 - 2,99	3,00 - 3,49	3,50 - ...

Třídy saprobního indexu podle normy ČSN 75 7221 (1998)

S	Saprobilita	Rybí pásma	O <sub>2</sub>	BSK <sub>5</sub>	Zoobentos	Ekologická pásma
0,0	xenosaprobilita	bez ryb	9	0	Ameletus	eukrenon hypokrenon
0,5	lepší oligosaprobilita	pstruh	8	1	Rhithrogena	epirhithron
1,0	horší oligosaprobilita	lipan	7	1,7	Ecdyonurus	metarhithron
1,5	lepší beta-mezo-saprobilita	parma	6	2,5	Oligoneuriella	hyporhithron
2,0	horší beta-mezo-saprobilita	vodárenské toky	5	3,7	Palingenia (Ephemer)	epipotamon
2,2	horší beta-mezo-saprobilita	ostatní toky cejn	4	4,0	Herpobdella	metapotamon
2,5	lepší alfa-mezo-saprobilita	cejn	4	5	Herpobdella	—
3,0	horší alfa-mezo-saprobilita	přípustné znečištění nepřípustné znečištění kaprovité	3	7,5	Herpobdella	—
3,2	lepší polysaprobilita	přežívá karpas lín	2	10	Tubifex Limnodrilus	—
3,5	lepší polysaprobilita	přežívá karpas lín	2	10	Tubifex Limnodrilus	—
4,0	horší polysaprobilita	přežívá karpas lín	1	30	Tubifex Limnodrilus	—
4,5	mikroaerobie anaerobie odp. vody		0,1 0,0	50		





# Významné skupiny environmentálních polutantů

*Zdroje, Příklady, Efekty*

## C) Organické toxické látky



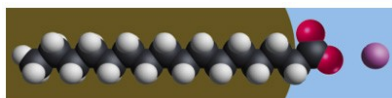
# Komunální chemie

## Příklady

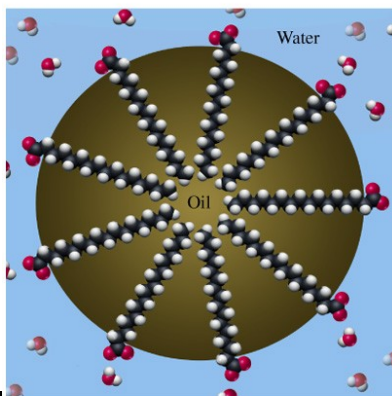
- mýdla a detergenty
- změkčovadla (*fosfáty – viz hnojiva*)
- chlor a jeho metabolity (*viz kyseliny*)

## Zdroje

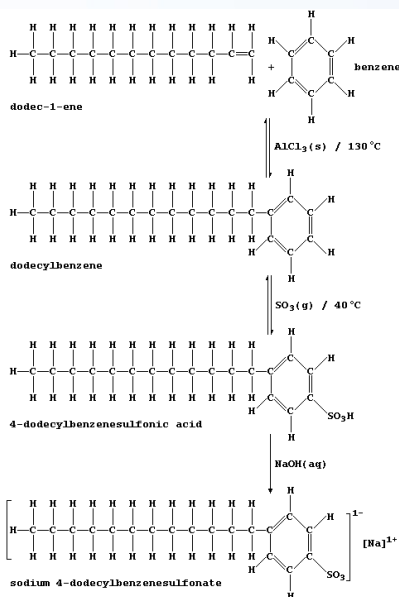
Bodové : domácí a průmyslové použití – **odpadní vody**, skládky



(a)



(b)



# Komunální chemie

## Molekulární mechanismus toxicity

toxicita pro membránové dvojvrstvy  
- **snižování povrchového napětí, polární narkoza (logKow), specifické efekty (endokrinní disrupce)**

## Efekty - producenti

: **akutní toxicita** : změny fotosyntézy, růst, letalita

## Efekty - konzumenti

: **akutní toxicita** : letalita, poškození povrchu těla, žaber, sliznic ...  
: **reprodukční toxicita (endokrinní disrupce - alkylfenoly)**

## Efekty - destruenti

: akutní toxicita : růst, letalita

### Další specifika

krátký poločas života, dobrá biodegradabilita



# Nehalogenovaná rozpouštědla

## Příklady

Alifatická: methanol, ethanol, isopropanol, glykol ethery, formaldehyd, aceton, cyklohexan, n: hexan

Aromatická: **b**enzen, **t**oluen, **e**thylbenzen, **x**ylen (**BTEX** – kontaminace podzemních vod) (dále např. také styren)

## Zdroje

Bodové : **průmysl, skládky**

Havárie : úniky při přepravě, havárie provoz



# Nehalogenovaná rozpouštědla

## Molekulární mechanismus toxicity

podle druhu rozpouštědla:

- : **narkotická akutní toxicita**
- : **polární narkoza**
- : denaturace proteinů - **reaktivita**
- : specifické mechanismy (*metabolity*)

## Efekty - producenti

: akutní toxicita : fotosyntéza, růst, letalita, možná **genotoxicita (po aktivaci MFO)**

## Efekty - konzumenti

: akutní toxicita : letalita, poškození zdraví, **genotoxicita, karcinogenita (*leukemie – benzen*)**, **chronická toxicita**

## Efekty - destruenti

: akutní toxicita: růst, letalita, změny metabolické aktivity

### Další specifika

těkavé (VOCs – volatile organic compounds)  
biodegradovatelné

# Alifatické halogenované uhlovodíky

## Příklady

$\text{CCl}_4$  (chloroform)  
1,1,1: trichloroethan  
tetrachloroethylen

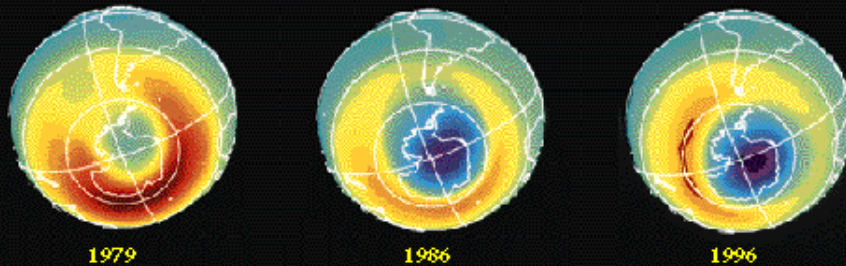
Freony a další látky ( $\text{C}_x\text{Cl}_y\text{F}_z$ )

## Zdroje

Bodové : průmysl, **kontaminace podzemních vod**, skládky, chladicí zařízení,

Havárie : úniky při přepravě, havárie provozů, chladicích zařízení

## Depletion of the Ozone Layer



Since 1979, ozone levels have decreased over many parts of the world. The areas with the biggest ozone losses, like Antarctica (above), are purple. Normal ozone levels are usually around 300 Dobson Units (DU).

Source: NASA/Goddard Space Flight Center

## Globální problémy

- Úbytek stratosferické ozonové vrstvy

# Alifatické halogenované uhlovodíky

## Molekulární mechanismus toxicity

podle druhu látky:

- : **narkotická akutní toxicita**
- : polární narkoza
- : denaturace proteinů - **reaktivita**
- : **specifické mechanismy - karcinogenita**

## Efekty - producenti

: akutní toxicita : změny fotosyntézy, růst, letalita, možná **genotoxicita** (po aktivaci MFO)

## Efekty - konzumenti

: akutní toxicita : letalita, poškození zdraví, **karcinogenita**, chronická toxicita

## Efekty - destruenti

: akutní toxicita : růst, letalita, změny metabolické aktivity, genotoxicita

### Další specifika

Kontaminace podzemních vod – dichloreten (DCE), trichloreten (TCE) – **stabilní v anaerobních podmínkách**, remediace = oxidace

# Aditiva - chemické látky průmyslu gumy a plastů

## Příklady

**Ftaláty** – *měkčidla v plastech*  
fenolové látky

**PBDEs** – polybromované difenylethery  
– *zhášecí hoření*

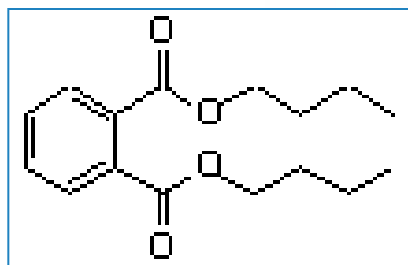
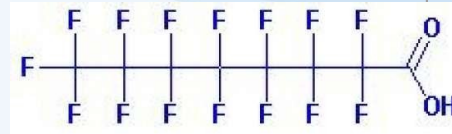
**PFAS** – **Perfluorované Alkyl sloučeniny** (např. perfluoroktanová kyselina, PFOA) – *rezistence, odpuzují vodu* (teflon, goretex)

## Zdroje

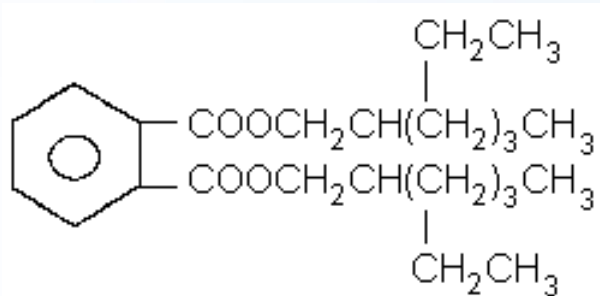
Bodové : průmysl, skládky

Plošné : **uvolňování přímo z materiálů**

PFOA



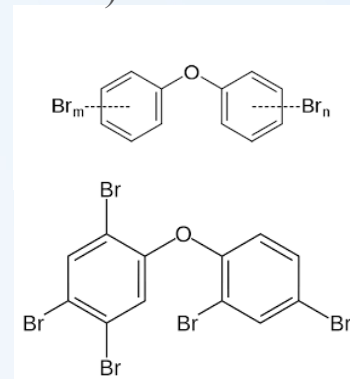
Dibutylphthalate (DBP)



Di-ethylhexylphthalate (DEHP)

**PBDEs**

(zhášecí hoření)





# Aditiva - chemické látky průmyslu gumy a plastů

## Molekulární mechanismus toxicity

podle druhu látky:

- : hormonální regulace, karcinogenita, ovlivnění procesů metabolismu
- : polární narkoza, *detergenty ...*
- : denaturace proteinů
- : nescifické mechanismy

## Efekty - producenti

- : **akutní toxicita** : změny fotosyntézy, růst, letalita, možná genotoxicita

## Efekty - konzumenti

- : **ftaláty, PBDEs, PFOS** – chronické účinky, karcinogenita, endokrinní disrupce, chronická orgánová toxicita (ledviny – PFOA)

## Efekty - destruenti

- : akutní toxicita : růst, letalita, změny metabolické aktivity, genotoxicita

### Další specifika

Ftaláty – vysoké koncentrace ve vzduchu



# Polymery, plasty

Příklady

Zdroje

termoplasty : **PE, PET** (plastové lahve), **PP, PVC**, PVDC, PS, PA, PC, PTFE

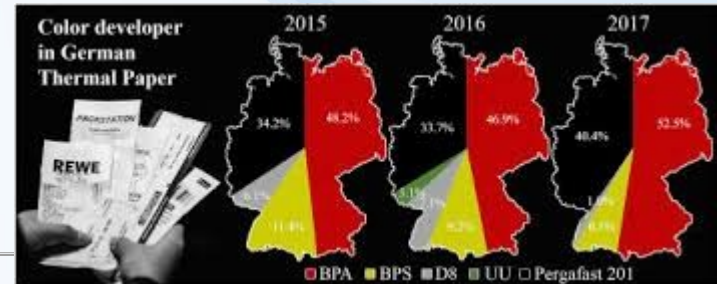
termosety : UPs, EPs, **PURs**, UF, UM, PF

Bodové : průmysl, skládky

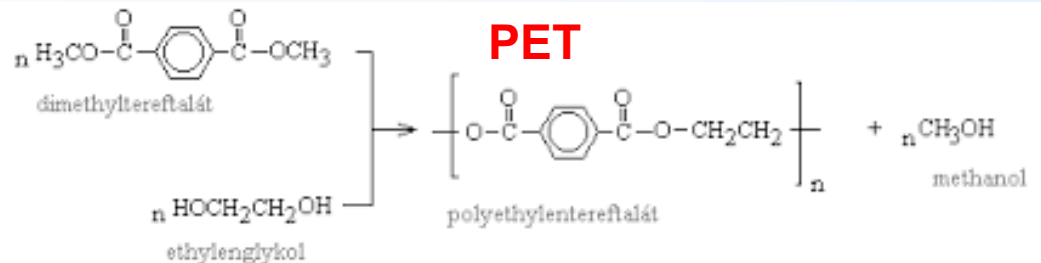
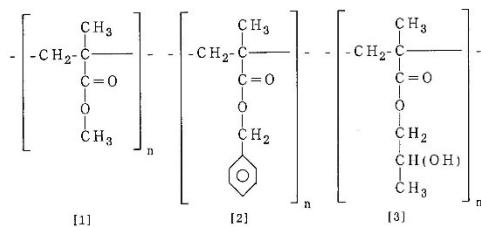
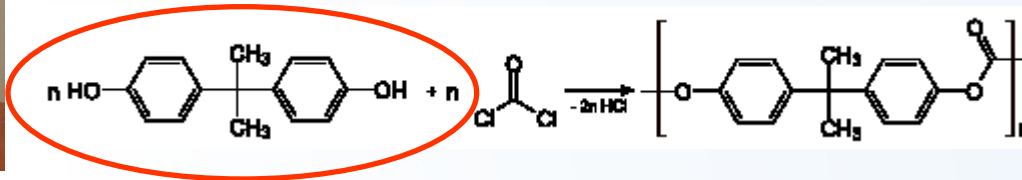
Plošné : nerozložitelné odpady

## Bisfenol-A (BPA)

polymer  
základ termopapíru (pokladny)



## BPA a jeho polymerace



# Polymery, plasty

## Molekulární mechanismus toxicity

podle druhu látky:

: negenotox. karcinogenita

: narkoza

: **radikály před polymerací → reaktivita a oxidativní stres**

## Efekty - producenti

## Efekty - konzumenti

## Efekty - destruenti

**BPA** → endokrinní disruptor (zákaz používání v dětských lahvích)

- nízká přímá toxicita

- rozklad : toxicita monomerů !

### Další specifika

velká stabilita pro biotransformaci, PVC:

**spalování → chlorované POPs**



# Persistentní organické halogenované látky (POPs)

*POPs: heterogenní skupina (PCBs, PCDDs .+ viz dále → chlorované pesticidy),*

„POPs“ –globálně regulované látky (UN Stockholm Convention, [www.pops.int](http://www.pops.int) )  
→ celosvětové omezení a/nebo zákaz

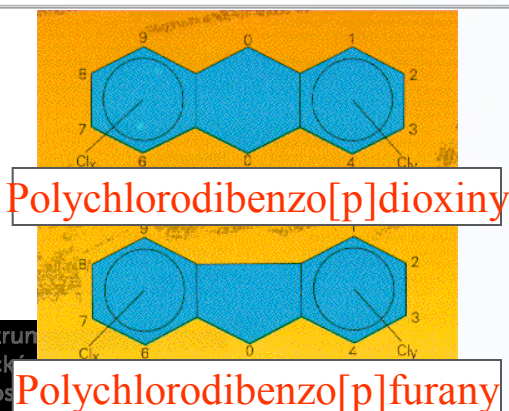
## Příklady (1/2)

### PCBs

*Průmyslový produkt - 209  
strukturních kongenerů  
zakázány v 70. letech, stále velký  
význam a koncentrace v prostředí!*

### PCDDs / Fs

*Vedlejší produkty spalování a  
průmyslové výroby*

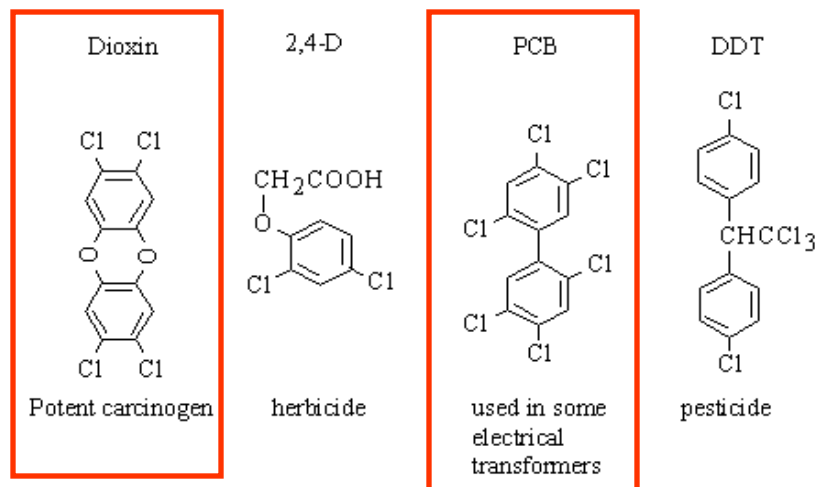


## Zdroje

Bodové : průmysl, spalovny

Plošné : nátěry, transformátory,  
úniky z výrobků

### Infamous Chlorinated Aromatic Hydrocarbons



# Persistentní organické halogenované látky (PCBs, PCDD/Fs)

## Molekulární mechanismus toxicity

- : **společný specifický mechanismus toxicity (aktivace AhR)**
- : **endokrinní disrupce**
- : *narkotická **akutní toxicita při vysokých koncentracích***  
→ chlorakné: viz obrázek

## Efekty – producenti

- : změny fotosyntézy, růst, letalita

## Efekty - konzumenti

- : **karcinogenita, chronické efekty spojené s aktivací AhR a dalšími specif. mechanismy** (imunotoxicita, neurotoxicita ...), chlorakné

## Efekty - destruenti

- : **akutní toxicita** :  
růst, letalita,  
změny metabolické aktivity



Takto dopadl Juščenko koncem roku 2004 - chlorakné

## Další specifika

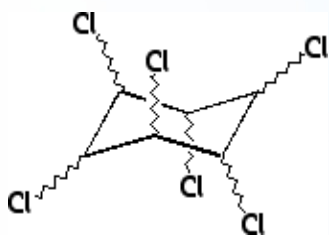
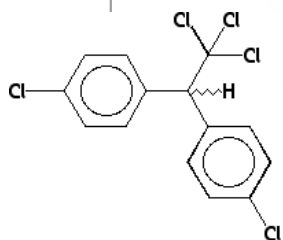
**vysoká persistence a bioakumulace, dálkový transport atmosférou, globální problém (UN POPs)**

# Pesticidy : insekticidy (halogenované)

*Pesticidy zařazované do skupiny POPs*

## Příklady (2/2)

**DDT, driny** (endrin, aldrin, dieldrin) endosulfan, **HCH (lindan)**, toxafen - řada zakázána, *rozvojové země – stále se užívají, persistence !*

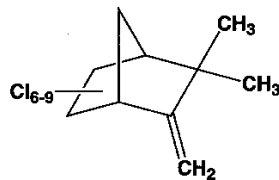


### DDT

(v přírodě také řada derivátů - DDE, DDD ...)

### Lindan

= gamma-hexachlorocyclohexan (konformační izomery !)



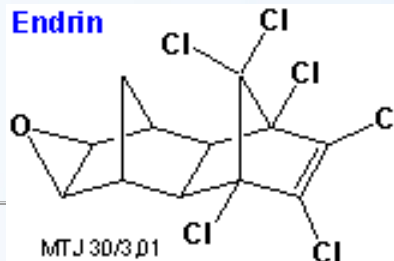
Toxaphene: A Mixture of Chlorinated Camphene

## Zdroje

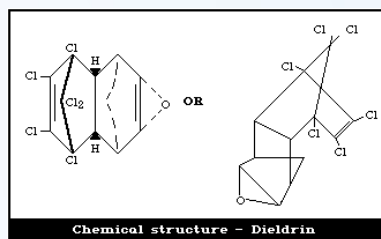
Plošné : zemědělství, **dálkový transport**

Bodové : uchování a skládky odpadů

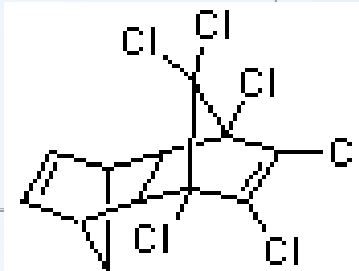
### Endrin



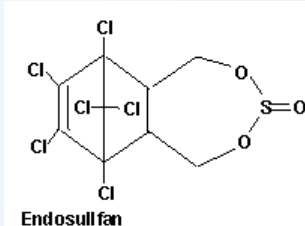
### Dieldrin



### Aldrin



### Endosulfan



# Pesticidy : insekticidy (halogenované)

## *Pesticidy zařazované do skupiny POPs*

### Molekulární mechanismus toxicity

podle druhu látky:

- : **neurotoxicita – cílové organismy**  
(řada mechanismů nevyjasněných)
- : **endokrinní disrupce (necílová toxicita)**
- : *narkotická toxicita při vyšších dávkách*

### Efekty - producenti

: akutní toxicita narkotická, možné účinky na fotosyntézu, rozmnožování  
(řada efektů nejasných)

### Efekty - konzumenti

- **chronická toxicita : neurotoxicita,**  
- **reprodukční poruchy – dravci, ryby**  
*akutní toxicita : narkoza,*

### Efekty - destruenti

: akutní toxicita : růst, letalita, změny metabolické aktivity

### Další specifika

**vysoká persistence a bioakumulace, dálkový transport atmosférou, globální problém (UN POPs)**



# Pesticidy : **insekticidy** (nehalogenované)

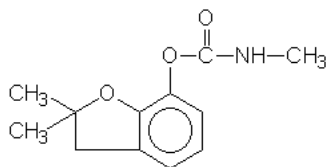
## Příklady

**karbamáty** : adicarb, phorate, carbofuran, carbaryl  
**organofosfáty** : acephate, dichlorvos, dicrotophos, trichlofon, chlorpyrifos, diazinon, malathion, parathion  
**pyrethroidy** : pyrethrum, permethrin, cypermethrin, flumethrin

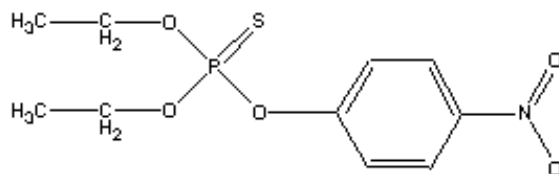
## Zdroje

Plošné : zemědělství  
Bodové : uchování a skládky odpadů

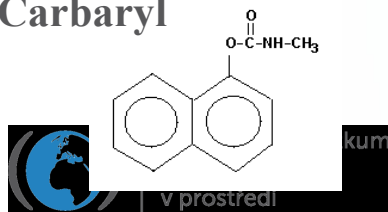
### Carbofuran



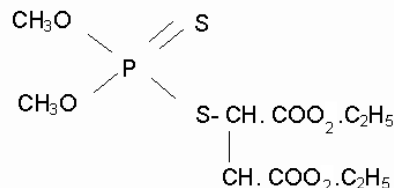
### Parathion



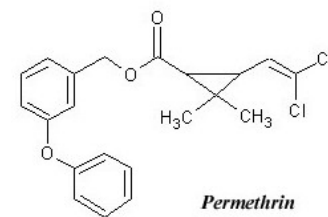
### Carbaryl



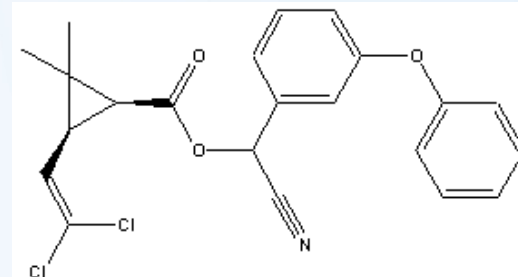
### Malathion



### Permethrin



### Cypermethrin





# Pesticidy : **insekticidy** (nehalogenované)

**Molekulární mechanismus toxicity**

podle druhu látky:

: **inhibice acetylcholinesterázy**

: další specifické mechanismy -

**neurotoxita**

**Efekty - producenti**

: akutní toxicita narkotická, méně specifické účinky

**Efekty - konzumenti**

-**akutní neurotoxita (cílové organismy)**

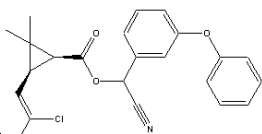
-**reprodukční poruchy a endokrinní disrupce (necílové organismy)**

: akutní toxicita : narkoza,

**Efekty - destruenti**

akutní toxicita : růst, letalita, změny metabolické aktivity

Cypermethrin



# Pesticidy : herbicidy

Vyšší spotřeba než insekticidy - v povrchových vodách a prostředí častěji

## Příklady

anorganické : sodium chlorate  
bipyridylium: **paraquat**, diquat

phenoxy kyseliny : **2,4-D**, 2,4,5-T, Mecoprop,

další org. kyseliny: haloxyfop, dicamba

substituované aniliny: alachlor, propachlor

močoviny a thiomčoviny : **diuron**, linuron,

nitrily : ioxynil, bromoxynil

triaziny : **atrazin**, simazin

triazoly : amitrol

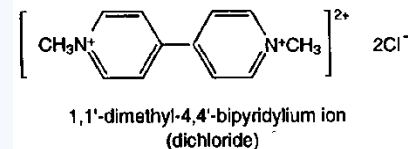
organofosfáty : **glyfosát** (roundup),

## Zdroje

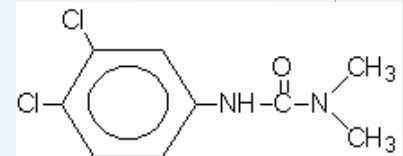
Plošné : zemědělství

Bodové : uchování a skládky  
odpadů

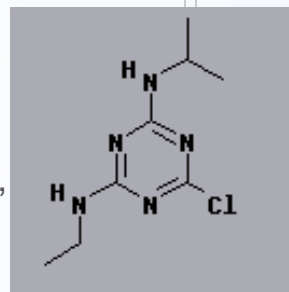
PARAQUAT



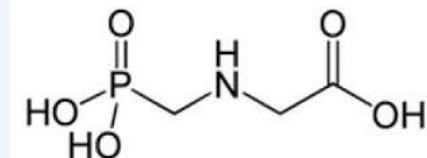
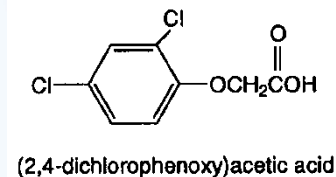
Diuron



atrazin



2,4-D



The Chemical Structure of Glyphosate

# Pesticidy : herbicidy

## Molekulární mechanismus toxicity

podle druhu látky:

: inhibice fotosyntézy, inhibice rostlinných hormonů, produkce radikálů ...

: narkotická toxicita

: vedlejší účinky v necílových organismech

## Efekty - producenti

akutní toxicita : letalita : účinky na fotosyntézu, proteosyntézu

## Efekty - konzumenti

akutní toxicita, chronická toxicita :  
vedlejší účinky : reprodukční toxicita, neurotoxicita

## Efekty - destruenti

: akutní toxicita : růst, letalita, změny metabolické aktivity

### Další specifika

u některých persistence a bioakumulace, dálkový transport atmosférou

# Léčiva

## - humání a veterinární -

Příklady

Zdroje

-Relativně méně informací o dopadech v životním prostředí

- veterinární léčiva – větší význam (velké dávky)

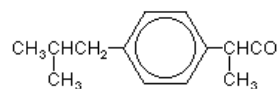
-běžná léčiva – řada ve významných koncentracích ve vodách:

antibiotika (tetracykliny, erytromycin 1-10 ug/L), paracetamol + k. acetylsalicilová (100-400 ug/L), ibuprofen, cytostatika

Bodové

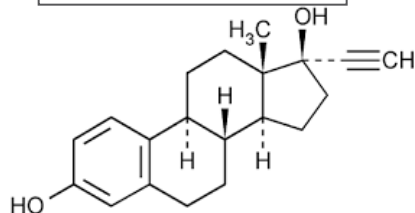
- **nemocnice, chovy zvířat – veterinární přípravky, chovy ryb, odpadní komunální vody**

ibuprofen

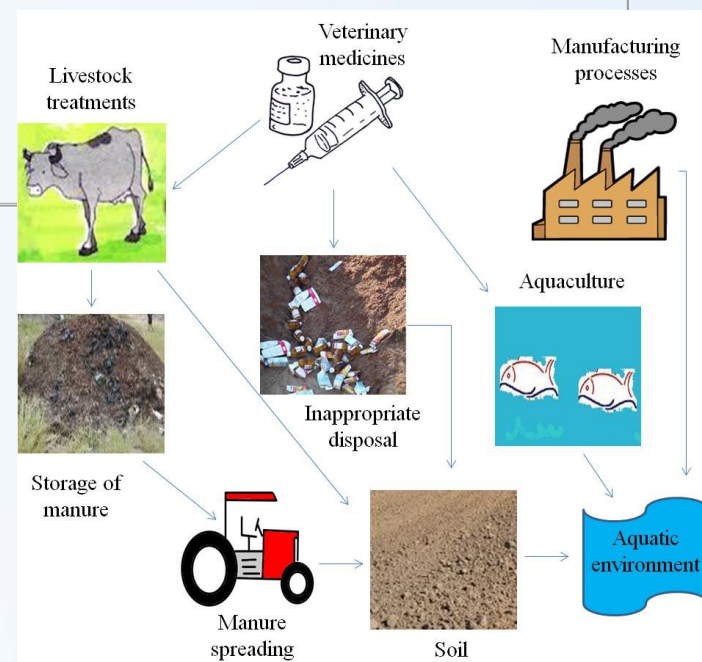
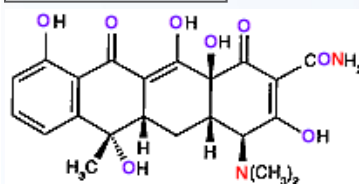


C<sub>13</sub>H<sub>18</sub>O<sub>2</sub>

ethinylestradiol



tetracyclin



# Léčiva

## Molekulární mechanismus toxicity

podle typu látky ...

- antibiotika, cytostatika – *genotoxicita*,  
hormony, analgetika, protizánětlivé ...

## Efekty - producenti

## Efekty - konzumenti

## Efekty - destruenti

**málo informací** o ekotoxikologii farmak;  
: pro vybrané látky - základní informace  
ze standardních testů

: **mikroorganismy –efekty antibiotik**

### Další specifika

Některé jsou slabě degradovatelné i persistentní  
stále málo informací o rizicích pro prostředí



# Polycyklické aromatické uhlovodíky

## Příklady

benzo[a]pyren, naftalen, pyren,  
anthracen, inden,  
dibenzanthraceny ....

*rutinně sledováno (jen!)  
tzv. **US-EPA priority PAHs** –  
**vybraných 16 látek***

## Zdroje

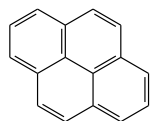
Bodové : spalovny, průmysl

Plošné : **domácí topeniště**

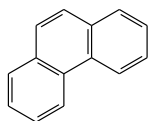
Liniové : doprava

Vysokomolekulární PAHs  
- špatně stanovitelné, málo informací

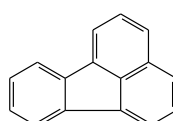
Vybrané struktury  
PAHs



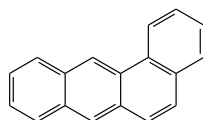
Pyren



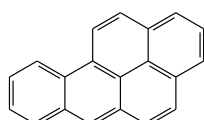
Phenanthren



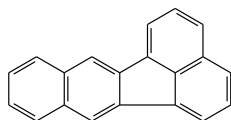
Fluoranthen



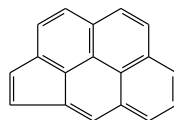
Benz[a]anthracen



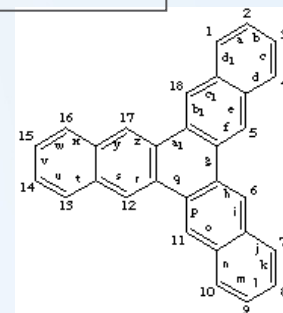
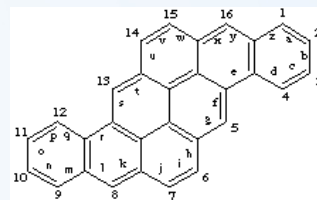
Benzo[a]pyren



Benzo[k]fluoranthen



Cyclopenta[cd]pyren



# Polycyklické aromatické uhlovodíky

**Molekulární mechanismus toxicity**

- : **genotoxicita (po aktivaci MFO)**
- : **specifické mechanismy (AhR, EDCs)**
- : narkotická akutní toxicita

**Efekty - producenti**

- : změny fotosyntézy, růst, letalita, možná genotoxicita (po aktivaci MFO)

**Efekty - konzumenti**

- : **genotoxicita, karcinogenita, chronické efekty spojené s aktivací AhR a dalšími specif. mechanismy (imunotoxicita, neurotoxicita ...)**

**Efekty - destruenti**

- : akutní toxicita : růst, letalita, změny metabolické aktivity, genotoxicita