

Andrzej JAGUŚ¹ i Mariusz RZĘTAŁA²

KSZTAŁTOWANIE JAKOŚCI WÓD ZBIORNIKÓW ZAPOROWYCH W WARUNKACH ANTROPOPRESJI ROLNICZEJ

INFLUENCE OF AGRICULTURAL ANTHROPOPRESSION ON WATER QUALITY OF THE DAM RESERVOIRS

Abstrakt: Jakość retencjonowanych wód w zbiornikach zaporowych jest w dużej mierze uzależniona od charakteru działalności człowieka w obszarach zlewniowych. W badaniach analizowano chemizm wód zbiorników: Kozłowa Góra, Przeczyce i Łąka, funkcjonujących w zlewniach zagospodarowanych rolniczo, położonych w regionie górnośląskim (Polska południowa). Stwierdzono, że zbiorniki były często zasilane wodami płynącymi o parametrach wskazujących na ich eutrofizację, zwłaszcza w odniesieniu do zawartości azotanów (średnie roczne stężenie $\text{NO}_3^- > 10 \text{ mg/dm}^3$). Należy to wiązać z działalnością rolniczą, w tym gospodarką nawozową, prowadzoną na gruntach rolnych, zajmujących około 50% i więcej powierzchni zlewni. Proces eutrofizacji dotyczył także wód zbiornikowych, a jego przejawem były obserwowane częste zakwity glonów. W akwenach dochodziło do wzrostu odczynu wód do silnie alkalicznego włącznie. Największą żywnością wód charakteryzował się zbiornik Łąka w związku z największym rozprzestrzenieniem terenów rolniczych w jego zlewni, także w zlewni bezpośredniej. Odzwierciedlały to m.in. duże stężenia fosforanów w wodach tego zbiornika (średnio $0,389 \text{ mg/dm}^3 \text{ PO}_4^{3-}$). Badania wykazały, że antropopresja rolnicza stanowi zagrożenie dla funkcjonowania zbiorników wodnych ze względu na generowanie procesu eutrofizacji i przez to pogarszanie jakości dyspozycyjnych zasobów wodnych.

Słowa kluczowe: zbiornik zaporowy, użytkowanie terenu, gospodarka rolna, jakość wód, eutrofizacja

Wielopłaszczyznowe użytkowanie zbiorników zaporowych jest możliwe tylko w przypadku zachowania walorów ekologicznych ich geosystemów, w tym zwłaszcza dobrej jakości wód. Jakość ta jest pochodną warunków środowiskowych oraz charakteru zagospodarowania zlewniowych obszarów alimentujących. Rozpoznanie relacji i oddziaływań w układzie zlewnia-zbiornik umożliwia wskazanie optymalnych form użytkowania terenu, sprzyjających ochronie nagromadzonych zasobów wodnych. Czynnikiem poważnie ograniczającym wykorzystanie zbiorników jest eutrofizacja, będąca konsekwencją zwiększonej dostawy materii organicznej i mineralnej [1]. O stanie trofii wód zbiornikowych decyduje głównie fosfor, którego obecność w stężeniach zaledwie $20 \div 30 \mu\text{g P/dm}^3$ może wywoływać zakwity wody [2]. W warunkach polskich przyjmuje się następujące wartości graniczne wskaźników eutrofizacji wód stojących [3]: fosfor ogólny - powyżej $0,1 \text{ mg/dm}^3$, azot ogólny - powyżej $1,5 \text{ mg/dm}^3$, chlorofil *a* - powyżej $25 \mu\text{g/dm}^3$, przezroczystość - poniżej 2 m. Ważnymi przejawami eutrofizacji - oprócz zakwitów - są również: rozwój glonów poroślowych, odtlenienie hypolimnionu oraz redukcja bioróżnorodności. Światową klasyfikację troficzną stanowią między innymi normy OECD [4].

Procesy eutrofizacji są znamienne dla cieków i zbiorników wodnych funkcjonujących w zlewniach zagospodarowanych rolniczo. Wynika to ze wzmożonej migracji substancji

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

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

biogennych (np. z materiału nawozowego, w spływach erozyjnych) do wód powierzchniowych i podziemnych [5, 6]. Stąd też działalność rolnicza powinna być prowadzona z respektowaniem regulacji prawnych i zasad dobrych praktyk rolniczych [7, 8]. Wprowadzanie działań ochronnych wymaga jednak monitoringu jakościowego wód, podjętego przez autorów niniejszego opracowania. Celem prac było zdiagnozowanie jakości wód wybranych zbiorników zaporowych funkcjonujących w warunkach antropopresji rolniczej.

Zakres badań

Do badań wytypowano trzy zbiorniki zaporowe zlokalizowane w regionie górnośląskim - Kozłowa Góra na Brynicy, Przeczyce na Czarnej Przemszy oraz Łąka na Pszczynce. Obserwacje terenowe i prace kameralne (na materiałach kartograficznych, ortofotomapach i obrazach satelitarnych) wykazały bowiem, że w obszarach zlewniowych tych zbiorników głównie grunty rolne mogą być poważnym źródłem zanieczyszczeń środowiska. W strukturze użytkowania terenu zajmują one obecnie co najmniej połowę powierzchni zlewni (tab. 1).

Tabela 1
Użytkowanie powierzchni zlewni wybranych zbiorników zaporowych w regionie górnośląskim

Table 1
Land use of the catchment area of the selected dam water reservoirs in the Upper Silesian Region

Zlewnia zbiornika	Wody powierzchniowe		Tereny zurbanizowane		Grunty leśne		Grunty rolne		Razem	
	[km ²]	[%]	[km ²]	[%]	[km ²]	[%]	[km ²]	[%]	[km ²]	[%]
Kozłowa Góra	4,81	2,3	10,99	5,3	90,24	43,8	100,1	48,6	206,14	100,0
Przeczyce	3,31	1,1	27,64	9,3	118,7	40,1	146,6	49,5	296,25	100,0
Łąka	3,68	2,3	12,41	7,9	20,13	12,7	121,7	77,1	157,92	100,0

Źródło: Opracowanie własne
Source: Made by the authors

Badania prowadzono w latach 1998-2007. W ich trakcie wykonywano analizy fizykochemiczne wód zbiornikowych - część bezpośrednio w terenie (odczyn, przewodność, zawartość tlenu) z wykorzystaniem odpowiedniego oprzyrządowania, a część (skład makrojonowy) standardowymi metodami w laboratorium Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego. Zgromadzono również dane dotyczące jakości wód rzecznych dopływających do badanych zbiorników (z lat 2005-2008), pochodzące z archiwów Ośrodka Badań i Kontroli Środowiska (OBiKŚ) w Katowicach.

Wyniki i ich omówienie

Wody głównych rzek zasilających badane zbiorniki (w strefach dopływu do zbiorników) charakteryzowały się zróżnicowanymi właściwościami fizykochemicznymi (tab. 2). Szczególnie wyróżniały się parametry wód rzeki Pszczynki, odwadniającej zlewnię o największym rozprzestrzenieniu terenów rolniczych. W porównaniu do Brynicy i Czarnej Przemszy wody Pszczynki cechowała mniejsza zawartość rozpuszczonego tlenu i jednocześnie większe zanieczyszczenie substancjami organicznymi (wyrażone poprzez BZT₅ lub N_{Kj}), a także duże stężenia amoniaku i azotanów(III), odzwierciedlające

występowanie warunków redukcyjnych. Wody wszystkich rzek zawierały nadmierną ilość azotanów(V), tzn. powyżej progu eutrofizacji wód płynących, jednak nie kwalifikowały się do miana wód wrażliwych [3]. Stosunkowo duże były również stężenia azotu ogólnego, tylko w przypadku Czarnej Przemszy pozostające poniżej poziomu eutrofizacji. Zawartość fosforu ogólnego kształtowała się najczęściej w granicach $0,1 \div 0,2 \text{ mg/dm}^3$, lecz maksymalnie sięgała kilku dziesiątych części mg/dm^3 , wskazując na okresowe nadmierne użyznienie wód. Obecność fosforu w stężeniach mniejszych od klasyfikujących wody jako zeutrofizowane wynikała w dużej mierze z predyspozycji związków tego pierwiastka do wiązania i akumulacji w gruntach [9].

Tabela 2
Właściwości fizykochemiczne wód rzecznych dopływających do zbiorników zaporowych
- wartości średnie roczne z lat 2005-2008

Table 2
Physicochemical properties of river waters flowing to the dam reservoirs - yearly average values 2005-2008

Parametr	Rz. Brynica (Zb. Kozłowa Góra)	Rz. Czarna Przemsza (Zb. Przeczyce)	Rz. Pszczyńska (Zb. Łąka)
Odczyn pH [-]	7,293	7,511	7,314
Zawiesina [mg/dm^3]	7,159	12,341	11,172
Tlen [$\text{mg O}_2/\text{dm}^3$]	9,493	9,859	5,970
BZT ₅ [$\text{mg O}_2/\text{dm}^3$]	2,149	2,165	4,294
NH_4^+ [mg/dm^3]	0,170	0,557	2,598
NO_2^- [mg/dm^3]	0,103	0,134	0,394
NO_3^- [mg/dm^3]	18,115	12,778	12,200
N_{Kj} [mg/dm^3]	1,481	1,535	2,827
N_{og} [mg/dm^3]	5,800	4,462	5,707
P_{og} [mg/dm^3]	0,128	0,188	0,203

Źródło: Opracowanie na podstawie danych OBiKŚ w Katowicach
Source: Made on the base of data taken from OBiKŚ in Katowice

Zróźnicowanie jakości wód w badanych zbiornikach (w strefach przyzaporowych) korespondowało ze spostrzeżeniami dotyczącymi wód rzecznych (tab. 3). Najmniej korzystne parametry wyróżniały wodę zbiornika Łąka. Charakteryzowała się ona wyraźnie większą przewodnością od wód Kozłowej Góry i Przeczyce, obrazującą znaczny stopień obciążenia substancjami mineralnymi. Wśród nich warto zwrócić uwagę na większą zawartość sodu (zwykle około 50 mg/dm^3), pochodzącego zapewne - w świetle tła geochemicznego zlewni i wobec braku zrzutów wód kopalniach - z materiałów nawozowych. Woda zbiornika Łąka zawierała także bardzo duże ilości fosforanów, co można wiązać z zasilaniem z rolniczej zlewni bezpośredniej, ale także najprawdopodobniej z ich uwalnianiem z osadów dennych w warunkach postępującej eutrofizacji. Wody wszystkich zbiorników, zwłaszcza w odniesieniu do wartości maksymalnych badanych parametrów, wykazywały cechy zeutrofizowanych. Ich odczyn był alkaliczny, a okresowo

silnie alkaliczny, co wskazuje na intensywne zużycie CO₂ przez organizmy fitoplanktonowe, obserwowane często w fazie zakwitów.

Tabela 3
Właściwości fizykochemiczne wody w zbiornikach zaporowych - wartości średnie z lat 1998-2007

Table 3
Water physicochemical properties of the dam reservoirs - average values 1998-2007

Parametr	Kozłowa Góra	Przeczycze	Łąka
Odczyn pH [-]	8,17	7,96	7,62
Przewodność [μ S/cm]	364,2	462,1	588,0
Tlen [mg O ₂ /dm ³]	12,4	10,5	9,6
HCO ₃ ⁻ [mg/dm ³]	141,7	209,8	152,2
Ca ²⁺ [mg/dm ³]	63,3	71,9	43,1
Mg ²⁺ [mg/dm ³]	20,8	25,1	10,6
Na ⁺ [mg/dm ³]	8,1	11,9	52,2
K ⁺ [mg/dm ³]	3,0	4,1	6,5
Cl ⁻ [mg/dm ³]	27,9	27,2	89,2
SO ₄ ²⁻ [mg/dm ³]	40,1	53,0	68,5
NO ₃ ⁻ [mg/dm ³]	7,6	7,5	10,4
PO ₄ ³⁻ [mg/dm ³]	0,062	0,075	0,389

Źródło: Opracowanie własne
Source: Made by the authors

Badania wykazały, że retencja wód rzecznych w zbiornikach skutkowałą transformacją ich jakości, co jest rejestrowane nie tylko w warunkach antropopresji rolniczej, ale także w zlewniach quasi-naturalnych lub miejsko-przemysłowych [10-12]. Środowiska limniczne, cechujące się okresową stagnacją wód, mają bowiem ograniczone możliwości neutralizacji zanieczyszczeń dopływających ze zlewni i zwykle ulegających kumulacji w misach zbiornikowych.

Antropopresję rolniczą charakteryzuje obciążenie wód substancjami biogennymi, związkami organicznymi oraz niektórymi składnikami stosowanymi w gospodarce nawozowej (np. siarczanami), których ilości obecne w wodach często odbiegają od naturalnego tła geochemicznego. W badanych zbiornikach nie odnotowano znaczącego zanieczyszczenia wód azotanami - ich maksymalne stężenia kształtowały się na poziomie kilkunastu mg/dm³ NO₃⁻. Azotany stanowią mobilną substancję w środowisku, niepodlegającą sorpcji w gruntach i osadach, za to wykorzystywaną przez organizmy roślinne w produkcji materii organicznej. W tej postaci tworzą potencjał okresowo niedostępnego azotu. W wodach Kozłowej Góry i Przeczycze rejestrowano również stosunkowo małe stężenia fosforanów - maksymalnie 0,2 mg/dm³ PO₄³⁻. Nie są one jednak gwarancją małego obciążenia tych zbiorników fosforem, gdyż znaczne jego ilości mogą być zakumulowane i unieruchomione w osadach dennych. W badaniach stwierdzono, że

procesy eutrofizacji prowadzą do wzrostu odczynu wód w zbiornikach, przy czym nie można go uznać za pożądany nawet w kontekście opisywanych problemów z zakwaszeniem środowisk limnicznych [13, 14]. Wzrost ten wynika bowiem ze stymulowanego zanieczyszczeniami użyznienia wody, a towarzyszy mu jej przetlenie, będące konsekwencją fotosyntezy. Z badań wynika także, że niebagatelne znaczenie w rozwoju eutrofizacji ma areal gruntów rolniczych w obszarach zlewniowych oraz ich rozmieszczenie w odniesieniu do strefy brzegowej zbiornika. W przypadku zbiornika Łąka znaczne rozprzestrzenienie terenów uprawnych, użytkowanych także w zlewni bezpośredniej, doprowadziło do poważnego zanieczyszczenia jego wód i eutrofizacji geosystemu.

Wnioski

1. Antropopresja rolnicza wpływa na generowanie procesu eutrofizacji wód zbiorników zaporowych i przez to pogarszanie jakości dyspozycyjnych zasobów wodnych.
2. Stopień eutrofizacji wód zbiorników koresponduje z rozprzestrzenieniem gruntów użytkowanych rolniczo w obszarze zlewniowym.
3. Monitoring parametrów wód rzecznych i zbiornikowych poddanych antropopresji rolniczej może służyć podejmowaniu odpowiednich działań ochronnych zarówno w kontekście poprawy ich jakości, jak i renaturyzacji środowisk.

Literatura

- [1] Kajak Z.: Eutrofizacja jezior. PWN, Warszawa 1979.
- [2] Kajak Z.: *Eutrofizacja nizinnych zbiorników zaporowych*. [W:] Procesy biologiczne w ochronie i rekultywacji nizinnych zbiorników zaporowych. Bibl. Monit. Środow., PIOŚ, WIOŚ, ZES UŁ, Łódź 1995, 33-41.
- [3] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych. DzU 2002, Nr 241, poz. 2093.
- [4] Vollenweider R.A. i Kerekes J.J.: *Eutrophication of waters - monitoring, assessment and control*. OECD, Paris 1982.
- [5] Hill A.R. i Mccague W.P.: *Nitrate concentrations in streams near Alliston, Ontario, as influenced by nitrogen fertilization of adjacent fields*. J. Soil Water Conserv., 1975, 5, 46-54.
- [6] Mrkvička J. i Velich J.: *Leaching of nitrogen and of other nutrients at different levels of long-term fertilization of grassland*. Zesz. Nauk. Akad. Roln., Kraków (Sesja naukowa) 1989, 229, 245-259.
- [7] Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu. DzU 2007, Nr 147, poz. 1033.
- [8] Zwykła Dobra Praktyka Rolnicza. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Fundacja Programów Pomocy dla Rolnictwa, Warszawa 2003.
- [9] Sapek A.: *Gleba - roślina - nawożenie w gospodarce na użytkach zielonych*. Wiad. Melior. Łąk., 1985, 3, 78-80.
- [10] Jaguś A. i Rzętała M.: Znaczenie zbiorników wodnych w kształtowaniu krajobrazu (na przykładzie kaskady jezior Pogorii). WNoMiŚ ATH, WNoZ UŚ, Bielsko-Biała - Sosnowiec 2008.
- [11] Rzętała M.: Funkcjonowanie zbiorników wodnych oraz przebieg procesów limnicznych w warunkach zróżnicowanej antropopresji na przykładzie regionu górnośląskiego. Wyd. Uniwersytetu Śląskiego, Katowice 2008.
- [12] Rzętała M.: *Purification of surface waters flowing in transfer reservoirs*. Series of Monographs, Polish J. Environ. Stud., 2009, 3, 43-50.
- [13] Newell A.D. i Skjelkvale B.L.: *Acidification trends in surface waters in the International Program on Acidification of Rivers and Lakes*. Water, Air, Soil Pollut., 1997, 93, 27-57.
- [14] Mannio J.: *Recovery pattern from acidification of headwater lakes in Finland*. Water, Air, Soil Pollut., 2001, 130, 1427-1432.

INFLUENCE OF AGRICULTURAL ANTHROPOPRESSION ON WATER QUALITY OF THE DAM RESERVOIRS

Abstract: The quality of water in dam reservoirs is to a large extent dependant on human activity in the adjacent area. The research focused on the chemical composition of the water bodies in the agricultural catchments: Kozłowa Góra, Przeczyce and Laka (all located in the Upper Silesian Region - Southern Poland). It was established that the reservoirs were often fed with flowing waters exhibiting eutrophication characteristics, especially with reference to nitrates content (average annual concentration $\text{NO}_3^- > 10 \text{ mg/dm}^3$). The fact should be associated with agricultural activity - including fertilization management - in the area covering at least 50% of the catchment. The eutrophication process was also observed in dam reservoirs. It might have been inferred from algae blooms. Besides, a strongly alkaline range of pH value was recorded in the water bodies. The highest water fertility was exhibited by the reservoir Laka, which may be associated with the fact that it is the area with the highest proportion of agricultural activities. It was additionally reflected by a high concentration of phosphates, on average about $0.389 \text{ mg/dm}^3 \text{ PO}_4^{3-}$. The research revealed that the agricultural anthropopression threatens water reservoirs because of eutrophication and the subsequent deterioration of the quality of water resources.

Keywords: dam water reservoir, land use, agricultural activity, water quality, eutrophication