



KONTAMINÁCIA TKANÍV RÝB Z DOLNÉHO ÚSEKU RIEKY NITRA NIEKTORÝMI KOVMI (Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Co, Ni, Cr, Cd)

A contamination of tissues from fish originated from the lower part of Nitra river with some metals (Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Co, Ni, Cr, Cd)

J. ANDREJI, I. STRÁŇAI

Slovenská poľnohospodárska univerzita, Nitra, Slovak Agricultural University, Nitra, Slovak Republic

ABSTRACT

In this study, the heavy metal (Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Co, Ni, Cr, Cd) contamination of selected fish tissues (muscle, liver and kidney) was determined. A total of 56 fish individuals, belonging to five species (Chub – *Leuciscus cephalus*, Common carp – *Cyprinus carpio*, Prussian carp – *Carassius auratus*, Roach – *Rutilus rutilus*, and Wels catfish – *Silurus glanis*) were collected from the river Nitra at 16.4th – 21.6th river kilometres (in the area of Nové Zámky) in September 2004 using an electrofishing technique. Obtained samples of fish muscle, liver and kidney were analyzed by an atomic absorption spectrophotometer (AAS) Pye Unicam SP9. The concentrations of metals (in mg.kg⁻¹ wet weight basis) in analyzed tissues ranged as follows: muscle: Fe 3.70–21.10, Mn 0.27–1.50, Zn 3.72–42.82, Pb 0.08–34.59, Cu 0.26–1.82, Co 0.06–0.28, Ni 0.02–0.29, Cr 0.09–0.28, Cd 0.06–2.76; liver: Fe 14.41–179.54, Mn 0.51–6.12, Zn 11.96–197.54, Pb 0.13–10.21, Cu 1.03–18.04, Co 0.00–0.69, Ni 0.00–10.60, Cr 0.05–0.66, Cd 0.10–3.29; kidney: Fe 48.90–131.28, Mn 0.70–3.04, Zn 18.84–317.39, Pb 0.11–14.57, Cu 0.99–5.98, Co 0.15–4.00, Ni 0.03–1.12, Cr 0.11–0.97, Cd 0.25–10.60. Monitored metals in the majority of cases were accumulated more in kidney and liver, and less in muscle. Significant interspecific differences among metals accumulation in tissues (except for lead accumulation in muscle and liver, nickel in all tissues, chromium in muscle, and cadmium in internal organs) were detected. From the viewpoint of safe fish consumption, the concentrations of lead and cadmium as high risk metals exceeded the maximum permissible limit in analyzed samples. On this account, fish from the lower Nitra River are not safe for human consumption.

Key words: metals, accumulation, tissue, fish, Nitra River, Slovakia

ÚVOD

Rieka Nitra v oblasti Nových Zámok vytvára nížinný charakter toku pretekajúci na severovýchodnom okraji mesta Nové Zámky cez prírodnú rezerváciu Zúgov s typickými vodnými kaskádami. Takýto charakter toku sa vyznačuje vysokou úživnosťou a početnou diverzitou rýb. Okrem toho je pre nížinný charakter toku typické pomalé prúdenie vody a zvýšená sedimentácia, aj vďaka vyššie spomínaným kaskádam, v dôsledku čoho tento úsek rieky slúži ako depozitár rôznych látok, ktoré sú splavované z horných úsekov rieky Nitra. Tu sa môže objaviť

problém v podobe anorganických polutantov, ktoré sú z vody sorbované sedimentmi a odtiaľ sa prostredníctvom biochemických reakcií živých organizmov môžu dostávať ďalej do potravinového reťazca až k samotnému človeku.

Do akej miery je tento problém opodstatnený, sme sa snažili podať v predloženej práci, ktorej cieľom bolo zistenie a posúdenie aktuálneho stavu zaťaženia vodného ekosystému jednotlivými ťažkými kovmi (Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Co, Ni, Cr, Cd) na bioindikačnom modeli rýb, konkrétne na ich vybraných tkanivách (sval, pečeň, obličky), ktoré boli porovnané s Potravinovým kódexom SR.

Correspondence: E-mail: Jaroslav.Andreji@uniag.sk

MATERIÁL A METÓDA

Za účelom zistenia miery kontaminácie tkanív rýb ťažkými kovmi v dolnom úseku rieky Nitra sme z nej v septembri 2004 odlovili ryby elektrickým agregátom, v úseku od obce Bánov po kaskádu Zúgov pri Nových Zámkoch (16,4–21,6 riečny kilometer). Z odlovených rýb sme odobrali vzorky svaloviny, pečene a obličiek o hmotnosti 2–3 g, ktoré sa do analýz uskladnili pri teplote $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Obsah jednotlivých ťažkých kovov vo vybraných tkanivách sme stanovili metódou atómovej absorpčnej spektrofotometrie za použitia HNO_3 na prístroji Pye Unicam SP9 (výsledky uvádzame v miligramoch na kilogram čerstvej hmoty). Získané výsledky sme štatisticky spracovali metódou analýzy variancie rozšírenou o Kruskal–Vallisov test, ako aj t-testom rozšíreným o Kolmogorov–Smirnov test, v programe Statgraphic Plus verzia 5.1.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Z vyššie spomínaného úseku rieky Nitra sme celkovo odlovili 56 ks rýb patriacich k piatim druhom a dvom čeľadiam. Ich bližšia charakteristika (vek, dĺžka tela, hmotnosť tela) je uvedená v tabuľke 1. Porovnávanie distribúcie sledovaných ťažkých kovov v jednotlivých tkanivách rýb sú robené za každý druh samostatne, bez členenia na dravé a nedravé druhy rýb, z dôvodu prítomnosti iba jedného zástupcu dravých druhov rýb. Pre porovnanie výsledkov s ostatnými autormi, sú hodnoty koncentrácií transformované zo sušiny na čerstvú hmotu v pomere 1:5 (Chen a Chen, 2001).

Železo

Spomedzi všetkých analyzovaných kovov sa železo v tkanivách rýb kumulovalo v najväčšej miere, rádovo v desiatkach až stovkách miligramov. V rámci jednotlivých tkanív sa najvyššie priemerné hodnoty zistili vo vnútorných orgánoch (obličky – $76,68\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, pečeň – $59,00\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). V svalovine sa zistila priemerná hodnota za všetky analyzované druhy rýb na úrovni $11,34\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tab. 2). Pri štatistickom spracovaní výsledkov sa zistili štatisticky významné ($P < 0,05$) medzidruhové rozdiely v akumulácii železa v analyzovaných tkanivách. Z piatich analyzovaných druhov rýb, najvyššia priemerná hodnota obsahu železa v svalovine sa zistila u karasa striebrištieho ($15,94\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), naopak najnižšia ($8,88\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) u jalca hlavatého. Porovnateľné priemerné hodnoty obsahu železa ôsmich druhov rýb z rieky Nitra v oblasti Nitry uvádzajú Straňai a Andreji (2005), pričom najvyššiu priemernú hodnotu v svalovine zistili u kapra rybníčaného a najnižšiu u sumca veľkého. O niečo nižšie priemerné koncentrácie železa v svalovine prezentujú Andreji a kol. (2005) u štyroch druhov rýb z rieky Nitra v oblasti Partizánskeho, ako aj Gutleb a kol. (2002) u piatich druhov rýb z rieky Candamo (Peru).

V pečeni a rovnako aj obličkách bola najvyššia priemerná hodnota zaznamenaná u plotice červenookej ($92,23$ a $93,58\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), najnižšia u kapra rybníčaného ($50,92$ a $37,84\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Priemerné koncentrácie železa v pečeni ôsmich druhov rýb z rieky Nitra v oblasti Nitry sa pohybovali v rozpätí $50,33$ – $103,37\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvej hmoty; v obličkách $52,89$ – $117,49\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Straňai a Andreji, 2005). Podstatne vyššie priemerné koncentrácie železa v pečeni uvádza Chen a kol. (2004) u piatich druhov rýb z rieky Erren (Tajvan), kde sa

Tabuľka 1: Charakteristika analyzovaných rýb
Table 1: Characteristics of analyzed fish

¹ Čeľad'	² Druh	³ Počet	⁴ Vek (roky)	⁵ Dĺžka tela (mm)		⁶ Hmotnosť (g)	
				⁷ rozpätie	$\bar{x} \pm s$	⁷ rozpätie	$\bar{x} \pm s$
Cyprinidae	<i>Leuciscus cephalus</i>	11	2 – 6	131 – 385	$247 \pm 87,56$	42 – 1097	$388 \pm 381,82$
	<i>Cyprinus carpio</i>	4	5	225 – 460	$352 \pm 70,91$	396 – 2595	$1410 \pm 730,00$
	<i>Carassius auratus</i>	10	2 – 5	138 – 320	$199 \pm 53,25$	93 – 1190	$346 \pm 333,16$
	<i>Rutilus rutilus</i>	4	4 – 5	136 – 212	$173 \pm 22,20$	57 – 223	$130 \pm 52,99$
Siluridae	<i>Silurus glanis</i>	5	2 – 8	260 – 870	$539 \pm 188,22$	133 – 5600	$1615 \pm 1700,07$

Cyprinidae – kaprovité – Minnows or carps

Siluridae – sumcovité – Sheatfishes

Leuciscus cephalus – jalec hlavatý – Chub

Cyprinus carpio – kapor rybníčaný – Common carp

Carassius auratus – karas striebrištie – Prussian carp

Rutilus rutilus – plotica červenoooká – Roach

Silurus glanis – sumec veľký – Wels catfish

$\bar{x} \pm s$ – aritmetický priemer \pm smerodajná odchýlka – arithmetic mean \pm standard deviation

¹Family, ²Species, ³Number of Samples, ⁴Age (Years), ⁵Standard length (mm), ⁶Body weight (g), ⁷Range

hodnoty pohybujú v rozmedzí 1135 – 3122 mg.kg⁻¹ čerstvej hmoty, pričom hodnoty v svalovine dosahujú len 2,99 – 4,38 mg.kg⁻¹.

Absolútne najvyššie hodnoty železa sa zistili v svalovine kapra rybníčaného (21,10 mg.kg⁻¹), pečeni plotice červenookej (179,54 mg.kg⁻¹) a obličkách karasa striebřistého (131,28 mg.kg⁻¹). Vyššie individuálne koncentrácie železa v sledovaných tkanivách ako naše zistili Stráňai a Andreji (2005) v svalovine karasa striebřistého (24,75 mg.kg⁻¹), v pečeni jalca hlavatého (181,77 mg.kg⁻¹) a obličkách pleskáča vysokého (142,76 mg.kg⁻¹) z rieky Nitra, ale v oblasti Nitry.

Mangán

Z hľadiska absolútneho množstva sa mangán kumuluje v tkanivách rýb spomedzi sledovaných kovov v najmenšej miere, rádovo v desatinách miligramov (tab. 2). Získané výsledky poukazujú na jeho zvýšenie

prítomnosť vo vnútorných orgánoch (pečeň – 1,67 mg.kg⁻¹, obličky – 1,44 mg.kg⁻¹); nižšie koncentrácie boli zistené v svalovine (0,69 mg.kg⁻¹). Aj tu sa podobne ako u železa potvrdili štatisticky významné (P<0,05) medzidruhové rozdiely v akumulácii mangánu vo všetkých troch sledovaných tkanivách. Aj medzi jednotlivými tkanivami bez ohľadu na druh sa zistili štatisticky vysoko preukazné rozdiely (P<0,001). Najvyššia priemerná koncentrácia mangánu v svalovine bola zistená u plotice červenookej (0,88 mg.kg⁻¹) a najnižšia u sumca veľkého (0,53 mg.kg⁻¹). V pečeni sa najvyšší obsah zistil takisto u plotice červenookej (3,05 mg.kg⁻¹), najnižší obsah sa zaznamenal u karasa striebřistého (1,09 mg.kg⁻¹). Najvyššia hodnota obsahu mangánu v obličkách sa zistila u karasa striebřistého (2,39 mg.kg⁻¹) a najnižšia u sumca veľkého (1,02 mg.kg⁻¹).

Porovnateľné priemerné koncentrácie mangánu prezentujú Avenant-Oldewage a Marx (2000) u kláriasa panafrického (*Clarias gariepinus*) z rieky Olifants (Južná

Tabuľka 2: Akumulácia železa a mangánu v tkanivách rýb
Table 2: Iron and manganese accumulation in fish tissues

¹ Druh	² Tkanivo	³ Železo				⁴ Mangán			
		\bar{x}	s	min.	max.	\bar{x}	s	min.	max.
	m			n.d.				n.d.	
⁵ Potravinový kódex SR	l			n.d.				n.d.	
	k			n.d.				n.d.	
	P	m : l ⁺⁺⁺	m : k ⁺⁺⁺		l : k ⁺⁺⁺	m : l ⁺⁺⁺	m : k ⁺⁺⁺	l : k ⁺	
<i>Leuciscus cephalus</i>	m	8,88	1,89	6,30	13,46	0,64	0,19	0,46	1,07
	l	53,86	23,07	14,41	103,20	1,62	0,74	0,71	3,48
	k	72,25	14,51	48,90	100,89	1,34	0,57	0,83	2,11
<i>Cyprinus carpio</i>	m	12,06	4,86	5,00	21,10	0,66	0,31	0,40	1,35
	l	50,92	11,42	38,49	73,22	2,07	0,77	1,20	3,14
	k	37,84	13,81	52,40	93,15	1,22	0,42	0,91	2,08
<i>Carassius auratus</i>	m	15,94	2,60	10,05	20,38	0,76	0,19	0,52	1,27
	l	51,31	25,48	28,32	121,59	1,09	0,37	0,51	1,76
	k	89,10	22,71	67,73	131,28	2,39	0,52	1,47	3,04
<i>Rutilus rutilus</i>	m	9,49	3,06	7,00	17,59	0,88	0,28	0,63	1,50
	l	92,23	38,69	60,90	179,54	3,05	1,53	1,55	6,12
	k	93,58	14,44	76,90	102,03	1,25	0,30	0,95	1,54
<i>Silurus glanis</i>	m	10,17	4,66	3,70	18,92	0,53	0,30	0,27	1,25
	l	54,48	17,59	22,52	79,33	1,13	0,18	0,89	1,55
	k	72,70	13,05	54,17	97,43	1,02	0,37	0,70	2,05
\bar{x} S	m	11,34	4,28	3,70	21,10	0,69	0,26	0,27	1,50
	l	59,00	27,73	14,41	179,54	1,67	1,02	0,51	6,12
	k	76,68	17,70	48,90	131,28	1,44	0,67	0,70	3,04

¹P>0,05 ²P<0,05 ³P<0,01 ⁴P<0,001

n.d. – nedefinované – undefined

m – sval – muscle

l – pečeň – liver

k – obličky - kidney

P – rozdiel preukazný na hladine $\alpha = 0,05$, $\alpha = 0,01$ alebo $\alpha = 0,001$ – significant difference at level $\alpha = 0,05$, $\alpha = 0,01$ or $\alpha = 0,001$

¹Species, ²Tissue, ³Iron, ⁴Manganese, ⁵Codex Alimentarius valid in the Slovak Republic

\bar{x} – aritmetický priemer - arithmetic mean

s – smerodajná odchýlka – standard deviation

x S – priemer za všetky druhy – average for all species

Afrika) v svalovine (2,3 – 12,9 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sušiny); v pečeni boli tieto koncentrácie o niečo vyššie (7,1 – 17,1 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sušiny). Taktiež Burger a kol. (2002) uvádza podobné koncentrácie mangánu v svalovine (0,13 – 2,21 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvej hmoty) jedenástich druhov rýb z rieky Savannah (USA), ako sme zistili v našej práci. Naopak, nižšie koncentrácie mangánu v svalovine piatich druhov rýb z rieky Candamo (Peru) uvádza Gutleb a kol. (2002), a v svalovine i pečeni taktiež piatich druhov rýb z rieky Erren (Tajvan) aj Chen a kol. (2004).

Absolútne najvyššia hodnota koncentrácie mangánu bola zaznamenaná v svalovine a pečeni plotice červenookej (1,50 a 6,12 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a v obličkách karasa striebrišného (3,04 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Vyššie individuálne koncentrácie mangánu sa zistili v obličkách karasa striebrišného (7,29 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a sumca veľkého (7,23 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) z rieky Nitra v oblasti Nítry (Stráňai a Andreji, 2005).

Zinok

Zinok patrí spoločne so železom k prvkom, ktoré sa v tkanivách rýb akumulujú vo vyšších koncentráciách, rádovo v desiatkach až stovkách miligramov (tab. 3). Aj zinok sa vyskytuje predovšetkým vo vnútorných orgánoch (obličky – 125,78 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, pečeň – 48,08 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), najmenej v svalovine (10,95 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Medzidruhové rozdiely v akumulácii zinku v jednotlivých tkanivách vykazujú štatisticky vysoko preukazné rozdiely ($P < 0,001$). Najvyššie priemerné hodnoty obsahu zinku sa zistili v tkanivách kapra rybníčného (obličky – 253,79 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, pečeň – 146,66 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, sval – 26,30 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Naopak, najnižšie priemerné hodnoty sa zistili v tkanivách sumca veľkého (obličky – 20,48 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, pečeň – 17,12 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, sval – 4,61 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Kapor rybníčný sa v porovnaní s ostatnými druhmi rýb javí ako druh s najvyššou biomagnifikáciou zinku, ktorá dosahuje v niektorých prípadoch vyše 10-

Tabuľka 3: Akumulácia zinku a olova v tkanivách rýb
Table 3: Zinc and lead accumulation in fish tissues

¹ Druh	² Tkanivo	³ Zinok				⁴ Olovo			
		\bar{x}	s	min.	max.	\bar{x}	s	min.	max.
	m			n.d.			0,2 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$		
⁵ Potravinový kódex SR	l			n.d.			0,2 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$		
	k			n.d.			0,2 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$		
<i>Leuciscus cephalus</i>	m	8,74	2,38	5,29	14,01	3,13	6,69	0,32	24,30
	l	39,10	29,81	15,69	120,55	1,45	2,03	0,18	6,76
	k	181,28	76,05	81,30	317,39	0,91	0,54	0,28	1,77
<i>Cyprinus carpio</i>	m	26,30	9,16	15,22	42,82	0,39	0,07	0,30	0,49
	l	146,66	37,714	88,52	197,54	0,42	0,17	0,21	0,67
	k	253,79	46,41	170,76	308,63	0,43	0,12	0,27	0,60
<i>Carassius auratus</i>	m	11,69	2,73	7,66	16,06	2,59	3,95	0,36	10,98
	l	29,90	37,13	11,96	149,63	2,50	3,44	0,13	10,21
	k	92,76	47,76	51,74	176,89	3,63	4,78	0,48	14,57
<i>Rutilus rutilus</i>	m	7,79	1,70	5,66	10,82	3,85	10,80	0,33	34,59
	l	32,81	6,55	27,24	46,47	1,80	3,17	0,30	9,62
	k	110,54	24,91	84,37	133,95	0,49	0,13	0,34	0,60
<i>Silurus glanis</i>	m	4,61	0,52	3,72	5,37	0,49	0,33	0,08	1,11
	l	17,12	2,09	13,48	20,19	0,43	0,13	0,27	0,70
	k	20,48	1,40	18,84	23,34	0,55	0,68	0,11	2,56
\bar{x} S	m	10,95	7,73	3,72	42,82	2,22	5,91	0,08	34,59
	l	48,08	51,53	11,96	197,54	1,39	2,41	0,13	10,21
	k	125,78	98,63	18,84	317,39	1,24	2,47	0,11	14,57
	P	m : l ⁺⁺⁺	m : k ⁺⁺⁺	l : k ⁺⁺⁺	m : l ⁻	m : k ⁻	l : k ⁻		

¹P>0,05 ²P<0,05 ³P<0,01 ⁴P<0,001

n.d. – nedefinované – undefined

m – sval – muscle

l – pečeň – liver

k – obličky – kidney

P – rozdiel preukazný na hladine $\alpha = 0,05$, $\alpha = 0,01$ alebo $\alpha = 0,001$ – significant difference at level $\alpha = 0,05$, $\alpha = 0,01$ or $\alpha = 0,001$

¹Species, ²Tissue, ³Zinc, ⁴Lead, ⁵Codex Alimentarius valid in the Slovak Republic

násobné hodnoty. Toto potvrdzujú vo svojich prácach Stráňai a Andreji (2005) a Colombo a kol. (2000).

Priemerné hodnoty obsahu zinku pohybuje sa v rozpätí 9,66 – 15,3 mg.kg⁻¹ čerstvej hmoty vo svalovine troch druhov rýb z riek Big a Flat (USA) prezentuje vo svojej práci Gale a kol. (2004).

Nižšie koncentrácie zinku vo svojich výsledkoch prezentujú Chen a kol. (2004) v svalovine (2,23 – 4,04 mg.kg⁻¹) a pečeni (16,9 – 77,6 mg.kg⁻¹ čerstvej hmoty) piatich druhov rýb z rieky Erren (Tajvan), ako aj Svobodová a kol. (2004) v svalovine pstruha potočného (3,62 – 4,53 mg.kg⁻¹ čerstvej hmoty) z rieky Tichá Orlice (Česká Republika).

Absolútne najvyššie koncentrácie zinku boli zistené v svalovine a pečeni kapra rybníčaného (42,82 a 197,54 mg.kg⁻¹) a obličkách jalca hlavateho (317,39 mg.kg⁻¹). Avšak oveľa vyššie individuálne koncentrácie zinku zistili Stráňai a Andreji (2005) v tkanivách kapra rybníčaného z rieky Nitra v oblasti Nitry. V svalovine namerali 82,72 mg.kg⁻¹, obličkách 452,21 a v pečeni až 519,15 mg.kg⁻¹.

Olovo

Pomerne veľmi rizikovým prvkom zo sledovaných kovov je olovo, predovšetkým pre jeho karcinogénne a mutagénne účinky. Preto je jeho obsah v potravinách kontrolovaný a podľa súčasne platných smerníc (Potravinový kódex SR) je jeho maximálne prípustné množstvo v rybách určené hodnotou 0,2 mg.kg⁻¹. Po premietnutí tejto hodnoty do našich výsledkov môžeme konštatovať, že všetky analyzované ryby sú kontaminované a nevhodné na konzumáciu. Hodnota 0,2 mg.kg⁻¹ bola v svalovine prekročená u 95 % všetkých analyzovaných vzoriek, v niektorých prípadoch aj vyše 100-násobne. V pečeni bolo prekročenie maximálne prípustného množstva zaznamenané u 96 % a v obličkách u 97 % vzoriek.

Olovo sa v priemere najviac kumulovalo vo svaloch (2,22 mg.kg⁻¹), menej vo vnútorných orgánoch (pečeň – 1,39 mg.kg⁻¹, obličky 1,24 mg.kg⁻¹) (tab. 3). Iné poradie akumulácie tohto prvku v rovnakých tkanivách ôsmich druhov rýb z rieky Nitra v oblasti Nitry uvádzajú Stráňai a Andreji (2007), ktorí zistili najvyššiu priemernú koncentráciu v obličkách a najnižšiu v pečeni. Štatisticky významný medzidruhový rozdiel sa zistil iba pri akumulácii olova v obličkách ($P < 0,01$). Pri akumulácii olova v svalovine a pečeni sa tento fakt nepotvrdil. Podobne aj akumulácia olova medzi jednotlivými tkanivami bez ohľadu na druh ryby bola bez štatisticky významných rozdielov ($P > 0,05$). Z jednotlivých druhov rýb sa najvyššia priemerná koncentrácia olova v svalovine (3,85 mg.kg⁻¹) zistila u plotice červenookej; v pečeni a obličkách (2,50 a 3,63 mg.kg⁻¹) u karasa striebřitého (tab. 3). U jalca hlavateho a karasa striebřitého z toho

istého úseku rieky Nitra (16 r. km) Stráňai (1998) uvádza nižšie priemerné hodnoty v svalovine, pečeni a obličkách porovnateľné iba s koncentraciami, ktoré sme zistili u sumca veľkého a kapra rybníčaného.

Absolútne najvyššia koncentrácia olova v svalovine bola zaznamenaná u plotice červenookej (34,59 mg.kg⁻¹), v pečeni a obličkách u karasa striebřitého (10,21 a 14,57 mg.kg⁻¹). Takto vysoké individuálne koncentrácie olova v tkanivách rýb rieky Nitra neboli doposiaľ publikované. Zo štyroch druhov rýb z rieky Nitra v oblasti Partizánskeho maximálna koncentrácia olova v svalovine dosiahla hodnotu 5,81 mg.kg⁻¹ u ostrieža zelenkavého (Andreji a kol., 2005). U ôsmich druhov rýb z oblasti Nitry zaznamenali Stráňai a Andreji (2007) maximálne hodnoty v svalovine a pečeni pleskáča vysokého (0,59 a 1,29 mg.kg⁻¹), a v obličkách karasa striebřitého (2,15 mg.kg⁻¹). Aj Stráňai (1998) uvádza maximálnu priemernú hodnotu 1,0 mg.kg⁻¹ v svalovine podustvy severnej z Opatoviec, hodnotu 2,26 mg.kg⁻¹ v pečeni zubáča veľkouštetého z Nových Zámok a hodnotu 6,84 mg.kg⁻¹ v obličkách karasa striebřitého z Bošian.

Meď

Meď patrí medzi anorganické kontaminanty, pre ktoré je v Potravinovom kódexe Slovenskej republiky stanovené najvyššie prípustné množstvo v svalovine (10 mg.kg⁻¹) a vnútornostiach (80 mg.kg⁻¹). Tieto hodnoty však u analyzovaných rýb ani v jednom prípade toto množstvo neprekročili. Nami zistené hodnoty u piatich druhov rýb sa pohybovali v svalovine 0,26 – 1,82 mg.kg⁻¹, v pečeni 1,03 – 18,04 mg.kg⁻¹ a v obličkách 0,99 – 5,98 mg.kg⁻¹ čerstvej hmoty (tab. 4). Pri štatistickom spracovaní výsledkov sa zistili štatisticky vysoko významné ($P < 0,001$) medzidruhové rozdiely pri akumulácii medi v jednotlivých tkanivách. V priemere sa meď najviac kumulovala vo vnútorných orgánoch (pečeň a obličky), menej v svalovine. Takéto poradie akumulácie medi zistili aj Stráňai a Andreji (2005) u rýb z rieky Nitra v oblasti Nitry.

Z piatich analyzovaných druhov rýb, najvyššia priemerná hodnota obsahu medi v svalovine sa zistila u karasa striebřitého (1,03 mg.kg⁻¹), najnižšia u sumca veľkého (0,43 mg.kg⁻¹). Nižšie hodnoty obsahu medi oproti našim výsledkom uvádzajú Chen a kol. (2004) v svalovine piatich druhov rýb z rieky Erren (Tajvan), Gale a kol. (2004) v svalovine 4 druhov rýb z riek Big a Flat (USA), ako aj Linde a kol. (2004) v svalovine pstruha potočného a úhora sťahovavého z riek Ferrerias a Raices (Španielsko).

V pečeni sa meď akumulovala v najväčšej miere spomedzi analyzovaných vnútorností. Nami zistené koncentrácie v pečeni piatich druhov rýb sa pohybovali v priemere na úrovni 6,78 mg.kg⁻¹, pričom najvyššia

Tabuľka 4: Akumulácia medi a kobaltu v tkanivách rýb
Table 4: Copper and cobalt accumulation in fish tissues

¹ Druh	² Tkanivo	³ Med'				⁴ Kobalt			
		\bar{x}	s	min.	max.	\bar{x}	s	min.	max.
Potravinový kódex SR (⁵)	m			10 mg.kg ⁻¹				n.d.	
	l			80 mg.kg ⁻¹				n.d.	
	k			80 mg.kg ⁻¹				n.d.	
<i>Leuciscus cephalus</i>	m	0,62	0,11	0,43	0,81	0,15	0,05	0,09	0,26
	l	4,98	3,55	1,71	13,06	0,12	0,10	0,00	0,28
	k	2,24	0,89	1,29	3,90	0,75	0,47	0,24	1,68
<i>Cyprinus carpio</i>	m	0,91	0,42	0,42	1,82	0,14	0,04	0,10	0,23
	l	12,79	3,09	9,28	17,85	0,10	0,05	0,04	0,19
	k	2,00	0,47	1,46	2,69	0,57	0,21	0,36	0,91
<i>Carassius auratus</i>	m	1,03	0,22	0,54	1,26	0,13	0,04	0,08	0,19
	l	5,62	3,15	1,03	10,72	0,04	0,04	0,00	0,13
	k	3,62	1,66	1,90	5,98	0,74	0,35	0,31	1,27
<i>Rutilus rutilus</i>	m	0,79	0,21	0,44	1,20	0,17	0,06	0,08	0,28
	l	10,64	3,90	6,23	18,04	0,17	0,23	0,00	0,69
	k	2,55	0,79	2,01	3,45	1,69	2,01	0,34	4,00
<i>Silurus glanis</i>	m	0,43	0,12	0,26	0,63	0,10	0,02	0,06	0,14
	l	2,63	0,95	1,57	5,10	0,13	0,10	0,00	0,35
	k	2,06	1,00	0,99	4,44	0,49	0,64	0,15	2,38
\bar{x} S	m	0,75	0,30	0,26	1,82	0,14	0,05	0,06	0,28
	l	6,78	4,66	1,03	18,04	0,11	0,12	0,00	0,69
	k	2,45	1,19	0,99	5,98	0,71	0,71	0,15	4,00
	P	m : l ⁺⁺⁺	m : k ⁺⁺⁺	l : k ⁺⁺⁺	m : l ⁺⁺⁺	m : k ⁺⁺⁺	l : k ⁺⁺⁺		

⁻P>0,05 ⁺P<0,05 ⁺⁺P<0,01 ⁺⁺⁺P<0,001

n.d. – nedefinované – undefined

m – sval – muscle

l – pečeň – liver

k – obličky - kidney

P – rozdiel preukazný na hladine $\alpha = 0,05$, $\alpha = 0,01$ alebo $\alpha = 0,001$ – significant difference at level $\alpha = 0,05$, $\alpha = 0,01$ or $\alpha = 0,001$

\bar{x} – aritmetický priemer - arithmetic mean

s – smerodajná odchýlka – standard deviation

\bar{x} S – priemer za všetky druhy – average for all species

¹Species, ²Tissue, ³Copper, ⁴Cobalt, ⁵Codex Alimentarius valid in the Slovak Republic

priemerná hodnota sa zistila u kapra rybníčaného (12,79 mg.kg⁻¹) a najnižšia u sumca veľkého (2,63 mg.kg⁻¹). Vyššie hodnoty v porovnaní s našimi výsledkami prezentujú Chen a kol. (2004) v pečeni piatich druhov rýb z rieky Erren (Tajvan), kde sa hodnoty koncentrácií pohybovali na úrovni 10,1 – 77,6 mg.kg⁻¹. Podobne aj Linde a kol. (2004) uvádzajú vyššie hodnoty v pečeni úhora sťahovavého (5,276–10,503 µg.g⁻¹ čerstvej hmoty) a pstruha potočného (20,463 – 70,414 µg.g⁻¹ čerstvej hmoty) z riek Ferrerias a Raices (Španielsko).

Najnižšia priemerná koncentrácia medi v obličkách sa zistila u kapra rybníčaného (2,00 mg.kg⁻¹), najvyššia u karasa striebřitého (3,62 mg.kg⁻¹), pričom priemer u piatich analyzovaných druhov rýb dosiahol hodnotu 2,45 mg.kg⁻¹. Porovnateľné hodnoty obsahu medi v obličkách uvádzajú vo svojej práci Stráňai a Andreji (2005) u ôsmich druhov rýb z rieky Nitra v oblasti Nítry (0,73 – 6,53 mg.kg⁻¹).

Absolútne najvyššia hodnota medi sa zistila v svalovine kapra rybníčaného (1,82 mg.kg⁻¹), pečeni plotice červenoookej (18,04 mg.kg⁻¹) a obličkách karasa striebřitého (5,98 mg.kg⁻¹). Vyššie individuálne koncentrácie medi v sledovaných tkanivách zistili Stráňai a Andreji (2005) v svalovine (2,01 mg.kg⁻¹) a obličkách (6,53 mg.kg⁻¹) karasa striebřitého z rieky Nitra, ale v oblasti Nítry.

Kobalt

Kobalt patrí k ťažkým kovom s nízkou mierou kontaminácie tkanív, ktorá u rýb predstavuje rádovo stotiny až desatiny miligramov. Z tohto dôvodu pravdepodobne nie je stanovené jeho najvyššie prípustné množstvo v Potravinovom kódexe SR. Nami zistené koncentrácie kobaltu v tkanivách analyzovaných druhov rýb boli nasledovné: svalovina 0,06 – 0,28 mg.kg⁻¹, pečeň

0,00 – 0,69 mg.kg⁻¹, obličky 0,15 – 4,00 mg.kg⁻¹ čerstvej hmoty. Aj v prípade kobaltu sa potvrdili štatisticky významné ($P < 0,05$) medzidruhové rozdiely v akumulácii v rámci jednotlivých tkanív. Kobalt sa kumuluje hlavne v obličkách, menej v svalovine a najmenej v pečeni (tab. 4). Toto zistenie sme potvrdili v predošlej práci (Stráňai a Andreji, 2007).

Spomedzi piatich druhov rýb sa najvyššia priemerná hodnota kobaltu v svalovine zistila u plotice červenookej (0,17 mg.kg⁻¹) a najnižšia u sumca veľkého (0,10 mg.kg⁻¹). Avšak rozdiely medzi jednotlivými druhmi predstavovali len minimálne rozdiely pohybujúce sa v stotinách miligramov. V pečeni sa najvyšší priemerný obsah kobaltu zistil takisto u plotice červenookej (0,17 mg.kg⁻¹) a najnižší obsah sa zaznamenal u karasa striebřistého (0,04 mg.kg⁻¹). Najvyššia priemerná koncentrácia kobaltu v obličkách bola zaznamenaná opäť u plotice červenookej (1,69 mg.kg⁻¹), najnižšia koncentrácia u sumca veľkého (0,49 mg.kg⁻¹).

Porovnateľné výsledky koncentrácií kobaltu v svalovine rýb uvádzajú Andreji a kol. (2005) u štyroch druhov rýb z rieky Nitra v oblasti Partizánskeho. Allinor (2005) zistil v svalovine dvoch druhov rýb z rieky Aba (Nigéria) koncentrácie kobaltu v rozpätí 0,02 – 0,054 ppm, ale u ďalších troch druhov boli tieto koncentrácie pod hranicou detekčného limitu. Nižšie koncentrácie kobaltu v svalovine piatich druhov rýb z rieky Candamo (Peru) publikujú Gutleb a kol. (2002). Arribere a kol. (2003) prezentuje síce nižšie koncentrácie v svalovine, ale v pečeni uvádza vyššie hodnoty ako naše výsledky u druhu *Odontotestes microlepidotus* z rieky Negro (Argentína).

Spomedzi piatich analyzovaných druhov rýb sa plotica červenooká javí ako druh s najvyššou biomagnifikáciou kobaltu vo svojich tkanivách, keď vo všetkých analyzovaných tkanivách sme práve u tohto druhu zistili maximálne individuálne aj priemerné koncentrácie kobaltu (tab. 2).

Nikel

Nikel patrí taktiež ku kontaminantom, ktoré sa v tkanivách rýb akumulujú v stotinách až desatinách miligramov. Avšak na rozdiel od kobaltu, v Potravinovom kódexe SR je pre tento prvok stanovené najvyššie prípustné množstvo 0,5 mg.kg⁻¹ čerstvej hmoty pre svalovinu ako i vnútornosti (pečeň, obličky). V svalovine toto množstvo prekročené nebolo, čo však nemožno povedať o vnútornostiach. V prípade pečene bolo prekročenie zistené u 8 % a v prípade obličiek u 21 % analyzovaných vzoriek. Nami zistené hodnoty koncentrácií sa pohybovali v svalovine od 0,02 – 0,29 mg.kg⁻¹, v pečeni 0,00 – 1,06 mg.kg⁻¹ a v obličkách 0,03 – 1,12 mg.kg⁻¹ (tab. 5). Štatisticky významné medzidruhové rozdiely v akumulácii niklu v sledovaných tkanivách rýb sa nepotvrdili ($P > 0,05$).

Najvyššia priemerná koncentrácia niklu v svalovine bola zaznamenaná u plotice červenookej (0,19 mg.kg⁻¹), naopak najnižšia u kapra rybníčného (0,11 mg.kg⁻¹). Vo vnútornostiach sme najvyššie priemerné koncentrácie zistili u jalca hlavatého (pečeň 0,36 a obličky 0,50 mg.kg⁻¹); najnižšiu priemernú koncentráciu niklu v pečeni sme zaznamenali u karasa striebřistého (0,10 mg.kg⁻¹) a v obličkách u sumca veľkého (0,23 mg.kg⁻¹).

Porovnateľné hodnoty v svalovine piatich druhov rýb z rieky Candamo (Peru) publikujú Gutleb a kol. (2002). O niečo nižšie hodnoty koncentrácií niklu prezentuje Svobodová a kol. (2004) v svalovine pstruha potočného z rieky Tichá Orlice (Česká Republika). Vyššie hodnoty koncentrácií niklu uvádzajú Avenant-Oldewage a Marx (2000) v svalovine klariasa afrického z rieky Olifants (Južná Afrika), kde priemerný obsah niklu sa pohyboval na úrovni 8,0 – 52,6 µg.g⁻¹ sušiny; v pečeni namerali hodnoty 11,7 – 63,5 µg.g⁻¹ sušiny.

Chróom

Chróom je spolu s kobaltom a niklom kontaminantom s nízkou mierou akumulácie, ktorý sa v tkanivách rýb kumuluje rádovo v stotinách až desatinách miligramu. V Potravinovom kódexe SR je stanovené jeho najvyššie prípustné množstvo v rybách hodnotou 4,0 mg.kg⁻¹ čerstvej hmoty. Táto hodnota nebola prekročená ani v jednej vzorke analyzovanej svaloviny alebo vnútorností. Nami zistené hodnoty boli hlboko pod touto hranicou a pohybovali sa v rozpätí: svalovina 0,09 – 0,28; pečeň 0,05 – 0,66 a obličky 0,11 – 0,97 mg.kg⁻¹ čerstvej hmoty (tab. 5). V priemere sa chróm najviac kumuloval vo vnútorných orgánoch (v obličkách a pečeni), najmenej v svalovine. Toto tvrdenie potvrdil vo svojej práci aj Stráňai (1998). **Iné poradie akumulácie chrómu prezentujú** Stráňai a Andreji (2007), ktorí zistili u rýb z rieky Nitra v oblasti Nitry najvyššiu koncentráciu chrómu v pečeni a najnižšiu v svalovine. Štatisticky významné medzidruhové rozdiely v akumulácii chrómu v rámci jednotlivých tkanív sa potvrdili len pri analyzovaných vnútornostiach (pečeň – $P < 0,01$ a obličky – $P < 0,05$).

Najvyššia priemerná koncentrácia chrómu v svalovine (0,15 mg.kg⁻¹) bola zaznamenaná až u troch druhov rýb – jalca hlavatého, karasa striebřistého a plotice červenookej. Naproti tomu najnižšia koncentrácia (0,12 mg.kg⁻¹) sa zistila u sumca veľkého, ale rozdiely v priemerných koncentráciách medzi jednotlivými druhmi sú zanedbateľné a pohybujú sa v stotinách miligramu. Podobná situácia bola aj pri koncentráciách chrómu vo vnútornostiach, kde sa najvyššia priemerná hodnota v pečeni zistila u plotice červenookej (0,34 mg.kg⁻¹) a najnižšia u kapra rybníčného (0,13 mg.kg⁻¹). V obličkách sme najvyššiu priemernú koncentráciu chrómu zaregistrovali pri jalcovi hlavatom (0,40 mg.kg⁻¹), najnižšiu u kapra rybníčného (0,21 mg.kg⁻¹).

Tabuľka 5: Akumulácia niklu a chrómu v tkanivách rýb
Table 5: Nickel and chromium accumulation in fish tissues

¹ Druh	² Tkanivo	³ Nikel				⁴ Chróm			
		\bar{x}	s	min.	max.	\bar{x}	s	min.	max.
Potravinový kódex SR (⁵)	m			0,5 mg.kg ⁻¹				4,0 mg.kg ⁻¹	
	l			0,5 mg.kg ⁻¹				4,0 mg.kg ⁻¹	
	k			0,5 mg.kg ⁻¹				4,0 mg.kg ⁻¹	
<i>Leuciscus cephalus</i>	m	0,16	0,06	0,04	0,26	0,15	0,06	0,10	0,28
	l	0,36	0,33	0,00	1,06	0,19	0,07	0,08	0,34
	k	0,50	0,31	0,13	1,12	0,40	0,26	0,14	0,97
<i>Cyprinus carpio</i>	m	0,11	0,06	0,02	0,18	0,14	0,04	0,11	0,22
	l	0,16	0,08	0,00	0,25	0,13	0,06	0,05	0,22
	k	0,29	0,14	0,03	0,42	0,21	0,07	0,11	0,33
<i>Carassius auratus</i>	m	0,15	0,05	0,06	0,23	0,15	0,04	0,09	0,22
	l	0,10	0,09	0,00	0,30	0,17	0,06	0,09	0,28
	k	0,37	0,24	0,08	0,75	0,36	0,11	0,24	0,57
<i>Rutilus rutilus</i>	m	0,19	0,06	0,10	0,29	0,15	0,04	0,10	0,25
	l	0,30	0,24	0,00	0,58	0,34	0,16	0,15	0,66
	k	0,49	0,31	0,28	0,84	0,30	0,10	0,21	0,40
<i>Silurus glanis</i>	m	0,13	0,04	0,07	0,20	0,12	0,03	0,09	0,18
	l	0,13	0,16	0,00	0,44	0,16	0,05	0,09	0,27
	k	0,23	0,17	0,04	0,68	0,22	0,12	0,11	0,51
\bar{x} S	m	0,15	0,06	0,02	0,29	0,14	0,04	0,09	0,28
	l	0,20	0,22	0,00	1,06	0,19	0,10	0,05	0,66
	k	0,35	0,24	0,03	1,12	0,29	0,16	0,11	0,97
	P	m : l ⁻	m : k ⁺⁺⁺	l : k ⁺⁺	m : l ⁺⁺⁺	m : k ⁺⁺⁺	l : k ⁺⁺⁺		

⁻P>0,05 ^{*}P<0,05 ^{**}P<0,01 ⁺⁺⁺P<0,001

Legenda k tabuľke 3 – Legend to Table 3

n.d. – nedefinované – undefined

m – sval – muscle

l – pečeň – liver

k – obličky – kidney

P – rozdiel preukazný na hladine $\alpha = 0,05$, $\alpha = 0,01$ alebo $\alpha = 0,001$ – significant difference at level $\alpha = 0,05$, $\alpha = 0,01$ or $\alpha = 0,001$

¹Species, ²Tissue, ³Nickel, ⁴Chromium, ⁵Codex Alimentarius valid in the Slovak Republic

\bar{x} – aritmetický priemer – arithmetic mean

s – smerodajná odchýlka – standard deviation

\bar{x} S – priemer za všetky druhy – average for all species

Takmer zhodné údaje obsahu chrómu v tkanivách rýb publikuje Burger a kol. (2002) v svalovine 11 druhov rýb z rieky Savannah (USA), kde sa namerané koncentrácie pohybovali v rozpätí 0,14–0,34 ppm čerstvej hmoty. Nižšie hodnoty v porovnaní s našimi výsledkami prezentuje Svobodová a kol. (2004) v svalovine pstruha potočného z rieky Tichá Orlice (Česká Republika), ktorá uvádza hodnoty 0,049 – 0,081 mg.kg⁻¹ čerstvej hmoty. Naproti tomu, Colombo a kol. (2000) uvádza u troch druhov rýb z rieky Rio de la Plata (Argentína) hodnoty v svalovine na úrovni 0,4 – 10,6 $\mu\text{g.g}^{-1}$ čerstvej hmoty.

Úplne najvyššia individuálna koncentrácia chrómu bola zaznamenaná v svalovine (0,28 mg.kg⁻¹) a obličkách (0,97 mg.kg⁻¹) jalca hlavatého, v pečeni plotice červenoookej (0,66 mg.kg⁻¹). Vyššie hodnoty koncentrácií

chrómu v tkanivách rýb rieky Nitra publikoval Straňai (1998) iba v svalovine (0,37 mg.kg⁻¹) jalca hlavatého z Opatoviec a v obličkách (1,36 mg.kg⁻¹) taktiež jalca hlavatého, ale zo Zúgova pri Nových Zámkoch.

Kadmium

Dá sa povedať, že kadmium je spomedzi sledovaných kontaminantov najrizikovejším prvkom vďaka svojim negatívnym účinkom na živý organizmus. Aj preto je jeho najvyššie prípustné množstvo v rybách podľa Potravinového kódexu SR zo všetkých ťažkých kovov najnižšie – 0,05 mg.kg⁻¹ čerstvej hmoty. Všetky analyzované vzorky svaloviny aj vnútorných orgánov prekročili túto hodnotu, pričom prekročenie najvyššieho

prípustného množstva dosiahlo v svalovine 1,2 – 55,2 násobok, v pečeni 2,0 – 65,8 násobok a v obličkách 5,0 – 212,0 násobok. Zistené koncentrácie kadmia sa pohybovali v rozpätí: svalovina 0,06 – 2,76 mg.kg⁻¹, pečeň 0,10 – 3,29 mg.kg⁻¹, obličky 0,25 – 10,60 mg.kg⁻¹ čerstvej hmoty (tab. 6). V jednotlivých tkanivách sa kadmium kumulovalo najviac v obličkách, menej v svalovine a najmenej v pečeni. Štatisticky významné medzidruhové rozdiely sa zistili len pri akumulácii kadmia v svalovine (P<0,001).

Najvyššia priemerná koncentrácia kadmia v svalovine bola zaznamenaná u sumca veľkého (1,78 mg.kg⁻¹) a najnižšia u plotice červenookej (0,41 mg.kg⁻¹). V pečeni sa najvyššia priemerná koncentrácia zistila u plotice červenookej (0,83 mg.kg⁻¹), najnižšia u karasa striebrišného (0,55 mg.kg⁻¹). V obličkách sa najvyššia priemerná koncentrácia zaznamenala u karasa

striebrišného (3,41 mg.kg⁻¹) a najnižšia u kapra rybníčného (0,91 mg.kg⁻¹).

Oveľa nižšie hodnoty zistil Chen a kol. (2004) u piatich druhov rýb z rieky Erren (Tajvan), kde sa v pečeni zistené koncentrácie pohybovali v rozpätí 0,012 – 0,042 mg.kg⁻¹ čerstvej hmoty a v svalovine boli tieto hodnoty pod hranicou zistiteľnosti (<0,0125). Aj Gale a kol. (2004) uvádza vo svojej práci pomerne nízke koncentrácie kadmia v svalovine štyroch druhov rýb z riek Big a Flat (USA), ako sú naše výsledky. Linde a kol. (2004) uvádza v svalovine pstruha potočného z riek Ferrerias a Raices (Španiesko) priemerné hodnoty 0,223 – 0,981 µg.g⁻¹ čerstvej hmoty. Naopak, niekoľko násobne vyššie hodnoty kadmia v svalovine (6,52 – 9,73 ppb čerstvej hmoty) troch druhov rýb z rieky Clinch (USA) uvádzajú Burger a Campbell (2004).

Tabuľka 6: Akumulácia kadmia v tkanivách rýb
Table 6: Cadmium accumulation in fish tissues

Druh (1)	Tkanivo (2)	Kadmium (3)			
		\bar{x}	s	min.	max.
Potravínový kódex SR (4)	m		0,05 mg.kg ⁻¹		
	l		0,05 mg.kg ⁻¹		
	k		0,05 mg.kg ⁻¹		
Leuciscus cephalus	m	0,96	0,59	0,24	2,37
	l	0,79	0,94	0,13	3,29
	k	1,99	1,52	0,79	4,92
Cyprinus carpio	m	0,81	0,50	0,23	1,81
	l	0,64	0,25	0,21	0,98
	k	0,91	0,48	0,36	1,72
Carassius auratus	m	0,45	0,65	0,06	2,55
	l	0,55	0,62	0,10	2,09
	k	3,41	3,41	0,25	10,60
Rutilus rutilus	m	0,41	0,28	0,18	0,92
	l	0,83	0,58	0,26	1,52
	k	1,15	0,94	0,49	2,23
Silurus glanis	m	1,78	0,77	0,39	2,76
	l	0,59	0,41	0,22	1,60
	k	1,35	1,17	0,34	4,37
\bar{x} S	m	0,88	0,76	0,06	2,76
	l	0,66	0,60	0,10	3,29
	k	1,81	1,98	0,25	10,60
	P		m : l ⁻	m : k ⁺⁺	l : k ⁺⁺⁺

⁻P>0,05 ⁺P<0,05 ⁺⁺P<0,01 ⁺⁺⁺P<0,001

n.d. – nedefinované – undefined

m – sval – muscle

l – pečeň – liver

k – obličky – kidney

P – rozdiel preukazný na hladine $\alpha = 0,05$, $\alpha = 0,01$ alebo $\alpha = 0,001$ – significant difference at level $\alpha = 0,05$, $\alpha = 0,01$ or $\alpha = 0,001$

¹Species, ²Tissue, ³Cadmium, ⁴Codex Alimentarius valid in the Slovak Republic

\bar{x} – aritmetický priemer - arithmetic mean

s – smerodajná odchýlka – standard deviation

\bar{x} S – priemer za všetky druhy – average for all species

Maximálne individuálne koncentrácie boli zaznamenané v svalovine sumca veľkého (2,76 mg.kg⁻¹), pečeni jalca hlavateho (3,29 mg.kg⁻¹) a obličkách karasa striebrištieho (10,60 mg.kg⁻¹). Takéto vysoké hodnoty koncentrácií kadmia u rýb z rieky Nitra neboli doposiaľ publikované. Maximálne hodnoty kadmia v svalovine publikoval Stráňai (1998) u jalca hlavateho z Opatoviec (0,43 mg.kg⁻¹), Stráňai a Andreji (2007) u karasa striebrištieho z Nitry (0,30 mg.kg⁻¹) a Andreji a kol. (2005) u plotice červenookkej z Partizánskeho (0,58 mg.kg⁻¹). V pečeni bola doposiaľ najvyššia hodnota zaznamenaná u jalca hlavateho z Čakajoviec (1,29 mg.kg⁻¹) (Stráňai, 1998) a v obličkách taktiež jalca hlavateho, ale z Nitry (6,79 mg.kg⁻¹) (Stráňai a Andreji, 2007).

ZÁVER

Akumulácia železa, mangánu, zinku, olova, medi, kobaltu, niklu, chrómu a kadmia v svalovine, pečeni a obličkách piatich analyzovaných druhov rýb z rieky Nitra v oblasti Nových Zámok vykazovala štatisticky významné medzidruhové rozdiely, okrem akumulácie olova v svalovine a pečeni, niklu vo všetkých troch tkanivách, chrómu v svalovine a kadmia vo vnútorných orgánoch. Taktiež akumulácia týchto kovov v jednotlivých tkanivách bez ohľadu na druh ryby vykazovala štatisticky významné rozdiely, až na akumuláciu olova, niklu a kadmia, kde sa tieto rozdiely nepotvrdili. Spomínané kovy sa v prevažnej miere kumulovali vo vnútorných orgánoch než v svalovine, a to v nasledovnom poradí:

Fe	obličky > pečeň > svalovina
Mn	pečeň > obličky > svalovina
Zn	obličky > pečeň > svalovina
Pb	svalovina > pečeň > obličky
Cu	pečeň > obličky > svalovina
Co	obličky > svalovina > pečeň
Ni	obličky > pečeň > svalovina
Cr	obličky > pečeň > svalovina
Cd	obličky > svalovina > pečeň

Z hľadiska vhodnosti týchto rýb na priamu konzumáciu ľuďmi, Potravinový kódex SR nedefinuje najvyššie prípustné množstvo pre obsah železa, mangánu a zinku. V prípade ostatných kovov, pre ktoré je definované najvyššie prípustné množstvo, nami zistené koncentrácie týchto kovov v analyzovaných tkanivách v niektorých prípadoch niekoľko násobne prekračujú hodnoty stanovené v Potravinovom kódexe SR a preto by sa nemali používať na priamu konzumáciu. Jedná sa najmä o olovo a kadmium, ktoré sú známe svojimi karcinogénnymi, teratogénnymi i mutagénnymi účinkami na živé organizmy a ktoré sme v analyzovaných vzorkách zistili v nadlimitných koncentráciách. Z tohto dôvodu by sa ryby z rieky Nitra v oblasti Nových Zámok nemali

konzumovať a konzumácii týchto rýb by sa určite mali vyvarovať starší ľudia, tehotné ženy a deti, ktorí sú vnímavější na vyššie koncentrácie týchto kovov.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok je súčasťou riešenia projektu Slovenskej grantovej agentúry Ministerstva školstva Slovenskej Republiky VEGA č. 1/2417/05.

LITERATÚRA

- ALLINOR, I. J. 2005. Assessment of elemental contaminants in water and fish samples from Aba River. In: *Environ. Monitor. Asses.* 2005, vol. 102, p. 15–25.
- ANDREJI, J. – STRÁŇAI, I. – MASSÁNYI, P. – VALENT, M. 2005. Concentration of Selected Metals in Muscle of Various Fish Species. In: *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering.* 2005, vol. 40, p. 899–912.
- ARRIBÉRE, M. A. – RIBEIRO GUEVARA, S. – SÁNCHEZ, R. S. – GIL, M. I. – ROMÁN ROSS, G. – DAURADE, L. E. – FAJON, V. – HORVAT, M. – ALCALDE, R. – KESTELMAN, A. J. 2003. Heavy metals in the vicinity of a chlor-alkali factory in the upper Negro River ecosystem, Northern Patagonia, Argentina. In: *Sci. Total Environ.* 2003, vol. 301, p. 187–203.
- AVENANT-OLDEWAGE, A. – MARX, H. 2000. Manganese, nickel and strontium bioaccumulation in the tissues of the African sharp-tooth catfish, *Clarias gariepinus* from the Olifants River, Kruger National Park. In: *Koedoe.* 2000, vol. 43, p. 17–33.
- BURGER, J. – GAINES, K. F. – BORING, C. S. – STEPHENS, W. L. – SNODGRASS, J. – DIXON, C. – MCMAHON, M. – SHUKLA, S. – SHUKLA, T. – GOCHFELD, M. 2002. Metal levels in fish from the Savannah river: Potential hazards to fish and other receptors. In: *Environ. Res.* 2002, vol. A89, p. 85–97.
- BURGER, J. – CAMPBELL, K. R. 2004. Species differences in contaminants in fish on and adjacent to the Oak Ridge Reservation, Tennessee. In: *Environ. Res.* 2004, vol. 96, p. 145–155.
- COLOMBO, J. C. – BILOS, C. – LENICOV, M. R. et al. 2000. Detritivorous fish contamination in the Rio de la Plata estuary: A critical accumulation pathway in the cycle of anthropogenic compounds. In: *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 2000, vol. 57, p. 1139–1150.
- GALE, N. L. – ADAMS, C. D. – WIXSON, B. G. – LOFTIN, K. A. – HUANG, Y. W. 2004. Lead, zinc, copper, and cadmium in fish and sediments from the Big River and Flat River Creek of Missouri's Old Lead Belt. In: *Environ. Geochem. Health.* 2004, vol. 26, p. 37–49.
- GUTLEB, A. C. – HELSBERG, A. – MITCHELL, C. 2002. Heavy metal concentrations in fish from a Pristine rainforest valley in Peru: A baseline study before the start of oil-drilling activities. In: *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 2002, vol. 69, p. 523–529.
- CHEN, Y. C. – CHEN, M. H. 2001. Heavy metal concentrations in nine species of fishes caught in coastal waters of Ann-

- Ping, S.W. Taiwan. In: *J. Food Drug Anal.* 2001, vol. 9, p. 107–114.
- CHEN, Y. C. – CHEN, C. Y. – HWANG, H. J. – CHANG, W. B. – YEH, W. J. – CHEN, M. H. 2004. Comparison of the metal concentration in muscle and liver tissues of fishes from the Erren river, Southwestern Taiwan, after the restoration in 2000. In: *J. Food Drug Anal.* 2004, vol. 12, p. 358–366.
- LINDE, A. R. – SANCHEZ-GALAN, S. – GARCIA-VASQUEZ, E. 2004. Heavy metal contamination of European eel (*Anguilla anguilla*) and brown trout (*Salmo trutta*) caught in wild ecosystems in Spain. In: *J. Food Prot.* 2004, vol. 67, p. 2332–2336.
- POTRAVINOVÝ KÓDEX SR. 2003. Výnos MP SR a MZ SR z 13. februára 2003 č. 414/2003–100, ktorým sa vydáva hlava Potravinového kódexu Slovenskej republiky upravujúca cudzorodé látky v potravinách. In: *Vestník MP SR.* 2003, roč. XXXV, čiastka 8
- POTRAVINOVÝ KÓDEX SR. 2004. Výnos MP SR a MZ SR z 15. marca 2004 č. 608/3/2004–100, ktorým sa vydáva hlava Potravinového kódexu Slovenskej republiky upravujúca cudzorodé látky v potravinách. In: *Vestník MP SR.* 2004, roč. XXXVI, čiastka 10–I. časť.
- POTRAVINOVÝ KÓDEX SR. 2004. Výnos MP SR a MZ SR z 21. júla 2004 č. 1907/2004–100, ktorým sa vydáva hlava Potravinového kódexu Slovenskej republiky upravujúca cudzorodé látky v potravinách. In: *Vestník MP SR.* 2004, roč. XXXVI, čiastka 21.
- STRÁŇAI, I. 1998. Obsah olova, kadmia, chrómu a arzénu v tkanivách rýb rieky Nitra. In: *Polnohospodárstvo.* 1998, roč. 44, č. 7, s. 552–563.
- STRÁŇAI, I. – ANDREJI, J. 2005. Obsah ťažkých kovov (Fe, Mn, Zn, Cu) v tkanivách rýb rieky Nitra. In: *Agriculture.* 2005, roč. 51, č. 6, s. 323–331.
- STRÁŇAI, I. – ANDREJI, J. 2007. Obsah ťažkých kovov (Co, Ni, Cr, Pb, Cd) v tkanivách rýb rieky Nitra. In: *Slovak Journal of Animal Science.* 2007, roč. 40, v tlači.
- SVOBODOVÁ, Z. – CELECHOVSKÁ, O. – KOLÁROVÁ, J. – RANDÁK, T. – ZLÁBEK, V. 2004. Assessment of metal contamination in the upper reaches of the Tichá Orlice River. In: *Czech J. Anim. Sci.* 2004, vol. 49, p. 458–464.

Adresa autorov: Ing. Jaroslav Andreji, doc. Ing. Ivan Stráňai, CSc. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Katedra hydínarstva a malých hospodárskych zvierat, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, SR
