



Fakulta rybnářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice
Czech Republic

Biomonitoring a jeho využití v analýze rizik - ryby



T. Randák a kol. LECHB

www.frov.jcu.cz

kontakt: trandak@frov.jcu.cz

Hlavní zdroje znečištění našich vod



Průmyslové odpadní vody

- toxické kovy (rtuť, kadmium, olovo)
- organochlorované sloučeniny (polychlorované bifenyly – PCB, dioxiny, HCH, HCB)

Zemědělská výroba

- minulost - průmyslová hnojiva a pesticidy (například DDT)
 - současnost – splachy organických látek → zanášení a eutrofizace vod.
- Znečištění pesticidy, úniky silážních šťáv či močůvky.

Komunální odpadní vody

ČOV – zlepšení kvality odpadní vody.

- mnoho cizorodých látek přetrvává (např. léčiva, parfémy, složky kosmetických přípravků, saponáty a jejich degradační produkty, pesticidy, atd.) a často mají negativní účinky na exponované organismy. **Jejich výskyt v životním prostředí je v současnosti považován za jednu z nejzávažnějších příčin poruch rozmnožování organismů včetně člověka.**

Biomonitoring vodního prostředí



Biomonitoring vodního prostředí – aktivity popisující ekologický stav potoků, řek, jezer, nádrží, rybníků a mokřadů pomocí studia organismů žijících v hodnoceném prostředí.





Bioindikátory - reprezentativní druhy používané pro hodnocení ekologického stavu vodních ekosystémů. Poskytují nám informace o prostředí, ve kterém žijí.

Bioindikátor je schopen indikovat např. přítomnost cizorodých látek ve vodním prostředí a zároveň poskytuje i informace o množství kontaminantů a o jejich vlivu na organismy.

měkkýši



Foto: A. Ricciardi

pijavky



Foto: J. Mohaiadin

ryby



Indikátorové druhy ryb



Okoun říční (*Perca fluviatilis* L.)



Cejn velký (*Abramis brama* L.)



Jelec tloušť (*Squalius cephalus* L.)



Pstruh obecný (*Salmo trutta* L.)

Vliv znečištění na hygienickou kvalitu rybího masa



Část cizorodých sloučenin má schopnost se v rybách kumulovat, což může vést ke zhoršení hygienické kvality rybího masa a vnitřností a omezit tak jejich použitelnost.

Použitelnost rybího masa z hlediska obsahu cizorodých látek je možno posuzovat na základě:

- porovnání s hygienickými limity
- výpočtu použitelnosti rybího masa s využitím expozičních limitů WHO





V současné době stanovují nejvyšší přípustná množství (NPM) kontaminantů v potravinách ES 1881/2006, ES 629/2008, ES 396/2005, ES 1259/2011

Hg	0,5 mg.kg ⁻¹ rybích produktů (1 mg.kg ⁻¹ úhoř, štika, jeseter, mořské ryby)
Pb	0,3 mg.kg ⁻¹ rybí svaloviny (0,4 mg.kg ⁻¹ úhoř, mořské ryby)
Cd	0,05 mg.kg ⁻¹ rybí svaloviny (0,1 mg.kg ⁻¹ úhoř, mořské ryby)
PCB	(suma 6 indikátorových kongenerů) 0,125 mg.kg ⁻¹ jedlého podílu (ryby sladkovodní a rybí výrobky)
Dioxiny	(suma) 0,0000035 mg.kg ⁻¹ rybí svaloviny
HCB	0,2 mg.kg ⁻¹ jedlého podílu,
lindan (γ -HCH)	0,02 mg.kg ⁻¹ jedlého podílu,
suma DDT	a jeho metabolitů 1 mg.kg ⁻¹ jedlého podílu

Expoziční limity



Polutant	LIMITY		
	expoziční limit	jednotky	zdroj
MeHg	1,6	$\mu\text{g.kg t. hm.}^{-1}.\text{týden}^{-1}$	WHO
Pb	25	$\mu\text{g.kg t. hm.}^{-1}.\text{týden}^{-1}$	WHO
Cd	7	$\mu\text{g.kg t. hm.}^{-1}.\text{týden}^{-1}$	WHO
Σ PCB	0,4	$\mu\text{g.kg t. hm.}^{-1}.\text{den}^{-1}$	WHO
Σ DDT	20	$\mu\text{g.kg t. hm.}^{-1}.\text{den}^{-1}$	WHO
γ -HCH	8	$\mu\text{g.kg t. hm.}^{-1}.\text{den}^{-1}$	WHO
$\Sigma \alpha+\beta$ HCH	-	-	-
HCB	0,17	$\mu\text{g.kg t. hm.}^{-1}.\text{den}^{-1}$	WHO

Expoziční limit (EL): Příпустné množství chemické látky, které může být organismem člověka prostřednictvím potravin či pitnou vodou po celý život přijímáno, aniž by pro něj znamenalo zdravotní riziko. Hodnota EL vychází ze současného stavu poznání.



Výpočet požitelnosti rybího masa s využitím expozičních limitů WHO (Kannan et al. 1998).

$$D = EL \times W$$

$$NTL = \frac{D}{c}$$

$$PP = \frac{NTL}{P}$$

- D** – PŘIJATELNÝ (TOLEROVATELNÝ) DENNÍ, TÝDENNÍ, MĚSÍČNÍ PŘÍJEM POLUTANTU
EL - EXPOZIČNÍ LIMIT (WHO)
W – PRŮMĚRNÁ TĚLESNÁ HMOTNOST KONZUMENTA
c – OBSAH POLUTANTU VE SVALOVINĚ RYB
NTL - HMOTNOST RYBÍ SVALOVINY PRO NAPLNĚNÍ EXPOZIČNÍHO LIMITU
PP – POČET PORCÍ, KTERÉ MŮŽE KONZUMENT SNÍST ZA DANÉ OBDOBÍ
P – HMOTNOST JEDNÉ PORCE

Postup odběru vzorků



výběr lokalit

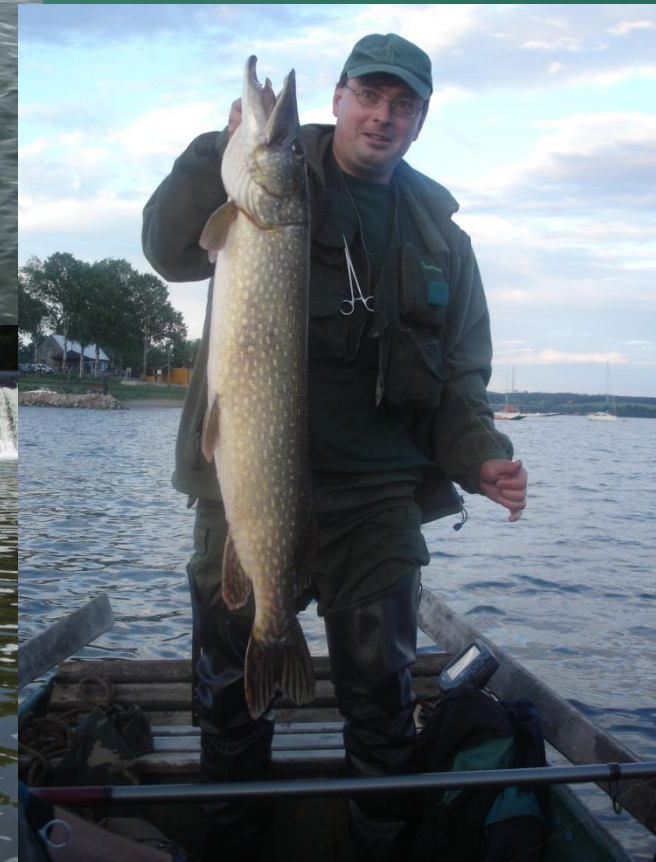
výběr vhodných indikátorových druhů a stanovení jejich velikostí a počtů, referenční indikátorový druh

odlov ryb (udice, agregáty, tenata)

odběr vzorků a jejich analýzy

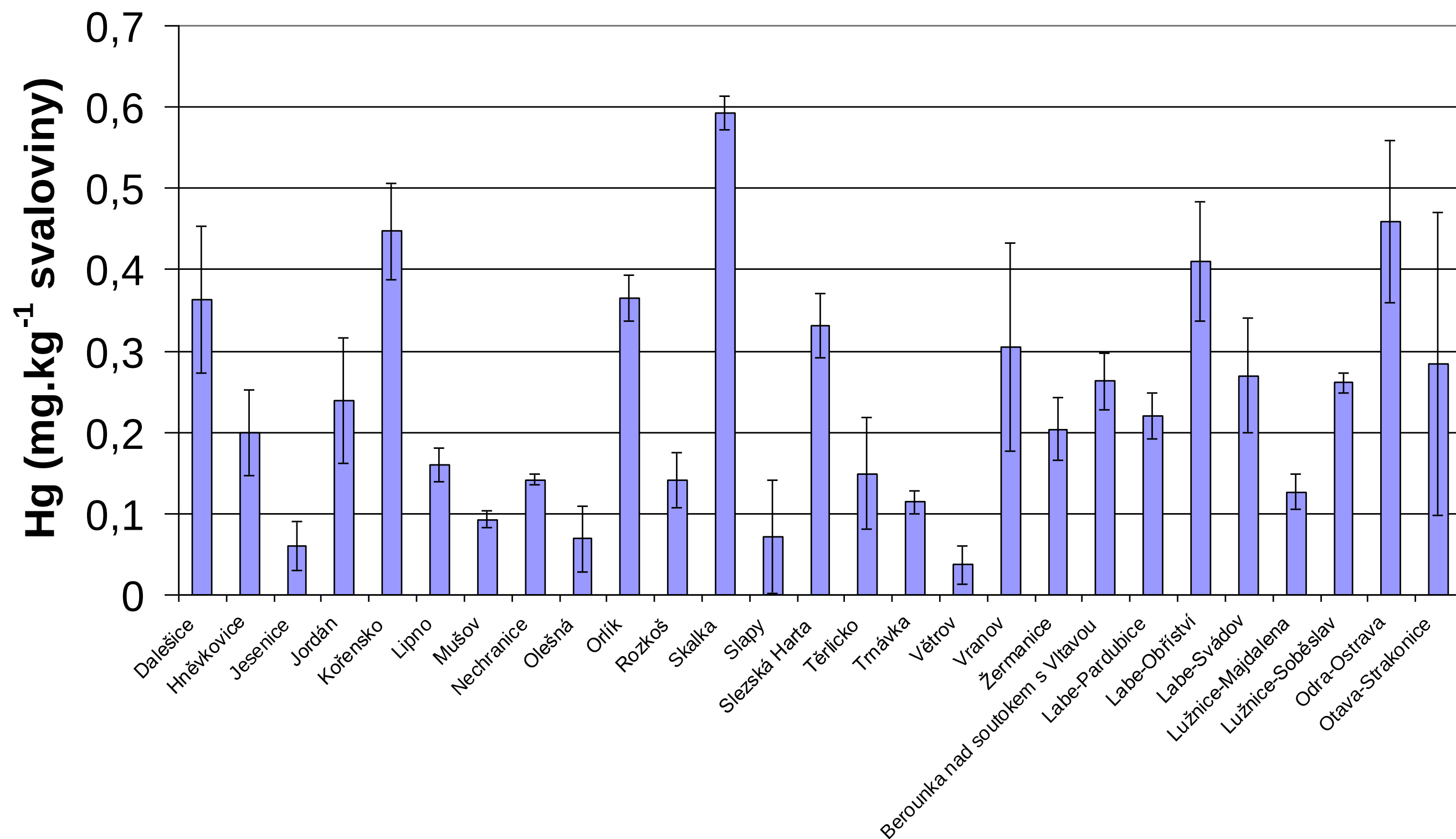
Polutanty: Hg, Cd, Pb, PCB, DDT, HCB, HCH

Vyhodnocení a interpretace výsledků





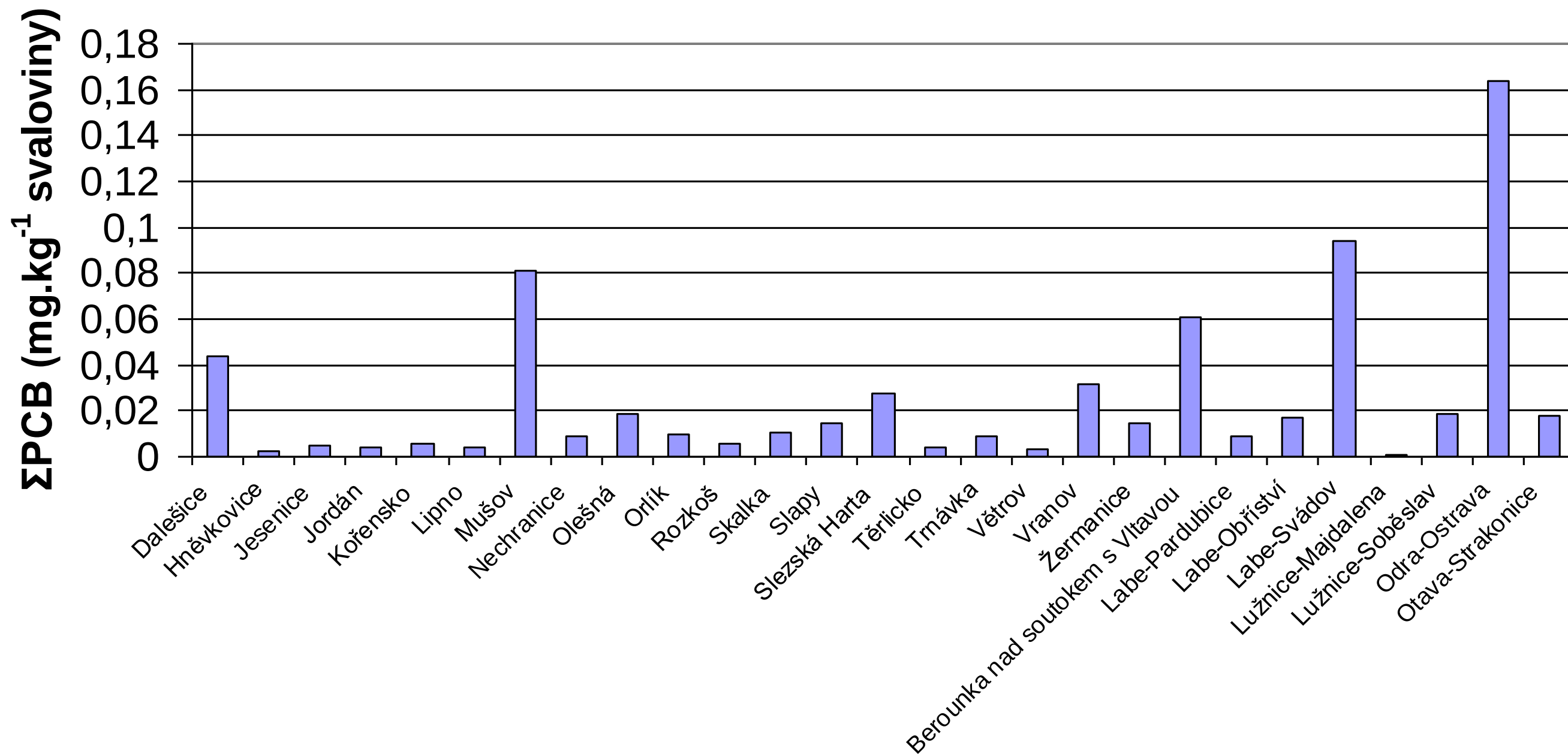
Porovnání obsahu celkové rtuti ve svalovině cejna velkého ze sledovaných lokalit



Významné rybářské revíry (2006 – 2010)



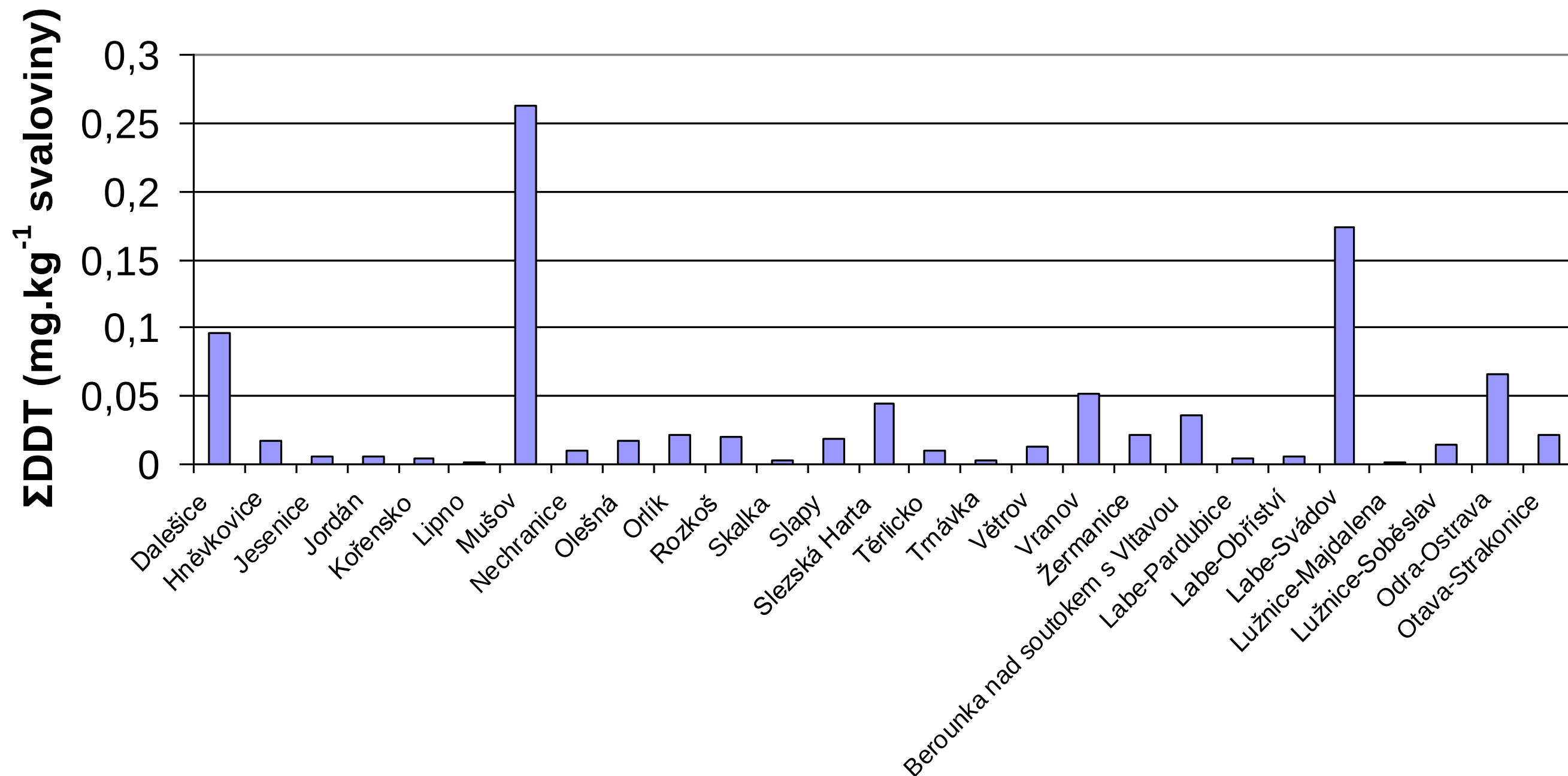
PCB ve svalovině cejna velkého



Významné rybářské revíry (2006 – 2010)



DDT ve svalovině cejna velkého



Výsledky chemických analýz provedených u odlovených indikátorových druhů ryb



lokalita Skalka (rybářský revír: 431 040 Ohře 19) 2007

Druh ryby	n	Věk (roky)	m (g)	CD (mm)	Hg	Pb	Cd	MeHg	Σ PCB	Σ DDT	γ-HCH	HCB
					mg.kg ⁻¹ svaloviny							
cejn velký	5	5,4	562	371	0,593	0,056	0,003	0,504	0,01034	0,00275	<0,00003	0,00007
kapr obecný	2	3	1070	415	0,161	<0,02	<0,002	0,137	0,00185	0,00034	<0,00003	<0,00002
cejnek malý	5	7,4	332	301	0,654	0,02	<0,002	0,556	0,00802	0,0019	<0,00003	<0,00002
okoun říční	5	3,4	155	212	1,210	<0,02	<0,002	1,029	0,00095	0,00010	<0,00003	<0,00002
štika obecná	1	4	2360	740	1,600	<0,02	<0,002	1,360	0,00139	0,00025	<0,00003	<0,00002
bolen dravý	2	5	1315	525	3,570	<0,02	<0,002	3,035	0,00360	0,00047	<0,00003	<0,00002

Maximální počty porcí masa ryb z lokality Skalka (rybářský revír: 431 040 Ohře 19) 2007

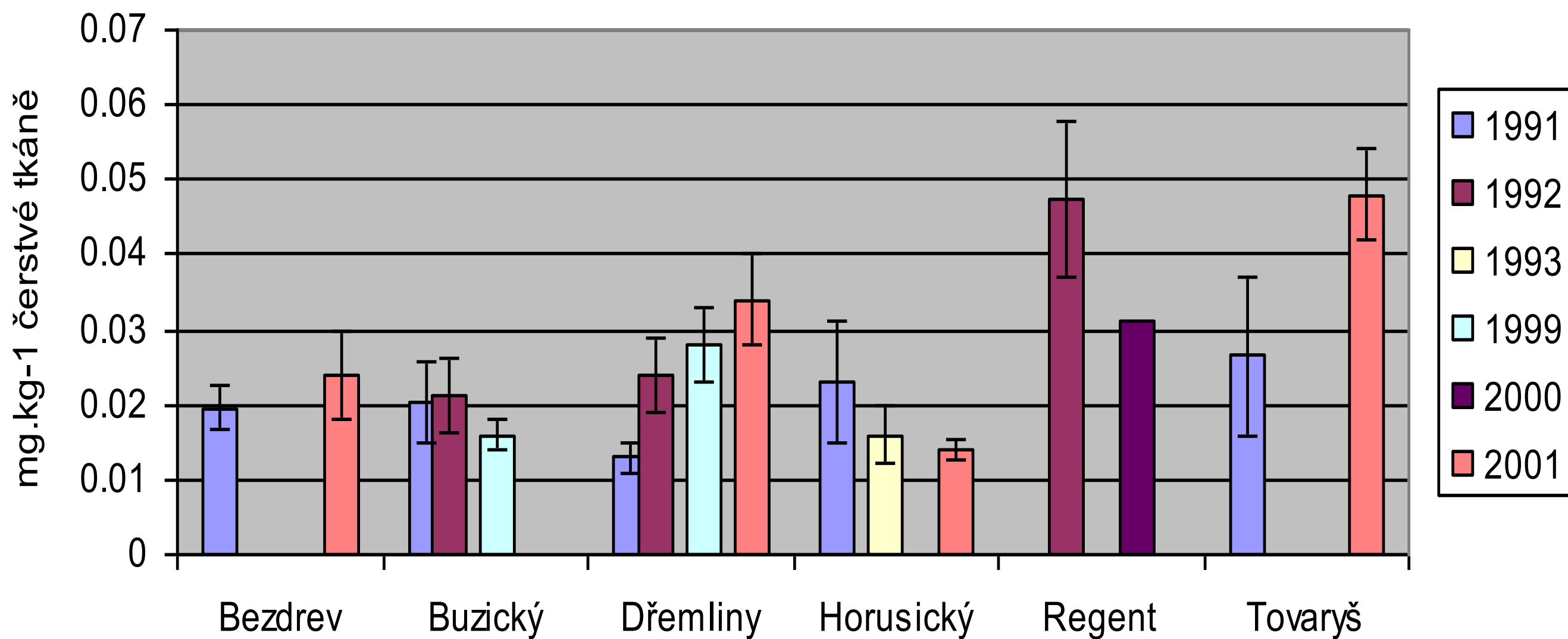


Druh ryby	Počet ryb	Věk (roky)	Hmotnost (g)	CD (mm)		Pb	Cd	MeHg	Σ PCB	Σ DDT	HCB
					maximální počet porcí (170g)/měsíc						
cejn velký	5	4-7	440-785	345-410		735	3843	6	478	89840	30000
kapr obecný	2	3	1050-1090	410-420		-	-	21	2671	726644	-
cejnek malý	5	7-8	270-425	280-320		2059	-	5,5	616	130031	-
okoun říční	5	2-5	65-315	160-270		-	-	3	5201	247058 8	-
štika obecná	1	4	2360	740		-	-	2,5	3555	988235	-
bolen dravý	2	4-6	480-2150	410-640		-	-	1	1373	525657	-

Pozn. hmotnost konzumenta 70 kg



Koncentrace rtuti v mase kapra obecného





Využití analýz ploutví pro odhad koncentrací rtuti ve svalovině ryb

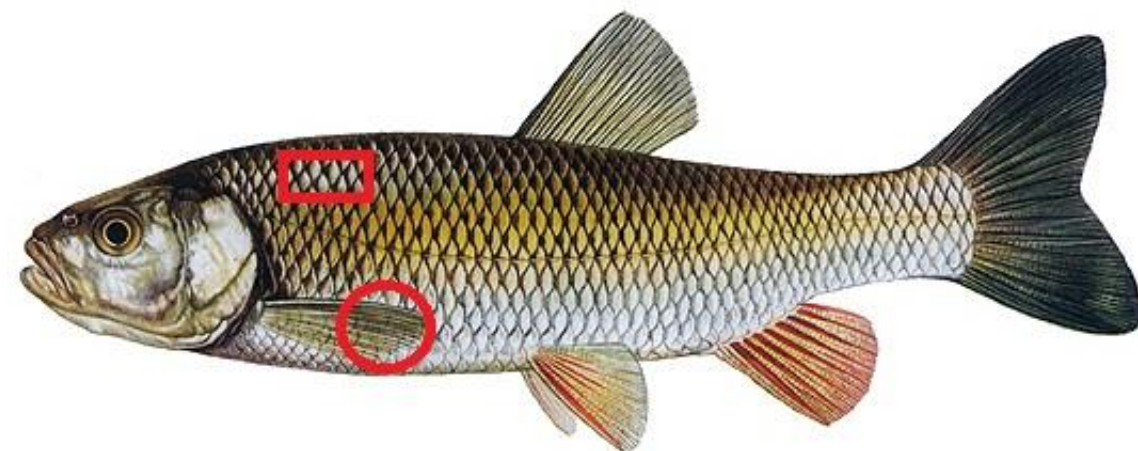
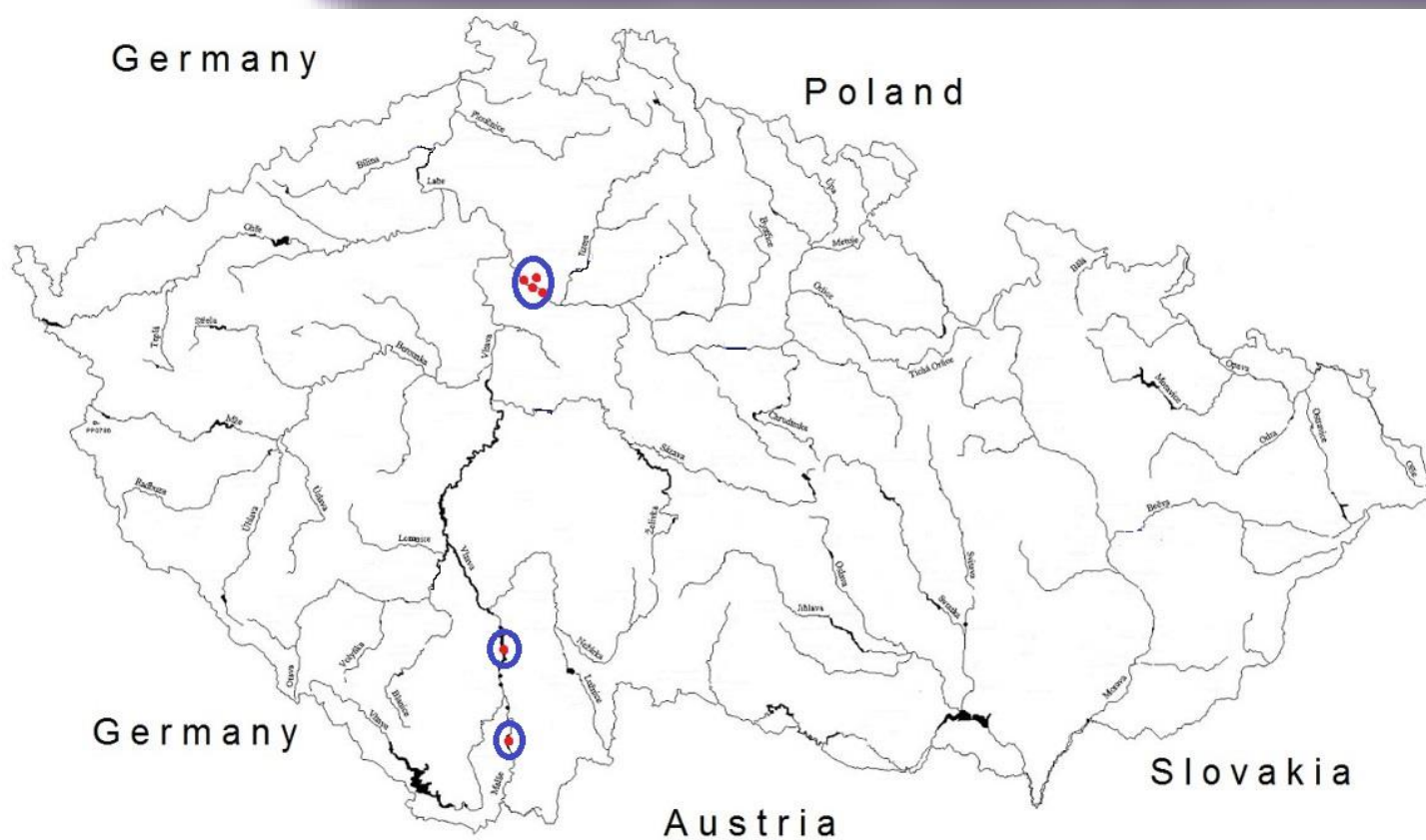
- *Proč monitorovat rtuť ve volných vodách??*
- Vysoce toxická, schopnost kumulace v organismu a biomagnifikace v potravních řetězcích
- Celosvětově jeden z nejčastějších kontaminantů ve volných vodách
- **V ČR se jedná o limitující kontaminant pro konzumaci ryb z volných vod (hodnocení rizik)**
- *Proč ústřížky ploutví??*
- relevance
 - ✓ koncentrace rtuti v ploutvích silně koreluje s koncentrací ve svalovině
- **Ekologické a etické souvislosti**
 - ✓ Nevyžaduje usmrcení sledovaných jedinců = naplňuje mezinárodně uznávané principy „3R“ (Replacement, Reduction, Refinement) zakotvené také v legislativě EU



Fakulta rybářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice
Czech Republic

- 2 indikátorové druhy – **Cejn velký** (*Abramis brama*), **Jelec tloušť** (*Squalius cephalus*), n=10
 - V Evropě nejvíce využívané druhy pro potřeby biomonitoringu
- **6 vybraných lokalit v rámci ČR**
- Porovnání výsledků z analýzy ploutví a svaloviny

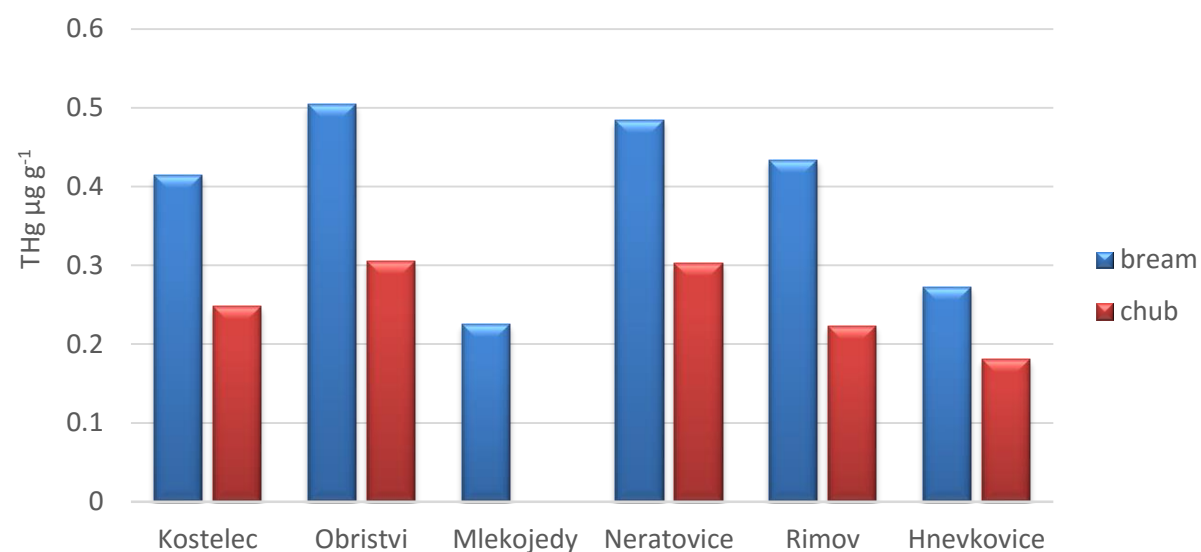




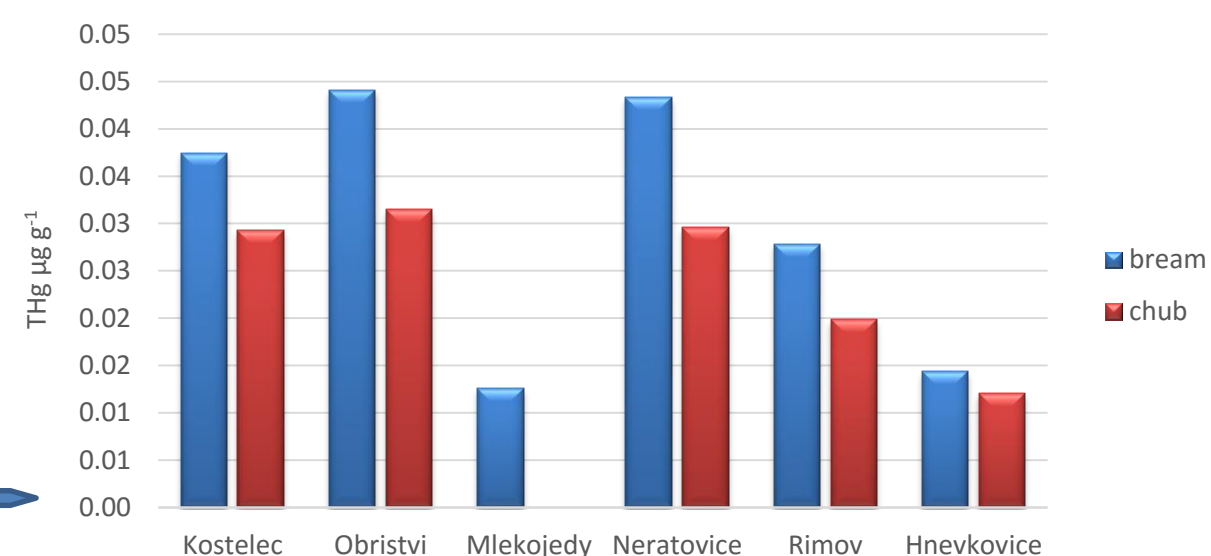
Fakulta rybnářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice
Czech Republic

Porovnání lokalit na základě analýzy svaloviny



Porovnání lokalit na základě analýzy ústřížků ploutví



Limit detekce

0.07 ng g⁻¹

- Významná korelace mezi výsledky založenými na analýze ploutví a svaloviny – **cejn** $R^2 = 0,85$; **tloušť** $R^2 = 0,91$
- Koncentrace rtuti v ploutvích je přibližně o jeden řád nižší, než koncentrace ve svalovině



Odhad koncentrace rtuti ve svalovině na základě analýzy ústřížků ploutví

- **Přepočítávací koeficient (CF)** = poměr obsahu rtuti ve svalovině a v ploutvi

$$CF = \frac{\text{koncentrace ve svalovině}}{\text{koncentrace v ploutvi}} = \text{cca } 10 \text{ (o jeden řád nižší koncentrace v ploutvích)}$$

- CF byl vypočítán na základě analýzy svaloviny a ústřížků ploutví obou indikátorových druhů na všech sledovaných lokalitách
- Vztah mezi koncentrací ve svalu a v ploutvi není lineární ➡ **čím menší koncentrace rtuti v organismu, tím větší rozdíl mezi koncentrací ve svalovině a koncentrací v ploutvi**
- Pro výpočet odhadnuté koncentrace ve svalovině na základě analýzy ústřížků ploutví byly použity 3 přepočítávací koeficienty odpovídající třem rozmezím koncentrace rtuti analyzované v ploutvi **CF 17** ($< 0.03 \mu\text{g g}^{-1}$); **CF 12** ($0.03 - 0.06 \mu\text{g g}^{-1}$); **CF 7** ($> 0.06 \mu\text{g g}^{-1}$)
- Takto odhadnutou (vypočtenou) koncentraci lze použít pro orientační hodnocení zdravotních rizik spojených s konzumací ryb z volných vod



Odhad koncentrace rtuti ve svalovině na základě analýzy ústřížků ploutví

$$C_{svalovina} = C_{ploutev} \cdot CF (7/12/17)$$

$C_{svalovina}$odhadnutá koncentrace rtuti ve svalovině

$C_{ploutev}$stanovená koncentrace rtuti v ploutvi

$CF (7/12/17)$přepočítávací koeficient

Porovnání odhadnuté a analyzované koncentrace rtuti ve svalovině pro oba indikátorové druhy na sledovaných lokalitách

lokalita	Kostelec			Obristvi			Mlekojedy		
	reálná	spočítaná	rozdíl	reálná	spočítaná	rozdíl	reálná	spočítaná	rozdíl
cejn	0.415	0.481	0.066	0.472	0.509	0.037	0.211	0.218	0.007
tloušť	0.247	0.312	0.065	0.305	0.289	-0.016			

lokalita	Neratovice			Rimov			Hnevkovice		
	reálná	spočítaná	rozdíl	reálná	spočítaná	rozdíl	reálná	spočítaná	rozdíl
cejn	0.453	0.560	0.107	0.433	0.409	-0.024	0.272	0.259	-0.013
tloušť	0.303	0.313	0.010	0.223	0.228	0.005	0.181	0.153	-0.028

Využití juvenilních ryb pro hodnocení kontaminace vodního prostředí



juvenilní ryby = plůdek = tohoroční plůdky kaprovitých ryb

optimální období: srpen - září

např.

plotice (*Rutilus rutilus*), jelec
jesen (*Leuciscus idus*), jelec
proudník (*Leuciscus
leuciscus*), jelec tloušť
(*Squalius cephalus*), parma
obecná (*Barbus barbus*),
hrouzek obecný (*Gobio gobio*),
perlín ostrobřichý (*Scardinius
erythrophthalmus*), střevlička
východní (*Pseudorasbora
parva*), ouklej obecná (*Alburnus
alburnus*)



Proč vzorkovat juvenilní ryby?



- **Dostupnost**
 - v pobřežních částech řek a vodních nádrží je snadné získat reprezentativní množství ryb v období od srpna do září
- **Závažnost**
 - podobné prostředí a chování různých druhů v prvních měsících exogenní výživy
 - nízká úroveň migrace během prvních měsíců jejich života
- **Jednoduchost**
 - není nutné druhově separovat odlovené jedince
 - Pro analýzu se používá homogenát celých těl jedinců zařazených do vzorku
- **Vhodnější i z hlediska ochrany rybích populací**
 - nezabíjí se generační ryby v reprodukčním věku

Úspěšnost přirozené reprodukce: Na základě druhové analýzy odlovených juvenilních ryb můžeme posoudit úspěšnost přirozené reprodukce ryb v lokalitě

Postup odběru a přípravy vzorků



1. odlov



2. výběr jedinců pro přípravu vzorku



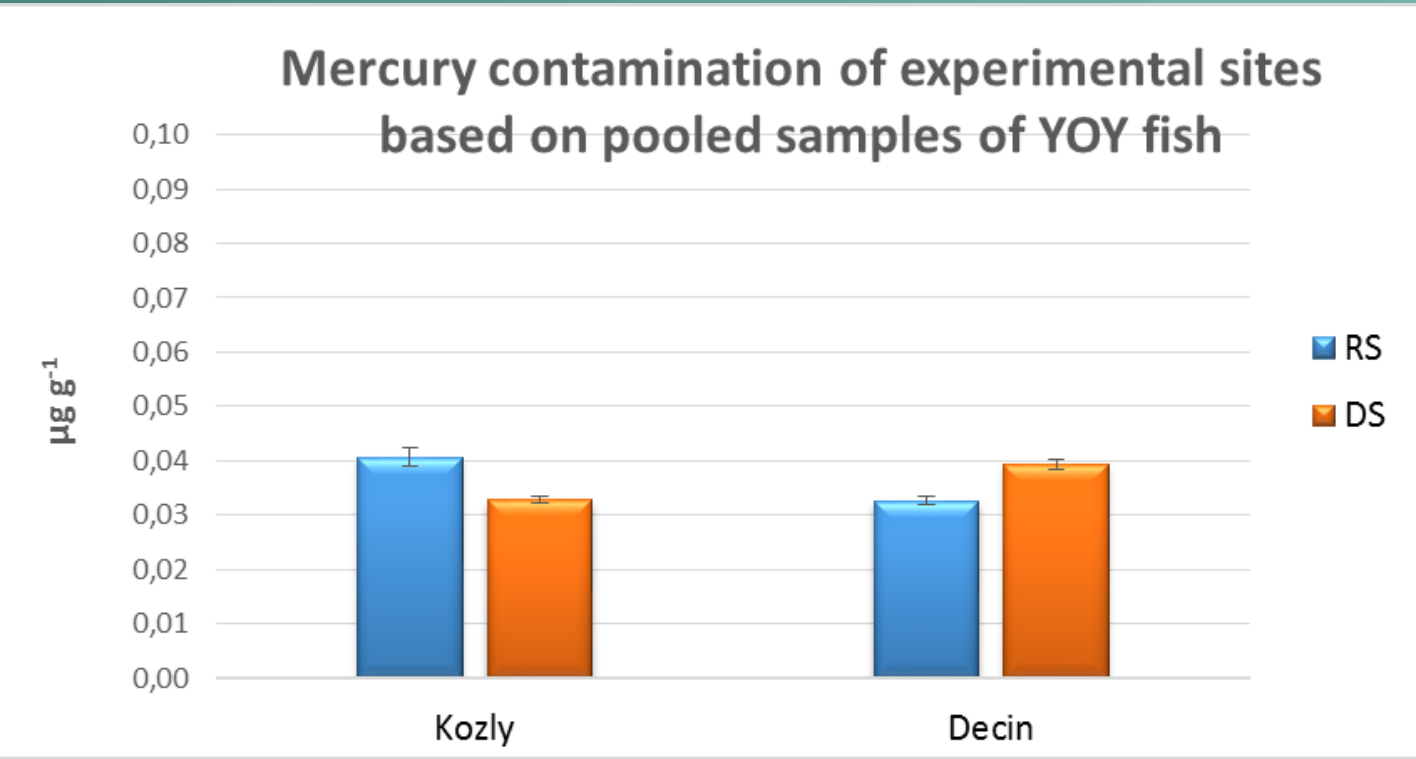
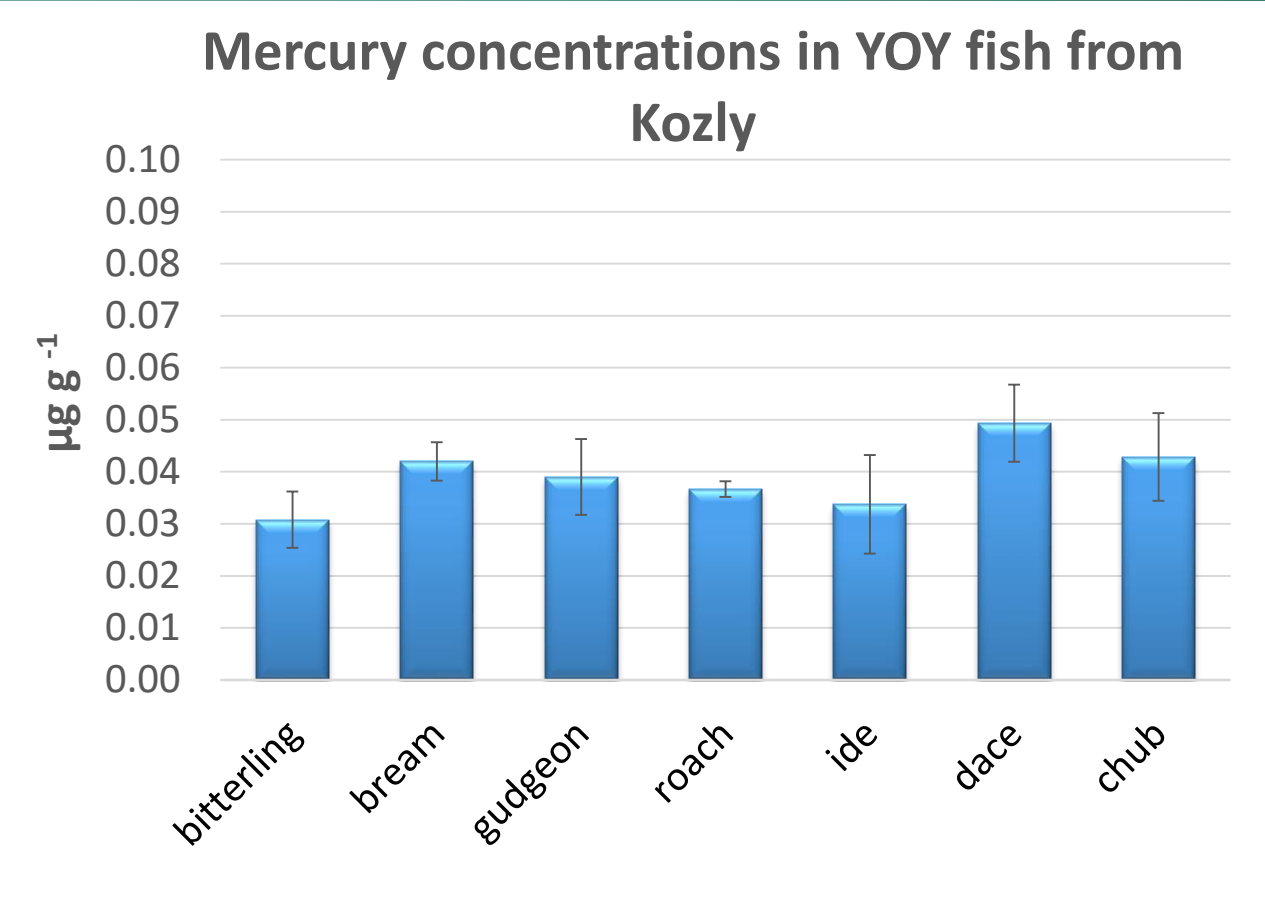
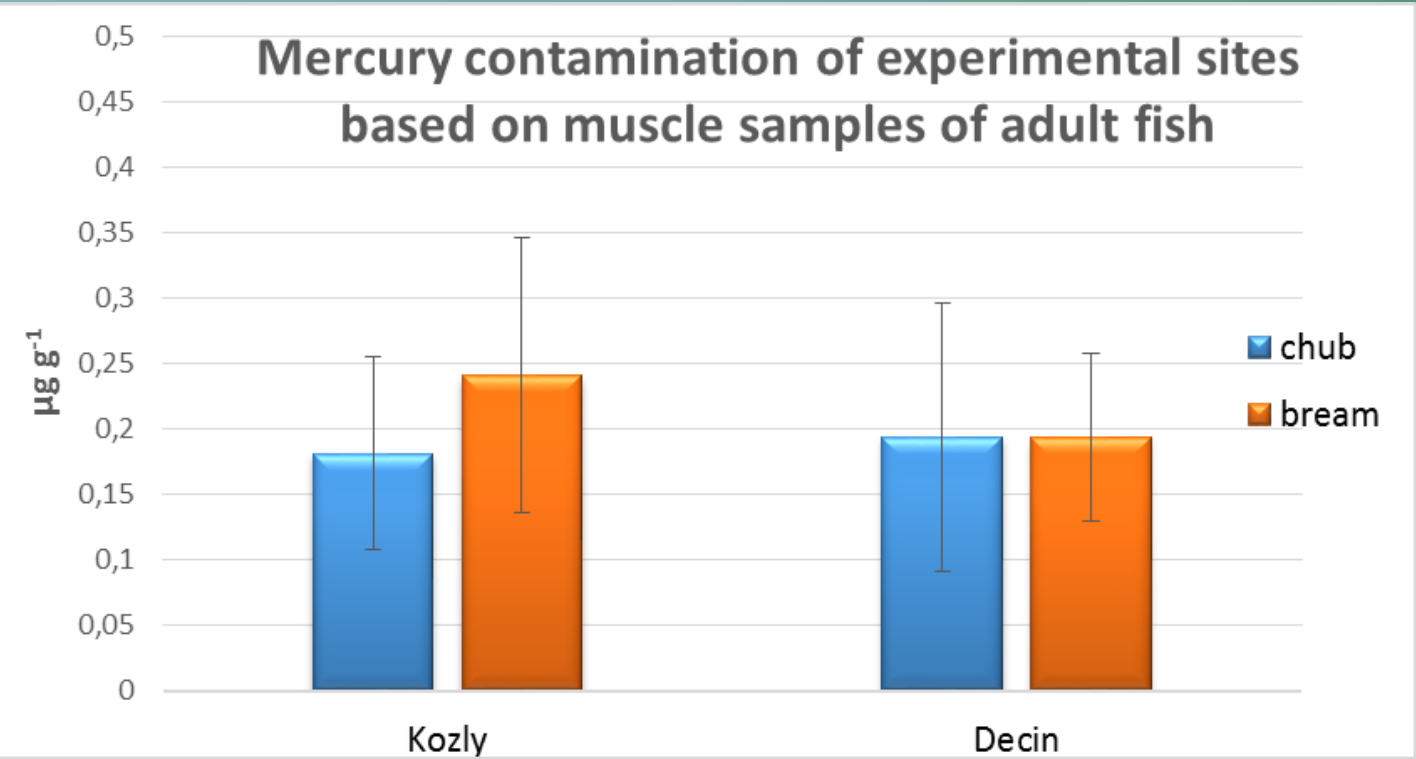
3. homogenizace ryb



4. finální vzorek



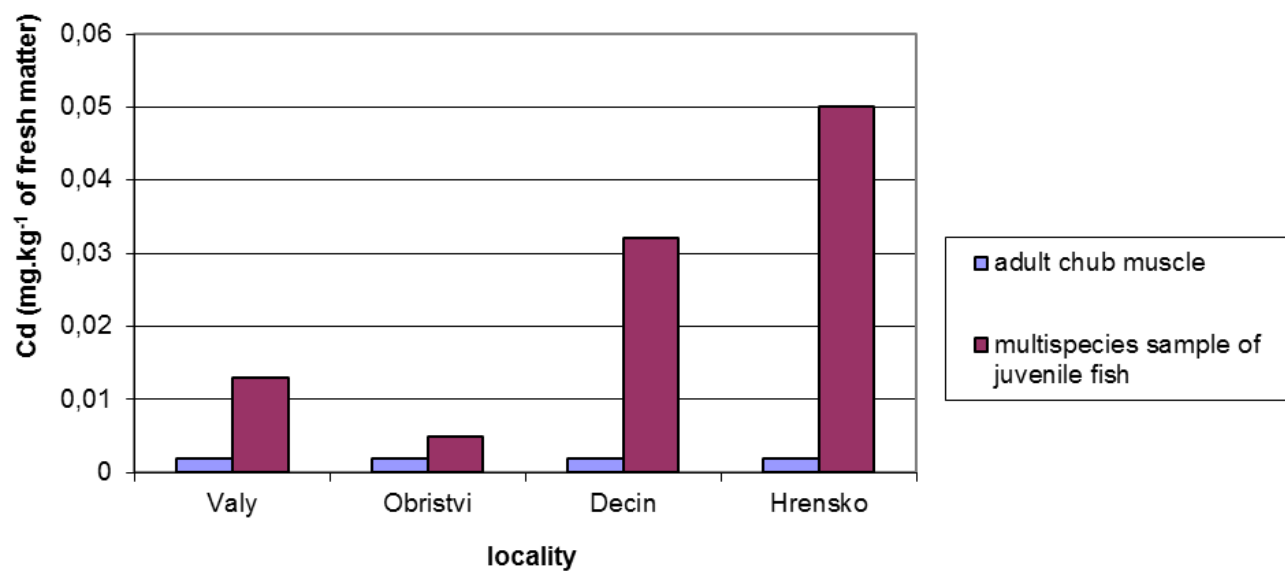
Výsledky - Hg



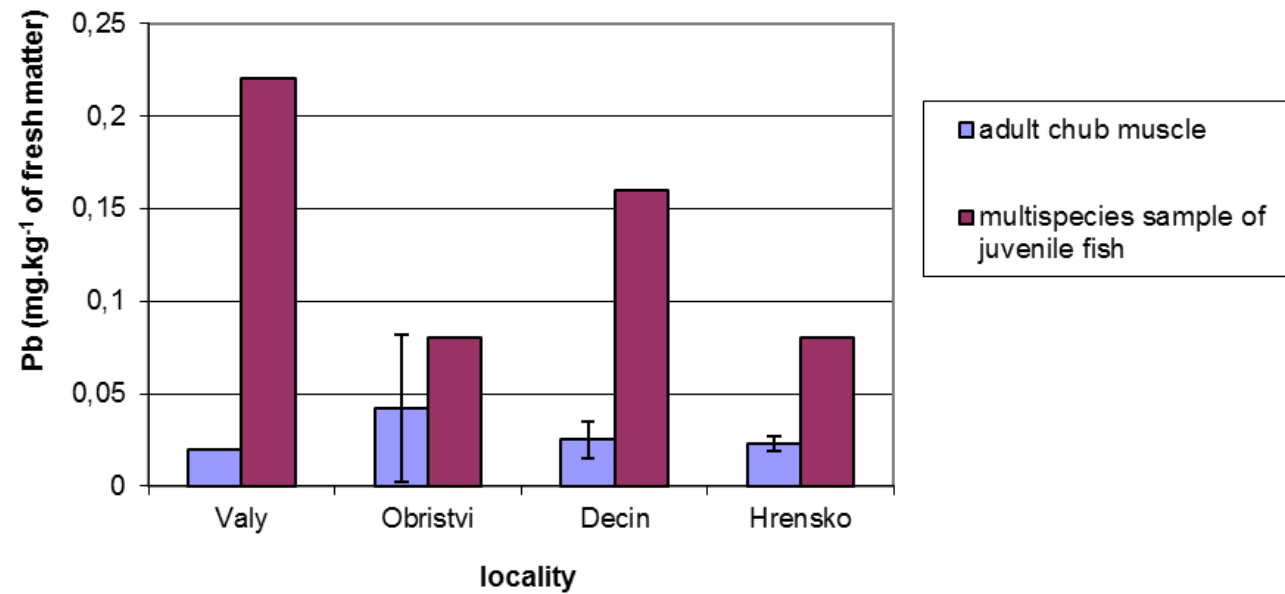
Výsledky – Cd, Pb, PCB



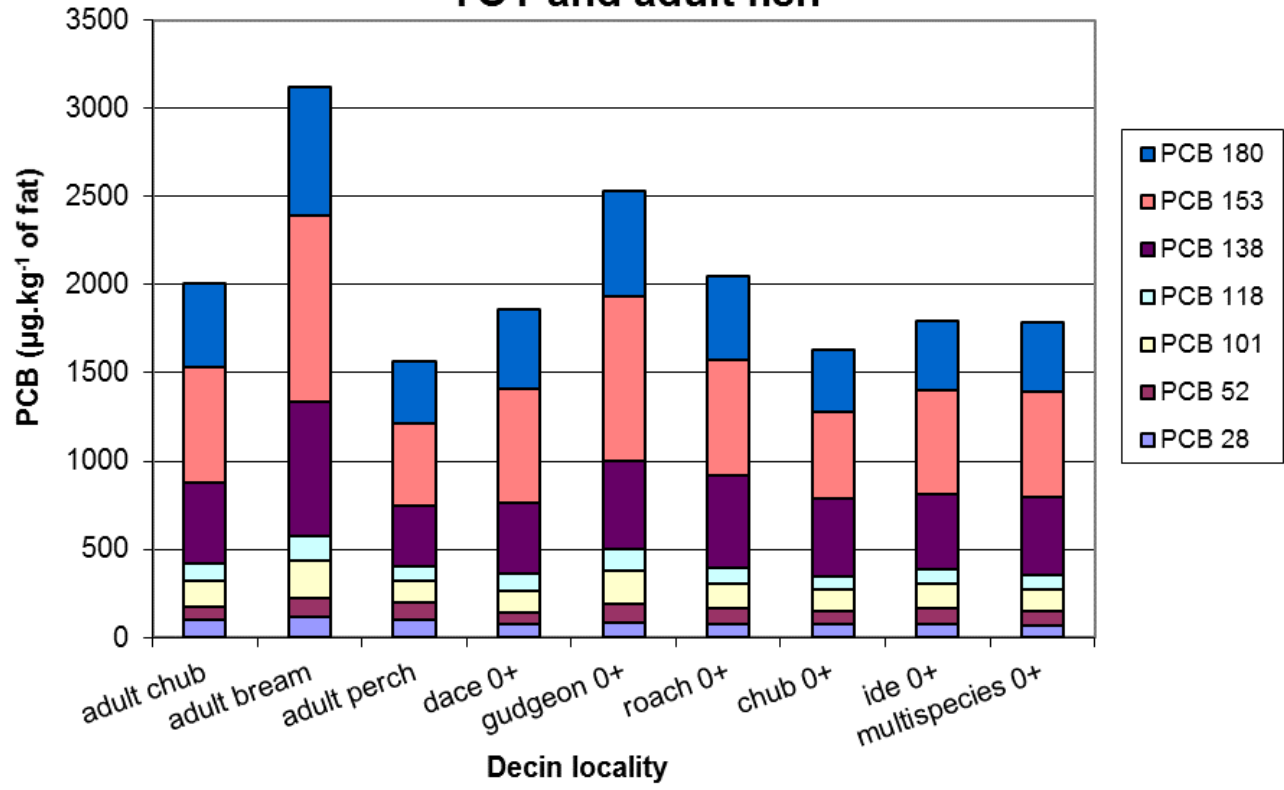
Comparison of cadmium concentration in YOY fish and in muscle of chub in different sites along Elbe River



Comparison of lead concentration in YOY fish and in muscle of chub in different sites along Elbe River



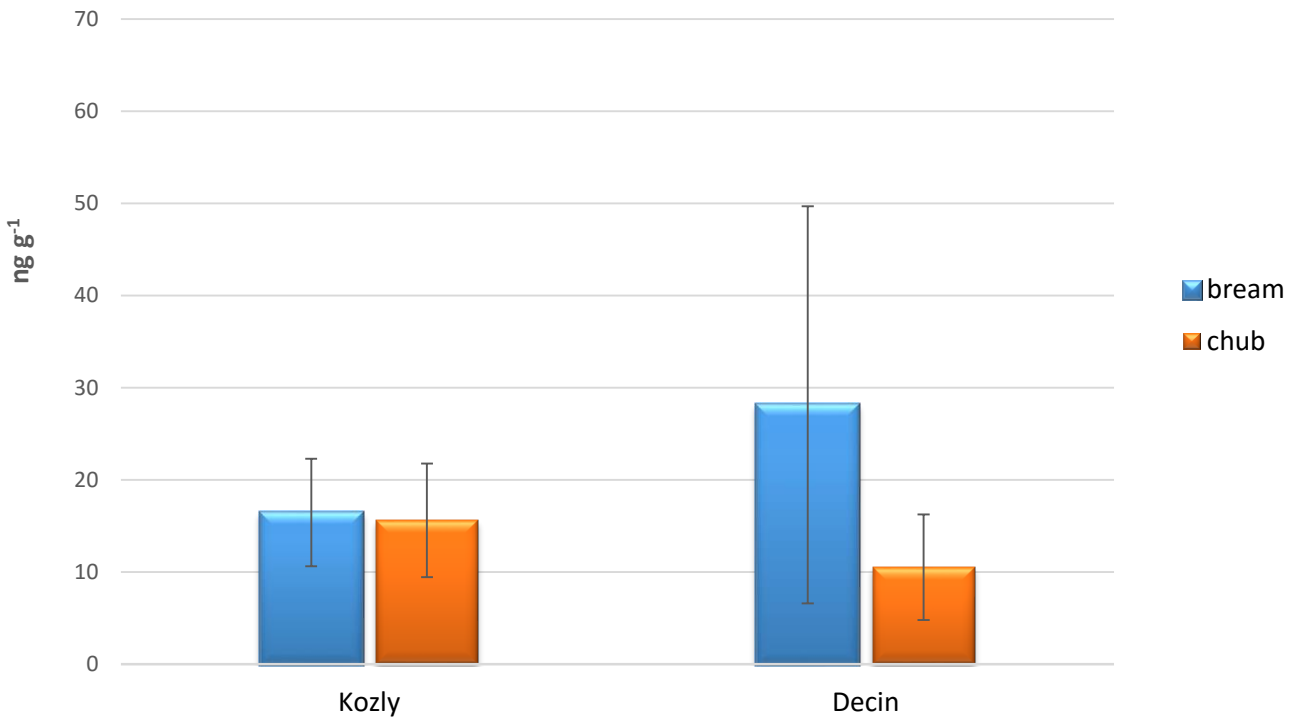
Concentration of PCBs in fat of pooled samples YOY and adult fish



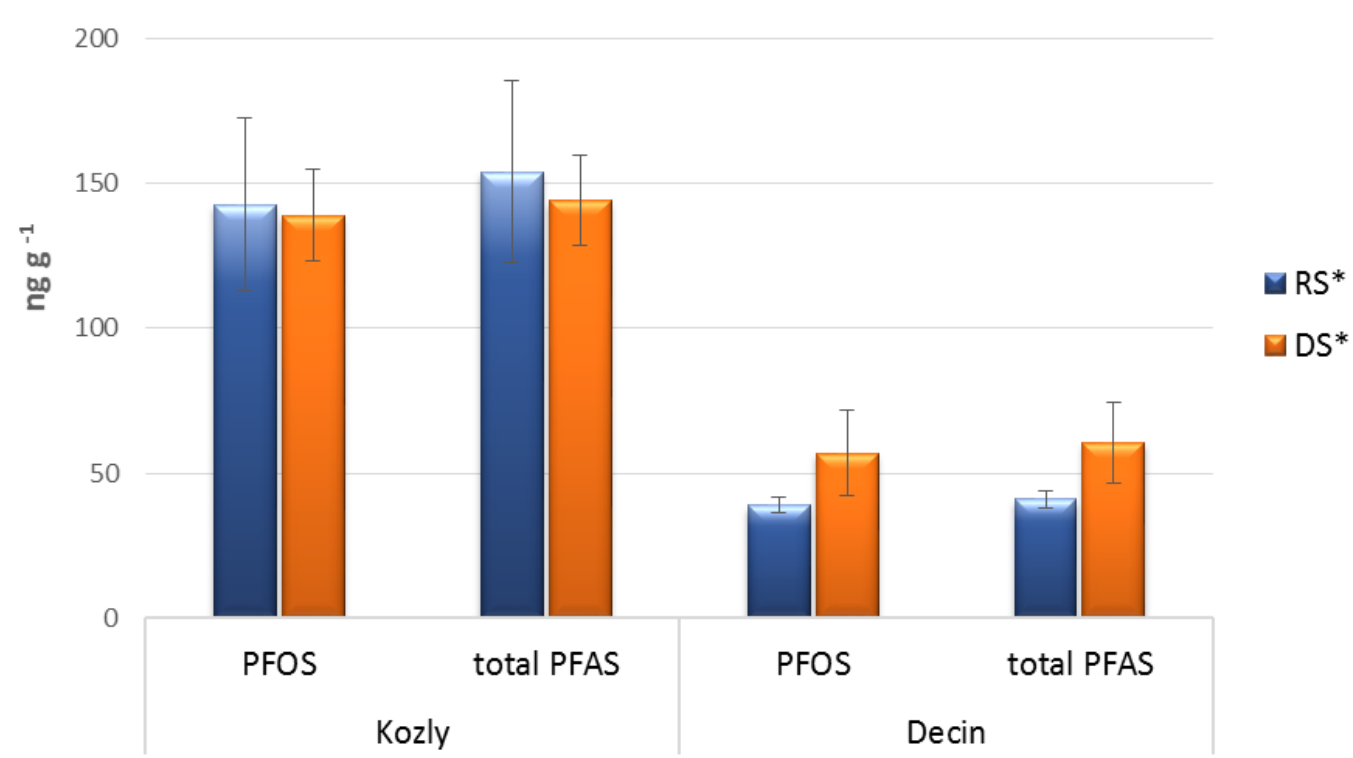
Výsledky – perfluorované sloučeniny



PFASs contamination of experimental sites based on muscle samples of adult fish



PFASs contamination of experimental sites based on pooled samples of YOY fish



Shrnutí



V rybách vyskytujících se ve volných vodách ČR dochází k překročení stávajících hygienických limitů pro koncentrace cizorodých látek v jejich mase pouze ojediněle.

Nejvýznamnějším kontaminantem z řady sledovaných průmyslových polutantů je rtuť. Nejvyšší koncentrace tohoto kovu v rybách jsou nalézány na nádrži Skalka a na středním Labi, kde dochází i k častému překračování hygienického limitu a to především u dravých ryb.

Z hygienického hlediska je v případě pravidelné konzumace především dravých ryb ze zatížených lokalit určitá opatrnost na místě, ale většina české rybí produkce (včetně násad kapra vysazovaných do volných vod) pochází z rybníčních chovů. Ryby odchované v rybnících jednoznačně patří mezi dieteticky nejkvalitnější potraviny na našem trhu a koncentrace cizorodých látek v jejich mase jsou naprosto minimální.



Analýzy rybích ploutví jsou vhodnou alternativou pro odhad koncentrací rtuti ve svalovině.

Juvenilní ryby – vícedruhové zhomogenizované vzorky celých těl - jsou vhodným bioindikátorem kontaminace vodního prostředí cizorodými látkami. Většina sledovaných kontaminantů se v těchto typech vzorků nachází ve vyšších koncentracích než v rybí svalovině. Získání vzorku je velmi jednoduché.



Děkuji za pozornost!