

Małgorzata RAFAŁOWSKA¹ i Katarzyna SOBCZYŃSKA-WÓJCIK¹

AKUMULACJA MATERII W OSADACH DENNYCH ZATOKI PILWA (JEZIORO DOBSKIE) POD WPŁYWEM INTENSYWNEJ PRODUKCJI ROLNEJ

THE EFFECT OF INTENSIVE AGRICULTURAL PRODUCTION ON ORGANIC MATTER ACCUMULATION IN THE BOTTOM DEPOSITS OF PILWA BAY (LAKE DOBSKIE)

Abstrakt: Badania składu chemicznego osadów dennych przeprowadzono w 2007 roku w zatoce Pilwa. W pracy przedstawiono wyniki badań osadów dennych w aspekcie oceny wybranych parametrów fizykochemicznych tych osadów. Stwierdzono m.in., że wieloletni dopływ zanieczyszczeń pochodzący z intensywnej produkcji rolnej i rozwój roślinności w zatoce spowodował zakumulowanie dużej ilości osadów dennych. Akumulacja biogenów w osadach zatoki stanowi główny element ochrony jeziora przed zanieczyszczeniami w warunkach naturalnych. Oznaczone składniki pod względem stężenia w osadach dennych można uszeregować następująco: Ca > N_{og} > Mg > Na > P_{og} > K.

Słowa kluczowe: osady denne, składniki biogenne, zatoka

Wszystkie akweny na swoim pierwotnym dnie zbudowanym z różnych utworów skalnych mają pewną ilość zdeponowanego allochtonicznego lub autochtonicznego materiału mineralno-organicznego, który nazywamy osadem. Podobnie jak gleby na lądzie, osady są mieszaniną krystalicznych i bezpostaciowych minerałów o różnej wielkości ziaren z mniejszą lub większą ilością materii organicznej oraz mineralnych albo organicznych substancji koloidalnych [1].

Osady denne są integralną częścią środowiska wodnego. Pełnią ważną funkcję w obiegu biogeochemicznym pierwiastków, są miejscem depozycji i chemicznych przemian wielu związków dostających się do wód oraz stanowią środowisko życia wielu organizmów [2, 3]. Wpływ osadów dennych na wodę jest tym większy, im większa część zakumulowanych w osadach dennych składników odżywczych i innych powraca do wody i jest dostępna dla organizmów żywych [4]. Skład chemiczny osadów jest dobrym wskaźnikiem stanu czystości wód powierzchniowych i ma bezpośredni z nim związek, a ich analiza umożliwia wykrywanie zmian stężeń metali ciężkich w środowisku, nawet przy stosunkowo niskiej ich zawartości w wodach powierzchniowych [5].

W zlewniach rolniczych skład osadów dennych jest uzależniony przede wszystkim od sposobu użytkowania i zagospodarowania obszaru zlewni jeziora. Dostające się do wód zanieczyszczenia pochodzące z produkcji rolnej wraz ze spływem powierzchniowym mogą przyczynić się do zmian w składzie osadów.

Celem prezentowanych badań była analiza składu chemicznego osadów dennych pochodzących z zatoki Pilwa oraz ich zróżnicowania w profilu poziomym.

¹ Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, pl. Łódzki 2, 10-957 Olsztyn, tel. 89 523 39 92, email: małgorzata.rafałowska@uwm.edu.pl

* Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole'13, Jarnołtówek, 23-26.10.2013

Materiał i metody badań

Badane osady denne pochodziły z zatoki Pilwa Jeziora Dobskiego położonego na obszarze mezoregionu Krainy Wielkich Jezior Mazurskich w powiecie giżyckim. Jezioro Dobskie stanowi zachodnią część kompleksu jeziora Mamry i jest typowym jeziorem moreny dennej. Powierzchnia jego wynosi ponad 17 km², zaś zatoka zajmuje powierzchnię 52,98 ha, o średniej głębokości 1,36 m, z dobrze rozwiniętą linią brzegową ($k = 1,88$). Obecna powierzchnia zatoki jest zaledwie pozostałością ponad 100 ha dawnej części Jeziora Dobskiego. Zachodnia część zatoki Pilwa zasilana jest wodami pochodzącymi z cieków odwadniających obszary zlewni o średnio intensywnym użytkowaniu i intensywnym nawożeniu gruntów ornych. Tabela 1 przedstawia cechy morfometryczne tej zatoki.

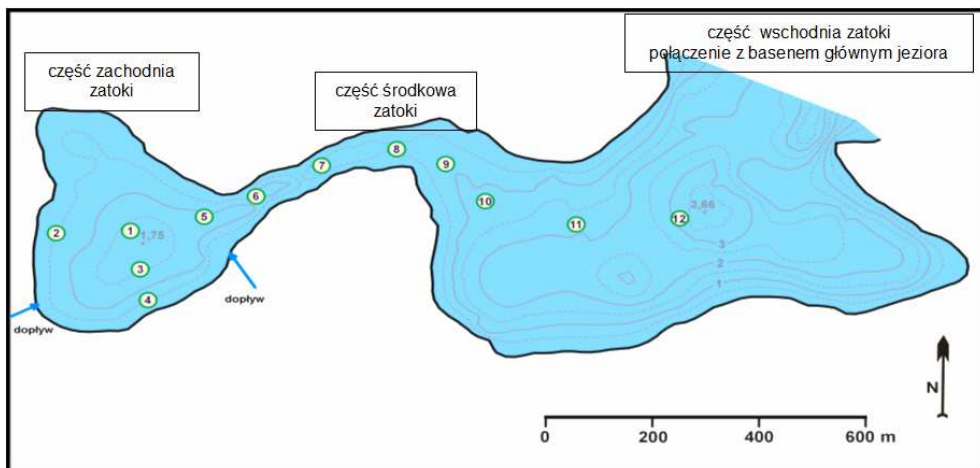
Dane morfometryczne zatoki Pilwa

Tabela 1

Morphometric parameters of Pilwa Bay

Table 1

Parametry	Wartości
Powierzchnia zwierciadła [ha]	52,98
Głębokość max [m]	3,66
Głębokość śr [m]	1,36
Objętość [m ³]	719288
Długość max [m]	1733
Szerokość max [m]	400
Długość linii brzegowej [m]	4847
Rozwinięcie linii brzegowej	1,88
Szerokość geograficzna	54°05'40''
Długość geograficzna	21°35'5''



Rys. 1. Miejsca poboru próbek osadów dennych w zatoce

Fig. 1. Bottom deposit sampling sites in Pilwa Bay

Poboru próbek dokonano za pomocą próbniaka ELCMAN. Ze względu na batymetrię, kształt zatoki i zróżnicowany charakter oraz skład fizykochemiczny osadów dennych zatokę Pilwa podzielono na trzy części zgodnie z kierunkiem odpływu wód: zachodnią, środkową i wschodnią. Osady pobrano wg planu na rysunku 1.

Pobrane osady poddano analizom chemicznym wykonanym w Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Olsztynie, w których zostały oznaczone formy ogólne poszczególnych pierwiastków wg PN88/R-04013 po uprzedniej mineralizacji próbki w kwasie siarkowym, oznaczając: azot ogólny (N_{og}) - metodą potencjonometrycznego miareczkowania z podbrominem sodu, fosfor ogólny (P_{og}) - metodą kolorymetryczną, potas (K), wapń (Ca), sód (Na) i magnez (Mg) - metodą fotometrii płomieniowej, suchą pozostałość (S.poz.) - metodą wagową ($105^{\circ}C$), pozostałość po prażeniu - metodą wagową ($550^{\circ}C$), pH oznaczono w roztworze KCl.

Wyniki i dyskusja

Odczyn badanych osadów dennych mieścił się w przedziale od pH_{KCl} 7,15 do pH_{KCl} 7,18, a średnia dla całej zatoki wynosiła pH_{KCl} 7,16 (tab. 2)

Tabela 2

Właściwości fizyczne w poszczególnych próbkach powierzchniowej warstwy osadów dennych zatoki

Table 2

Physical properties of the surface layer of bottom deposits in Pilwa Bay

Wskaźnik	Jednostka	Część zachodnia zatoki	Część środkowa zatoki	Część wschodnia zatoki połączenie z basenem głównym Jeziora Dobskiego	Średnia
Sucha masa	[%]	10,98	13,04	11,92	11,98
Gęstość	[$g \cdot cm^{-3}$]	1,15	1,15	1,16	1,15
pH_{KCl}	[-]	7,18	7,15	7,17	7,16
Popiół (poz. po praż.)	[% s.m.]	71,98	78,07	59,83	69,96
Materia organiczna	[% s.m.]	28,02	21,94	40,17	30,04

Średnia gęstość objętościowa osadów kształtowała się na wyrównanym poziomie ($1,15 g \cdot cm^{-3}$). Osady deponowane na dnie badanego zbiornika charakteryzowały się znacznym uwodnieniem oraz niewielką konsolidacją. Ze względu na małą głębokość zatoki (średnia 1,36 m) osady są łatwo podrywane i unoszą się w toni wodnej. Znaczny udział wody w pobranej warstwie osadu (od 86,96 do 89,02%) wskazuje, że w głównej mierze właśnie w obrębie badanej warstwy zachodzą procesy resuspensji oraz wymiany składników osad - woda. Najmniej uwodniony osad występował w środkowej części zatoki, w którym sucha masa osadu wyniosła 13,04%. W tej części zatoki występowały osady o większej zawartości frakcji mineralnych. Wyraźnie pokazuje to procentowy stosunek popiołu do materii organicznej w środkowej części zatoki, wynoszący 78,07%:21,94% (tab. 2). Największą koncentrację materii organicznej obserwowano w osadach we wschodniej części zatoki (40,17%) o największej głębokości (3,66 m), a najniższą w części środkowej (21,94%). Gołębiowski [6], Trojanowski i in. [7] wykazują, że zazwyczaj

w osadach pobranych z największej głębokości występuje największe nagromadzenie materii organicznej, co również potwierdzają przeprowadzone badania.

Pobrane osady dennie z zatoki wykazywały zróżnicowanie pod względem zawartości badanych składników. Spośród analizowanych pierwiastków w rozpatrywanej warstwie osadów zdecydowanie dominował wapń, średnia dla zatoki wynosiła $106,75 \text{ g Ca} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ (tab. 3). Koncentracja wapnia w badanych próbkach osadów kształtowała się w granicach od $93,48$ do $115,50 \text{ g Ca} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ Według Januszkiewicza [8], wapń w osadach dennych występuje prawie wyłącznie w formie węglanowej. Podobnie jak inne pierwiastki, może być wprowadzany do osadów zbiornika ze zlewni, głównie podczas wiosennego wezbrania roztopowego. Drugim źródłem tego pierwiastka w osadach jest materia pochodzenia autochtonicznego.

Kolejnym pierwiastkiem występującym w znacznych ilościach był azot. Dominuje on głównie w części środkowej zatoki - średnio $13,28 \text{ g N}_{\text{og}} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ Świadczy to o kumulowaniu azotu w tej części zatoki, co ma znaczący wpływ na ochronę kolejnego elementu układu, jakim jest Jezioro Dobskie. Z uwagi, że jest to najbardziej wypłycone miejsce w zatoce charakteryzujące się wodami eutroficznymi, podłoże w takich miejscach bywa mineralne, w którym bardzo silnie rozwija się system grubych korzeni wypiętrzających dno. Zbiorowisko roślin zakorzenionych w dnie i o liściach przeważnie pływających na powierzchni wody tworzył grąźel żółty, który ilościowo dominował od 50 do 75%. Mała głębokość w tej części zatoki (około 1 m) determinuje wysoki stopień rozkładu materii organicznej, wynikający z lepszego naświetlenia i wyższej temperatury. Żyzne osady wpłynęły również na bujny rozwój roślinności szuwarowej w zatoce. Zaobserwowano, że ilość azotu w badanych osadach odłożonych bliżej dopływów była około dwukrotnie wyższa niż w miejscach bardziej oddalonych. Ich źródłem zapewne były dostające się do wód zanieczyszczenia wraz ze spływem powierzchniowym z gospodarstwa o intensywnej produkcji rolnej (nawożenie gnojowicą). Wyższymi zawartościami azotu charakteryzowały się również osady pobrane ze wschodniej części zatoki (tab. 3). Może być to związane z tym, jak podają Szyperek [9] i Rafałowska i Sobczyńska-Wójcik [10], że azot wnoszony spływami powierzchniowymi migruje do głębszych miejsc i tam jest deponowany.

W badanych próbkach osadów notowano znacznie niższe koncentracje fosforu ogólnego w porównaniu do azotu. Wykazywał on również mniejszą zmienność wartości (od $1,50$ do $2,04 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$). Lecz, podobnie jak w przypadku azotu, również w przypadku fosforu wystąpiło zasilanie zlewniowe, które ma wpływ na deponowanie biogenów w osadach. Zawartość fosforu malała wraz z oddaleniem się od miejsca dopływu. Z uwagi na to, że fosfor jest jednym z głównych czynników sprzyjających eutrofizacji wód, w osadach ma on dwojakie znaczenie. Z jednej strony, ilość tego biogenu zatrzymywanego w osadach świadczy o funkcjonowaniu osadów jako pułapki dla fosforu migrującego w środowisku, jednak z drugiej strony, duże koncentracje fosforu mogą być przyczyną procesów zachodzących w obrębie jego misy, prowadzących do przyspieszenia wypływania zbiornika [11].

Potas jest jednym ze składników stosowanych w rolnictwie, chociaż nie jest zaliczany do pierwiastków wpływających na eutrofizację wód, może być wskaźnikiem stopnia intensywności rolniczego użytkowania zlewni. Potwierdzeniem tego jest zawartość w osadach dennych badanego akwenu, która wahała się od $1,01$ do $1,84 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$

Podobne wyniki (od 0,66 do 1,31 g·kg⁻¹ s.m.) w swoich badaniach wykazała Szyperek [9], która badała grupę zbiorników posiadających w zlewniach, oprócz gruntów orných, również obszary leśne.

Pod względem zasobności w magnez próbki osadów odznaczały się stosunkowo wyrównaną zasobnością od 8,11 do 9,46 g·kg⁻¹ s.m. Prawdopodobnie związki magnezu akumulowane w osadach nie pochodzą z mineralnych składników gleb, ale głównie z rozkładu roślinności. Podobne tendencje stwierdzono w przypadku sodu.

Oznaczone składniki pod względem stężenia w osadach dennych można uszeregować następująco: Ca > N_{og} > Mg > Na > P_{og} > K.

Tabela 3

Zawartość składników biogenych oraz popiołu i materii organicznej w poszczególnych próbkach powierzchniowej warstwy osadów dennych [g·kg⁻¹ s.m.]

Table 3

The content of biogenic elements, ash and organic matter in the surface layer of bottom deposits in Pilwa Bay [g·kg⁻¹ d.m.]

Stanowisko	Nr próby	N	P	K	Ca	Mg	Na	Popiół (poz. po praż.)	Materia organiczna
Część zachodnia zatoki	1	6,33	2,20	1,89	115,50	7,40	3,53	654,6	345,4
	2	12,20	2,20	1,98	110,50	8,59	1,83	644,0	356,0
	3	8,03	1,80	1,97	102,50	10,28	2,59	700,8	299,2
	4	12,30	2,20	1,79	108,32	9,96	1,51	758,5	241,5
	5	6,48	1,80	1,57	110,50	11,05	3,15	841,2	158,8
	średnia	9,07	2,04	1,84	109,46	9,46	2,52	719,8	280,2
Część środkowa zatoki	6	13,53	1,80	1,09	118,00	7,51	0,42	598,0	402,0
	7	13,60	1,40	0,95	102,50	8,67	1,26	890,4	109,8
	8	12,70	2,20	1,09	102,50	8,16	3,12	853,6	146,4
	średnia	13,28	1,80	1,05	107,67	8,11	1,60	780,7	219,4
Część wschodnia zatoki - połączenie z basenem głównym Jeziora Dobskiego	9	16,35	1,40	0,85	93,48	6,48	3,62	818,8	181,2
	10	14,35	1,80	0,98	107,00	9,80	2,57	510,6	489,4
	11	10,33	1,40	1,27	108,00	8,50	3,10	563,8	436,2
	12	8,20	1,40	0,93	104,00	9,90	0,94	500,0	500,0
	średnia	12,27	1,50	1,01	103,12	8,67	2,56	598,3	401,7

Wnioski

1. Wieloletni dopływ zanieczyszczeń pochodzący z intensywnej produkcji rolnej i rozwój roślinności w zatoce spowodował zakumulowanie dużej ilości osadów dennych. Akumulacja biogenów w osadach zatoki stanowi główny element ochrony jeziora przed zanieczyszczeniami w warunkach naturalnych.
2. Oznaczone składniki pod względem stężenia w osadach dennych można uszeregować następująco: Ca > N_{og} > Mg > Na > P_{og} > K.

Literatura

- [1] Pasternak K. Bottom sediments of the polluted dam reservoir at Otmuchów. Acta Hydrobiol. 1970;12:377-380.
- [2] Bojakowska I. Kryteria oceny zanieczyszczenia osadów dennych. Przeg Geol. 2001;49(3): 213-218.
- [3] Kostecki M, Domart A, Kowalski E, Kozłowski J. Badania limnologiczne zbiornika zaporowego Dzierżono Małe. Cz. III. Metale ciężkie w osadach dennych zbiornika. Arch Ohr Środow. 1998;24(2):73-81.

- [4] Trojanowska C, Trojanowski J, Ziemianowicz K. Charakterystyka chemiczna osadów dennych jeziora Gardno. Słupskie Prace Mat-Przyrod. 1993;9:193-208.
- [5] Górniak A, Zieliński P. Rozpuszczona materia organiczna w wodach rzek północno-wschodniej Polski. W: Ochrona zasobów i jakości wód powierzchniowych i podziemnych. Mat. X Między. Konf. Nauk.-Techn. Augustów 1999:127-131.
- [6] Gołębiowski R. Osady denne Jezior Raduńskich. Olsztyn: GTN; 1976.
- [7] Trojanowski J, Trojanowska C, Ratajczyk H. Effect of intensive trout culture of Lake Łętowo in its bottom sediments. Pol Arch Hydrobiol. 1982;29(3-4):659-670.
- [8] Januszkiewicz T. Chemical characteristics of recent bottom sediments of Wierzyisko lake. Pol Arch Hydrobiol. 1979;26(4):475-493.
- [9] Szyperek U. Wpływ zagospodarowania zlewni na skład chemiczny osadów dennych oczek wodnych. Cz. I. Zawartość i akumulacja azotu, fosforu i potasu. J Elementol. 2005;10(2):411-419.
- [10] Rafałowska M, Sobczyńska-Wójcik K. The effect of agricultural production on organic matter accumulation in the bottom deposits of Pilwa Bay (Lake Dobskie). Ecol Chem Eng A. 2012;19(6):591-599. DOI: 10.2428/ecea.2012.19(06)060.
- [11] Skwierawski A. Skład chemiczny osadów dennych małych zbiorników wodnych jako odzwierciedlenie nasilenia procesów antropopresji w krajobrazie rolniczym. Chem Inż Ekol. 2003;10(S1):159-169.

THE EFFECT OF INTENSIVE AGRICULTURAL PRODUCTION ON ORGANIC MATTER ACCUMULATION IN THE BOTTOM DEPOSITS OF PILWA BAY (LAKE DOBSKIE)

Department of Land Reclamation and Environmental Management, University of Warmia and Mazury in Olsztyn

Abstract: The chemical composition of bottom deposits was analyzed in 2007 in the Pilwa Bay. Selected physicochemical parameters of the studied bottom deposits are presented in the paper. Long-term exposure to agricultural pollution and vegetation growth in the Bay contributed to the deposition of bottom sediments. The accumulation of biogenic elements in the bottom deposits of Pilwa Bay plays a key role in protecting the lake's environment against pollution under natural conditions. With respect to their accumulation in bottom deposits, the analyzed elements may be arranged in the following descending order: $Ca > N_{Tot} > Mg > Na > P_{Tot} > K$.

Keywords: bottom deposits, biogenic elements, bay