

Krzysztof Barbusiński, Witold Nocoń, Katarzyna Nocoń, Joanna Kernert

## Rola zawiesin w transporcie metali ciężkich w wodach powierzchniowych na przykładzie Kłodnicy

Zawartość zawiesin jest jednym z podstawowych wskaźników jakości wód powierzchniowych [1, 2]. Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz. U. nr 257, poz. 1545), graniczna zawartość zawiesin ogólnych w wodach należących do I i II klasy czystości wynosi odpowiednio  $25 \text{ g/m}^3$  i  $50 \text{ g/m}^3$ . Zawiesiny, zarówno pochodzenia naturalnego, jak i odprowadzane do wód wraz ze ściekami, oddziałują niekorzystnie na cały ekosystem wodny [3–6]. Badania ilości zawiesin dotyczą przede wszystkim rzek górskich oraz stanów powodziowych, podczas których ładunek transportowanych zawiesin jest bardzo wysoki [2]. W wielu publikacjach zwraca się uwagę na negatywną rolę, jaką zawiesiny wraz z zaadsorbowanymi na nich zanieczyszczeniami, głównie metalami ciężkimi, odgrywają w środowisku wodnym, podkreślając jednocześnie niekorzystny wpływ zawiesin na zmniejszanie pojemności zbiorników wodnych [4, 7–9].

W Polsce, jak do tej pory, niewiele prac poświęcono zagadnieniu transportu zanieczyszczeń związanych z zawiesinami. Waga tego problemu wynika z faktu, że w zawiesinach na ogół obserwowana jest większa zawartość zanieczyszczeń toksycznych w porównaniu z osadami dennymi [10, 11]. Ponadto niekorzystne oddziaływanie zawiesin na środowisko wodne jest znacznie większe niż osadów dennych, gdyż w tych ostatnich zanieczyszczenia są unieruchomione, stanowiąc jedynie potencjalne źródło zanieczyszczenia, natomiast metale ciężkie występujące w zawiesinach często stanowią zagrożenie realne. Badania zawartości jonów metali ciężkich w zawiesinach w dorzeczu Odry opisano w pracach [12–15], w których stwierdzono silne zanieczyszczenie metalami ciężkimi zawiesin w rzekach przepływających przez tereny silnie przekształcone antropogenicznie. W pracy [16] zwrócono natomiast uwagę, że zawiesiny stanowią istotny element zanieczyszczenia metalami ciężkimi zbiornika Dzierżo Duże.

Celem niniejszej pracy było określenie stopnia zanieczyszczenia zawiesin w Kłodnicy metalami ciężkimi oraz

porównanie wyników z zawartością tych metali w osadach dennych tej rzeki. Jako kryterium oceny stopnia zanieczyszczenia zawiesin metalami przyjęto klasyfikację LAWA [17].

### Metodyka badań

Badania zawartości metali ciężkich w zawiesinach prowadzono analizując jakość wody w Kłodnicy od źródeł aż do jej ujścia do zbiornika Dzierżo Duże. Na tym odcinku wyznaczono 8 stanowisk poboru próbek, których opis zawiera tabela 1.

Tabela 1. Lokalizacja stanowisk poboru próbek osadów dennych  
Table 1. Location of sampling sites

Stanowisko	Kilometr biegu rzeki	Lokalizacja
K1	3,5	Katowice (Ligota)
K2	8,2	Katowice/Ruda Śląska (Kochłowice)
K3	14,0	Ruda Śląska (Halemba)
K4	17,0	Ruda Śląska (Halemba)
K5	21,0	Zabrze/Paniówki
K6	29,0	Gliwice (Sośnica)
K7	32,0	Gliwice (centrum)
K8	40,0	Gliwice (Łabędy)

Stanowisko K1 zlokalizowano ok. 3,5 km od historycznych źródeł Kłodnicy. Stanowiło ono punkt odniesienia, gdyż zanieczyszczenia trafiające do rzeki pochodzą przede wszystkim z osiedli mieszkaniowych. Na wysokości stanowiska K2 na zanieczyszczenie rzeki silnie oddziałuje odpływ z oczyszczalni ścieków oraz wody kopalniane odprowadzane z Kopalni Węgla Kamiennego „Wujek” Ruch „Śląsk”. Powyżej stanowiska K3 do Kłodnicy uchodzi największy jej lewobrzeżny dopływ – potok Jamna, który jest odbiornikiem ścieków z Mikołowa. Do zlewni stanowiska K4 odprowadzane są ścieki komunalne i przemysłowe oraz wody dołowe z terenu KWK „Halemba”. Stanowisko K5 zlokalizowano poniżej oczyszczalni „Halemba”. Z uwagi na szybki przepływ wody powyżej stanowiska, kaskadową zabudowę koryta rzeki oraz pewien wpływ odprowadzanych ścieków oczyszczonych można obserwować intensyfikację procesów samooczyszczania. W zlewni stanowiska K6 są potoki Bielszowicki (do którego odprowadzane są

Dr hab. inż. K. Barbusiński, dr inż. W. Nocoń: Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Zakład Technologii Wody i Ścieków, ul. S. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice  
krzysztof.barbusinski@polsl.pl, wknocoon@polsl.pl  
Mgr inż. K. Nocoń, mgr inż. J. Kernert: Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze  
glowala@ipis.zabrze.pl, jpuddlo@ipis.zabrze.pl

ścieki komunalne i przemysłowe z terenu KWK „Bielszowice”) oraz Czarniawka (do której dopływają ścieki poplotacyjne i wody dołowe z terenu KWK „Makoszowy”). Stanowisko K7 zlokalizowano w centrum Gliwic. Wpływ na stan czystości wód Kłodnicy wywiera także rzeka Bytomka. W zlewni stanowiska K8 znajduje się centralna część Gliwic oraz odprowadzane są ścieki oczyszczone z Centralnej Oczyszczalni Ścieków w Gliwicach. Dokładną charakterystykę hydrochemiczną Kłodnicy i jej zlewni omówiono w pracach [18–20].

Próbki wody do oznaczenia zawartości zawiesin pobrano w dziesięciu seriach. Przygotowanie zawiesin i osadów dennych do oznaczenia jonów metali ciężkich obejmowało suszenie i przesiewanie próbek, rozcieranie w moździerzu agatowym, a następnie ekstrakcję związków metali stężonym kwasem solnym (spektralnie czystym) w mineralizatorze mikrofalowym. Stosunek masy próbki do objętości kwasu wynosił 1:10. Zawartość jonów badanych metali w poszczególnych próbkach odniesiono do suchej masy zawiesin.

Do oceny stopnia zanieczyszczenia elementów ekosystemu wodnego w Niemczech od ponad 10 lat wykorzystywana jest klasyfikacja LAWA [17], która odnosi się również do występowania metali ciężkich w zawiesinach rzecznych. W klasyfikacji LAWA (tab. 2) wydzielono siedem klas czystości, m.in. osadów dennych oraz zawiesin w zależności od stopnia ich zanieczyszczenia metalami ciężkimi.

Tabela 2. Dopuszczalna zawartość metali ciężkich w osadach dennych (klasyfikacja LAWA) [7]  
Table 2. Permissible concentration of heavy metals in bottom sediments (LAWA classification) [7]

Metal	Klasa czystości						
	I	I–II	II*	II–III	III	III–IV	IV
Cynk	≤100	≤200	≤400	≤800	≤1600	≤3200	>3200
Ołów	≤25	≤50	≤100	≤200	≤400	≤800	>800
Miedź	≤20	≤40	≤80	≤160	≤320	≤640	>640
Nikiel	≤30	≤60	≤120	≤240	≤480	≤960	>960
Chrom	≤80	≤160	≤320	≤640	≤1280	≤2560	>2560
Kadm	≤0,3	≤0,6	≤1,2	≤2,4	≤4,8	≤9,6	>9,6
Klasyfikacja osadów							
Klasa I	niezanieczyszczone						
Klasa I–II	niezanieczyszczone/ umiarkowanie zanieczyszczone						
Klasa II	umiarkowanie zanieczyszczone						
Klasa II–III	umiarkowanie zanieczyszczone/ mocno zanieczyszczone						
Klasa III	mocno zanieczyszczone						
Klasa III–IV	mocno/bardzo mocno zanieczyszczone						
Klasa IV	bardzo mocno zanieczyszczone						

\*zalecana wartość dopuszczalna

## Wyniki badań

W tabeli 3 przedstawiono zawartość metali związanych z zawiesinami. Zawartość cynku zmieniała się od 3 mgZn/kg (st. K6) do 6610 mgZn/kg (st. K1), przy czym największą wartość średnią odnotowano na stanowisku K2, a wartość najmniejszą na stanowisku K6. Również ołów charakteryzował się szerokim zakresem zmienności – najmniejsze ilości oznaczono w zawiesinach na stanowisku K6 (4 mgPb/kg), a największe na stanowiskach K1 i K2 (599 mgPb/kg i 490 mgPb/kg). Podobnie jak w przypadku cynku, największą średnią zawartość związków ołowiu stwierdzono na stanowisku K2, a najmniejszą na stanowisku K6. Również szeroki zakres zmian obserwowano w przypadku kadmu – zawartość tego pierwiastka w zawiesinach wahała się od 0,2 mgCd/kg do 72,9 mgCd/kg. Stwierdzone ilości chromu, miedzi i niklu w zawiesinach Kłodnicy były niewielkie, jedynie na stanowiskach K1 i K2 średnia zawartość chromu w zawiesinach przekroczyła 40 mgCr/kg. Średnia zawartość miedzi była największa na stanowisku K3, przy czym na odcinku Kłodnicy pomiędzy stanowiskami K1 i K5 często obserwowano obecność związków miedzi w zawiesinach w ilościach znacznie przekraczających 100 mgCu/kg. Najmniejszą zmienność wykazał nikiel, którego zawartość w zawiesinach zmieniała się od 3 mgNi/kg (st. K6) do 74 mgNi/kg (st. K1). Zawartość manganu w zawiesinach Kłodnicy zmieniała się od 13 mgMn/kg do prawie 9,6 gMn/kg. Średnia ilość tego pierwiastka była największa na stanowisku K1, a najmniejsza na stanowisku K6. Podobną sytuację odnotowano w przypadku związków żelaza, przy czym największa zawartość tego pierwiastka wynosiła ponad 63 gFe/kg, a najmniejsza 720 mgFe/kg. Podsumowując, zawartość wszystkich metali objętych badaniami była największa na stanowiskach K1–K4, natomiast najmniejsza na stanowisku K6. Zwraca również uwagę bardzo duża zmienność zawartości jonów metali związanych z zawiesinami w obrębie poszczególnych stanowisk pomiarowych. Wskazywać to może na zmienne warunki obciążenia rzeki ściekami zawierającymi zawiesiny o bardzo odmiennej charakterystyce jakościowej.

## Dyskusja wyników

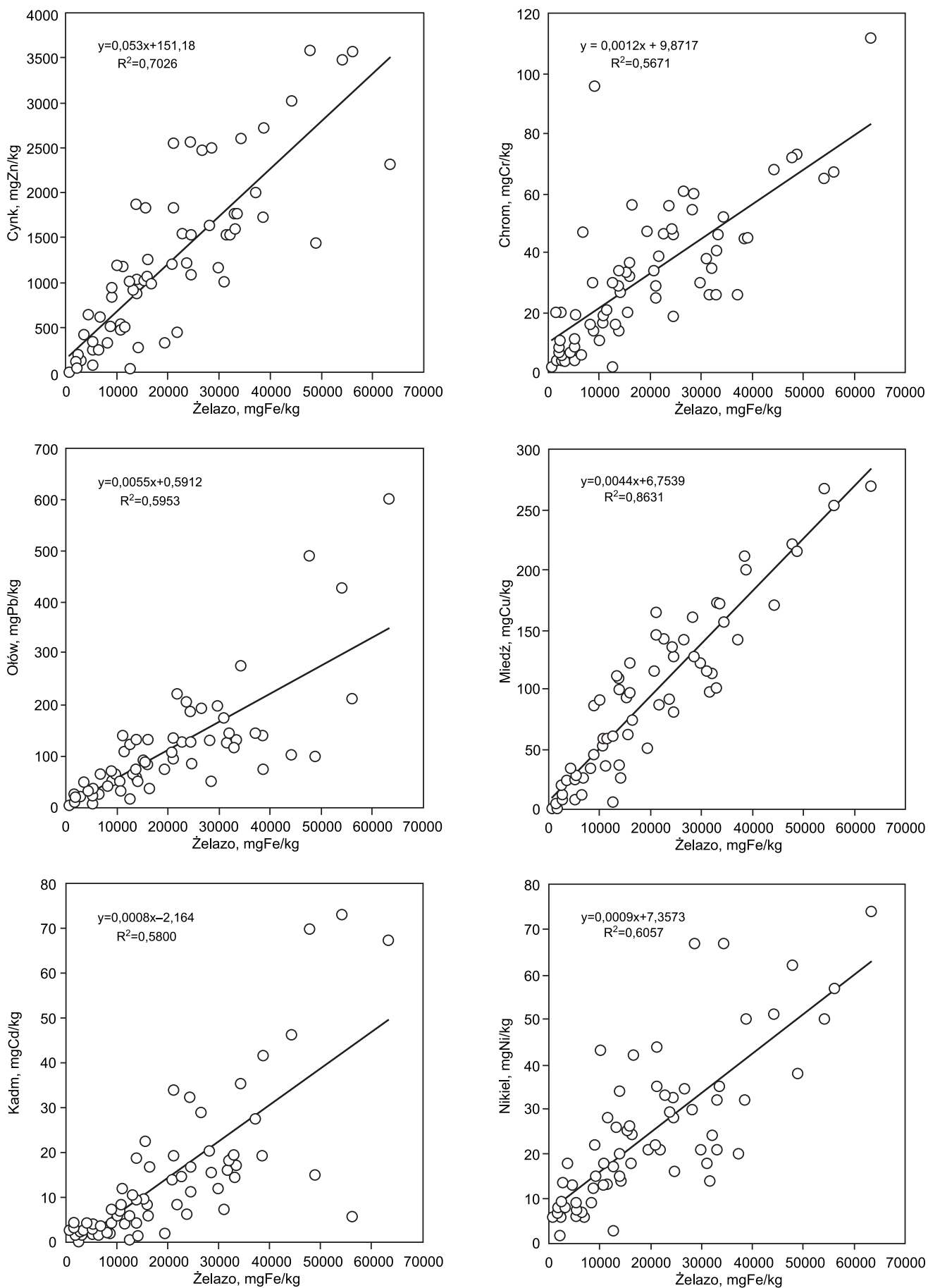
Na rysunku 1 przedstawiono przykładowe współzależności występowania jonów wybranych metali w zawiesinach w zależności od zawartości jonów żelaza. Wartości współczynnika determinacji ( $R^2$ ), wynoszące od 0,58 do 0,86, wskazują na współzależność występowania metali związanych z zawiesinami. Zależności te mogą wskazywać z jednej strony na wspólne źródło pochodzenia metali w zawiesinach, z drugiej zaś na rolę związków żelaza w procesie sorpcji metali śladowych.

W tabeli 4 podano klasyfikację zawartości metali ciężkich w zawiesinach oraz osadach dennych Kłodnicy [21]. Można stwierdzić, że w porównaniu z osadami zawartość metali ciężkich w zawiesinach była kilkakrotnie większa. Uwzględniając kryteria klasyfikacji LAWA można zaobserwować, że zawartość kadmu w zawiesinach pobranych w obrębie pierwszych pięciu stanowisk pomiarowych pozwala je sklasyfikować jako bardzo silnie zanieczyszczone (kl. IV). Zawartość cynku w zawiesinach z pierwszych czterech stanowisk pomiarowych wskazuje na silnie zanieczyszczenie zawiesin (kl. III–IV). Stwierdzono również umiarkowany (kl. II–III) stopień zanieczyszczenia zawiesin ołowiem i miedzią. Dopuszczalny stopień zanieczyszczenia

Tabela 3. Zawartość jonów metali w zawiesinach  
Table 3. Heavy metal ion content of suspended solids

Wartość	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
cynk, mgZn/kg								
Minimum	200	1180	266	345	469	3	68	121
Maksimum	6610	3580	3471	2597	2140	332	1930	1040
Średnia	1913	2178	1883	1762	1164	160	643	673
SD	2058	785	944	689	508	140	615	373
RSD	108%	36%	50%	39%	44%	88%	96%	55%
ołów, mgPb/kg								
Minimum	20	88	26	8	33	4	6	16
Maksimum	599	490	426	276	199	74	222	134
Średnia	170	189	144	113	92	36	97	73
SD	187	122	110	72	49	23	82	45
RSD	110%	64%	76%	64%	54%	64%	84%	62%
kadm, mgCd/kg								
Minimum	0,2	12	3,7	2,3	7	0,5	2,0	1,8
Maksimum	67,1	69,5	72,9	35,1	16,4	2,9	10,2	6,0
Średnia	14,1	31,3	27,2	17,7	10,8	1,9	4,7	3,8
SD	20,8	18,0	19,6	8,5	3,4	0,9	2,9	1,7
RSD	148%	57%	72%	48%	32%	47%	61%	44%
chrom, mgCr/kg								
Minimum	7	20	9	10	14	2	4	6
Maksimum	112	72	65	60	46	47	56	96
Średnia	45	42	39	39	28	17	29	35
SD	37	21	19	17	13	16	20	29
RSD	82%	50%	49%	43%	46%	93%	67%	85%
miedź, mgCu/kg								
Minimum	11	36	27	26	53	1	1	9
Maksimum	270	222	397	172	173	51	113	122
Średnia	132	121	177	122	106	21	44	54
SD	100	56	100	43	40	17	42	36
RSD	76%	46%	57%	35%	37%	82%	94%	67%
nikiel, mgNi/kg								
Minimum	7	13	8	6	13	3	6	2
Maksimum	74	62	50	67	33	21	29	42
Średnia	35	32	32	36	23	11	14	18
SD	24	16	14	19	7	5	8	13
RSD	69%	51%	43%	53%	29%	50%	57%	71%
mangan, mgMn/kg								
Minimum	87	320	113	213	240	13	17	21
Maksimum	9596	4965	3059	4291	1460	639	1358	642
Średnia	3216	2029	1259	1194	738	213	303	209
SD	3556	1637	1040	1168	445	228	442	214
RSD	111%	81%	83%	98%	60%	107%	146%	102%
żelazo, mgFe/kg								
Minimum	2420	11200	5320	5280	9000	720	1510	2060
Maksimum	63350	47810	54120	34330	33100	19430	27450	16470
Średnia	31354	29933	29666	24309	20201	8932	11550	10374
SD	26182	12066	14653	10179	9281	6792	10346	4857
RSD	84%	40%	49%	42%	46%	76%	90%	47%

SD – odchylenie standardowe, RSD – względne odchylenie standardowe (współczynnik zmienności)



Rys 1. Korelacja między zawartością jonów wybranych metali ciężkich a zawartością żelaza w zawiesinach  
 Fig. 1. Correlation between heavy metal ion content and iron content of suspended solids

Tabela 4. Klasyfikacja zawiesin i osadów dennych w Kłodnicy (wg LAWA)  
 Table 4. Classification of suspended solids and bottom sediments in the Kłodnica River (according to LAWA)

Stanowisko	Cynk		Ołów		Kadm	
	zawiesiny	osady	zawiesiny	osady	zawiesiny	osady
K1	III–IV	II	II–III	I–II	IV	II–III
K2	III–IV	II–III	II–III	I	IV	III–IV
K3	III–IV	I–II	II–III	I	IV	II–III
K4	III–IV	II	II–III	I	IV	III
K5	III	I–II	II	I	IV	III
K6	I–II	II	I–II	I–II	II–III	III
K7	II–III	II	II	I–II	III	III
K8	II–III	II	II	I–II	III–IV	III
Stanowisko	Chrom		Miedź		Nikiel	
	zawiesiny	osady	zawiesiny	osady	zawiesiny	osady
K1	I	I	II–III	I–II	I–II	I
K2	I	I	II–III	I	I–II	I
K3	I	I	III	I	I–II	I
K4	I	I	II–III	I	I–II	I
K5	I	I	II–III	I	I	I
K6	I	I	I–II	I–II	I	I
K7	I	I	II	I–II	I	I
K8	I	I	II	I–II	I	I

zawiesin nie był przekroczony w przypadku chromu i niklu. Dopuszczalny stopień zanieczyszczenia osadów dennych został przekroczony w przypadku kadmu (cały odcinek rzeki objęty badaniami) i cynku (st. K2).

W tabeli 5 przedstawiono zakres zmian ilości poszczególnych metali w zawiesinach Odry i jej dopływów w latach 1997–2000 [12]. Porównując te dane z tabelą 3 można wyciągnąć wniosek, że zawiesiny pobrane z Kłodnicy były zanieczyszczone metalami ciężkimi w znacznie mniejszym stopniu. Mogło to być spowodowane różną zawartością w zawiesinach składników odgrywających istotną rolę w transporcie metali ciężkich, w tym przede wszystkim związków żelaza, a także składników organicznych [11]. Ponadto w pracy [12] podano, że największe ilości metali spośród dopływów Odry pod koniec lat 90. XX w. często były notowane w Kłodnicy. Korzystne zmiany w gospodarce wodno-ściekowej na przestrzeni ostatnich 10 lat oraz likwidacja najbardziej uciążliwych zakładów przemysłowych mogły przyczynić się do znacznego zmniejszenia obciążenia ekosystemu Kłodnicy metalami ciężkimi, co w konsekwencji spowodowało zauważalne zmniejszenie stopnia zanieczyszczenia zawiesin metalami ciężkimi.

Tabela 5. Zawartość jonów metali w zawiesinach Odry i jej dopływów [12]

Table 5. Metal ion content of suspended solids in the Odra River and its tributaries [12]

Metal	Odra	Dopływy Odry
Cynk, mgZn/kg	351+31369	169+11497
Ołów, mgPb/kg	24,4+401,1	13,3+742,4
Kadm, mgCd/kg	1,75+39,82	0,25+119,77
Chrom, mgCr/kg	42,4+351,4	24,4+1613,3
Miedź, mgCu/kg	6,2+492,9	7,4+2462,5
Nikiel, mgNi/kg	22,1+1286,8	10,6+3317,2
Mangan, mgMn/kg	1152+11010	1064+22107
Żelazo, mgFe/kg	23881+121316	22705+385072

Wyniki przeprowadzonych badań pozwoliły stwierdzić znacznie większe zanieczyszczenie metalami ciężkimi zawiesin, w porównaniu z osadami dennymi. Można również przypuszczać, że znaczna zawartość związków metali w zawiesinach wskazuje na ich istotną rolę w transporcie tych pierwiastków wraz z biegiem rzeki.

## Wnioski

♦ Zgodnie z klasyfikacją LAWA, zawartość jonów kadmu i cynku w zawiesinach w Kłodnicy wskazuje na jej bardzo silne lub silne zanieczyszczenie, podczas gdy osady denne były silnie zanieczyszczone tylko kadmem.

♦ Zawiesiny obecne w Kłodnicy wykazały umiarkowane zanieczyszczenie jonami ołowiu i miedzi, a w przypadku niklu i chromu ich zawartość była na poziomie dopuszczalnym. W osadach dennych zawartość tych pierwiastków nie przekraczała wartości dopuszczalnej.

♦ Zawartość metali ciężkich w zawiesinach była kilkakrotnie większa niż w osadach dennych, co świadczyło o istotnej roli zawiesin w procesie przemieszczania się tych zanieczyszczeń wraz z biegiem rzeki.

♦ W miarę wzrostu zawartości żelaza związanego z zawiesinami wykazano również większą zawartość jonów pozostałych metali. W związku z tym można przyjąć, że związki żelaza występujące w formach nierozpuszczonych odgrywają istotną rolę w wiązaniu metali ciężkich w zawiesinach.

♦ Duże zmiany zawartości jonów metali w zawiesinach, obserwowane zarówno w trakcie prowadzenia badań, jak i w wyniku porównania z danymi literaturowymi, wykazały celowość dalszych analiz nad dynamiką tych zmian.

*Praca naukowa została sfinansowana ze środków przeznaczonych na naukę w latach 2008–2010, jako projekt badawczy nr NN 523 4131 35.*



## LITERATURA

1. W. NOCOŃ: Oznaczanie zawiesiny ogólnej – metoda z wykorzystaniem filtrów membranowych. *Laboratorium – Przegląd Ogólnopolski* 2006, nr 11, ss. 10–11.
2. A. STACH: Przebieg transportu substancji rozpuszczonych i zawiesin w trakcie wezbrania opadowego w dwóch zlewniach dorzecza Parsęty. Sprawozdanie PTPN 1988, nr 106, ss. 24–28 (praca niepublikowana).
3. M.T. ANH, L.M. TRIET, J. SAUVAIN, J. TARRADELLAS: PAH concentration levels in air particles and sediments of Ho Chi Minh City, Vietnam. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 1999, Vol. 63, No. 6, pp. 728–735.
4. A. KOSTRZEWSKI, M. MAZUREK, Z. ZWOLIŃSKI: Reżim transportu fluwialnego a charakter procesów denudacyjnych w zlewni górnej Parsęty. *Mat. I Zjazdu Geomorfologów Polskich, Poznań* 1991, ss. 61–62.
5. K. KRZEMIEN, J. ŚWIĘTOCHOWICZ: Zróżnicowanie i zmienność koncentracji zawiesiny w zlewni Starej Rzeki. *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne* 1992, nr 88, ss. 71–86.
6. A. CZAPLIKA-KOTAS, Z. ŚLUSARCZYK, J. ZAGAJSKA, A. SZOSTAK: Analiza zmian zawartości jonów wybranych metali ciężkich w wodzie Jeziora Goczałkowickiego w latach 1994–2007. *Ochrona Środowiska* 2010, vol. 32, nr 4, ss. 51–56.
7. A. KOSTRZEWSKI, M. MAZUREK, Z. ZWOLIŃSKI: Sezonowa zmienność składu chemicznego wód górnej Parsęty (Pomorze Zachodnie) jako odzwierciedlenie funkcjonowania systemu zlewni. *Człowiek i Środowisko* 1993, nr 6, ss. 79–99.
8. K. PASTERNAK: Akumulacja metali ciężkich w osadach dennych Białej Przemszy jako wskaźnik ich rozprzestrzeniania drogą wodną z górniczo-hutniczego ośrodka przemysłu cynku i ołowiu. *Acta Hydrobiologica* 1974, vol. 16, ss. 51–63.
9. E. SZALIŃSKA, A. KOPERCZAK, A. CZAPLIKA-KOTAS: Badania zawartości metali ciężkich w osadach dennych dopływów Jeziora Goczałkowickiego. *Ochrona Środowiska* 2010, vol. 32, nr 1, ss. 21–25.
10. A.W. SABRI, A.R. KHALID, I.K. THAER: Heavy metals in the water, suspended solids and sediment of the river Tigris impoundment at Samarra. *Water Research* 1993, Vol. 27, No. 6, pp. 1099–1103.
11. W. NOCOŃ: Rola zawiesin w transporcie metali ciężkich w płynących wodach powierzchniowych. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 2011 (praca niepublikowana).
12. E. ADAMIEC: Rola zawiesiny w zanieczyszczeniu metalami śladowymi rzeki Odry. Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków 2003.
13. E. ADAMIEC, E. HELIOS-RYBICKA: Distribution of pollutants in the Odra River system. Part IV. Heavy metal distribution in water of the upper and middle Odra River, 1998–2000. *Polish Journal of Environmental Studies* 2002, Vol. 11, No. 6, pp. 669–673.
14. E. ADAMIEC, E. HELIOS-RYBICKA: Distribution of pollutants in the Odra River system. Part V. Metals content in the suspended matter and sediments of the Odra River system and recommendations for river chemical monitoring. *Polish Journal of Environmental Studies* 2002, Vol. 11, No. 6, pp. 675–688.
15. E. HELIOS-RYBICKA, E. ADAMIEC, U. ALEKSANDER-KWATERCZAK: Distribution of trace metals in the Odra river system: Water-suspended matter-sediments. *Limnologica – Ecology and Management of Inland Waters* 2005, Vol. 35, No. 3, pp. 185–198.
16. M. KOSTECKI: Zawiesina jako element zanieczyszczeń antropogenicznego ekosystemu wodnego na przykładzie zbiornika zaporowego Dzierżno Duże. *Archiwum Ochrony Środowiska* 2000, vol. 26, nr 4, ss. 75–94.
17. LAWA – Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser. Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland – chemische Gewässergüteklassifikation, Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer. Band 2. Berlin 1998, 10, S. 26.
18. W. NOCOŃ, M. KOSTECKI: Hydro-chemical characteristic of the Bytomka River. *Archives of Environmental Protection* 2005, Vol. 31, No. 1, pp. 31–42.
19. W. NOCOŃ, M. KOSTECKI: Hydro-chemical characteristic of the Czarniawka River. *Archives of Environmental Protection* 2005, Vol. 31, No. 2, pp. 95–104.
20. W. NOCOŃ, M. KOSTECKI, J. KOZŁOWSKI: Charakterystyka hydrochemiczna rzeki Kłodnicy. *Ochrona Środowiska* 2006, vol. 28, nr 3, ss. 39–44.
21. K. BARBUSIŃSKI, W. NOCOŃ: Zawartość związków metali ciężkich w osadach dennych Kłodnicy. *Ochrona Środowiska* 2011, vol. 33, nr 1, ss. 13–17.

**Barbusinski, K., Nocoń, W., Nocoń, K., Kernert, J. The Role of Suspended Solids in the Transport of Heavy Metals in Surface Water, Exemplified by the Kłodnica River (Upper Silesia). *Ochrona Środowiska* 2012, Vol. 34, No. 2, pp. 33–38.**

**Abstract:** Concentrations were measured of eight heavy metals (Zn, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Mn, Fe) found in the suspended solids of surface water. The Kłodnica River was chosen as an example to demonstrate the role of suspended solids in heavy metal transport. Water samples containing suspended solids were collected at eight points located along the entire length of the river. The results were interpreted using the German classification LAWA. A correlation was found to occur between the heavy metal ion content and the

iron content of the suspended solids. Comparative analysis has demonstrated that the heavy metal content of suspended solids was lower in the Kłodnica than in the Odra River and its tributaries. Analysis of the results has also revealed that the heavy metal ion content of suspended solids was several times that of the bottom sediments. This substantiates the significant role of suspended solids in the transport of pollutants down the river. Considerable changes in the heavy metal ion content of suspended solids (not only observed during this study but also reported in the literature) corroborate the need of investigating the dynamics of these changes.

**Keywords:** River water, suspended solids, bottom sediments, heavy metals, pollution transport.