

Małgorzata Kida

Sabina Książek

Piotr Koszelnik

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

WPŁYW ZAGOSPODAROWANIA ZLEWNI NA JAKOŚĆ OSADÓW DENNYCH RZEKI WISŁOK

Streszczenie

Jakość środowiska naturalnego zależy od wielu czynników. Jednym z ważniejszych są zanieczyszczenia obszarowe dostające się do wód powierzchniowych i podziemnych z terenów rolniczych. Stopień oddziaływania zanieczyszczeń rolniczych na środowisko wodne jest związany ze sposobem użytkowania gleb i wielkością produkcji zwierzęcej w obszarach zlewni. Do środowiska wodnego dostają się składniki nawozów mineralnych i naturalnych oraz inne substancje stosowane w produkcji rolniczej. Negatywne oddziaływanie rolnictwa na jakość wód przejawia się w formie zanieczyszczeń wód powierzchniowych i podziemnych azotanami, fosforanami, sporadycznie wykrywanymi pozostałościami chemicznych środków ochrony roślin oraz metalami ciężkimi. Zanieczyszczenia charakteryzujące się małą rozpuszczalnością oraz trudno ulegające biodegradacji (np. pestycydy, metale ciężkie) przenikają do osadów dennych w wyniku procesu samooczyszczania się cieku.

W pracy przedstawiono analizę zawartości wybranych pestycydów i metali ciężkich w osadach dennych rzeki Wisłok w 2012 r., pobranych z miejsc o różnej formie zagospodarowania zlewni.

Słowa kluczowe: osady denne, rzeka Wisłok, pestycydy, metale ciężkie

AN INFLUENCE OF CATCHMENT MANAGEMENT ON THE QUALITY OF BOTTOM SEDIMENTS OF WISŁOK RIVER

Summary

The quality of the environment depends on many factors. One of the most important are diffuse pollutants entering to the surface water and groundwater from agriculture. The degree of the impact of agricultural pollution on the aquatic environment is related to the way of use of the soil and the size of livestock production in the catchment areas. Into the aquatic environment are introduced components of mineral and natural fertilizers and other substances used in agricultural production. The negative impact of agriculture on water quality is manifested in the form of pollution of surface water and groundwater with nitrates, phosphates, occasionally detected residues of chemical pesticides and heavy metals. Impurities that are characterized by low solubility and hard-biodegradable (eg. pesticides, heavy metals) penetrate to the bottom sediments as a result of self-cleaning of the watercourse.

The paper presents an analysis of the contents of selected pesticides and heavy metals in bottom sediments of Wisłok in 2012, sediments were taken from places with different form of managing the basin.

Keywords: bottom sediments, Wisłok river, pesticides, heavy metals

1. Wprowadzenie

Wzrost liczby ludności na świecie stawia przed rolnictwem zadanie podniesienia intensywności uprawy roślin i chowu zwierząt gospodarskich. Warunki przyrodnicze istniejące na danym obszarze powinny być w taki sposób wykorzystywane, aby nie prowadzić do degradacji środowiska naturalnego. Gleba użytkowana w rolnictwie jest zasobem naturalnym, który wymaga szczególnej uwagi w celu utrzymania jej jakości produkcyjnej na wiele lat. Obecnie glebę zasila się sztucznymi nawozami i wprowadza się środki ochrony roślin (pestycydy). Chemizacja rolnictwa skutkuje z jednej strony wzrostem plonów, ale z drugiej wpływa niekorzystnie na jakość produkowanej żywności i stan środowiska naturalnego. Na zanieczyszczenie są narażone, np. zbiorniki wodne, do których związki chemiczne m.in. pestycydy i metale ciężkie dostają się ze spływami powierzchniowymi z terenów skażonych. Znaczna część związków organicznych i metali ciężkich zatrzymywana jest w osadach. Ze względu na ich toksyczne oddziaływanie na środowisko biologiczne, w tym na zdrowie człowieka, zanieczyszczenie osadów dennych jest jednym z priorytetowych problemów środowiskowych [3].

Celem opracowania jest analiza stopnia zanieczyszczenia wybranymi metalami ciężkimi i pestycydami osadów dennych rzeki Wisłok na podstawie wyników badań Inspekcji Ochrony Środowiska uzyskanych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska z 2012 r., w zależności od sposobu zagospodarowania zlewni oraz klasyfikacja ich pod względem różnych kryteriów.

2. Zanieczyszczenia pochodzenia rolniczego

2.1. Pestycydy

Pestycydy są to substancje naturalne lub syntetyczne, które stosuje się w rolnictwie do ochrony produkcji upraw roślinnych poprzez zwalczanie różnego rodzaju szkodników i chorób. W zakresie ochrony zdrowia ludzkiego służą przede wszystkim do zwalczania komarów roznoszących choroby, ponadto znajdują zastosowanie do konserwacji drewna i odzieży. Ogólnie można podzielić je na: środki owadobójcze (insektycydy), grzybobójcze (fungicydy), chwastobójcze (herbicydy), środki przeciwko ślimakom (moluskocydy), gryzoniom (rodentycydy), roztoczom (akaracydy), nicieniom (nematocydy) i bakteriom (bakteriocydy) oraz konserwanty drewna, substancje odstrasżające szkodniki (repelenty) i substancje usuwające liście roślin (defolianty). Natomiast pod względem budowy chemicznej pestycydy dzieli się na nieorganiczne (np. insektycydy arsenowe, fluorkowe) i organiczne (np. związki chloroorganiczne, fosforoorganiczne) [3, 6].

Środki ochrony roślin charakteryzują się brakiem selektywności działania, znaczną trwałością w środowisku oraz zdolnością do gromadzenia się w tkankach zwierząt. Z powodu ich szkodliwego oddziaływania na środowisko wiele z tych związków zostało wycofanych z produkcji. Z grupy pestycydów chloroorganicznych poważny problem stanowią pozostałości DDT i jego metabolity, heptachlor, aldryna, dieldryna, α -HCH, β -HCH, γ -HCH, δ -HCH. Źródłem tych substancji w osadach dennych są przede wszystkim spływy powierzchniowe z pól uprawnych i sadów. Do środowiska wodnego przenikają również w wyniku bezpośredniego ich stosowania do zwalczania roślin wodnych i owadów oraz ze ściekami powstającymi przy produkcji pestycydów i przy myciu urządzeń służących do spryskiwania. Substancje te w środowisku przechodzą cykl przemian, fizycznych, chemicznych i biologicznych. Częsteczki wielu pestycydów pozostają w glebie i wodzie przez lata albo dziesięciolecia. Najdłuższy czas zalegania wykazują pestycydy chloroorganiczne. Ważnym problemem wynikającym ze stosowania pestycydów na glebę jest również to, że bardzo często blokują zmianę upraw na wiele lat i stwarzają problemy związane z toksycznymi pozostałościami w produktach rolnych. Ponadto pestycydy zawierają metale ciężkie, takie jak: arsen, miedź, cynk czy inne nieorganiczne związki toksyczne [6, 8, 17].

2.2. Metale ciężkie

Metale ciężkie w osadach dennych to jeden z głównych czynników, który wpływa na ocenę stanu zanieczyszczenia osadów. Zawartość metali ciężkich, które są gromadzone w osadach dennych zbiornika wodnego, stanowi cenny materiał do opisu źródeł i losu metali w zbiorniku [10].

Do związków z grupy metali ciężkich należą między innymi: żelazo, miedź, mangan, kadm, rtęć, nikiel, ołów, cynk. W grupie metali ciężkich występują zarówno pierwiastki niezbędne do prawidłowego funkcjonowania ludzkiego organizmu w postaci tzw. mikroelementów (np. cynk, żelazo), jak i metale zbędne dla procesów życiowych człowieka (np. kadm, rtęć, ołów). Bardzo niebezpieczny jest trwały charakter zanieczyszczeń metalami ciężkimi, a także ich włączanie się do łańcucha pokarmowego.

Metale ciężkie ze względu na stopień zagrożenia podzielono na następujące grupy:

- ◆ o bardzo wysokim stopniu potencjalnego zagrożenia, np. Hg, Pb, Cd,
- ◆ o wysokim stopniu potencjalnego zagrożenia, np. Fe, Mo, Mn,
- ◆ o średnim stopniu potencjalnego zagrożenia, np. Co, Ni,
- ◆ o niskim stopniu potencjalnego zagrożenia, np. Zr, Sr [16].

Problem związany z metalami ciężkimi polega nie tylko na ich właściwościach toksycznych, ale także na zdolności do kumulowania się, czyli gromadzenia w organizmie człowieka. Metale ciężkie mogą wnikać do organizmu człowieka poprzez układ oddechowy, pokarmowy oraz przez skórę, a skutki ich działania mogą ujawniać się po wielu latach [16]. Do najważniejszych źródeł metali ciężkich w glebie zaliczyć należy skałę macierzystą, emisje przemysłowe, komunikacyjne, gospodarkę komunalną oraz rolnictwo. Spośród najbardziej istotnych antropogenicznych źródeł zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi wymienia się górnictwo i hutnictwo, przemysł metalurgiczny,

chemiczny, składowanie odpadów, stosowanie w wysokich dawkach zanieczyszczonych nawozów mineralnych i środków ochrony roślin, nawożenie osadami, a także spływy powierzchniowe z dróg [13].

Na skutek procesów samooczyszczania się wód powierzchniowych rozpuszczalne formy metali ciężkich w procesach sorpcji, a następnie sedymentacji, przemieszczają się do osadów dennych, w wyniku czego następuje poprawa jakości wody oraz zwiększenie ilości metali ciężkich w osadach. Skład chemiczny osadów dennych jest uwarunkowany wieloma czynnikami naturalnymi i antropogenicznymi. Zależy głównie od budowy geologicznej zlewni, geomorfologii oraz warunków klimatycznych, które decydują o przebiegu procesów wietrzenia skał oraz uruchamianiu migracji i akumulacji pierwiastków w środowisku [1, 4].

2.3. Metodyka badań i materiał badawczy

Miejscem poboru próbek do badania była rzeka Wisłok. Obszary, na których zlokalizowane były punkty kontrolne, charakteryzowały się różnym zagospodarowaniem zlewni (lasy - okolice Zarszyna, łąki - Czarna, pola uprawne - Wojaszówka, nieużytki rolne - Besko).

Rzeka Wisłok, o długości 220 km, stanowi lewy dopływ Sanu i przepływa przez południowo-wschodnią Polskę. Jest rzeką typowo górską, zaliczaną do rzek stałych i średnich, według klasyfikacji ze względu na długość oraz ciągłość ich zasilania [18]. Rzeka Wisłok, ma swoje źródła w Beskidzie Niskim przy granicy ze Słowacją. Odcinek górski rzeki zamknięty jest zaporą i zbiornikiem wodnym Besko. Następnie Wisłok płynie przez Kotlinę Jasielsko-Krośnieńską, Pogórza Strzyżowskie i Dynowskie oraz Podgórze Rzeszowskie. W górnym biegu przepływa przez zalesione góryste tereny, środkową i dolną część zlewni stanowią obszary rolniczo-przemysłowe. Na stan wód Wisłoka duży wpływ mają jego dopływy wnoszące zanieczyszczenia pochodzenia antropogenicznego. Rzeka Wisłok jest również odbiornikiem ścieków miejsko-przemysłowych oraz ścieków z terenów wiejskich [18].

Przedstawiona analiza stopnia zanieczyszczenia wybranymi metalami ciężkimi i pestycydami osadów dennych rzeki Wisłok została wykonana na podstawie wyników badań Inspekcji Ochrony Środowiska uzyskanych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska z 2012 r.

3. Kryteria oceny jakości osadów dennych

Obecnie w Polsce jest brak obowiązujących unormowań prawnych dotyczących oceny jakości osadów dennych. Na potrzeby monitoringu stosowane są kryteria geochemiczne. Umożliwiają one ocenę stężeń zanieczyszczeń w osadach w odniesieniu do wartości tła geochemicznego [14]. Do 2013 r. osady denne były klasyfikowane również na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony [15]. Natomiast w celu określenia stopnia toksyczności danej substancji na organizmy wodne wprowadzono kryteria ekotoksykologiczne. W pracy

ocenę stopnia zanieczyszczenia osadów dennych pestycydami i metalami ciężkimi przeprowadzono w oparciu o:

- ◆ wartości PEL - ang. *Probable Effects Level* - zawartość pierwiastka lub związku chemicznego, powyżej której jego toksyczny wpływ na organizmy jest często obserwowany (tab. 1) [11],
- ◆ wartości TEL - ang. *Threshold Effects Level* - zawartość pierwiastka lub związku chemicznego, powyżej której jego toksyczny wpływ na organizmy może być zaobserwowany (tab. 1) [11],
- ◆ kryteria geochemiczne umożliwiające ocenę stopnia zanieczyszczenia osadów dennych w odniesieniu do tła geochemicznego, czyli zawartości pierwiastków występujących w osadach w Polsce w warunkach naturalnych według Bojakowskiej (tab. 2) [2],
- ◆ kryteria umożliwiające ocenę stopnia zanieczyszczenia osadów dennych według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzajów i stężeń substancji powodujących, że urobek jest zanieczyszczony (Dz. U. z 2002 r. Nr 55, poz. 498) (tab. 3) [15],
- ◆ niemiecką klasyfikację LAWA (tab. 4 i 5) [12].

Tab. 1. Ekotoksykologiczne kryteria oceny zanieczyszczenia osadów dennych rzek i jezior pestycydami

Składnik	g-HCH	a-chlordan	p,p'-DDD	p,p'-DDE	p,p'-DDT	Dieldryna	Endryna	Epoksyd Heptachloru
	[mg/kg]							
TEL	0,94	4,5	3,54	1,42	1,19	2,85	2,67	0,6
PEL	1,38	8,87	8,51	6,75	4,77	6,67	6,24	2,74

Źródło: D.D. MacDonald, C.G. Ingersoll, T.A. Berger, *Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems, Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 39(1), 2000, s. 20-33.

Tab. 2. Geochemiczne kryteria oceny zanieczyszczenia osadów dennych rzek i jezior

Składnik	Tło geochemiczne	Osady niezanieczyszczone	Osady miernie zanieczyszczone	Osady zanieczyszczone
	[mg/kg]			
Kadm	<0,5	1	3,5	6
Kobalt	3	10	20	50
Miedź	7	40	100	300
Rtęć	<0,05	0,2	0,5	1
Nikiel	6	16	40	50
Ołów	15	30	100	200

Źródło: I. Bojakowska, G. Sokołowska, *Geochemiczne klasy czystości osadów wodnych, Przegląd Geologiczny*, 46(1), 1998, s. 49-54.

Tab. 3. Kryteria oceny zanieczyszczenia osadów wodnych rzek i jezior

Składnik	TEL	PEL	RMŚ
	[mg/kg]		
Kadm	0,6	3,5	7,5
Miedź	36	197	150
Rtęć	0,17	0,487	1
Nikiel	16	42	75
Ołów	35	91	200

Źródło: D.D. MacDonald, C.G. Ingersoll, T.A. Berger, *Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems*, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 39(1), 2000, s. 20–33; Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzaju oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony (Dz. U. z 2002 r. Nr 55, poz. 498).

Tab. 4. Graniczne zawartości metali [mg/kg] w zawieszinie rzecznej dla klas LAWA

Klasa LAWA	I	I-II	II	II-III	III	III-IV	IV
Górna granica							
Kadm	<0,3	<0,6	<1,2	<2,4	<4,8	<9,6	>9,6
Miedź	<20	<40	<80	<160	<320	<640	>640
Nikiel	<30	<40	<50	<100	<200	<400	>400
Ołów	<25	<50	<100	<200	<400	<800	>800

Źródło: W. Nocoń, K. Barbusiński, K. Nocoń, J. Kernert, *Analiza zmian ładunku metali śladowych transportowanych wraz z zawieszinami wzdłuż biegu rzeki*, *Ochrona Środowiska*, 35(1), 2013, s. 33–38.

Tab. 5. Klasyfikacja osadów według LAWA

Klasyfikacja osadów	
Klasa I	niezanieczyszczone
Klasa I-II	niezanieczyszczone/umiarkowanie zanieczyszczone
Klasa II	umiarkowanie zanieczyszczone
Klasa II-III	umiarkowanie zanieczyszczone/mocno zanieczyszczone
Klasa III-IV	mocno/bardzo mocno zanieczyszczone
Klasa IV	bardzo mocno zanieczyszczone

Źródło: W. Nocoń, K. Barbusiński, K. Nocoń, J. Kernert, *Analiza zmian ładunku metali śladowych transportowanych wraz z zawieszinami wzdłuż biegu rzeki*, *Ochrona Środowiska*, 35(1), 2013, s. 33–38.

4. Analiza wyników i dyskusja

4.1. Pestycydy

W analizowanych osadach dennych, pobranych z terenów o różnym sposobie zagospodarowania zlewni (lasy, pola uprawne, nieużytki, łąki), nie odnotowano znacznego zróżnicowania pod względem zawartości większości badanych pestycydów. Wyniki

badania wykazują, że jedynie dla czterech analizowanych pestycydów zaobserwowano wpływ rodzaju użytkowania zlewni na ich występowanie (tab. 6).

Tab. 6. Zawartości pestycydów w poszczególnych punktach pomiarowo-kontrolnych

Nazwa	Zawartość pestycydów [µg/kg]			
	Lasy	Łąki	Nieżytki	Pola uprawne
a-chlordan	0,05	0,05	0,05	0,05
a-HCH	0,25	0,25	0,25	0,25
Aldehyd endryny	0,15	0,15	0,15	0,15
Aldryna	0,05	0,05	0,05	0,05
b-HCH	0,25	0,25	0,25	0,25
d-HCH	0,25	0,25	0,25	0,25
Dieldryna	0,05	0,05	0,05	0,05
Endosulfan I	0,25	0,9	0,25	0,25
Endosulfan II	0,85	3,2	1,55	2,95
Endryna	0,25	0,25	0,25	0,25
Epoksyd Heptachloru	0,05	0,05	0,05	0,05
g-chlordan	0,15	0,15	0,15	0,15
g-HCH	0,25	0,25	0,25	0,25
Heptachlor	0,4	0,4	0,4	0,4
Keton endryny	0,25	0,25	0,25	0,25
Metoksychlor	0,05	0,05	0,05	2
p,p`-DDD	0,05	0,05	0,05	0,05
p,p`-DDE	0,05	0,05	0,05	0,05
p,p`-DDT	0,2	1,1	0,6	1,9

Źródło: Opracowanie własne

Wyższą zawartość endosulfanu I i endosulfanu II wykryto w miejscach, gdzie zlewnię stanowiły łąki i pola uprawne (ryc. 1). Endosulfan jest syntetycznym związkiem chloroorganicznym złożonym z dwóch izomerów, stosowanym w rolnictwie jako insektycyd. Obecnie jest zakazany w przynajmniej 60 krajach, w tym także w Polsce [3]. Znacznie wyższe stężenie metoksychloru wykryto w osadach z miejsc, gdzie zlewnię stanowiły pola uprawne. W pozostałych analizowanych punktach badawczych zawartość tego pestycydu mieściła się w granicach oznaczalności. Natomiast w przypadku p,p`-DDT zaobserwowano wyraźne zróżnicowanie w poziomie ich koncentracji. Najwyższe stężenie p,p`-DDT, podobnie jak metoksychloru, wykryto w próbkach osadów z punktów, gdzie zlewnię stanowiły pola uprawne. Z kolei najmniejsza ilość tego pestycydu znajdowała się w próbkach pobranych z terenu zalesionego.

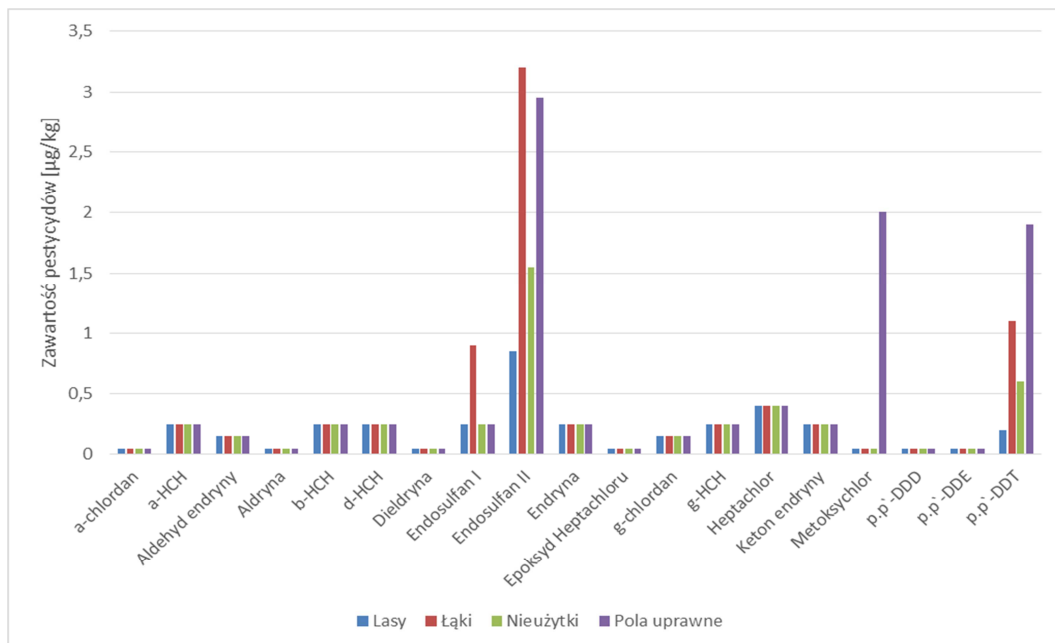
Opierając się na kryteriach ekotoksykologicznych, nie stwierdzono przekroczeń wartości PEL dla pestycydów ujętych w pracy MacDonald [11] (tab. 1). Tylko zawartość p,p`-DDT przekraczała progowe stężenie, powyżej którego toksyczny wpływ na organizmy może być zaobserwowany (TEL).

Pomimo zaprzestania produkcji i stosowania pestycydów chloroorganicznych w wielu krajach nadal są one wykrywane w wodach powierzchniowych i osadach dennych. Obecność pestycydów w środowisku wodnym jest skutkiem ich dużej trwałości oraz znacznego współczynnika biokumulacji [3].

W osadach dennych zawartości poszczególnych chloroorganicznych pestycydów obecnie wahają się od zawartości poniżej limitu detekcji do nawet kilkuset mg/kg. Zazwyczaj jednak nie przekracza 1 mg/kg, np. zawartość DDT w osadach Bałtyku wahała się od 1 do 118 $\mu\text{g}/\text{kg}$, w osadach zbiornika wrocławskiego – w zakresie od 0,7–24,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$, a w osadach jeziora Orta (Włochy) – od 0,7–119,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ [7, 9].

W badaniach przeprowadzonych przez Bojakowską i in. [3] najczęściej wykrywanymi pestycydami w osadach dennych na terenie Polski były izomery HCH oraz związki z grupy DDT. Spośród izomerów HCH, najczęściej i w największej ilości występował lindan, którego wysokie zawartości stwierdzono w osadach, m.in. rzeki Wisły, Bugu, Dunajca. W osadach dennych ze zbiornika w Nieliszu wykryto również lindan, DDT, DDE oraz DDD, natomiast w osadach dennych ze zbiornika w Rybniku stwierdzono obecność DDT i jego metabolitów (DDD i DDE) [3].

Ryc. 1. Zawartości pestycydów w poszczególnych punktach pomiarowo-kontrolnych



Źródło: Opracowanie własne

4.2. Metale ciężkie

Analiza zawartości metali ciężkich w osadach rzeki Wisłok wykazała, że najwyższe ich stężenia występują w próbkach pobranych z obszarów, gdzie zlewnię stanowią lasy (dla Co, Cu i Ni) i pola uprawne (dla Cd, Hg i Pb) (tab. 7).

Tab. 7. Zawartość metali ciężkich w osadach dennych rzeki Wisłok

Nazwa	Zawartość metali ciężkich [mg/kg]			
	Lasy	Łąki	Nieuzityki	Pola uprawne
Kadm, Cd	0,3	0,3	0,3	0,5
Kobalt, Co	9	6	5	5
Miedź, Cu	26	15	13	18
Rtęć, Hg	0,088	0,046	0,048	0,236
Nikiel, Ni	38	18	15	19
Ołów, Pb	14	12	8	19

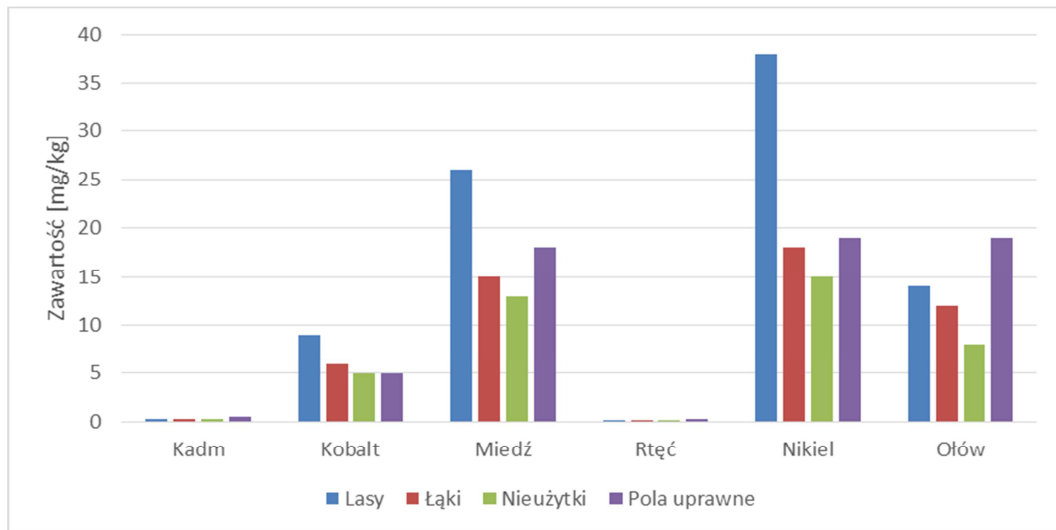
Źródło: Opracowanie własne

Najwyższa zawartość kadmu w osadach wynosiła 0,5 mg/kg i nie przekraczała wartości TEL (tab. 3). Zgodnie z kryteriami geochemicznymi osady te klasyfikuje się jako niezanieczyszczone (tab. 2). Natomiast według LAWA ocenia się je jako niezanieczyszczone/umiarkowanie zanieczyszczone (tab. 4 i 5). Obecność kadmu w środowisku wodnym w głównej mierze związana jest z zanieczyszczeniami antropogenicznymi, tj. nawozy sztuczne, środki ochrony roślin. Jakość osadów dennych pod względem zawartości Cu i Pb kształtuje się podobnie jak w przypadku Cd. Z kolei zawartości rtęci i niklu przekraczają wartości TEL i kwalifikują je jako miernie zanieczyszczone według Bojakowskiej [2].

Źródłem miedzi i niklu są zanieczyszczenia powierzchniowe, które spływają z gruntów i gospodarstw rolnych. Na podwyższone zawartości ołowiu w badanych osadach może mieć wpływ nie tylko stosowanie nawozów mineralnych i organicznych, ale również stosowanie paliw do napędzania maszyn rolniczych. Natomiast odnosząc jakość osadów dennych rzeki Wisłok do wymogów Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. [15], można stwierdzić, że nie zostały przekroczone graniczne wartości, w związku z czym osad ten należy traktować jako niezanieczyszczone [15] (ryc. 2).

Według badań osadów dennych zbiornika Mściwojów przeprowadzonych przez Czarę i in. [5] tylko zawartość kadmu i ołowiu w osadzie zbiornika przekraczała tło geochemiczne Polski. Badania przeprowadzone przez Jancewicz i in. [9] wykazały, że na jakość osadów dennych istotny wpływ ma sposób zagospodarowania zlewni. Zarówno rolnictwo, jak i przemysł wprowadza do środowiska znaczne ilości zanieczyszczeń, przy czym na terenach uprzemysłowionych obserwuje się ich wyższe zawartości.

Ryc. 2. Zawartość metali ciężkich w osadach dennych rzeki Wisłok



Źródło: Opracowanie własne

5. Wnioski

- ◆ Wyniki badań zawartości metali ciężkich oraz pestycydów wskazują, że w badanych punktach stężenia analizowanych substancji były niskie i mieściły się w granicach tła geochemicznego lub nieznacznie je przekraczały.
- ◆ Jedynie dla czterech analizowanych pestycydów zaobserwowano wpływ rodzaju użytkowania zlewni na ich występowanie (endosulfan I i II, metoksychlor i p.p'-DDT).
- ◆ Zgodnie z kryteriami geochemicznymi osady dennie rzeki Wisłok zakwalifikowano jako niezanieczyszczone pod względem zawartości Cd, Co, Cu i Pb. Na podstawie zawartości rtęci i niklu osady zalicza się do miernie zanieczyszczonych.
- ◆ Według klasyfikacji LAWA zawartość jonów badanych metali ciężkich w osadach dennych zbiornika nie przekraczała wartości dopuszczalnych dla klasy II.
- ◆ Obciążenie wód Wisłoka zanieczyszczeniami uzależnione jest od stopnia zagospodarowania i uprzemysłowienia zlewni.

Bibliografia

1. Bąk Ł., Górski J., Szelaż B., *Koncentracja metali ciężkich w wodzie i osadach dennych małego zbiornika wodnego w Kaniowie*, Proceedings of ECOpole, 8 (1), 2014, s. 119-125.
2. Bojakowska I., Sokołowska G., *Geochemiczne klasy czystości osadów wodnych*, Przegląd Geologiczny, 46 (1), 1998, s. 49-54.
3. Bojakowska I., Gliwicz T., *Chloroorganiczne pestycydy i polichlorowane bifenyleny w osadach rzek Polski*, Przegląd Geologiczny, 53 (8), 2005, s. 649-655.
4. Bojakowska I., Gliwicz T., *Wyniki geochemicznych badań osadów wodnych Polski w latach 2000-2002*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 2003, s. 46-81.
5. Czamara A., Czamara W., *Metale ciężkie w systemie ekologicznym zbiornika Mściwojów*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 9, 2008, s. 283-296.

6. Dojlido J.R., *Chemia wód powierzchniowych*, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok 1995, s. 220–234.
7. Guzzella L., *PCBs and organochlorine pesticides in Lake Orta (Northern Italy) sediments*, *Water, Air and Soil Pollution*, 99 (1–4), 1997, s. 245–254.
8. Haziak T., Czaplicka-Kotas A., Ślusarczyk Z., Szalińska E., *Przestrzenne zmiany stężeń cynku w osadach dennych Zbiornika Czorsztyńskiego*, *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 16 (1), 2013, s. 57–68.
9. Jancewicz A., Dmitruk U., Sośnicki L., Tomczuk U., Bartczak, A., *Wpływ zagospodarowania zlewni na jakość osadów dennych w wybranych zbiornikach zaporowych*, *Ochrona Środowiska*, 34 (4), 2012, s. 29.
10. Kazimierowicz Z., Kazimierowicz J., *Badania zawartości metali ciężkich w zlewni rzeki Biebrzy i jej trzech dopływów*, *Inżynieria Ekologiczna*, 40, 2014, s. 25–32.
11. MacDonald D.D., Ingersoll C.G., Berger T.A., *Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems*, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 39 (1), 2000, s. 20–3.
12. Nocoń W., Barbusiński K., Nocoń K., Kernert J., *Analiza zmian ładunku metali śladowych transportowanych wraz z zawiesinami wzdłuż biegu rzek*, *Ochrona Środowiska*, 35(1), 2013, s. 33–38.
13. Ociepa-Kubicka A., Ociepa E., *Toksyczne oddziaływanie metali ciężkich na rośliny, zwierzęta i ludzi*, *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 15, 2012, s. 169–180.
14. Rosińska A., Dąbrowska L., *PCBs and heavy metals in water and bottom sediments of the Kozłowa Góra dam reservoir*, *Archives of Environmental Protection*, 37 (4), 2011, s. 61–73.
15. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzaju oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony (Dz. U. z 2002 r. Nr 55, poz. 498).
16. Węglarzy K., *Metale ciężkie – źródło zanieczyszczeń i wpływ na środowisko*, *Wiadomości Zootechniczne* 3 (45), 2007, s. 31–38.
17. Wrzosek J., Gworek B., Maciaszek D., *Środki ochrony roślin w aspekcie ochrony środowiska*, *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 39, 2009, s. 75–88.
18. <http://wislok.rzeszow.pl> (dostęp: 29.09.2016).