



Ocena zawartości metali ciężkich w osadach dennych wstępnej części zbiornika retencyjnego Stare Miasto na rzece Powie

Mariusz Sojka

Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań

Marcin Siepak

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Poznań

Emilia Gnojska

Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań

1. Wstęp

Jeziora i sztuczne zbiorniki retencyjne podlegają zamulaniu. Tempo tego procesu zależy od wielu czynników naturalnych takich jak: budowa geologiczna zlewni, topografia terenu, rodzaj i gatunek gleb w zlewni, intensywność i czas trwania opadów, położenia zbiornika wodnego w zlewni, typu zbiornika, wieku zbiornika, wielkości zbiornika oraz reżimu hydrologicznego rzeki zasilającej zbiornik. Proces zamulania zbiornika modyfikowany jest przez człowieka poprzez sposób użytkowania i zagospodarowania zlewni, budowę dróg oraz wprowadzenie zanieczyszczeń z oczyszczalni ścieków. Warunki hydrodynamiczne panujące w zbiorniku tj. rozkład przestrzenny prędkości i kierunek ruchu wody w zbiorniku, czas zatrzymania wody w zbiorniku mają natomiast istotny wpływ na ilość i miejsce odkładania się rumowiska [8].

Do zbiorników powierzchniowych docierają cząsteczki mineralne i organiczne o różnej wielkości. Z punktu widzenia gospodarki wodnej prowadzonej na zbiorniku ważne jest nie tylko określenie ilości docierającego i odkładanego w zbiorniku rumowiska ale też jego zanieczyszcze-

nie. Skład chemiczny osadów dennych jest zależny od typów i rodzajów gleb w zlewni, użycia nawozów sztucznych i środków ochrony roślin [5]. Innymi źródłami zanieczyszczeń są m.in.: resztki roślinne, osady ściekowe, odcieki ze składowisk odpadów, popioły z elektrowni i elektrociepłowni, jak również ścieki przemysłowe pochodzące głównie z przemysłu metalurgicznego, elektrochemicznego i chemicznego [4].

Monitorowanie stężeń metali ciężkich w osadach dennych zbiorników wodnych jest jedną z metod, która pozwala ocenić stan zanieczyszczenia środowiska wodnego. Niektóre metale ciężkie, takie jak kadm, miedź, ołów i cynk ze względu na ich możliwość biologicznej akumulacji tworzą szczególne zagrożenie dla organizmów żywych [6].

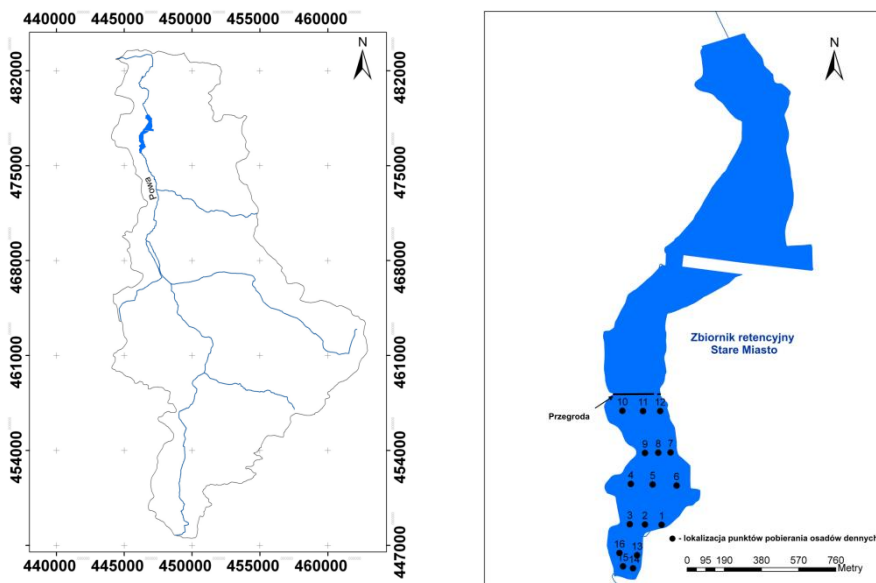
Celem pracy była próba oceny przestrzennej zmienności stężeń metali ciężkich oraz składu granulometrycznego osadów dennych na przykładzie wstępnej części zbiornika retencyjnego Stare Miasto na rzece Powie.

2. Materiały i metody

2.1. Teren badań

Obszar zlewni rzeki Powy znajduje się w obrębie północnej części makroregionu Nizina Południowowielkopolska, w mezoreginach: Dolina Konińska, Równina Rychwalska i Wysoczyzna Turecka [9].

Rzeka Powa jest ciekim trzeciego rzędu, lewobrzeżnym dopływem Warty i uchodzi do niej w miejscowości Rumin. Zlewnia rzeki Powy pod względem wielkości zalicza się do zlewni średnich jej powierzchnia wynosi 344,48 km². Długość rzeki wynosi 48,23 km a gęstość sieci rzecznej wynosi 0,26 km·km⁻². Profil zamykający zlewnię znajduje się na wysokości 77,0 m n.p.m., natomiast wysokość na dziale wodnym wynosi 130,0 m n.p.m. Dolny bieg rzeki Powy wyróżnia duży spadek wynoszący około 0,9‰, który miejscami zwiększa się nawet do około 1,6‰. Natomiast średni spadek podłużny zlewni jest równy 1,09‰. Średnie nachylenie zlewni przyjmuje wartość 6,14‰. Obszar zlewni rzeki Powy pod względem struktury użytkowania jest bardzo urozmaicony. Niewiele ponad połowę (52%) powierzchni zlewni rzeki Powy zajmują grunty orne. W odniesieniu do całej powierzchni analizowanego obszaru tereny zalesione stanowią ponad 27%, łąki nieco ponad 14% a tereny zabudowane 3,1%. W zlewni rzeki Powy dominują utwory o składzie granulometrycznym piasków słabo gliniastych (51%), piasków luźnych (16%) oraz piasków gliniastych lekkich (11%).



Rys. 1. Położenie obiektu badań

Fig. 1. Study site location

Zbiornik Stare Miasto powstał w wyniku Programu Małej Retencji, którego celem jest zarówno poprawa zdolności retencyjnych zlewni, jak również ochrona przed powodzią i suszą. Zbiornik Stare Miasto powstał poprzez przegrodzenie doliny rzeki Powy zaporą czołową zlokalizowaną w 9+100 km biegu rzeki. Dla zbiornika retencyjnego Stare Miasto powierzchnia zlewni w przekroju zapory wynosi 299,7 km², co stanowi 87% całkowitej powierzchni zlewni. Powierzchnia terenu przeznaczona pod wybudowanie zbiornika wynosiła 144 ha. Całkowita pojemność zbiornika przy normalnym poziomie piętrzenia wynosi 2,159 mln m³, pojemność użytkowa jest znacznie mniejsza i wynosi 1,216 mln m³. Natomiast pojemność martwa zbiornika przy minimalnym poziomie piętrzenia wynosi tylko 0,943 mln m³. Średnia głębokość zbiornika wynosi 2,38 m, a długość to 4,90 km. Maksymalny poziom piętrzenia (max PP) znajduje się na rzędnej 94,00 m n.p.m. Normalny poziom piętrzenia (NPP) znajduje się na rzędnej 93,50 m n.p.m., natomiast powierzchnia zalewu przy tym poziomie piętrzenia jest równa 90,68 ha. Rzędna piętrzenia przy minimalnym poziomie piętrzenia (min PP) wynosi 92,00 m n.p.m. Przy tym poziomie piętrzenia powierzchnia zalewu wynosi już

tylko 75,77 ha. Tereny przyległe znajdujące się pod wpływem oddziaływania zbiornika stanowią użytki rolne o niskiej klasie bonitacyjnej, nie posiadające większej wartości rolniczej.

Przeprowadzone badania wstępnej części zbiornika Stare Miasto wykazały, że zbiornik podlega silnemu procesowi zamulania.

2.2. Prace terenowe i laboratoryjne

Podstawą oceny były próbki osadów dennych pobrane z wstępnej części zbiornika retencyjnego Stare Miasto na rzece Powie w listopadzie 2011 roku. Próby osadów dennych ze zbiornika pobierano sondą typu „Nurek” wyposażoną w szklany zagłębnik oraz chwytaczem rurowym typu „Czapla”. Łącznie pobrano 16 prób osadów dennych, a lokalizację miejsc pobierania próbek zaznaczono na rys. 1.

Podczas prac laboratoryjnych dokonano analizy składu granulometrycznego osadów dennych zgodnie z normą PN-R-04032:1998 [13]. Przeprowadzono oznaczenia węgla organicznego metodą objętościową Tiurina.

Próbki osadów dennych poddano mineralizacji w kwasie chlorowodorowym o stężeniu 0,1 mol/l z wykorzystaniem mikrofalowego systemu MARS 5 Xpress (CEM, Matthews, North Carolina, USA).

Oznaczeń metali (Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn) w próbkach osadów dennych dokonano techniką absorpcyjnej spektrometrii atomowej z atomizacją płomieniową (F-AAS), wykorzystując szybko sekwencyjny aparat firmy Varian (Mulgrave, Victoria, Australia), model SpectrAA 280 FS. Granice wykrywalności dla poszczególnych pierwiastków wynosiły: Cd – 0,1 mg/kg, Cu – 0,1 mg/kg, Cr – 0,2 mg/kg, Ni – 0,3 mg/kg, Pb – 0,3 mg/kg i Zn – 0,2 mg/kg.

Podczas prac laboratoryjnych korzystano z odczynników chemicznych o odpowiedniej czystości analitycznej oraz wody o oporności 18,2 M Ω ·cm (w 25°C) oczyszczonej z wykorzystaniem urządzenia Direct-Q[®] UV3, firmy Millipore (Millipore, Francja). W trakcie oznaczeń metali techniką F-AAS wykorzystano roztwory wzorcowe i kwasy firmy Merck (Merck, Darmstadt, Niemcy). Jako gaz palny zastosowano acetylen analityczny firmy Messer (Messer, Chorzów, Polska). Poprawność uzyskanych wyników oznaczeń metali została sprawdzona poprzez wykorzystanie materiału certyfikowanego – CRM 027-050 (US).

2.3. Analiza statystyczna

Analiza statystyczna polegała na ocenie podobieństw i różnic w składzie granulometrycznym osadów oraz zawartości metali ciężkich. Do oceny ich zmienności zastosowano wielowymiarowe statystyczne metody analizy danych, tj. analizę skupień (CA), analizę składowych głównych (PCA) oraz analizę czynnikową (FA).

Przed rozpoczęciem analizy statystycznej sprawdzono zgodność rozkładu badanych metali ciężkich z rozkładem normalnym na poziomie $p_{\alpha}=0,05$ przy pomocy testu W (Shapiro-Wilka). Przeprowadzone analizy wykazały, że oznaczone zawartości metali ciężkich w osadach dennych zbiornika nie miały rozkładu zgodnego z rozkładem normalnym, dlatego poddano je transformacji [12]. Po dokonaniu transformacji wszystkie analizowane zawartości metali ciężkich miały rozkład normalny na poziomie $p_{\alpha} = 0,05$, tak wstępnie przygotowany zbiór danych poddano standaryzacji, a następnie analizie przy wykorzystaniu trzech wielowymiarowych metod statystycznych tj.: CA, PCA i FA. Analizę skupień (CA) wykonano metodą Warda w celu zobrazowania podobieństw i różnic pomiędzy punktami pobierania próbek osadów dennych. Metody PCA i FA wykorzystano do wyeksponowania składników/czynników charakteryzujących przestrzenną zmienność zawartości metali ciężkich w osadach dennych [10, 14–17].

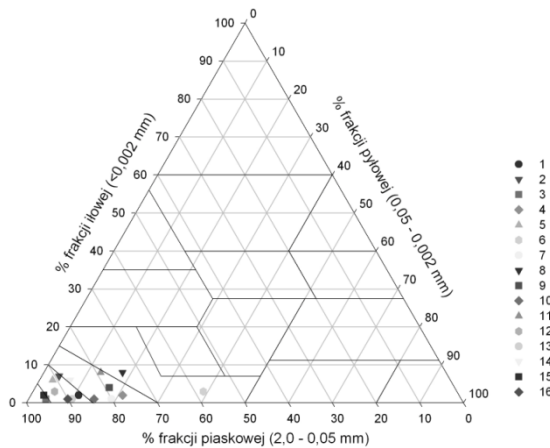
W ostatnim etapie analiz statystycznych poszukiwano zależności pomiędzy zawartością metali ciężkich, a średnicami miarodajnymi ziaren (d_{10} , d_{50} i d_{90}), procentową zawartością frakcji ilastej, pylastej i piaskowej w próbce, zawartością materii organicznej, głębokością wody w miejscu pobierania próbek oraz odległość pobranej próbki od: głównej linii przepływu wody w zbiorniku, miejsca zasilania zbiornika, budowli upustowej na przegrodzie środkowej oraz najkrótszą odległością od miejsca pobierania próbek do miejsca zasilania lub odpływu wody ze zbiornika.

3. Wyniki badań

3.1. Analiza składu granulometrycznego osadów

Analiza składu granulometrycznego osadów dennych zbiornika Stare Miasto wykazała, że w obrębie zbiornika wstępnego występuje dość typowe wyraźne zróżnicowanie uziarnienia. Najgrubsze uziarnienie – piasków, miały materiały denne w początkowej części zbiornika

wstępnego w miejscu dopływu rzeki Powy stanowiska 3, 13, 15 i 16 oraz w końcowej części na wypływie ze zbiornika wstępnego w pobliżu przeźrody – stanowisko 12 (rys. 2). Spowodowane jest to tym, że w tych częściach zbiornika występują najmniej korzystne warunki do osiadania części najdrobniejszych iłowych i pyłowych. Drobniejsze frakcje zaobserwowano w środkowej części zbiornika w stanowiskach 4, 6, 7, 8 i 9 najbardziej oddalonych od dopływu i odpływu ze zbiornika. Osady zakumulowane w tej części zbiornika charakteryzowały się łączną zawartością frakcji ilastej i pylastej od 20 do 42%. Większy zasięg odkładania w zbiorniku grubszych frakcji piaszkowych zaobserwowano w początkowej jego części w miejscu dopływu rzeki Powy (stanowiska 2, 13, 14, 15 i 16) natomiast w pobliżu budowli upustowej grubsze frakcje rumowiska występowały tylko na stanowisku zlokalizowanym w jej bezpośrednim sąsiedztwie (stanowisko 12).



Rys. 2. Skład granulometryczny osadów dennych wstępnej części zbiornika Stare Miasto

Fig. 2. Particle size of bottom sediments of Stare Miasto pre-dam reservoir

Zawartość materii organicznej w poddanych analizie próbach osadów dennych wahała się od 1,01% do 18,8%, nie zaobserwowano zależności pomiędzy miejscem pobierania próbek osadów a zawartością materii organicznej. Największą zawartością materii organicznej charakteryzowały się próby 6, 8 i 9 od 11,8 do 18,8%. Najniższą zawartość materii organicznej nie przekraczającą 3% zanotowano w próbach 2, 3, 5, 7, 10 i 16.

3.2. Rozkład stężeń metali ciężkich w osadach dennych

Stwierdzono niskie stężenia metali ciężkich w osadach dennych wstępnej części zbiornika retencyjnego Stare Miasto. Uzyskane wyniki badań zestawiono w Tabeli 1.

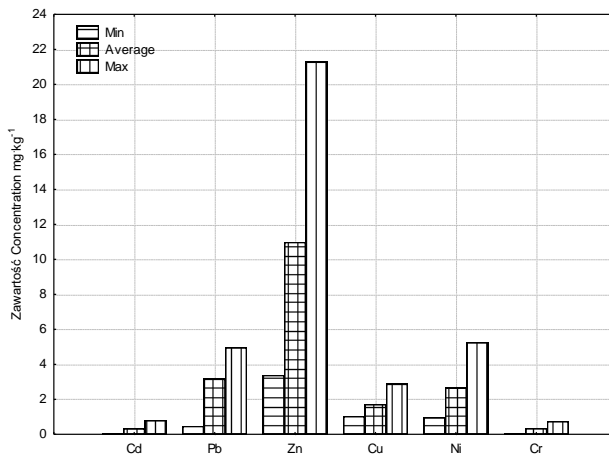
Tabela 1. Zawartość metali ciężkich w osadach dennych wstępnej części zbiornika Stare Miasto

Table 1. Heavy metal concentration in bottom sediments of Stare Miasto pre-dam reservoir

Nr próby Sampling No	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr
	Jednostka Unit [mg·kg ⁻¹]					
1	0,36	4,43	13,2	2,05	3,33	0,30
2	0,21	2,71	10,2	1,88	1,91	0,15
3	0,19	3,72	9,62	1,91	1,73	0,06
4	0,38	3,50	17,5	2,88	3,56	0,21
5	0,15	4,12	6,76	1,26	1,64	0,39
6	0,57	2,12	14,5	1,71	4,04	0,13
7	0,13	3,73	7,17	1,63	1,68	0,11
8	0,73	4,96	20,0	1,14	5,25	0,52
9	0,62	4,79	12,0	2,51	5,10	0,62
10	0,16	2,80	7,31	1,28	2,66	0,30
11	0,80	4,86	21,3	2,46	4,76	0,74
12	0,78	4,52	15,5	1,35	2,11	0,73
13	0,02	0,83	3,38	1,08	0,96	0,24
14	0,08	1,49	5,54	2,07	1,01	0,38
15	0,07	1,64	5,35	1,16	1,60	0,31
16	0,05	0,47	6,59	1,03	1,23	0,22

Pobrane próbki osadów dennych charakteryzowały się najwyższą zawartością cynku od 3,38 do 21,3 mg·kg⁻¹ przy wartości średniej 11,0 mg·kg⁻¹ (rys. 3). Średnia zawartość cynku w osadach dennych na terenie Polski wynosi około 73 mg·kg⁻¹ [11], cynk związany jest głównie przez frakcję ilastą i substancję organiczną. Przeprowadzone w latach 2003–2005 badania geochemiczne osadów dennych jezior na terenie zlewni rzeki Warty, wykazały, że zawartość cynku wahała się od 16 do 319 mg·kg⁻¹ przy wartości średniej 82 mg·kg⁻¹ [2]. Zawartość ołowiu i niklu w osadach dennych kształtowała się na podobnym poziomie, odpowiednio od 0,47 do 4,96 mg·kg⁻¹ i od 0,96 do 5,25 mg·kg⁻¹. Ołów jest naturalnym składnikiem osadów dennych, jego podwyższona zawartość jest między innymi konsekwencją wykorzystywania do napędzania samo-

chodów etylin zawierających związki ołowiu [1, 3, 7]. Wartość tła geochemicznego w odniesieniu do ołowiu jest stosunkowo wysoka i wynosi $11 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Stężenie ołowiu w osadach dennych jezior na terenie zlewni rzeki Warty wynosiła średnio $32 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ [2]. Zawartość niklu w niezanieczyszczonych osadach wodnych na terenie Polski nie przekracza $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, natomiast w obrębie zlewni rzeki Warty jego zawartość kształtowała się na poziomie od 1 do $17 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ [2]. W pobranych próbach zaobserwowano nieco niższą zawartość miedzi, która wynosiła średnio $1,71 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Zawartość miedzi w osadach wodnych związana jest z rodzajem skał macierzystych, jej zawartość średnia wynosi kilka $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Zawartość miedzi w osadach dennych jezior na terenie RZGW w Poznaniu wynosi średnio $16 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ przy wartości minimalnej $2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ i maksymalnej $203 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ [2]. W pobranych próbkach osadów dennych najniższa była zawartość kadmu od 0,02 do $0,80 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ i chromu od 0,06 do $0,74 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Tło geochemiczne w odniesieniu do kadmu w osadach dennych wynosi około $0,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, a jego zawartość w osadach dennych jezior położonych w zlewni rzeki Warty wynosi średnio $0,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ [2]. Natomiast w przypadku chromu jego zawartość w niezanieczyszczonych osadach dennych wynosi $6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ natomiast w osadach dennych jezior objętych monitoringiem na terenie RZGW w Poznaniu wahała się od 1 do $23 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ [2].

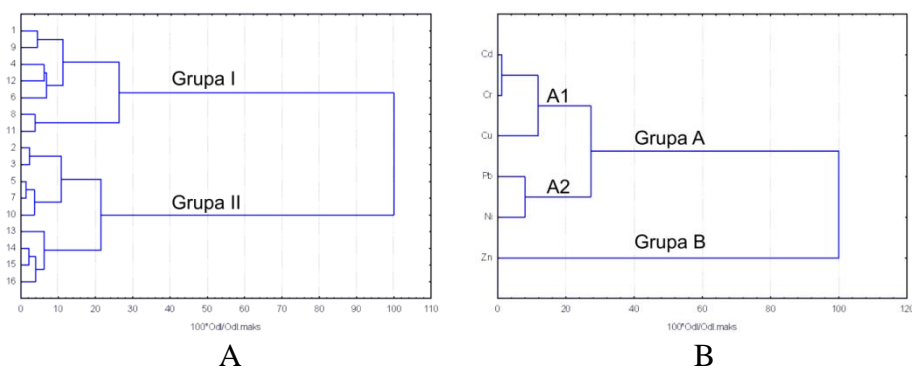


Rys. 3. Minimalne, maksymalne i średnie zawartości metali ciężkich w osadach dennych zbiornika wstępnego Stare Miasto

Fig. 3. Minimum, maximum and mean heavy metal concentration in bottom sediments of Stare Miasto pre-dam reservoir

3.3. Analiza statystyczna zawartości metali ciężkich w osadach dennych

Przeprowadzona statystyczna analiza skupień CA zawartości metali ciężkich w osadach dennych zbiornika retencyjnego wykazała, że pobrane 16 prób osadów można podzielić na dwie grupy charakteryzujące się różną zawartością metali ciężkich (rys. 4 A). W grupie I próbki 1, 9, 4, 12, 8, i 11 charakteryzowały się wyższą zawartością metali w odniesieniu do pozostałych próbek, zakwalifikowanych do grupy II. Analiza skupień w odniesieniu zmienności zawartości metali ciężkich pozwoliła wydzielić dwie grupy główne (rys. 4B). W grupie B znajdował się tylko cynk, co wynika z jego największej zawartości w osadach natomiast w grupie A znalazły się pozostałe pierwiastki. Wyłączenie z dalszej analizy cynku spowodowało wydzielenie dwóch kolejnych podgrup, których zawartość w osadach dennych była na podobnym poziomie i charakteryzowały się podobną zmiennością czasową – grupa A1 – kadm, chrom i miedź, grupa A2 – ołów i nikiel.

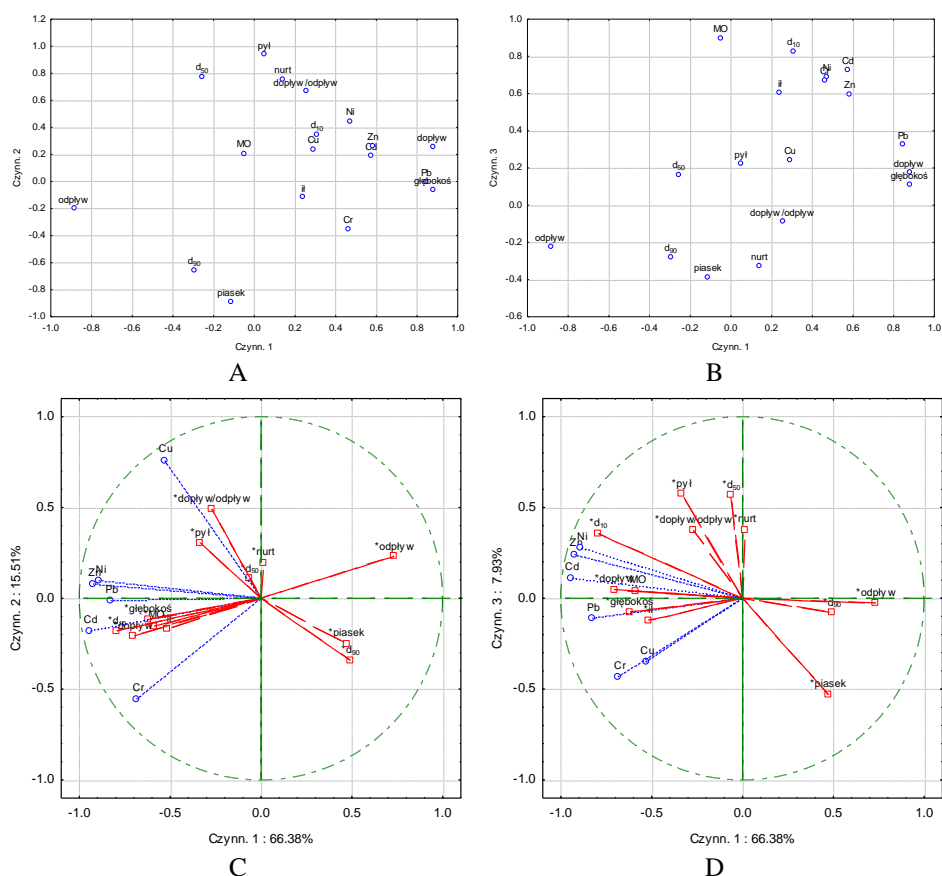


Rys. 4. Analiza skupień zawartości metali ciężkich w osadach dennych wstępnej części zbiornika Stare Miasto

Fig. 4. Cluster analysis of heavy metal concentration in bottom sediments of Stare Miasto pre-dam reservoir

W pracy poszukiwano zależności pomiędzy stężeniami metali ciężkich, a średnicami miarodajnymi ziaren (d_{10} , d_{50} i d_{90}), procentową zawartością frakcji ilastej, pylastej i piaskowej w próbce, zawartością materii organicznej, głębokością wody w miejscu pobierania próbki oraz odległością pobierania próbki od: głównej linii przepływu wody w zbiorniku, miejsca zasilania zbiornika, budowli upustowej na

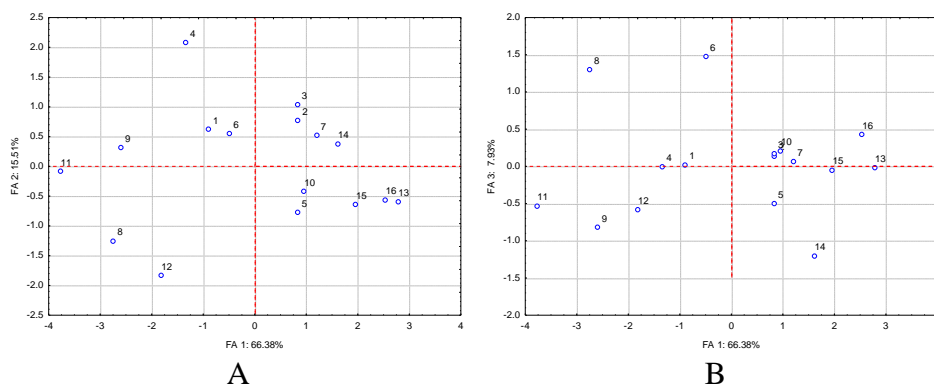
przegrodzie środkowej oraz najkrótszą odległością od miejsca pobierania próbki do miejsca zasilania lub odpływu wody ze zbiornika (rys. 5A i 5B). Przeprowadzona analiza wykazała, że o zawartości kadmu, ołowiu, niklu, chromu i cynku decydowały przede wszystkim zawartość części ilastych i materii organicznej, głębokość pobierania próbki i odległość pobierania próbki od punktu zasilania zbiornika rzeką natomiast w przypadku miedzi odległość pobierania próbek od punktu zasilania i odpływu z wstępnej części zbiornika oraz zawartość części pylastych (rys. 5C i 5D).



Rys. 5. Analiza składowych głównych stężeń metali ciężkich w osadach dennych wstępnej części zbiornika Stare Miasto

Fig. 5. Principal component analysis of heavy metal concentration in bottom sediments of Stare Miasto pre-dam reservoir

Analiza czynnikowa FA, nie wykazała pełnej zgodności z analizą skupień CA. Skumulowana wariancja dla dwóch pierwszych czynników FA1 i FA2 wynosi około 82% (rys. 6A) natomiast dla czynnika pierwszego FA1 i trzeciego FA3 odpowiednio 74 % (rys. 6B). Chociaż ogólny podział próbek na grupy w zależności od zawartości metali w osadach został zachowany to zmianie uległ podział na podgrupy. Podział na podgrupy jest wyraźny w odniesieniu do próbek charakteryzujących się wyższą zawartością metali (rys. 6A) natomiast w przypadku próbek o niskiej zawartości metali grupa ta jest rozproszona i trudno wydzielić podgrupy (rys. 6B).



Rys. 6. Analiza czynnikowa stężeń metali ciężkich w badanych próbkach osadów dennych

Fig. 6. Factor analysis of heavy metal contamination in bottom sediments

4. Wnioski

1. Analiza składu granulometrycznego osadów dennych wykazała, że osady podlegają wyraźnej segregacji, większe frakcje obserwowane są w początkowej części zbiornika a mniejsze w centralnej części.
2. Analiza skupień pozwoliła podzielić analizowane próbki w zależności od zawartości metali ciężkich na dwie grupy.
3. Analiza skupień pozwoliła podzielić oznaczane pierwiastki na trzy grupy charakteryzujące się podobną zawartością w osadach dennych.
4. Analiza składowych głównych wykazała, że poziom stężeń metali ciężkich w osadach dennych determinowany był zawartością części ilastych i materii organicznej, głębokością pobierania próbki oraz odległością od miejsca zasilania zbiornika rzeką Pową.
5. Analiza czynnikowa wykazała, że przyjęty podział oznaczanych metali ciężkich na dwie grupy główne jest uzasadniony.

Praca naukowa finansowana jest ze środków na naukę w latach 2010–2013 jako projekt badawczy nr N N305 296740 Narodowego Centrum Nauki.

Literatura

1. **Ahmed F., Ishiga, H.:** *Trace metal concentration in street dusts of Dhaka city, Bangladesh.* Atmospheric Environment, 40, 3835–3844 (2006).
2. **Bojakowska I., Gliwicz T., Małecka K.:** *Wyniki geochemicznych badań osadów wodnych Polski w latach 2003–2005.* Biblioteka Monitoringu Środowiska. Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa, 2006.
3. **Bojakowska, I. Duszyński J., Jaroń I., Kucharzyk J., Lech D., Maksymowicz A.:** *Zróżnicowanie zawartości metali ciężkich w glebach przy drogach wylotowych z Warszawy.* Przegląd Geologiczny, 57, 1073–1077 (2009).
4. **Czaplicka-Kotas A., Szostak A.:** *Mangan i żelazo w wodach zbiornika Goczałkowice i jego dopływach.* Gospodarka Wodna nr 12/2006, 2006.
5. **Galka B., Wiatkowski M.:** *Charakterystyka osadów dennych zbiornika zaporowego Młyny oraz możliwość rolniczego ich wykorzystania,* Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Falenty, t. 10, z. 4 (32), 53–63 (2010).
6. **Ibragimow A., Głosińska G., Siepak M., Walna B.:** *Heavy metals in sediments of the Odra river flood-plains – introductory research.* Quaestiones Geographicae 29/1, 37–47 (2010).
7. **Johansson C., Norman M., Burman L.:** *Road traffic emission factors for heavy metals.* Atmospheric Environment, 43, 4681–4688 (2009).
8. **Kasperek R., Wiatkowski M.:** *Badania osadów dennych ze zbiornika Mściwojów.* Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, Annals XVII, Nr 2(40), 194–201 (2008).
9. **Kondracki J.:** *Geografia regionalna Polski.* PWN, Warszawa, 2009.
10. **Kowalkowski T., Zbytniewski R., Szejna J., Buszewski B.:** *Application of chemometrics in river water classification.* Water Res. 40, 744–752 (2006).
11. **Lis J., Pasieczna A.:** *Atlas geochemiczny Polski w skali 1:2500 000.* Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, 1995.
12. **Mazerski J.:** *Fundamental of chemometrie.* Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2000 (in Polish).
13. **PN-R-04032:1998.** *Gleby i utwory mineralne – Pobieranie próbek i oznaczanie składu granulometrycznego.*
14. **Shrestha S., Kazama F.:** *Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan,* Environmental Modeling and Assessment 22, 464–475 (2007).
15. **Singh K.P., Malik A., Singh V.K.:** *Chemometric analysis of hydrochemical data of an alluvial river – a case study.* Water, Air and Soil Pollution 170, 383–404 (2005).

16. **Singh K.P., Malik A., Sinha S.:** *Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti river (India) using multivariate statistical techniques—a case study.* Analytical Chimica Acta 538, 355–374 (2005).
17. **Sojka M., Siepak M., Ziola A., Frankowski M., Murat-Błażejewska S., Siepak J.:** *Application of multivariate statistical techniques to evaluation of water quality in the Mała Welnia River (Western Poland).* Environ. Monit. Assess. 147, 159–170 (2008).

Assessment of Heavy Metal Concentration in Bottom Sediments of Stare Miasto Pre-dam Reservoir on the Powa River

Abstract

The aim of this study was the assessment of spatial variability of heavy metals concentration in the Stare Miasto pre-dam reservoir on the Powa river. Sediment samples from 16 locations were collected and analyzed for the trace metal contents (Cr, Ni, Cu, Zn, Cd and Pb), organic carbon and grain size. The variability of heavy metal concentration in bottom sediments was assessed by multivariate statistical methods like cluster analysis (CA), factor analysis (FA) and principal components analysis (PCA).

They made it possible to observe similarities and differences in trace metal content in samples taken from specific locations, to identify indicators suitable for characterizing its spatial variability and to uncover hidden factors accounting for the structure of the data.

Data of the grain size indicated that sandy sediments dominated in the initial part of the pre-dam reservoir were the Powa river inflow. The mean concentrations of Zn 3.38 – 21.3 mg·kg⁻¹ was the highest followed by Pb and Ni, 0.47 – 4.96 mg·kg⁻¹ and 0.96 – 5.25 mg·kg⁻¹ respectively, relative to other metals. The concentrations of Cu was 1.03 – 2.88 mg·kg⁻¹ while Cd and Cr were the least 0.02 – 0.80 mg·kg⁻¹ and 0.06 do 0.74 mg·kg⁻¹ respectively.

Cluster analysis CA of heavy metals content in bottom sediments of the reservoir showed that 16 samples of sediments can be divided into two groups characterized by different content of heavy metals.

The analysis showed that the content of Cd, Pb, Ni, Cr and Zn were associated with content of clay and organic matter, depth of sampling and the sampling distance from the inflow point of the river. The concentration of the copper was associated with sampling distance from inflow and out flow point and the content of the silt.