

## ŠVINO IR CINKO KAUPIMASIS ŽUVYSE, GYVENANČIOSE KAIRIŲ SĄVARTYNO VANDENS EKOSISTEMOSE

Jolanta PILECKA<sup>1</sup>, Jolita BRADULIENĖ<sup>2</sup>, Dainius PALIULIS<sup>3</sup>

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva*

*El. paštas: <sup>1</sup>jolanta.pilecka@stud.vgtu.lt; <sup>2</sup>jolita.bradulienė@vgtu.lt; <sup>3</sup>dainius.paliulis@vgtu.lt*

**Santrauka.** Sąvartyno filtrate esantys sunkieji metalai (SM) – pavojingiausi teršalai, nes yra stabilūs, ilgai nesuyra, todėl migruoja ekosistemose ir kaupiasi organizmuose. Žuvis pasižymi geromis sunkiųjų metalų akumuliacinėmis savybėmis, šie jų organizme sugeba išlikti ilgam. Tyrimo tikslas – nustatyti švino (Pb) ir cinko (Zn) kaupimąsi plėšriųjų ir bentofaginių žuvų, gyvenančių vandens ekosistemose šalia Šiaulių regiono Kairių sąvartyno (Švedės upelyje ir Ginkūnų tvenkinyje), audiniuose. SM kiekis žuvų audiniuose nustatytas atominės absorbcijos spektrofotometriu būdu. Tirtų žuvų audiniuose Pb koncentracijos svyravo nuo 0,725 iki 0,173 mg/kg ž. m., o Zn nuo 92,758 iki 5,984 mg/kg ž. m. Kiekybiškai Pb bentofaginių ir plėšriųjų žuvų audiniuose kaupiasi tokia seka: raumenys > žiaunos > kepenys, o Zn žuvų audiniuose akumuliuojasi tokia tvarka: žiaunos > kepenys > raumenys. Daugiausiai Pb buvo aptikta 1-os stoties bentofaginių ir plėšriųjų žuvų raumenyse bei 0-ės stoties bentofaginių žuvų raumenyse (vidutiniškai 0,713 mg/kg ž. m.), o mažiausiai 6-os stoties bentofaginių žuvų žiaunose (0,173 mg/kg ž. m.). Didžiausias Zn kiekis nustatytas 1-os st. bentofaginių žuvų žiaunose ir 0-ės stoties plėšriųjų žuvų žiaunose (vidutiniškai 92,475 mg/kg ž. m.), o mažiausias Zn kiekis nustatytas 4-os stoties bentofaginių ir plėšriųjų žuvų raumenyse. Pb kiekis raumenyse vidutiniškai 2,5 karto viršijo didžiąją leidžiamąją koncentraciją (DLK) žuvyse ir žuvies produktuose, o žiaunose ir kepenyse – 1,7 karto. Žuvų žiaunose nustatyta Zn koncentracija vidutiniškai 1,2 karto viršijo DLK. Atlikus koreliacinę analizę nustatytas statistiškai patikimas neigiamas ryšys tarp Pb ir Zn kiekio žuvų audiniuose ir atstumo iki Kairių sąvartyno.

**Reikšminiai žodžiai:** švinas, cinkas, žuvis, sąvartyno filtratas, bioakumuliacija, hidroekosistemos.

### Įvadas

Viena iš aktualių šiandienos aplinkosauginių problemų, keliančių grėsmę aplinkai, yra atliekų šalinimas sąvartyne ir susidarantys dideli sąvartyno filtrato kiekiai (Česonienė, Taučikienė 2014).

Daugelis Lietuvos sąvartynų buvo įrengti neatitinkant įrengimo bei eksploatavimo reikalavimų, nustatytų Europos Sąjungos direktyvose. Netinkamas sąvartynų įrengimas turi įtakos didėjančiai vandens ir atmosferos taršai. Viena iš svarbiausių užduočių projektuojant ir eksploatuojant sąvartyną yra tinkamas filtrato, kuris susidaro krituliams ir kitiems skysčiams sunkiantis per atliekų sluoksnį, valdymas (Teirumnieka *et al.* 2013).

Sąvartyno filtrato sudėtis kinta kokybiškai ir kiekybiškai (Tatsi *et al.* 2003). Filtrato sudėtis priklauso nuo sąvartynų šalinamų atliekų sudėties, sąvartyno amžiaus, įrengimo technologijos bei eksploatacijos, kritulių kiekio, nuo to, ar patenka požeminis vanduo, taip pat atliekų drėgmės kiekio, kaupimo uždengimo (Aziz *et al.* 2011; Kačinskaja *et al.* 2013).

Veikiančių ir jau uždarytų sąvartynų filtratas gali kelti didelį pavojų gruntiniams bei paviršiniams vandenims,

gyviesiems organizmams ir vandens ekologiškai būklei dėl filtrate esančių organinių ir neorganinių junginių, sunkiųjų metalų (Gelažienė, Kaunelienė 2002).

Sunkiųjų metalų migraciją gamtoje užtikrina vandens terpė, nes dauguma metalų junginių yra tirpūs. Sunkiųjų metalų jonai gali migruoti į paviršinius, gruntinius ir požeminius vandenis ir taip išplisti didelius atstumus (Obodo 2004).

Hidroekosistemose sunkieji metalai adsorbuojasi ant nelygių paviršių, kaupiasi nuosėdose, taip pat yra akumuliuojami augalų, dumblių, smulkių vandens organizmų, žuvų. *Gyvuosiuose organizmuose* akumuliuojasi sunkieji metalai ištraukia į organizmą vykstančias svarbias baltymų sintezės reakcijas ir taip migruoja visoje ekosistemoje (Valavanidis *et al.* 2006). Sunkieji metalai yra patvarūs, jų skilimo pusperiodis gana ilgas, todėl jie ir linkę kauptis organizmuose.

Sąvartyno filtrate randami sunkieji metalai: Cu, Pb, Ni, Cr, Fe, Mn, Al, V, Cr, Co, Zn, Se, Rb, Sr, Ba, Cd, Hg (Montvydienė *et al.* 2014; Raisi *et al.* 2014). Daugelis sun-

kiųjų metalų (geležis, kobaltas, cinkas, varis, manganas ir kt.) yra būtini gyviesiems organizmams, tačiau didelės jų koncentracijos yra pavojingos. Neigiamas sunkiųjų metalų poveikis (kancerogeninis, mutageninis ir embriotoksinis) gali išryškėti ne iš karto, o tik po kelerių ar net kelių dešimčių metų (Goyer, Cherian 1995).

Žuvis sudaro galutinę hidrosistemų trofinę grandį, jose labiausiai kaupiasi teršalai, todėl jos yra puikus indikatorius sunkiųjų metalų bioakumuliacijai įvertinti (Čepanko *et al.* 2006). Žuvis pasisavina sunkiuosius metalus tiesiogiai iš vandens (per žiaunas ir odą) ir per trofines grandis (su maistu) (Bury *et al.* 2003). Pagal nustatytą teršalų bioakumuliacijos lygį žuvų audiniuose vertinama hidrosistemų ekologinė būklė (Has-Schon *et al.* 2006).

Šiaulių regiono Kairių sąvartynas pradėtas eksploatuoti 1965 metais. Sąvartyne jo eksploatacijos laikotarpiu šalinamų atliekų sudėtis labai keitėsi. Nuo eksploatavimo pradžios iki 1980 metų jame buvo šalinamos buitinės ir įvairių Šiaulių pramonės įmonių atliekos, taip pat ir pavojingos aplinkai (Tričys 2002), vėliau iki sąvartyno uždarymo (2007 m.) šalinamos buvo tik buitinės atliekos (Šiaulių regiono... 2013).

Kairių sąvartyne 2002-ųjų metų pavasarį, vykdant sąvartyno apsauginio pylimo stiprinimo darbus, įvyko avarija, kurios metu į aplinką pateko 44 000 m<sup>3</sup> filtrato. Sąvartyno filtratas pasklido aplinkoje, pateko į melioracijos griovį, Švedės upelį ir Ginkūnų tvenkinį (Kairių sąvartynas... 2013).

Kairių sąvartyno filtrate nustatyti sunkieji metalai: Cu, Zn, Ni, Cr, Pb, Hg, Cd, Mn, Co (Montvydienė *et al.* 2014; Vasarevičius *et al.* 2005).

Švinas ir cinkas pagal Europos Parlamento ir Tarybos direktyvą 2000/60/EB priskiriami prie prioritetinių pavojingųjų medžiagų, nes, įvairiais būdais patekę į aplinką, jie išsitraukia į medžiagų apykaitos ratą, kaupiasi organizmų audiniuose ir organuose, tampa toksiški ir sutrikdo organizmų fiziologines funkcijas.

Žuvis – svarbus gyvūninių baltymų šaltinis žmogaus organizmui, todėl sunkiųjų metalų bioakumuliacija žmogaus mitybos grandinėje turi būti nuolat stebima, siekiant įvertinti riziką sveikatai. Sunkieji metalai žuvų audiniuose akumuliuojasi selektyviai. Atlikus taršos analizę, galima įvertinti susikaupusių metalų kiekius tam tikruose audiniuose ir organuose.

Šiuo metu Lietuvoje patvirtintos ir galiojančios didžiausios leidžiamosios koncentracijos (DLK) žuvyje ir žuvies produktuose yra nurodytos higienos normoje HN 54:2001, pagal kurią DLK yra: Zn–40, Pb–0,2 mg/kg žalios masės (Žin., 2002, Nr. 34–1269).

## Metodika

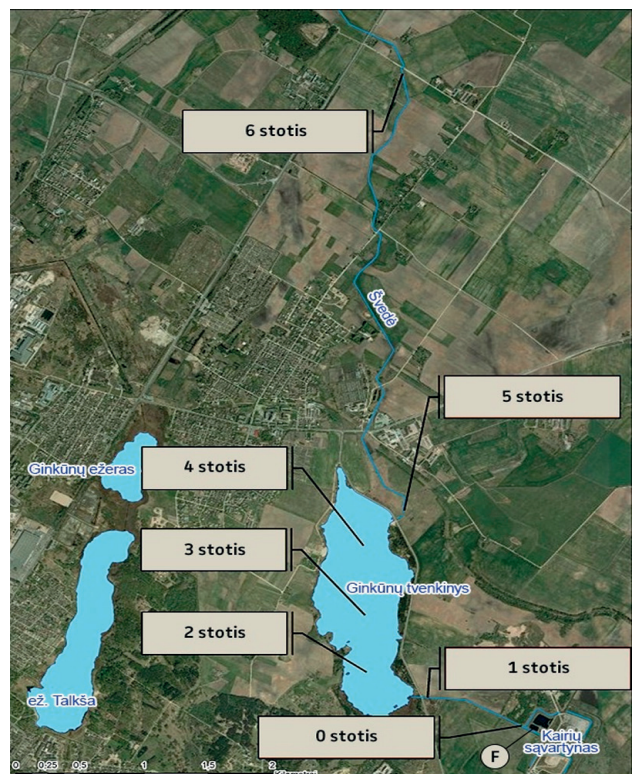
Tyrimų tikslas – nustatyti švino (Pb) ir cinko (Zn) kaupimąsi plėšriųjų ir bentofaginių žuvų, gyvenančių vandens ekosistemose šalia Šiaulių regiono Kairių sąvartyno Švedės upelyje ir Ginkūnų tvenkinyje, organuose ir audiniuose.

**Žvejybos metodai.** Tyrimams atlikti ir nustatyti sunkiųjų metalų sklaidą vandens ekosistemose (Švedės upelyje ir Ginkūnų tvenkinyje), veikiamose Kairių sąvartyno, bei akumuliaciją žuvų organuose ir audiniuose pasirinktos septynios žvejybos vietos (1 pav.).

Pirmosios dvi stotys pasirinktos melioracijos kanaluose (0-inė, 1-oji st.), trys stotys Ginkūnų tvenkinyje (2-oji, 3-ioji, 4-oji st.), viena Švedės upelyje, ištekančiame iš tvenkinio (5-oji st.), ir dar viena ~4,5 km aukščiau penktosios stoties Švedės upelyje (6-oji st.). Tyrimų vietų koordinatės ir atstumas iki taršos šaltinio pateikiami 1 lentelėje.

Tyrimų metu buvo sugautos 7-ios žuvų rūšys: lydeka (*L. Esox lucius*), ešerys (*L. Perca fluviatilis*), kuojas (*L. Rutilus rutilus*), lynas (*L. Tinca tinca*), saulažuvė (*L. Leucaspis delineatus*), strepetys (*L. Leuciscus leuciscus*) ir aukšlė (*L. Alburnus alburnus*), iš viso 94 individai.

Žuvis suskirstytos į dvi ekologines grupes: plėšriosios (lydeka, ešerys) ir bentofagai (kuojas, lynas, saulažuvė, strepetys, aukšlė). Kiekvienoje stotyje sugautos žuvis iš dviejų ekologinių grupių.



1 pav. Tyrimų stočių vietos, F raide pažymėtas filtrato baseinas  
Fig. 1. Research station locations, leachate pond is marked with letter F

1 lentelė. Žvejybos vietos koordinatės ir atstumas iki sąvartyno  
Table 1. Fishing location coordinates and the distance to the landfill

Stotis	Žvejybos vietos koordinatės	Atstumas iki sąvartyno, m
Nr. 0	55° 55' 46.87", 23° 23' 24.64"	140
Nr. 1	55° 55' 55.44", 23° 22' 39.15"	860
Nr. 2	55° 56' 2.27", 23° 22' 15.08"	1480
Nr. 3	55° 56' 26.57", 23° 22' 12.62"	2290
Nr. 4	55° 56' 46.75", 23° 22' 9.7"	2660
Nr. 5	55° 56' 47.57", 23° 22' 27.00"	3100
Nr. 6	55° 58' 58.96", 23° 22' 26.51"	7540

Staponkus su bendraautorais (2014) įvertino hidroekosistemų, esančių šalia Kairių sąvartyno, ekologinę būklę pagal žuvų bendrijų struktūros ir sudėties pokyčius, taikydami Lietuvos žuvų indekso apskaičiavimo metodiką (LŽI/LŽIE). Autoriai nustatė, kad Kairių sąvartyno melioracijos kanalo vandens ekologinis potencialas prastas (LŽI 0,07–0,17), Ginkūnų tvenkinio vandens ekologinis potencialas – vidutinis (LŽIE 0,45), Švedės upelio vandens ekologinė būklė nepastovi, upės atkarpoje arčiau Ginkūnų tvenkinio – prasta, o toliau – vidutinė (LŽI 0,15–0,35).

#### Žuvų morfometrinių analizė ir bandinių paėmimas.

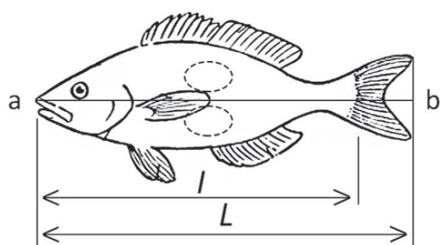
Žuvų morfometrinių analizė atlikta Gamtos tyrimų centro Ekologijos instituto Hidrobiontų ekologijos ir fiziologijos laboratorijoje. Buvo matuojamas žuvų bendras ilgis  $L$  (cm), standartinis ilgis  $l$  (cm) (2 pav.), nustatomas bendras svoris  $Q$  (g) ir svoris be vidurių  $q$  (g).

Žuvies amžius nustatytas nuskutant žvynus nuo žuvies šono vidurio (punktoriais parodyta linija 2 pav.), žemiau ir aukščiau šoninės linijos ( $ab$ ).

Sunkiesiems metalams nustatyti paimti šie žuvų kūno audinių mėginiai:

- žiaunos (visas organas);
- kepenys (visas organas);
- raumenys (3 g).

Sunkiųjų metalų koncentracijos bentofaginių ir plėšriųjų žuvų raumenyse, kepenyse ir žiaunose nustatytos Vilniaus Gedimino technikos universiteto Aplinkos apsaugos ir darbo sąlygų laboratorijoje, taikant liepsnos ir elektrotrominės atominės absorbcijos spektrometrinį metodą



2 pav. Žuvies morfometrinių analizės parametrai  
Fig. 2. Fish morphometric analysis parameters

pagal Lietuvoje galiojantį standartą LST ISO 11047:2004.

Žuvų raumenų, kepenų ir žiaunų mėginiai džiovinti termostate 85 °C temperatūroje 24 valandas. Išdžiovintus audinių mėginiai atvėsinti, paimta po 0,5–1,0 g kiekvieno mėginio ir suberta į atskirus mineralizavimo indelius. Į indelius įlašinta po 3 ml azoto rūgšties  $HNO_3$  (65 %) ir 9 ml druskos rūgšties  $HCl$  (37 %). Mišinys 30 minučių mineralizuotas mineralizatoriuje 190 °C temperatūroje.

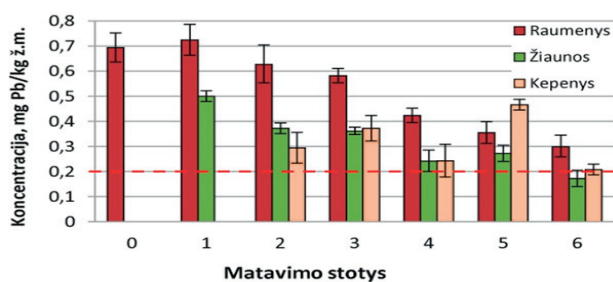
Švino ir cinko koncentracijos mėginiuose nustatytos atominės absorbcijos spektrofotometru *Buck Scientific 210 VGP*.

#### Rezultatai ir jų analizė

Tyrimo rezultatai parodė, kad švinas ir cinkas bentofaginių (saulažuvė, kuoja, lynas, strepetys, aukšlė) ir plėšriųjų (lydeka ir ešerys) žuvų kūno audiniuose kaupiasi nevienodai, o tam tikruose audiniuose viršijami didžiausi leistini kiekiai (DLK) (3–6 pav.).

Švinas buvo aptiktas absoliučiai visuose žuvų audiniuose ir svyravo nuo 0,173 iki 0,725 mg/kg ž. m. (3–4 pav.).

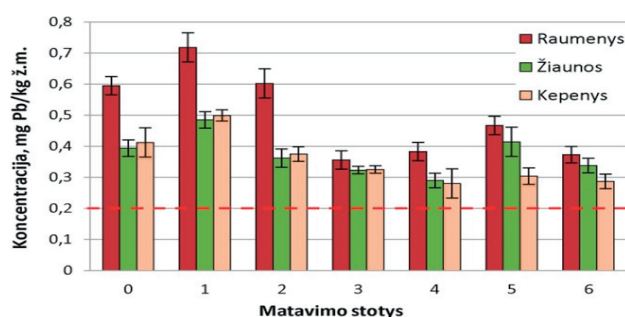
#### Bentofagai (Pb)



3 pav. Švino kiekis bentofaginių žuvų kūno audiniuose, mg/kg žalios masės (vidurkis ± standartinė paklaida)

Fig. 3. Accumulation of lead in bentophagous fish body tissues mg/kg of raw mass (mean±standard error)

#### Plėšrios (Pb)



4 pav. Švino kiekis plėšriųjų žuvų kūno audiniuose, mg/kg žalios masės (vidurkis ± standartinė paklaida)

Fig. 4. Accumulation of lead in predatory fish body tissues mg/kg of raw mass (mean±standard error)

2 lentelė. Vidutiniai Pb kiekiai (mg/kg ž. m.) bentofaginių ir plėšriųjų žuvų audiniuose (vidurkis ± standartinė paklaida)  
 Table 2. Mean values of lead in bentophagous and predatory fish body tissues mg/kg of raw mass (mean±standard error)

Ekologinė grupė	Pb kiekiai mg/kg ž. m. (M±SE)		
	Raumenys	Žiaunos	Kepenys
Bentofagai	0,530±0,06	0,320±0,04	0,317±0,05
Plėšrūnai	0,499±0,05	0,369±0,03	0,314±0,02

Didžiausias Pb kiekis nustatytas žuvų raumenyse ir svyravo nuo 0,299 iki 0,725 mg/kg ž. m. Pb žiaunose (0,173–0,500 mg/kg ž. m.) ir kepenyse (0,208–0,499 mg/kg ž. m.) kaupėsi panašiai. Taigi, Pb bentofaginių ir plėšriųjų žuvų audiniuose akumuliuojosi tokia seka: raumenys > žiaunos > kepenys.

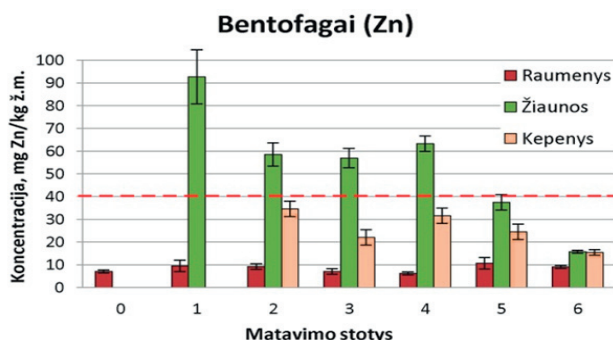
Nustatyti vidutiniai Pb kiekiai bentofaginių ir plėšriųjų žuvų audiniuose pateikti 2 lentelėje.

Didžiausi Pb kiekiai buvo aptikti 1-os stoties bentofaginių (0,725 mg/kg ž. m.) ir plėšriųjų (0,718 mg/kg ž. m.) žuvų raumenyse bei 0-ės stoties bentofaginių (0,695 mg/kg ž. m.) žuvų raumenyse. Mažiausios Pb koncentracijos nustatytos 6-os stoties bentofaginių žuvų kūno audiniuose.

Visais atvejais (išskyrus vieną – 6-os stoties bentofaginių žuvų žiaunose) švinas viršijo didžiausią leidžiamąją koncentraciją (DLK) žuvyse ir žuvies produktuose (0,2 mg Pb/kg ž. m.). Pb kiekis raumenyse vidutiniškai 2,5 karto viršijo DLK, o žiaunose ir kepenyse nustatytas kiekis 1,7 karto viršijo DLK.

Cinkas nustatytas absoliučiai visuose žuvų audiniuose ir svyravo nuo 92,758 iki 5,984 mg/kg ž. m. (5, 6 pav.).

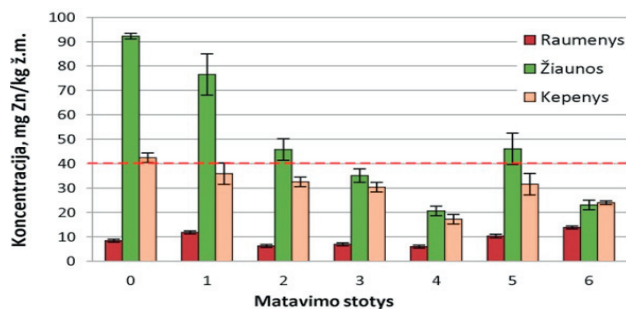
Didžiausias Zn kiekis nustatytas žuvų žiaunose ir svyravo nuo 92,758 iki 15,661 mg/kg ž. m., o mažiausias Zn kiekis nustatytas žuvų raumenyse ir svyravo nuo 13,882 iki 5,984 mg/kg ž. m. Cinkas bentofaginių ir plėšriųjų žuvų audiniuose kaupėsi tokia tvarka: žiaunos > kepenys > raumenys.



5 pav. Cinko kiekis bentofaginių žuvų kūno audiniuose, mg/kg žalios masės (vidurkis ± standartinė paklaida)

Fig. 5. Accumulation of zinc in bentophagous fish body tissues mg/kg of raw mass (mean±standard error)

## Plėšrios (Zn)



6 pav. Cinko kiekis plėšriųjų žuvų kūno audiniuose, mg/kg žalios masės (vidurkis ± standartinė paklaida)

Fig. 6. Accumulation of zinc in predatory fish body tissues mg/kg of raw mass (mean±standard error)

Nustatyti vidutiniai Zn kiekiai bentofaginių ir plėšriųjų žuvų audiniuose pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė. Vidutiniai Zn kiekiai (mg/kg ž. m.) bentofaginių ir plėšriųjų žuvų audiniuose (vidurkis ± standartinė paklaida)

Table 3. Mean values of zinc in bentophagous and predatory fish body tissues mg/kg of raw mass (mean±standard error)

Ekologinė grupė	Zn kiekiai mg/kg žalios masės (M ± SE)		
	Raumenys	Žiaunos	Kepenys
Bentofagai	8,356±0,624	54,115±10,582	25,635±3,428
Plėšrūnai	9,091±1,142	41,183±8,335	27,100±2,898

Didžiausias Zn kiekis nustatytas 1-os stoties bentofaginių žuvų žiaunose (92,758 mg/kg ž. m.) ir 0-ės stoties plėšriųjų žuvų žiaunose (92,192 mg/kg ž. m.), ši vertė vidutiniškai 2,3 karto viršijo didžiausią leidžiamąją koncentraciją (DLK) žuvyse ir žuvies produktuose (40 mg Zn/kg ž. m.). Mažiausias Zn kiekis nustatytas 4-os stoties bentofaginių ir plėšriųjų žuvų raumenyse (6,062±0,08 mg/kg ž. m.).

Tyrimo rezultatai parodė, kad Kairių sąvartynas veikia šalia esančias hidroekosistemas, nes Pb ir Zn koncentracijos bentofaginių ir plėšriųjų žuvų, gyvenančių stotyse greta sąvartyno, audiniuose buvo didžiausios, o labiausiai nutolusiose nuo taršos šaltinio stotyse mažiausios.

Siekiant nustatyti sąryšį tarp sunkiųjų metalų kiekio žuvų audiniuose ir biotinių faktorių (morfometrinių parametrų, amžius, LŽI/LŽIE) bei atstumo iki taršos šaltinio (Kairių sąvartyno), atlikta koreliacinė analizė. Švino ir cinko kiekio bentofaginių ir plėšriųjų žuvų kūno audiniuose ryšys (koreliacijos koeficientas *r*) su biotiniais faktoriais ir atstumu iki Kairių sąvartyno nustatytas apskaičiuojant Pirono koreliacijos koeficientą (4 lentelė).

Nustatytas statistiškai patikimas, neigiamas, stiprus ryšys tarp švino koncentracijos bentofaginių žuvų raumenyse bei žiaunose ir atstumo iki Kairių sąvartyno. Taip pat nustatytas vidutinio stiprumo ryšys tarp Pb koncentracijos

4 lentelė. Švino ir cinko kiekio (mg/kg ž. m.) bentofaginių (saulažuvių, kuojų, lynų, strepečių, aukšlių) ir plėšriųjų (lydekų ir ešerių) žuvų kūno audiniuose ryšys (Pirsono koreliacijos koeficientas  $r$ ) su biotiniais faktoriais ir atstumu iki Kairių sąvartyno

Table 4. Correlation analysis (Pearson  $r$ ) between lead and zinc concentrations (mg/kg of raw mass) in bentophagous (belica, roach, tench, dace, bleak) and predatory (pike and perch) fish body tissues and biotic factors and the distance to the Kairiai landfill

Žuvų ekologinis tipas	Kūno audinys	Parametrai						
		Bendras ilgis, cm	Standartinis ilgis, cm	Bendras svoris, g	Svoris be vidurių, g	Vidutinis žuvų amžius, metais	LŽI/LŽIE	Atstumas iki sąvartyno, m
Švinas								
Bentofagai	R	-0,03	-0,03	0,12	0,32	-0,02	-0,26	-0,86*
	Ž	0,02	0,02	0,10	0,09	-0,01	-0,39	-0,83*
	K	-0,20	-0,20	-0,17	-0,17	-0,22	-0,60	-0,46
Plėšrūnai	R	-0,26	-0,25	-0,55	-0,55	-0,41	-0,63	-0,65
	Ž	-0,51	-0,51	-0,66	-0,66	-0,59	-0,90*	-0,40
	K	-0,11	-0,11	-0,36	-0,36	-0,22	0,62	-0,67
Cinkas								
Bentofagai	R	-0,39	-0,39	-0,42	-0,66	-0,47	-0,49	0,23
	Ž	0,19	0,18	0,22	0,22	0,15	-0,27	-0,88*
	K	0,67	0,66	0,71	0,70	0,55	0,31	-0,81
Plėšrūnai	R	-0,87*	-0,87*	-0,70	-0,71	-0,72*	-0,57	0,57
	Ž	-0,07	-0,07	-0,42	-0,42	-0,40	-0,74*	-0,71
	K	-0,11	-0,11	-0,41	-0,42	-0,42	-0,61	-0,62

Pastaba: Ž – žiaunos, K – kepenys, R – raumenys; žvaigždutės (\*) žymi patikimus  $r$  skirtumus ( $p \leq 0,05$ ).

bentofaginių žuvų kepenyse ir Lietuvos žuvų indekso (LŽI/LŽIE), kuris rodo hidroekosistemų ekologinę būklę.

Nustatytas labai stiprus, reikšmingas ryšys tarp Pb koncentracijos plėšriųjų žuvų žiaunose ir LŽI. Taip pat nustatytas vidutinio stiprumo ryšys tarp Pb koncentracijos plėšriųjų žuvų raumenyse bei kepenyse ir atstumo iki sąvartyno.

Švino koncentracijos priklausomybės plėšriųjų ir bentofaginių žuvų kūno audiniuose nuo morfometrinių parametrų ir amžiaus nebuvo statistiškai reikšmingos.

Nustatytas statistiškai patikimas, neigiamas, stiprus ryšys tarp cinko koncentracijos bentofaginių žuvų žiaunose ir atstumo iki sąvartyno. Taip pat nustatytas stiprus ir vidutinis ryšys tarp Zn koncentracijos bentofaginių žuvų kepenyse ir bendro kūno ilgio, standartinio ilgio, bendro kūno svorio, svorio be vidaus organų, atstumo iki sąvartyno.

Plėšriųjų žuvų raumenyse nustatytas švino kiekis statistiškai patikimai koreliavo su vidutiniu žuvų amžiumi, bendru ir standartiniu kūno ilgiu. Taip pat nustatytas statistiškai reikšmingas ryšys tarp Zn koncentracijos plėšriųjų žuvų žiaunose ir LŽI.

Koreliacinė analizė parodė, kad nustatytos sunkiųjų metalų koncentracijos bentofaginių ir plėšriųjų žuvų audiniuose tam tikrais atvejais patikimai koreliavo su atstumu iki sąvartyno.

## Išvados

1. Tirtų žuvų audiniuose Pb koncentracijos svyravo nuo 0,725 iki 0,173 mg/kg ž. m., o Zn nuo 92,758 iki 6,931 mg/kg ž. m.

- Švinas ir cinkas tendencingai kaupiasi tiek bentofaginių, tiek plėšriųjų žuvų audiniuose. Pb akumuliuojasi žuvų audiniuose tokia seka: raumenys > žiaunos > kepenys, o Zn žuvų audiniuose akumuliuojasi tokia tvarka: žiaunos > kepenys > raumenys.
- Švino ir cinko koncentracijos bentofaginių ir plėšriųjų žuvų, gyvenančių stotyse greta sąvartyno (0 st. ir 1 st.), audiniuose buvo didžiausios, o labiausiai nutolusiose nuo taršos šaltinio stotyse (4 st. ir 6 st.) – mažiausios.
- Žuvų kūno audiniuose nustatytas Pb kiekis visais atvejais viršijo didžiausią leidžiamąją koncentraciją (DLK) žuvyse ir žuvies produktuose, didžiausias viršijimas nustatytas raumenyse (2,5 karto), žiaunose ir kepenyse – mažesnis (1,7 karto), o Zn koncentracija viršijo DLK tik žiaunose (1,2 karto).
- Įvertinus SM kiekio (mg/kg ž. m.) bentofaginių ir plėšriųjų žuvų kūno audiniuose ryšius su biotiniais faktoriais ir atstumu iki taršos šaltinio, nustatyta, kad Kairių sąvartynas veikia greta esančias hidroekosistemas.

## Literatūra

- Aziz, H. A.; Hin, L. T.; Adlan, M. N.; Zahari, M. S.; Alias, S.; Abufoul, A. A.M.; Selamat, M. R. Bashir, M. J. K.; Yusoff, M. S.; Umar, M. 2011. Removal of high-strength colour from semi-aerobic stabilized landfill leachate via adsorption on limestone and activated carbon mixture, *Research Journal of Chemical Sciences* 1(6): 1–7.
- Bury, N. R.; Walker, P. A.; Glover, C. N. 2003. Nutritive metal uptake in teleost fish, *The Journal of Experimental Biology* 206: 11–23. <http://dx.doi.org/10.1242/jeb.00068>

- Čepanko, V.; Idzelis, R. L.; Kesminas, V.; Ladygienė, R. 2006. Radiological investigation of roach and perch from some lakes in Lithuania, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 14(4): 199–205.
- Česonienė, L.; Taučikienė, R. 2014. Panevėžio regioninio nepavojingų atliekų sąvartyno filtrato kokybės tyrimai, kokybės tyrimai, *Žmogaus ir gamtos sauga* 3: 100–103.
- Gelažienė, L.; Kaunelienė, V. 2002. Sunkiųjų metalų migracija į karklų žilvičių (*Salix viminalis*), naudojamų sąvartyno filtrato valymui, audinius, *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba* 2(20): 49–56.
- Goyer, R. A.; Cherian, M. G. 1995. Toxicology of cadmium, *Toxicology of Metals: Biochemical Aspects* 115: 189–213.
- Has-Schon, E.; Bogut, I.; Strelec, I. 2006. Heavy metal profile in five fish species included in human diet, domiciled in the end flow of river Neretva (Croatia), *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 50: 545–51. <http://dx.doi.org/10.1007/s00244-005-0047-2>
- HN 54:2001. Maisto produktai. Didžiausios leidžiamos teršalų ir pesticidų koncentracijos, *Valstybės žinios* 2002-04-04, Nr. 34-1269.
- Kačinskaja, I.; Bazienė, K.; Vasarevičius, S. 2013. Kokybiniai sąvartyno filtrato tyrimai ir vertinimas, *Environmental protection Engineering* 5(4): 356–326. <http://dx.doi.org/10.3846/mla.2013.57>
- Kairių sąvartynas, Šiauliai* [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2015 m. kovo 27 d.]. Prieiga per internetą: <http://edem.siauliai.lt/lit/Kairiu-savartynas/634>
- LST ISO 11047:2004. Dirvožemio kokybė. Kadmio, chromo, kobalto, vario, švino, mangano, nikelio ir cinko nustatymas ekstrahuojant dirvožemį karališkuoju vandeniu. Liepsnos ir elektroterminės atominės absorbcijos spektrometriniai metodai (tpt ISO 11047:1998). 18 p.
- Montvydienė, D.; Marčiulionienė, D.; Kazlauskienė, N.; Svecevičius, G.; Jefanova, O.; Žukauskaitė, Z. 2014. Impact of closed Kairiai landfill on the Ginkūnai Pond, in *The 9<sup>th</sup> International Conference „Environmental Engineering“*, 22–23 May 2014, Vilnius, Lietuva.
- Obodo, G. A. 2004. The bioaccumulation of heavy metals in fish from Anambra River, *Journal of Chemical Society of Nigeria* 29(1): 60–62.
- Raisi, S. A. H.; Sulaiman, H.; Suliman, F. E.; Abdallah, O. 2014. Assessment of heavy metals in leachate of an unlined landfill in the Sultanate of Oman, *International Journal of Environmental Science and Development* 5(1): 60–63.
- Staponkus, R.; Kesminas, V.; Kazlauskienė, N.; Svecevičius, G.; Kaunelienė, D. 2014. Ecological status of fish community in Kairiai landfill test-ecosystem, in *The 9<sup>th</sup> International Conference „Environmental Engineering“*, 22–23 May 2014, Vilnius, Lietuva. <http://dx.doi.org/10.3846/enviro.2014.097>
- Šiaulių regiono atliekų tvarkymo centras. Kairių sąvartyno uždarymas* [interaktyvus], 2013 [žiūrėta 2013 m. gruodžio 7 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.sratc.lt/index.php?page=kairiu-savartyno-uzdarymas>
- Tatsi, A. A.; Zouboulis, A. I.; Matis, K.A.; Samaras, P. 2003. Coagulation-flocculation pretreatment of sanitary landfill leachates, *Chemosphere* 53: 737–744.
- Teirumnieka, E.; Teirumnieks, E.; Augule, S.; Matisovs, I. 2013. Municipal solid waste leachate treatment, in *The 9<sup>th</sup> International Scientific and Practical Conference „Environment Technology Resources“*, 20–22 June 2013, Ryga, 6 p.
- Tričys, V. 2002. Research of leachate, surface and ground water pollution near Šiauliai landfill, *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba* 19(1): 30–33.
- Valavanidis, A.; Vlahogianni, T.; Dassenakis, M.; Scoullou, M. 2006. Molecular biomarkers of oxidative stress in aquatic organisms in relation to toxic environmental pollutants, *Ecotoxicology and Environmental Safety* 64: 178–189. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2005.03.013>
- Vasarevičius, S.; Čegariova, J.; Sližytė, D. 2005. Investigation and evaluation of landfill leachate permeability in the soil, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 8(3): 108–115.

## BIOACCUMULATION OF LEAD AND ZINC IN FISHES FROM KAIRIAI LANDFILL AQUATIC ECOSYSTEMS

J. Pilecka, J. Bradulienė, D. Paliulis

### Summary

Heavy metals (HM) present in landfill leachate are the most dangerous pollutants, because they are stable, non-biodegradable and they can migrate from one biological system to another and accumulate in aquatic organisms. Fish are unique organisms capable to uptake and accumulate heavy metals. The aim of this study was to determine lead (Pb) and zinc (Zn) accumulation in body tissues of bentophagous and predatory fishes from Kairiai landfill regional aquatic ecosystem (Švedė Creek and Ginkūnai Pond). The amount of HM in fish organs was established by atomic absorption spectrophotometry. Investigated Pb concentrations in the tissues of fish ranged from 0.725 to 0.173 mg/kg of RM, and Zn concentrations ranged from 92.758 to 5,984 mg/kg of RM. Quantitatively Pb accumulates in the body tissues of bentophagous and predatory fishes by the following sequence: muscle>gills>liver, while Zn accumulates in the body tissues of fishes in this way: gills>liver>muscle. Most of Pb was detected in muscle of bentophagous and predatory fishes from 1 sampling station and muscle of bentophagous fish from 0 sampling station (an average 0.713 mg/kg of RM) and at least in gills of bentophagous fish from 6 sampling station (0.173 mg/kg of RM). Most of Zn was detected in gills of bentophagous fish from 1 sampling station and gills of predatory fish from 0 sampling station (an average 92.475 mg/kg of RM) and at least in muscle of bentophagous and predatory fishes from 4 sampling station. Detected Pb concentrations in muscle were 2.5 times higher than maximum allowable amounts (MAA) in fish and fish products while in gills and liver – 1.7 times higher. Detected Zn concentrations in gills were 1.2 times higher than MAA. Correlation analysis showed a statistically significant negative correlation between Pb and Zn concentration in the tissues of fish and distance to the landfill.

**Keywords:** lead, zinc, fish, landfill leachate, bioaccumulation, hydroecosystems.