

CHEMIE ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ a EKOTOXIKOLOGIE ?





Ekotoxikologie na PŘF MU

= hodnocení biologického vlivu stresorů od molekulární a buněčné úrovně až po úroveň systémovou

- Odběry vzorků, terénní studie, laboratorní studie
- Hodnocení toxicity vzorků, jejich kontaminace
- Studium mechanismů toxicity i neletálních účinků na různých trofických úrovních
- Celá řada ekotoxikologických modelů
 - **Biochemická, molekulární a buněčná ekotoxikologie a genotoxikologie**
 - **Ekotoxikologie vodního prostředí**
 - **Ekotoxikologie půdního prostředí**
 - **Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny**
 - **Hodnocení environmentálních rizik, analýzy dat**



Znečištění – zdravotní a ekologická rizika ?

Polutanty

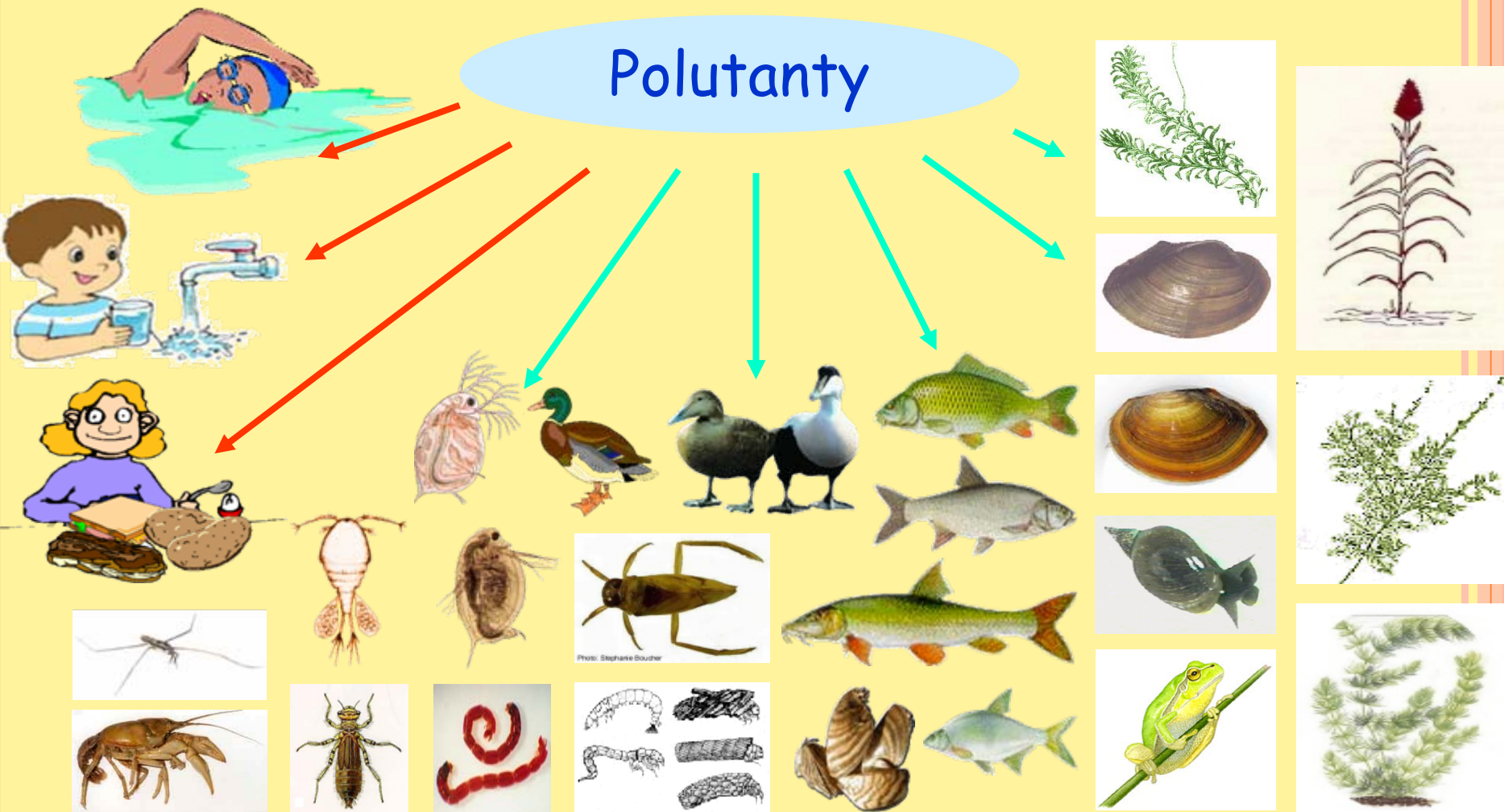
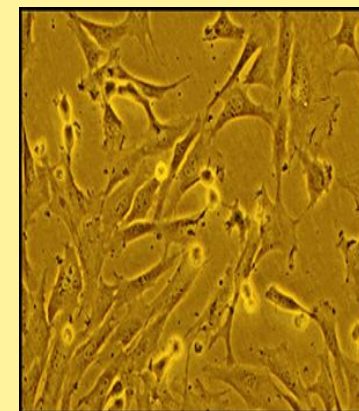


Photo: Stephanie Dourier

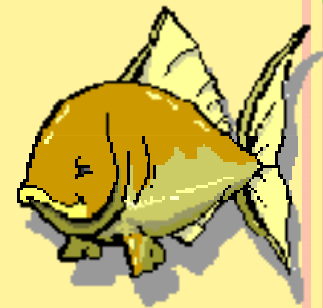


Biochemická, molekulární a buněčná ekotoxikologie a genotoxikologie

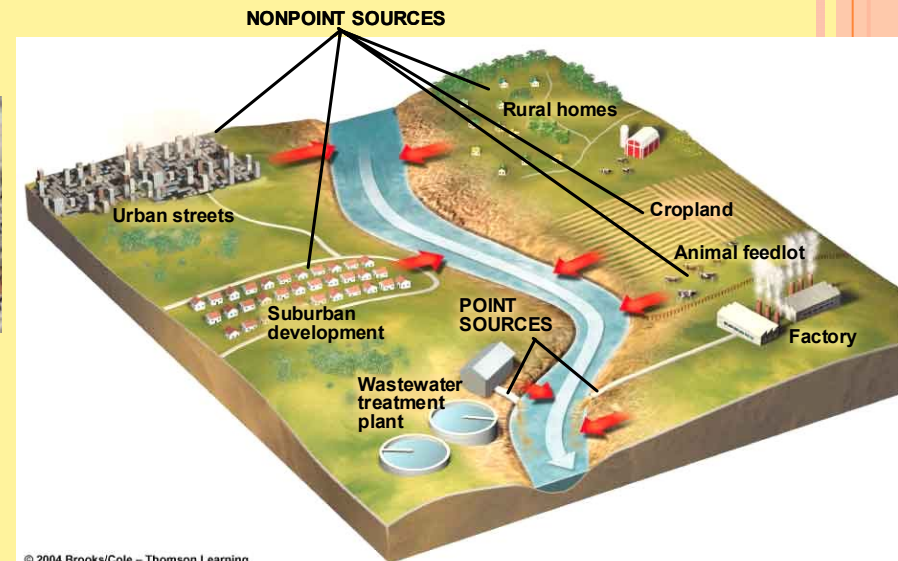
- studium buněčných a biochemických mechanismů působení toxických látek
- studium mechanismů ekotoxicity i specifických neletálních účinků environmentálních polutantů, chronických typů toxicity
- mechanismy působení persistentních organických polutantů (POPs) a cyanotoxinů produkovaných sinicemi při rozvoji vodního květu



Ekotoxikologie vodního prostředí



- Studium vlivu kontaminace vodního prostředí (tedy vody, suspendovaných částic, sedimentů) na přírodní organismy.
- Serie biologických modelů - akutní i chronické (tj. subletální) účinky u zástupců producentů, konzumentů a destruentů
- Kromě in vivo účinků (letalita, reprodukční toxicita, embryotoxicita apod.) - biochemické odpovědi organismů na všech úrovních jako časné biomarkery toxických projevů.





Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny

společné pracoviště PřF MU a
Botanického ústavu Akademie věd ČR



Studium mnoha aspektů masového rozvoje sinic

- monitoring sinic v prostředí
- monitoring cyanotoxinů v prostředí
- hodnocení vlivu sinic a jejich toxinů na jiné organismy
- metody omezení rozvoje sinic
- ekologie sinic (životní cyklus, přezimování)



www.sinice.cz

Praktická aplikace baterie ekotoxikologických testů

Hodnocení nebezpečnosti chemických látek vstupujících do reálného prostředí

Hodnocení environmentálních rizik
Testy reálných vzorků

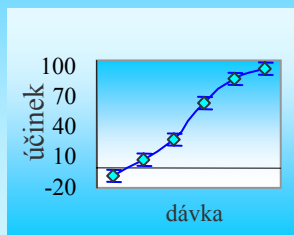
Hodnocení nebezpečnosti čistých chemických látek

Hodnocení nebezpečnosti látek, které jsou v laboratorních podmínkách aplikovány do studovaných reálných vzorků

Testy na screeningový odhad "bezpečné dávky" (PNEC)

Cílený test

Přesná identifikace nebezpečnosti studované látky
Úplné závislosti "dávka-účinek"



Testy reálné
BIODOSTUPNOSTI

(schopnosti inaktivace chemických látek)

(SSBA)

Z podrobných analýz baterie lze provést odhad této předpokládané dávky bez nepříznivého vlivu

PEC / PNEC

PEC...předpokládaná env. koncentrace
(nutné chemické analýzy a detailní separační techniky)

TOXICITA **GENOTOXICITA**

Analýza komplexní odpovědi organismu na přítomnost vzorku

Interpretace se srovnáním s výsledky chemických analýz

Propojení matematické biologie, environmentální chemie a ekotoxikologie

- Hodnocení účinků a nebezpečnosti látek – křivky dávka-odpověď – stanovení LOEC, NOEC
- Predikce (modelování) spolupůsobení látek ve směsích – relevantní pro ŽP
- Hodnocení rozdílů mezi skupinami organismů pod vlivem působení různých koncentrací polutantů, případně dalších stresorů – spolupůsobení
- Studium velkého množství parametrů (akumulace v různých tkáních, odpovědi detoxikačního systému, krevní enzymy...) u *in vivo* testů – komplexní vícerozměrné analýzy (např. cyanotoxiny vs. ryby)
- Testy přirozené variability v populaci versus působení environmentálního stresoru
- Problematika plánování experimentů – experimentální design, power analýzy
- Modelování chování polutantů v prostředí, jejich distribuce, degradace
- Problematika hodnocení ekologických rizik



Terénní studie

- hodnocení distribuce a projevů kontaminace v reálném prostředí
- hodnocení časové a prostorové variability sledovaných parametrů, hodnocení časových řad, rozdílů mezi různě zatíženými regiony
- studium vlivu různých parametrů prostředí a kontaminace na strukturu biologických společenstev, na projevy ekotoxicity
- vyhodnocení a interpretace dat z dlouhodobých monitoringů kontaminace (pasivní vzorkování) v zatížených oblastech – vývoj situace, časové řady, predikce budoucího vývoje

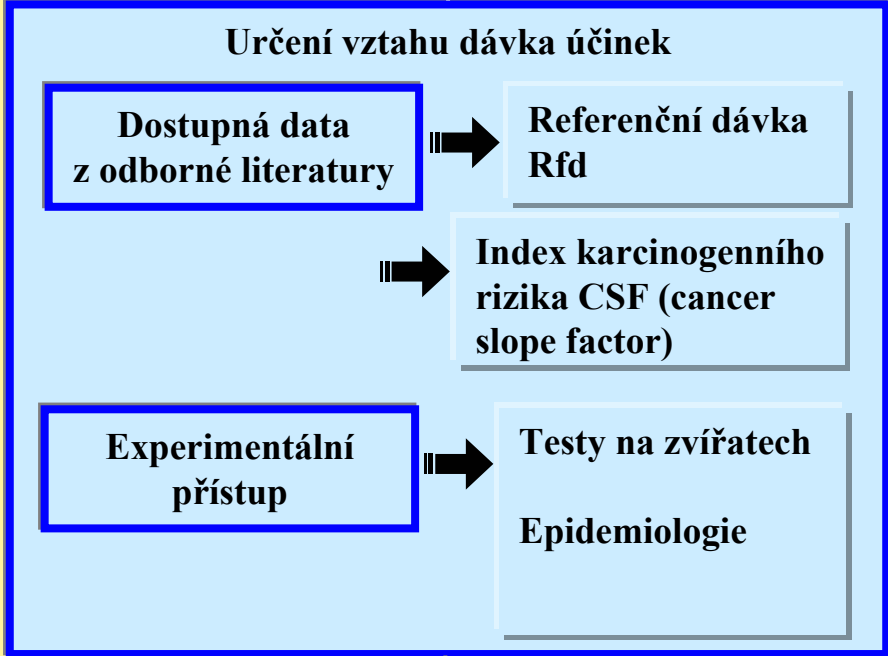
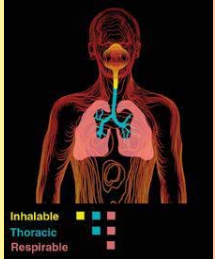
Příklady:

- výskyt sinic, sinicových toxinů v souvislosti s podmínkami prostředí (80% nádrží v ČR problém), sezónní dynamika výskytu sinic a jejich toxinů ve vodách
- časová a prostorová dynamika znečištění v zájmovém regionu
- vliv povodní na distribuci kontaminace v prostředí
- vypovídací schopnost ekotoxikologických testů vzhledem k přítomné kontaminaci
- vliv dopravy (dálnic) na znečištění okolní krajiny a biodiverzitu



Hodnocení rizik

Identifikace nebezpečnosti
benzo(a)pyren, pyren, OCPs,...



Hodnocení expozice
Applikace expozičních modelů

Inhalace

$$\text{Příjem (mg.kg}^{-1}\text{.den}^{-1}) = \frac{CA * IR * ET * EF * ED}{BW * AT}$$

Dermální kontakt, dietární příjem,...

charakteristika scénářů		scénář 1	scénář 2	scénář 3	scénář 4
inhalační rychlost	IR	0,8333 m ³ .h ⁻¹	0,8333 m ³ .h ⁻¹	0,8333 m ³ .h ⁻¹	0,8333 m ³ .h ⁻¹
doba expozice	ET	20 min	40 min	1 h	8 h
frekvence expozice	EF	226	226	226	226
trvání expozice	ED	10 let	10 let	10 let	10 let

Charakterizace rizik

$HI = \frac{\text{Příjem}}{\text{Rfd}}$

$HI > 1$

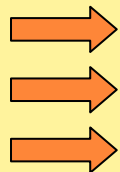
◀ Nekarcinogenní riziko

▶ Karcinogenní riziko

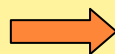
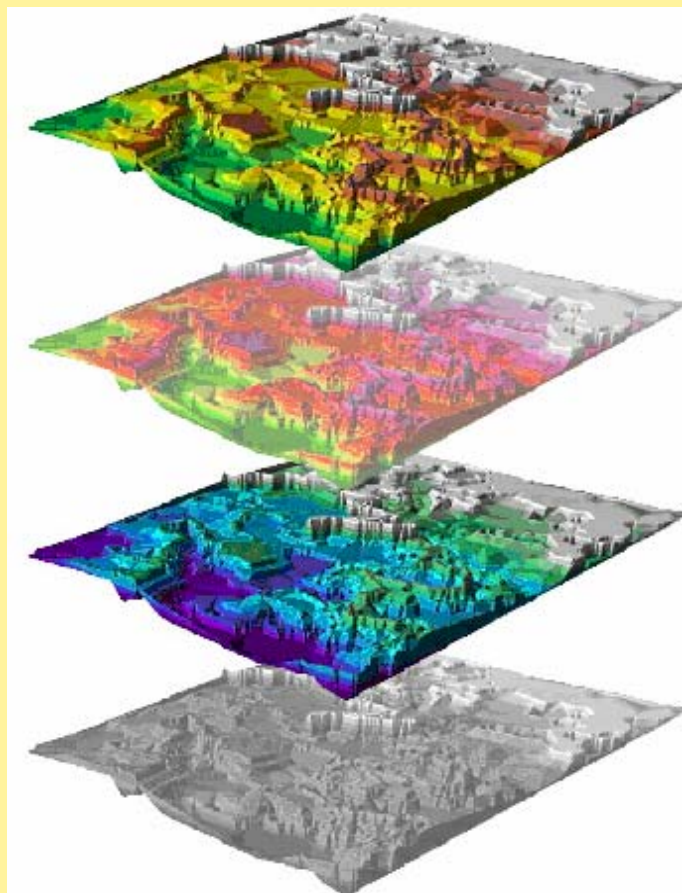
$CVRK = 1 - e^{(-\text{Příjem} * \text{CSF})}$

$CVRK \geq 1.10^{-6}$

Hodnocení rizik



- analýza vstupních dat koncentrací
- definice rizik a nejistot jejich odhadů
- suma rizik za všechny analyty



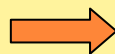
Benzo-a-pyren



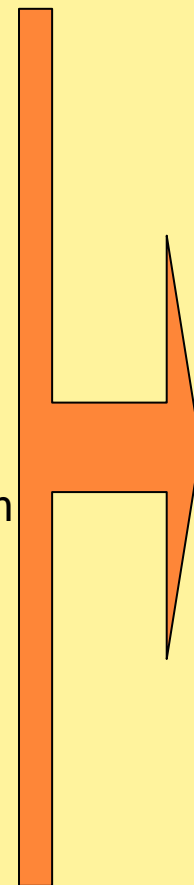
Chryzen



Dibezo-ah-antracén



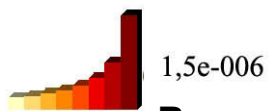
Benzo-a-antracén



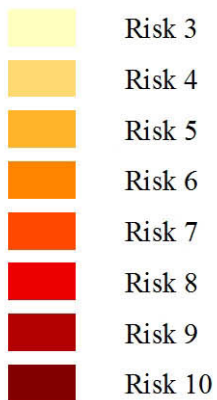
SUMA rizik



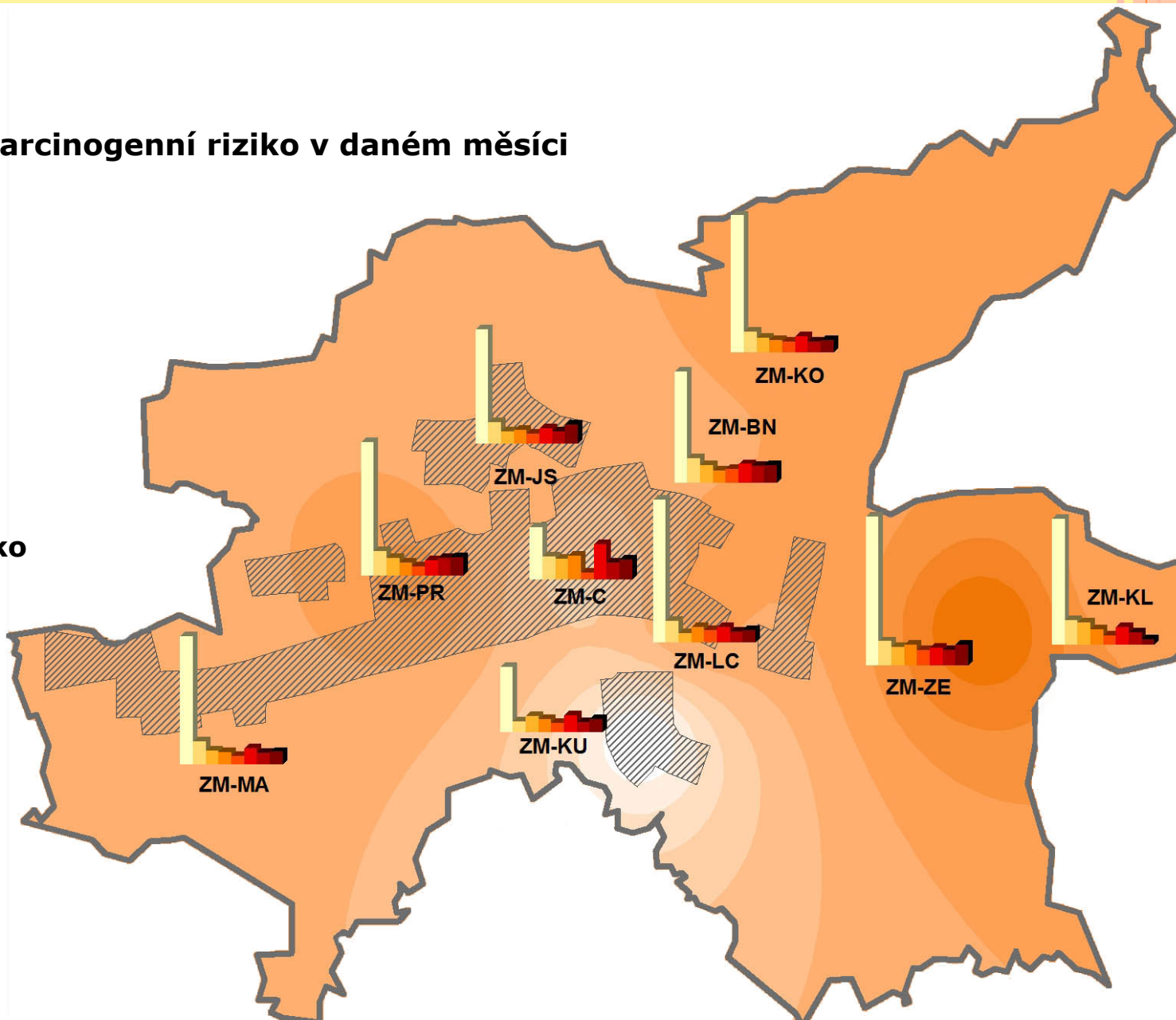
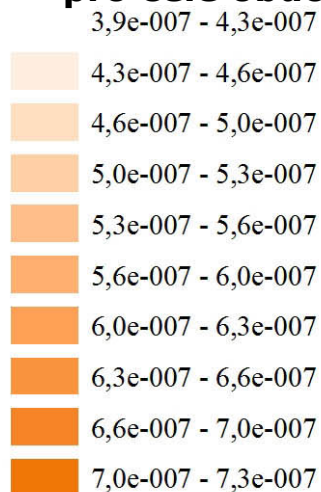
Hodnocení rizik – ukázka výstupu



Bary – karcinogenní riziko v daném měsíci



Polygony – karcinogenní riziko pro celé období



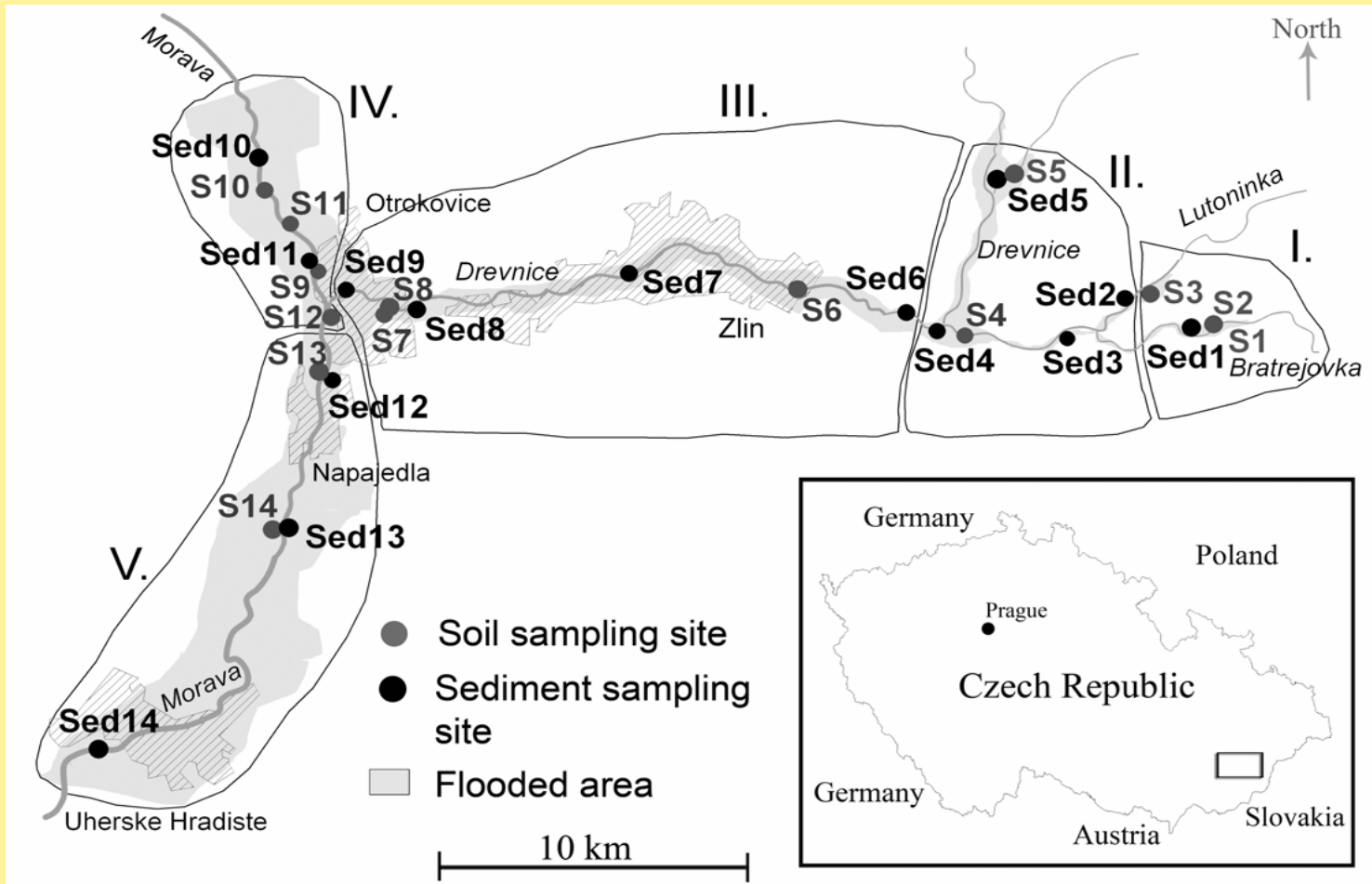
Vliv povodní na redistribuci organických polutantů v říčních sedimentech a nivních půdách

Cíle studie

- Studium změn kontaminace spojených s povodní
- Charakterizovat úroveň kontaminace a její časové a prostorové změny a dynamiku spojenou s povodní
 - (1) krátce po povodni
 - (2) vývoj kontaminace několik let po povodni
- Zhodnotit zastoupení jednotlivých POPs v sedimentech a půdách a jeho změny vzhledem k povodni



STUDOVANÝ REGION



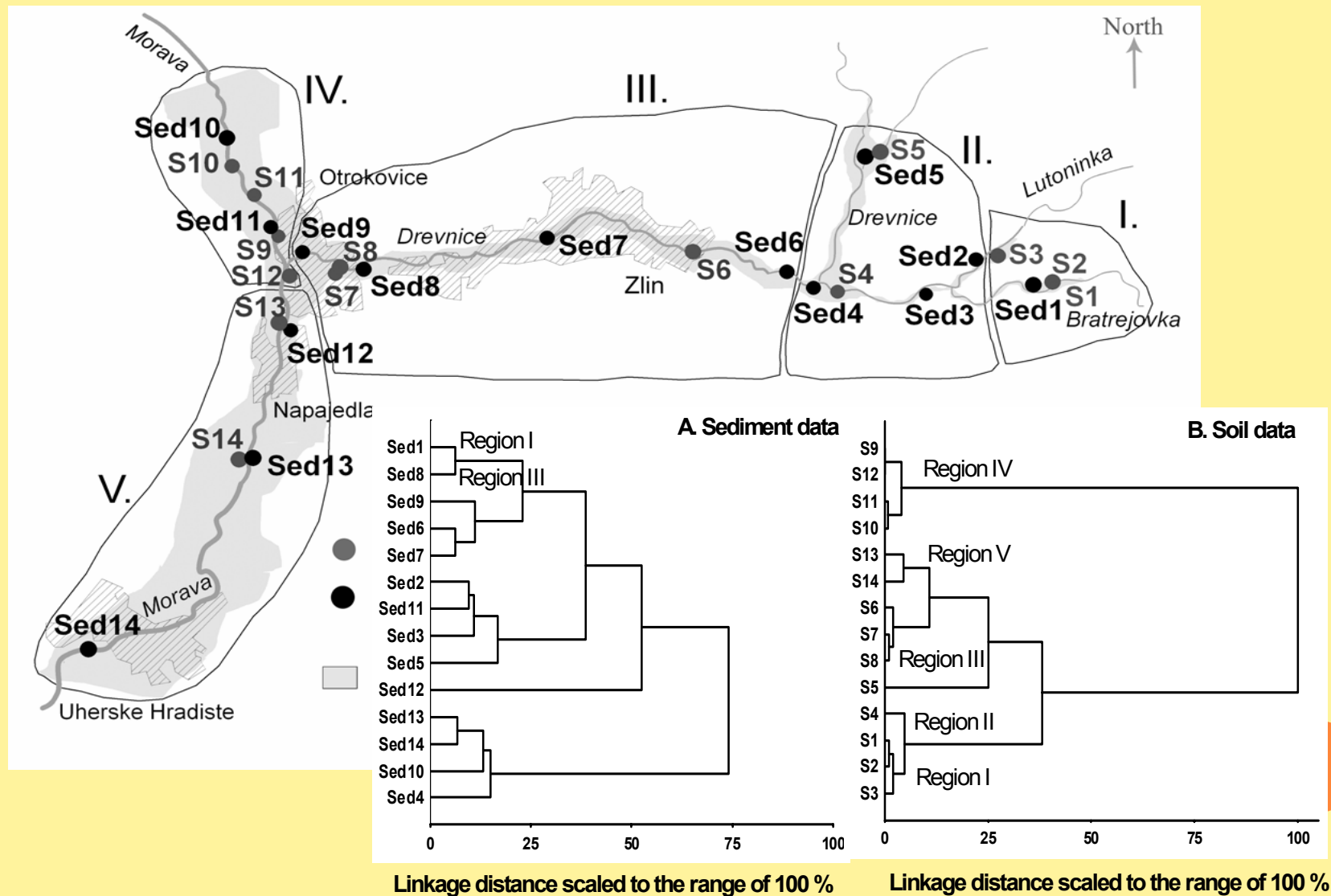
POVODNĚ - červenec 1997

- způsobeny dvěma periodami vyjímečně silných srážek, velké materiální a ekologické škody, několik obětí
- celkové množství srážek během pěti dnů 3 miliardy m³ (**1/20 celkového ročního množství srážek v České republice**)
- **100-letá voda na řece Dřevnici and 200-letá voda na studované části řeky Moravy**
- Kulminační průtok 282 m³.s⁻¹ na Dřevnici a 920 m³.s⁻¹ na Moravě (cca **100-krát a 20-krát vyšší než průměrný průtok**)



VÝZKUM VLIVU POVODNÍ 1997

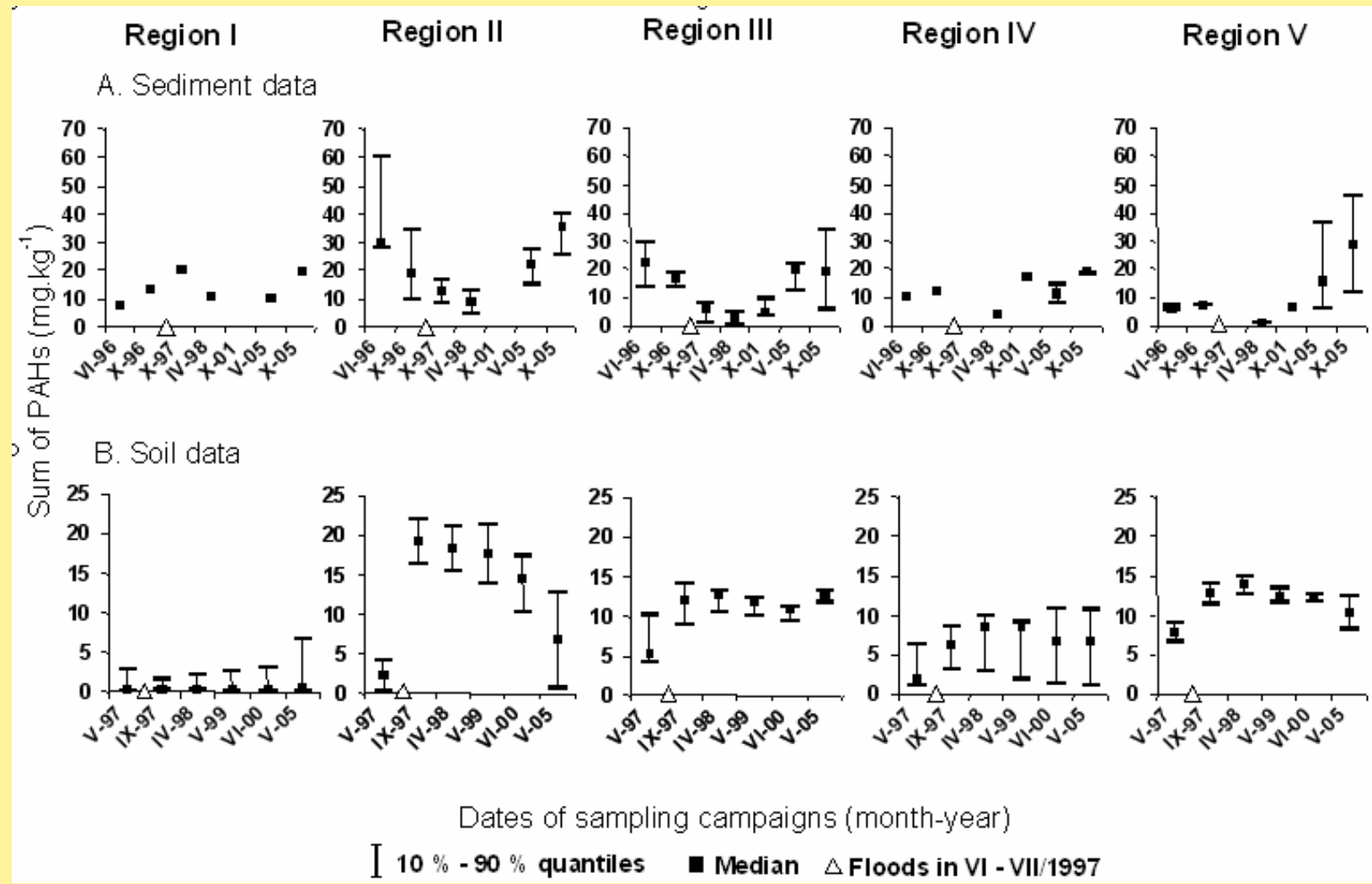
- sedimenty a nivní půdy vzorkovány v období 1996 až 2005
- organické polutanty PAHs, PCBs, OCPs a HCB



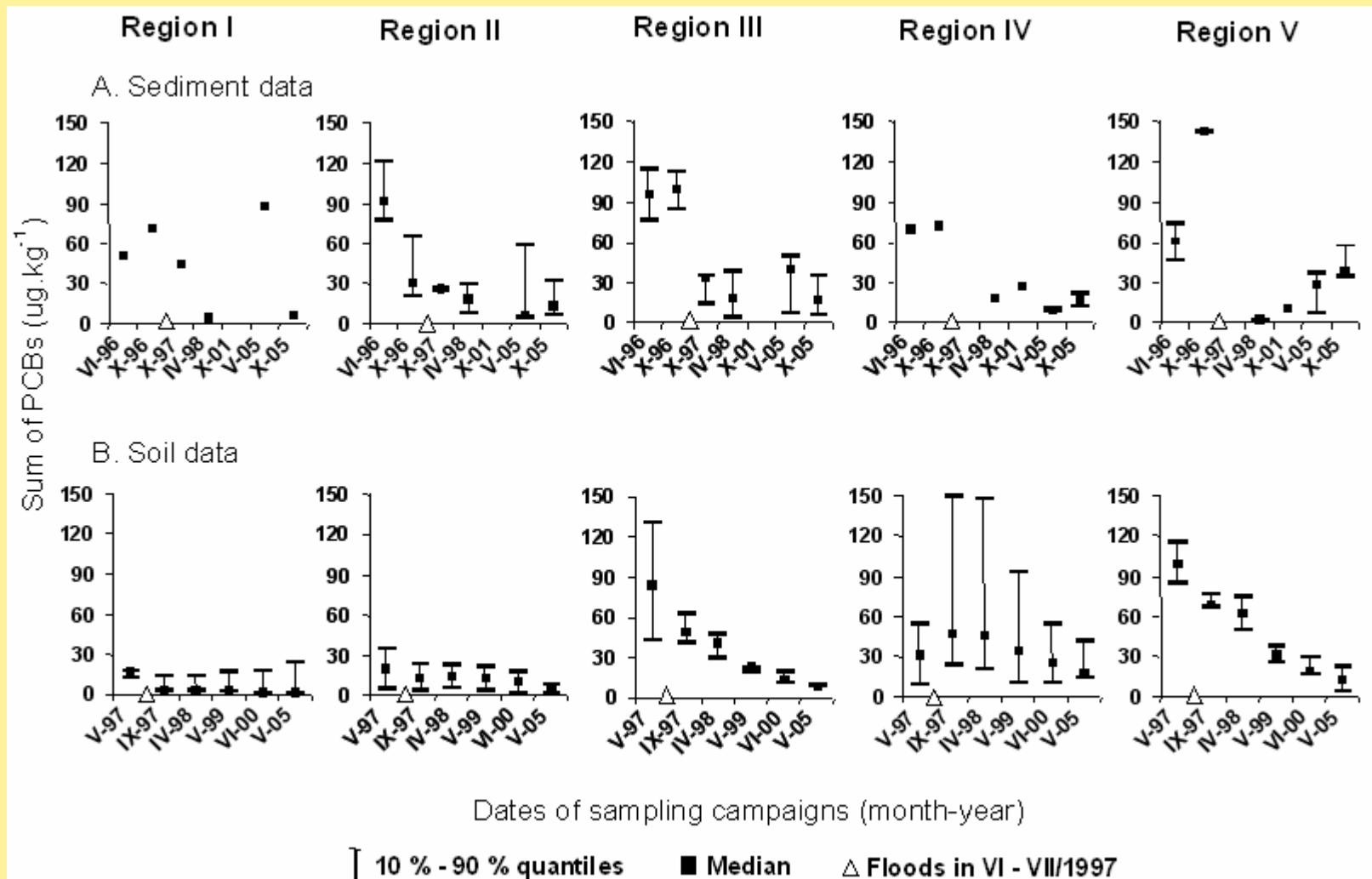
Souhrnný přehled kontaminace

Contaminants	Region I.	Region II.	Region III.	Region IV.	Region V.	p value	Components of variability	
	Median values (10 %; 90 % quantiles); calculated over the whole monitored period						Between region differences	Time-related differences
SEDIMENTS								
Σ PAHs (mg.kg ⁻¹)	10.5 ^a (6.5; 17.6)	23.7 ^b (10.8; 41.4)	11.2 ^a (11.3; 21.7)	13.4 ^a (4.3; 19)	7.6 ^{ab} (5.6; 36.7)	0.023	28.6 %	31.6 %
Σ PCBs (μg.kg ⁻¹)	47.5 ^a (4.3; 88)	23.1 ^a (5.5; 92.3)	31.8 ^a (6.9; 85.9)	20.2 ^a (8.3; 72.6)	37.1 ^a (7.3; 75)	0.821	2.5 %	53.7 %
Σ HCH (μg.kg ⁻¹)	0.42 ^a (0.14; 2.1)	0.37 ^a (0.11;	0.75 ^a (0.25; 2.8)	0.46 ^a (0.08; 1.6)	0.59 ^a (0.08; 3.7)	0.765	7.4 %	35.1 %
Σ DDT (μg.kg ⁻¹)	4.7 ^a (1.8; 11.8)	3.8 ^a (1.5; 22.9)	4.6 ^a (1.8; 15.3)	10.1 ^a (3.7; 49)	11.6 ^a (5; 47.1)	0.148	9.8 %	11.3 %
HCB (μg.kg ⁻¹)	1.6 ^a (0.88; 2.5)	1.3 ^a (0.47; 5.7)	1.9 ^a (0.7; 3.5)	5.2 ^b (2.3; 43.1)	3 ^{ab} (0.9; 7.5)	0.032	19.8 %	10.6 %
SOILS								
Σ PAHs (mg.kg ⁻¹)	0.4 ^a (0.27; 3)	14.9 ^c (2.2; 24.8)	11.9 ^c (5.3; 15.6)	8.1 ^b (1.4; 10.3)	12.2 ^c (8.4; 16.2)	<0.001	52.4 %	7.1 %
Σ PCBs (μg.kg ⁻¹)	3.3 ^a (1.7; 17.8)	7.4 ^a (2.7; 23.6)	30 ^{ab} (8.9; 84.8)	37.7 ^b (14.6; 93.2)	40.8 ^b (17; 91.2)	0.002	33.6 %	17.2 %
Σ HCH (μg.kg ⁻¹)	0.38 ^a (0.17; 1.2)	0.52 ^a (0.25; 1.3)	2.6 ^b (0.75; 8.5)	0.83 ^{ab} (0.38; 2)	1.7 ^b (0.88; 3.4)	0.023	38.7 %	11.5 %
Σ DDT (μg.kg ⁻¹)	0.79 ^a (0.51; 3)	2.9 ^b (1.4; 36.5)	10.3 ^b (3.4; 55.1)	4.6 ^b (2.5; 42.9)	8.7 ^b (4.1; 22.6)	0.019	8.6 %	5.5 %
HCB (μg.kg ⁻¹)	1.2 ^a (0.39; 2.2)	2 ^a (1.2; 4)	3.9 ^b (1.2; 35.3)	3.6 ^{ab} (2; 6.9)	3.2 ^{ab} (1.9; 8.7)	0.016	13.2 %	5.1 %

Změny koncentrace PAHs



Změny koncentrace PCBs



Distribuční zastoupení PAHs

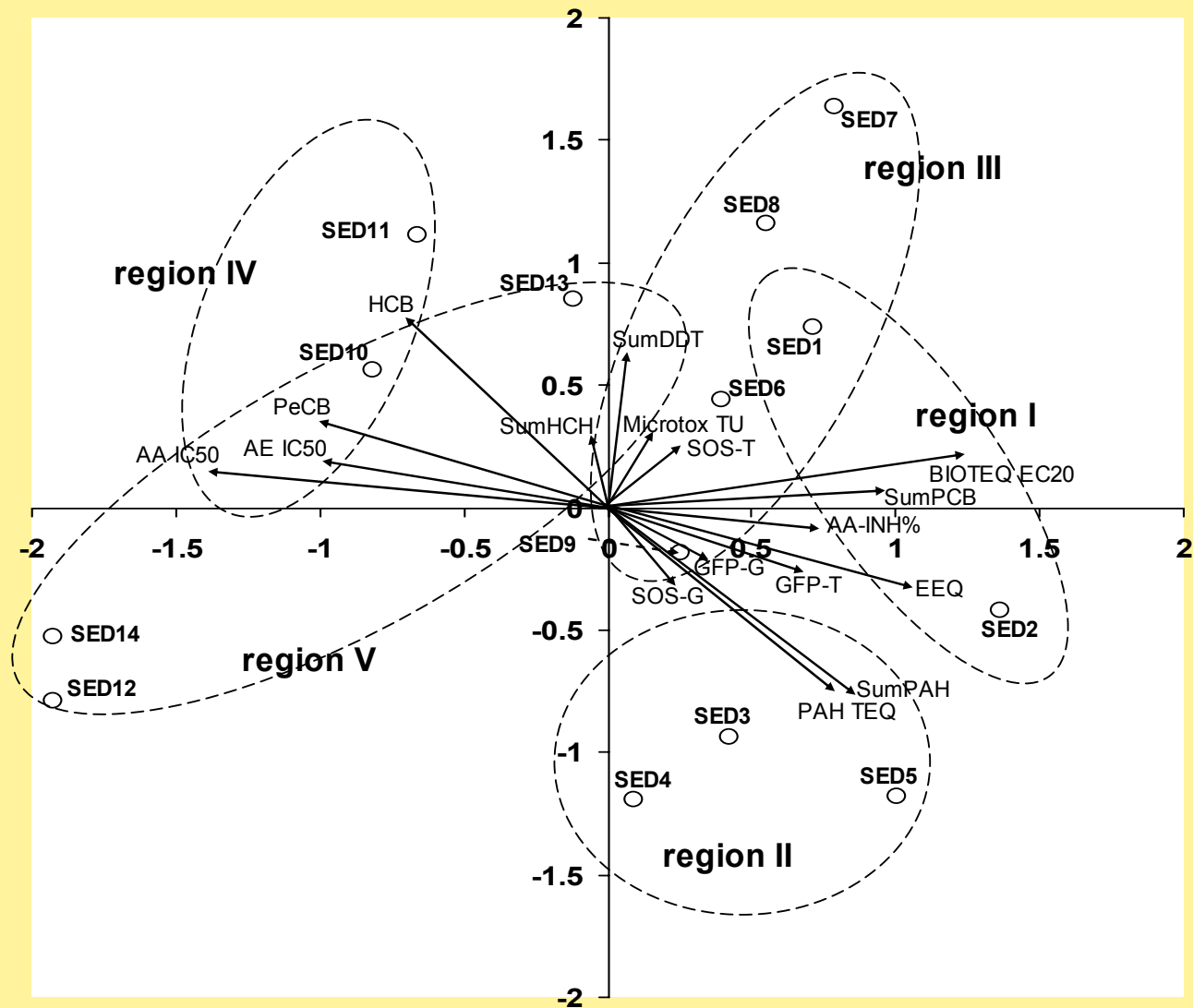
SEDIMENTS	----- Region II. -----			----- Region III. -----		
	Before flood X. 1996	After flood X. 1997	X. 2005	Before flood X. 1996	After flood X. 1997	X. 2005
LMW / HMW	0.16 (0.14; 0.18)	0.1 (0.1; 0.16)	0.12 (0.1; 0.14)	0.14 (0.1; 0.16)	0.09 (0.07; 0.14)	0.11 (0.09; 0.12)
Phen/Ant	4.2 (3.7; 4.4)	13.16 (7.9; 18.43)	2.9 (0.19; 3.5)	4.5 (4.2; 4.9)	24.4 (10.3; 30.5)	3.4 (3.3; 3.9)
Fluo/Pyr	1.3 (1.3; 1.4)	2.15 (2.14; 2.17)	1.23 (1.04; 1.3)	1.33 (1.3; 1.36)	2.12 (1.88; 3.23)	1.26 (1.2; 1.3)
Chr/BaA	0.98 (0.97; 1)	0.97 (0.92; 1.02)	0.93 (0.67; 1.1)	1.09 (1.08; 1.1)	0.98 (0.96; 1.09)	0.98 (0.92; 1.14)
SOILS	Before flood V. 1997	After flood X. 1997	V. 2005	Before flood V. 1997	After flood X. 1997	V. 2005
LMW / HMW	0.11 (0.10; 0.15)	0.09 (0.05; 0.13)	0.09 (0.05; 0.12)	0.08 (0.06; 0.11)	0.13 (0.11; 0.15)	0.13 (0.09; 0.15)
Phen/Ant	6.5 (3.9; 9)	2.2 (1.1; 3.4)	4.9 (4.1; 5.1)	4.1 (3.9; 5.2)	2.5 (1.9; 3)	3.9 (3; 4.7)
Fluo/Pyr	1.6 (1.4; 1.5)	1.11 (1.1; 1.3)	1.4 (1.3; 1.5)	1.4 (1.35; 1.43)	1.3 (1.29; 1.33)	1.26 (1.24; 1.33)
Chr/BaA	1 (0.89; 1.1)	1.01 (0.99; 1.05)	0.99 (0.88; 1.1)	0.92 (0.85; 0.93)	1.03 (1.01; 1.06)	0.89 (0.88; 0.89)

SOUHRN a ZÁVĚRY

- **Povodně velmi silně přispívají k environmentální distribuci POPs, mobilizují a redistribuují staré zátěže**
- **Sedimenty mohou fungovat jako sekundární zdroje znečištění**
- **Povodně mohou fungovat jako vektor přenosu kontaminace ze sedimentů do půdy**
- organické polutanty v nivních půdách i sedimentech na mnoha lokalitách opakovaně překročily bezpečné environmentální limity
- povodeň způsobila pokles všech sledovaných kontaminantů v sedimentech a významné zvýšení koncentrací PAHs v zaplavených půdách. PAHs byly redistribuovány ze sedimentů do nivních půd, zatímco PCBs byly z regionu vypláchnuty.
- stabilní poměr zastoupení PAH v půdách bez ohledu na povodně a větší změny v sedimentech = dlouhodobější „paměť“ (záznam) kontaminace v půdách
- relativní distribuce PAHs odpovídá profilu ze spalovacích zdrojů
- zvýšení hladin PAHs v sedimentech několik let po povodni – přítomné zdroje, riziko pro budoucí povodně



Souvislost výsledků biotestů se sledovanou kontaminací



Potřeba matematických biologů v environmentálních vědách

Firmy a organizace zabývající se:

hodnocením vlivu různých činností na životní prostředí
modelováním osudu a distribuce polutantů v prostředí
hodnocením (ne)bezpečnosti chemických látek a výrobků

Český hydrometeorologický ústav

Česká inspekce životního prostředí

Ministerstva životního prostředí a zemědělství, krajské úřady

Odborné instituce provádějící monitoring stavu životního prostředí na různých úrovních

Výzkumné instituce zabývající se výzkumem problematiky ŽP včetně ústavů akademie věd (Botanický ústav, Ústav systémové biologie a ekologie, Ústav biologie obratlovců....)

Oborové odborné instituce – Výzkumný ústav vodohospodářský,

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

Zdravotní ústavy, hygienické stanice, podniky Povodí...

