

# CHEMIE ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ I

Environmentální procesy

(11)

Environmentální biotické rovnováhy

Ivan Holoubek

**RECETOX, Masaryk University, Brno, CR**

**holoubek@recetox.muni.cz; <http://recetox.muni.cz>**

# (11) Environmentální biotické rovnováhy

Biotické environmentální rovnováhy.

Bioakumulace.

Bioobohacování, příjem potravou, příjem ze sedimentů,  
kombinovaný příjem z vody, potravy a sedimentů.

Akumulace v terestrických rostlinách, příjem kořeny, foliární  
příjem.

Akumulace v terestrických bezobratlých.

# Bioakumulace

## Bioakumulace, biokoncentrace, bioobohacování

Chemické látky mohou kontaminovat biotu různými cestami – z ovzduší, vody, sedimentů, půd a tento proces závisí na environmentálních a fyziologických faktorech.

### Možnosti kontaminace:

- ↪ savci – z ovzduší
- ↪ ryby – z vody (kontaminace vody přímo vypouštěním, nepřímo z ovzduší, půd či sedimentů)
- ↪ terestrické organismy – z půdy
- ↪ terestrické rostliny – ovzduší, půda
- ↪ akvatické rostliny – voda, sedimenty
- ↪ všichni konzumenti – prostřednictvím potravy

# Bioakumulace

## Bioakumulace ve vodním prostředí

Pro řadu vodních organismů je příjem z vody a eliminace do vody hlavním cestou příjmu chemických látek.

Biokoncentrace je pak výsledkem procesu příjmu a eliminace látky.

Proces příjmu – existuje několik procesů vedoucích k příjmu chemické látky organismem.

Každý z nich zahrnuje přechod látky přes buněčnou membránu.

# Bioakumulace

Hlavní proces pro většinu organických látek a některé kovy a organokovové sloučeniny – pasivní difuze, dalšími procesy jsou filtrace, aktivní transport, difuze.

Řídící silou pro příjem je rozdíl fugacit mezi vodou a organismem.

Obvykle je pasivní difuze řízena koncentračním gradientem.

Výstižnější popis bioakumulace je pomocí fugacity.

# Bioakumulace

**Organismus obvykle má vyšší kapacitu pro ukládání xenobiotik na jednotku objemu než voda:**

- ↪ některé kovy se váží na bílkoviny jako je metallothionein
- ↪ organické látky jsou ukládány v lipidech
- ↪ organokovy mohou být ukládány v lipidech nebo proteinech

Fugacity látky je poměr koncentrace k ukládací kapacitě.

Koncentrace látky ve vodě je obvykla malá - ukládací kapacita (rozpustnost) je malá, zatímco fugacita je relativně velká.

# Bioakumulace

Koncentrace v organismu je na počátku procesu relativně malá, během procesu příjmu koncentrace v organismu narůstá, ale díky vysoké ukládací kapacitě fugacita látky v organismu je relativně nízká.

Látka je transportována z místa z vyšší fugacitou do místa z nižší fugacitou pasivní difuzí.

Kvantitativní popis však častěji využívá koncentrací než fugacit.

# Bioakumulace

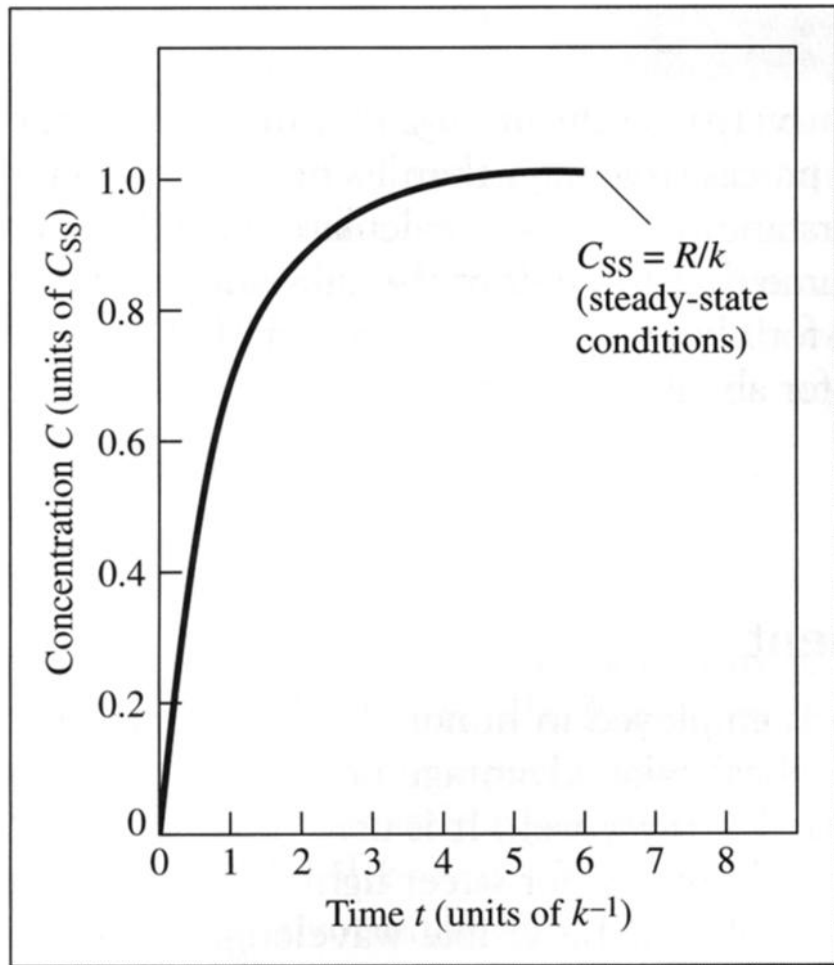


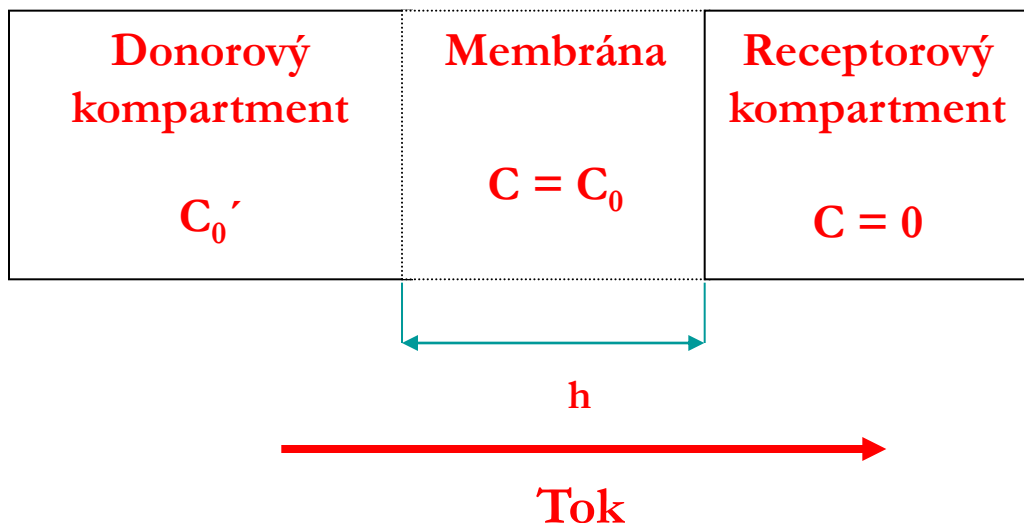
Figure 7-1  
Increase in metal concentration with time to reach the steady-state value,  $C_{ss}$ .



# Bioakumulace

## Pasivní difuze

Jeden z nejdůležitějších příjmových mechanismů látek – přechod přes lipidní fázi membrán může definován **Fickovými zákony**



# Bioakumulace

Je-li koncentrační gradient konstantní, rovnovážný tok  $F$  je dán vztahem:

$$F = (D * C_0) / h$$

**Koeficient difuze**

**Síla membrány**

**Koncentrace na povrchu membrány z donorové strany**

Na receptorové straně – účinná  $C = 0$

$$C_0 = K * C_0'$$

**Rozdělovací koeficient**

# Bioakumulace

$C_0'$  je známa, pak:

$$F = (K * D * C_0') / h$$

Koeficient permeability  
[cm.s<sup>-1</sup>]

$$P = K * D$$

Je-li difuze látky 1. řádu, pak koncentrace  $C'$  v donorovém kompartmentu objemu  $V$  je dána vztahem:

$$C' = C_0' * e^{(D * K * t / h * V)}$$

# Bioakumulace

**Koeficient difuze** může být vyjádřen jako funkce parametrů vyjadřujících vlastnosti difundující látky (poloměr molekuly  $r$ , molekulová hmotnost..):

$$D = \text{konst.} / r$$

$$D = \text{konst.} / (MH)^{1/2}$$

$$P = (K * \text{konst.}) / (MH)^{1/2}$$

- ↪ existuje přímý vztah mezi příjmem a rozdělovacím koeficientem
- ↪ hydrofóbnější látky mají vyšší tendenci k pohybu přes biologické membrány
- ↪ když je rychlost absorpce řízena rozdělovacím koeficientem látky, pak tendence kyselin či bazí je ovlivňována jejich  $pK$  a  $pH$ .

# Bioakumulace

## Proces eliminace

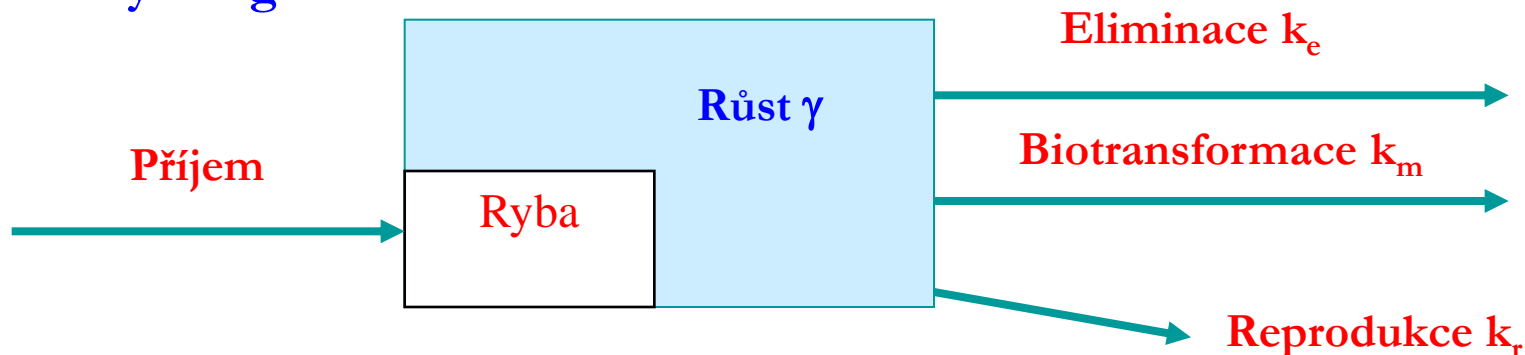
Analogicky procesu příjmu i proces eliminace látky z organismu je řízen převážně pasivní difuzí a aktivním transportem.

Většina hydrofóbních látek je pasivní difuzí vylučovány do vody nebo výkalů.

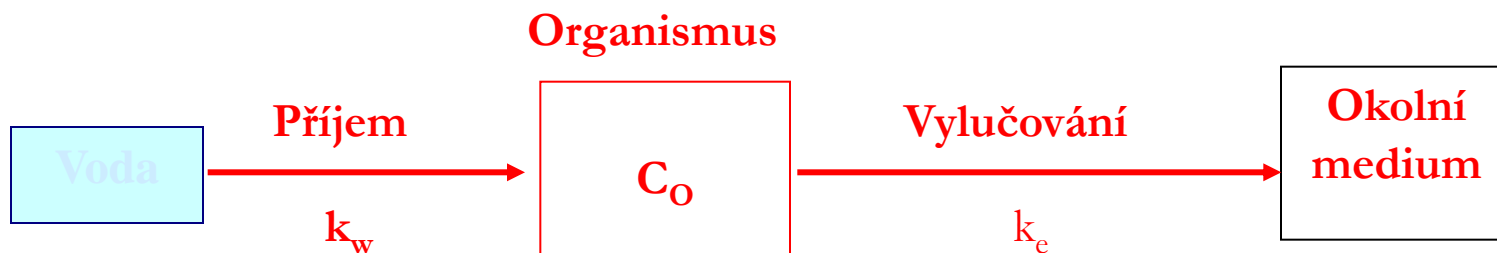
Koncentrace látky je rovněž zřed'ována procesem růstu organismu.

Další možný proces je kojením nebo transferem látky do vajíček.

Biotransformace, zvláště u hydrofilnějších látek je dalším procesem eliminace látky z organismu.



# Bioakumulace



**Rychlost změny (nárůst, pokles) látky ve vodním organismu v čase je dán vztahem:**

$$dC_O / dt = k_w * C_w - k_e * C_O$$

**Kde:**

$C_w$  – koncentrace látky ve vodě [mol.l<sup>-1</sup>]

$C_O$  – koncentrace látky v organismu [mol.kg<sup>-1</sup>]

$k_w$  - rychlostní konstanta příjmu [l.kg<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>]

$k_e$  - rychlostní konstanta eliminace [l.d<sup>-1</sup>]

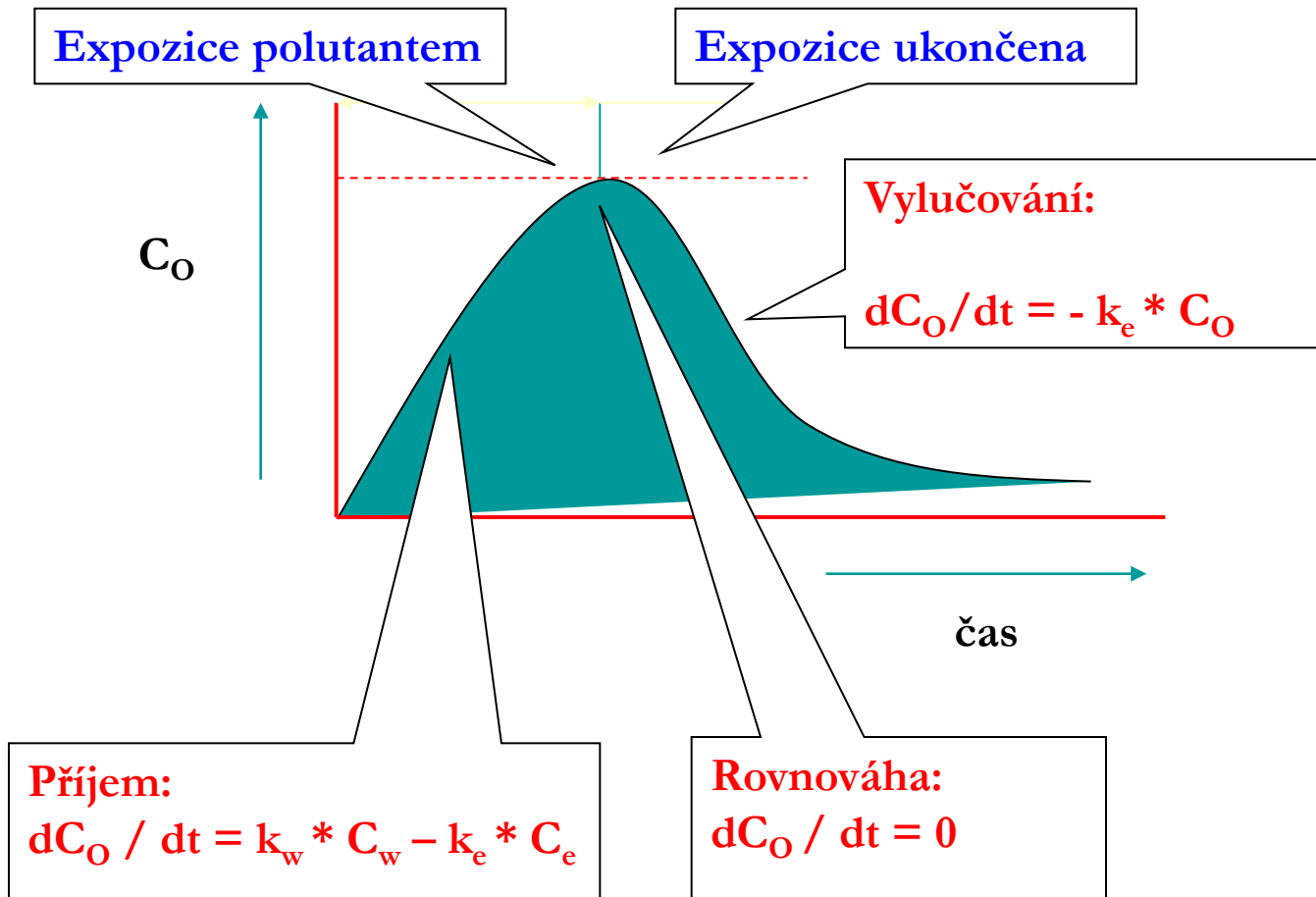
# Bioakumulace

Konstanty  $k_w$  a  $k_e$  nezávisí na koncentraci látky ve vodě a organismu, ale závisí na organismu a vlastnostech látky.

Pokud je organismus kontinuálně exponován danou látkou ( $C_w$  je konstantní), integrací po počáteční podmínky  $C_0 = 0$  a  $t = 0$ , pak  $C_0$  v čase  $t$ :

$$C_0 = (C_w * k_w) * (1 - e^{-k_e * t}) / k_e$$

# Příjem a vylučování látek vodním organismem





# Bioakumulace

V rovnováze se tedy příjem rovná vylučování:

$$\begin{aligned}dC_O / dt = 0 &= k_w * C_w - k_e * C_O \\ K_w * C_w &= k_e * C_O\end{aligned}$$

Když je expozice polutantem ukončena pak:

$$K_w * C_w = 0$$

Pak vylučování:

$$dC_O / dt = - k_e * C_O = C_{O0} * e^{-k_e * t}$$

# Bioakumulace

**Biologický poločas života ( $t_{1/2}$ ) v organismu – čas potřebný ke snížení koncentrace v organismu na polovinu:**

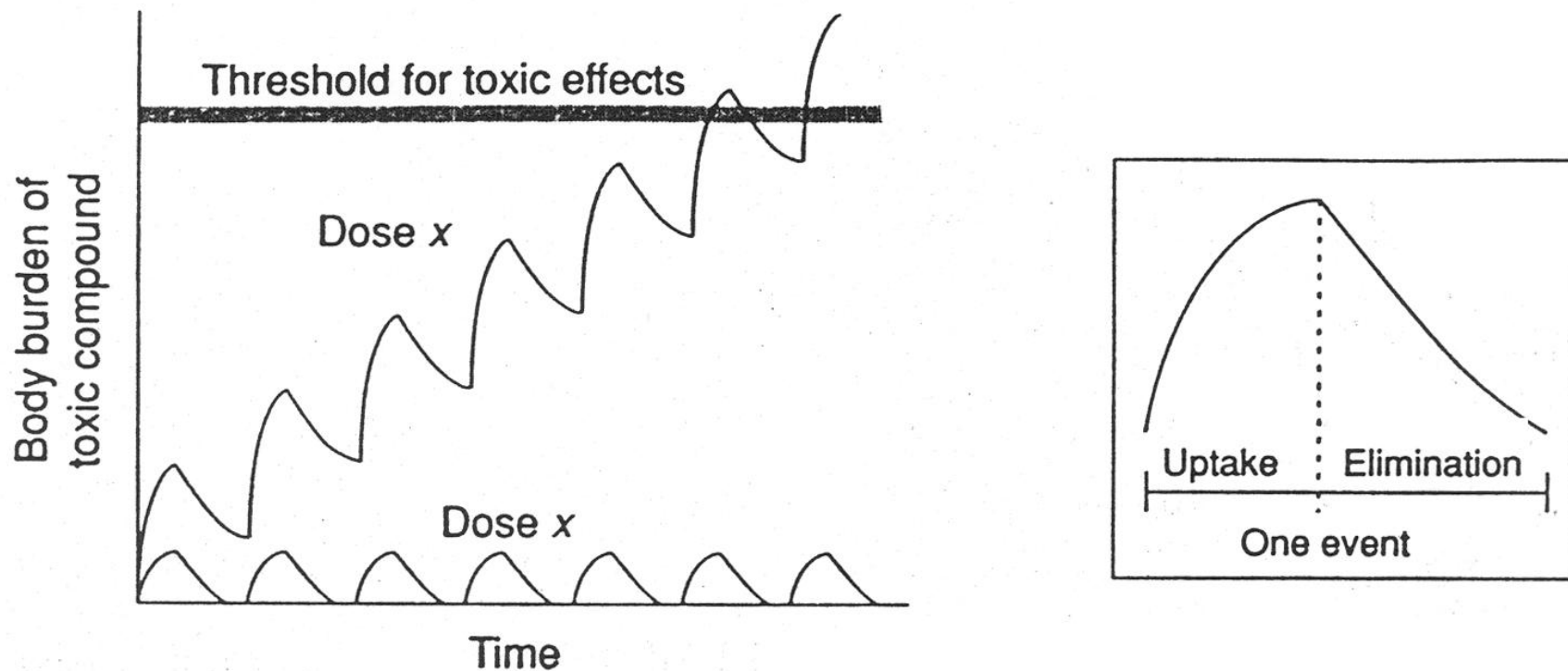
$$t_{1/2} = 0,693 / k_e$$

**Bioakumulační faktor (BCF) – v rovnováze (po nekonečně dlouhé expoziční době) pokud je  $dC_O/dt = 0$  platí:**

$$BCF = C_O / C_w = k_w / k_e$$

$$\log BCF = n * \log K_{OW} + b$$

# Bioakumulace



**FIGURE 5-5**

Effect of dose fractionalization on accumulation of a toxic compound.

# Bioakumulace

## Vztah mezi BCF a $\log K_{ow}$

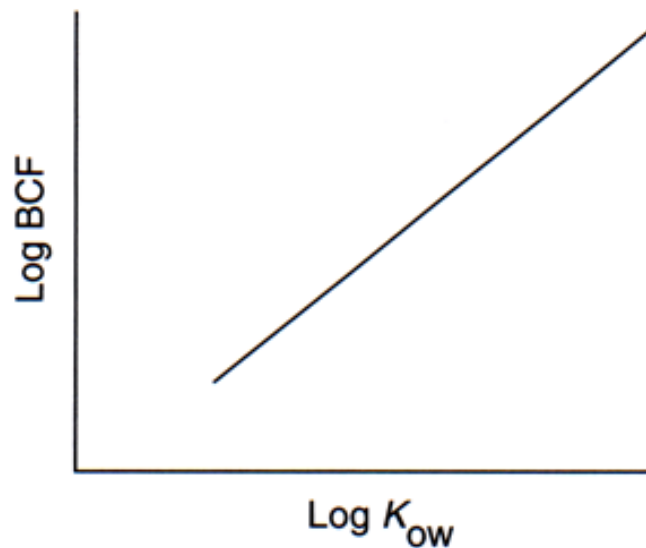


FIGURE 4.1 *Relationship of BCF to  $\log K_{ow}$ .*

# Bioakumulace

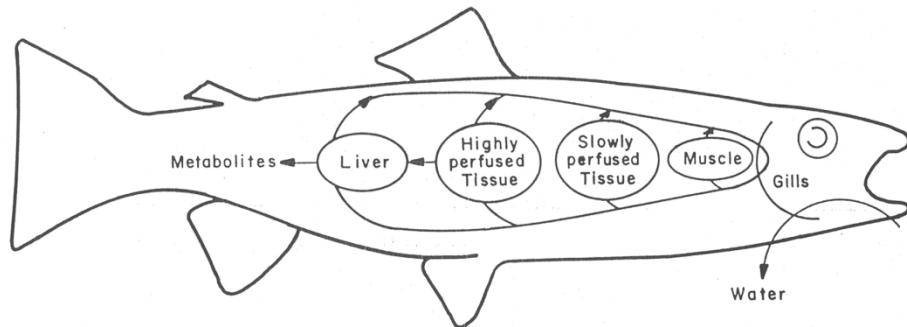
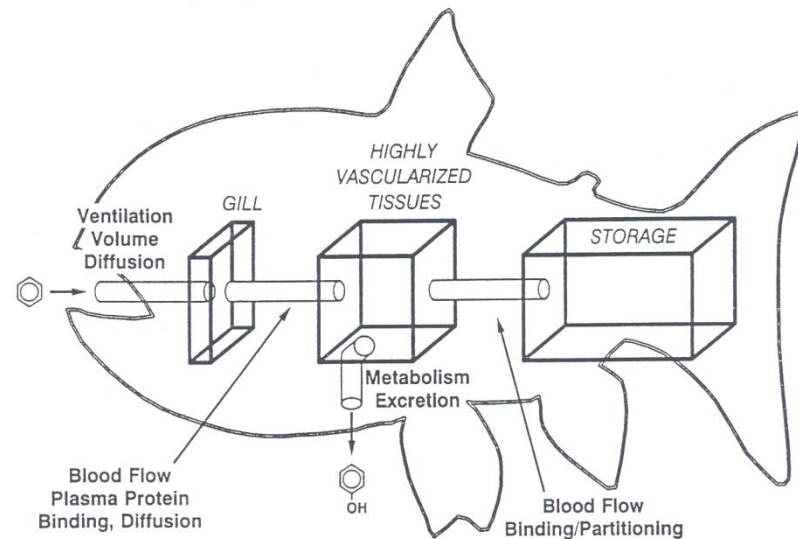
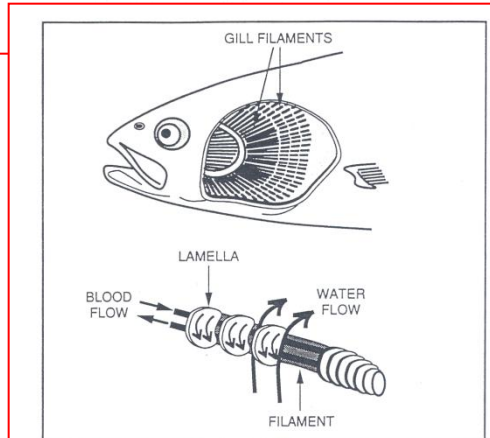


FIGURE 2-24 Schematic representation of a physiologically based kinetic model for bioaccumulation of a chemical that is absorbed through the gills, transported by blood flow, stored in various body tissues, and metabolized by the liver. Such a model requires much more detailed information on the fish than does a partitioning model; yet it may be necessary to use this more complex approach for chemicals that are metabolized or excreted by the fish more rapidly than they are exchanged with the water. (Barron, 1990.)



Conceptual model of bioconcentration from water.



The fish gill.

# Bioakumulace - bioobohacování

**Pokud začíná být koncentrace látky vyšší v organismu než v jeho potravě, pokud je hlavní cestou příjmu potrava – dochází k bioobohacování.**

**Bioobohacování je významné pouze pro látky, které jsou ve vysokých koncentracích v potravě a velmi nízkých koncentracích v okolním prostředí (voda pro akvatické organismy, vzduch pro terestrické organismy, půda a sedimenty pro bentické a půdní organismy).**

# Bioakumulace - bioobohacování

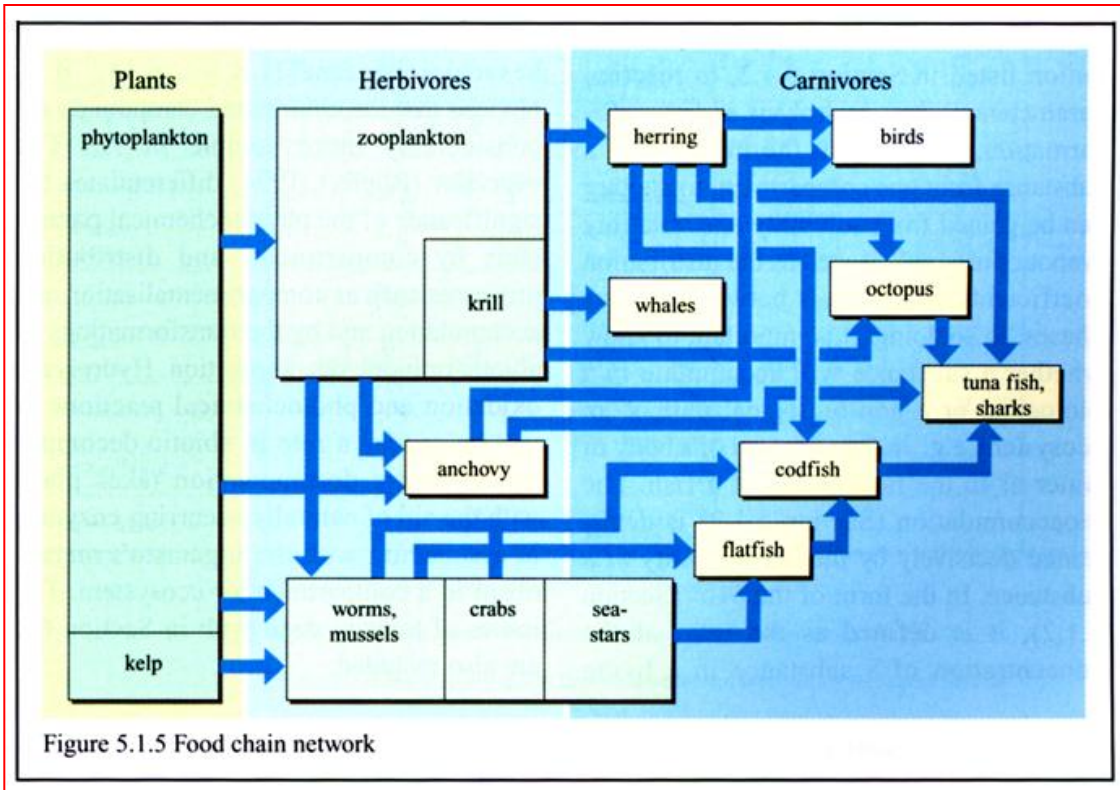
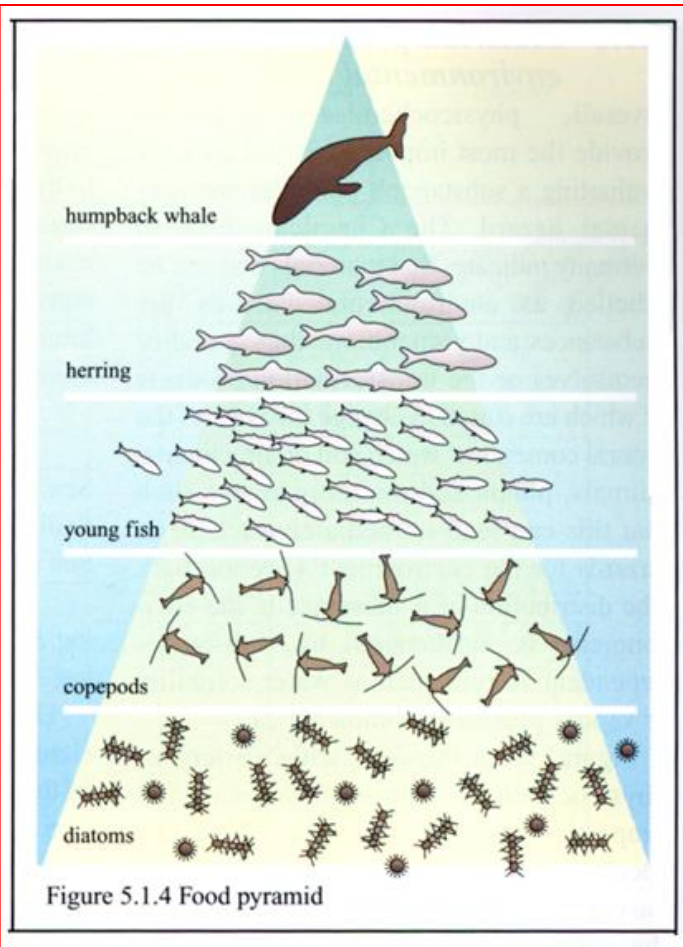
## Příjem potravou

K příjmu potravou dochází **zažívacím traktem** (Gastro-Intestinal Tract, GIT).

**Polutanty přítomné v potravě mohou být přijímány různými mechanismy:**

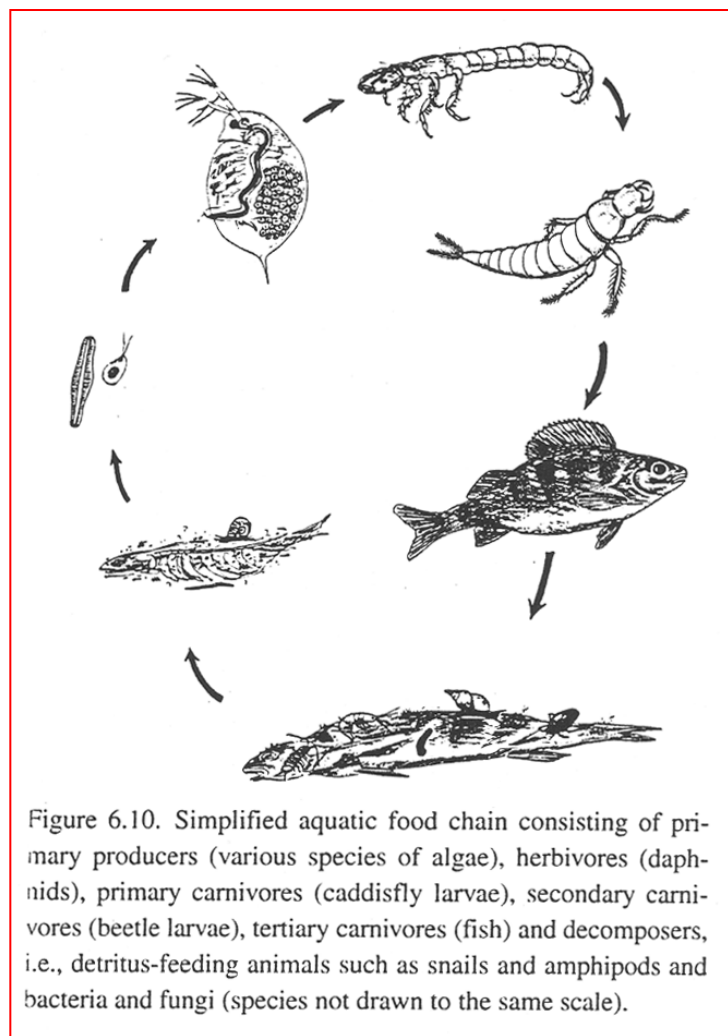
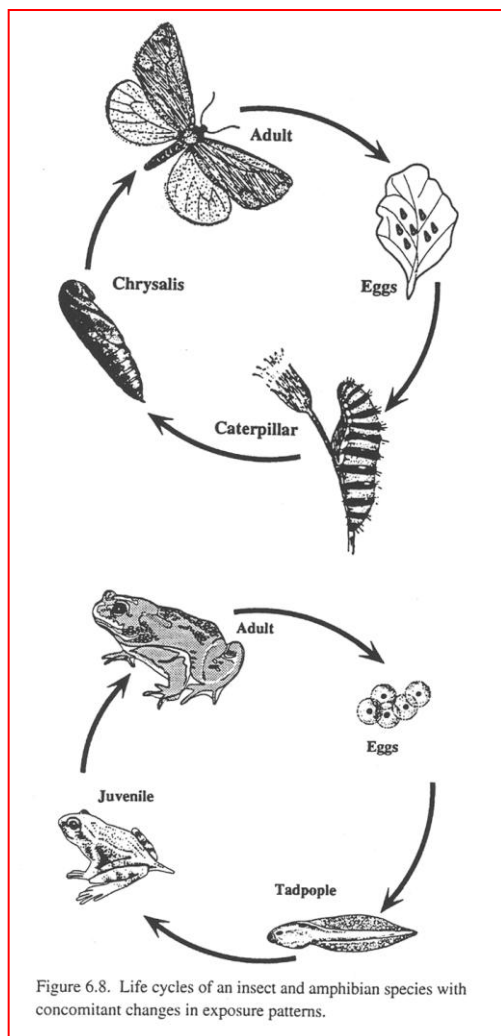
- ↪ látka je desorbována z potravy v GIT s následným transportem přes lipidní membrány,
- ↪ potrava je vstřebávána, následuje uvolnění z potravní matrice a transport přes lipidní membrány,
- ↪ kontaminanty jsou uvolňovány z potravy spolu s živinami a následuje transport přes membrány.

# Bioakumulace - bioobohacování



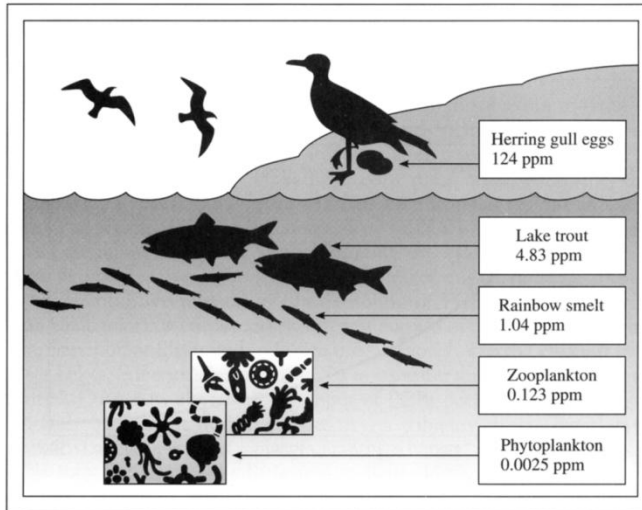


# Bioakumulace - bioobohacování



# Bioakumulace - bioobohacování

**Figure 6-7**  
The bioaccumulation and biomagnification of PCBs in the Great Lakes aquatic food chain. (Source: *The State of Canada's Environment*, 1991. Ottawa: Government of Canada.)



**Figure 6-3**  
Simplified food web for the Great Lakes with typical DDT concentrations for

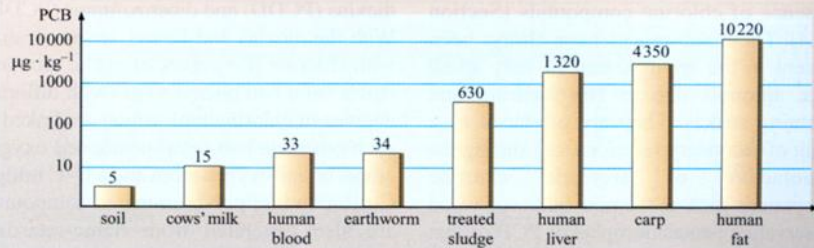
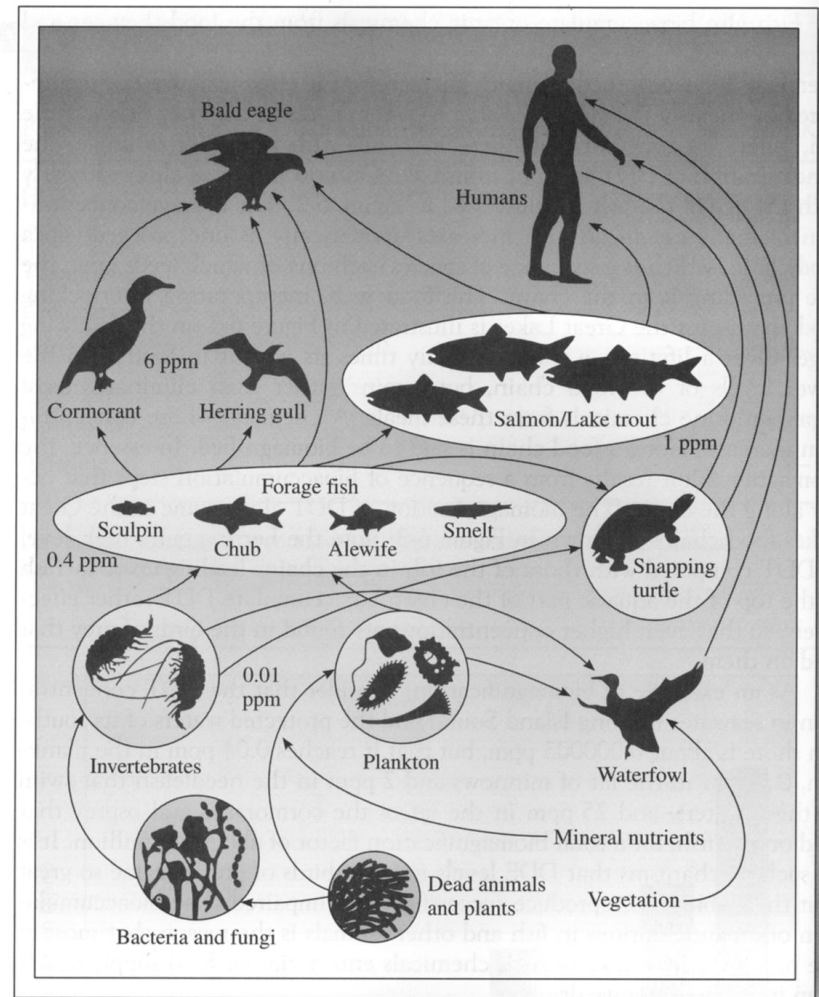
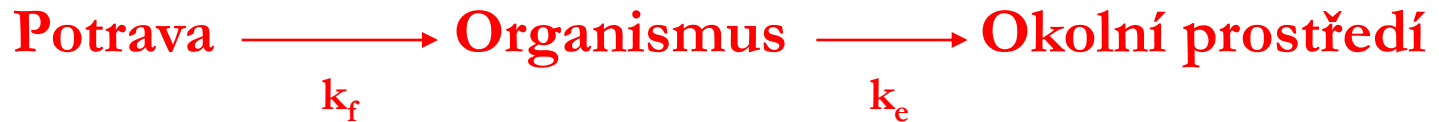


Figure 5.3.6 Bioaccumulation of PCBs

# Bioakumulace - bioobohacování

**Bioobohacování** – příjem potravou a eliminace zpět do prostředí může být popsána analogicky biokoncentrací:



Kde:

$k_f$  – konstanta rychlosti příjmu z potravy [ $\text{kg.kg bw}^{-1}.\text{d}^{-1}$ ]

$$k_f = E_f * f$$

Kde:

$E_f$  – účinnost příjmu z potravy

$f$  – rychlost krmení [ $\text{kg food.kg bw}^{-1}.\text{d}^{-1}$ ]

# Bioakumulace - bioobohacování

Bioobohacování můžeme vyjádřit:

$$dC_O / dt = E_f * f * C_{\text{food}} - k_e * C_O$$

Kde:

$C_{\text{food}}$  – koncentrace v potravě [mol.kg food<sup>-1</sup>]

Hodnota  $f$  je závislá na biologickém druhu a na délce života.

Pokud je  $f$  konstantní:

$$C_O(t) = (E_f * f * C_{\text{food}}) / (k_e * [1 - e^{-k_e * t}])$$

# Bioakumulace - bioobohacování

Hodnoty  $f$  se pohybují pro ryby přibližně v rozmezí 0,02–0,05 kg potravy.kg t.v.<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>

Pro expozici z potravy můžeme odvodit **bioobohacovací faktor (BMF)** pro ustálené podmínky:

$$\text{BMF} = E_f * f / k_e = C_O / C_{\text{food}}$$

# Bioakumulace - bioobohacování

## Příjem ze sedimentů

Řada vodních organismů žije v zóně dna a konzumují sedimenty nebo detritus jako hlavní potravní zdroj.

Pro tyto organismy je příjem látek ze sedimentů významným zdrojem kontaminace – přitom sedimenty mohou obsahovat mnohem vyšší koncentrace než vlastní vodní těleso.

Koncentrace polutantů v sedimentech ne vždy reflektují expozici organismů danými látkami.

To může být dáno konzumací jemných částic suspendovaných sedimentů a detritu, jež obsahují značné množství organického uhlíku s vázanými polutanty (až o řád více než původní sediment).

Koncentrace v sedimentové vodě mohou být jiné než ve vodě vodního tělesa.

# Kombinovaný příjem z vody, potravy a sedimentů

Může nastat u xenobiotik, dominantní cesta závisí na fyzikálně-chemických vlastnostech látky, habitatu a fyziologických vlastnostech organismu.



Kde:

$k_{sed}$  – rychlostní konstanta příjmu látky ze sedimentů [ $\text{kg sed.kg bw}^{-1}.\text{d}^{-1}$ ] – analogická příjmu z potravy

$k_w$ ,  $k_f$ ,  $k_{sed}$  – rychlostní konstanty příjmu z jednotlivých medií – mohou být nahrazeny součinem účinnosti příjmu ( $E_w$ ,  $E_f$ ,  $E_{sed}$ ) a toků z vody žábry ( $V_w$ ), z potravy přes zažívací trakt ( $f$ ) nebo ze sedimentů přes zažívací trakt ( $S$ ) organismu:

$$k_w = V_w * E_w$$

$$k_f = f * E_f$$

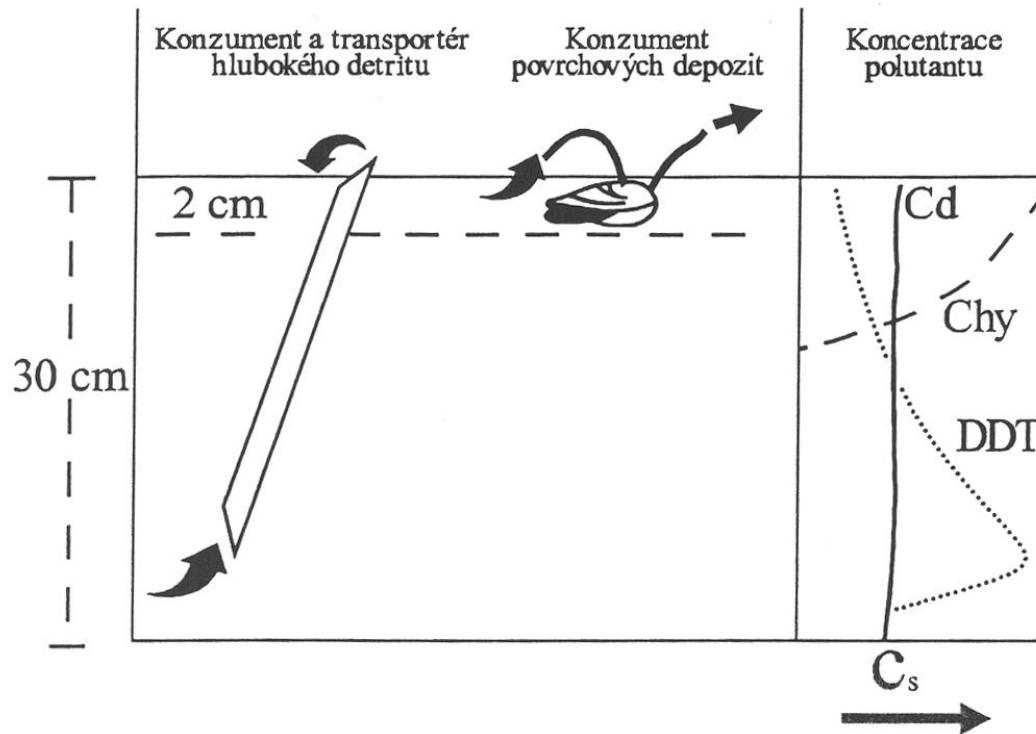
$$k_{sed} = S * E_{sed}$$

Změna koncentrace látky v organismu může být popsána:

$$dC_O / dt = (V_w * E_w * C_w + f * E_f * C_{food} + S * E_{sed} * C_{sed}) - k_e * C_O$$

# Bioakumulace - bioobohacování

Obrázek č.2. Vliv hloubky, ve které je přijímána potrava, na expozici bentických organismů polutantům sedimentů. Standardní hloubka vzorkování (2 cm) sedimentu k chemickým analýzám je znázorněna přerušovanou čarou. Závislost koncentrace Cd, DDT a chrysenu (Chy) na hloubce je hypotetická; standardní odběrová technika nemusí adekvátně reprezentovat míru expozice organismů obou potravních zaměření (Lee 1991).





# Bioakumulace v terestrických rostlinách

## Kontaminace rostlin:

- ↪ aplikace pesticidů,
- ↪ suchá a mokrá depozice látek,
- ↪ zemědělské používání aktivovaného kalu,
- ↪ skládkování toxických odpadů,
- ↪ kontaminace půd a podzemních vod.

Expoziční mechanismy, biodostupnost a akumulační procesy jsou v terestrickém ekosystému velice komplikované.

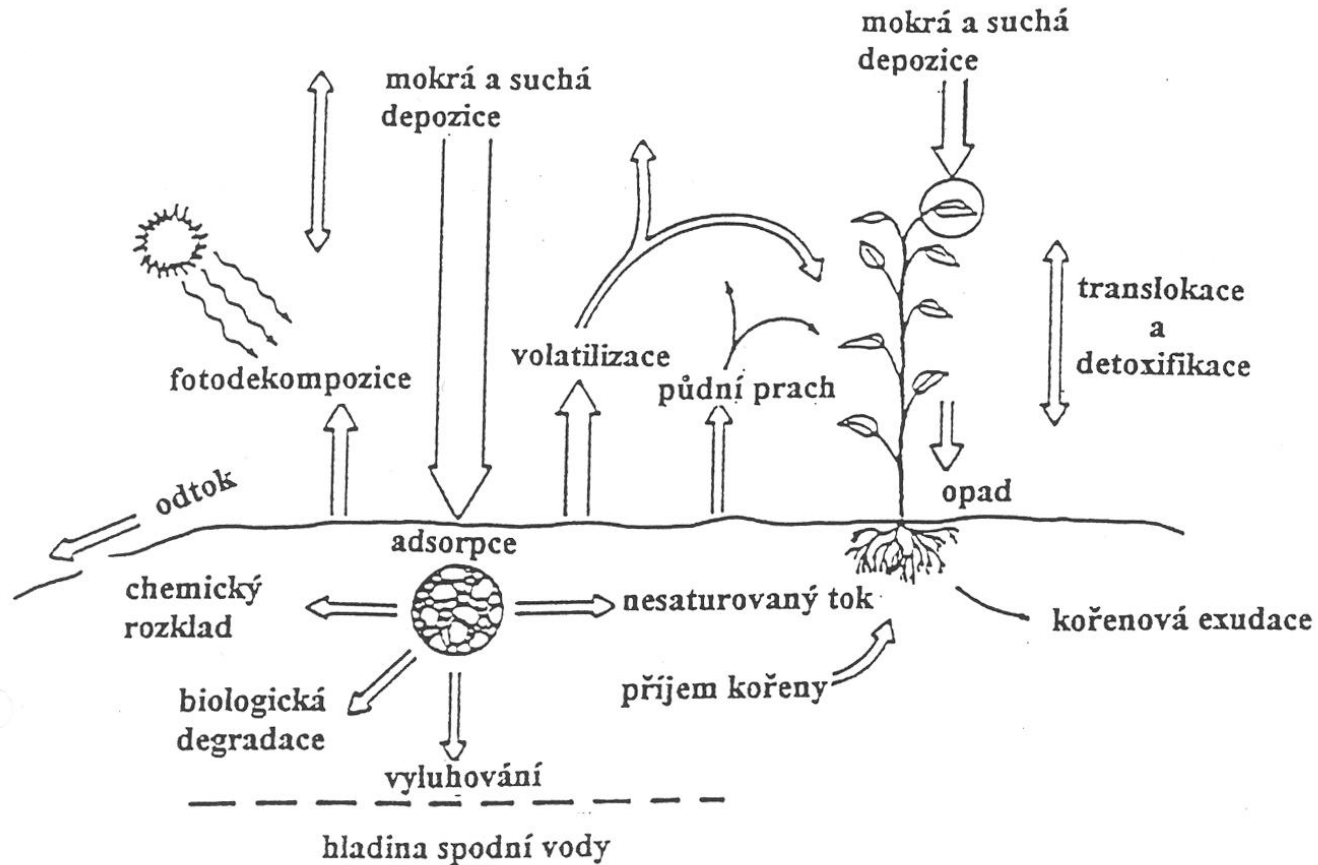
# Bioakumulace v terestrických rostlinách

## Příjem polutantů vegetací:

- ↪ kořenovým systémem z půdního roztoku
- ↪ adsorpcí na povrchu kořenů
- ↪ foliárním příjem těkavých látek (průduchy)
- ↪ absorpcí povrchem listů (kutikulou)

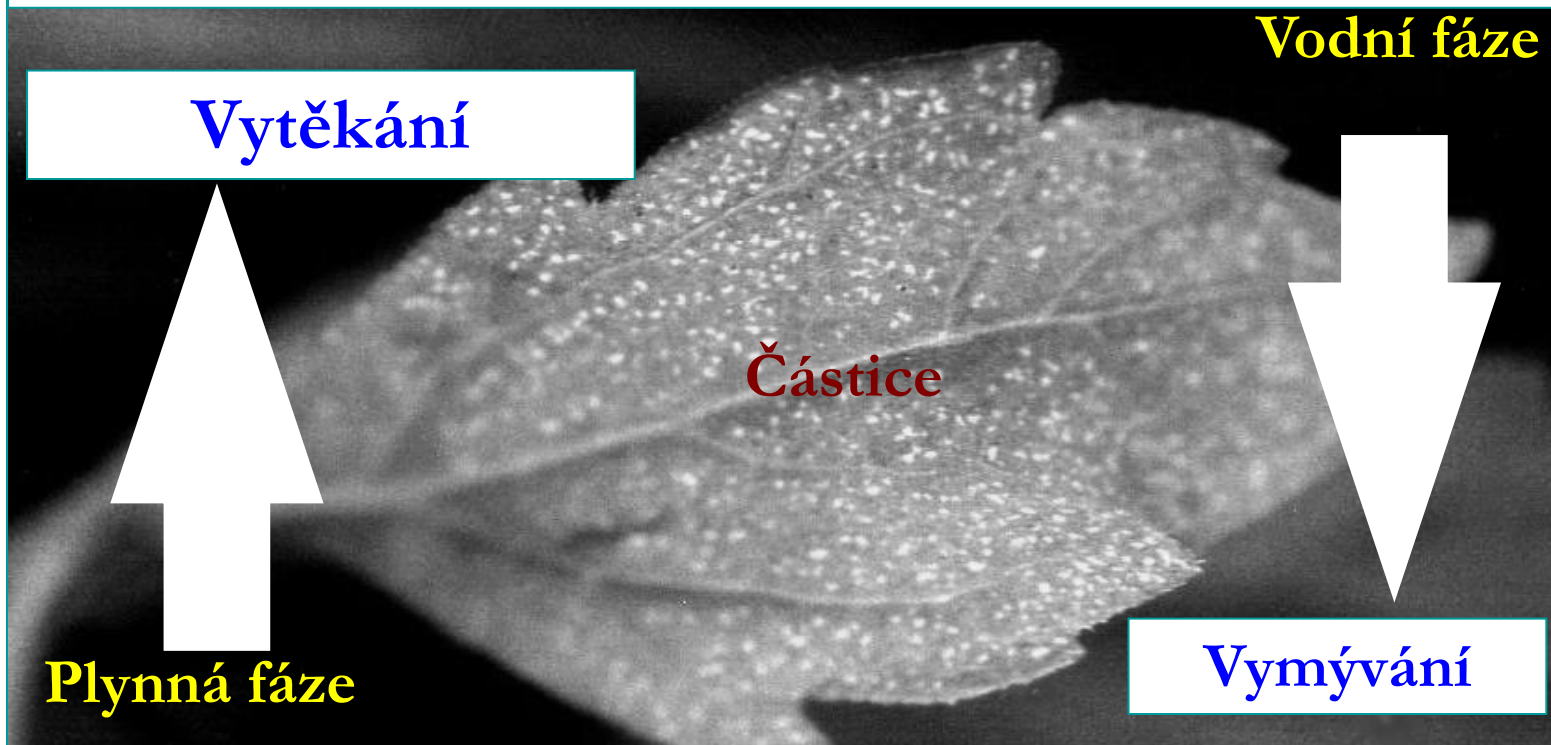
# Bioakumulace v terestrických rostlinách

Schéma působení vzdušných polutantů na terestrický ekosystém



# Bioakumulace v terestrických rostlinách

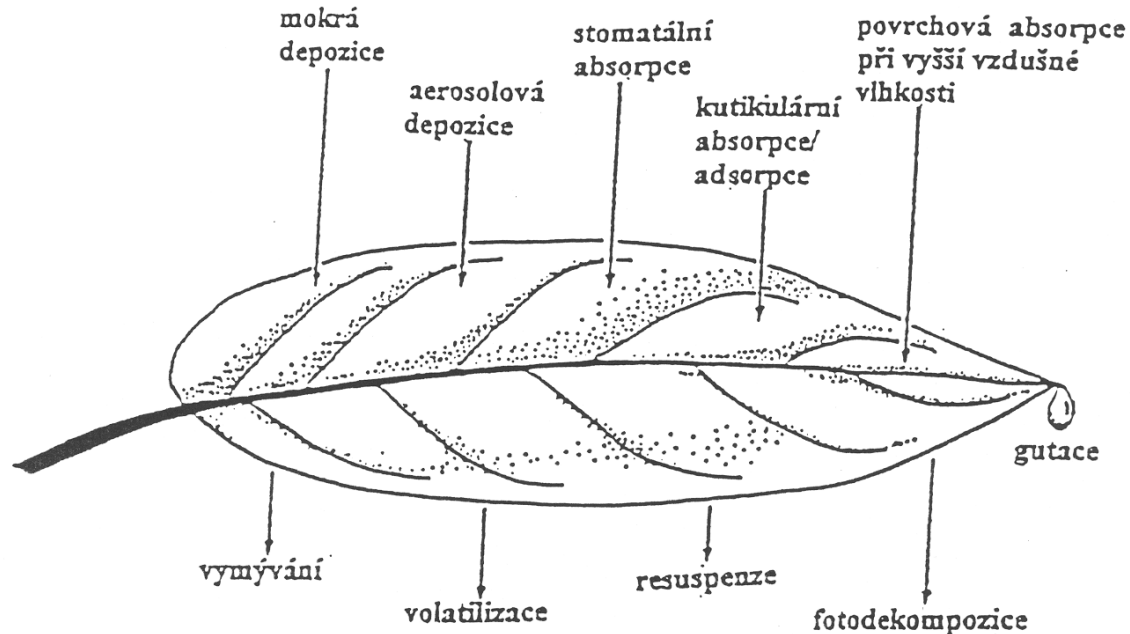
**Atmosféra:** teplota, srážky, záření, další vzdušné polutanty, rychlost depozice



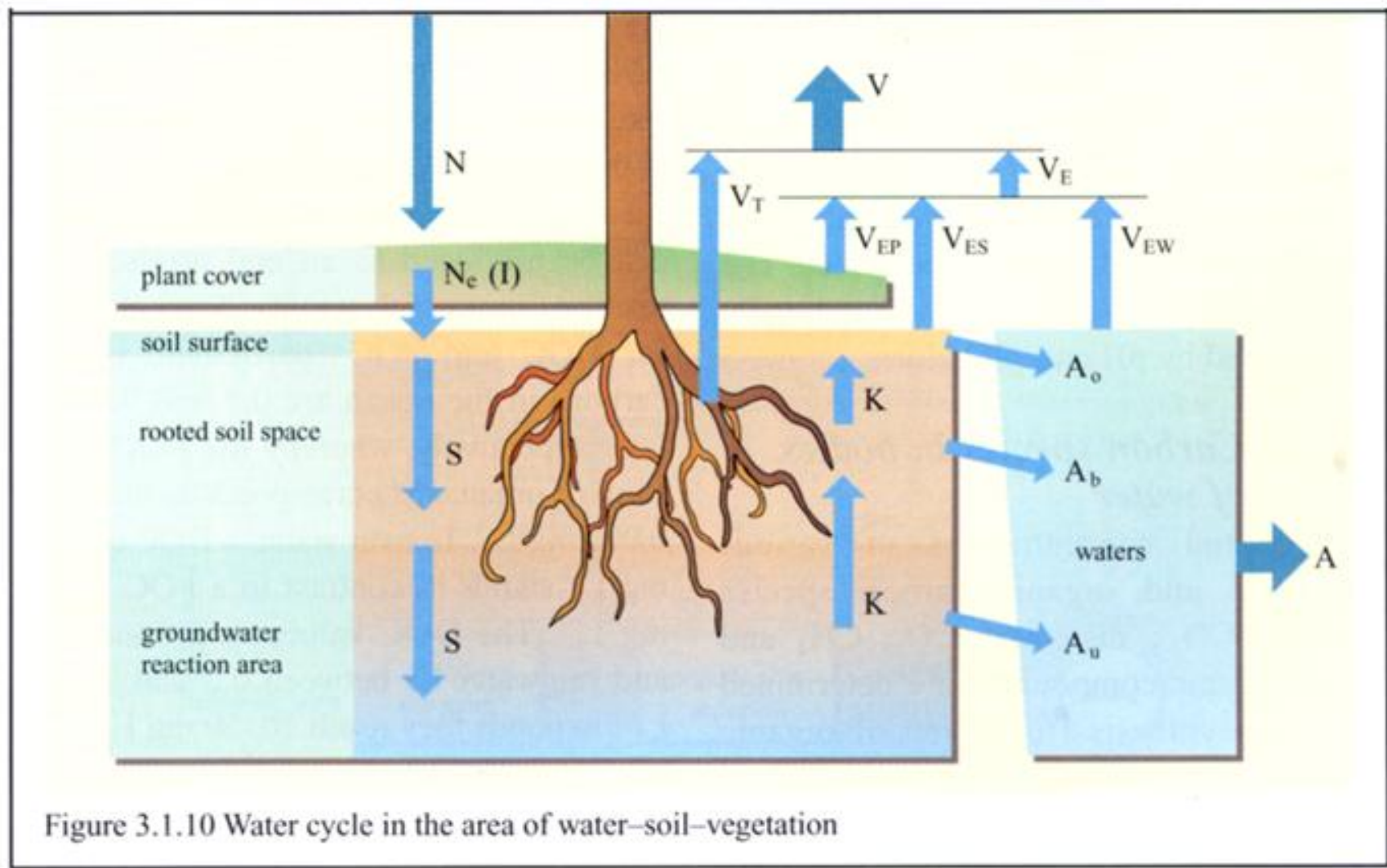
**Rostlina:** poměr povrch/objem, struktura vosku, obsah lipidů, rychlost růstu, rostlinná morfologie

# Bioakumulace v terestrických rostlinách

Schéma působení vzdušných polutantů na list



# Bioakumulace v terestrických rostlinách



# Bioakumulace v terestrických rostlinách

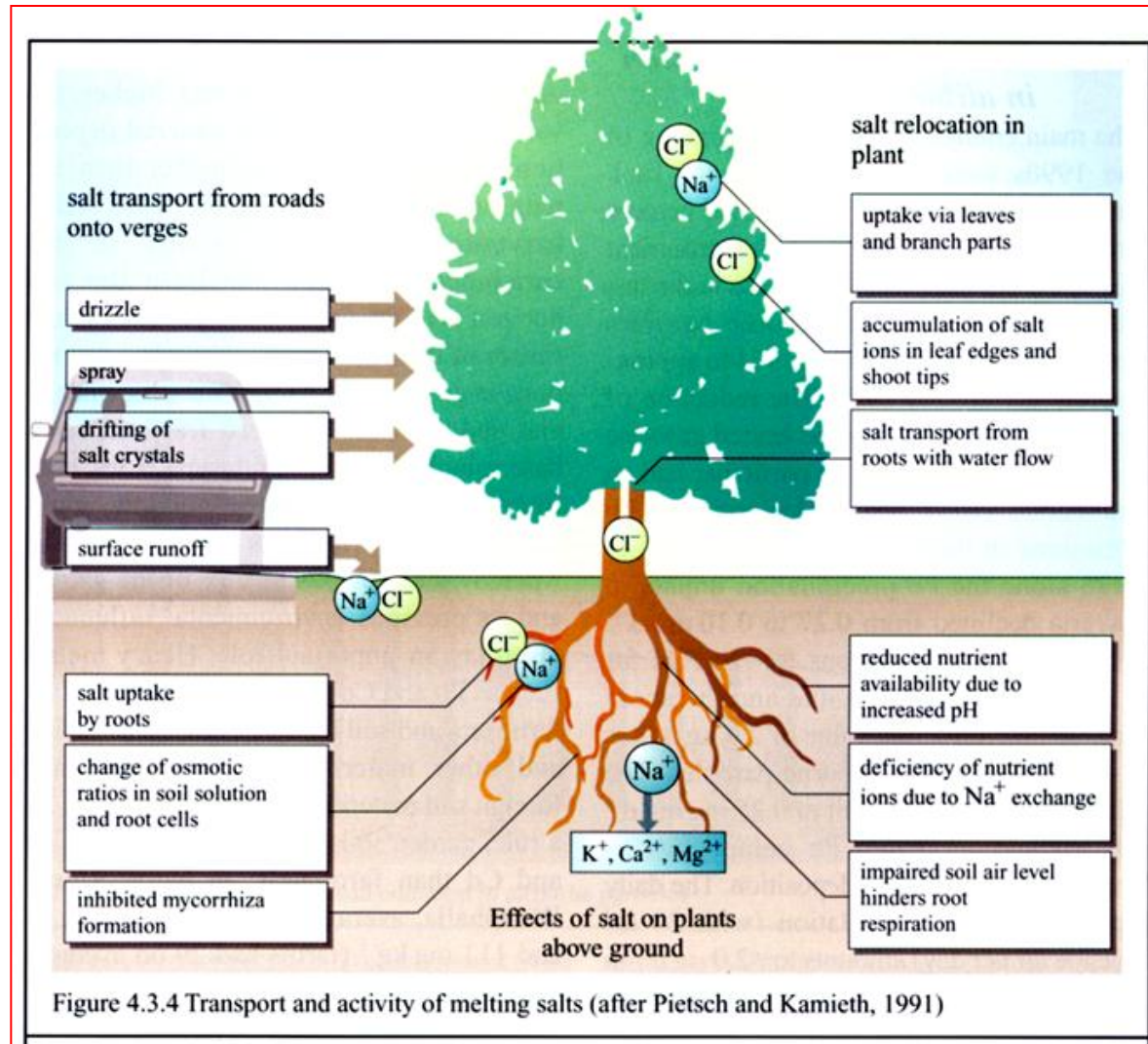
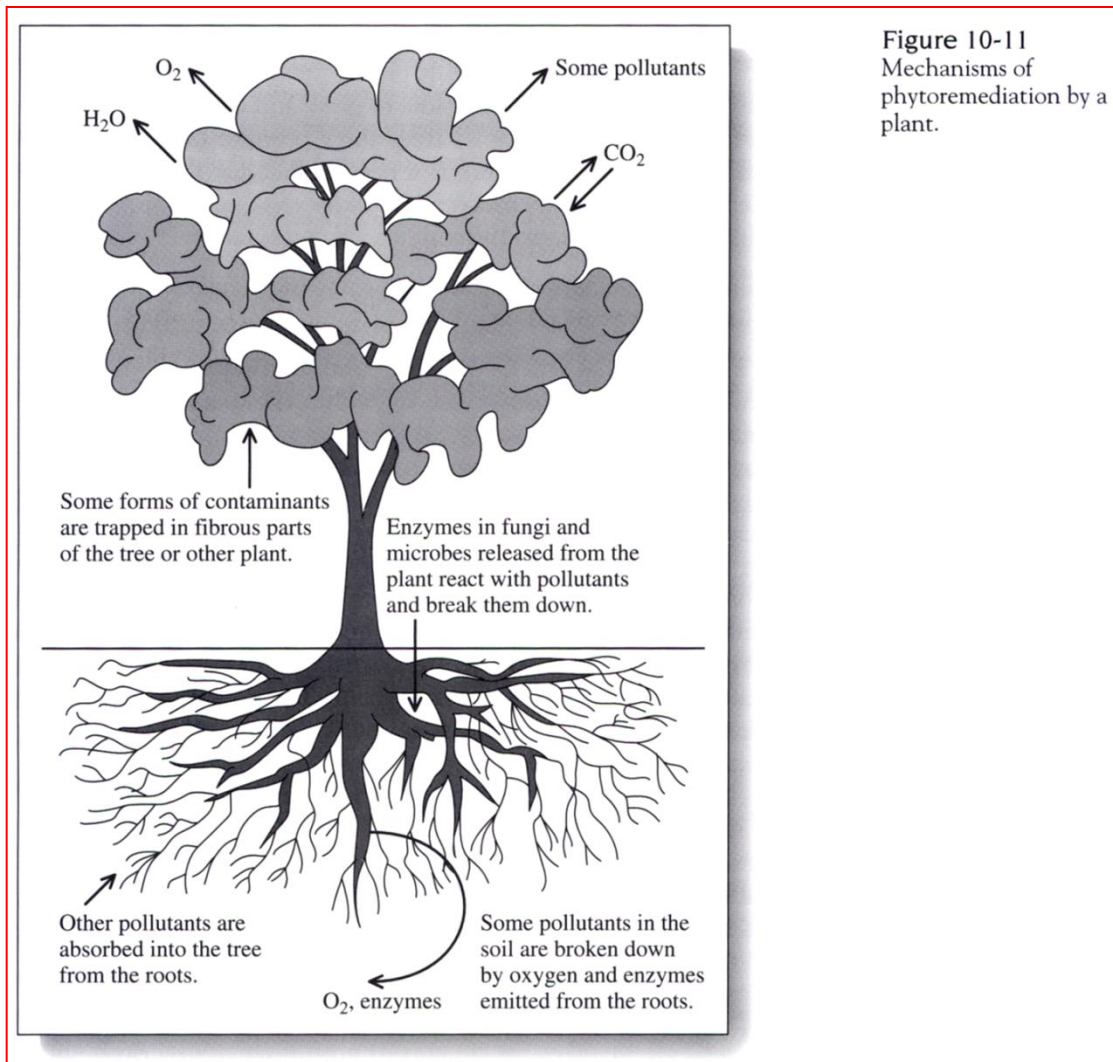


Figure 4.3.4 Transport and activity of melting salts (after Pietsch and Kamieth, 1991)

# Bioakumulace v terestrických rostlinách





# Bioakumulace v terestrických rostlinách

## Příjem kořeny

Ve vodě rozpustné látky jsou obvykle přijímány kořeny spolu s vodou.

Hydrofóbní látky mohou být sorbovány na povrch kořenů z půdy nebo podzemní vody.

Hlavní transportní proces pro vodu a xenobiotika v rostlině je celkový tok vody do xylému.

Transport xylémem je vyvolán evapotranspirací vodní páry z listoví do ovzduší.

# Bioakumulace v terestrických rostlinách

## Příjem kořeny/II

**Xylém je základní transportní systém pro spojení vody a minerálů vzhůru z kořenů.**

Voda je absorbována z půdního roztoku v kůře nebo vnějších tkáních kořenů.

Voda se pohybuje do středu kořenů do endodermis.

Látka prochází přes endodermis a obohacuje xylém.

Tento průnik závisí na **polaritě látky a molekulární konfiguraci daného xenobiotika.**

# Bioakumulace v terestrických rostlinách

## Příjem kořeny/III

Látka se může sorbovat, vázat nebo metabolizovat v endodermis před obohacováním v xylému.

Látky, které obohacují xylém jsou transportovány rostlinou v transpiračním proudu nebo míze.

Během tohoto transportu mohou reagovat s/ nebo se rozdělovat do různých rostlinných tkání.

Mohou být degradovány nebo vstupovat do atmosféry póry stomat, jež se nacházejí hlavně v listech.

# Bioakumulace v terestrických rostlinách

## Příjem kořeny/IV

**Translokace látek transpirací** do vyšších částí rostlin jako jsou stonky nebo listy většinou závisí na hydrofóbitě látky ( $K_{OW}$ ).

**Silně hydrofilní látky** ( $\log K_{OW} < 0$ ) a **silně hydrofóbní látky** ( $\log K_{OW} > 3$ ) jsou v rostlinách jen pomalu translokovány.

**Středně hydrofóbní látky** ( $0 < \log K_{OW} < 3$ ) jsou hlavně transportovány prostřednictvím xylému – tento transport je rychlý, protože rostlina transpiruje velká množství vody.

**Příjem řady látek kořeny rostlin je nepřímo úměrná rozpustnosti ve vodě** (nebo nepřímo úměrná  $K_{OW}$ ).

# Bioakumulace v terestrických rostlinách

## Příjem kořeny/V

Silně hydrofóbní látky mají tendenci k biokoncentraci v kořenech.

Obsah organické hmoty ovlivňuje rovněž osud látky v systému  
půda/rostlina – hydrofóbní látky jsou silně sorbovány a méně  
biodostupné.

# Bioakumulace v terestrických rostlinách

## Foliární příjem

Pokud není parciální tlak látky příliš nízký, látka může **těkat z půdy** do ovzduší a může vstupovat do nadzemních částí rostlin.

Nadzemní část rostlin včetně listoví je pokryta **kutikulami**, jež hrají rozhodující roli jako **bariera snižující ztráty vody z rostliny a zabraňují penetraci částic z atmosféry**.

**Kutikuly jsou pokryty kutikulárním voskem.**

# Bioakumulace v terestrických rostlinách

## Foliární příjem/II

Povrch listů rovněž obsahuje **malé póry nebo stomata**, jež se otvírají nebo zavírají dle environmentálních podmínek.

Stomata hrají důležitou roli v procesu **výměny plynů a v transpiraci**.

Kyslík je přijímán a oxid uhličitý vylučován respirací a  $\text{CO}_2$  je přijímán a kyslík vylučován fotoasimilací.

**Látky mohou vstupovat do listové prostřednictvím kutikul nebo stomat.**

# Bioakumulace v terestrických rostlinách

## Foliární příjem/III

### Cesty příjmu kontaminantu listovím zahrnují:

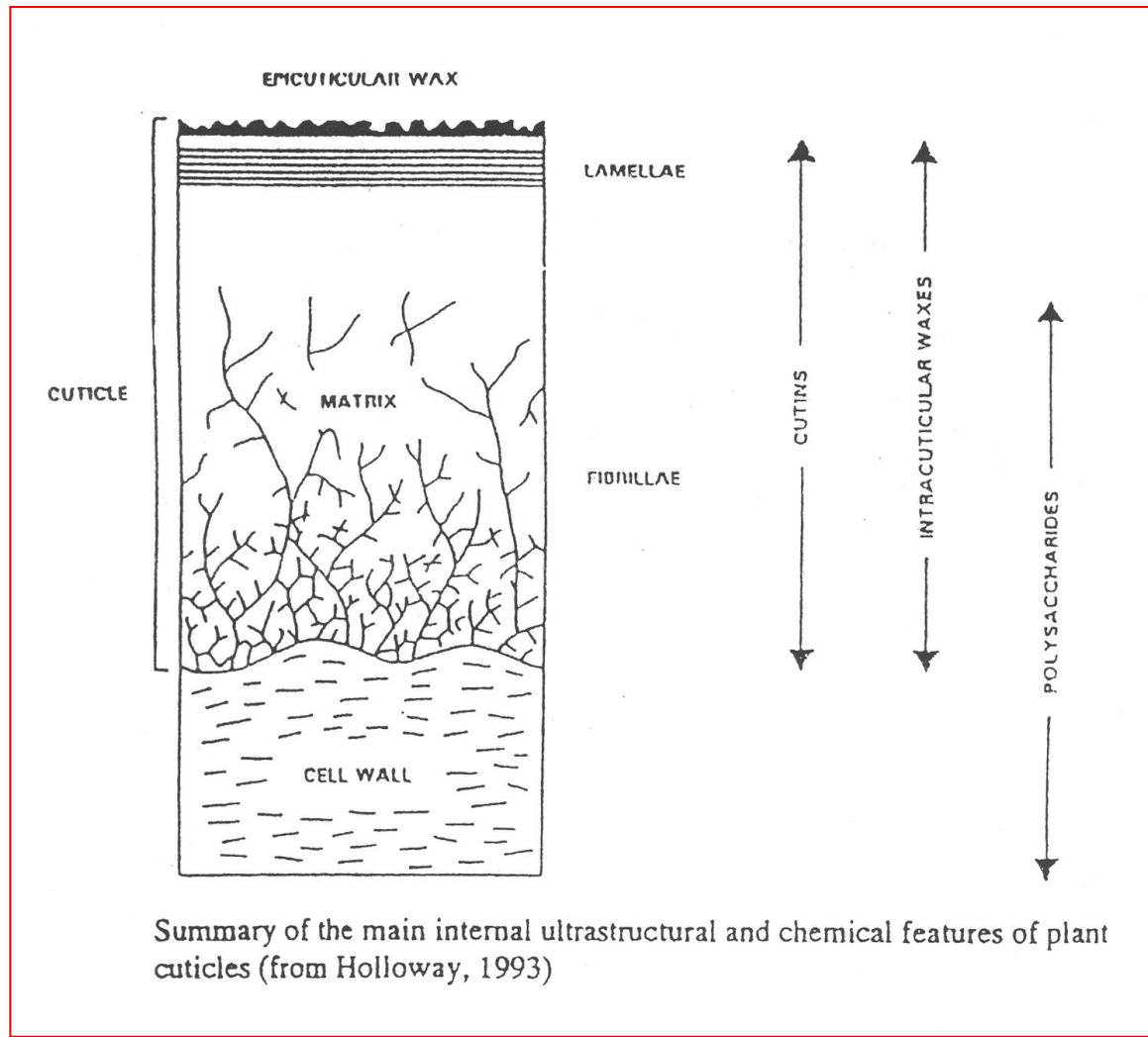
- ↪ přímou aplikaci – například při použití pesticidů,
- ↪ depozici prachu nebo atmosférických tuhých částic,
- ↪ příjem okolních par absorpcí přes kutikula nebo stomata.

**Látky rozstříkované nebo deponované na listy** mohou být distribuovány do kutikul odkud jsou translokovány rostlinou.

Látky s vyšší rozpustností ve vodě jsou více transportovány rostlinou přes phloem, zatímco méně rozpustné mají tendenci zůstat ve vosku kutikul listů.



# Bioakumulace v terestrických rostlinách



# Bioakumulace v terestrických rostlinách

## Faktory ovlivňující bioakumulaci v rostlinách

## Faktory ovlivňující příjem a distribuci organických látek rostlinami jsou:

- ↪ fyzikálně-chemické vlastnosti látky ( $WS$ ,  $VP$ ,  $MW$ ,  $K_{OW}$ ,  $K_{AW}$ ,  $K_{OA}$ ),
- ↪ environmentální podmínky ( $T$ , obsah vody, obsah organických a minerálních látek v půdách..),
- ↪ vlastnosti rostlin (typ kořenového systému, tvar, chemické charakteristiky listů, obsah lipidů (vosků) ).

# Bioakumulace v terestrických rostlinách

## Bioakumulační model pro rostliny

### Multikompartmentový model.

Součástí modelu jednak fyziologické části rostlin – kořeny, stonek, listy, jednak chemické komponenty – voda, cukry, proteiny, lipidy.

**Pro hydrofóbní sloučeniny** – pro modelování bioakumulace jako funkce rozdělení mezi ovzduší a rostlinu se využívá velikost kompartmentů a distribuční koeficienty vzduch-voda a oktanol-vzduch.

# Bioakumulace v terestrických rostlinách

Bioakumulační faktor rostlina-vzduch ( $K_{BA}$ ):

$$K_{BA} = V_C * K_{CA} + V_W * K_{WA} + V_L * K_{LA} + V_F * K_{FA} + V_P * K_{PA}$$

Kde:

$K_{CA}$ ,  $K_{WA}$ ,  $K_{LA}$ ,  $K_{FA}$ ,  $K_{PA}$  – rozdělovací koeficienty mezi vzduchem a kutikulárními membránami, vodu, buněčné lipidy, strukturální cukry a proteiny

$V_C$ ,  $V_W$ ,  $V_L$ ,  $V_F$ ,  $V_P$  – objemové frakce pro uvedené kompartmenty v tkáních listů

Rozdělovací koeficienty jsou odvozovány nejčastěji z rozdělovacích koeficientů  $K_{OW}$  a  $K_{OA}$ .

# Bioakumulace v terestrických bezobratlých

**Ingesce potravy** obsahující kontaminanty – primární cesta příjmu, dále může hrát roli i obsah kontaminantů v pórové vodě.

**Příjem z potravy** je významný pro silně hydrofóbní organické látky ( $\log K_{OW} > 5$ ).

# Bioakumulace v terestrických bezobratlých

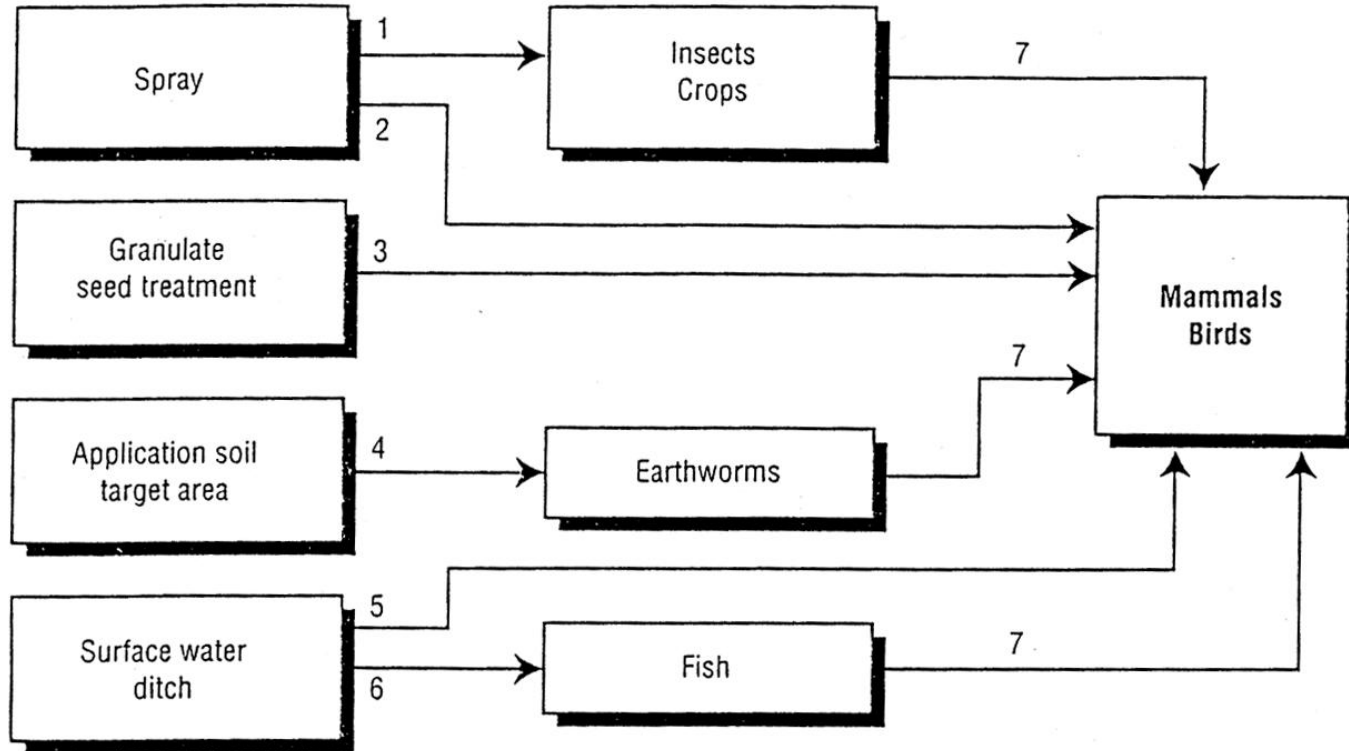


Figure 3.28. Food as a major source of contaminants for mammals and birds in a simplified food web. 1 = Application of spray, 2 = Drinking from leaves/crops, 3 = Ingestion of granules/treated seeds, 4 = Bioconcentration soil-worm, 5 = Drinking from surface water, 6 = Bioconcentration water-fish, 7 = Consumption. From USES [44]. With permission.

# Bioakumulace v terestrických bezobratlých

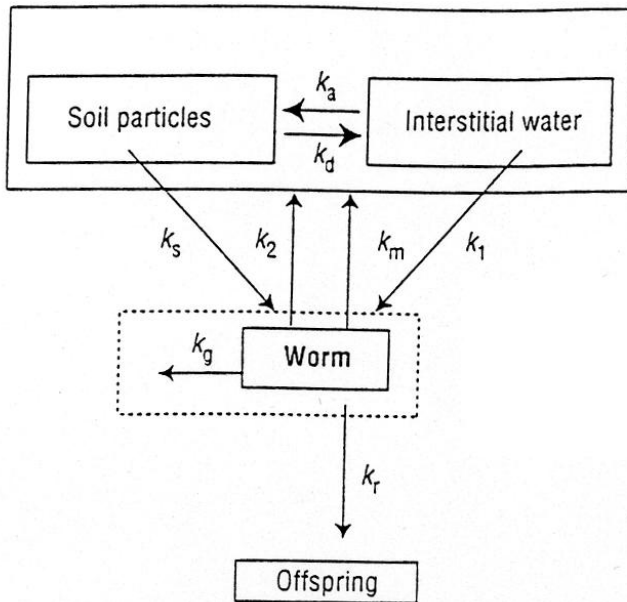


Figure 3.27. Diagram showing the relationship between soil particles, soil interstitial water and the earthworm where  $k_d$  is the desorption rate constant,  $k_a$  the sorption rate constant,  $k_s$  the dietary uptake rate constant,  $k_1$  the uptake rate constant from interstitial water,  $k_2$  the elimination rate constant,  $k_m$  the metabolic rate constant,  $k_g$  the growth rate constant and  $k_r$  the reproduction rate constant. From [38]. With permission.

Table 3.7. Bioaccumulation factors of 1,2,3,4-tetrachlorobenzene (TeCBz), pentachlorobenzene (pCBz) and hexachlorobenzene (HxCBz) from water, soil and food by the earthworm *Eisenia andrei* [38]

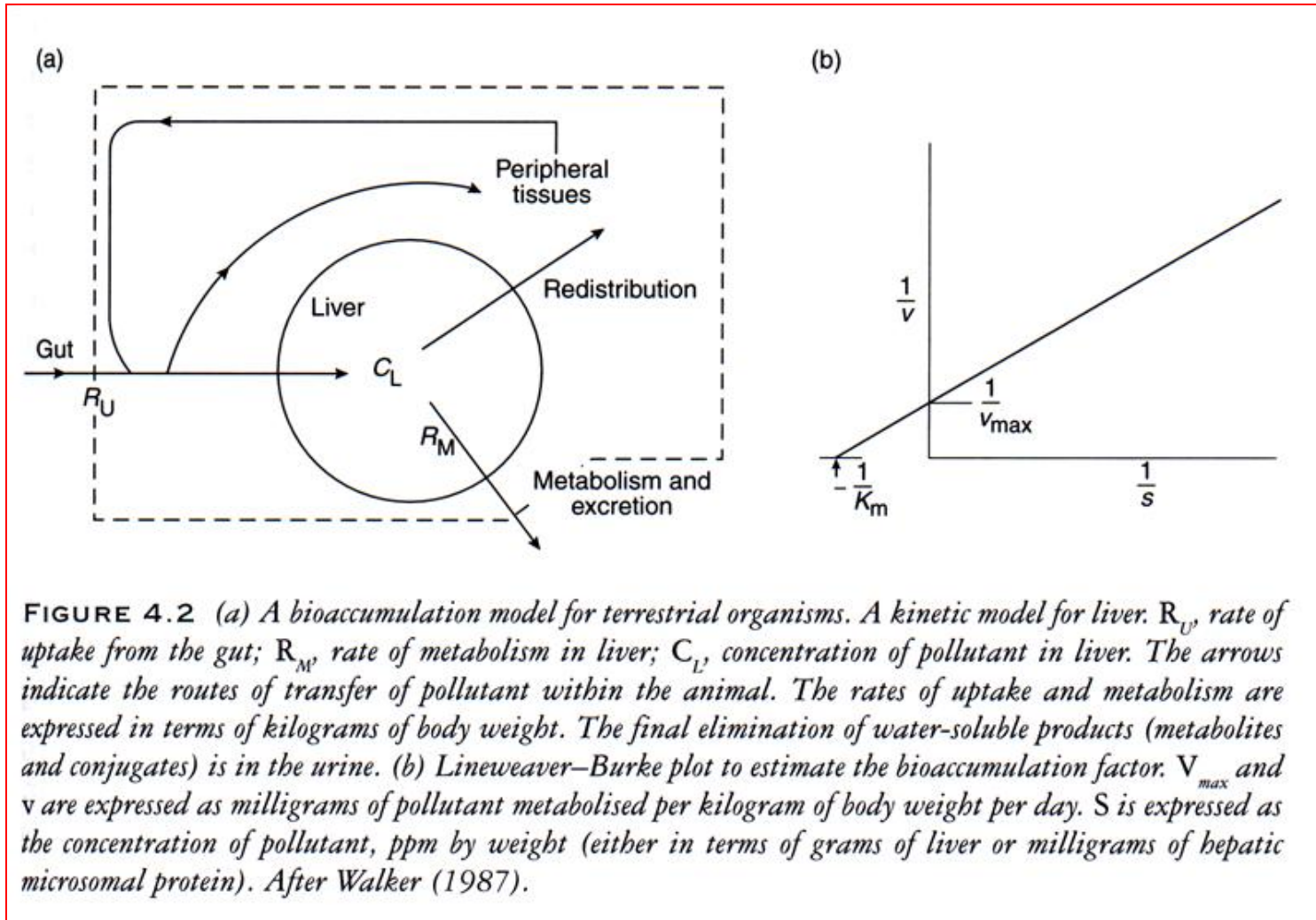
		TeCBz	pCBz	HxCBz
Water	BCF (L/kg) <sup>a</sup>	1000	4300	6600
Sediment	BSAF (kg <sub>sediment</sub> /kg) <sup>a</sup>	1.3	1.9	2.6
Food	BMF (kg <sub>food</sub> /kg) <sup>a</sup>	-	0.032	0.068

<sup>a</sup> BCF is the bioconcentration factor. BSAF is the biota-to-sediment accumulation factor and BMF is the biomagnification factor.

Table 3.8. Dietary uptake efficiencies for cadmium (Cd) in terrestrial invertebrates [39]

Species	Food	Cd concentration in food (μmol/g)	Uptake efficiency (%)
Snail	agar	1.48	55-92
Isopod	poplar leaves	0.03-0.37	10-60
Centipedes	isopod hepatopancreas	1.21-10.2	0-7
Millipedes	maple leaves	-	8-40
Pseudoscorpion	collembolans	0.2	59
Mites	green algae	0.15	17
Insects	green algae	0.09-0.15	9
	collembolans	0.23	35

# Bioakumulace v terestrických bezobratlých

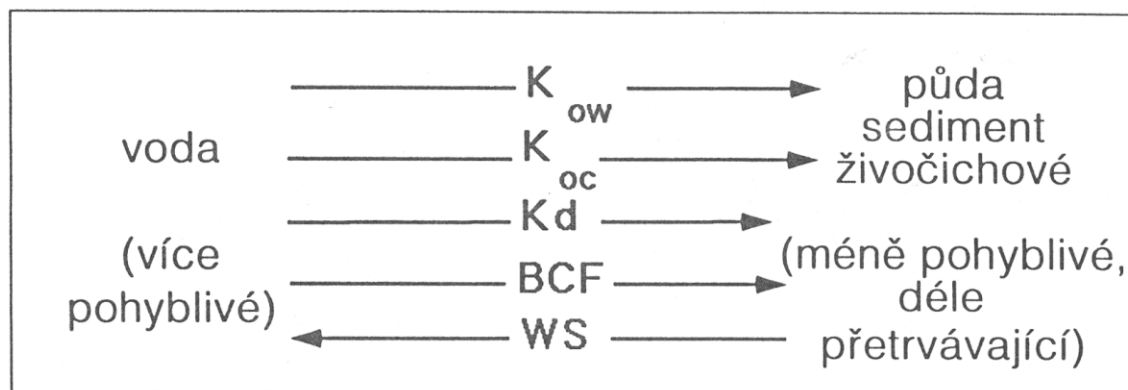




# Vztahy mezi environmentálními parametry

Charakterizujte chemikálie

prostředí                      parametr                      prostředí



*Hodnocení expozice*

# Biodostupnost – klíčový pojem

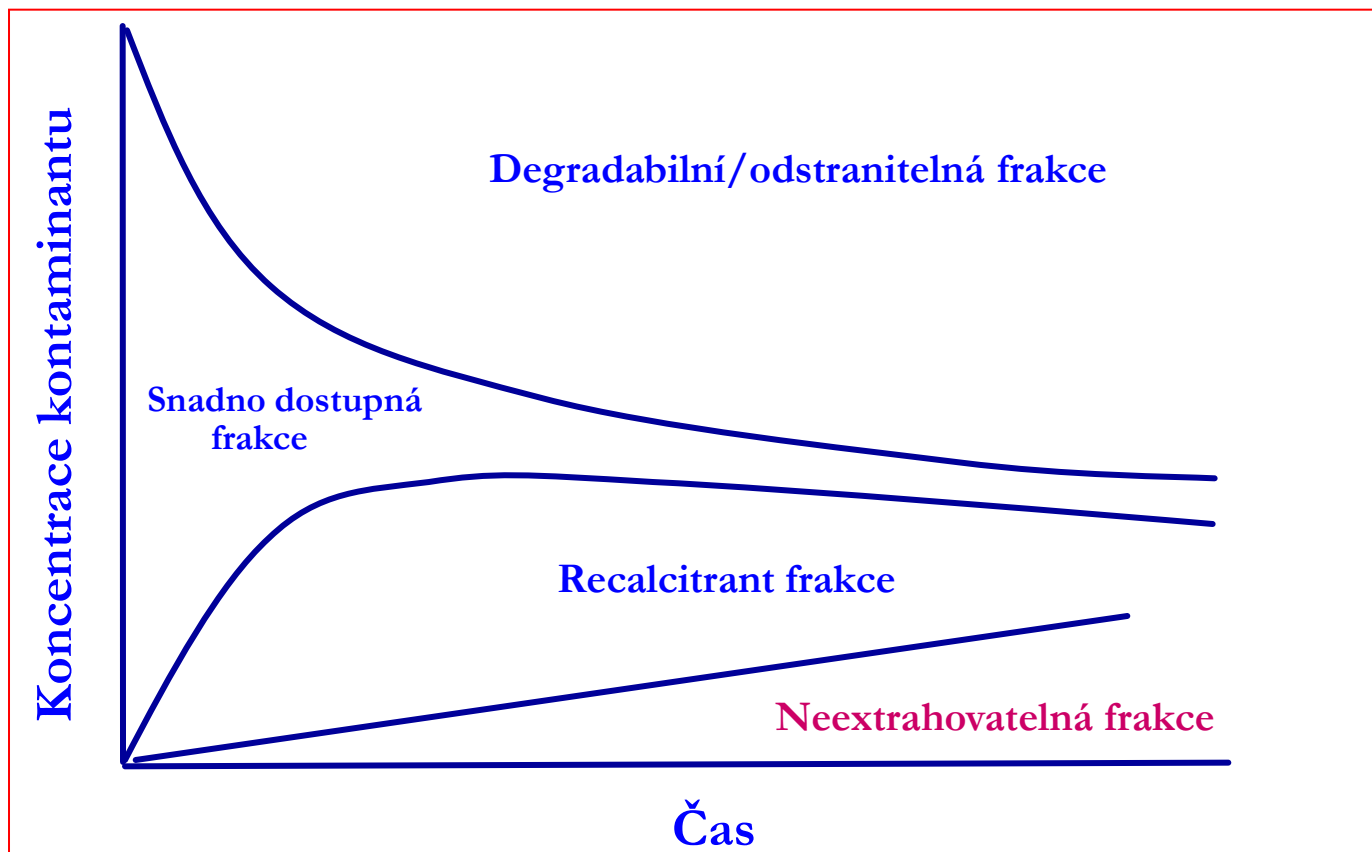
Proces biodostupnosti může být definován jako jednotlivé fyzikální, chemické a biologické interakce, které určují expozici organismů chemickými látkami vázanými na povrch půd a sedimentů.

# Biodostupnost - definice

- ↪ **Schopnost žijících organismů přijmout chemické látky z potravy nebo z jejich abiotického prostředí do té míry, že se chemická látka zapojí do metabolismu tohoto organismu**
- ↪ **Stupeň a rozsah uvolnění chemické látky z půdy do prostředí, tedy do vody a do vzduchu, nebo přenosu na ekologické a humánní receptory umožněném dermálním kontaktem, potravou nebo inhalací**

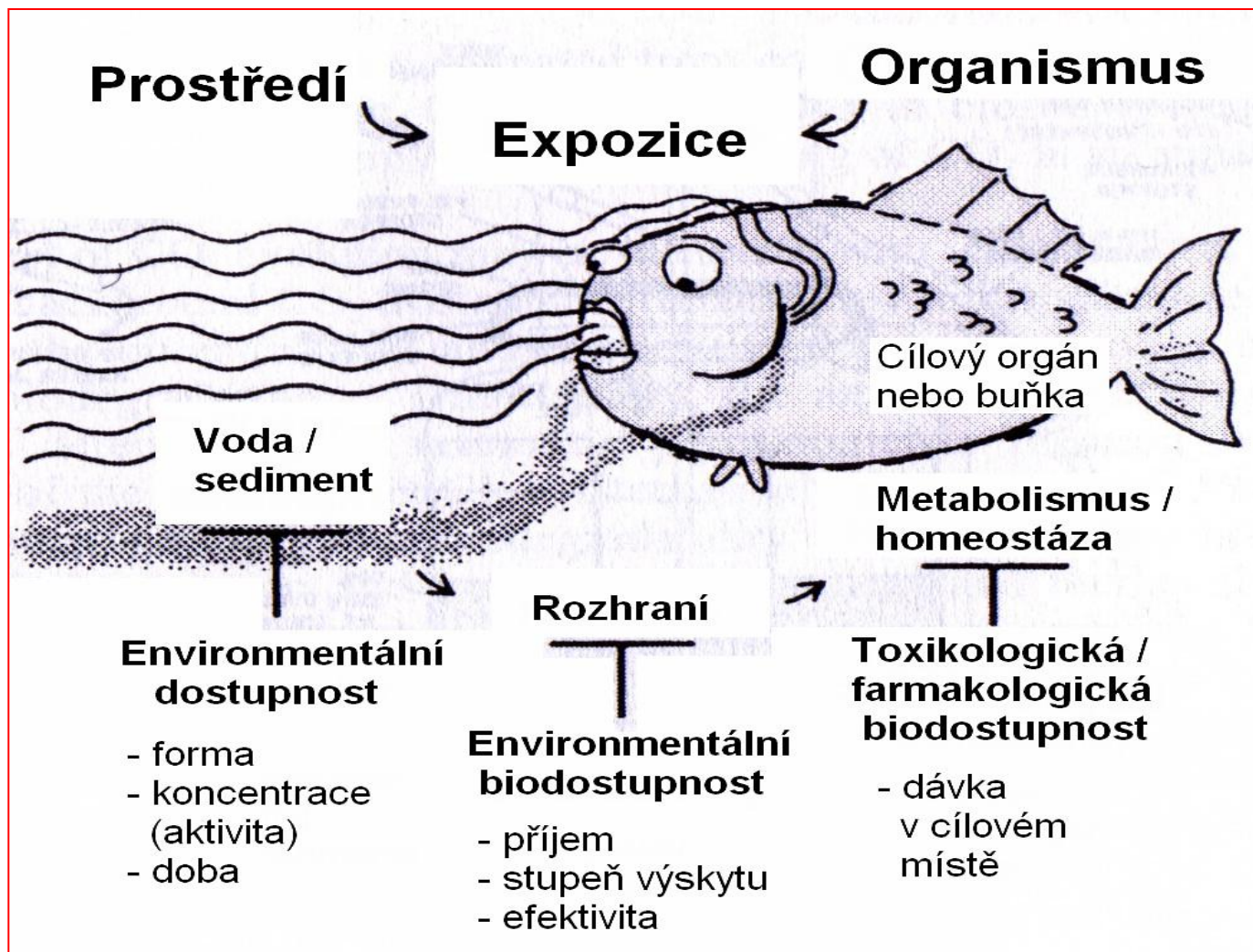
# Osud a chování organických látek v půdách

??? Co je skutečně nebezpečné, škodlivé, rizikové a co není ???



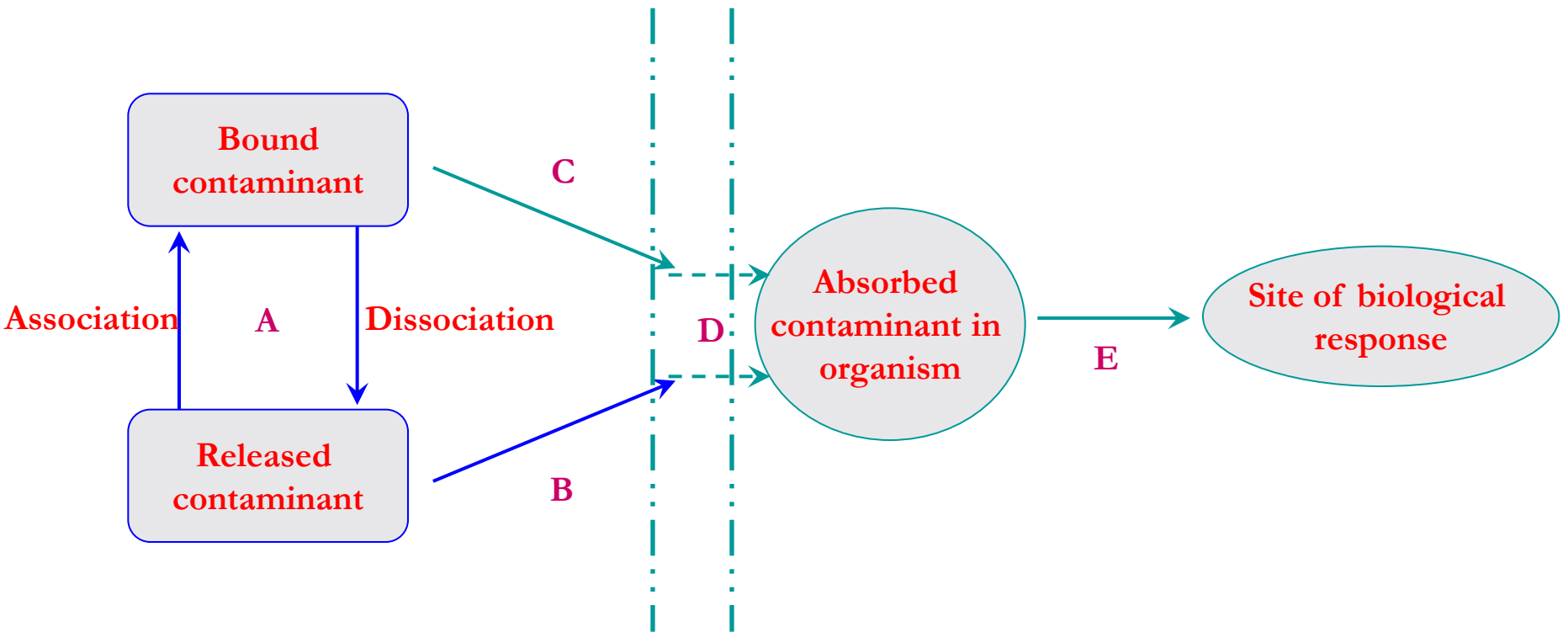
**Klíčová otázka – biodostupnost – v Evropě je více než 500 000 kontaminovaných míst – kde je cíl limitů ???**

# Biodostupnost - definice



# Biodostupnost

Cellular membrane



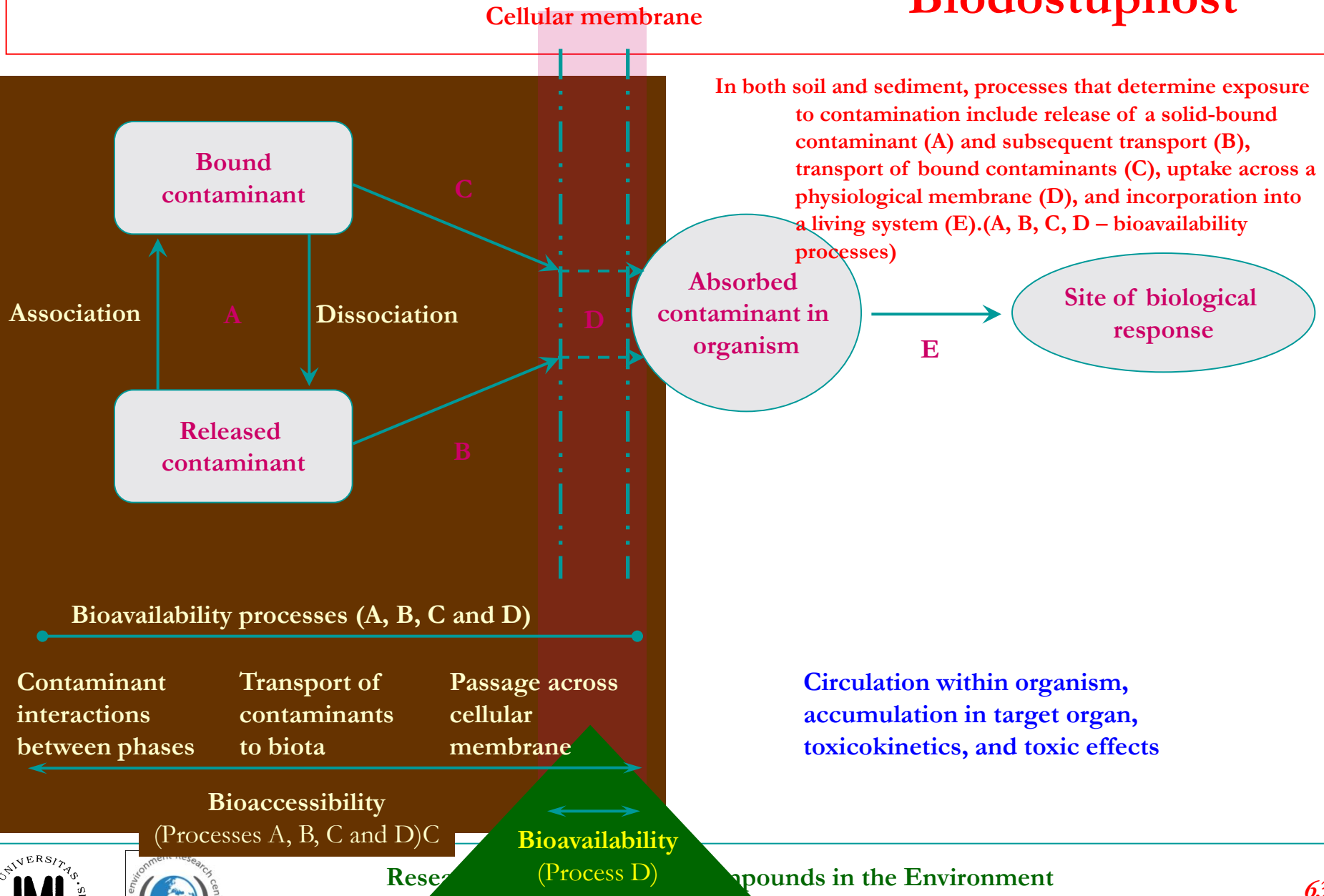
Contaminant interactions between phases

Transport of contaminants to biota

Passage across cellular membrane

Circulation within organism, accumulation in target organ, toxicokinetics, and toxic effects

# Biodostupnost



In both soil and sediment, processes that determine exposure to contamination include release of a solid-bound contaminant (A) and subsequent transport (B), transport of bound contaminants (C), uptake across a physiological membrane (D), and incorporation into a living system (E). (A, B, C, D – bioavailability processes)

Contaminant interactions between phases

Transport of contaminants to biota

Passage across cellular membrane

Circulation within organism, accumulation in target organ, toxicokinetics, and toxic effects

# Biodostupnost/biopřístupnost

- ↪ **Bioavailability is the fraction of a contaminant actually available at a given moment in time in soil.**
- ↪ **Biodostupná je frakce kontaminantu, jež je skutečně v půdě dostupná v daném časovém okamžiku**
- ↪ **Bioaccessibility encompasses what is actually bioavailable now plus what is '*potentially* bioavailable'.**
- ↪ **Biopřístupné znamená to, co je v daném okamžiku biodostupné plus to, co je potenciálně biodostupné.**

Semple et al., 2004



# Biodostupnost – faktory - vlastnosti kontaminantů

↪  $K_{OW}$  - rozdělovací koeficient n-oktanol – voda

$$K_{OW} = c_{\text{oktanol}} / c_{\text{voda}}$$

↪  $K_{OC}$  - množství látky adsorbované na jednotku organického uhlíku

↪ Náboj, ionizovatelnost, reaktivita, tvorba vodíkových můstků

# Biodostupnost – faktory - půdní prostředí, složení půdy

↪ Sorpce

↪ pH půdy, reakce v půdě

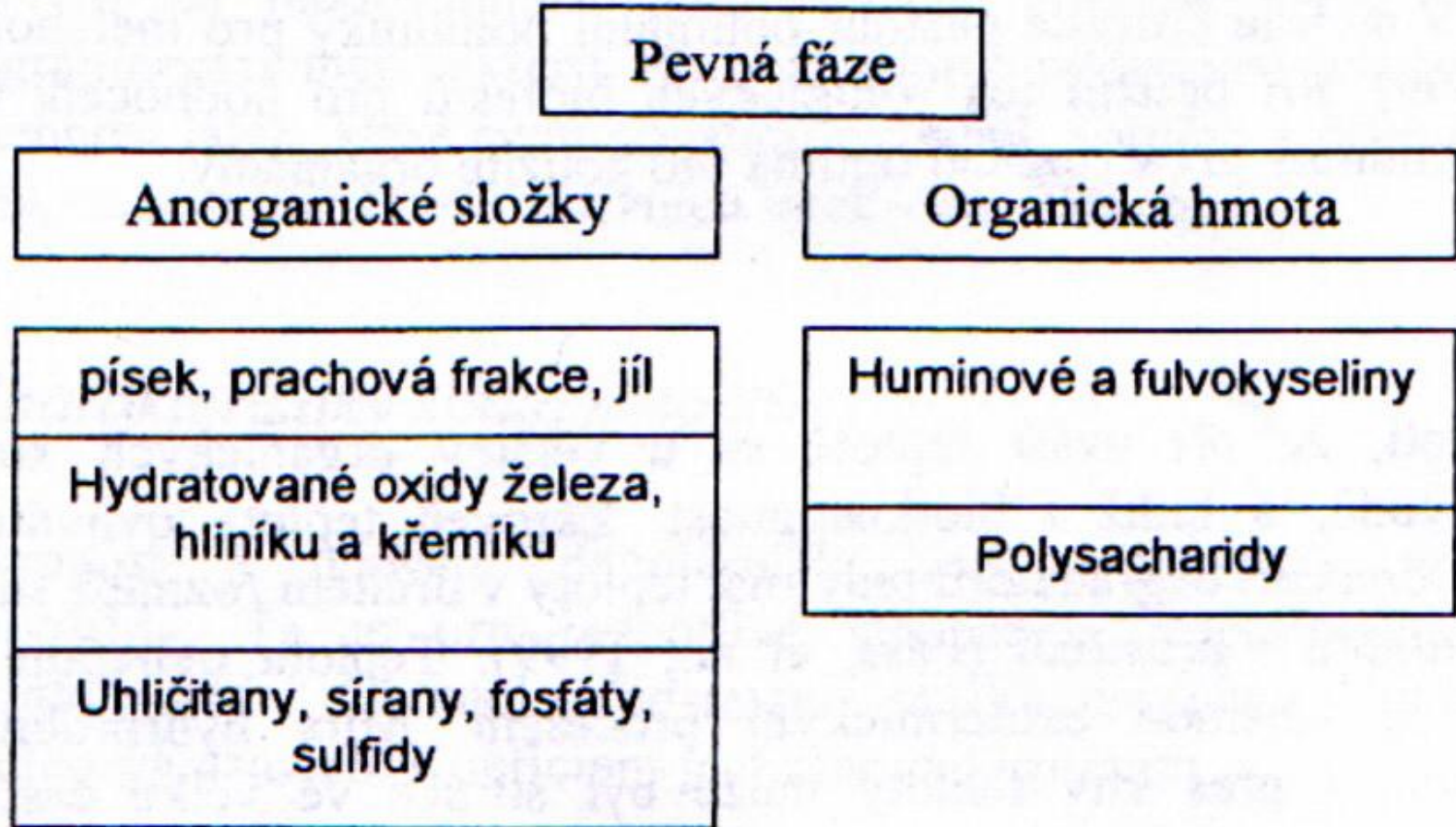
↪ Vlhkost

↪ Kationtová výměnná kapacita

↪ Teplota

↪ Složení půdy

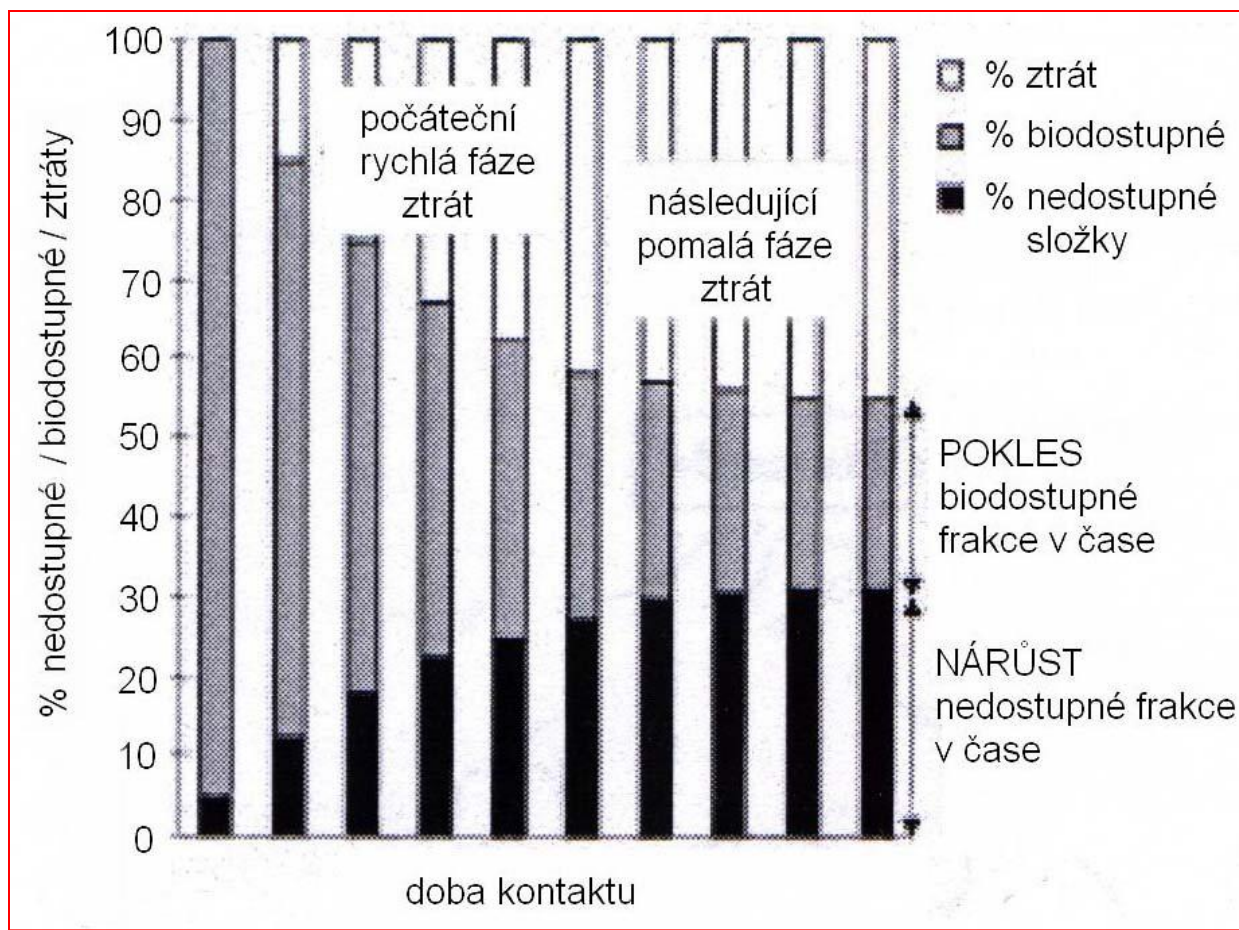
# Biodostupnost – faktory - půdní prostředí, složení půdy



# Biodostupnost – faktory - půdní prostředí, složení půdy

↪ Transport kontaminantů v půdách

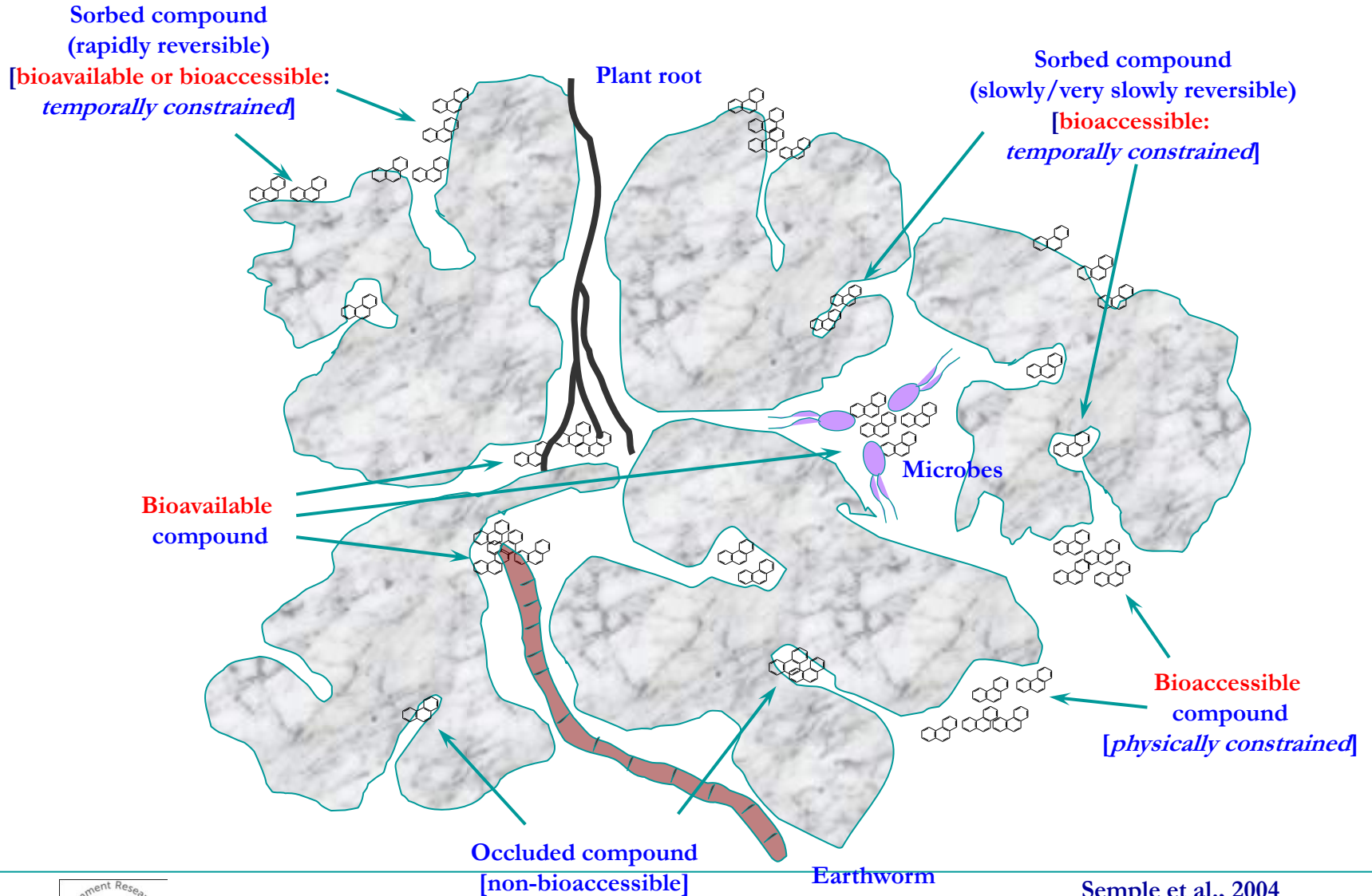
↪ Aging



# Biodostupnost – faktory - vlastnosti organismů

- ↪ **Příjem** – potrava, dermální kontakt, inhalace
- ↪ **Metabolismus** – transformace, ukládání v tukové tkáni
- ↪ **Vyloučení** – do půdní vody, do půdy, svlékání, zředění růstem, reprodukce

# Biodostupnost/biopřístupnost



Semple et al., 2004

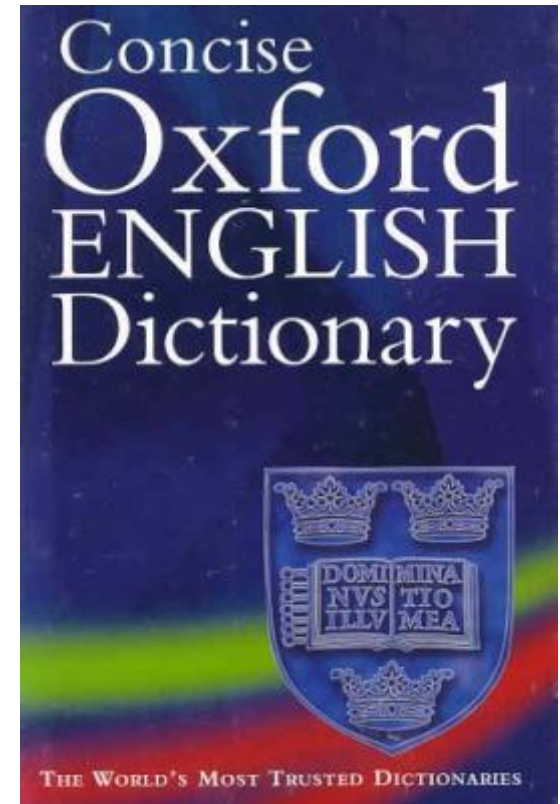
Research Centre for Toxic Compounds in the Environment

<http://recetox.muni.cz>

# New definitions (I)

The word **available** is defined in the Concise English Dictionary (1982) as ‘capable of being employed; at one’s disposal; at hand’

- ↪ There is an implied immediacy to the term; what is available is **available now**
- ↪ Hence, we define the **bioavailable** compound as that which is freely available to cross an organism’s (cellular) membrane from the medium the organism inhabits at a given point in time

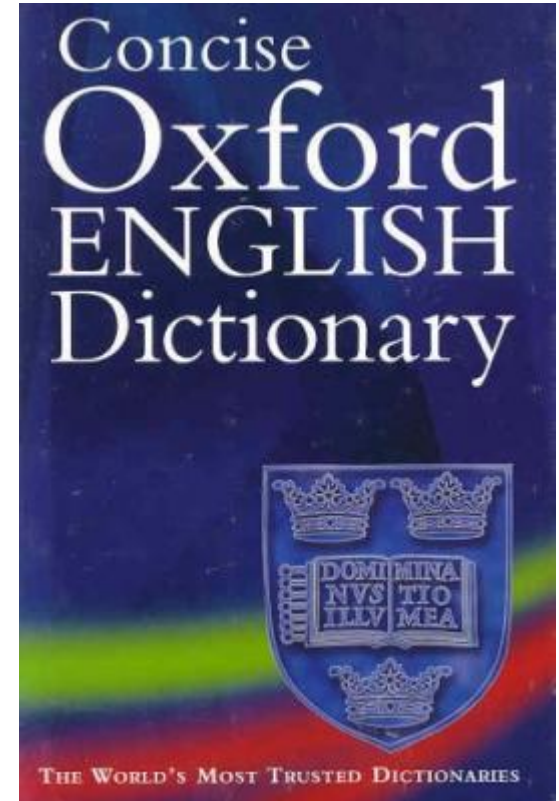


## New definitions (II)

The word **accessible** is defined in the Concise English Dictionary (1982) as 'capable of being approached or reached; approachable, attainable.

There is the sense that some of what is accessible **can be reached**, but is not quite within reach or can be reached at a given time.

In our context, there is an **implied constraint** in time and/or space, preventing the organism from gaining access to the chemical now





## New definitions (III)

**Definition:** the *bioaccessible* compound is that which is available to cross an organism's (cellular) membrane from the environment it inhabits, if the organism has access to it; however, it may be either physically removed from the organism, or only bioavailable after a period of time

‘Physically removed’ refers to chemical which is occluded in soil organic matter or because the organism is occupying a different spatial range of the environment than the contaminant

Semple et al., 2004

# Summary

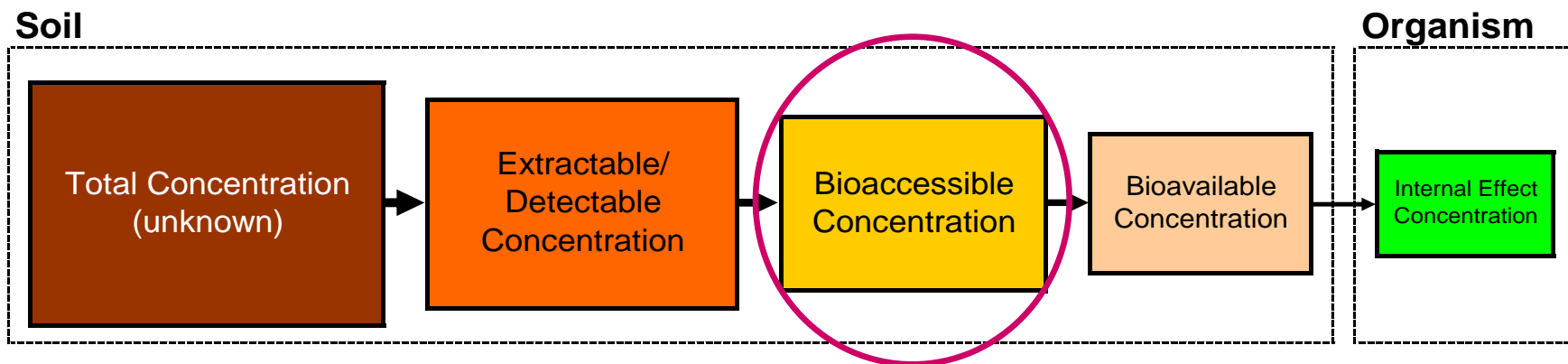
Bioavailability is the fraction of a contaminant actually available at a given moment in time in soil.

Bioaccessibility encompasses what is actually bioavailable now plus what is '*potentially* bioavailable'.

# Biopřístupná frakce

Biopřístupná frakce se skládá z:

- ◆ Koncentrace látky v půdní pórové vodě
- ◆ Desorbovatelné frakce
- ◆ “Aktivně” desorbovatelné frakce



Research Centre for Toxic Compounds in the Environment Figure modified from Hammel and Herrchen (1999)

<http://recetox.muni.cz>