

ZAWARTOŚĆ METALI CIĘŻKICH
W MIĘSIE I WĄTROBIE NIEKTÓRYCH GATUNKÓW RYB
Z ANTROPOGENICZNEGO ZBIORNIKA
DZIERŻNO DUŻE (WOJ. ŚLĄSKIE)

MACIEJ KOSTECKI

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze

Keywords: fish, antropopresion, heavy metals.

HEAVY METALS IN FLESH AND LIVER
OF SOME FISH SPECIES
IN DZIERŻNO DUŻE DAM-RESERVOIR (UPPER SILESIA)

In 1999 research on the range of pollution of fishes in antropogenic water ecosystem was carried out. These are the first results of investigation on heavy metals in fishes of this part of Upper Silesia region, especially in the dam-reservoir of the Kłodnica river. Concentration of Pb, Cd, Cu, Ni, Zn, Cr, Mn, in flesh and liver of some species of fish (*Rutilus rutilus*, *Tinca tinca*, *Cyprinus carpio*, *Esox lucius*, *Perca fluviatilis*) in antropogenic ecosystem of water is given. The Dzierżno Duże dam-reservoir is artificial reservoir on the Kłodnica river, which flows through the Silesia region, the most industrialized region in Poland. The Coal-mine waters and other industrial pollution were collected in the sediments in this lake for years. The range of heavy metals concentration is higher than established standards for fish-food. The investigations will be continued.

Streszczenie

W 1999 roku podjęto próbę określenia stopnia skażenia ichtiofauny antropogenicznego zbiornika Dzierżno Duże (woj. śląskie). Przeprowadzone badania są pierwszymi tego typu w tej części Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Zbiornik Dzierżno Duże jest zasilany wodą zanieczyszczoną rzeki Kłodnicy. Konsekwencją tego są podwyższone stężenia metali ciężkich w osadach dennych, a także w fito- i zooplanktonie. Przeprowadzone badania wykazały wstępnie, że w wyniku wieloletniego zanieczyszczania zbiornika zawartość metali ciężkich (Pb, Cd, Cu, Ni, Zn, Cr, Mn) w biomacie ryb przekracza stężenia dopuszczalne dla produktów spożywczych.

WPROWADZENIE

Antropogeniczne zbiorniki wodne na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (GOP) oraz położone wokół niego znajdują się pod wyjątkowo silnym, niekorzystnym wpływem przemysłu i rolnictwa, co powoduje, że zachodzące w nich zmiany przebiegają z nie spotykaną gdzie indziej dynamiką i intensywnością. Skierowanie do wyeksploatowanego wyrobiska kopalni piasku podszkockiego – często o znacznej wielkości powierzchni i głębokości – silnie zanieczyszczonych wód rzeki powoduje kształtowanie się nowych, specyficznych z punktu widzenia procesów samooczyszczania uwarunkowań środowiskowych.

Zwolnienie przepływu wody w rzece przez spiętrzenie jej wód budowlą hydrotechniczną i utworzenie w ten sposób zbiornika wodnego zmienia dotychczas panujące warunki hydrologiczne, czego konsekwencją jest zmiana warunków fizyczno-chemicznych kształtujących warunki bytowania organizmów roślinnych i zwierzęcych. W zbiorniku kształtuje się równowaga biologiczna będąca wypadkową warunków wynikających z morfologii i morfometrii zbiornika, składu hydrochemicznego wody zasilającej oraz rodzaju i ilości wnoszonych do zbiornika zanieczyszczeń [3, 4, 6].

Konsekwencje tych procesów dotyczą m.in. ichtiofauny, kształtującej się w tych zbiornikach samorzutnie na drodze sukcesji naturalnej oraz, w niektórych przypadkach, w wyniku gospodarki rybacko-wędkarskiej.

Zbiornik Dzierżno Duże to największy (650 ha) i najgłębszy (około 20 m) zbiornik w zachodniej części GOP tworzący wraz ze zbiornikami Dzierżno Małe (110 ha) i Pławniowice (225 ha) kompleks o łącznej powierzchni około 10 km², zwany Zachodnim Węzłem Wodnym GOP lub też Hydrowęzłem Kłodnicy. Zbiornik zasilany wodą rzeki Kłodnicy, ze względu na wysoki stan jej zanieczyszczenia ściekami komunalnymi i przemysłowymi, od wielu lat pełni rolę oczyszczalni rzecznej i jest uważany za obiekt o wysokim stopniu skażenia. W latach 1992 – 1999 prowadzono kompleksowe badania limnologiczne zbiorników tworzących hydrowęzeł, określając m.in. zawartość metali ciężkich, radioizotopów i węglowodorów w osadach dennych [3 – 8, 17]. Dotychczas brak było informacji na temat stopnia skażenia biomasy powstającej w zbiorniku, w tym także ryb.

W ekosystemie jeziornym ryby stanowią końcowe ogniwo łańcucha pokarmowego. Warunki środowiskowe mogą sprzyjać odkładaniu się w narządach mięszowych i mięśniach różnych zanieczyszczeń, m.in. metali ciężkich [2, 9, 10, 16].

W związku z wieloletnim zanieczyszczaniem badanego zbiornika ściekami przemysłowymi, komunalnymi oraz zasolonymi wodami kopalnianymi założono, że stopień zanieczyszczenia ekosystemu znajdzie także wyraz w zawartości metali ciężkich w organizmach ryb oraz odzwierciedli proces ich kumulowania [13 – 15]. Przyjęto także, że wyniki uzyskane z materiału doświadczalnego przebywającego przez wiele lat w skażonym środowisku dostarczą ważnych informacji o sile oddziaływania antropopresji na funkcjonowanie wybranych elementów antropogenicznego ekosystemu wodnego.

W czasie pobytu na zbiorniku przeprowadzono wielokrotnie rozmowy o charakterze wywiadu środowiskowego w celu uzyskania informacji na temat

występujących w zbiorniku gatunków ryb, ich wielkości oraz jakichkolwiek innych spostrzeżeń na ten temat.

Z zebranych w ten sposób informacji wynika, że ichtiofauna zbiornika jest bogata. W zbiorniku na pewno występują – co stwierdzono w wyniku odłowów oraz obserwacji ryb złowionych przez wędkarzy – następujące gatunki ryb: ciernik (*Gastrosteus aculeatus*), cierniczek (*Pungitius pungitius*), płoć (*Rutilus rutilus*), wzdręga (*Scardinius erythrophthalmus*), karaś (*Carasius carasius*), lin (*Tinca tinca*), leszcz (*Abramis brama*), karp (*Cyprinus carpio*), okoń (*Perca perca*), szczupak (*Esox lucius*). Ponadto nie potwierdzone informacje wskazują na obecność takich gatunków, jak: sandacz (*Lucioperca lucioperca*), amur biały (*Ctenopharyngodon idella*), sum (*Silurus glanis*), lin złoty (*Tinca orpha*).

W celu zweryfikowania panujących na temat wybranego obiektu badań opinii oraz w celu uchwycenia najistotniejszych – z punktu widzenia funkcjonowania i wydolności ekosystemu jeziornego – faktów podjęto próbę określenia zawartości wybranych metali ciężkich w rybach występujących w tym zbiorniku.

Przeprowadzone badania są pierwszymi tego rodzaju dotyczącymi zachodniej części GOP. Należy podkreślić także, że są to pierwsze od chwili utworzenia w 1964 roku zbiornika Dzierżno Duże badania dotyczące biomasy ryb. Wyniki badań mają charakter wstępny, ale już one są na tyle interesujące, że za celowe należy uznać kontynuowanie badań.

METODYKA BADAŃ

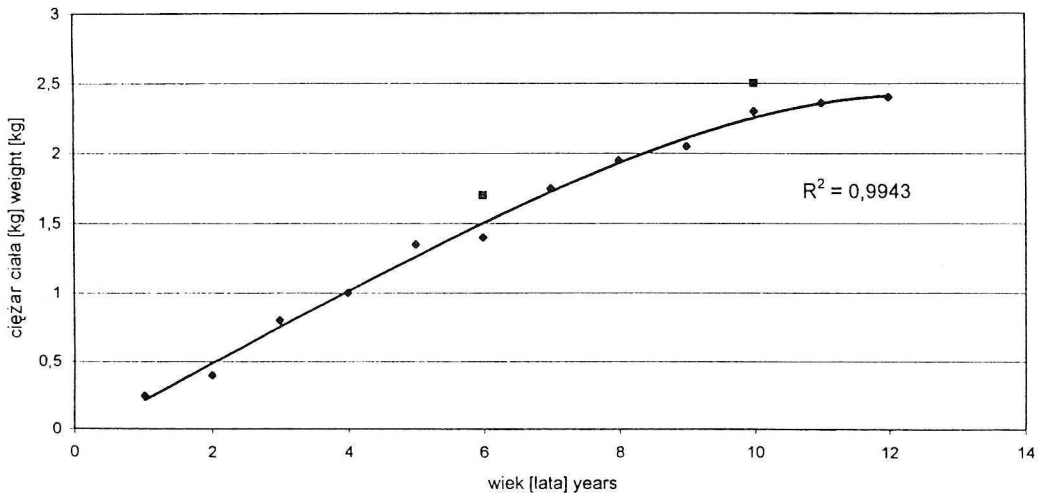
W czerwcu 1999 r. przeprowadzono odłow ryb przy użyciu sieci stawnych, uzyskując materiał doświadczalny w postaci takich gatunków ryb, jak: lin (*Tinca tinca L.*) – 40 szt. (waga od 0,1 do 2,70 kg), płoć (*Rutilus rutilus L.*) – 45 szt. (waga od 100 do 180 g), karp (*Cyprinus carpio*) – 1 szt. (waga 4,56 kg), szczupak (*Esox lucius L.*) – 1 szt. (2 kg), okoń (*Perca perca L.*) – 5 szt. (waga od 100 do 250 g).

Ze względu na ograniczoną możliwość wykonania analiz z pozyskanego materiału wybrano grupy o zbliżonym ciężarze i długości w liczbie 3 szt. w grupie. Z egzemplarzy tych przygotowano uśrednione próbki: w przypadku lina (*Tinca tinca L.*) mięśni i wątroby, a w przypadku płoci (*Rutilus rutilus L.*) mięśni. Do badań pobierano mięsień grzbietowy z lewej strony od 2 do 10 segmentu oraz całą wątrobę. Zwążywszy na wstępny charakter badań oraz niewielką liczebność ryb nie uwzględniano płoci.

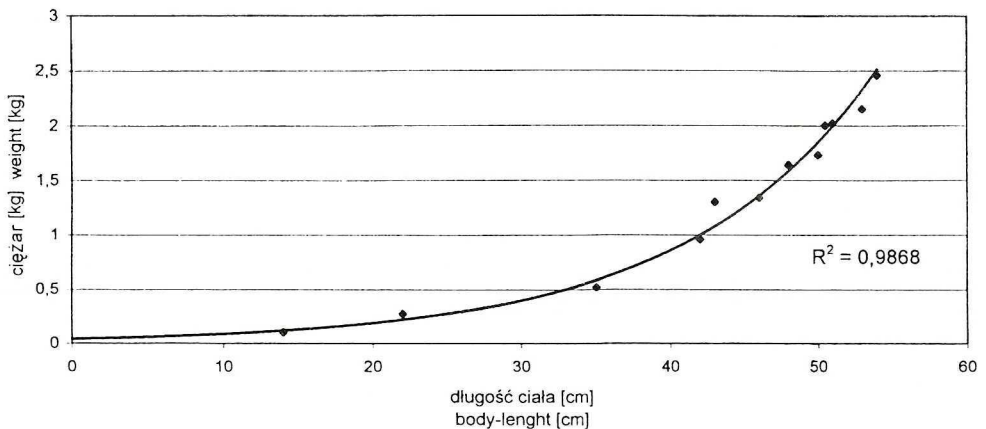
Przygotowane próbki wysuszone w temperaturze 105°C do stałej masy. Przygotowane naważki spalono w piecu muflowym w temperaturze 400°C, a następnie mineralizowano w HNO₃. W przygotowanych roztworach oznaczono poziom stężenia ołowiu (Pb), manganu (Mn), chromu (Cr), niklu (Ni), kadmu (Cd), żelaza (Fe) i miedzi (Cu). Oznaczenia wykonano metodą ASA. Wyniki zawartości metali ciężkich w materiale biologicznym podano w przeliczeniu na kg s.m. Wartości średnie tych stężeń przeliczono szacunkowo na 1 kg produktu w celu odniesienia ich do norm obowiązujących dla żywności, przyjmując, że zawartość wody w mięśniach wynosi 80%, a wątrobie 60%.

WYNIKI BADAŃ

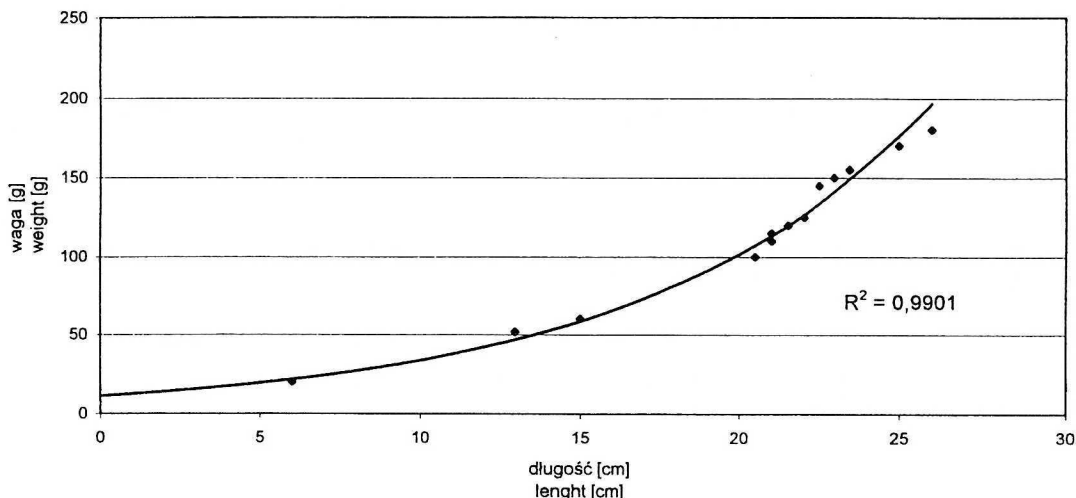
Zwracającym uwagę faktem była uderzająco dobra kondycja i dorodność złowionych ryb, spostrzeżenie to przede wszystkim dotyczy lina (*Tinca tinca*). Ogłędziny wstępne nie wykazały objawów chorobowych ani widocznej obecności pasożytów. Wśród złowionych linów osobniki o ciężarze powyżej 1,5 kg nie należały do rzadkości. Stwierdzono także 8 sztuk o wadze powyżej 2,5 kg. Stosując odczyty przyrostów łusek, orientacyjnie oznaczono wiek ryb. Wiek największej sztuki lina o wadze 2,64 kg oceniono na 11 lat (Rys. 1). Na wykresach przedstawiono także zależność między ciężarem a długością ciała lina (Rys. 2) i płoci (Rys. 3). Zauważalne są duże przyrosty roczne wagi ciała.



Rys. 1. Zależność wagi ciała od wieku ryb – Lin (*Tinca tinca* L.) w zbiorniku Dzierżno Duże
The dependence among body weight and age of Tench (*Tinca tinca* L.)



Rys. 2. Zależność między długością a wagą ciała lina (*Tinca tinca* L.) w zbiorniku Dzierżno Duże (1999 r.)
The dependence among the body-length and weight of Tench on Dzierżno Duże dam-reservoir



Rys. 3. Zależność między długością a wagą ciała płoci (*Rutilus rutilus L.*) w zbiorniku Dzierżno Duże (1999 r.)

The dependence among the length and weight of body Roach (*Rutilus rutilus L.*) – Dzierżno Duże dam-reservoir

LIN (*TINCA TINCA L.*):

Zawartość metali ciężkich w wątrobie i mięśniach linów przedstawiono w tabeli 1.

Kadm

Zawartość kadmu w wątrobie linów wahała się od 0,3 do 0,722 mg Cd/kg s.m. Zawartość kadmu w mięśniach wahała się od 0,13 do 0,6 mg Cd/kg s.m. Jak widać na rysunku 4, charakteryzującym zmiany stężeń kadmu w materiale biologicznym lina, wraz ze wzrostem ciężaru ciała ryb wzrasta stężenie tego metalu w wątrobie, a maleje w mięśniach.

Ołów

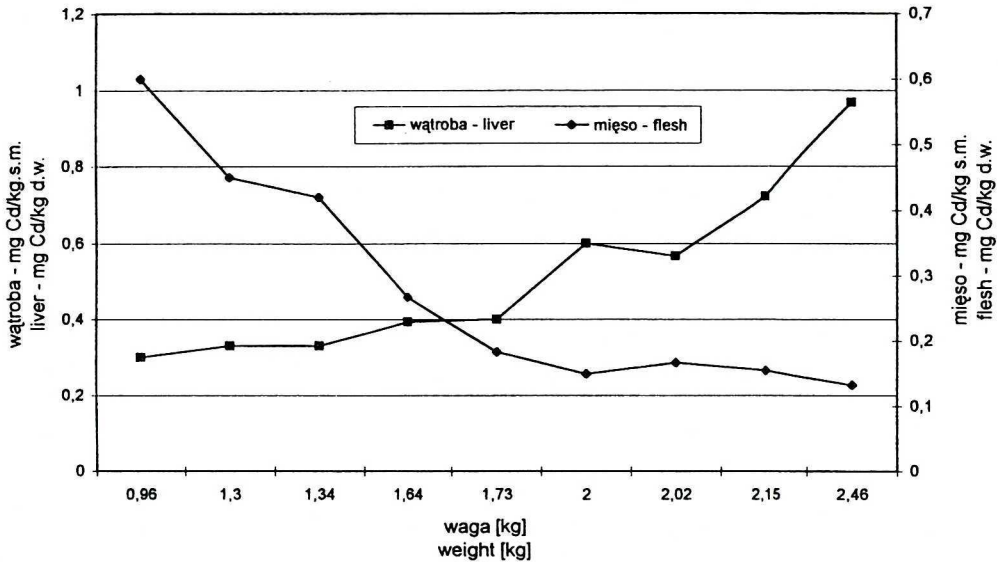
Zawartość ołowiu w wątrobie linów wahała się od 1,667 do 2,267 mg Pb/kg s.m. Z kolei zawartość ołowiu w mięśniach linów wahała się od 1,833 do 3,333 mg Pb/kg s.m. I w tym przypadku zauważalny jest wzrost poziomu metalu w wątrobie oraz spadek w mięśniach wraz ze wzrostem ciężaru ciała ryby (Rys. 5).

Cynk

Stężenie cynku w wątrobie linów wahało się od 16,16 do 107,8 mg Zn/kg s.m. W mięśniach zakres wahań wynosił od 20,1 do 51,3 mg Zn/kg s.m. Także i w tym przypadku wyraźnie widoczny jest wzrost poziomu cynku w wątrobie oraz obniżanie się poziomu cynku w mięśniach, w zależności od wieku i ciężaru ciała ryby (Rys. 6).

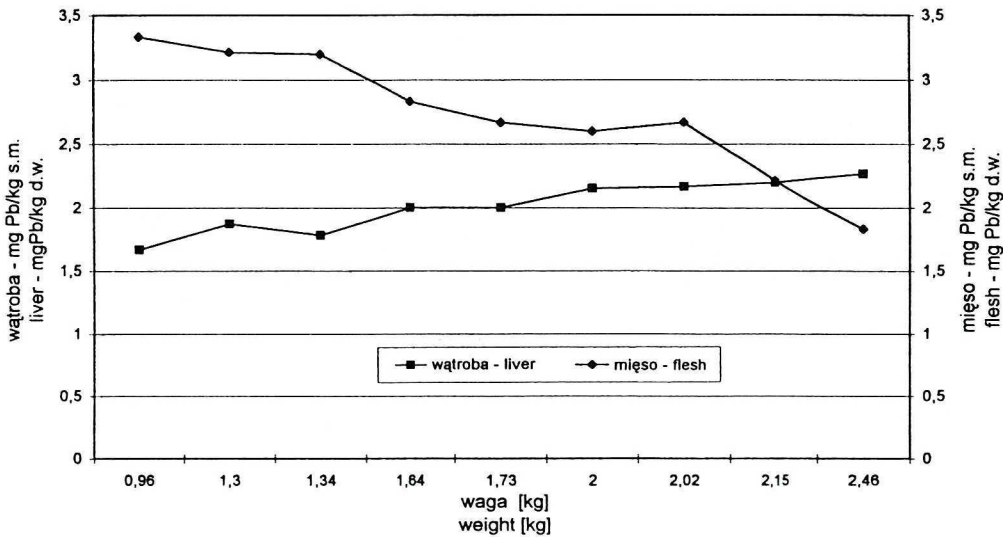
Tabela 1. Zawartość metali ciężkich (mg/kg s.m.) w wątrobie i mięsie lina (*Tinca tinca L.*) ze zbiornika Dzierżno Duże (1999 r.)
 Concentrations of heavy metals (mg/kg d.w.) of liver and flesh of tench (*Tinca tinca L.*) on Dzierżno Duże dam-reservoir, in according of body weight

Próbka Sample	Jednostki Units	0,96 kg	1,3 kg	1,34 kg	1,64 kg	1,73 kg	2,0 kg	2,02 kg	2,15 kg	2,46 kg	Średnia Mean
Wątroba Liver	mg Cd/kg s.m.	0,3	0,33	0,33	0,393	0,4	0,6	0,567	0,722	0,967	0,51
Mięso Flash	mg Cd/kg s.m.	0,6	0,45	0,42	0,267	0,183	0,15	0,167	0,155	0,133	0,28
Wątroba Liver	mg Pb/kg s.m.	1,667	1,872	1,78	2	2	2,15	2,167	2,2	2,267	2,01
Mięso Flash	mg Pb/kg s.m.	3,333	3,213	3,2	2,833	2,667	2,599	2,667	2,213	1,833	2,73
Wątroba Liver	mg Cu/kg s.m.	127,5	102,5	102,45	53,5	57	56	48	60,432	54,334	73,52
Mięso Flash	mg Cu/kg s.m.	15,334	9,412	10,243	4,167	3,5	3,5	4	3,5	3,5	6,35
Wątroba Liver	mg Fe/kg s.m.	225,4	254,22	246,88	342	577	608,31	610,3	598,65	755,3	468,67
Mięso Flash	mg Fe/kg s.m.	28,66	24,89	31,61	43,33	52,33	62,67	61,5	62,21	63,83	47,89
Wątroba Liver	mg Zn/kg s.m.	16,16	42,34	40,67	77,8	92,8	100,11	102,8	104,61	107,8	76,12
Mięso Flash	mg Zn/kg s.m.	51,3	52	50,11	40,3	30	32	31	20,1	20,3	36,35
Wątroba Liver	mg Ni/kg s.m.	2	1,588	1,745	1,667	1,588	1,2	1,59	2,001	1,833	1,69
Mięso Flash	mg Ni/kg s.m.	0,654	0,643	0,75	1	0,833	1,111	1,333	1,435	1,5	1,03
Wątroba Liver	mg Mn/kg s.m.	5,333	3,001	3,012	3,435	4,667	3,588	3,667	4,7	6,167	4,17
Mięso Flash	mg Mn/kg s.m.	2,167	2,21	1,6	1,5	1,167	1,12	1	1,1	0,5	1,37
Wątroba Liver	mg Cr/kg s.m.	1	0,982	1	1	1,5	1,476	1,333	1,68	2	1,33
Mięso Flash	mg Cr/kg s.m.	1,333	1,255	1,31	1,255	1,167	1	1	0,667	0,5	1,05



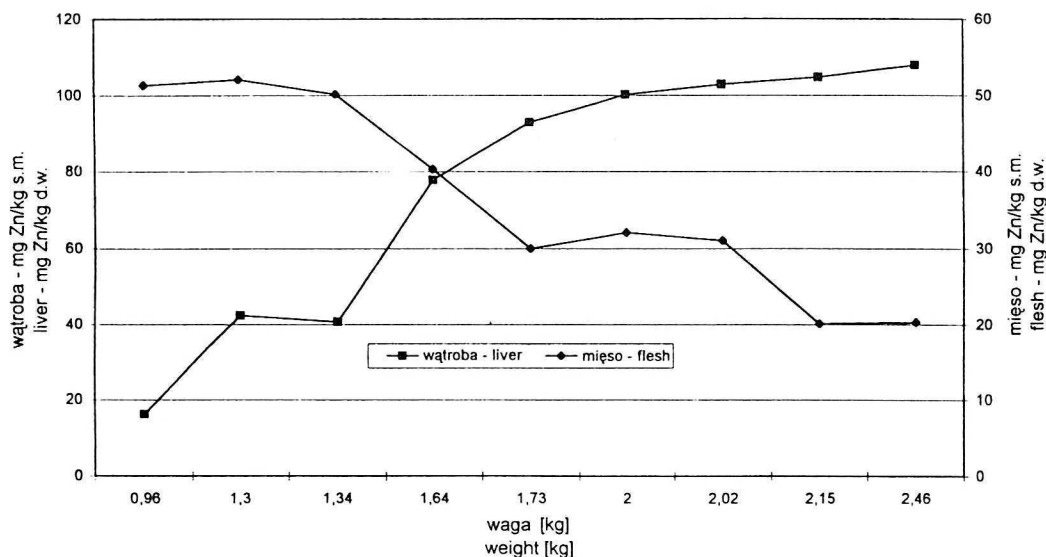
Rys. 4. Stężenie kadmu (Cd) w wątrobie i mięsie lina (*Tinca tinca L.*) ze zbiornika Dzierżno Duże (1999 r.)

Concentration of cadmium (Cd) in the flesh and liver of Tench (*Tinca tinca L.*) – Dzierżno Duże dam-reservoir



Rys. 5. Stężenie ołowiu (Pb) w wątrobie i mięsie lina (*Tinca tinca L.*) ze zbiornika Dzierżno Duże (1999 r.)

Concentration of lead (Pb) in the flesh and liver of Tench (*Tinca tinca L.*) – Dzierżno Duże dam-reservoir



Rys. 6. Stężenie cynku (Zn) w wątrobie i mięsie lina (*Tinca tinca L.*) ze zbiornika Dzierżno Duże (1999 r.)

Concentration of zincum (Zn) in the flesh and liver of Tench (*Tinca tinca L.*) – Dzierżno Duże dam-reservoir

Nikiel

Poziom nikielu w wątrobie linów zmieniał się od 1,2 do 2,001 mg Ni/kg s.m. W przedziale ciężaru ciała ryb od 1 do 2,5 kg zmiany poziomu nikielu nie wykazywały tendencji wzrostowej. Poziom nikielu w mięśniach zmieniał się od 0,643 do 1,5 mg Ni/kg s.m. Zmiany poziomu nikielu w mięśniach wykazywały wyraźną tendencję wzrostową.

Miedź

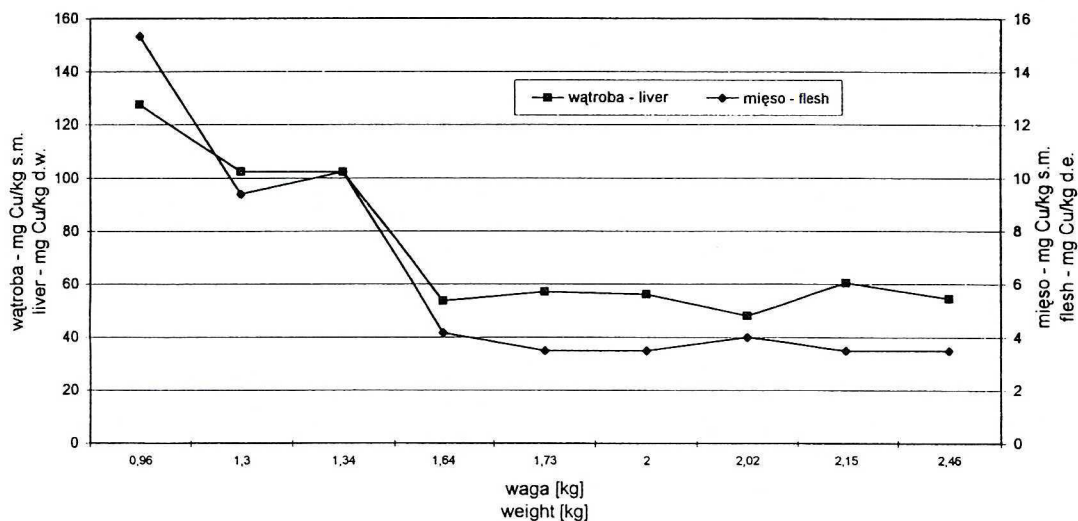
Stężenie miedzi w wątrobie linów zmieniało się w zależności od ciężaru ciała: od 48,0 do 127,5 mg Cu/kg s.m. W mięśniach poziom miedzi wahał się od 3,5 do 15,334 mg Cu/kg s.m. W przypadku miedzi widać wyraźnie, że poziom tego metalu zarówno w wątrobie, jak i w mięśniach maleje wraz ze wzrostem wagi ciała ryb (Rys. 7).

Chrom

Poziom chromu w wątrobie linów wahał się od 0,982 do 2,0 mg Cr/kg s.m. W mięśniach natomiast od 0,5 do 1,333 mg Cr/kg s.m. Zauważalny jest obniżający się poziom chromu w mięśniach przy wzroście stężenia w wątrobie, wraz ze wzrostem wieku i ciężaru ciała ryby (Rys. 8).

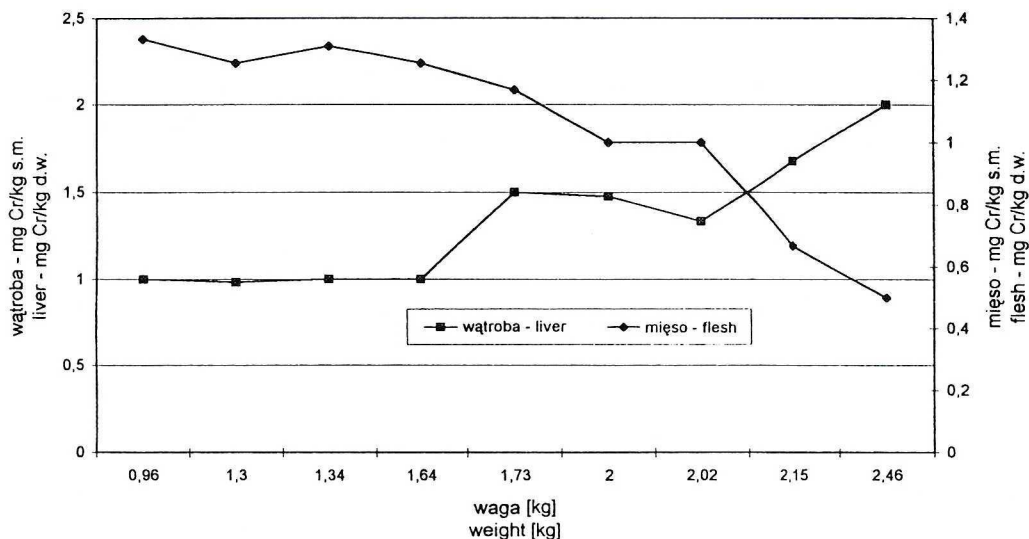
Mangan

Stężenie manganu w wątrobie linów zmieniało się w granicach od 3,001 do 6,167 mg Mn/kg s.m. Z kolei w tkance mięśniowej zakres zmian wynosił od 0,5



Rys. 7. Stężenie miedzi (Cu) w wątrobie i mięsie lina (*Tinca tinca L.*) ze zbiornika Dzierżno Duże (1999 r.)

Concentration of cuprum (Cu) in the flesh and liver of Tench (*Tinca tinca L.*) – Dzierżno Duże dam-reservoir



Rys. 8. Stężenie chromu (Cr) w wątrobie i mięsie lina (*Tinca tinca L.*) ze zbiornika Dzierżno Duże (1999 r.)

Concentration of chromium (Cr) in the flesh and liver of Tench (*Tinca tinca L.*) – Dzierżno Duże dam-reservoir

do 2,167 mg/kg s.m. Wraz ze wzrostem masy ciała maleje poziom manganu w mięśniach ryb. Tendencja wzrostu poziomu manganu w wątrobie jest niewielka, jakkolwiek daje się zauważyć.

PŁOĆ (*RUTILUS RUTILUS L.*)

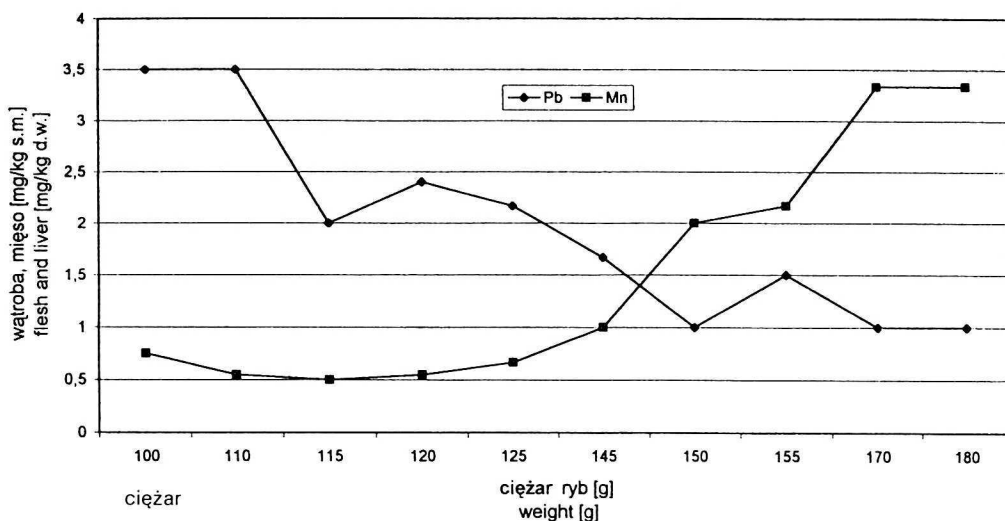
Z powodu zbyt małej ilości materiału biologicznego oznaczenia metali ciężkich wykonano tylko w tkance mięśniowej płoci. Wyniki analiz przedstawiono w tabeli 2.

Kadm

Stężenie kadmu w tkance mięśniowej płoci zmieniało się w granicach od 0,133 do 0,175 mg Cd/kg s.m. Zakres wahań był zatem niewielki, a tendencja wskazująca na obniżanie się poziomu tego metalu w tkance mięśniowej nieznaczna.

Ołów

Stężenie ołowiu w mięsie płoci zmieniało się, w zależności od masy ciała, od 1,0 do 3,5 mg Pb/kg s.m., a zmiany stężeń wykazywały wyraźną tendencję spadkową wraz ze wzrostem masy ciała ryb (rys. 9).



Rys. 9. Stężenie ołowiu (Pb) i manganu (Mn) w mięsie płoci (*Rutilus rutilus L.*) ze zbiornika Dzierżno Duże (1999 r.)

Concentration of lead (Pb) and manganese (Mn) in the flesh of Roach (*Rutilus rutilus L.*) – Dzierżno Duże dam-reservoir

Chrom

Stężenie chromu w mięśniach płoci zmieniało się w granicach od 0,75 do 1,0 mg Cr/kg s.m. Stwierdzony poziom chromu oraz zakres wahań był niewielki, a obserwowana tendencja wzrostu poziomu zawartości metalu wraz ze wzrostem masy ciała nieznaczna, choć zauważalna.

Cynk

Stężenie cynku w mięśniach płoci zmieniało się w granicach od 32,5 do 121,22 mg Zn/kg s.m. Tendencja wzrostu poziomu cynku w tkance mięśniowej płoci wraz ze wzrostem masy ciała jest bardzo wyraźna.

Tabela 2. Zawartość metali ciężkich (mg/kg s.m.) w mięsie płoci (*Rutilus rutilus L.*) ze zbiornika Dzierżno Duże w zależności od ciężaru ciała (1999 r.)
 Heavy metals contentration (mg/kg d.w.) in the flesh of roach (*Rutilus rutilus L.*), of Dzierżno Duże dam-reservoir in according on body weight

Wskaźnik Indicator	100 g	110 g	115 g	120 g	125 g	145 g	150 g	155 g	170 g	180 g
mg Pb/kg s.m.	3,5	3,5	2	2,4	2,167	1,667	1	1,5	1	1
mg Mn/kg s.m.	0,75	0,55	0,5	0,55	0,667	1	2	2,167	3,333	3,333
mg Cr/kg s.m.	0,75	0,75	0,75	0,833	0,833	0,833	1	0,833	0,833	1
mg Ni/kg s.m.	0,5	0,75	1	0,75	0,75	1	1	1,333	0,833	1,333
mg Cd/kg s.m.	0,175	0,185	0,225	0,15	0,183	0,183	0,117	0,15	0,133	0,133
mg Zn/kg s.m.	32,5	35,871	39,501	33,451	49,75	59,25	96,169	106,169	119,502	121,22
mg Fe/kg s.m.	29	28,6	32,5	30,11	30,501	29,167	32,144	38,167	34,167	50,001
mg Cu/kg s.m.	5,75	4	5,5	4	4,333	4	6,55	6,55	7,5	7,667

Nikiel

Poziom nikiel w tkance mięśniowej płoci wahał się od 0,5 do 1,333 mg Ni/kg s.m. W przypadku tego metalu wyraźniej zauważalna jest tendencja wzrostu zawartości metalu w mięśniach wraz ze wzrostem ciężaru ciała ryb.

Miedź

Stężenie miedzi w tkance mięśniowej płoci wynosiło od 4,0 do 7,667 mg Cu/kg s.m. W przypadku tego metalu poziom stężenia w tkance mięśniowej nie wykazywał zdecydowanej tendencji.

Mangan

Stężenie manganu w tkance mięśniowej płoci zmieniało się od 0,5 do 3,333 mg Mn/kg s.m. Wraz ze wzrostem masy ciała płoci zauważalny jest wzrost poziomu manganu w ich tkance mięśniowej (Rys. 9).

ORGANIZMY PLANKTONOWE

Organizmy planktonowe stanowią jedno z głównych źródeł pokarmu ichtiofauny. W celu określenia roli fito- i zooplanktonu w procesie zanieczyszczenia biomasy ryb rozpoczęto badania stopnia skażenia biomasy wybranymi metalami ciężkimi. Pobrano próby biomasy glonów planktonowych – zielenic oraz próby zooplanktonu – wioślarek (*Daphnia sp.*). W biomasie oznaczono: kadm, ołów, chrom, cynk, nikiel, miedź, mangan. Stężenie metali w biomasie było dość wysokie. Zakresy stężeń kształtowały się dla zooplanktonu następująco:

kadm	– 0,5–0,95 mg Cd/kg s.m.
chrom	– 7–9 mg Cr/kg s.m.
miedź	– 10–12 mg Cu/kg s.m.
nikiel	– 6,5–12 mg Ni/kg s.m.
ołów	– 11–13,5 mg Pb/kg s.m.
mangan	– 56–200 mg/kg s.m.
cynk	– 90–250 mg Zn/kg s.m.
magnez	– 2450 mg/kg s.m.
żelazo	– 2600 mg/kg s.m.

Dla fitoplanktonu stężenia tych metali były następujące:

kadm	– 0,8 mg Cd/kg s.m.
miedź	– 9,0 mg Cu/kg s.m.
ołów	– 15 mg Pb/kg s.m.
nikiel	– 45 mg Ni/kg s.m.
żelazo	– 50 mg Fe/kg s.m.
chrom	– 100 mg Cr/kg s.m.
cynk	– 300 mg Zn/kg s.m.
mangan	– 3450 mg Mn/kg s.m.
magnez	– 4000 mg Mg/kg s.m.

Powyższe wyniki wskazują, że w przypadku zawartości metali ciężkich w organizmach planktonowych można mówić o istotnym stopniu skażenia biomasy takimi metalami, jak: kadm, ołów, chrom, miedź. Metale te, tworząc toksyczne połączenia, oddziałują szkodliwie na organizmy żywe [1, 2, 8–10]. Wchodząc do łańcucha pokarmowego, kumulują się w jego kolejnych ogniwach [14, 15]. Powyższe wyniki wskazują, że w badanym zbiorniku *detritus* stanowi istotne źródło metali ciężkich wprowadzanych tą drogą do osadów dennych.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania wykazały, że w zbiorniku Dzierżno Duże w fito-zooplanktonie oraz ichtiofaunie występują stężenia metali ciężkich mające charakter skażenia [Tab. 3, 4]. Protasowicki [11] wskazuje na systematyczne narastanie problemu, jakim jest zawartość metali ciężkich w żywności, w tym także w rybach.

Zawartość metali ciężkich w rybach reguluje Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej (MP nr 22 z dnia 11 maja 1993 r. 233, 289–336). Dopuszcza ono następujące stężenia metali ciężkich w rybach (w przeliczeniu na jeden kilogram świeżego produktu): dla kadmu (Cd) – 0,05 mg/kg, dla rtęci (Hg) – 0,3 mg/kg, dla ołowiu (Pb) – 0,6 mg/kg, dla arsenu (As) – 4,0 mg/kg, dla miedzi (Cu) – 10,0 mg/kg, dla cyny (Sn) – 50–100 mg/kg, dla cynku (Zn) – 50,0 mg/kg.

Porównując uzyskane wyniki oznaczeń z powyższymi normami stwierdzono, że przekroczenie dopuszczalnych koncentracji metali ciężkich nastąpiło: w przypadku kadmu (Cd) – w tkance mięśniowej: okonia, lina i płoci; w przypadku ołowiu (Pb) – w tkance mięśniowej: lina i płoci.

Cytowane Rozporządzenie dotyczące zawartości Cd, Pb oraz innych metali nie odnosi się do wątroby, ikry, głowonogów i skorupiaków. Wątroby takich gatunków ryb, jak okoń, szczupak, płoc i lin nie są wykorzystywane do celów konsumpcyjnych. Znane są jednak przypadki karmienia odpadkami rybnymi zwierząt hodowlanych, spożywanych następnie przez człowieka (kury, kaczki). Ponadto narządy mięszone dostają się do mączki rybnej w trakcie procesu technologicznego. Zawartość metali ciężkich w mączce rybnej może obniżyć jej wartość [12]. Dlatego też w celu podkreślenia wagi problemu uznano za celowe potraktować wątrobę jak artykuł konsumpcyjny.

Tak więc w przypadku wątroby przekroczenie dopuszczalnych powyższym rozporządzeniem stężeń metali ciężkich nastąpiło: w przypadku kadmu (Cd): w mięszu wątroby lina, karpia i szczupaka; w przypadku ołowiu (Pb): w mięszu wątroby lina; w przypadku cynku (Zn): w mięszu wątroby karpia; w przypadku miedzi (Cu): w mięszu wątroby lina.

Materiał doświadczalny uzyskany z lina (*Tinca tinca*) i płoci (*Rutilus rutilus*) pozwolił podjąć próbę poszukiwania zależności stopnia skażenia od wielkości, a zatem i od wieku ryb. Wyniki koncentracji metali ciężkich w rybach z uwzględnieniem ich wielkości przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Tabela 3. Zawartość metali ciężkich (mg/kg s.m.) w zooplanktonie (*Cladocera*) oraz w mięsie i wątrobie ryb ze zbiornika Dzierżno Duże (1999 – wartości średnie)
 The contents of heavy metals in zooplancton (*Cladocera*) and fish (flesh and liver) of Dzierżno Duże dam-reservoir (1999 – average value)

Wskaźnik Indicator	Wioślarki <i>Cladocera</i>	Płoc – mięso Roach – flesh	Lin – mięso Tench – flesh	Lin – wątroba Tench – liver	Karp – mięso Carp – flesh	Karp – wątroba Carp – liver	Szczupak – mięso Pike – flesh	Szczupak – wątroba Pike – liver	Okon – mięso Perch – flesh
mg Cd/kg s.m.	0,95	0,16	0,28	0,51	0,183	0,267	0,2	0,25	0,333
mg Pb/kg s.m.	11	1,97	2,73	2,01	1,5	1,167	1,667	1,667	2,114
mg Cu/kg s.m.	12	5,59	6,35	73,52	3,333	11,334	3,333	21,334	4,885
mg Ni/kg s.m.	6,5	0,92	1,03	1,69	1,5	1	1	0,5	1,111
mg Cr/kg s.m.	9	0,84	1,05	1,05	0,5	0,5	1	1,667	0,833
mg Mn/kg s.m.	56	1,49	1,37	4,17	0,667	3,5	1,167	2,167	0,888
mg Zn/kg s.m.	90,5	69,34	36,35	76,12	71,168	421,175	23,334	74,501	56,188
mg Fe/kg s.m.	2511	33,44	47,89	468,67	26,667	248,672	28,834	427,009	45,654

Tabela 4. Średnia zawartość metali ciężkich (mg/kg produktu) w mięsie i wątrobie ryb ze zbiornika Dzierżno Duże (1999)
 The heavy metals average contents (mg/kg fresh mass) of fishes, of Dzierżno Duże dam-reservoir (1999)

Jednostki Units	Okoń – mięso Perch – flesh	Szczupak – mięso Pike – flesh	Płoć – mięso Roach – flesh	Lin – mięso Tench – flesh	Karp – mięso Carp – flesh	Lin – wątroba Tench – liver	Karp – wątroba Carp – liver	Szczupak – wątroba Pike – liver
mg Cd/kg prod.	0,067	0,04	0,033	0,056	0,037	0,128	0,067	0,0630
mg Pb/kg prod.	0,423	0,333	0,395	0,546	0,3	0,503	0,292	0,417
mg Cu/kg prod.	0,977	0,667	1,117	1,270	0,667	18,381	2,834	5,334
mg Ni/kg prod.	0,222	0,2	0,185	0,206	0,3	0,423	0,250	0,125
mg Cr/kg prod.	0,167	0,2	0,168	0,211	0,1	0,264	0,125	0,417
mg Mn/kg prod.	0,178	0,233	0,297	0,275	0,133	1,044	0,875	0,542
mg Zn/kg prod.	11,238	4,667	13,868	7,269	14,234	19,030	105,294	18,625
mg Fe/kg prod.	9,131	5,767	6,687	9,578	5,333	117,168	62,168	106,752

Jak widać, stężenie kadmu w wątrobie lina (*Tinca tinca*) dla każdej ze zbadanych klas wielkości (w przedziale od 1 do 3 kg) przekraczało dopuszczalne stężenia przewidziane dla mięsa rybiego. W tkance mięśniowej przebadanych linów przekroczenie dopuszczalnych stężeń kadmu stwierdzono w rybach ważących od 1 do 1,5 kg. U karpia i szczupaka przekroczenie norm nie wystąpiło, co jednak ze względu na pozyskanie do badań pojedynczych sztuk nie pozwala wyciągać żadnych wniosków.

Wzrost stężenia ołowiu ponad wartość normatywną w wątrobie lina (*Tinca tinca*) następował u ryb starszych, mających od 2 do 3 kg wagi. W tkance mięśniowej przekroczenie norm stwierdzono u ryb mniejszych, ważących od 1 do 2 kg.

W materiale doświadczalnym płoci (*Rutilus rutilus*) stwierdzono przekroczenie dopuszczalnych koncentracji kadmu w tkance mięśniowej u ryb ważących od 100 do 125 g.

Przekroczenie dopuszczalnego stężenia ołowiu stwierdzono w grupie ryb o wadze około 115 g, jednocześnie wartości stężenia zbliżone do granicy normy, wskazujące na możliwość jej przekroczenia, zanotowano w przedziale od 100 do 145 g.

Uzyskane wyniki świadczą o skażeniu ichtiofauny zbiornika Dzierżno Duże metalami ciężkimi. Plankton roślinny i zwierzęcy także zawiera wysokie koncentracje metali ciężkich. Skażenie tej bazy pokarmowej odbija się wyraźnie na konsumentach I i II rzędu.

Analiza wyników pozwala zauważyć rezultat wykształconego mechanizmu wydalania metali ciężkich z mięśni i kumulowania ich w wątrobie, pełniącej w organizmie rolę filtra.

Podkreślenia wymaga fakt, iż przebadany materiał doświadczalny był dość skromny, niemniej pozwolił na uzyskanie wyników wskazujących zarówno na prawdopodobieństwo skażenia ryb, jak i wynikające z tego faktu niebezpieczeństwo.

Biorąc pod uwagę obszarowy charakter zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi oraz rekreacyjną rolę masowo uprawianego na Śląsku wędkarstwa, wymowa społeczna uzyskanych wyników wskazuje jednoznacznie na celowość przeprowadzenia rozszerzonych badań nad skażeniem ichtiofauny w zbiorniku Dzierżno Duże oraz w innych zbiornikach Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego.

Badania, na podstawie których powstała niniejsza praca, zostały sfinansowane ze środków Śląskiego Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach.

LITERATURA

- [1] Calmano W., U. Forster: *Chemical Extraction of Heavy Metal in Polluted River Sediments in Central Europe*, The Science of the Total Environment, **28** (1983).
- [2] Helios-Rybacka E.: *Rola minerałów ilastych w wiązaniu metali ciężkich przez osady rzeczne górnej Wisły*, Zeszyty Naukowe AGH, Geologia **32** (1986).

- [3] Kostecki M.: *Chemizm wód oraz podstawowe wskaźniki określające intensywność krążenia materii w zbiorniku zaporowym w Pławniowicach*, Arch. Ochr. Środ., 3–4, 163–182 (1977).
- [4] Kostecki M.: *Dynamika przemian oraz wstępny bilans podstawowych form azotu i fosforu w zbiorniku zaporowym w Pławniowicach*, Arch. Ochr. Środ., 1, 57–85 (1978).
- [5] Kostecki M., A. Domura, E. Kowalski, J. Kozłowski: *Badania limnologiczne zbiornika zaporowego Dzierżno Małe. Część III. Metale ciężkie w osadach dennych zbiornika*, Arch. Ochr. Środ., 2, 73–81 (1998).
- [6] Kostecki M., E. Kowalski, A. Domura, J. Kozłowski: *Limnologiczne badania zbiornika zaporowego Dzierżno Duże. Określenie stopnia skażenia wody i osadów dennych w aspekcie procesów samooczyszczania*, Prace IPIS PAN, Zabrze 1997–1998 (nie publikowane).
- [7] Kostecki M., A. Węglarz: *Wybrane związki organiczne (BTX, WWA) w osadach dennych antropogenicznego zbiornika wodnego Dzierżno Duże (woj. Śląskie)*, Arch. Ochr. Środ., 1999 (w druku).
- [8] Kostecki M., J. Kyzioł: *Metale ciężkie w osadach dennych antropogenicznego zbiornika wodnego Dzierżno Duże (woj. Śląskie)*, Mat. VI Konf. Nauk. „Zapobieganie zanieczyszczeniu środowiska”, Szczyrk, listopad 1998, s. 67–76.
- [9] Kyzioł J.: *Minerały ilaste jako sorbenty metali ciężkich*, Prace i studia IPIS PAN, Zabrze 1994, nr 43, s. 89, rys. 56, tab. 17, poz. bibl. 61, sum.
- [10] Protasowicki M., E. Niedźwiedzki, A. Perkowska: *Kadm i nikiel w osadach dennych jeziora Nowowarpieńskiego*, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 448b, 259–365 (1997).
- [11] Protasowicki M., Z. Machoy, W. Ciereszko, D. Samujło: *Jakość zdrowotna żywności w Szczecinie i rejonie w świetle obecności wybranych zanieczyszczeń chemicznych*, Wyd. ESFOT, s. 285–294 (red. J. Jasnowska), Szczecin 1993.
- [12] Protasowicki M., R. Puchalski: *Metale ciężkie (Hg, Cd, Pb, Cu, i Zn) w krajowych i importowanych mączkach rybnych*, Zesz. Nauk. Akad. Roln. w Szczecinie, 82, 157–162, (1980).
- [13] Protasowicki M., M. Kurpios, W. Ciereszko: *Zmiany zawartości Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, DDT i PCB w wybranych rybach przemysłowych Bałtyku, w okresie 1974–1988*, Instytut Ochrony Środowiska – Międzynarodowy Monitoring Biologiczny Morza Bałtyckiego, pod red. I. Ciszewskiej, s. 65–72, Warszawa 1993.
- [14] Protasowicki M., A. Chodyniecki: *Bioakumulacja Cd, Pb, Cu i Zn, w karpniu (Cyprinus Carpio L.) w zależności od stężenia w wodzie i czasu ekspozycji*, Zesz. Nauk. Akad. Roln. w Szczecinie, nr 133, 69–84 (1988).
- [15] Sobocka E., M. Protasowicki: *Wpływ zatrucia podostrego niklem na jego zawartość w wybranych tkankach sumy pospolitego (Silurus glanis L.)*,
- [16] Tessier A., P.G.C. Campbell, M. Bisson: *Trace Metal Speciation in the Yamashe and St. Francois River (Quebec)*, Canadian Journal of Earth Sciences, 1980
- [17] Tuszyński M., M. Kostecki, A. Kelany: *Radioizotopy w osadach dennych antropogenicznego zbiornika wodnego Dzierżno Duże (woj. Śląskie)*, Arch. Ochr. Środ., 1999 (w druku).

Wpłynęło: 22 września 1999, zaakceptowano do druku: 25 kwietnia 2000.