

Prądnik. Prace Muz. Szafera	24	139–150	2014
-----------------------------	----	---------	------

PAWEŁ MIŚKOWIEC<sup>1</sup>, ANNA ŁAPTAŚ, WERONIKA TŁUŚCIAK

Wydział Chemii UJ, Zakład Chemii Środowiska  
ul. Gronostajowa 3, 30–387 Kraków  
<sup>1</sup>miskowie@chemia.uj.edu.pl

## METALE CIĘŻKIE W WODACH I OSADACH RZECZNYCH PRĄDNIKA I SĄSPÓWKI

### Heavy metals in water and sediments of the Prądnik river and Sąspówka creek

**Abstract.** The contamination of the surface water and sediments with heavy metals is one of the most serious problems in the field of environmental protection in the Silesian-Cracow Upland. The studies of the Prądnik river and Sąspówka creek in the Ojców National Park revealed even several dozen times exceedance of the allowable concentrations of both cadmium and lead in some of the measuring points. Analysis of the river sediments showed a significant accumulation of both elements above mentioned, as well as zinc, qualifying the studied sediments as moderately to heavily polluted. In the area of the Ojców National Park one also identified a potential local source of the contamination with copper. The strong correlation between the concentrations of zinc, lead, cadmium and chromium in sediments indicates a common origin of the pollution, which are still predominantly industrial dust emissions from Upper Silesia and north-west of Małopolska.

**Key words:** Prądnik river, sediments, heavy metals, atomic absorption spectrometry

## WSTĘP

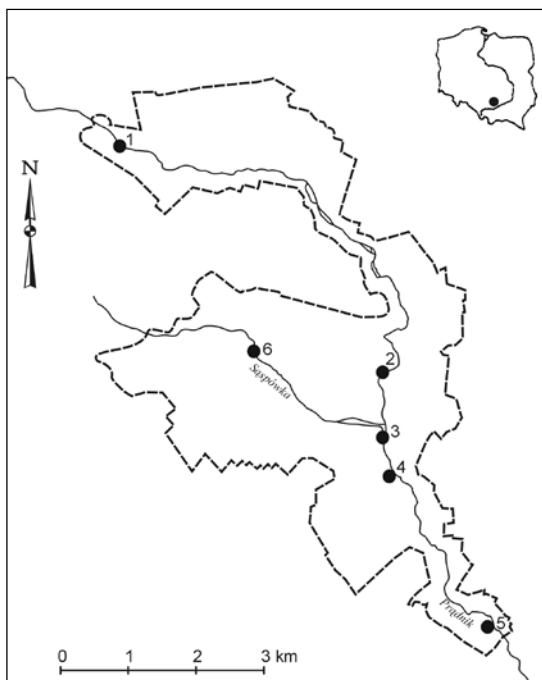
Prądnik jest jednym z ważniejszych dopływów Wisły wypływających z Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. Swoje źródła ma w miejscowości Sułoszowa, a ujście w Krakowie-Dąbiu. W środkowym biegu przepływa przez Ojcowski Park Narodowy (OPN), wcinając się w głęboki wąwóz wyżłobiony w skałach wapiennych wieku jurajskiego. Na terenie Parku Narodowego Prądnik zasilany jest przez źródła krasowe oraz prawobrzeżny dopływ – Sąspówkę (Baścik, Partyka 2011). Zlewnia Prądnika w jego górnym i środkowym biegu od wielu lat zagrożona jest silną antropopresją zarówno w skali regionalnej na skutek emisji pyłów przemysłowych ze Śląska i północno-zachodniej Małopolski, jak również w skali lokalnej, wskutek wzmożonego ruchu samochodowego na terenie OPN oraz gospodarki komunalnej sąsiadujących z Parkiem gmin (Sołtys-Lelek i in. 2010; Staszewski i in. 2012; Klasa, Sołtys-Lelek 2013).

Pyły emitowane przez zakłady przemysłowe Górnego Śląska oraz okolic Olkusza bogate są w pierwiastki takie jak cynk, ołów, kadm, tal i arsen. Pierwiastki te dostają się do gleb a następnie wód płynących wskutek depozycji suchej oraz mokrej w postaci opadów atmosferycznych (Nowińska, Adamczyk 2013; Pająk 2014; Szczygieł i in. 2014). Część metali przedostaje się ze źródeł o lokalnym zasięgu takich jak składowanie i użytkowanie środków ochrony roślin oraz nawozów fosforowych (miedź, kadm). Wskutek wzmożonego ruchu samochodowego przedostaje się do gleby kadm i nikiel, natomiast z dzikich wysypisk śmieci i nielegalnego zrzutu ścieków bytowych pochodzą takie metale jak miedź, chrom, nikiel, kadm i in. (Kabata-Pendias i in. 1995; Plak i in. 2010; Czarnocki, Paluszkiwicz 2014).

Celem pracy była ocena stanu zanieczyszczenia wód Prądnika oraz Saspówki cynkiem, ołowiem, kadmem, chromem i miedzią, jak również akumulacji tych metali w osadach rzecznych będących reprezentatywnym wskaźnikiem jakości środowiska wodnego. Dokonano również próby identyfikacji ewentualnych lokalnych źródeł przedostawania się wymienionych pierwiastków do wód Prądnika na terenie OPN.

## METODA BADAŃ

Próbki wód i osadów dennych przeznaczonych do badań zostały pobrane w maju 2013 roku. Pobór oraz ich utrwalenie wykonano w oparciu o normy PN-C-04632-03:1988P i PN-C-04632-04:1988P. Termin poboru został dobrany tak, aby zminimalizować wpływ wcześniejszych opadów atmosferycznych. Punkty pomiarowe zostały wyselekcjonowane w sposób umożliwiający całościową analizę stanu zanieczyszczenia Prądnika oraz Saspówki na terenie OPN (ryc. 1; tab. 1).



Badania laboratoryjne obejmowały oznaczenie metodą płomieniowej atomowej spektrometrii absorpcyjnej zawartości cynku, ołowiu, kadmu, chromu oraz miedzi zarówno w wodach jak i osadach dennych potoku Prądnik i Saspówka. W próbkach wody metale oznaczono bezpośrednio zgodnie z normami PN-ISO 8288 oraz PN-EN 1233. Osady rzeczne zostały przed analizą wysuszone oraz zmineralizowane w wodzie królewskiej. We wszystkich próbkach wody oznaczono twardość ogólną metodą miareczkowania z EDTA w oparciu o PN-ISO 6059:1999 oraz pH zgodnie z normą PN-90/C-04540/01.

Ryc. 1. Lokalizacja geograficzna punktów poboru próbek wód i osadów dennych

Fig. 1. Geographical location of the points of the water and sediment collection

Tabela 1. Lokalizacja geograficzna punktów poboru próbek wód i osadów dennych

Table 1. Geographical location of the points of the water and sediment collection

Nr próbki Sample number	Miejsca poboru próbki Points of the soil sample	Współrzędne geograficzn Geographical coordinates	
1	Prądnik przy Pieskowej Skale	50°14'45"N	19°46'31"E
2	Prądnik przy Kaplicy na Wodzie	50°12'52"N	19°49'48"E
3	Prądnik poniżej ujścia Saspówki	50°12'10"N	19°49'42"E
4	Prądnik przy Bramie Krakowskiej	50°11'46"N	19°49'50"E
5	Prądnik w Prądniku Korzkiewskim	50°10'53"N	19°50'18"E
6	Saspówka w środkowym biegu	50°12'15"N	19°48'58"E

Ocenę jakości wód pod kątem zanieczyszczenia metalami ciężkimi dokonano w oparciu o dwa rozporządzenia Ministra Środowiska:

1. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia (*Rozporządzenie MŚ z 27 listopada 2002 r.*),

2. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (*Rozporządzenie MŚ z 9 listopada 2011 r.*). W rozporządzeniu tym kadm oraz ołów traktowane są jako tzw. substancje priorytetowe, których maksymalne dopuszczalne stężenie nie powinno być przekroczone z uwagi na ochronę zdrowia ludzkiego i środowiska.

W przypadku oceny zanieczyszczenia osadów dennych metalami ciężkimi nie istnieje obecnie jedna, powszechnie przyjęta metoda. Dlatego też, w celach porównawczych, oparto się na dwóch klasyfikacjach, które zostały omówione niżej. Pierwsza z nich to klasyfikacja zaproponowana przez Bojakowską i Sokołowską na podstawie tzw. kryterium geochemicznego (Bojakowska, Sokołowska 1998; Bojakowska 2001). Metoda ta jest powszechnie stosowana w rutynowych badaniach monitoringowych osadów dennych w Polsce (Wardas i in. 2006; Głosińska, Siepak 2007; Rogulska 2013; Kazimierowicz Z., Kazimierowicz J. 2014). Autorki dokonują podziału osadów dennych na cztery klasy w zależności od stężenia metali. Zaproponowany podział z uwzględnieniem metali analizowanych w niniejszej pracy zaprezentowany jest w tabeli 2.

Drugim z parametrów użytym w ocenie jakości osadów rzecznych doliny Prądnika jest tzw. indeks geoakumulacyjny ( $I_{geo}$ ). Indeks ten wyraża się wzorem:

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n}{1,5B_n}$$

gdzie:  $C_n$  to zawartość pierwiastka w osadach dennych,  $B_n$  – geochemiczna zawartość tła danego pierwiastka, zaś 1,5 – współczynnik uwzględniający zmienność litologiczną zlewni (Forstner 1989). Indeks geoakumulacyjny ma siedem stopni, od 0 do 6, przy czym stopień szósty odzwierciedla prawie 100-krotne wzbogacenie osadów w badany pierwiastek w stosunku do wartości tła.

Tabela 2. Klasyfikacja osadów wodnych na podstawie kryteriów geochemicznych dla wybranych metali ciężkich. Na podstawie publikacji (Bojakowska i Sokołowska 1998; Bojakowska 2001)

Table 2. Classification of the water sediments on the basis of geochemical criteria for the chosen heavy metals. Based on papers (Bojakowska et al. 1998; Bojakowska 2001)

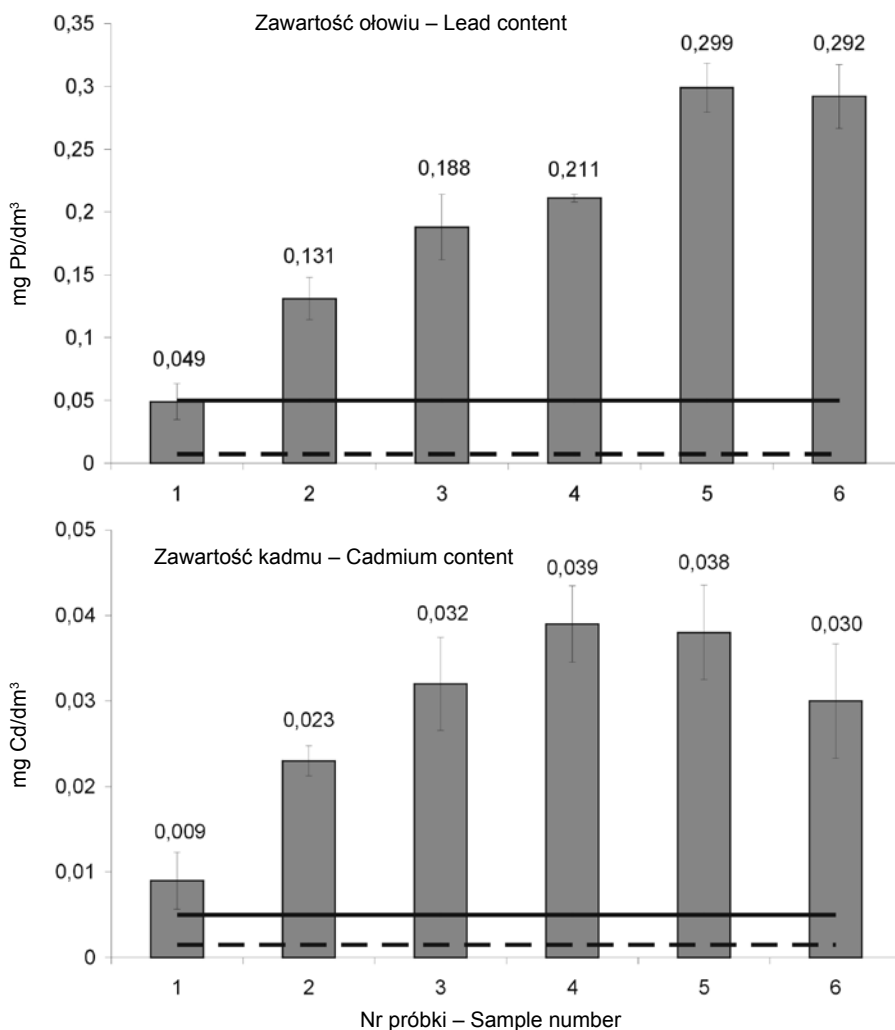
Składnik Element	Tło geochemiczne Geochemical background mg/kg	Klasa I 1 <sup>st</sup> class	Klasa II 2 <sup>nd</sup> class	Klasa III 3 <sup>rd</sup> class	Klasa IV 4 <sup>th</sup> class
		osady niezanie- czyszczone unpolluted sediments mg/kg	osady miernie zanieczysz- czone moderately polluted sediments mg/kg	osady zanieczysz- czone polluted sediments mg/kg	osady silnie zanieczysz- czone highly polluted sediments mg/kg
Cynk Zinc	73	200	500	1000	>1000
Ołów Lead	15	30	100	200	>200
Kadm Cadmium	<0,5	1	3,5	6	>6
Chrom Chromium	6	50	100	400	>400
Miedź Copper	7	40	100	200	>200

## WYNIKI I DYSKUSJA

Zmierzony odczyn badanych wód miał wartość w zakresie 7,9 – 8,1, a twardość ogólna każdej z próbek przekroczyła wartości 200 mgCaCO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup>, co klasyfikuje wody Prądnika i Sąsypówki jako zasadowe średnio twarde i twarde. Stężenia analizowanych metali ciężkich w wodach płynących Prądnika wzdłuż jego biegu od Pieskowej Skały po Prądnik Korzkiewski (punkty 1–5) oraz Sąsypówki w jej środkowym biegu (punkt nr 6) zaprezentowano na ryc. 2 i 3. Zawartości ołowiu i kadmu wyraźnie rosną wraz z biegiem rzeki. Stężenie ołowiu pomiędzy pierwszym a ostatnim punktem poboru wzrasta sześciokrotnie, a kadmu ponad czterokrotnie. Zawartość obu pierwiastków w badanych wodach w każdym punkcie pomiarowym przekracza dopuszczalne wartości maksymalne obu cytowanych rozporządzeń.

Poza wymienionymi metalami nie zanotowano przekroczenia maksymalnych dopuszczalnych stężeń pozostałych analizowanych pierwiastków. Stężenie cynku kształtowało się poniżej granicy oznaczalności metody pomiarowej (<0,005mg/dm<sup>3</sup>). Wartym odnotowania jest jedynie fakt najwyższej zawartości miedzi w wodzie okolic centrum miejscowości Ojców (próbka nr 3). Są to jednak w dalszym ciągu wartości kilkukrotnie niższe od dopuszczalnych cytowanymi rozporządzeniami.

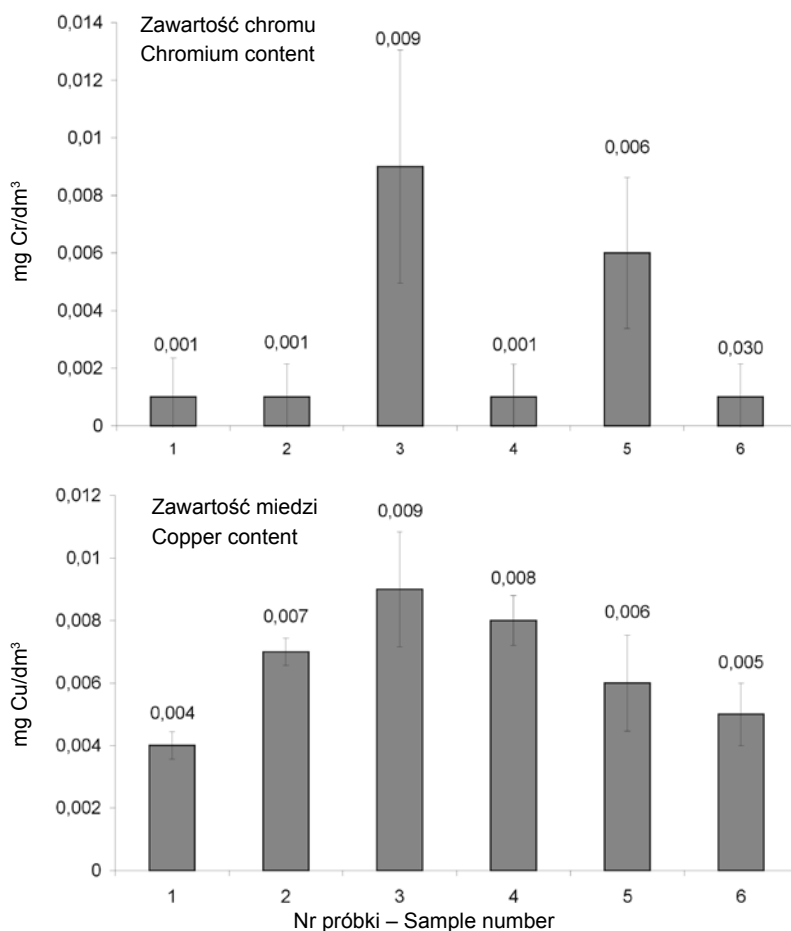
Zawartości badanych metali ciężkich w osadach rzecznych Prądnika i Sąsypówki przedstawiono na ryc. 4. Analiza jakości osadów rzecznych przeprowadzona w oparciu o informacje z tabeli 2. i dane z ryc. 3. pozwala je zakwalifikować, wg podziału Bojakowskiej i Sokołowskiej, do grup od „0” (tło geochemiczne) do III (osady zanieczyszczone), przy czym klasa III występuje jedynie w przypadku zanieczyszczenia kadmem. Poza kadmem w próbkach osadów zanotowano podwyższoną zawartość ołowiu, a w górnym biegu Prądnika również cynku. Uzyskane wyniki zaprezentowane są w tabeli 3.



Ryc. 2. Stężenia ołowiu i kadmu w wodach Prądnika oraz Saspówki na terenie Ojcowskiego Parku Narodowego (w mg/dm<sup>3</sup>). Liniami zaznaczono maksymalne dopuszczalne stężenia pierwiastków wg rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r. (linia ciągła) i Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. (linia przerywana). W przypadku stężenia kadmu wartość zaznaczona linią przerywaną zależna jest od całkowitej ogólnej twardości wody

Fig. 2. The concentrations of lead and cadmium in the river Prądnik and Saspówka creek in the Ojców National Park (in mg/dm<sup>3</sup>). The lines indicate the maximal concentration of particular element according to the Regulation of the Polish Ministry of the Environment from the 27.11.2002 (continuous line) and the Regulation of the Polish Ministry of the Environment from the 09.11.2011 (dashed line). In the case of cadmium the maximal concentration marked with dashed line is dependent on the total hardness of water

Podobny obraz zanieczyszczenia osadów rzecznych Prądnika i Saspówki wyłania się przy zastosowaniu jako metody oceny *współczynnika geoakumulacyjnego*. Osady również i w tym przypadku można zakwalifikować od „praktycznie niezanieczyszczonych” do „umiarkowanie do silnie zanieczyszczonych”. Dominuje zanieczyszczenie kadmem oraz w mniejszym stopniu ołowiem oraz cynkiem (tab. 4).



Ryc. 3. Stężenia miedzi i chromu w wodach Prądnika oraz Saspówki na terenie Ojcowskiego Parku Narodowego (w mg/dm<sup>3</sup>). Wartości maksymalne, wynoszące odpowiednio 0,05 mg/dm<sup>3</sup> dla miedzi oraz według cytowanych obu rozporządzeń 0,02 mg/dm<sup>3</sup> i 0,05 mg/dm<sup>3</sup> dla chromu, nie zostały przekroczone

Fig. 3. The concentration of copper and chromium in the river Prądnik and Saspówka creek in the Ojców National Park (in mg/dm<sup>3</sup>). The maximal values according to the both regulations of the Polish Ministry of the Environment (which are 0,05 mg/dm<sup>3</sup> for copper and 0,02 mg/dm<sup>3</sup> and 0,05 mg/dm<sup>3</sup> for chromium) haven't been exceeded

Tabela 3. Klasy geochemiczne badanych osadów rzecznych w oparciu o klasyfikację Bojakowskiej i Sokołowskiej (Bojakowska i Sokołowska 1998; Bojakowska 2001)

Table 3. Geochemical classes of the sediments studied, based on the works of Bojakowska and Sokołowska (Bojakowska i in. 1998; Bojakowska 2001)

Składnik Element	Klasyfikacja – Classification					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Cynk – Zinc	II	II	0	I	I	0
Ołów – Lead	II	II	II	II	II	I
Kadm – Cadmium	III	III	II	III	II	II
Chrom – Chromium	I	I	0	I	0	0
Miedź – Copper	0	0	I	0	0	0

Tabela 4. Klasyfikacja badanych osadów rzecznych na podstawie wartości współczynnika geoakumulacyjnego

Table 4. Classification of the sediments studied, based on the value of the index of geoaccumulation

Składnik Element	Indeks geoakumulacyjny $I_{geo}$ Index of geoaccumulation $I_{geo}$					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Cynk Zinc	1,19	1,52	-0,69	0,31	0,70	-1,24
Ołów Lead	0,83	1,25	0,72	0,84	1,25	0,26
Kadm Cadmium	2,29	2,36	1,77	2,17	2,11	1,57
Chrom Chromium	-0,33	0,98	-0,67	-0,19	-0,75	-1,13
Miedź Copper	-1,34	-0,66	0,004	-1,28	-1,89	-2,79
Klasa Class	Wartość indeksu The value of the index		Jakość osadu Quality of the sediment			
0	$I_{geo} \leq 0$		Praktycznie niezanieczyszczony Practically unpolluted			
1	$0 < I_{geo} < 1$		Niezanieczyszczony do umiarkowanie zanieczyszczonego Unpolluted up to moderately polluted			
2	$1 < I_{geo} < 2$		Umiarkowanie zanieczyszczony Moderately polluted			
3	$2 < I_{geo} < 3$		Umiarkowanie do silnie zanieczyszczonego Moderately polluted up to highly polluted			

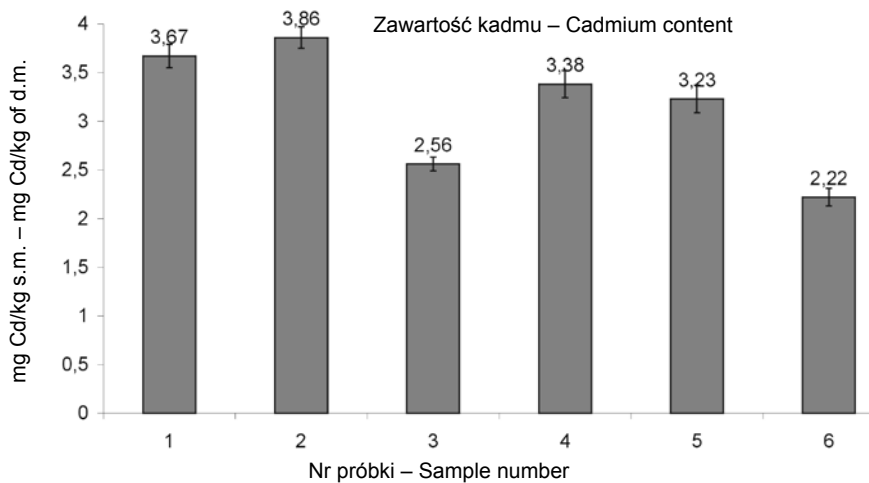
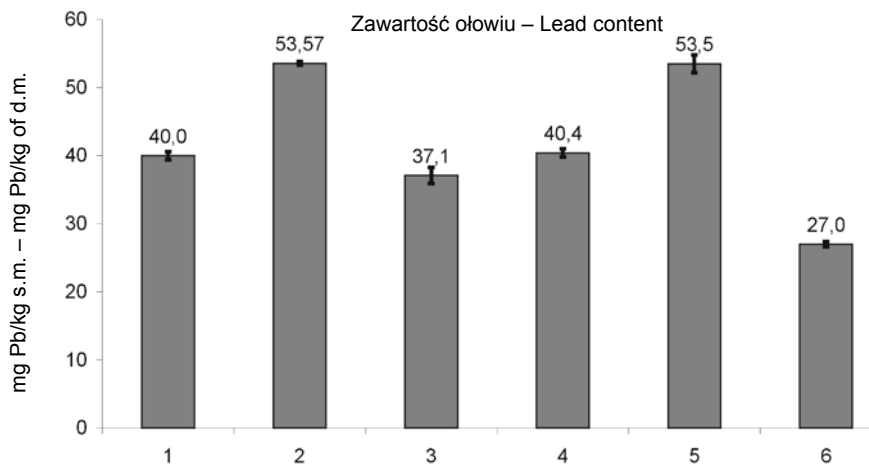
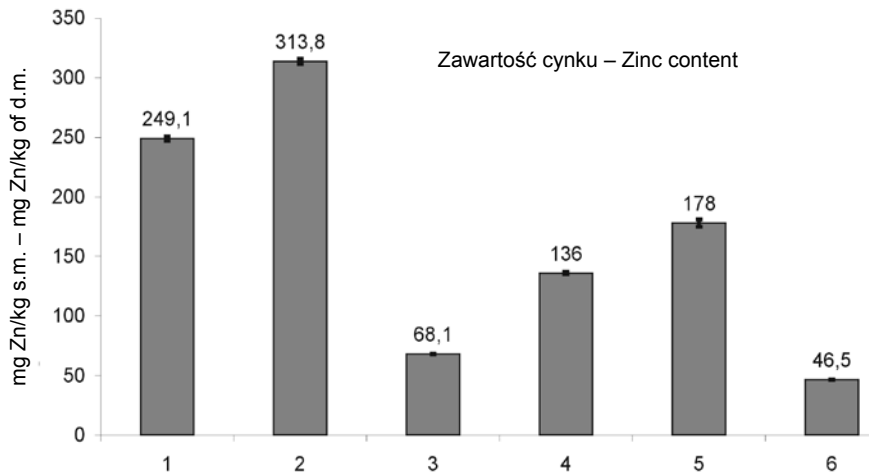
Tabela 5. Podstawowe parametry statystyczne uzyskanych wyników stężeń metali ciężkich w osadach rzecznych

Table 5. The basic statistical parameters of the obtained results of the concentrations of heavy metals in the rivers' sediments

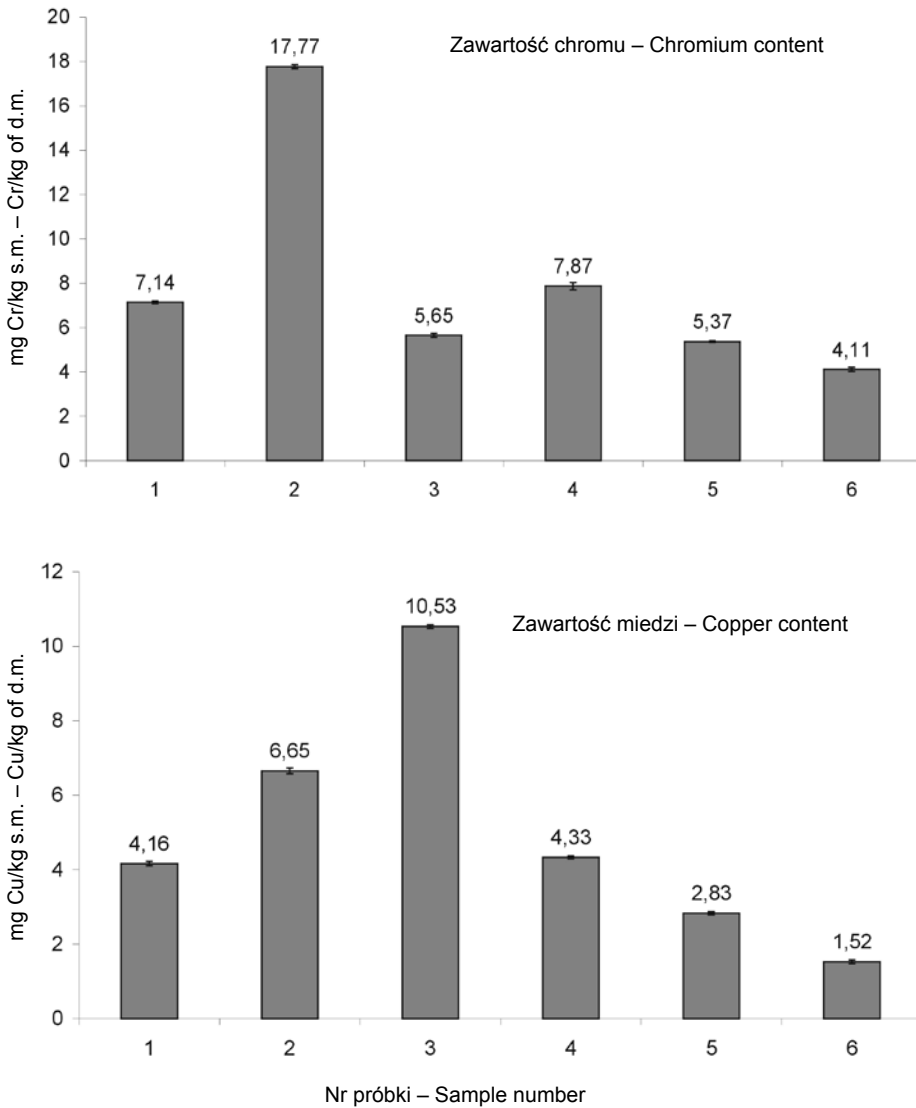
Parametry statystyczne Statistical parameters	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)
Średnia Mean	165	42	3,2	8	5
Mediana Median	157	40	3,3	6,4	4,2
Odchylenie standardowe Standard deviation	104	11	0,7	5	3,3

Uwagę zwraca, podobnie jak w przypadku jakości wód, podwyższona zawartość miedzi w osadach rzecznych Prądnika w centrum Ojcowa, co wskazuje na lokalne zanieczyszczenie tym pierwiastkiem. Jedną z prawdopodobnych przyczyn tego zjawiska może być stopniowe wypłukiwanie do rzeki fungicydów miedziowych stosowanych w sadach i ogrodach przydomowych.

Analiza współczynników korelacji pomiędzy stężeniami metali w osadach (ryc. 5), wskazuje jednoznacznie na silne powiązanie ze sobą stężeń cynku, ołowiu, kadmu oraz chromu, co sugeruje wspólne źródło zanieczyszczenia tymi pierwiastkami. W przypadku

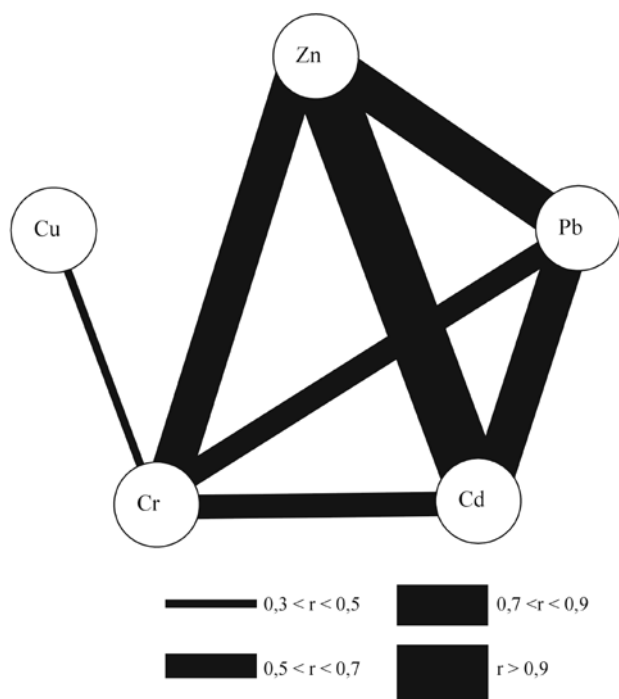






Ryc. 4. Zawartość cynku, ołowiu, kadmu, chromu oraz miedzi w osadach rzecznych Prądnika i Sąsypówki na terenie Ojcowskiego Parku Narodowego (w mg/kg suchej masy)

Fig. 4. The content of zinc, lead, cadmium, chromium and copper in the river sediments of Prądnik and Sąsypówka in the Ojców National Park (in mg/kg of the dry mass)



Ryc. 5. Korelacje pomiędzy stężeniami metali ciężkich w badanych osadach rzecznych Prądnika i Sąspówki.  $r$  – współczynnik korelacji Pearsona

Fig. 5. Correlations between concentrations of the heavy metals in the sediments of Prądnik and Sąspówka.  $r$  – Pearson correlation factor

miedzi na niski poziom korelacji jej stężenia z innymi metalami ma wpływ jej wysoka akumulacja w okolicach wsi Ojców, niewspółmierna do zawartości innych badanych pierwiastków. Wspólne źródło Zn, Pb i Cd w osadach potwierdza również ocena statystyczna uzyskanych wyników (tab. 5), a przede wszystkim niewielka różnica pomiędzy wartościami średniej i mediany analizowanych stężeń.

## WNIOSKI

Badania potwierdziły ciągle dopływ zanieczyszczeń metalicznych do wód Prądnika i Sąspówki, jak również wysoką depozycję kadmu oraz ołowiu w osadach rzecznych – porównywalną ze stężeniem tych metali przy ujściu Prądnika w Krakowie (Wardas i in. 2006). Wartości współczynnika korelacji Pearsona stężeń Zn-Cd, Zn-Pb, Zn-Cr powyżej 0,7 wskazują na wspólne źródło zanieczyszczeń, związane w tym wypadku z górnictwem i hutnictwem cynku w północno-zachodniej Małopolsce i Górnym Śląsku. Wysokie stężenia ołowiu oraz kadmu w badanych wodach dyskwalifikują je jako wody pitne, i są dużym problemem środowiskowym ze względu na toksyczność wymienionych metali i ich zdolność akumulowania się w kolejnych stopniach łańcucha troficznego. Uwagę zwraca również lokalne zanieczyszczenie zarówno wód jak i osadów rzecznych Prądnika związkami miedzi w okolicach Ojcowa. Źródło zanieczyszczenia nie jest jasne, można jednakże domniemywać stosowanie preparatów grzybobójczych na bazie miedzi – popularnych w sadownictwie i ogrodnictwie przydomowym. Metale zakumulowane w osadach rzecznych są w dużym stopniu unieczynnione na skutek wysokiego pH wód. Zmiana odczynu na obojętny lub kwa-

śny, mogąca zachodzić zarówno w cyklu rocznym jak i wieloletnim (kwaśne opady), może jednakże spowodować ponowne ich włączenie do obiegu biogeochemicznego, zwłaszcza pierwiastków tak mobilnych jak kadm, ołów, czy chrom (Kabata-Pendias i in. 1995).

Reasumując, niezwykle istotne jest prowadzenie dalszego, systematycznego monitoringu badawczego wszystkich komponentów środowiska Parku pod kątem zawartości toksykantów metalicznych, kontrola znanych źródeł zanieczyszczeń i identyfikacja nowych. Wskazane jest też upublicznienie informacji o wysokim, szkodliwym dla zdrowia, stężeniu ołowiu oraz kadmu w wodach płynących Parku.

## PIŚMIENNICTWO

Baścik M., Partyka J. 2011. *Wody na Wyżynach Olkuskiej i Miechowskiej. Zlewnie Prądnika, Dłubni i Szreniawy*. IGI GP UJ, OPN. Kraków – Ojców, s. 14-37.

Bojakowska I., Sokołowska G. 1998. *Geochemiczne klasy czystości osadów wodnych*. „Przegląd Geologiczny”, **46**, 1: 49–54.

Bojakowska I. 2001. *Kryteria oceny zanieczyszczenia osadów wodnych*. „Przegląd Geologiczny”, **49**, 3: 213–218.

Czarnocki S., Paluszkiwicz J. 2014. *Zawartość wybranych metali ciężkich w wodach odciekowych ze składowiska odpadów w Woli Suchożebrskiej*. „Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich”, **2**, 3: 881–890.

Förstner U. 1989. *Contaminated Sediments Lectures on Environmental Aspects of Particle-Associated Chemicals in Aquatic Systems*, Series: Lecture Notes in Earth Sciences, 21. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg.

Głosińska G., Siepak J. 2007. *Zanieczyszczenie środkowej i dolnej Odry wybranymi metalami ciężkimi w latach 1991–2005 na podstawie wyników monitoringu geochemicznego osadów dennych*. „Rocznik Ochrona Środowiska”, **9**: 167–182.

Kabata-Pendias A., Piotrowska M., Motowicka-Terelak T., Maliszewska-Kordybach B., Filipiak K., Krakowiak A., Pietruch C. 1995. *Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA*. Warszawa, s. 15–19.

Kabata-Pendias A., Pendias H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Warszawa, s. 111-346.

Kazimierowicz Z., Kazimierowicz J. 2014. *Badania zawartości metali ciężkich w zlewni rzeki Biebrzy i jej trzech dopływów*. „Inżynieria Ekologiczna”, **40**: s. 25–32.

Kłosa A., Sołtys-Lelek A. 2013. *Aktualne problemy ochrony przyrody Ojcowskiego Parku Narodowego (Polska południowa)*. „Prądnik. Prace Muz. Szafera”, **23**: 7–52.

Nowińska K., Adamczyk Z. 2013. *Mobilność pierwiastków towarzyszących odpadom hutnictwa cynku i ołowiu w środowisku*. „Górnictwo i Geologia”, **8**, 1: 77–87.

Pająk B. 2014. *Raport o stanie środowiska w województwie małopolskim w 2013 roku*. Kraków, s. 22–26.

Plak A., Bartmiński P., Dębicki R. 2010. *Wpływ transportu publicznego na zawartość wybranych metali ciężkich w glebach sąsiadujących z ulicami Lublina*. „Proceedings of Ecopole”, **4**, 1: 167–171.

Rogulska A. (red.) 2013. *Raport o stanie środowiska województwa lubelskiego w 2012 roku*. Lublin, s. 64–66.

*Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia*. „Dziennik Ustaw RP”, 2002, nr 204, poz. 1728.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych „Dziennik Ustaw RP”, 2011, nr 257 poz. 1545.

Sołtys-Lelek A., Rózkowski J., Lelek K. 2010. *Wpływ antropopresji na środowisko biotyczne i abiotyczne stref źródliskowych na obszarze Ojcowskiego Parku Narodowego i jego otuliny*. „Prądnik. Prace Muz. Szafera”, **20**: 377–396.

Staszewski, T., Łukasik W., Kubisa P. 2012. *Contamination of Polish national parks with heavy metals*. „Environmental Monitoring and Assessment”, **184**, 7: 4597–4608.

Szczygieł A., Szumowska A., Pilich-Konieczny A. (red.) 2014. *Stan środowiska w województwie śląskim w 2013*. Katowice, s. 47–53.

Wardas M., Aleksander-Kwarczak U., Łojan E., Woźniak P., Wolski Ł. 2006. *Inwentaryzacja źródeł i ocena poziomu zanieczyszczenia metalami ciężkimi osadów dennych rzeki Prądnik-Białucha w Krakowie, celem określenia potencjału ekologicznego*. „Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich”, **4**, 3: 161–169.

## SUMMARY

The study is evaluating the level of pollution with zinc, lead, cadmium, chromium and copper in the surface water and sediments of Prądnik and Sąspówka in the Ojców National Park. Samples were collected and prepared for measurement in accordance with applicable standards. The flame atomic absorption spectrometry was used for the measurement of the aforementioned metals. River sediment samples had been mineralized with aqua regia before the measurement. To assess the degree of pollution of the surface water two Polish Ministry of Environment Regulations have been used:

– from the 27<sup>th</sup> of November 2002. *On the requirements to be met by surface water used for public supply of water intended for human consumption*,

– from the 9<sup>th</sup> of November 2011. *On the classification of the status of the surface water and environmental quality standards for the priority substances*. River sediment contamination assessment has been based on the so-called geochemical criteria and the calculated geoaccumulation index ( $I_{geo}$ ).

The concentrations of cadmium and lead in water samples exceed the maximum concentrations allowed by the Regulation from 2011 even several dozen times. The maximum concentration limits from the Regulation from 2002 for the above mentioned metals are exceeded a few times as well. The content of both lead and cadmium as well as zinc is also increased in river sediments, assigning them according to the described criteria, as moderately to heavily polluted. A strong correlation between the concentrations of zinc, lead, cadmium and chromium in the sediments studied indicates clearly the common source of the metallic toxicants, which are in this case industrial dust emissions from Upper Silesia and north-west of Małopolska. An additional local source of pollution with copper imposes on the condition of the Prądnik river in Ojców village. The origin of this is probably the widespread use of copper fungicides.