

Andrzej JAGUŚ¹, Martyna A. RZĘTAŁA² i Mariusz RZĘTAŁA²

OCENA ZANIECZYSZCZENIA OSADÓW W ZBIORNIKACH WODNYCH W ASPEKCIE UŻYTKOWANIA GRUNTÓW

ASSESSMENT OF SEDIMENT CONTAMINATION IN WATER RESERVOIRS IN THE ASPECT OF LAND USE

Abstrakt: Powstawanie osadów w misach zbiorników wodnych jest niepożądane, gdyż wiąże się z ich zamulaniem oraz wzrostem żyzności wód. Osady mogą być również środowiskiem akumulacji mikrozanieczyszczeń. Podjęte badania dotyczyły oceny możliwości wykorzystania osadów do prac ziemnych, warunkowanego stopniem ich zanieczyszczenia. Badano osady deltowe i denne w wybranych zbiornikach wodnych regionu górnośląskiego. Określano stężenia metali śladowych (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) zgodnie z przepisami prawnymi, dotyczącymi warunków dopuszczenia wykorzystania osadów. Badania wykazały znaczny stopień zanieczyszczenia osadów, zwłaszcza barem, kadmem, ołowiem i cynkiem. Stężenia tych metali często dopuszczały możliwość wykorzystania osadów tylko na terenach przemysłowych, a w niektórych przypadkach wykorzystanie nawet tam byłoby niedopuszczalne. Pod względem zawartości kobaltu i niklu (stężenia stosunkowo niskie) część badanych osadów mogłaby być wykorzystana na wszelkich terenach, nawet objętych ochroną prawną. Zanieczyszczenie chromem i miedzią na ogół dyskwalifikowało wykorzystanie osadów na terenach chronionych, jednak byłoby ono możliwe na obszarach rolniczych i leśnych. Stopień zanieczyszczenia osadów odzwierciedlał wpływy antropogenne na dany zbiornik, na ogół znaczące w obszarze badań. Możliwości wykorzystania osadów ze zbiorników regionu górnośląskiego na potrzeby prac ziemnych są zatem bardzo ograniczone.

Słowa kluczowe: region górnośląski, zbiornik wodny, osady deltowe, osady denne, zanieczyszczenie gruntów

Osady akumulowane w misach zbiorników wodnych są materiałem złożonym z cząstek o różnym pochodzeniu [1]. W jego skład wchodzi cząstki klastyczne (pochodzące z niszczenia materiału skalnego w zlewni), cząstki biochemiczne i chemiczne (wytrącone chemicznie lub w powiązaniu z asymilacją), cząstki organiczne (zwłaszcza kwasy humusowe) oraz inne cząstki dostające się do zbiorników, np. w procesie depozycji atmosferycznej lub spłukiwania powierzchni ziemi. Obecnie w kształtowaniu składu chemicznego osadów istotną rolę odgrywa działalność człowieka, odpowiedzialnego za wprowadzanie do środowiska licznych substancji allochtonicznych, w tym pierwiastków śladowych [2]. W regionie górnośląskim (południowa Polska), będącym obszarem badań przedstawionych w niniejszym opracowaniu, skala antropopresji jest tak duża, że często decyduje nie tylko o składzie chemicznym, ale również o szybkim tempie tworzenia pokryw osadowych o znacznej miąższości [3]. Region ten bowiem w części centralnej jest jednym z najbardziej zurbanizowanych i uprzemysłowionych regionów Polski, co przekłada się na zanieczyszczanie geosystemów wodnych [4], rejestrowane także na jego peryferiach jako pochodna antropopresji rolniczej [5].

W Polsce wydobywanie osadów gromadzących się w misach zbiorników wodnych jest możliwe po uzyskaniu stosownego pozwolenia wodnoprawnego. Z kolei ich wykorzystanie

¹ Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, tel. 33 827 91 87, fax 33 827 91 01, email: ajagus@ath.bielsko.pl

² Katedra Geografii Fizycznej, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec, tel. 32 368 93 60, fax 32 291 58 65, email: mrz@wnoz.us.edu.pl

do prac ziemnych (np. prac geotechnicznych w budownictwie, rekultywacji, rolnictwie, architekturze terenów zielonych) jest warunkowane stopniem ich zanieczyszczenia, określonym w stosownym rozporządzeniu ministra środowiska [6]. Jednym z kryteriów jest zanieczyszczenie pierwiastkami śladowymi, co przeanalizowano w przeprowadzonych badaniach. Ich celem było określenie możliwości wykorzystania osadów ze zbiorników regionu górnośląskiego w użytkowaniu terenu na podstawie zawartości pierwiastków.

Metody

Próbki osadów pobierano ze zbiorników o zróżnicowanej genezie (zaporowych, poeksploatacyjnych, groblowych), funkcjonujących w obrębie regionu górnośląskiego. Pobierano zarówno osady deltowe (jeśli w strefie dopływu formowana była tego typu forma), jak i typowe osady denne. Pobrania dokonywano polistyrenowym próbnikiem rurowym, w przypadku osadów dennych na ogół z łodzi. Próbki transportowano w sterylnych, plastikowych pojemnikach do laboratorium, gdzie podlegały suszeniu w temperaturze 105°C, a następnie homogenizowaniu młynkiem. Tak przygotowany materiał został wysłany do specjalistycznego laboratorium (*Activation Laboratories Ltd.*) w Kanadzie, gdzie oznaczono zawartość następujących pierwiastków śladowych (w ppm): As, Co, Cr - metoda INAA; Ba - metoda FUS-ICP; Cd, Cu, Ni, Pb, Zn - metoda TD-ICP.

Ustalono zawartości pierwiastków śladowych w analizowanych osadach porównano do granicznych zawartości określonych w przepisach prawnych, dopuszczających bądź negujących wykorzystanie osadów do prac ziemnych w terenie [6]. Określone prawnie przedziały zawartości są odrębne dla wykorzystania osadów na: 1) terenach podlegających ochronie prawnej, 2) użytkach rolnych i leśnych, nieużytkach, terenach zurbanizowanych, 3) terenach przemysłowych, użytkach kopalnych i terenach komunikacyjnych (tab. 1). Należy dodać, że przekroczenie zawartości choćby jednej substancji w osadzie w odniesieniu do wartości granicznej dla danej grupy terenów uniemożliwia wykorzystanie osadu na tych terenach.

Wyniki i dyskusja

W regionie górnośląskim wydziela się obszar pojezierza antropogenne [4]. Wskazuje to na dużą koncentrację akwenu wód stojących. Biorąc pod uwagę także znaczne zanieczyszczenie środowisk wodnych (m.in. ściekami, wodami kopalnianymi, pyłem węglowym), można zakładać istnienie dużych możliwości pozyskiwania osadów z mis zbiorników. Potwierdzają to wyniki badań Rzętały [7], dotyczące ilości materiału wnoszonego do niektórych zbiorników za pośrednictwem cieków zasilających. Przykładowo ilość wleczyn i toczyn niesionych do zbiornika Pogoria III wynosiła 12 mg/s, do zbiornika Przeczyce 150 mg/s, do zbiornika Kozłowa Góra 138 mg/s, a do zbiornika Dzierżno Duże aż 0,37 kg/s. Z kolei ilości zawieszin i unosin wprowadzane do wymienionych zbiorników były następujące: 1,6 g/s (Pogoria III), 9,2 g/s (Przeczyce), 7,7 g/s (Kozłowa Góra) oraz 448,0 g/s (Dzierżno Duże).

Najbardziej dostępne do wydobycia są osady deltowe. Wybitnym przykładem takiego działania jest pozyskiwanie osadów z delty poeksploatacyjno-zaporowego zbiornika Dzierżno Duże, zasilanego silnie zanieczyszczoną rzeką Kłodnicą. Eksploatacja tej delty jest prowadzona w ramach oczyszczania zbiornika i przeciwdziałania jego zamulaniu,

a pozyskiwany materiał, ze względu na duży udział miazgi węglowej, posiada przeznaczenie energetyczne [8]. Możliwe jest pozyskiwanie również osadów z głębszych partii zbiorników, przy czym są one zwykle bardziej drobnofrakcyjne, czyli o większych zdolnościach sorpcyjnych. Pozyskiwanie osadów byłoby działaniem sprzyjającym oczyszczaniu zbiorników. Z drugiej strony należy jednak pamiętać, że wykorzystywanie osadów do prac ziemnych niesie z sobą wprowadzanie mikrozanieczyszczeń do środowiska gruntowego, które w nadmiernych stężeniach (powyżej naturalnego tła geochemicznego) mogą stanowić zagrożenie toksykologiczne [9].

Tabela 1

Pierwiastki śladowe w osadach wybranych zbiorników wodnych regionu górnośląskiego oraz zawartości dopuszczalne dla użytkowania osadów (w ppm)

Table 1

Trace elements in sediments of selected water reservoirs of the Upper Silesian region and permissible concentrations for sediments usage (in ppm)

Zbiornik	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Osady deltowe									
Dzierżno Duże	19,3	1673,1	7,3	20,6	103,0	104,5	48,1	122,6	732,0
Dzierżno Małe	12,0	444,5	2,2	14,0	59,5	20,0	21,0	63,5	316,5
Pogoria I	19,3	678,7	15,3	22,0	132,3	44,0	50,0	239,3	1276,0
Pogoria III	12,0	455,0	1,1	18,0	111,0	24,0	41,0	59,0	207,5
Przeczyce	19,0	533,0	10,6	15,0	92,0	35,0	28,0	517,0	1336,0
Staw u ujścia Mitręgi	14,7	427,3	10,1	14,0	72,7	27,3	24,8	516,3	1616,5
Staw w Żorach	14,3	415,7	1,9	7,7	65,3	23,7	22,3	67,3	164,7
Staw Wielikąt	11,3	475,0	0,8	8,7	84,0	29,7	32,3	43,3	116,0
Żabie Doły	62,3	762,7	31,6	18,0	78,0	63,3	39,7	956,7	3610,0
Kozłowa Góra	41,0	1080,0	18,1	16,0	74,0	60,0	26,5	479,0	1729,0
Plawniowice	13,1	460,0	17,7	11,1	66,0	23,6	19,0	89,6	407,9
Osady dennie									
Dzierżno Duże	23,0	1333,7	9,8	22,3	119,3	93,7	30,3	133,7	801,7
Dzierżno Małe	12,3	449,1	2,4	14,8	66,1	21,5	23,8	69,6	342,6
Pogoria I	24,5	736,5	22,3	22,0	136,0	53,0	48,0	336,0	1798,0
Pogoria III	10,4	428,8	0,9	15,5	103,9	19,4	32,9	49,8	181,3
Przeczyce	31,0	524,5	13,0	15,0	82,5	36,0	28,0	533,0	1443,0
Staw u ujścia Mitręgi	15,0	431,0	9,2	13,0	70,0	27,0	25,0	731,0	961,0
Staw w Żorach	17,0	386,0	1,8	7,0	69,0	22,0	19,0	65,0	138,0
Rodzaj terenu	Zawartości dopuszczalne [6]								
1) Tereny chronione	< 20	< 200	< 1	< 20	< 50	< 30	< 35	< 50	< 100
2) Tereny rolnicze, leśne, nieużytki	< 20	< 200	< 4	< 20	< 150	< 150	< 100	< 100	< 300
3) Tereny przemysłowe	< 60	< 1000	< 15	< 200	< 500	< 600	< 300	< 600	< 1000

Zawartość pierwiastków śladowych w badanych osadach deltowych i dennych była zróżnicowana (tab. 1), co należy wiązać ze zróżnicowanym charakterem oddziaływań antropogennych (komunalnym, rolniczym, przemysłowym) na geosystemy poszczególnych zbiorników. W badanych osadach największe koncentracje wykazywał bar (średnio

650 ppm) oraz cynk (średnio 954 ppm), natomiast najmniejsze arsen (średnio 21 ppm), kadm (średnio 10 ppm) i kobalt (średnio 15 ppm).

Arsen występował w osadach deltowych najczęściej w ilości kilkunastu ppm (z wyjątkiem zbiornika Żabie Doły), co czyni możliwym wykorzystanie tych osadów do prac ziemnych praktycznie na wszelkich terenach. Nieco większe ilości tego pierwiastka, także ponadnormatywne, były obecne w osadach dennych. Warto dodać, że chociaż arsen naturalnie występuje w środowisku gruntowym głównie w formie związanej (nawet w glebach zanieczyszczonych i zakwaszonych), to jego duże stężenia skutkują degradacją biologicznych właściwości gleb, łatwym pobieraniem przez rośliny i w efekcie zagrożeniem zdrowia zwierząt i ludzi [10].

Zarejestrowane w badanych osadach stężenia baru (od 386 do 1673 ppm), podobne w osadach deltowych i dennych, znacznie przekraczały normy do stosowania osadów na terenach rolniczych bądź leśnych. W przypadku osadów ze zbiorników Dzierżno Duże oraz Kozłowa Góra nie byłoby możliwe ich użytkowanie nawet na terenach przemysłowych. Świadczy to o antropogennym zanieczyszczeniu osadów barem. Stosowanie takich osadów stanowiłoby ogólne zagrożenie dla środowiska, gdyż bar jest łatwo wypłukiwany z materiału gruntowego - gleby Polski zawierają zwykle poniżej 50 ppm tego pierwiastka [9].

Stężenia kadmu tylko w nielicznych przypadkach kwalifikowały osady jako przydatne do wykorzystania na gruntach chronionych. Większość próbek zawierała kadm w ilościach kilku ppm, a w 5 przypadkach zawartości przekraczały 15 ppm, czyli próg stosowania osadów na terenach przemysłowych. Jednocześnie były to ilości znacznie przekraczające naturalne tło geochemiczne dla tego pierwiastka. Kadm, kojarzony głównie z antropopresją, łatwo przedostaje się z gruntów do wód, gdzie jest pobierany przez organizmy żywe i kumulowany w ich tkankach. Jest także bardzo łatwo przyswajany przez rośliny lądowe [11], co wymaga szczególnej ostrożności w stosowaniu osadów na gruntach rolniczych.

Źródłem kobaltu w badanych osadach, co wyróżnia go wśród innych metali ciężkich [12], może być w dużej mierze denudacja naturalnego środowiska skalnego i glebowego. Wskazują na to jego stosunkowo niskie zawartości, tylko w 4 przypadkach na 18 przekraczające próg możliwości wykorzystania osadów na terenach chronionych, rolniczych bądź leśnych. Zawartości te nie były zróżnicowane w ujęciu osady deltowe - osady denne. Odpowiadały one zawartościom spotykanym w glebach ciężkich, np. madach. Kobalt wprowadzony do środowiska glebowego jest łatwo sorbowany przez substancję organiczną i tworzy chelaty. Ogólnie (w formach rozpuszczalnych) jest łatwo przyswajalny, stąd istnieje ryzyko toksyczności dla roślin - na gruntach rolniczych zwłaszcza dla zbóż [9].

Zawartości chromu we wszystkich próbkach osadów (od 60 do 136 ppm) wskazywały, że osady te mogłyby być wykorzystywane na wszelkich gruntach z wyjątkiem gruntów podlegających ochronie prawnej. Ilości te odpowiadają najczęściej rejestrowanym w glebach świata (7-150 ppm). Obecność chromu w badanych osadach należy jednak wiązać raczej z antropopresją, gdyż pierwiastek ten jest powszechnie stosowany w przemyśle, a jego duże ilości dostają się do środowiska choćby z atmosfery [13]. Mimo to nie istnieje ryzyko globalnego skażenia chromem. Pierwiastek ten w zasadzie nie podlega kumulacji w tkankach organizmów, stąd jego toksyczność na ogół nie jest duża, z wyjątkiem niekorzystnego oddziaływania na rośliny związków Cr^{6+} .

Największe zanieczyszczenie osadów miedzią występowało w przypadku zbiornika Dzierżno Duże (około 100 ppm), poddanego antropopresji miejsko-przemysłowej. Jednak osady wszystkich zbiorników pod kątem zawartości miedzi (od 19 do 105 ppm) mogłyby być wykorzystywane na terenach rolniczych i leśnych, a w wielu przypadkach także na terenach chronionych. Stwierdzoną stosunkowo małą zawartość miedzi w badanych próbkach należy wiązać z jej silnym unieruchomieniem w środowisku glebowym, co zapobiega migracji do środowiska wodnego. Unieruchomienie miedzi ma istotne znaczenie dla roślinności, dla której miedź ma wysoki współczynnik bioakumulacji i jest silnie toksyczna [14].

Możliwość wykorzystania badanych osadów pod kątem zawartości niklu kształtowała się podobnie jak w przypadku miedzi - wiele z nich mogłoby być użyte na terenach chronionych. Zatem nie stwierdzono zanieczyszczenia niklem - w osadach od 19 do 50 ppm wobec tła geochemicznego dla skał osadowych w zakresie 5-90 ppm i środowiska glebowego w granicach 5-48 ppm [9]. Wszystkie osady mogłyby zostać wykorzystane na gruntach rolniczych, mimo że średnia zawartość niklu w glebach rolniczych w Polsce została obliczona na 6 ppm przy zakresie od 0,1 do 328 ppm. W środowisku glebowym pierwiastek ten jest zarówno mobilny (np. w postaci chelatów), jak i związany (np. przez wodorotlenki Fe i Mn). Formy mobilne są łatwo przyswajalne przez rośliny.

Zawartość ołowiu w badanych osadach była wyraźnie zróżnicowana w granicach od 43 do 957 ppm, jednak tylko w nielicznych przypadkach pomiędzy osadami deltowymi i dennymi. Osady tylko z około połowy badanych zbiorników można by wykorzystać do prac na gruntach rolniczych lub leśnych, przeznaczenie pozostałych to tereny przemysłowe z wyjątkiem dwóch przypadków osadów silnie zanieczyszczonych (osady deltowe ze zbiornika Żabie Doły oraz osady denne ze stawu w dolinie Mitręgi). Zawartość ołowiu we wszystkich próbkach przekraczała naturalne poziomy w litosferze, co świadczy o jego antropogenezie. Ołów jest mało mobilny w glebach, a w środowisku wodnym bywa często całkowicie zaadsorbowany w osadach. Należy jednak pamiętać o jego silnej toksyczności dla organizmów żywych [15].

Występowanie cynku charakteryzowało podobieństwo z ołowiem, tj. duże zróżnicowanie zawartości (od 116 do 3610 ppm Zn), przekraczających naturalne poziomy w skałach i glebach. W większości przypadków wydobyte osady mogłyby zostać użyte tylko na terenach przemysłowych, a aż w 7 przypadkach ich wykorzystanie do prac ziemnych jest niemożliwe. Tak duże zanieczyszczenie cynkiem wynika z górnictwa i przetwórstwa tego metalu w regionie górnośląskim. Stwierdzone stężenia są niepokojące w świetle faktu, że cynk jest metalem ruchliwym w środowisku - przykładowo stopień jego naturalnej kumulacji w glebach użytkowanych rolniczo wynosi zaledwie 1,5 ppm w okresie 10 lat [9].

Wnioski

1. Zbiorniki wodne regionu górnośląskiego wyróżnia występowanie pokryw osadów wyściełających ich misy, formowanych w dużej mierze pod wpływem czynników antropogennych.

2. Występowanie pierwiastków śladowych w osadach jest wyraźnie zróżnicowane pomiędzy zbiornikami, natomiast mało zróżnicowane w obrębie mis poszczególnych zbiorników.
3. Osady badanych zbiorników są silnie zanieczyszczone barem, kadmem, ołowiem i cynkiem, zaś stężenia arsenu, kobaltu, chromu, miedzi i niklu zazwyczaj odpowiadają naturalnym zawartościom w litosferze i środowisku glebowym.
4. Pod kątem występowania pierwiastków śladowych osady wydobyte z badanych zbiorników mogą być wykorzystywane do prac ziemnych w najlepszym razie na terenach o charakterze przemysłowym, a części z nich zupełnie nie można wykorzystać.
5. Użytkowanie osadów do prac ziemnych na terenach rolniczych, leśnych lub objętych ochroną wymagałoby ich przetworzenia w celu obniżenia zanieczyszczenia pierwiastkami śladowymi.

Literatura

- [1] Rutkowski J. Osady jezior w Polsce - charakterystyka i stan rozpoznania, metodyka badań, propozycje. Stud Lim et Tel. 2007;1(1):17-24.
- [2] Yang H, Rose N. Trace element pollution records in some UK lake sediments, their history, influence factors and regional differences. Environ Int. 2005;31:63-75. DOI: 10.1016/j.envint.2004.06.010.
- [3] Rzętała M. Funkcjonowanie zbiorników wodnych oraz przebieg procesów limnicznych w warunkach zróżnicowanej antropopresji na przykładzie regionu górnośląskiego. Katowice: Wyd Uniwersytetu Śląskiego; 2008.
- [4] Rzętała M, Jaguś A. New lake district in Europe: origin and hydrochemical characteristics. Water Environ J. 2012;26:108-117. DOI: 10.1111/j.1747-6593.2011.00269.x.
- [5] Jaguś A, Rzętała M. Influence of agricultural anthropopression on water quality of the dam reservoirs. Ecol Chem Eng S. 2011;18:359-367.
- [6] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. DzU 2002, Nr 165, poz. 1359.
- [7] Rzętała MA. Procesy brzegowe i osady dennie wybranych zbiorników wodnych w warunkach zróżnicowanej antropopresji (na przykładzie Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży). Katowice: Wyd Uniwersytetu Śląskiego; 2003.
- [8] Rzętała MA, Machowski R, Rzętała M. Sedymentacja w strefie kontaktu wód rzecznych i jeziornych na przykładzie zbiorników wodnych regionu górnośląskiego. Sosnowiec: Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego; 2009.
- [9] Kabata-Pendias A, Pendias H. Biogeochemia pierwiastków śladowych. Warszawa: Wyd Nauk PWN; 1999.
- [10] Száková J, Tlustoš P, Goessler W, Frková Z, Najmanová J. Mobility of arsenic and its compounds in soil and soil solution: the effect of soil pretreatment and extraction methods. J Hazard Mater. 2009;172:1244-1251. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2009.07.143.
- [11] Zhang HZ, Li H, Wang Z, Zhou LD. Accumulation characteristics of copper and cadmium in greenhouse vegetable soils in Tongzhou District of Beijing. Procedia Environ Sci. 2011;10:289-294. DOI: 10.1016/j.proenv.2011.09.047.
- [12] Díaz Rizo O, Coto Hernández I, Arado López JO, Díaz Arado O, López Pino N, D'Alessandro Rodríguez K. Chromium, cobalt and nickel contents in urban soils of Moa, Northeastern Cuba. Bull Environ Contam Toxicol. 2011;86:189-193. DOI: 10.1007/s00128-010-0173-z.
- [13] Kyllönen K, Karlsson V, Ruoho-Airola T. Trace element deposition and trends during a ten year period in Finland. Sci Total Environ. 2009;407:2260-2269. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2008.11.045.
- [14] Gunkel P, Roth E, Fabre B. Copper distribution in chemical soil fractions and relationships with maize crop yield. Environ Chem Lett. 2003;1:92-97. DOI: 10.1007/s10311-002-0003-6.
- [15] Johnson FM. The genetic effects of environmental lead. Mutat Res. 1998;410:123-140. DOI: 10.1016/S1383-5742(97)00032-X.

ASSESSMENT OF SEDIMENT CONTAMINATION IN WATER RESERVOIRS IN THE ASPECT OF LAND USE

¹ Institute of Environmental Protection and Engineering, University of Bielsko-Biala

² Faculty of Earth Sciences, University of Silesia, Sosnowiec

Abstract: Formation of sediments in basins of water reservoirs is an unfavourable aspect, because it is related to siltation and increased fertility of water. Sediments may also be the environment for accumulation of microcontaminants. The aim of the research was to determine the possibility to use the sediments in earthworks, depending on the degree of their contamination. The research included studies of delta and bottom sediments in selected reservoirs of the Upper Silesian region. Concentrations of trace metals (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) were determined, according to legal regulations regarding the conditions for permitted use of sediments. The research showed a large degree of contamination of sediments, particularly with barium, cadmium, lead and zinc. Concentrations of these metals often allowed for the use of sediments only in industrial areas, and in some cases even industrial use would be forbidden. Considering the contents of cobalt and nickel (relatively low concentrations), some of the analysed sediments could be used in all kinds of land, including legally protected areas. Contamination with chromium and copper generally disqualified the sediments from use in protected areas, but it would be possible to use them in agricultural and forested land. The degree of sediment contamination reflected anthropogenic impact on a given reservoir, which generally was significant in the research area. Therefore, the potential use of sediments from water reservoirs in the Upper Silesian region is largely limited.

Keywords: Upper Silesian region, water reservoir, delta sediments, bottom sediments, land contamination

