

Agnieszka Jancewicz, Urszula Dmitruk, Łukasz Sośnicki, Urszula Tomczuk, Agata Bartczak

Wpływ zagospodarowania zlewni na jakość osadów dennych w wybranych zbiornikach zaporowych

Skład osadów dennych uwarunkowany jest wieloma czynnikami naturalnymi i antropogenicznymi. Wynika on z budowy geologicznej zlewni, geomorfologii terenu i warunków klimatycznych, a także ze sposobu zagospodarowania i użytkowania zlewni oraz rodzaju i ilości zanieczyszczeń docierających do wód powierzchniowych, spośród których metale ciężkie i trwałe związki organiczne stanowią największe zagrożenie środowiska [1–5]. Rozwój przemysłu i rolnictwa oraz niedostateczna znajomość właściwości i toksycznego oddziaływania wielu stosowanych substancji doprowadziły do znacznego zanieczyszczenia związkami niebezpiecznymi gleb, atmosfery, a także ekosystemów wodnych.

Wpływ antropopresji zlewni na jakość wód powierzchniowych (rzek i zbiorników wodnych) został stwierdzony na licznych przykładach [6, 7]. W pracy podjęto próbę oceny wpływu zagospodarowania przestrzennego zlewni zbiorników zaporowych na jakość skumulowanych w nich osadów dennych, z uwzględnieniem substancji szczególnie szkodliwych. Wybrano dwa zbiorniki zaporowe różniące się zagospodarowaniem zlewni, wybudowane na rzekach nizinnych, tj. zbiornik w Nieliszu (rz. Wieprz) oraz zbiornik w Rybniku (rz. Ruda), tzw. Jezioro Rybnickie. Rzeki nizinne charakteryzują się małym spadkiem podłużnym, a ich koryta są stosunkowo szerokie, często meandrujące. Brzegi koryt porośnięte są roślinnością. Przepływy rzek nizinnych są wyrównane, głównie za sprawą spowolnionego odpływu. Materiał rumowiskowy stanowi w przeważającej ilości piasek o różnej granulacji. W rzekach nizinnych obserwuje się przewagę procesu depozycji (akumulacji) nad procesem wymywania.

Zagospodarowanie zlewni zbiornika w Nieliszu

Zbiornik w Nieliszu usytuowany jest w górnym biegu Wieprza (km 235+200), prawostronnego dopływu Wisły, na terenie województwa lubelskiego. Zasilany jest wodami Wieprza oraz rzeki Por, na której usytuowany jest zbiornik wstępny o powierzchni 179 ha i pojemności 1,18 mln m³. Zbiornik wstępny przyczynia się do znaczącej poprawy (sedymentacja zawieszin) jakości wody dopływającej do zbiornika głównego. Zlewnia całkowita zbiornika obejmuje

zlewnie Poru i Wieprza (od źródeł do zbiornika) oraz bezpośrednie spływy z okolicznych terenów. Zbiornik w Nieliszu zasilają również małe dopływy spod miejscowości Deszkowice, Tworyczów oraz Wielącz Kolonia. Największy dopływ zbiornika stanowi rzeka Por, której zlewnia obejmuje obszar ponad 570 km². W zlewni zbiornika występują piaski, żwiry, mady rzeczne, lessy, mułki rzeczne, lessy piaszczyste i pyły lessopodobne. We wschodniej części zlewni przeważają lessy oraz wapienie, natomiast bezpośrednio przy ciekach występują typowe dla okolic rzek i starorzeczy piaski, mułki i mady rzeczne.

Szata roślinna w zlewni jest urozmaicona, dominują tereny wykorzystywane rolniczo oraz tereny leśne (lasy iglaste, liściaste oraz mieszane). Udział użytków rolnych w gminach leżących na obszarze zlewni zbiornika wynosi od 27% do 86% (śr. 67%), a wśród nich największą powierzchnię zajmują grunty orne, sady, łąki i pastwiska, stanowiąc kilka lub kilkanaście procent całkowitej powierzchni analizowanych gmin. Zlewnia zbiornika od strony zachodniej to w przeważającej części tereny rolnicze (zlewnia Poru). Od strony wschodniej (zlewnia Wieprza) obszar charakteryzuje wyraźna przewaga lasów iglastych i mieszanych, z niewielkimi obszarami terenów rolnych. W zlewni bezpośredniej zbiornika znajdują się dwie wsie – Nielisz (część północno-wschodnia zbiornika) oraz Sułów (część południowo-zachodnia). Zlewnia całkowita zbiornika obejmuje kilkanaście małych wsi leżących nieopodal głównych cieków zlewni (Wieprz, Gorajka, Por) oraz miasta Szczepieszyn i Zwierzyniec. W rejonie zbiornika wyodrębniono specjalny obszar ochrony ptaków (Ostoja Nieliska) obejmujący swym zasięgiem zbiornik oraz część doliny Poru. W planach jest objęcie okolic Sułowa Roztochańskim Obszarem Chronionego Krajobrazu.

Dominującymi punktowymi źródłami zanieczyszczeń w zlewni zbiornika w Nieliszu są oczyszczalnie ścieków. Łącznie z terenu gmin, na obszarze których zlokalizowana jest zlewnia zbiornika, w 2009 r. odprowadzono około 2,8 mln m³ ścieków komunalnych oraz około 1,0 mln m³ ścieków przemysłowych [8].

Znaczącym elementem zanieczyszczenia wody, a zarazem osadów zdeponowanych w zbiorniku, jest dominujące na tym obszarze rolnictwo. Spływy powierzchniowe oraz podziemne są źródłem związków azotu, fosforu oraz środków ochrony roślin (pestycydy, herbicydy). Substancje te są transportowane do zbiornika wraz z rumowiskiem oraz wodami cieków zasilających zbiornik. W analizowanej zlewni źródłem zanieczyszczeń liniowych jest droga

krajowa nr 74, łącząca Szczepieszyn z Zamościem. Trasa przecina Wieprz powyżej zaporę, co może mieć wpływ na zanieczyszczenie zbiornika substancjami ropopochodnymi, WWA, metalami ciężkimi oraz jest źródłem wód zasolonych w okresach roztopowych. Na terenie zlewni zbiornika nie ma znaczących punktowych źródeł emisji zanieczyszczeń powietrza. Na jakość powietrza w całym województwie lubelskim decydujący wpływ ma emisja powierzchniowa, a w dalszej kolejności liniowa i punktowa. W 2009 r. zanotowano przekroczenia dopuszczalnych wartości pyłu PM10 w aglomeracji lubelskiej oraz w Chełmie i Zamościu. Główną przyczyną podwyższonych wartości PM10 w powietrzu atmosferycznym w okresie jesienno-zimowym była emisja ze spalania paliw na cele grzewcze w indywidualnych paleniskach domowych. Zawartość metali ciężkich (Pb, Cd, Ni, Cr) w pyłe PM10 na terenie województwa lubelskiego była znacznie poniżej wartości dopuszczalnych [9]. Wskaźnik obecności WWA – benzo(a)piren – również nie przekroczył wartości granicznych. Średnie roczne stężenia były na poziomie 1 ng/m^3 [9]. W 2010 r. w dwóch punktach pomiarowych zlokalizowanych najbliżej zlewni zbiornika (Tomaszów Lubelski, Zamość) stężenie PM10 nie przekroczyło wartości dopuszczalnej, natomiast średnioroczne stężenie benzo(a)pirenu nie przekroczyło wartości 1 ng/m^3 [10].

Depozycja zanieczyszczeń wprowadzanych na dany obszar w wyniku depozycji mokrej z atmosfery uwarunkowana jest wysokością opadów oraz ilością zanieczyszczeń w nich zawartych. Chemizm opadów atmosferycznych w województwie lubelskim badany jest na stacji IMGW-PIB we Włodawie. W opadach występowały siarczany, chlorki (przew. wł. $8,6 \div 28,1 \mu\text{S/cm}$) i azot ogólny, a także w śladowych ilościach metale ciężkie. W zlewni zbiornika w Nieliszu zlokalizowane są punkty monitoringu jakości wód powierzchniowych – Wieprz-Namule i Wieprz-Michałów, natomiast punkt pomiarowy Wieprz-Staw Nowakowski zlokalizowany jest poniżej zaporę. Potencjał ekologiczny w punktach pomiarowych zlewni zbiornika w 2009 r. został oceniony jako umiarkowany. W 2010 r. badania prowadzone były tylko w jednym punkcie pomiarowym Wieprz-Namule. Pod względem wskaźników biologicznych stan wód oceniono jako umiarkowany, zaś z uwagi na wskaźniki fizyczno-chemiczne poniżej stanu dobrego. Ogólna ocena potencjału ekologicznego – stan umiarkowany [10].

Zagospodarowanie zlewni zbiornika w Rybniku

Zbiornik zaporowy w Rybniku (Jezioro Rybnickie) jest usytuowany na rzece Rudzie (km 22+800), prawostronnym dopływie Odry na terenie województwa śląskiego. Najważniejsze dopływy Rudy to Przegędza, Potok Boguszowski, Potok z Kamienia, Potok Grabownia, Nacyna, Sumina i Potok Gzel. Zbiornik ten należy do najważniejszych zbiorników wodnych w regionie. Wzdłuż brzegów zbiornika, oddzielone zaporami bocznymi od zalewu głównego, rozmieszczone są zbiorniki wyrównawcze Gzel, Pniowiec i Grabownia. Poza nimi istnieje jeszcze zalew Orzepowice, powstały przez odcięcie od zalewu głównego nasypem drogowym.

Na północ od zbiornika występują takie utwory glabowe, jak wapienie siarkonośne, piaski, żwiry oraz gliny. W części południowej główne typy utworów glabowych to mady rzeczne, torfy i namuły. Zarówno w obrębie zbiornika, jak i w przeważającej części zlewni występują piaski

i żwiry sandrowe z częściami glin zwałowych oraz piasków i żwirów lodowcowych. W niewielkim stopniu występują też głązy oraz gliny moren czołowych. Geologia tego terenu jest ściśle związana z przebiegiem granicy zasięgu zlodowacenia Odry. Pokrycie terenu i jego zagospodarowanie jest bardzo zróżnicowane, w przeciwieństwie do zbiornika w Nieliszu, gdzie dominowały tereny wykorzystywane rolniczo. Południowo-zachodnią część stanowi głównie luźna zabudowa miejska z kilkunastoma ośrodkami przemysłowo-handlowymi. Tereny na północny wschód od osi Rudy oraz zbiornika głównie stanowią tereny leśne z przewagą drzewostanów iglastych i mieszanych. Prawostronne dopływy Rudy (potok z Kamienia, Potok z Przegędzy, Jesionka) położone są na ternach leśnych, w ich zlewniach występują lasy iglaste bądź mieszane. W częściach źródłowych tych rzek znajdują się tereny luźnej zabudowy miejskiej oraz tereny wykorzystywane rolniczo (grunty orne). Zachodnia część zbiornika zagospodarowana jest rekreacyjnie wraz z luźną zabudową miejską, natomiast strona wschodnia to tereny przemysłowo-handlowe (od południa) oraz las iglasty (od północy). Ponadto wyróżnić można tereny wykorzystywane rolniczo, niewielką ilość terenów leśnych oraz zwałowisk i hałd.

Zbiornik w Rybniku jest bezpośrednim odbiornikiem ścieków z Elektrowni Rybnik, będąc jednocześnie zasadniczym źródłem wody do chłodzenia. Powstające ścieki przemysłowe oczyszczane są w przykładowej oczyszczalni i odprowadzane do zbiornika wraz z częścią odsolin z chłodni kominowych. Ruda jest odbiornikiem ścieków komunalnych pochodzących z oczyszczalni miejskich i przemysłowych Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej. Znaczna część ścieków komunalnych oraz ścieki z Kompani Węglowej odprowadzane są do lewostronnego dopływu Rudy – Nacyna. Jest to jedna z najbardziej zasolonych rzek w Polsce (jej wody ruociągami omijają zbiornik zaporowy). Niewystarczająca wydajność przepompowni może powodować okresowe przelewanie wód Nacyny bezpośrednio do zbiornika [11]. Dominującym typem punktowego zanieczyszczenia wód w analizowanej zlewni są oczyszczone ścieki przemysłowe. Ścieki odprowadzane są zarówno bezpośrednio do zbiornika, jak i do Rudy powyżej zbiornika. Głównym źródłem zanieczyszczeń jest Elektrownia Rybnik, z której pochodzą oczyszczone ścieki przemysłowo-deszczowe, ścieki ze stacji uzdatniania wody na potrzeby elektrowni oraz odsoliny.

Zbiornik w Rybniku leży na terenie województwa śląskiego, w którym emisje zanieczyszczeń pyłowych i gazowych stanowiły po 19% emisji całkowitej w Polsce. Do największych punktowych źródeł zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego zalicza się [12] elektrownie (Rybnik, Jaworzno III, Łagisza, Łaziska, Halemba), elektrociepłownie (EC Nowa – Dąbrowa Górnicza, Chorzów ELCHO, Będzin), hutę Częstochowa, zakłady koksownicze (Przyjaźń Dąbrowa Górnicza) oraz zakład Arcelor Mittal w Dąbrowie Górniczej. Największy udział w emisji zanieczyszczeń pyłowych mają elektrownie Rybnik, Jaworzno III, Łagisza, Łaziska, Halemba; elektrociepłownia Bielsko-Biała, EC Nowa; Zakład Energetyki Ciepłej Katowice oraz Zespół Elektrociepłowni Bytom. W 2009 r. w Rybniku zanotowano średnioroczne stężenie pyłu PM10 o 30% większe od wartości dopuszczalnej. Stężenie metali w pyłe nie przekroczyło wartości dopuszczalnych, natomiast stężenie benzo(a)pirenu było podwyższone na wszystkich stanowiskach pomiarowych w województwie [13]. Jako źródło pyłu PM10 i benzo(a)pirenu oraz przyczynę podwyższonych wartości tych wskaźników uznano:

– w sezonie zimowym emisję z indywidualnego ogrzewania budynków,

– w sezonie letnim emisję wtórną zanieczyszczeń pyłowych z powierzchni odkrytych oraz niekorzystne warunki meteorologiczne (powolne rozprzestrzenianie emitowanych lokalnie zanieczyszczeń związane z małą prędkością wiatru – poniżej 1,5 m/s).

Średnia zawartość pyłu zawieszonego PM10 w aglomeracji rybnicko-jastrzębskiej w 2010 r. była prawie dwukrotnie większa od wartości dopuszczalnej (40 µg/m³). Średnioroczne stężenie benzo(a)pirenu wyniosło ponad 18 ng/m³ [12].

Chemizm opadów atmosferycznych w województwie śląskim badany jest na stacjach IMGW-PIB w Katowicach (Muchowiec) oraz w Raciborzu. W największych stężeniach w 2010 r. występowały siarczany, chlorki, azot ogólny oraz wapń, w najmniejszych chrom, nikiel, kadm i ołów [13]. Skład fizyczno-chemiczny opadów deszczowych różnił się na obydwu stanowiskach. Maksymalne zanotowane stężenia większości metali ciężkich były większe na stacji w Katowicach. Pozostałe badane wskaźniki na obydwu stacjach były na zbliżonym poziomie.

W zlewni zbiornika zlokalizowane są cztery punkty monitoringu jakości wód powierzchniowych: Potok z Przegędzy – ujście do Rudy, Potok z Kamienia – ujście do Rudy, Ruda powyżej zbiornika Rybnik oraz Gzela – przed wlotem do zbiornika Rybnik. Wody powierzchniowe w badanych punktach w 2009 r. sklasyfikowane zostały jako:

– z uwagi na wskaźniki fizyczno-chemiczne: klasa II (2 ppk), poniżej stanu dobrego (2 ppk),

– z uwagi na potencjał ekologiczny: dobry (2 ppk), umiarkowany (1 ppk), słaby (1 ppk).

W punkcie pomiarowym Ruda (powyżej zbiornika) zanotowano stężenia fenoli lotnych przekraczające wartości graniczne dobrego i wyższego niż dobry stanu ekologicznego wód powierzchniowych [13]. W 2009 r. prowadzone były badania zbiornika w sieci monitoringu operacyjnego oraz operacyjnego celowego pod kątem bytowania ryb i zapotrzebowania ludności w wodę do spożycia. Stan wód Rudy w obrębie zbiornika oceniono jako umiarkowany (wskaźniki biologiczne) oraz zaliczono do klasy II (wskaźniki fizyczno-chemiczne), natomiast potencjał ekologiczny określono jako umiarkowany. Ponadto wody zbiornika zostały ocenione jako eutroficzne. Nie spełniały również wymagań do życia ryb w warunkach naturalnych zarówno w rejonie zapory czołowej, jak i w rejonie ujścia Rudy [13].

Wpływ presji antropogenicznej na jakość osadów dennych

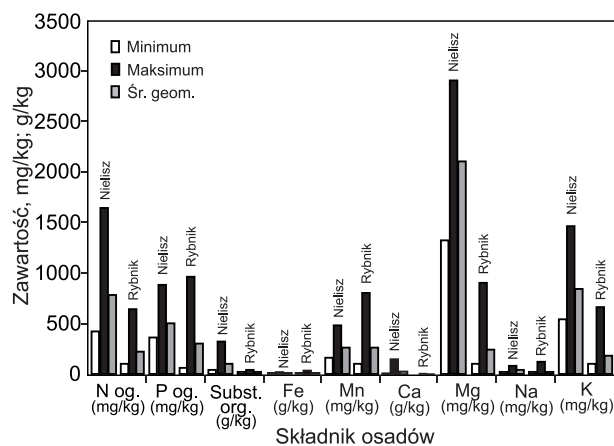
Ocenę zanieczyszczenia osadów dennych w zbiornikach zaporowych w Nieliszu i Rybniku wykonano porównując wartości średnich geometrycznych zawartości oznaczanych zanieczyszczeń z wartościami granicznymi przyjętymi w klasyfikacji osadów jako urobku [14], wg standardów jakości gleby lub ziemi [15] oraz w klasyfikacji geochemicznej [16].

Osady denne ze zbiornika w Nieliszu należy uznać za niezanieczyszczone jako urobek. Ze względu na zawartość lindanu osady te zostały zaliczone do grupy B jakości gleb i ziemi. Zgodnie z klasyfikacją geochemiczną, ze względu na podwyższone stężenia rtęci, osady zaliczone zostały do klasy II – miernie zanieczyszczone.

Osady denne ze zbiornika w Rybniku również uznano za niezanieczyszczone jako urobek. Ze względu na zawartość

cynku, benzo(a)pirenu, lindanu i DDD osady te zostały sklasyfikowane w grupie B, natomiast zgodnie z klasyfikacją geochemiczną (zawartość kadmu, dibenzo(a,h)antrecenu oraz DDT) są one miernie zanieczyszczone.

Skład i zanieczyszczenie osadów dennych pobranych z analizowanych zbiorników były zróżnicowane. Na podstawie zgromadzonych danych na temat zanieczyszczenia osadów dennych obydwu zbiorników można stwierdzić wpływ źródeł antropogenicznych na ich jakość. Zbiornik w Nieliszu charakteryzował się mniejszym zanieczyszczeniem niż zbiornik w Rybniku, był natomiast bogatszy w składniki biogenne, makroelementy oraz substancje organiczne (rys. 1).



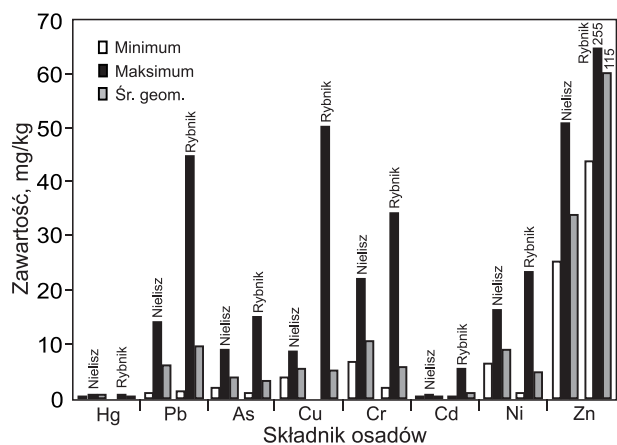
Rys. 1. Zawartość podstawowych składników osadów dennych ze zbiorników zaporowych w Nieliszu i Rybniku

Fig. 1. Main components of the bottom sediments from Nielisz and Rybnik dam reservoirs

Istotnym zanieczyszczeniem wód w zbiornikach są spływy powierzchniowe zanieczyszczeń z terenów rolniczych, głównie związków azotu i fosforu [7]. Nieprawidłowe składowanie pasz soczystych, nawozów naturalnych oraz środków ochrony roślin również przyczynia się do obciążenia gleb związkami biogennymi [10]. Kumulacja azotu ogólnego w osadach dennych zbiornika w Nieliszu wynosiła średnio około 800 mg/kg, natomiast w przypadku zbiornika w Rybniku – ok. 200 mg/kg. Dane WIOS dowodzą jednak, że w całym województwie lubelskim nie odnotowano przekroczeń zawartości azotanów w wodach powierzchniowych określonych w Dyrektywie Azotanowej – wody te nie są uznawane jako wrażliwe na zanieczyszczenia ze źródeł rolniczych [10]. Metale, takie jak wapń, magnez, sód i potas, są intensywnie wymywane z gleb ornych, okresowo pozbawionych okrywy roślinnej [17]. Średnie ilości tych metali w osadach dennych były zdecydowanie większe w przypadku zbiornika w Nieliszu niż w Rybniku. Zawartość metali ciężkich w osadach dennych wynika głównie z antropogenicznego zanieczyszczenia środowiska. Znaczny stopień urbanizacji może również znacząco wpływać na zwiększenie zawartości metali ciężkich w osadach dennych zbiorników. Metale ciężkie dostają się do środowiska wodnego w wyniku procesów naturalnych oraz ze źródeł antropogenicznych. Większość metali ciężkich charakteryzuje się wysokim współczynnikiem kumulacji i z tego powodu znaczne ich ilości są wykrywane w osadach dennych nawet w przypadkach, gdy ich zawartość w wodzie jest niewielka. Głównym źródłem antropogenicznego zanieczyszczenia ekosystemów wodnych metalami ciężkimi są ścieki komunalne i przemysłowe [18] (największy punktowy ładunek zanieczyszczeń

wprowadzany do ekosystemów wodnych), przemysł (emisja zanieczyszczeń do atmosfery), spływy powierzchniowe (Pb, Zn, Cd, Hg z terenów zurbanizowanych oraz As, Hg, Cu z terenów wykorzystywanych rolniczo), zanieczyszczenie atmosfery (mokra i sucha depozycja zanieczyszczeń do ekosystemów wodnych) [19].

Zawartość metali ciężkich w osadach dennych analizowanych zbiorników była zróżnicowana, jednak ich maksymalne ilości zostały stwierdzone w zbiorniku zaporowym w Rybniku (rys. 2), z wyjątkiem rtęci, której zawartość maksymalną (0,61 mg/kg) stwierdzono w osadzie dennym pobranym ze zbiornika w Nieliszu. Biorąc pod uwagę średnie geometryczne zawartości poszczególnych metali ciężkich sytuacja przedstawia się inaczej. W osadach dennych pobranych ze zbiornika w Rybniku średnia zawartość cynku, kadmu oraz ołowiu był większa niż w osadach dennych ze zbiornika w Nieliszu. Metale ciężkie wykryte w podwyższonych ilościach w zbiorniku rybnickim pochodzą głównie ze źródeł przemysłowych oraz ze spalania węgla i paliw płynnych. Średnia zawartość arsenu, chromu i niklu była większa w osadach dennych ze zbiornika w Nieliszu. Nawożenie gleb oraz stosowanie środków ochrony roślin jest źródłem takich metali, jak arsen, miedź i chrom. Zanieczyszczenie osadów rtęcią i miedzią w obydwu zbiornikach było zbliżone. Głównym źródłem rtęci w środowisku wodnym są depozyty atmosferyczne, stosowane dawniej rtęciowe zaprawy nasienne, a także wykorzystywanie osadów ściekowych i odpadów komunalnych do nawożenia gleb. Ponadto rtęć jest metalem powszechnie występującym w atmosferze na terenach zurbanizowanych. Emisja rtęci z sektora energetycznego w Polsce w 2005 r. w przypadku węgla kamiennego wyniosła 3,8t, a w przypadku węgla brunatnego 14,8t [20].

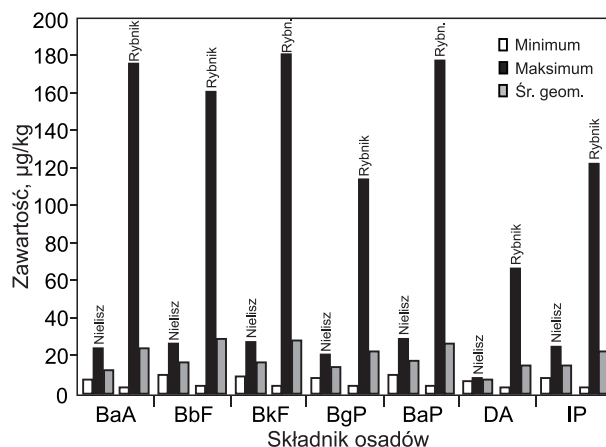


Rys. 2. Zawartość wybranych metali ciężkich w osadach dennych ze zbiorników zaporowych w Nieliszu i Rybniku

Fig. 2. Concentrations of some heavy metals in the bottom sediments from Nielisz and Rybnik dam reservoirs

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne to bardzo liczna grupa obejmująca dziesiątki związków o zbliżonych właściwościach i różnej konfiguracji pierścieni aromatycznych [21]. Znanych jest ponad 100 różnych WWA, przy czym w środowisku naturalnym najczęściej oznaczają się kilkanaście spośród nich. WWA powstają podczas przeróbki paliw kopalnych, głównie węgla i ropy naftowej, podczas spalania węgla, paliw płynnych oraz odpadów, są również składnikiem spalin z pojazdów mechanicznych. WWA występują w postaci mieszaniny wieloskładnikowej, której skład ilościowy i jakościowy zależy od warunków

procesu spalania oraz rodzaju spalanego materiału [22]. Największe ilości WWA emitowane są do środowiska z przemysłów petrochemicznego, koksowniczego, chemicznego, gazowego, gumowego i hutniczego. W okresie zimowym poważnym źródłem WWA jest tzw. niska emisja z indywidualnych źródeł ciepła. Największy udział w emisji WWA na terenach zurbanizowanych ma transport samochodowy. Tylko niewielkie ilości tych związków pochodzą z naturalnych źródeł, np. są emitowane podczas pożarów lasów czy erupcji wulkanów. Do wód powierzchniowych WWA przenikają wraz ze ściekami przemysłowymi, spływami wód deszczowych z terenów zurbanizowanych oraz w bardzo dużym stopniu z mokrej i suchej depozycji z atmosfery [23]. Zawartość związków z grupy WWA w osadach dennych ze zbiornika w Rybniku była zdecydowanie większa niż w osadach dennych zdeponowanych w zbiorniku w Nieliszu (rys. 3). Największa kumulacja tych związków wystąpiła w osi części głównej zbiornika rybnickiego oraz w zbiorniku Grabownia. Średnie stężenia geometryczne większości analizowanych WWA w osadach dennych w Rybniku były większe niż maksymalne wartości oznaczone w przypadku zbiornika w Nieliszu. Zaobserwowana różnica wynikała głównie z zagospodarowania zlewni i zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego w zlewniach zbiorników i ich bezpośredniej okolicy. Zawartość benzo(a)pirenu, wytypowanego jako przedstawiciela WWA, oznaczana w badaniach monitoringowych dowodzi, że w atmosferze aglomeracji rybnicko-jastrzębskiej, jak i w całym województwie śląskim zanieczyszczenie atmosfery tymi związkami jest zdecydowanie większe niż w okolicy zbiornika w Nieliszu. W wyniku suchej i mokrej depozycji z atmosfery do wód powierzchniowych na tym terenie dostaje się większa ilość związków z grupy WWA, które ulegają kumulacji w osadach dennych rzek i zbiorników wodnych.

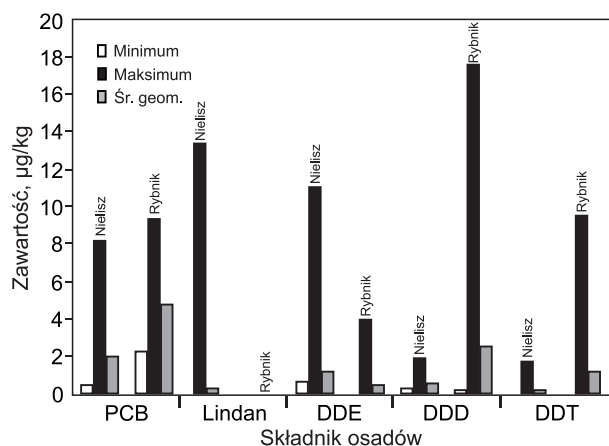


Rys. 3. Zawartość wybranych WWA w osadach dennych ze zbiorników zaporowych w Nieliszu i Rybniku

Fig. 3. Concentrations of some PAHs in the bottom sediments from Nielisz and Rybnik dam reservoirs

Pestycydy są trwałymi związkami aktywnymi biologicznie. Stosowane są powszechnie w rolnictwie do zwalczania szkodników, gryzoni i chwastów, w ochronie zdrowia do zwalczania owadów przenoszących choroby. Znaczną grupę tych substancji stanowią pestycydy chloroorganiczne (aldryna, dieldryna, endryna, izodryna, DDT i jego metabolity, heptachlor, heksachlorobenzen) [24]. Ze względu na toksyczność i trwałość (do 30 lat) zostały one sklasyfikowane jako substancje szczególnie niebezpieczne. W wielu krajach zaprzestano produkcji i stosowania pestycydów

chloroorganicznych (lata 60. i 70. XX w.), a mimo to są one nadal wykrywane w wodach powierzchniowych i osadach dennych. Pestycydy chloroorganiczne uwalniane są do środowiska na wiele sposobów. Obecność pestycydów stosowanych w minionych latach w środowisku wodnym jest skutkiem ich dużej trwałości oraz znacznego współczynnika biokumulacji [24]. Na terenie Polski zakaz stosowania środków ochrony roślin zawierających pestycydy chloroorganiczne objęte postanowieniami Konwencji Sztokholmskiej wprowadzono w połowie lat 70. XX w. [24, 25]. Badania wód powierzchniowych prowadzone na terenie Polski dowiodły, że ilości pestycydów chloroorganicznych wykrywane w latach 80. były mniejsze w stosunku do tych z lat 70. Jednak w zlewniach intensywnie wykorzystywanych rolniczo i silnie zanieczyszczonych ściekami zawartość pestycydów chloroorganicznych utrzymywała się wciąż na stosunkowo wysokim poziomie [25]. Analizowane zbiorniki zostały oddane do użytku w latach 70. XX w. z tym, że w przypadku zbiornika w Nieliszu w początkowym etapie powstał zbiornik suchy przeznaczony do magazynowania wody w okresie wezbrań powodziowych na potrzeby rolnictwa. Budowę właściwego zbiornika rozpoczęto w 1994 r., a jego rozruch odbył się w 2007 r. [26]. Zróżnicowanie w zagospodarowaniu zlewni obydwu zbiorników nie przekłada się na zawartość pestycydów chloroorganicznych skumulowanych w osadach dennych. Związki chloroorganiczne występowały w bardzo zróżnicowanych ilościach. W osadach dennych ze zbiornika w Nieliszu wykryto lindan, DDT, DDE oraz DDD, natomiast w osadach dennych ze zbiornika w Rybniku stwierdzono DDT i jego metabolity (DDD i DDE). Maksymalne ilości lindanu i DDE zanotowano w osadach ze zbiornika w Nieliszu, natomiast największe ilości DDD i DDT oznaczono w osadach ze zbiornika w Rybniku (rys. 4).



Rys. 4. Zawartość wybranych substancji chloroorganicznych w osadach dennych ze zbiorników zaporowych w Nieliszu i Rybniku
Fig. 4. Concentrations of some chloroorganic substances in the bottom sediments from Nielisz and Rybnik dam reservoirs

Polichlorowane bifenyle (PCB) stanowią dużą grupę związków chloroorganicznych. Należą do substancji, które nie występują w środowisku w sposób naturalny. Powstają one w wyniku działań człowieka, a także w wyniku działalności niezamierzony, np. jako zanieczyszczenia w produktach spalania. PCB wykorzystywane są przy produkcji płynów elektroizolacyjnych, cieczy hydraulicznych, kondensatorów, transformatorów oraz tworzyw sztucznych [24]. Związki te charakteryzują się dużą trwałością, dlatego pomimo ograniczenia ich produkcji na świecie nadal są wykrywane w środowisku. Głównymi źródłami

zanieczyszczenia środowiska PCB są urządzenia elektryczne (transformatory, kondensatory), energetyka oraz produkcja żelaza i stali. Uważa się, że podstawowym źródłem emisji PCB są wycieki z kondensatorów (70÷90 % całkowitej emisji), ponadto produkcja stali w piecach łukowych (5÷10%), cięcie i rozdrabnianie złomu (2÷6%), spalanie węgla (2÷6%), spalanie olejów opałowych (1÷3%), wycieki z transformatorów (1÷3%), rolnicze wykorzystanie osadów ściekowych (1÷3%) [25]. Maksymalna kumulacja PCB stwierdzona w osadach analizowanych zbiorników była na zbliżonym poziomie około 0,008 mg/kg w zbiorniku w Nieliszu i około 0,009 mg/kg w zbiorniku rybnickim. Pomimo to osady dennie zbiornika w Nieliszu zostały ocenione jako mniej zanieczyszczone polichlorowanymi bifenylami niż osady dennie ze zbiornika w Rybniku. Średnia geometryczna zawartość sumy PCB w osadach dennych ze zbiornika w Nieliszu była ponad połowę mniejsza niż w przypadku zbiornika w Rybniku. Przemysłowy charakter zlewni tego zbiornika może mieć wpływ na większą zawartość tych związków w osadach dennych. W przypadku zbiornika w Nieliszu nie występują znaczące punktowe źródła zanieczyszczenia związkami z grupy PCB.

Podsumowanie

Z przeprowadzonej analizy zagospodarowania zlewni zbiorników zaporowych w Nieliszu i Rybniku wynika, że warunki środowiskowe i antropogeniczne w zlewniach obydwu zbiorników są istotnie różne, co ma odzwierciedlenie w zanieczyszczeniu osadów dennych. Zbiornik w Nieliszu położony jest na terenie wykorzystywanym rolniczo, natomiast zbiornik w Rybniku znajduje się na terenie zurbanizowanym. Dominującymi punktowymi źródłami zanieczyszczeń na obszarze zlewni zbiornika w Rybniku są oczyszczalnie ścieków przemysłowych, natomiast w zlewni zbiornika w Nieliszu oczyszczalnie ścieków komunalnych.

Osady dennie skumulowane w analizowanych zbiornikach różniły się pod względem wartości podstawowych wskaźników (substancje organiczne, biogeny, makroelementy), a także zawartości metali ciężkich oraz trwałych związków organicznych. Największe wartości większości analizowanych wskaźników zanieczyszczenia osadów dennych oznaczono w przypadku zbiornika w Rybniku. Wyjątek stanowiły azot ogólny, substancje organiczne, wapń, magnez, rtęć, lindan i DDE. Zanieczyszczenia mające charakter antropogeniczny, które naturalnie nie występują w środowisku, takie jak WWA i PCB, występowały w osadach ze zbiornika w Rybniku w ilościach dwukrotnie większych niż w osadach ze zbiornika w Nieliszu. Znaczna kumulacja takich metali ciężkich, jak cynk, kadm i ołów również może być wynikiem przemysłowego zagospodarowania zlewni zbiornika w Rybniku. Arsen, miedź i rtęć, których średnia geometryczna zawartość była większa w osadach dennych ze zbiornika w Nieliszu, traktowane są jako zanieczyszczenia pochodzenia rolniczego.

W pracy wykorzystano dane z Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Środowiska w Lublinie i Katowicach oraz wyniki otrzymane w ramach projektu „Klimat – wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo (zmiany, skutki i sposoby ich ograniczenia, wnioski dla nauki, praktyki inżynierskiej i planowania gospodarczego), zadanie 8: Przeciwdziałanie degradacji polskich zbiorników retencyjnych, etap V: Biologiczna i chemiczna analiza osadów dennych skumulowanych w zbiornikach”, zrealizowanego w IMGW-PIB w 2010 r.

LITERATURA

1. K. BARBUSIŃSKI, W. NOCOŃ: Zawartość związków metali ciężkich w osadach dennych Kłodnicy. *Ochrona Środowiska* 2011, vol. 33, nr 1, ss. 13–17.
2. E. SZALIŃSKA, A. KOPERCZAK, A. CZAPLIKA-KOTAS: Badania zawartości metali ciężkich w osadach dennych dopływów Jeziora Goczałkowickiego. *Ochrona Środowiska* 2010, vol. 32, nr 1, ss. 21–25.
3. L. WOLSKA, K. MĘDRZYCKA: Ocena ekotoksyczności osadów dennych z portów morskich w Gdańsku i Gdyni. *Ochrona Środowiska* 2009, vol. 31, nr 1, ss. 49–52.
4. K. BARBUSIŃSKI, W. NOCOŃ, K. NOCOŃ, J. KERNERT: Rola zawieszin w transporcie metali ciężkich w wodach powierzchniowych na przykładzie Kłodnicy. *Ochrona Środowiska* 2012, vol. 34, nr 2, ss. 33–38.
5. A. CZAPLIKA-KOTAS, Z. ŚLUSARCZYK, J. ZAGAJSKA, A. SZOSTAK: Analiza zmian zawartości jonów wybranych metali ciężkich w wodzie Jeziora Goczałkowickiego w latach 1994–2007. *Ochrona Środowiska* 2010, vol. 32, nr 4, ss. 51–56.
6. M. HOFMAN, L. WACHOWSKI: Badania zawartości platyny i ołowiu w glebie wzdłuż głównych dróg wylotowych z Poznania. *Ochrona Środowiska* 2010, vol. 32, nr 3, ss. 43–47.
7. W.P. BALCERZAK, S.M. RYBICKI: Ocena stopnia zagrożenia wody eutrofizacją na przykładzie zbiornika zaporowego w Świnnej Porębie. *Ochrona Środowiska* 2011, vol. 33, nr 4, ss. 67–69.
8. Bank Danych Lokalnych (<http://www.stat.gov.pl/bdl>).
9. Raport o stanie środowiska województwa lubelskiego w 2009 r. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Lublin 2010.
10. Raport o stanie środowiska województwa lubelskiego w 2010 r. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Lublin 2011.
11. K. LOSKA, D. WIECHUŁA: Możliwości rekultywacji eutroficznych zbiorników wody podgrzanej na przykładzie Zbiornika Rybnickiego. *Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów* 2000, nr 6, ss. 229–235.
12. Stan środowiska w województwie śląskim w 2010 r. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Katowice 2011.
13. Stan środowiska w województwie śląskim w 2009 r. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Katowice 2010.
14. Rozporządzenie Ministra Środowiska z 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony. Dz. U. nr 55, poz. 498.
15. Rozporządzenie Ministra Środowiska z 19 września 2001 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi, dla gruntów występujących w miejscu przeznaczenia. Dz. U. nr 165, poz. 1359.
16. I. BOJAKOWSKA: Kryteria oceny zanieczyszczenia osadów wodnych. *Przegląd Geologiczny* 2001, vol. 49, nr 3, ss. 213–218.
17. E. JEKATIERYNCZUK-RUDCZYK, P. ZIELIŃSKI, A. GÓRNIAK: Stopień degradacji rzeki wiejskiej w bezpośrednim sąsiedztwie Białegostoku. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* 2006, vol. 6, nr 2, ss. 143–153.
18. J.I. GAWDZIK: Specjacja metali ciężkich w osadzie ściekowym na przykładzie wybranej oczyszczalni komunalnej. *Ochrona Środowiska* 2010, vol. 32, nr 4, ss. 15–19.
19. A. JANCEWICZ, U. DMITRUK, B. TABORYSKA: Antropogeniczne uwarunkowania zanieczyszczenia metalami ciężkimi wód i osadów dennych rzeki Utraty. W: Antropogeniczne oddziaływania i ich wpływ na środowisko wodne, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 2009, ss. 13–26.
20. J. ZYŚK, A. WYRWA, Y. ROUSTAN, M. PLUTA: Zintegrowana analiza oddziaływania rtęci emitowanej z polskiego sektora energetycznego. W: Rtęć w środowisku – identyfikacja zagrożeń dla zdrowia człowieka [red. L. FALKOWSKA], Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2010, ss. 50–56.
21. M. ZAŁĘSKA-RADZIWIŁŁ, M. ŁEBKOWSKA, R. KALINOWSKI: Badania wpływu bezpiecznych stężeń wybranych WWA na biocenozę wodną. *Ochrona Środowiska* 2008, vol. 30, nr 4, ss. 19–28.
22. M. TOBISZEWSKI, J. NAMIEŚNIK: PAH diagnostics ratios for the identification of pollution emission sources. *Environmental Pollution* 2012, Vol. 162, pp. 110–119.
23. A.O. BARAKAT, A. MOSTAFA, T.L. WADE, S.T. SWEET, N.B. EL SAYED: Spatial distribution and temporal trends of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sediments from lake Maryut, Alexandria, Egypt. *Water Air and Soil Pollution* 2011, Vol. 218, pp. 63–80.
24. U. DMITRUK, M. PIAŚCIK, J. DOJLIDO, B. TABORYSKA: Badania sorpcji i desorpcji wybranych niebezpiecznych związków organicznych w układzie woda/osady dennie. *Ochrona Środowiska* 2008, vol. 30, nr 3, ss. 21–25.
25. Trwałe zanieczyszczenia organiczne. Tom I. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa 2003.
26. A. PICHLA, S. JAKIMIUK, A. NIEDABYLSKI: Zbiornik wodny w Nieliszu w dorzeczu Wieprza. *Gospodarka Wodna* 2011, nr 10, ss. 422–428.

Jancewicz, A., Dmitruk, U., Sosnicki, L., Tomczuk, U., Bartczak, A. Influence of Land Development in the Drainage Area on Bottom Sediment Quality in Some Dam Reservoirs. *Ochrona Srodowiska* 2012, Vol. 34, No. 4, pp. 29–34.

Abstract: Analysis of land development in the drainage areas of the Nielisz dam reservoir (rural drainage area) and Rybnik dam reservoir (urban drainage area) has revealed significant differences in the environmental and anthropogenic conditions between them, which are reflected in the pollution of bottom sediments. The bottom sediments in the two reservoirs differed in the values of main pollution parameters (organic substances, nutrients and macroelements), as well as in the concentrations of heavy metals and durable organic compounds. Except for total nitrogen, organic

matter, calcium, magnesium, mercury, lindane and DDE, the highest concentrations of the pollutants being analyzed were measured in the Rybnik dam reservoir. In the Rybnik dam reservoir, bottom-sediment concentrations of anthropogenic pollutants such as PAHs and PCB were twice as high as in the Nielisz dam reservoir. The comparatively high accumulation of zinc, cadmium and lead seems to be attributable to the industrial activities in the drainage area of the Rybnik dam reservoir. Arsenic, copper and mercury, whose geometrical means of concentration were higher in the bottom sediments from the Nielisz dam reservoir, are regarded as pollutants associated with agricultural activities.

Keywords: Dam reservoir, bottom sediments, anthropogenic pressure, heavy metals, PAH, pesticides, PCB.