

Marta MARCINKOWSKA*, Wojciech DOBICKI

BIOAKUMULACJA METALI CIĘŻKICH W TKANKACH RYB Z RZEKI BARYCZY

Zawartość metali ciężkich była analizowana u okoni (*Perca fluviatilis* L.) pochodzących z rzeki Baryczy odłowionych 2 listopada 2010 w okolicach Żmigrodu. Badaniom poddano tkankę mięśniową oraz organy: skrzela (łuki skrzelowe), wątroby, śledziony, przewody pokarmowe i gonady pobrane od 32 okoni w wieku od 2+ do 3+. Oznaczenia zawartości trzech metali ciężkich: miedzi, cynku i niklu wykonano metodą spektroskopii absorpcji atomowej za pomocą aparatu Varian SpectrAA FS220. Wyniki pozwoliły stwierdzić iż okonie z rzeki Baryczy i ich tkanki nie wykazują podwyższonych zawartości dla poszczególnych metali. Potwierdzono większe wchłanianie miedzi przez wątrobę, a najmniejsze przez mięśnie co jest korzystne pod względem wykorzystania tych ryb do celów konsumpcyjnych. Mięśnie były też tkanką o najmniejszej zawartości cynku i miedzi. Śledziona była odpowiedzialna za dużą kumulację miedzi i niklu, a małą dla cynku.

1. BIOAKUMULACJA METALI CIĘŻKICH W TKANKACH RYB Z RZEKI BARYCZY

1.1. WPROWADZENIE

Dolina Baryczy pod wieloma względami stanowi region unikatowy. Jej obszar należy do Natury 2000 (od Żmigrodu na zachodzie do okolic Przygodzic na wschodzie). Jest ostoją ptasią o randze europejskiej, a także obszarem wpisanym na listę obszarów Konwencji Ramsar. Barycz zasila pięć małych i pięć dużych kompleksów stawów rybnych (w sumie 130 stawów) wraz z otaczającymi łąkami, gruntami ornymi, mokradłami i lasami [22].

Zawartość metali ciężkich w tkankach ryb jest efektem ich pobrania w trakcie życia ryby w dwojaki sposób: jako kumulacja z otaczającego środowiska (wody) oraz

* Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. C.K. Norwida 25/27, 50-375 Wrocław

poprzez przyjęcie metali wraz z pokarmem. W warunkach naturalnych obie drogi wnikania metali zachodzą równocześnie, a końcowy efekt w postaci stężenia pierwiastka w tkance jest funkcją ilości przyjętego metalu, współczynnika wchłaniania dla danej tkanki i tempa procesów eliminacji metali z organizmu. Bioakumulacja u różnych gatunków ryb zachodzi ze swoistą intensywnością, a także zmienia się w trakcie życia ryby. Mniejsze i młodsze ryby akumulują więcej metali niż większe i starsze z powodu szybszego wzrostu i metabolizmu [10].

Ryby drapieżne będące na szczycie piramidy troficznej czasami kumulują duże ilości metali ciężkich co może stwarzać poważne zagrożenie dla ludzi jako konsumentów. Z tego powodu mogą być biowsaźnikami jakości wód.

Bioakumulacja metali ciężkich w różnych tkankach ryb zależy od wielu czynników [1, 5, 17].

Celem badań było określenie zawartości wybranych metali ciężkich (Cu, Ni, Zn) w poszczególnych tkankach (skrzela, gonady, wątroby, przewody pokarmowe (żołądek plus jelito), śledziony, mięśnie) u okoni z rzeki Baryczy.

1.2. MATERIAŁ I METODY

Zawartość metali ciężkich była analizowana u okoni (*Perca fluviatilis* L.) pochodzących z rzeki Baryczy odłowionych 2 listopada 2010 w okolicach Żmigrodu. Po odłowieniu okonie zostały zważone (g), zmierzone [długość całkowita- Lt (mm)] i pobrano od nich łuski. Wiek ryb ustalono metodą odczytów wstecznych [9]. Badaniom poddano tkankę mięśniową oraz organy: skrzela (łuki skrzelowe), wątroby, śledziony, przewody pokarmowe i gonady pobrane od 32 okoni w wieku od 2+ do 3+. Mięsień pobrano z części grzbietowej i usunięto z niego skórę. Tkanki po wypreparowaniu płukano w wodzie destylowanej, osuszano. Usunięto treść z przewodu pokarmowego. Próbki mineralizowano techniką mikrofalowego roztwarzania „na mokro” z kwasem azotowym (65% HNO₃) w wysokociśnieniowym, zamkniętym piecu mikrofalowym MARS-5 firmy CEM (USA). Oznaczenia zawartości trzech metali ciężkich: miedzi, cynku i niklu wykonano metodą spektroskopii absorpcji atomowej za pomocą aparatu Varian SpectrAA FS220.

Dokładność analizy weryfikowano przy pomocy certyfikowanego materiału odniesienia DOLT-2 (wątroba rybia) i DORM-2 (mięśnie ryby)- National Research Council of Canada Institute for National Measurement. Wartości certyfikowane dla wykorzystanych materiałów referencyjnych wynosiły: Cr 0,370 ± 0,08; Zn 85,8 ± 2,5; Pb 0,22 ± 0,02; Cd 20,8 ± 0,5; Cu 25,8 ± 1,1. Natomiast wartości oznaczone wynosiły: Cr 0,369 ± 0,07; Zn 85,60 ± 2,19; Pb 0,21 ± 0,06; Cd 20,47 ± 0,37; Cu 25,76 ± 0,98 (6 powtórzeń dla naważek 0,9 g). Precyzja metody rozumiana jako stopień zgodności wyników wielokrotnych analiz tej samej próbki wynosiła do 5 %.

Wyniki podano w przeliczeniu na mg·kg w mokrej masie. Ogólnie przebadano 192 próbki tkanek i uzyskano 576 wyników. Wyniki poddano analizie i podano w formie

średnich, odchyłeń standardowych, wartości minimalnych i maksymalnych policzonych za pomocą programu Excel. Do analizy statystycznej wykorzystano Statistica 10.0 – analiza wariancji jednoczynnikowej dla różnic w kumulowaniu metali w tkankach oraz testu U Manna-Whitneya dla wykazania różnic w kumulowaniu w zależności od płci.

1.3. WYNIKI

Organami, które zakumulowały w sumie najwięcej badanych metali były gonady i wątroby (odpowiednio średnio 27,78 mg·kg i 25,83 mg·kg), a w dalszej kolejności przewody pokarmowe (średnio 23,44 mg·kg), skrzela (średnio 22,62 mg·kg), śledziony (14,29 mg·kg) i mięśnie (7,04 mg·kg) Wyniki oznaczeń trzech metali w organach badanych okoni zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Stężenia metali ciężkich w organach 32 okoni z rzeki Baryczy [mg*kg m.m.]

		32 OKONIE			
		średnia	SD	min	max
Cu	skrzela	1,15	0,46	2,71	0,79
	wątroba	2,60	0,47	3,43	1,74
	gonady	1,52	1,37	6,60	0,76
	mięśnie	0,79	0,17	1,16	0,63
	przewód pokarmowy	0,99	0,17	1,36	0,76
	śledziony	2,31	0,66	3,09	1,28
Ni	skrzela	0,88	0,52	0,30	2,04
	wątroba	1,66	0,58	1,04	3,09
	gonady	1,35	1,15	0,59	5,47
	mięśnie	1,06	0,22	0,74	1,67
	przewód pokarmowy	0,33	0,23	0,02	0,76
	śledziony	2,86	1,17	1,17	4,42
Zn	skrzela	20,60	3,21	15,77	29,25
	wątroba	21,57	2,47	17,03	26,90
	gonady	24,91	23,06	7,81	107,83
	mięśnie	5,20	0,63	4,08	6,11
	przewód pokarmowy	22,12	2,02	17,85	26,97
	śledziony	9,12	2,39	5,32	12,98

Tabela 2. Stężenia metali ciężkich w organach 32 okoni z rzeki Baryczy [mg•kg m.m.] z podziałem na samce i samice

		SAMCE				SAMICE			
		średnia	SD	min	max	średnia	SD	min	max
Cu	skrzela	1,32	0,70	0,79	2,71	1,05	0,16	0,82	1,37
	wątroba	3,01	0,46	2,26	3,43	2,35	0,27	1,74	2,67
	gonady	0,91	0,26	0,76	1,47	1,88	1,62	1,11	6,60
	mięśnie	0,78	0,16	0,65	1,11	0,79	0,18	0,63	1,16
	przewód pokarmowy	1,04	0,20	0,76	1,36	0,96	0,15	0,81	1,27
	śledziona	-	-	-	-	-	-	-	-
Ni	skrzela	0,94	0,70	0,30	2,04	0,84	0,40	0,44	1,70
	wątroba	1,89	0,72	1,04	3,09	1,52	0,42	1,22	2,68
	gonady	0,87	0,26	0,59	1,41	1,55	1,38	0,80	5,47
	mięśnie	1,16	0,28	0,82	1,67	1,00	0,16	0,74	1,26
	przewód pokarmowy	0,45	0,21	0,02	0,68	0,26	0,22	0,02	0,76
	śledziona	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	skrzela	22,09	3,43	19,19	29,25	19,70	2,78	15,77	24,66
	wątroba	23,60	2,28	20,43	26,90	20,36	1,67	17,03	23,48
	gonady	9,48	1,01	7,81	10,93	34,17	25,03	22,05	107,83
	mięśnie	5,23	0,70	4,28	6,08	5,18	0,61	4,08	6,11
	przewód pokarmowy	21,56	1,61	19,88	24,00	22,45	2,20	17,85	26,97
	śledziona	-	-	-	-	-	-	-	-

* brak danych ze względu na małe śledziony. Mineralizacja śledzion od trzech osobników wchodząca w skład jednej próbki

Tabela 3. Wykazane różnice statystyczne w kumulowaniu metali w tkankach w zależności od płci

	miedź	nikiel	cynk
skrzela	-	-	+
wątroba	++	-	++
gonady	++	+	++
mięśnie	-	-	-
przewód pokarmowy	-	+	-

- brak różnic statystycznych

+ istotne różnice statystyczne

++ wysoko istotne różnice statystyczne

Wątroba, gonady i skrzela kumulowały metale w następującej kolejności:

Zn > Cu > Ni

Śledziona i mięśnie kumulowały metale ciężkie w kolejności:

Zn > Ni > Cu

Przewód pokarmowy posiadał odmienną kolejność kumulacji metali ciężkich:

Zn > Cu > Ni

MIEDŹ (CU)

Stwierdzono większą kumulację miedzi w wątrobach i śledzionach niż w gonadach, skrzelach, mięśniach i przewodach pokarmowych (różnice wysoko istotne w teście Dukana). Jednocześnie stwierdzono istotne różnice w kumulacji miedzi między wątrobą, a śledzioną. Największa zawartość miedzi w wątrobie wynika z roli detoksykacyjnej jaką pełni w organizmie. Gonady kumulowały więcej miedzi niż mięśnie i przewody pokarmowe (różnice wysoko istotne). Mięśnie i przewody pokarmowe kumulowały zbliżone i najniższe ilości Cu (brak istotnych różnic w teście Duncana). Rysunek 1 przedstawia zawartości miedzi dla poszczególnych tkanek.

NIKEL (NI)

Największe zawartości niklu stwierdzono w śledzionach. Są to różnice wysoko istotne w porównaniu do pozostałych tkanek. Przewody pokarmowe zawierały wysoko istotnie mniejsze zawartości niklu w porównaniu ze śledzioną, mięśniami, gonadami, wątrobą, a istotne w porównaniu ze skrzelami. Wątroba skumulowała istotnie więcej niklu niż mięśnie. Skrzela zawierały wysoko istotnie mniejsze ilości Ni niż wątroba a istotne niż gonady. Rysunek 2 przedstawia zawartości niklu w poszczególnych tkankach ryb.

CYNK (ZN)

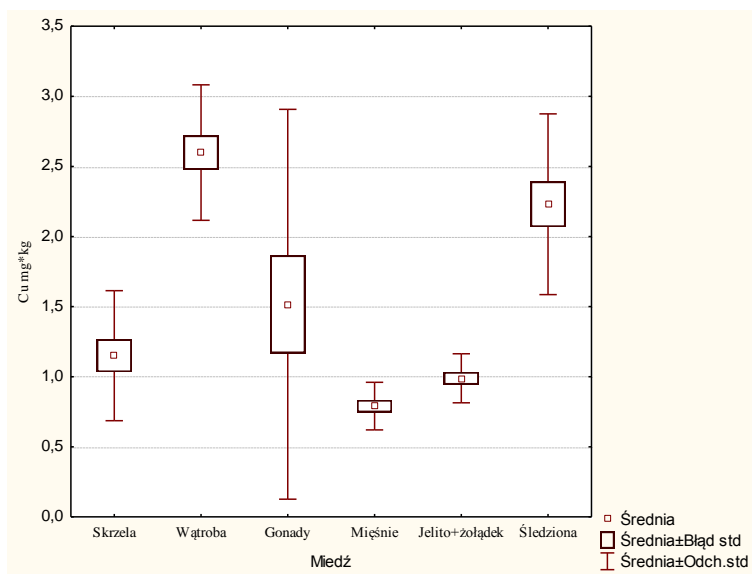
Mięśnie i śledziona skumulowały wysoce istotnie mniejsze zawartości cynku w porównaniu do skrzeli, wątrób, gonad i przewodów pokarmowych. Jednocześnie stwierdzono brak różnic w kumulacji cynku dla skrzeli, wątrób, gonad i przewodów pokarmowych. Rysunek 3 przedstawia zawartości cynku w poszczególnych tkankach ryb.

2. DYSKUSJA

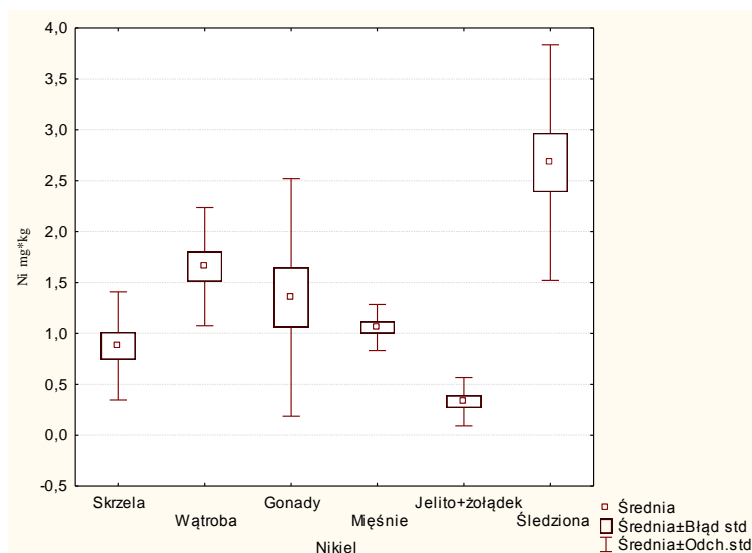
Jak podaje Kabata-Pendias [11] wątroba gromadzi największe ilości miedzi, a najmniejsze jej zawartości stwierdza się w mięśniach. W rybach rzek zanieczyszczonych stwierdza się zawartości niklu na poziomie przewyższającym 10 ppm świeżej masy. Obecność niklu w organach mięsnych obniża poziom cynku. Cynk znajduje się w różnych tkankach organizmów zwierzęcych na poziomie 10-200 ppm.

Okonie z rzeki Baryczy poddane badaniom posiadały podobne zawartości miedzi w skrzelach i mięśniach, a także cynku w mięśniach i wątrobie w porównaniu do karpia

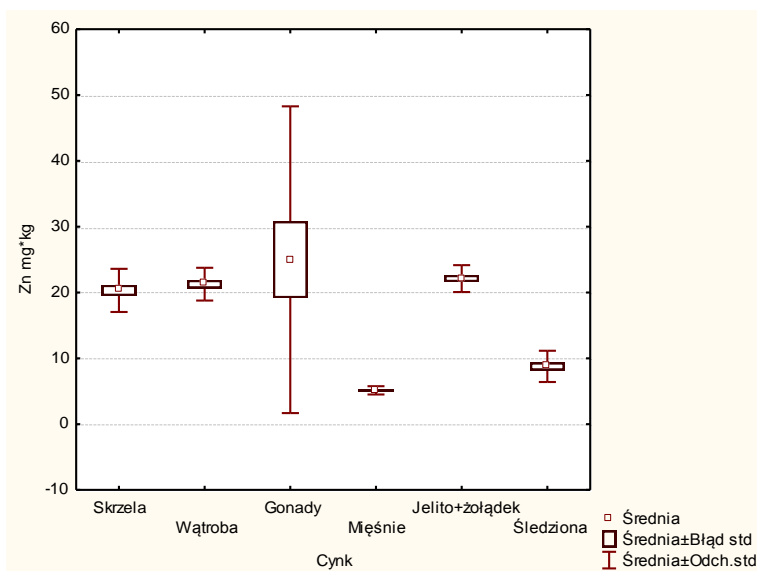
ze stawów w dolinie Baryczy [7]. Karpie ze stawów z tego samego rejonu posiadały jednak mniej miedzi w wątrobie i więcej cynku w skrzelach. Ryby konsumpcyjne z Dolnego Śląska (w tym okonie) posiadają podobne zawartości cynku i miedzi w mięśniach oraz cynku w wątrobie. Skrzela tych ryb kumulują więcej cynku, a mniej miedzi, a wątroba posiada mniejsze zawartości miedzi [20].



Rys.1. Zawartości miedzi w tkankach pobranych od okoni (mg·kg)



Rys.2: Zawartości niklu w tkankach pobranych od okoni (mg·kg)



Rys. 3. Zawartość cynku w tkankach pobranych od okoni (mg·kg)

Jak podaje Protasowicki i inni [16] okonie z górnego biegu Odry w rejonie Wrocławia posiadają więcej miedzi w mięśniach i skrzelach, a znacznie wyższe w wątrobie. Stwierdzono również znacznie wyższe zawartości cynku w ww tkankach. Okonie z dolnego biegu Odry posiadają natomiast mniej miedzi w wątrobie i skrzelach.

Okonie i sandacze z jeziora Wojnowskiego charakteryzują się mniejszymi zawartościami miedzi w mięśniach i skrzelach, a większymi w wątrobie. Niklu natomiast jest więcej w skrzelach, a mniej w mięśniach i wątrobie u tych ryb. Sandacze posiadają więcej cynku w skrzelach, mięśniach i wątrobie [6, 13].

Polechoński i inni [14] podają podobne zawartości miedzi w tkankach okoni (wątroba, skrzela, mięśnie), ale mniejsze cynku w wątrobie i skrzelach, a większe w mięśniach.

Prace badawcze potwierdzają, że mięśnie kumulują mniejsze ilości miedzi i cynku niż inne tkanki [19,8,3].

Okonie przebadane przez Staniskienė B. i in. [18] na Litwie posiadają większe zawartości cynku i niklu w mięśniach, wątrobie, skrzelach i jelicie. Mniejsze zawartości stwierdzono tutaj dla miedzi w mięśniach i wątrobie, a podobne dla zawartości w skrzelach i jelicach.

Okonie z Baryczy posiadają mniejsze zawartości miedzi, niklu i cynku w mięśniach i skrzelach w porównaniu z okoniami ze zbiorników śródlądowych badanych przez Klavins M. i in. na Łotwie [12]. Zauważono tu podobne zawartości w.w. metali w wątrobie.

Berninger K. i Pennanen J. [2] badający okonie w jeziorach Finlandii stwierdzili większe zawartości cynku w mięśniach i wątrobie. Okonie ze zbiornika Novosibirsk i z okolic tamy na rzece Ob [15] posiadają mniejsze zawartości niklu w mięśniach, a podobne zawartości miedzi i cynku w tej tkance.

Okonie ze zbiorników z rejonu wydobycia żelaza [21] posiadają mniej niklu w wątrobie i mięśniach, ale więcej miedzi i cynku w tych tkankach. Podobne wartości stwierdzono dla miedzi w mięśniach.

3. WNIOSKI

1. Okonie z rzeki Baryczy i ich tkanki nie wykazują podwyższonych zawartości dla poszczególnych metali.
2. Potwierdzono większe wchłanianie miedzi przez wątrobę, a najmniejsze przez mięśnie, co jest korzystne pod względem konsumpcyjnym tych ryb.
3. Śledziona jest odpowiedzialna za dużą kumulację miedzi i niklu, a małą dla cynku.
4. Mięśnie są tkanką o najmniejszej zawartości cynku i miedzi.

LITERATURA

- [1] BADSHA K.S., GOLDSPIK C.R. (1982): *Preliminary observations on the heavy metal content of four species of freshwater fish in NW England*. I. Fish Biol., 21, 251-267.
- [2] BERNINGER K., PENNANEN J. (1994) Heavy metals in Perch (*Perca fluviatilis* L.) from two acidified lakes in the Salpausselka esker area in Finland. Water, Air, and Soil Pollution 81: 283-294
- [3] BERNINGER K., PENNANEN J. (1995): *Heavy metals in perch (Perca fluviatilis L.) from two acidified lakes in the Salpausselkä Esker area in Finland*. Water Air Soil Pollut, 82,283-294.
- [4] *Bioakumulacja metali ciężkich w organach karpia*. Zesz. Nauk. AR Wroc., Zoot. LI, 501, 57-61.
- [5] DOBICKI W. (1990): *Fish contamination with heavy metals in water-bearing area in Wrocław*. Zesz.Nauk. AR Wroc. Zoot., 32 (182): 127-135 (in Polish)
- [6] DOBICKI W., POLECHOŃSKI R. (2003): *Relationship between age and heavy metal bioaccumulation by tissues of four fish species inhabiting Wojnowskie Lakes*. Acta Scientiarum Polonorum Piscaria, 2(1), 27-44.
- [7] DOBICKI W., POLECHOŃSKI R., KOWALSKA-GÓRALSKA M., POKORNY P. (2004):
- [8] FALANDYSZ J. (1992): *Metal content in the muscular tissue and liver of perch Perca fluviatilis from the Gdańsk Bay*. Bromat. Chem. Toksykol., 25(4), 333-335 (in Polish)
- [9] HEESE T. (1992) *Optymalizacja metody określania tempa wzrostu ryb za pomocą odczytów wstecznych*. Monografia Wydziału Inżynierii Łodowej i Sanitarnej nr 42, Koszalin
- [10] JEZIERSKA B., WITESKA M. (2001): *Metal toxicity to fish*. Univ. of Podlasie, Monografie 42. Wyd. Akad. Podlaskiej Siedlce
- [11] KABATA-PENDIAS

- [12] KŁAWINS M., POTAPOVICS O., RODINOV V. (2008) *Heavy Metals in Fish from lakes in Latvia: Concentrations and Trends of Changes*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology
- [13] POLECHOŃSKI R., DOBICKI W. (2001): *Accumulation of heavy metals (Pb, Hg, Cd, Cr, Ni, Cu, Zn) In fish tissues of predominant species in ichtiofauna from Wojnowskie Lakes*. Pol.Jurnal. of Environmental Studies, vol.11, Supplement I- ECO- MED, 5-9
- [14] POLECHOŃSKI R., SZULKOWSKA-WOJACZEK E., DOBICKI W., KOWALSKA-GÓRALSKA M., POKORNY P., SENZE M. (2006): *Bioaccumulation of zinc and copper in hydrobiont of Slawa lake*. Chemistry for Agriculture, vol. 7, 571-575.
- [15] POPOV P.A., VIZER A.M., ANDROSOVA N.V (2012) *Metal content in muscular tissue of commercially important fish from Novosibirsk Reservoir and near dam on Ob' river*. Contemporary Problems of Ecology, Vol. 5, No. 4, 352-355.
- [16] PROTASOWICKI M., CIERESZKO W., PERKOWSKA A., CIEMNIAK A., BOCHENEK I., BRUCKA-JASTRZĘBSKA E., BIACHUTA J. (2007): *Metale ciężkie i chlorowane węglowodory w niektórych gatunkach ryb z rzeki Odry*. Rocznik Ochrony Środowiska, Tom 9, 95 – 105.
- [17] RADWAN S., KOWALIK W., KORNIJÓW R. (1990): *Accumulation of heavy metals in a lake ecosystem*. Sci. Total Environ., 96, 121-129.
- [18] STANISKIENE B., MATUSEVICIUS P., BUDRECKIENE R., SKIBNIEWSKA K.A. (2006) *Distribution of heavy metals in tissues of freshwater fish in Lithuania*. Polish J. of Environ. Stud. Vol. 15, No. 4 (2006), 585-591
- [19] SZULKOWSKA-WOJACZEK E., MAREK J., DOBICKI W., POLECHOŃSKI R. (1992): *Heavy metals in pond environment*. Zesz. Nauk. AR Wroc. Zoot. XXXVII, 218, 7-25 (in Polish)
- [20] SZULKOWSKA-WOJACZEK E., POLECHOŃSKI R., DOBICKI W. (2006): *Metale ciężkie w rybach konsumpcyjnych z Dolnego Śląska*. Mat. Konferencyjne „Promocja hodowli ryb słodkowodnych w południowej Polsce”.
- [21] TKATCHEVA V., HOLOPAINEN I.J., HYVARINEN H. (2000), *Heavy metals in Perch (Perca fluviatilis) from the Kostomuksha region (North-western Karelia, Russia)* Boreal Environment research 5, 209-220.
- [22] www.obszary.natura2000.pl

BIOACCUMULATION OF HEAVY METALS IN TISSUES OF FISH FROM THE RIVER BARYCZ

Concentration of heavy metals was analyzed in perch from the Barycz river caught on the 2nd of November 2010 near Żmigród. The analysis was conducted using muscle tissue and the following organs: gills (gill arch), livers, spleen, intestine duct and reproduction organs taken from 32 fish between 2+ and 3+ years old. Concentration of three heavy metals such as copper, zinc and nickel was performed using atomic absorption spectrometry and Varian SpectrAA FS220 equipment. Obtained results indicate that perch from the Barycz river and their tissues do not reveal elevated level of individual metals. Higher intake of copper in the liver and the lowest muscles intake was showed. It proves beneficial when using these fish in consumption. Muscles were also the tissue with the lowest content of copper and zinc. Spleen was responsible for high cummulation of copper and nickel and low for zinc.