



Centrum pro výzkum
toxických látek
v prostředí

Ekotoxikologie - úvod

Obecná ekotoxikologie
Luděk Bláha, PŘF MU, RECETOX
www.recetox.cz

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



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

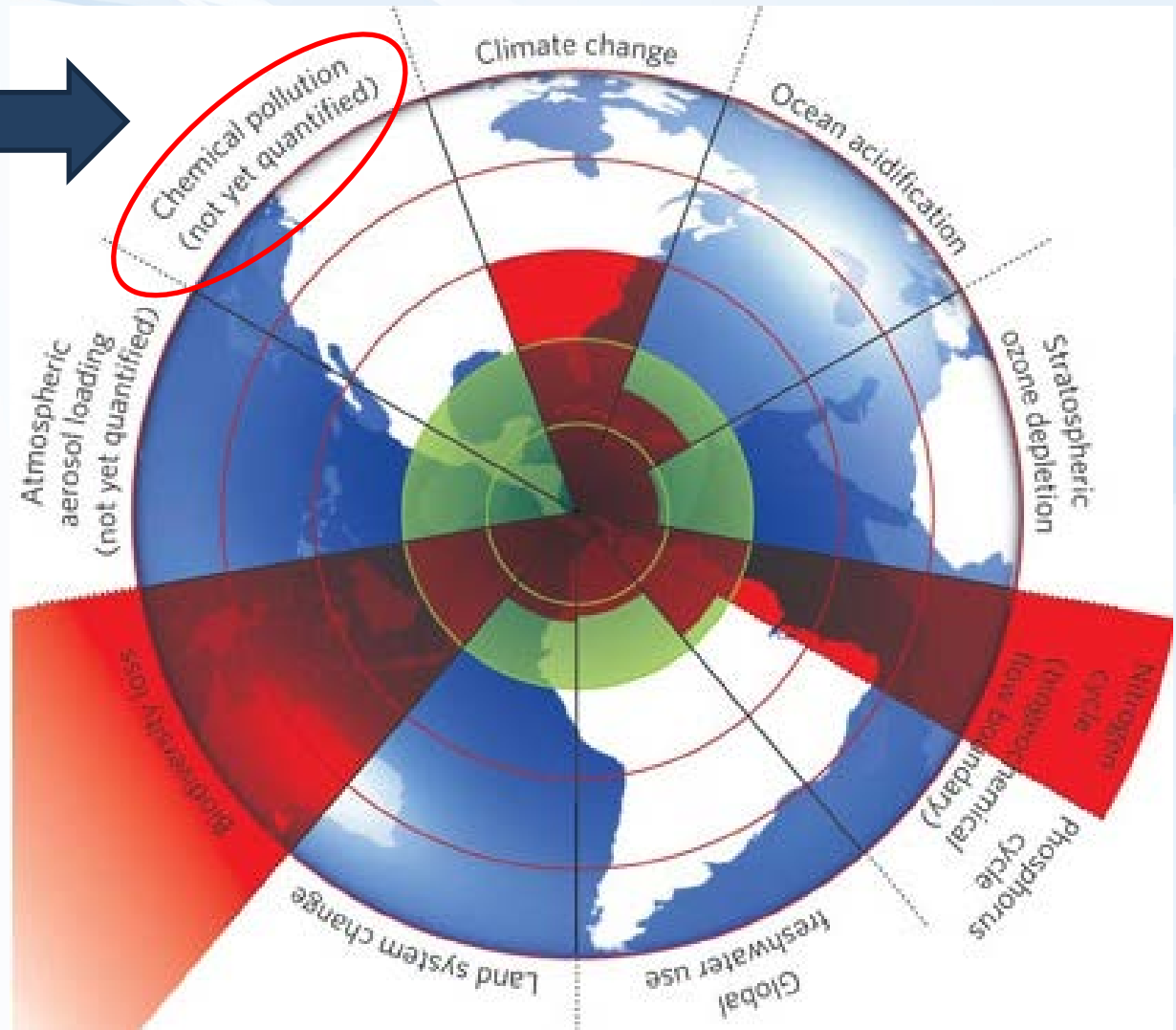
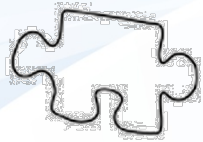
Čím vším člověk ohrožuje PLANETU ZEMI?

Které účinky a projevy jsou nejnebezpečnější?



Globální problémy - planetární limity

Rockstrom et al. 2009 (*Ecology and Society* 14(2): 32; *Nature* 461, 472-475)

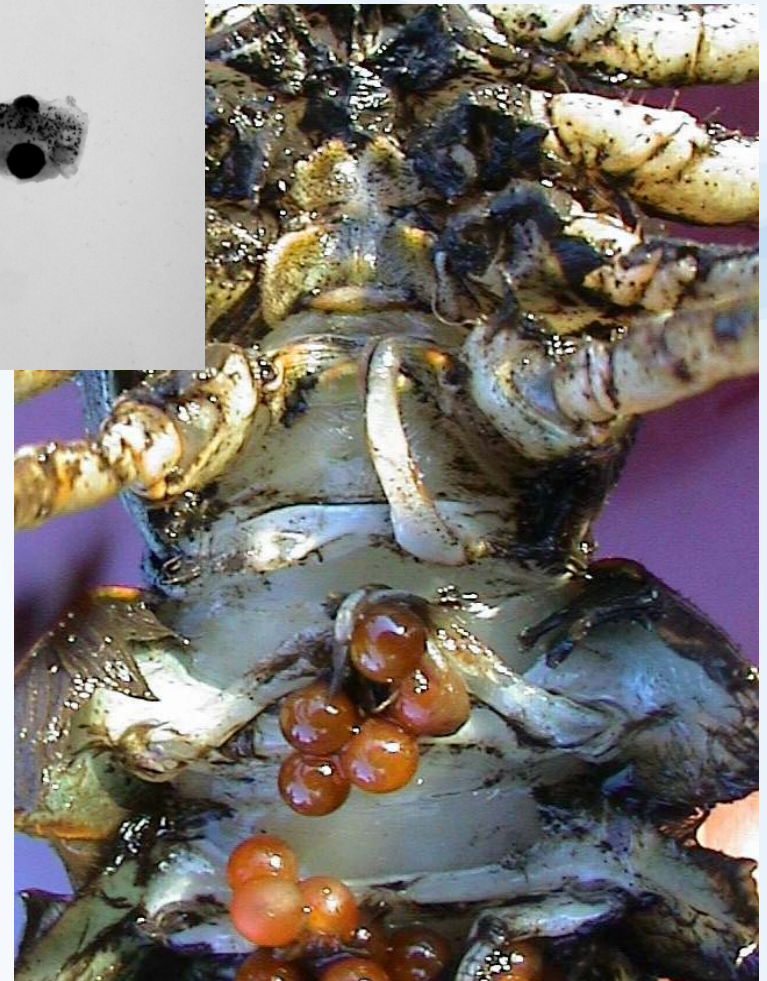
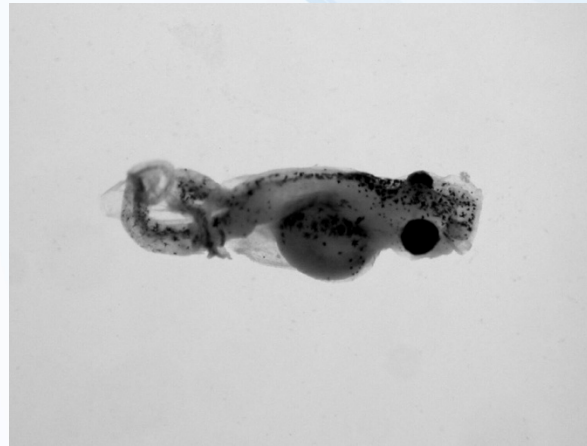
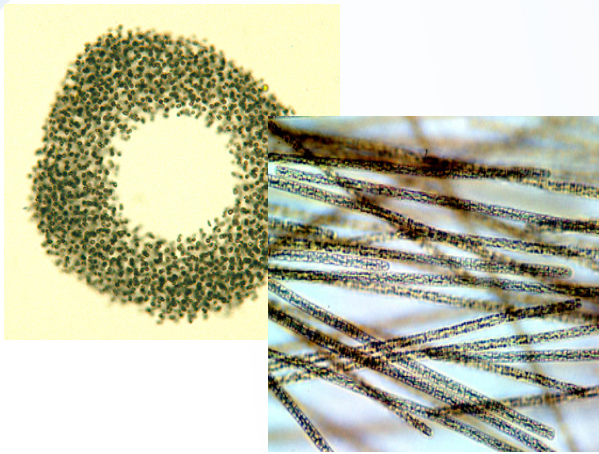


Chemické znečištění životního prostředí a ekosystémů



Současnost: nebezpečné chemické látky

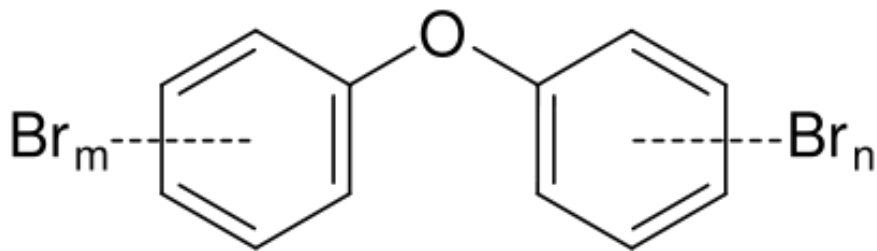
... „toxicita není smrt“



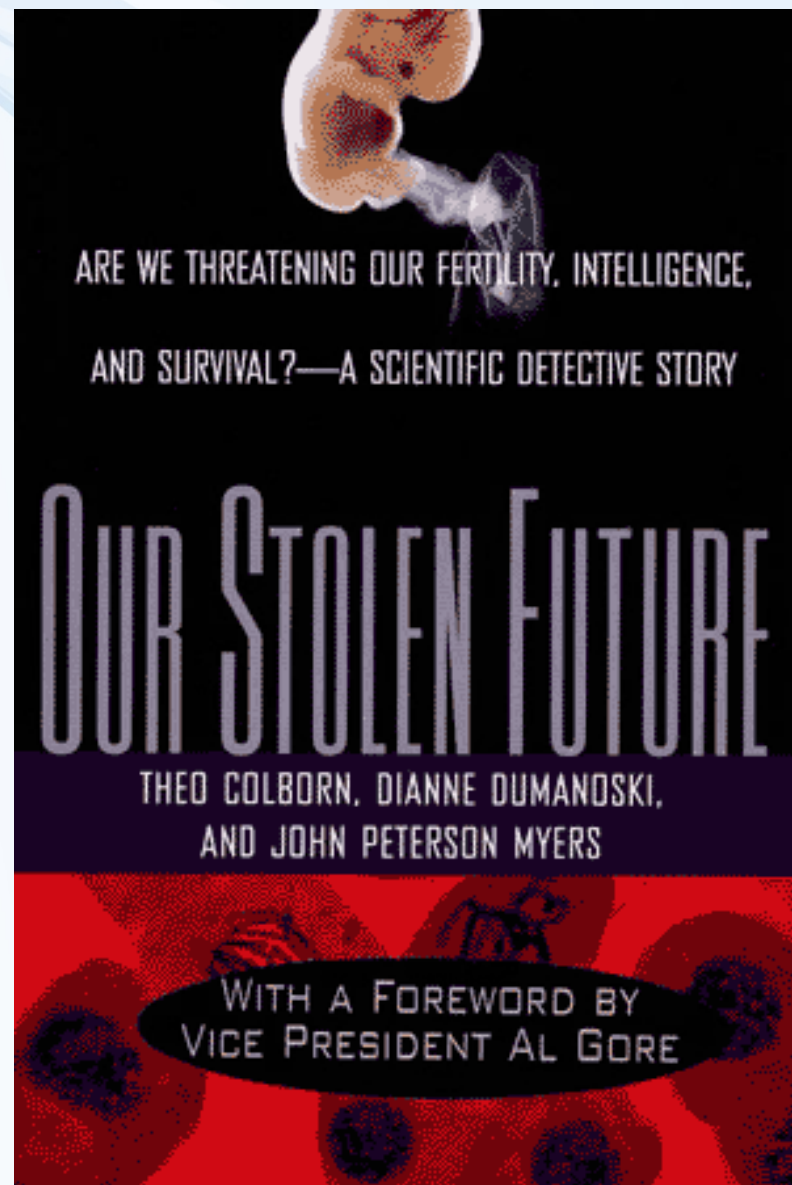
Hlavní motivace výzkumu toxických látek?

! ČLOVĚK !

○ *Rats exposed in the womb to a single low dose of a widespread brominated flame retardant become hyperactive and have decreased sperm counts...*



Centrum pro výzkum
toxických látek
v prostředí



Published online: 21 October 2005; | doi:10.1038/news051017-16

Pollution makes for more girls

The stress of dirty air skews sex ratios in Sao Paulo.

Erika Check

Toxic fumes favour the fairer sex, a group of researchers in Brazil has found.

Jorge Hallak and his team at the University of Sao Paulo turned up the surprising result by studying babies born in their city. They divided the metropolis of 17 million people into areas of low, medium and high air pollution, using test results from air-quality monitoring stations. They then studied birth registries of children born from 2001 to 2003.

The team found that 48.3% of babies were female in the least polluted areas, but 49.3% were female in the dirtiest parts of town. After measuring the ratio of boys to girls born in all the areas, they calculated that 1,180 more babies would have been boys in the polluted areas if they had the same sex ratios as the cleaner areas. The team reported their findings on 17 October at the American



Babies born in highly polluted areas are more likely to be girls.

© Alamy

Published online: 21 October 2005; | doi:10.1038/news051017-16

Pollution makes for more girls

The stress of dirty air skews sex ratios in Sao Paulo.

Erika Check

Toxic fumes favour the fairer sex, a group of researchers in Brazil has found.



Babies born in highly polluted areas are more likely to be girls.



World news

Man-made chemicals blamed as many more girls than boys are born in Arctic

- High levels can change sex of child during pregnancy
- Survey of Greenland and east Russia puts ratio at 2:1

Paul Brown in Nuuk, Greenland

Wednesday 12 September 2007
03.00 BST



This article is 8 years old

Shares

79

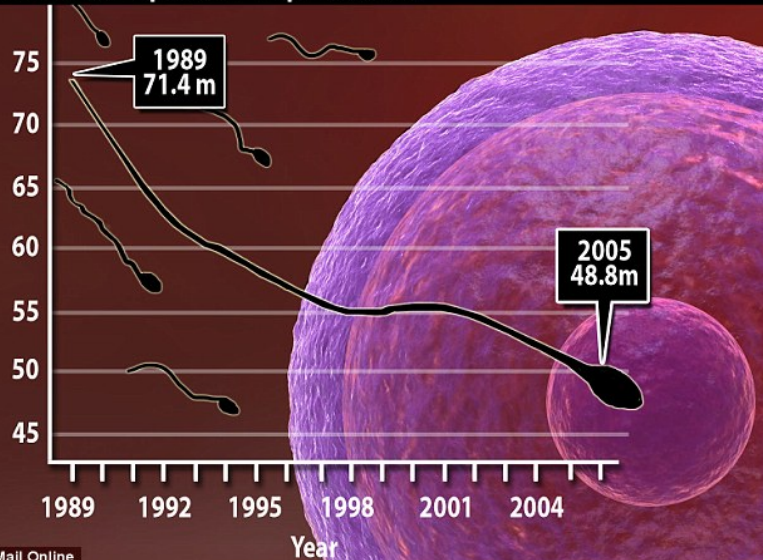
Save for later



An Inuit child in a traditional parka. Photograph: Joel Sartore/Getty/National Geographic

Sperm concentration

In millions of spermatazoa per millilitre



© Mail Online

Global Assessment

of the State-of-the-Science of

Endocrine Disruptors

WHO/PCS/EDC/02.2



Centrum pro výzkum
toxických látek
v prostředí

IPCS
INTERNATIONAL PROGRAMME
ON CHEMICAL SAFETY

Edited by
Terri Damstra
Sue Barlow

Aake Bergman
Robert Kavlock

Glen Van Der Kraak

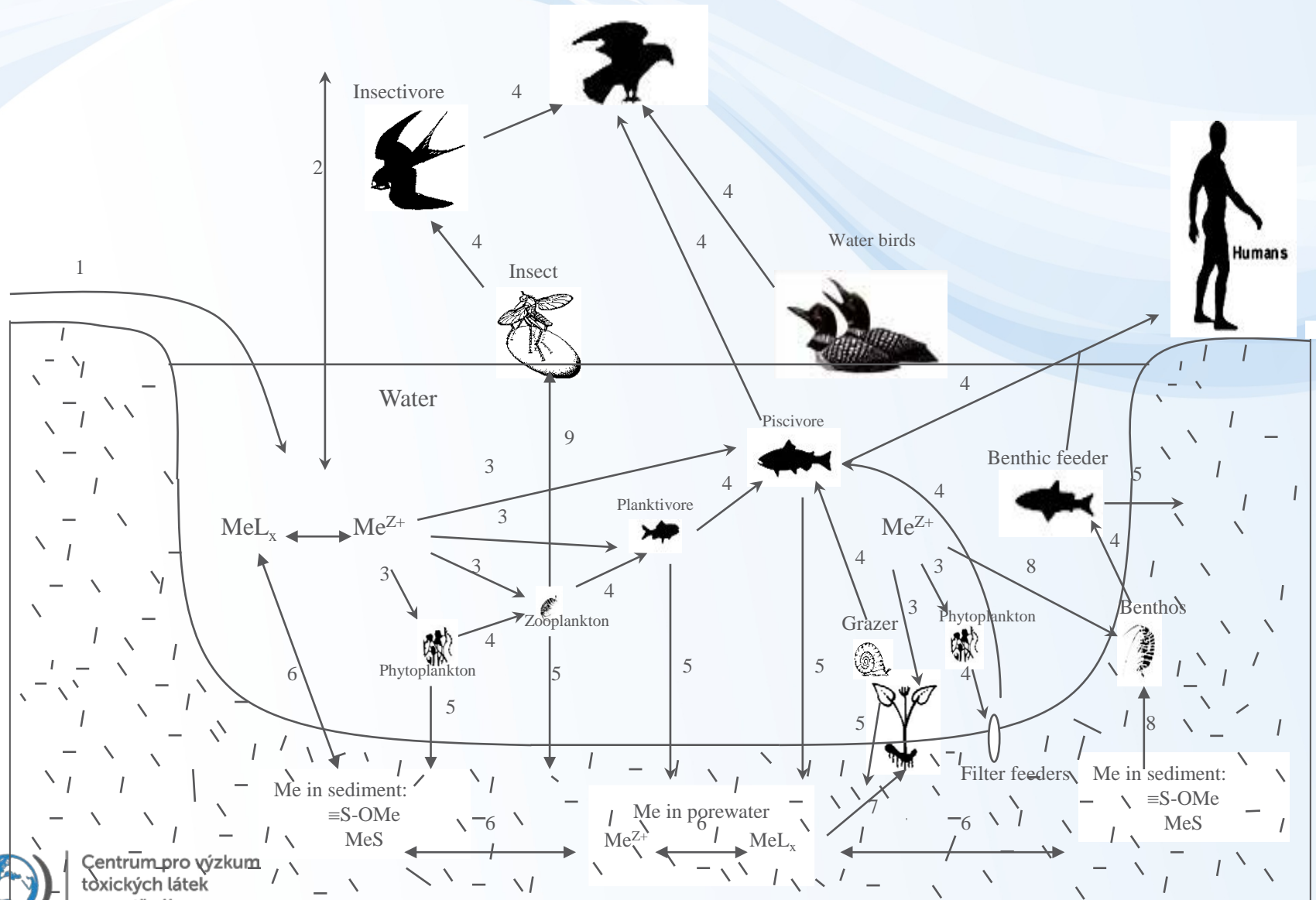


**Složitost (eko)systemu
= složité problémy a komplikace ...**

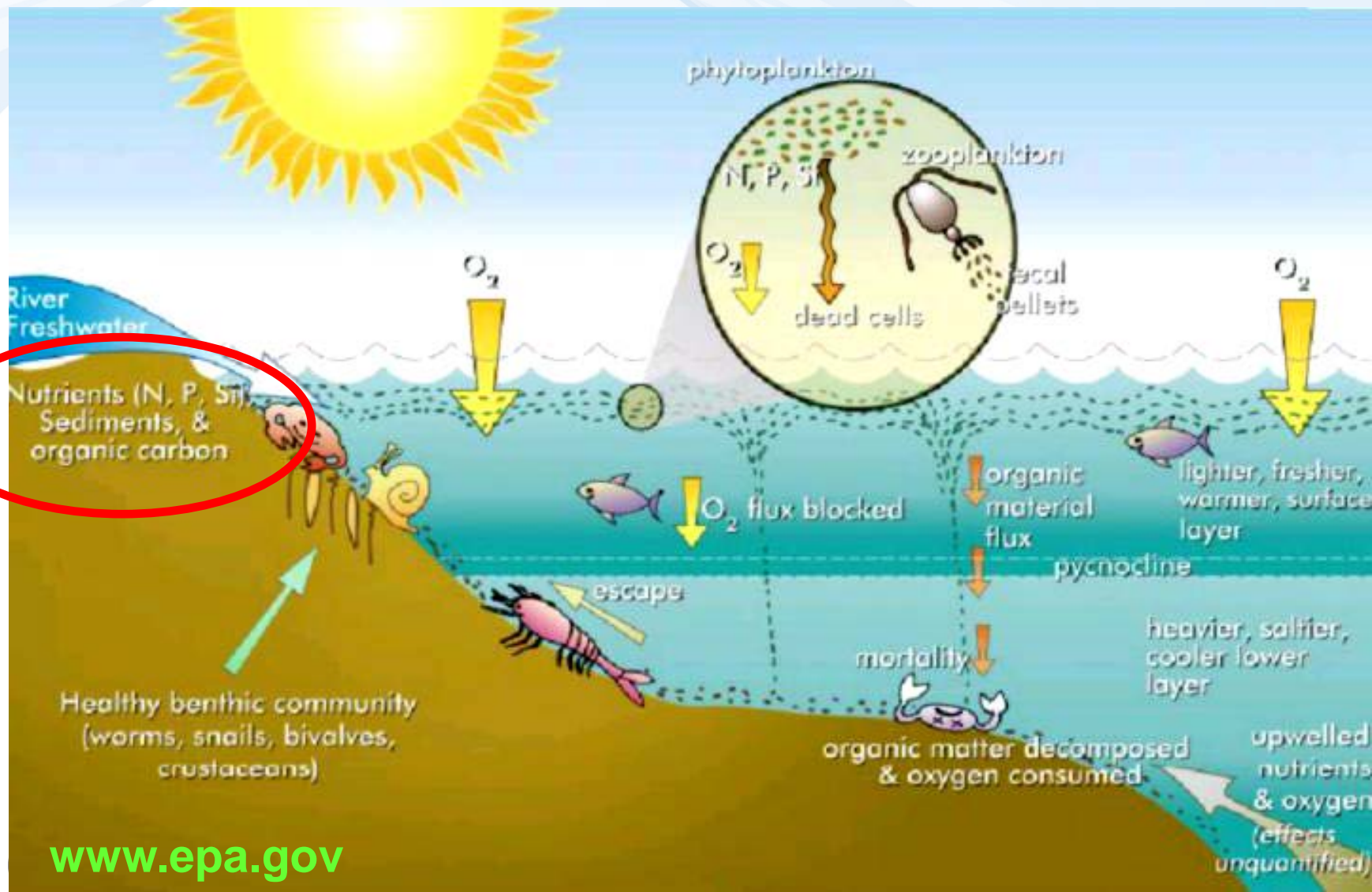


Skutečnost ...

Air



Nepřímé efekty „netoxického“ znečištění (živiny → toxické vodní květy)

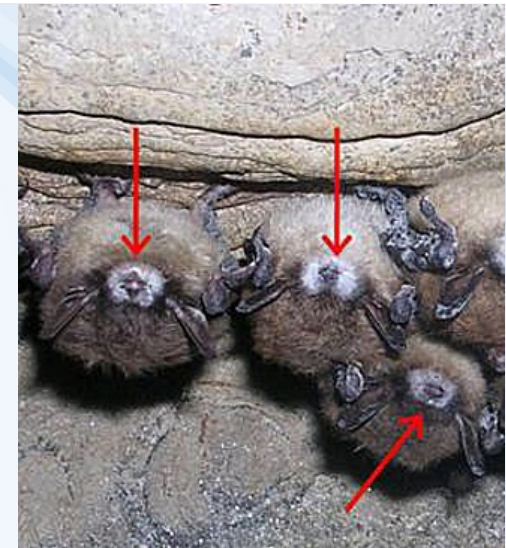
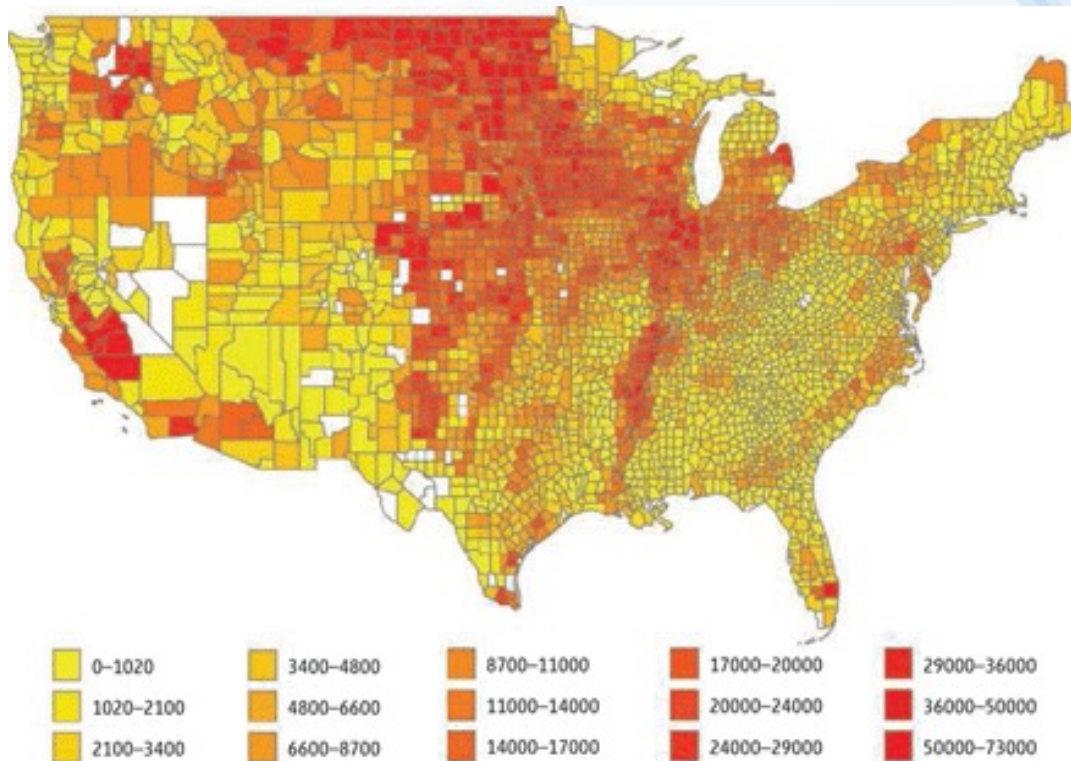


CONSERVATION

Economic Importance of Bats in Agriculture

Justin G. Boyles,^{1*} Paul M. Cryan,² Gary F. McCracken,³ Thomas H. Kunz⁴

Insectivorous bat populations, adversely impacted by white-nose syndrome and wind turbines, may be worth billions of dollars to North American agriculture.



Toxické látky - globální problém ?

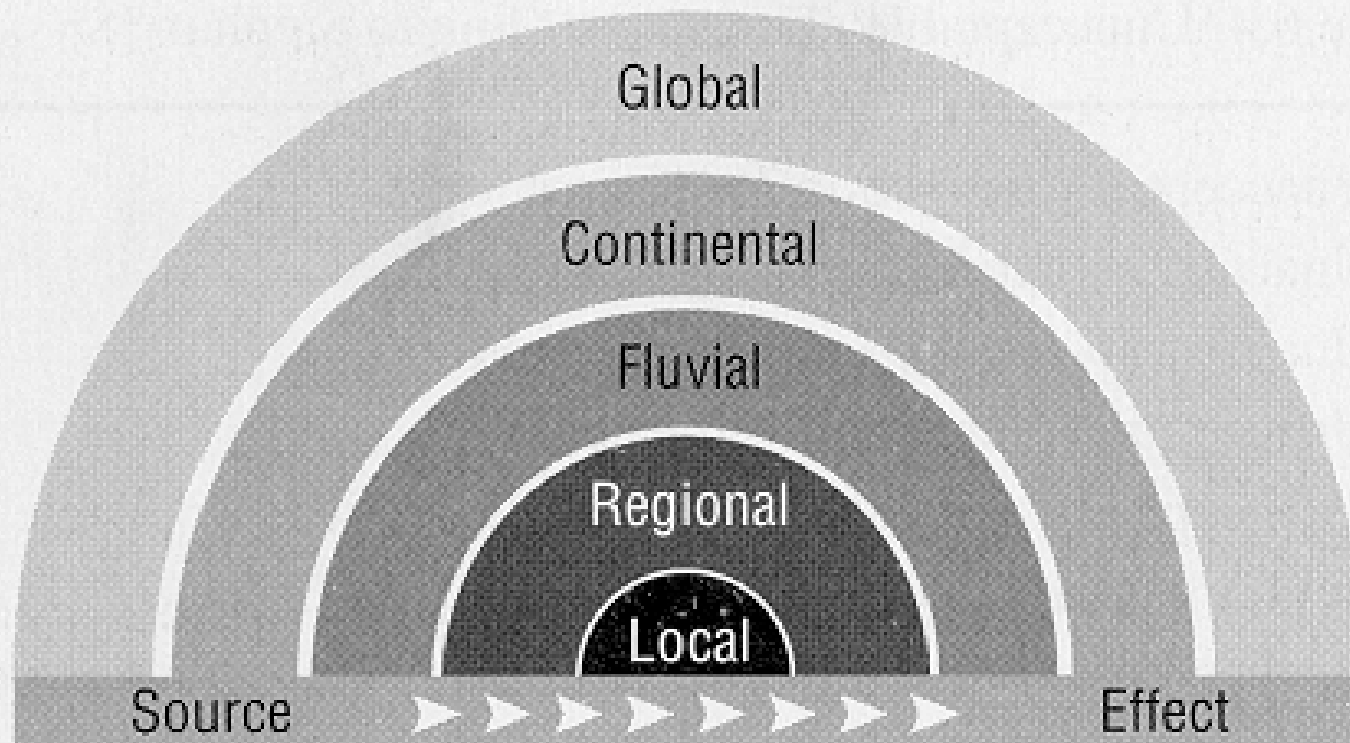


Figure 6.2. Five levels of scale at which environmental problems occur [9].



Propojenost globálních problémů

Promíchávání oceánů
-> fungování zeměkoule
[Nature 447, p.522, May 31, 2007]



Mořský život přispívá cca 50% k
mechanické energii nutné k
promíchávání oceánů !

[Dewar, Marine Res 64:541 (2006)]

[Katija a Dabiri, Nature 460:624 (2009)]

Nadřazený princip – Hodnocení Rizik (**RISK** Assessment, R.A.)

(**Eko**)toxikologie (= hodnocení účinků, nebezpečnosti = **HAZARD**) je jedním ze dvou ramen R.A.





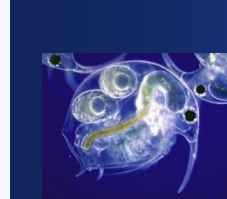
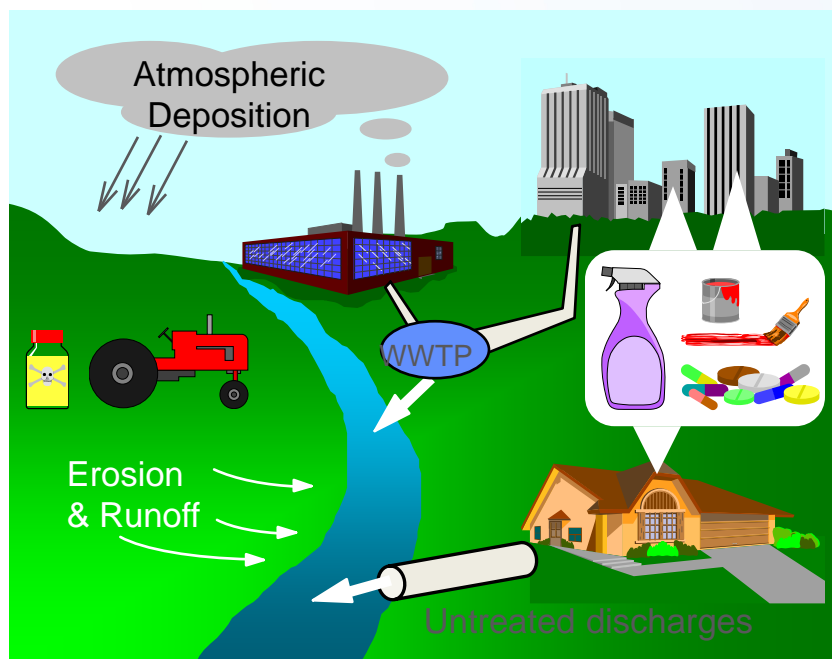
Příčina → Důsledek (Asociace vs Kauzalita)
Dávka → Účinek

Risk assessment = **Hodnocení rizik**

Expozice
(dávka)

Efekt

(Jaká expozice vyvolá efekt ?)



Laboratorní a polní studie
Ekotoxikologické testy



Centrum pro výzkum
toxických látek
v prostředí

Ekotoxikologie vs. Environmentální chemie

Environmentální chemie

- studuje **OSUD** a **HLADINY** (**EXPOZICE**) chemických látek v prostředí (odkud se berou, v jakých množstvích, kam "migrují", jaké jsou koncentrace v jednotlivých složkách prostředí – voda, půda, vzduch ...) + *navazující obory, zejm. env. analytická chemie*

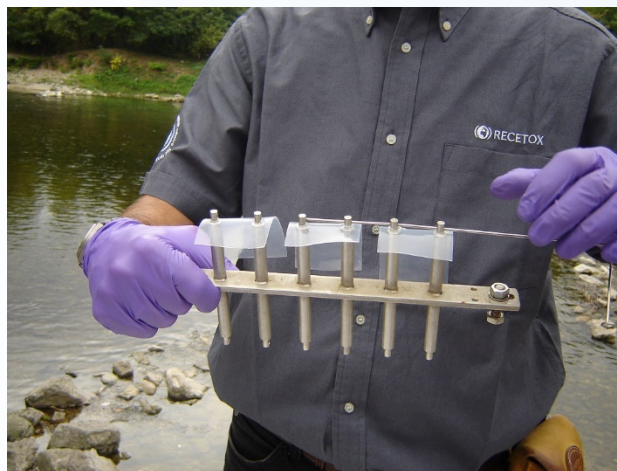
Ekotoxikologie

- studuje **ÚČINKY / EFEKTY (HAZARDS)** chemických látek (různé látky a jejich koncentrace, různé organismy, různé úrovně organismů
(molekuly, jedinci, populace ...)



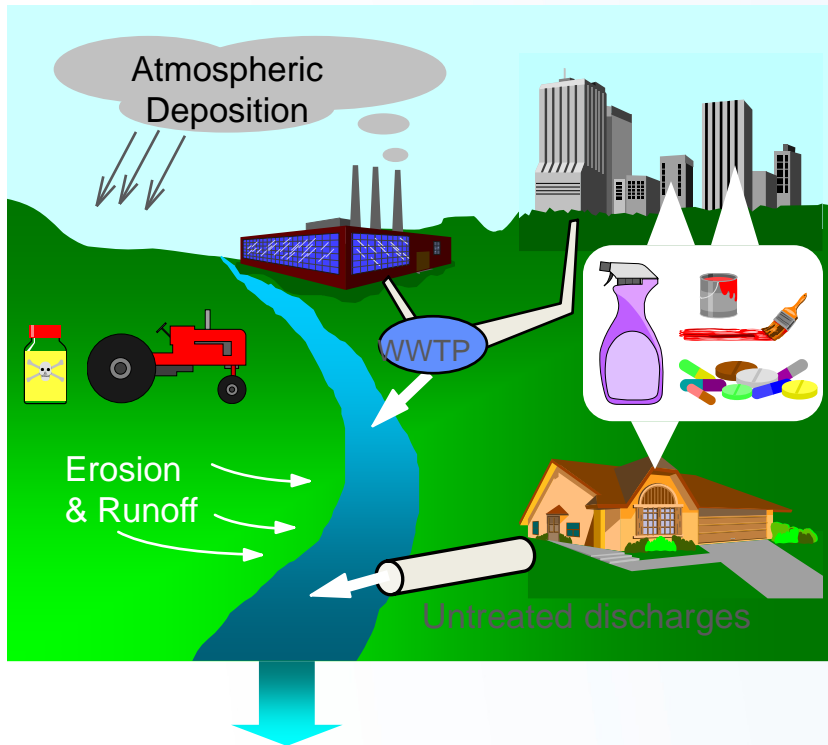
EXPOZICE

Jak se tyto látky měří? (v prostředí?, v krvi?)



Jak poznat dávku (expozici) ?

Expozice
(dávka)



- **Analytika kontaminantů**
životního prostředí
- **Modelování hladin**
kontaminantů



Které ze znečišťujících látek jsou **NEBEZPEČNÉ** (toxické)?

Jak odlišíme / řekneme o látce, že je toxická?



Definice bezpečnosti ?

Paracelsus (1493 - 1541)



'What is there which is not a poison?

- *All things are poison and nothing without poison.*
- *Solely the dose determines that a thing is not a poison.*



Toxicology – ultimate goal ?

To identify (or predict)
safe vs hazardous levels

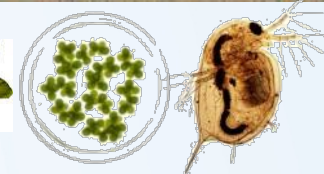
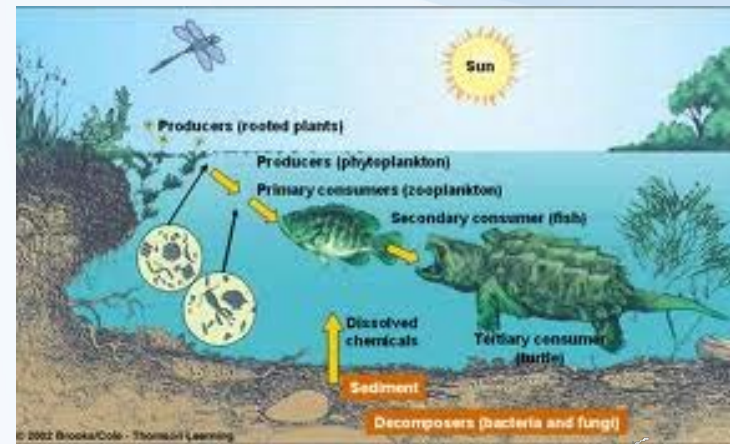


Assessment of chemical hazards

Toxicita je jistě důležitá ...
ale má význam zabývat se
(eko)toxicitou?

Humans
(TOXICOLOGY)

Organisms
(ECOTOXICOLOGY)



Co je ekotoxikologie ?



EKOTOXIKOLOGIE

- Věda studující toxické efekty v přírodě, u přírodních organismů, zejména efekty v populacích a společenstvech
(**nehumánní toxikologie**) [Truhaut 1979]

Věda studující efekty chemického (i ostatního stresu) v ekosystémech, **včetně efektů na člověka**

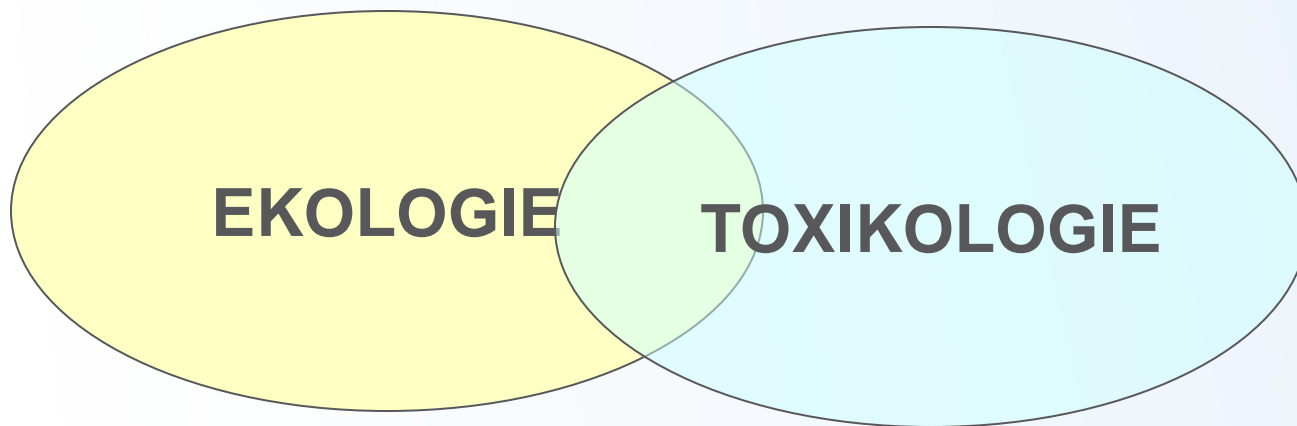
Hlavní cíle ekotoxikologie

- **poznání** interakcí mezi živými organismy a chemickými/toxickými látkami v prostředí na všech úrovních
- **využití poznatků pro racionální ochranu** živých organismů, jejich populací, společenstev a ekosystémů před chemickým znečištěním



Ekotoxikologie

Interdisciplinární vědní obor kombinující poznatky věd studujících ekosystémy (ekologie) a vědy studující interakce chemických látek s organismy (toxikologie)
= ekotoxikologie



Životní prostředí vs. ekosystémy

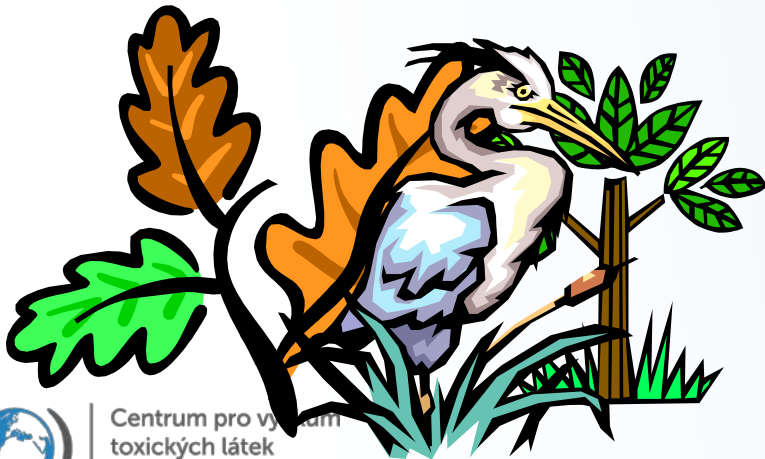
Mezi oběma pojmy neexistují jasné hranice

Životní prostředí

Rozumí se zpravidla životní prostředí člověka
(*tj. vše co ho obklopuje - pracovní prostředí, životní styl
a potrava, příroda = ekosystémy*)

Ekosystémy

Heterogenní systém tvořený abiotickou a biotickou složkou



ČLENĚNÍ EKOTOXIKOLOGIE dle ekosystémů

Akvatická ekotoxikologie

- “klasická” ekotoxikologie - voda = dobré médium, první experimenty v ekotoxikologii - akvatické prostředí
- autotrofové (*řasy, vyšší rostliny*), živočichové (*korýši, larvy hmyzu, ryby*), bakterie ...

Terestrická ekotoxikologie

- efekty toxikantů v suchozemském prostředí, les / pole / louka ...
- půda a její funkce / bakterie a další dekompozitoři (*žížaly, larvy hmyzu ...*)
- terestrické rostliny a vyšší živočichové (*včely, ptáci, hlodavci = rodents, zvěř obecně = wildlife*)

Environmentální humánní toxikologie



Ekotoxikologie je interdisciplinární obor

= ekotoxikolog se musí orientovat v řadě oblastí

- vědní obory vztahující se k **ekotoxikologii**
- charakteristiky **obecné vědecké práce**
- **právní aspekty** problematiky životního prostředí



Ekotoxikologie vs. Toxikologie

Toxikologie	Ekotoxikologie
Cílem chránit člověka před toxickými látkami	Cílem chránit populace mnoha druhů
Vždy vychází ze zvířecích modelů (testování na člověku ?)	Může využít přímého testování citlivosti druhů
Člověk je dobře charakterizován – menší chyby při extrapolacích	Jednotlivé druhy jsou velmi rozdílné – míra nejistoty při extrapolacích velká
Testovací organismy i člověk jsou teplokrevní – dobrá predikce účinků	Mnoho chladnokrevných živočichů, mnoho rostlin !, bakterií !
Jednoduché dávkování a měření toxicity (výsledek LD50)	Nejednotné dávkování (vnější, vnitřní), koncentrace ve vnější vodě není stejná s dávkou v těle ...
Dobře charakterizované mechanismy působení	Méně informací o biochemických mechanismech
Dobře standardizované testovací metody	Mnoho metod, málo standardních, ? predikce efektů v ekosystémech ?



Ekotoxikologie vs. Ekologie

Ekologie	Ekotoxikologie
Velmi široký záběr (vztahy mezi organismy navzájem a organismy a prostředím)	Zúžený zájem – organismy vs. prostředí, resp. negativní vlivy změn prostředí (vyvolané člověkem)
Studuje spíše "fyziologické" (přirozené) stavy - vlivy běžných faktorů prostředí – teplota, vlhkost, světlo	Studuje nefyziologické stavy – nepřirozené látky v prostředí, nadměrné působení fyzikálních stresorů (hluk, záření, stavby ...)
Ekologie vychází z polních (ekologických) studií	Více informací o jednotlivých druzích, polní studie v omezeném množství, často nejednoznačné výsledky



Jak uvažují obyčejní ekotoxikologové?



Hlavní teze ochrany před toxickými látkami:

- Rozlišíme bezpečné a nebezpečné chemické látky a bezpečné budeme používat
- Nebezpečné budou zakázány

Problémy (řeší ekotoxikologové a navazující=politika)

? Odlišení bezpečných látek od nebezpečných
(EKOTOXIKOLOGIE)

? Zákaz nebezpečných chemických látek – ekonomické a společenské dopady



KONCEPT EKOTOXIKOLOGIE

Život se odehrává na různých úrovních organizace
= molekuly/buňky - populace/ekosystémy

Na každé úrovni se realizují základní biologické funkce
= růst / rozmnožování / interakce / metabolismus

Cíle ekotoxikologie:

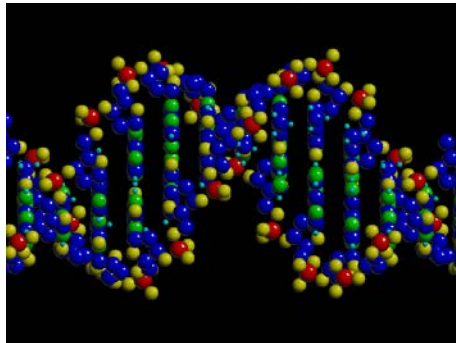
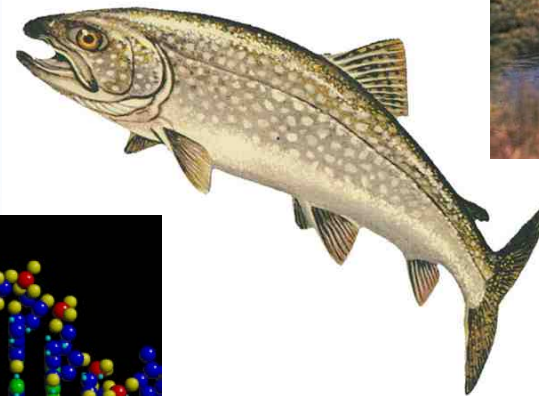
- 1) poznání interakcí mezi životem a chemikáliemi
... účinky na všech úrovních (mol-biol → populace →)
- 2) využití poznatků pro racionální ochranu ekosystémů



Ekotoxikologické výsledky vs. realita (ekosystémy?)

1/přesnost (Nepřesnost)

**! NUTNÉ JSOU
MODELY / EXTRAPOLACE**



Ekologická relevance



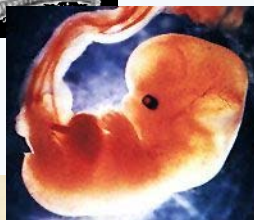
Chemikálie v prostředí



Hladiny, osud, procesy



Biodostupnost



Chemikálie v organismu
biomonitoring



Toxikokinetika

Biotransformace, bioaktivace, metabolismus, vylučování ...

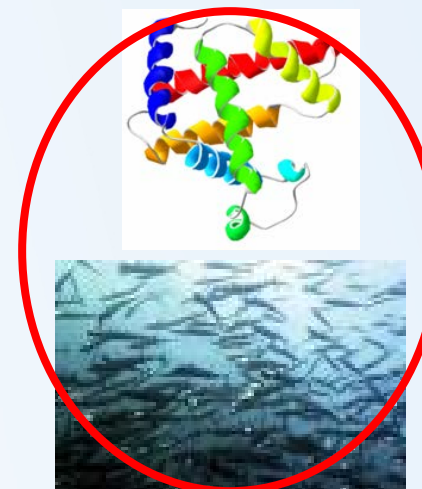
Cílové místo

“Efekt”

“Expozice”

akutní

chronická



Ecotoxic effects

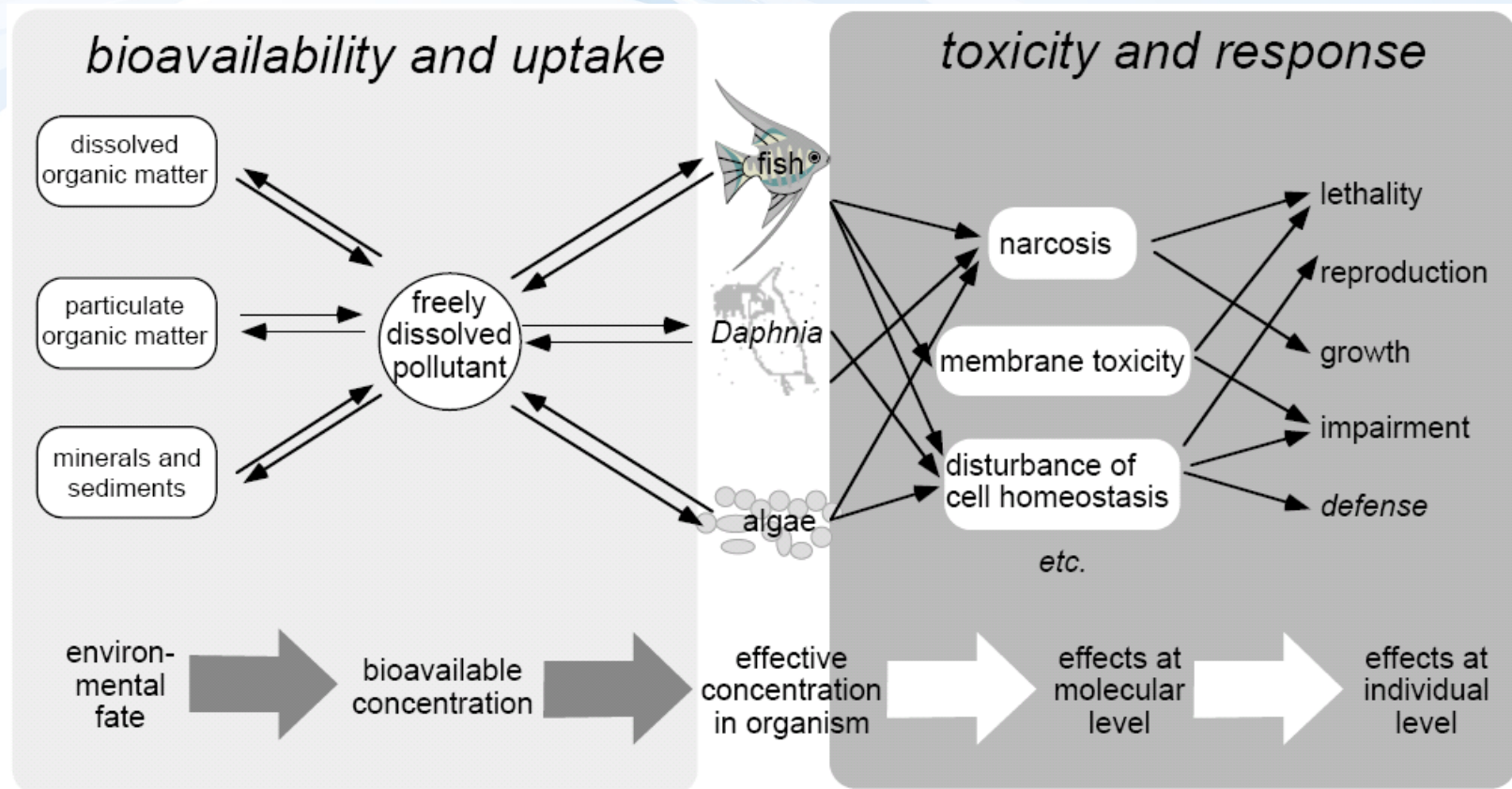


Figure 1 The effective concentration of a pollutant in an organism (e.g. fish, daphnia, algae) or at the target site inside the organism is the link between the environmental fate of a pollutant and its toxic effect.

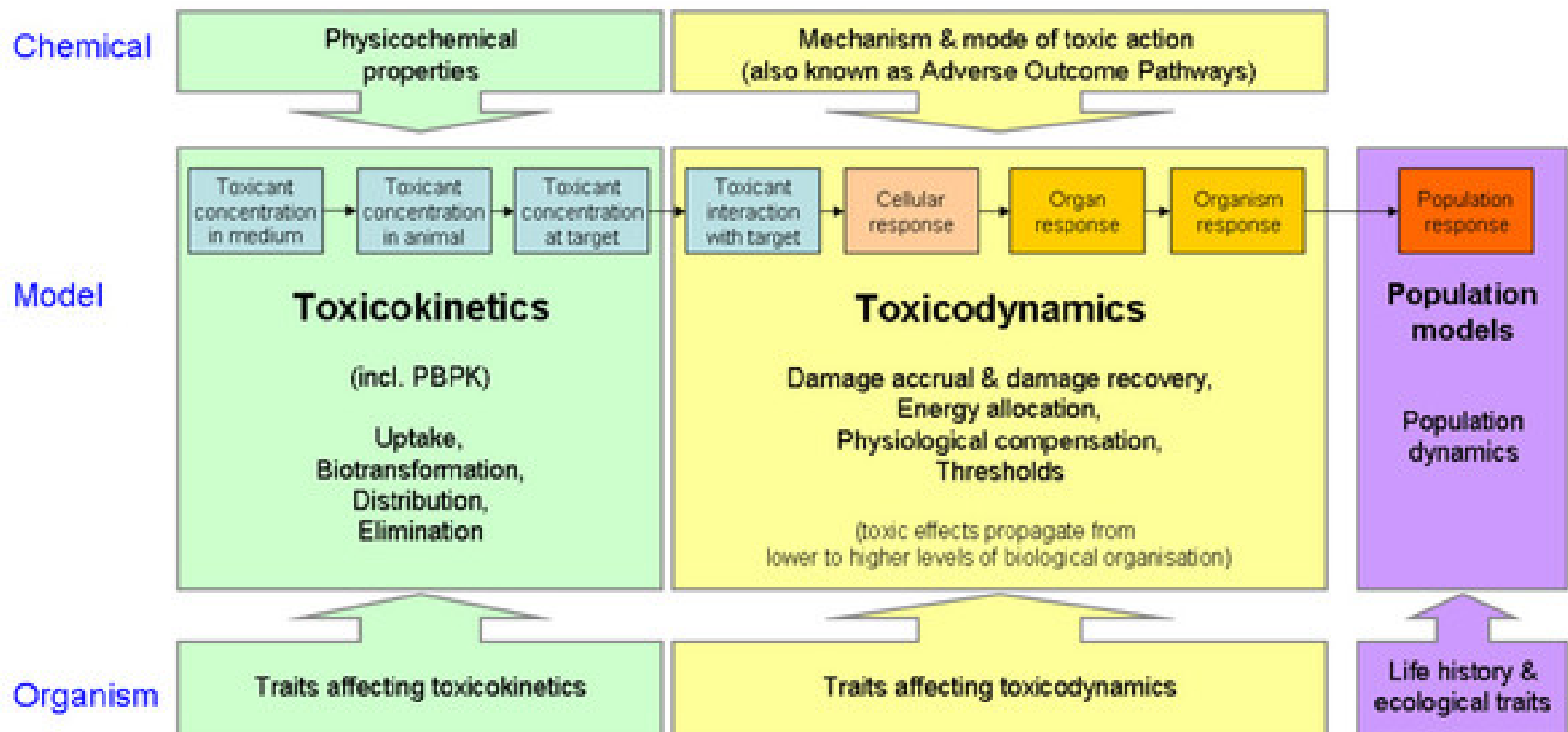
Escher, B. I., Behra, R., Eggen, R. I. L., Fent, K. (1997), "Molecular mechanisms in ecotoxicology: an interplay between environmental chemistry and biology", *Chimia*, **51**, 915-921.



From molecules to individuals → to populations

ADVERSE OUTCOME PATHWAYS

Mechanistic effect models for ecotoxicology



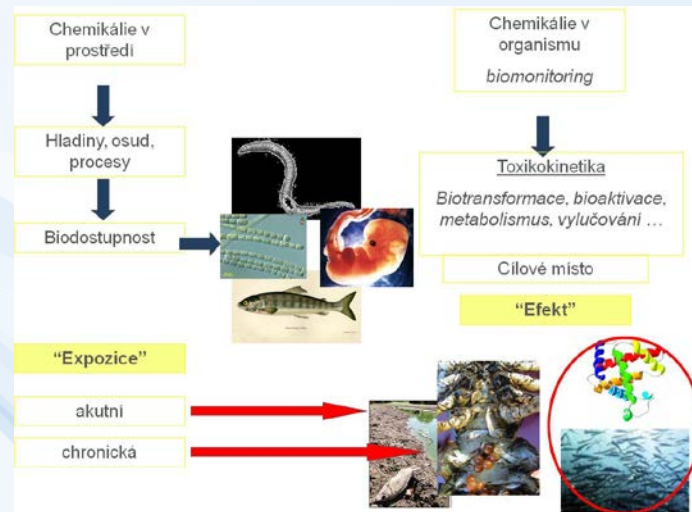
→ Arrows indicate a causal relationship

See also: Ashauer & Escher *JEM* (2010), Rubach *et al. IEAM* (2011), Jager *et al. ES&T* (2011), Ashauer *et al. ET&C* (2011)

www.ecotoxmodels.org

Schéma přednášky

1. **Chemické látky** v prostředí - vlastnosti, osud, skupiny a typy
2. Vstup látek a osud v organismu - ADME, **toxikokinetika**
3. Interakce chemických látek s životem na různých úrovních (**toxikodynamika**):
 - Molekulární → Organismus → Společenstvo
4. **Metody v ekotoxikologii** (biotesty)
5. Ekotoxikologie a **praxe –hodnocení rizik, příklady**
6. Shrnutí a **novinky**
 - přehled chemických látek
 - Nanomateriály, výpočetní (eko)toxikologie



Krátká historie chemického věku



Krátká historie chemického věku

Chemický věk - odhady pro současnost:

- užívá se ~ 70 000 různých umělých chemikálií
- každý rok 200-1000 nových chemikálií uvedeno na trh

Od pradávna - člověk produkuje ODPAD:

- pravěk/starověk/středověk - vypouštění/ukládání přímo do vodních toků/jezer/moří, nebo do jám a na skládky, spalování přímo v sídlech
- větší komunity - problém: př. Atheny 500 př.Kr. - zákon o možnosti ukládání odpadu pouze mimo zdi města
- ! složení odpadu - přírodní / přirozená degradace ...

Průmyslová revoluce:

- stěhování lidí do měst - velká centra/problém s odpady i znečištěním prostředí



Krátká historie chemického věku

Průmyslová revoluce

- první informace o znečištění - používání uhlí, př. Londýnský doktor Percival Pott již v polovině 18. století poznal souvislost mezi vzrůstem rakoviny a znečištěním ovzduší
- na počátku 20.stol. - uvedení nafty a její rafinace -> nové látky pro průmysl (PCBs, CFCs ...)
- v 20. letech - zavedení olova jako antidetonátoru do motorů
- 1913 - první velkovýroba umělých dusíkatých hnojiv
- velkou skupinou biocidy - zejm. pesticidy a herbicidy - př. DDT, problémy s nespecifitou (zabíjení „necílových“ organismů) a nepředvídatelnými efekty
- další rozvoj průmyslu od konce II. světové války - podstatné zvýšení produkce těžkých kovů (Hg, Cd ...), př. Hg - Minamata



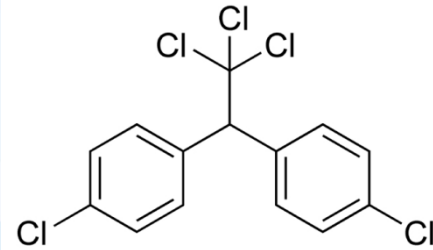
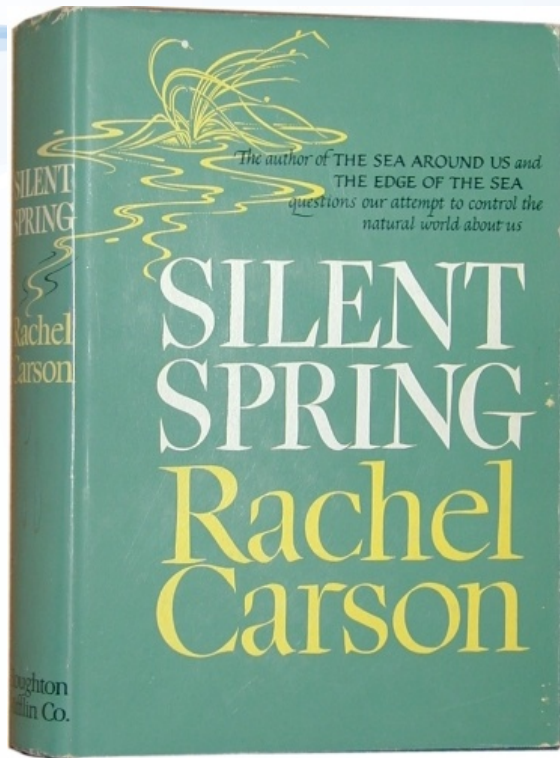
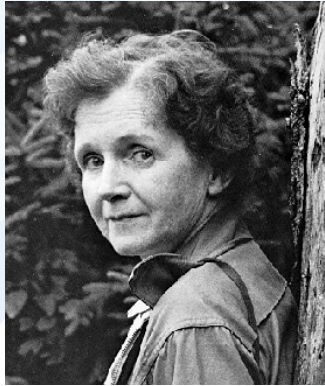
Krátká historie chemického věku

1962 - Rachel Carson: The Silent Spring

- kniha upozorňující na škodlivé efekty pesticidů na ptačí populace a další environmentální problémy (odpady, jejich špatný management ...)
- od 60. let zlepšení nakládání s odpady - skládkování (*landfilling*) / monitorování toxického odpadu
- nové technologie - vysokotepeelné spalování (*high-temperature incineration*)



1962



"DDT is good for me-e-e!"

The great expectations held for DDT have been realized. During 1946, exhaustive scientific tests have shown that, when properly used, DDT kills a host of destructive insect pests, and is a benefactor of all humanity.

Pennsalt produces DDT and its products in all standard forms and is now

one of the country's largest producers of this amazing insecticide. Today, everyone can enjoy added comfort, health and safety through the insect-killing powers of Pennsalt DDT products . . . and DDT is only one of Pennsalt's many chemical products which benefit industry, farm and home.

GOOD FOR STEERS—Beef grows healthier nowadays . . . for it's a scientific fact that—compared to untreated cattle—beef steers gain up to 50 pounds extra when protected from horn flies and many other pests with DDT insecticides.

KEEP FOR THE HOME—helps you to make healthier, more comfortable homes . . . protects your family from dangerous insect pests. Use Knox-Out DDT Powders and Sprays as directed . . . then watch the bugs "bite the dust!"

GOOD FOR FRUITS—Bigger apples, juicier fruits that are free from smugly worms . . . all benefits resulting from DDT dusts and sprays.

KEEP FOR DAIRIES—Up to 20% more milk . . . more butter . . . more cheese . . . tests prove greater milk production when dairy cows are protected from the annoyance of many insects with DDT insecticides like Knox-Out Stock and Barn Spray.

GOOD FOR ROW CROPS—25 more barrels of potatoes per acre . . . actual DDT tests have shown crop increases like that! DDT dusts and sprays help truck farmers pass these gains along to you.

KEEP FOR INDUSTRY—Food processing plants, laundries, dry cleaning plants, hotels . . . dozens of industries gain effective bug control, more pleasant work conditions with Pennsalt DDT products.

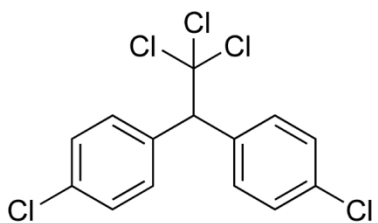
PENN SALT
CHEMICALS
87 Years' Service to Industry • Farm • Home

PENNSYLVANIA SALT MANUFACTURING COMPANY
WIDENER BUILDING, PHILADELPHIA 7, PA.

Bitman et al. *Science* 1970, 168(3931): 594

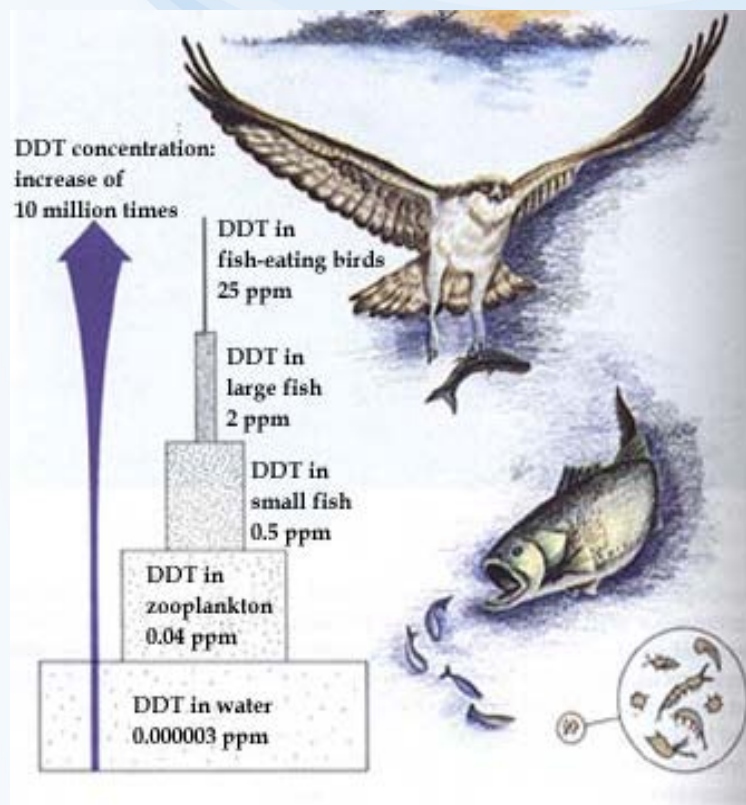


Biochemie:
ptačí karbonátdehydratáza



In situ: bioakumulace
-> úbytek populací ptáků

In vivo: měknutí vajíček



Krátká historie chemického věku

Od 70-80. let 20. století do současnosti

- problém chem. látek reflektován ve společnosti
- různé legislativy – bezpečnost chemických látek
- růst odpovědnosti za ŽP ve vyspělých společnostech

- REALITA

- Komplikované vyjednávání / společenská, politická shoda
- Reálně zákaz několika málo chemikálií

(POPs, freony, Pb v benzínu, některé ftaláty ...)

Současné aktivity v EU (například)

- Green Deal framework
- hbm4eu.eu
- Léčiva v prostředí
- Karcinogeny v pracovním prostředí



Centrum pro výzkum
toxických látek
v prostředí

HBM4EU science and policy for a healthy future

COORDINATING AND ADVANCING HUMAN BIOMONITORING IN EUROPE TO PROVIDE EVIDENCE FOR CHEMICAL POLICY MAKING

SHRNUTÍ - otázky

Mohou chemické látky vyvolávat problémy na globální úrovni? Jaké například?

Jaké další nejvýznamnější globální problémy lidé identifikovali?

Co je ekosystém? Uveďte alespoň 3 příklady.

Co je ekotoxikologie? Co je toxikologie?

Jaké jsou hlavní směry (velké oblasti) v rámci ekotoxikologie?

Kdo je ekotoxikolog? Co by měl znát? Co by měl dělat?

Jak se pozná nebezpečná látka od bezpečné? Uveďte příklad.

Jaké bude mít důsledky, pokud bude zakázáno používání ftalátů, které se používají jako měkčící příměs do plastů? Uveďte nejružnější důsledky jak pro prostředí, tak i pro lidskou společnost.

Co je to hodnocení rizik?

Co se rozumí pod pojmem hodnocení expozice v rámci hodnocení rizik?

Jakým způsobem lze vyhodnotit expozici toxickým kovem (např. Hg)?

Jakým způsobem lze vyhodnotit expozici PCB, které jsou v rybím mase?

Odkdy a proč jsou chemické látky v prostředí problémem pro lidskou společnost a prostředí? Uveďte příklady „historických“ problémů.

U kterých chemikálií byly poprvé prokázány účinky na organismy v prostředí? Jaké účinky to byly?

