

OCENA ODPLYWU SKŁADNIKÓW NAWOZOWYCH ZE ZLEWNI ROLNICZYCH JEZIORA MIEDWIE W OKRESIE RESTRUKTURYZACJI ROLNICTWA

Tadeusz DURKOWSKI, Piotr BURCZYK, Bartosz KRÓLAK

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Zachodniopomorski Ośrodek Badawczy w Szczecinie

Słowa kluczowe: jakość wody, jony: amonowy, azotanowy, fosforanowy, potasu; ładunek jednostkowy, zlewnia rolnicza

Streszczenie

W pracy omówiono wyniki wieloletnich badań jakości wód głównych dopływów jeziora Miedwie i wielkości wnoszonych ładunków składników nawozowych do tego jeziora. Jezioro Miedwie, jedno z największych w województwie zachodniopomorskim, od 1976 r. jest podstawowym źródłem wody pitnej dla Szczecina. Od tego czasu trwają prace porządkujące gospodarkę wodno-ściekową i ograniczające ujemny wpływ rolnictwa na jakość retencjonowanych wód. Na podstawie uzyskanych wyników oceniono zmiany stężenia składników nawozowych i wnoszonych ładunków, szczególnie w latach 2000–2004, w okresie trwających zmian w użytkowaniu rolniczym zlewni jeziora. Ładunki składników nawozowych wnoszone do jeziora były bardzo zróżnicowane i w największym stopniu zależały od opadów i przepływów w badanych rzekach. Duże ładunki tych składników wnoszone do jeziora Miedwie, szczególnie z małych zlewni rolniczych, potwierdzają potrzebę prowadzenia działań ochronnych, technicznych i przyrodniczych, w celu poprawy jakości wód dopływających do jeziora.

WSTĘP

Wody powierzchniowe – rzeki i jeziora – zajmują blisko 6% powierzchni obszaru województwa zachodniopomorskiego. W ostatnich latach jakość wód powierzchniowych ulega systematycznej poprawie, przede wszystkim na skutek znacznego zwiększenia nakładów na uporządkowanie odprowadzania i oczyszczania ścieków bytowych (sieć kanalizacyjna, oczyszczalnie ścieków), a także zachodzących zmian w rolnictwie [Raport..., 2004]. Wiele małych rzek prowadzi jednak

Adres do korespondencji: doc. dr hab. T. Durkowski, Zachodniopomorski Ośrodek Badawczy, ul. Czesława 9, 71–504 Szczecin; tel. +48 (91) 422-27-15, e-mail: durkowski@poczta.onet.pl

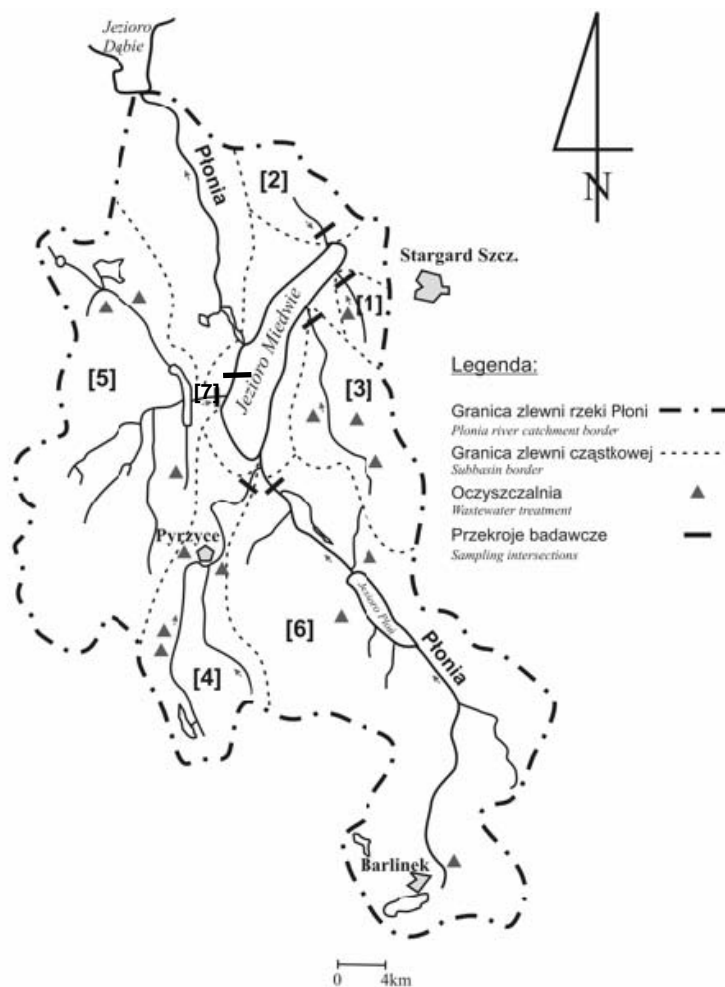
nadal wody pozaklasowe. Parametrami pogarszającymi jakość wód są zanieczyszczenia mikrobiologiczne oraz składniki nawozowe (związków azotu, fosforu i potasu), pochodzących przede wszystkim z działalności rolniczej. Pochodzenie związków azotu, fosforu i potasu transportowanych w wodach małych rzek jest złożone. Decydujący wpływ mają na nie typ zasilania oraz istnienie wielu źródeł zanieczyszczeń (punktowych, rozproszonych i obszarowych), zróżnicowanych pod względem natężenia i charakteru emisji. Istotny jest także wpływ warunków meteorologicznych (szczególnie wysokości i natężenia opadów) oraz hydrologicznych (wielkości przepływów) i stanu rolnictwa (intensywności nawożenia naturalnego i mineralnego oraz chowu zwierząt) [KOC, 1998; SAPEK, SAPEK, PIETRZAK, 2004].

Zmiana systemu gospodarki rolnej w latach dziewięćdziesiątych XX w. tylko w minimalnym stopniu poprawiła tę sytuację. Zmiany w środowisku wodnym postępują bardzo wolno. Produkcja rolna w ostatnich latach powoli wychodzi z kryzysu. Ponownie pojawia się coraz większa liczba gospodarstw z intensywną produkcją roślinną lub zwierzęcą – należy więc spodziewać się dalszych negatywnych skutków dla środowiska glebowego i wodnego. Obserwuje się duże stężenie składników nawozowych w wodach płynących, należących do zlewni jeziora Miedwie, szczególnie w małych rzekach i sztucznych ciekach [DURKOWSKI, WORONIECKI, 2001; ZABŁOCKI, PIENKOWSKI, KUPIEC, 2001]. Na podstawie szczegółowej analizy jakości wód powierzchniowych i podziemnych w zlewni rzeki Płonia wyznaczono jako wody wrażliwe na zanieczyszczenia związkami azotu ze źródeł rolniczych: rzekę Płonia od źródeł do przekroju km 13,8 (ta część zlewni stanowi obszar o powierzchni 1068 km²) oraz jeziora: Miedwie, Płonno, Zaborsko, Płoń, Będgoszcz i Żelewo, położone w zlewni Płoni [BŁASZCZAK, DURKOWSKI, JUTRZENKA-TRZEBIATOWSKA, 2004]. Obszar charakteryzuje się dużym udziałem użytków rolnych w całkowitej powierzchni gruntów i z tego głównie wynika potencjalne zagrożenie dla jakości wód. Biorąc pod uwagę wielorakość przyczyn zanieczyszczenia wód (tło geochemiczne, intensywność użytkowania) oraz ich współdziałanie, w obecnej sytuacji ważnym do rozwiązania problemem jest szczegółowa ocena jakości wód w ujęciu przestrzennym oraz ocena wielkości ładunków składników nawozowych wynoszonych ze zlewni cząstkowych.

Celem badań była ocena zmian stężenia wybranych składników nawozowych i ich ładunków wnoszonych z wodami głównych dopływów do jeziora Miedwie w okresie trwających ciągle zmian w rolnictwie, szczególnie w produkcji roślinnej (nawożenie) i zwierzęcej.

OBIEKT I METODY BADAŃ

Obszar badań obejmował sześć zlewni głównych dopływów jeziora Miedwie: Płoni, Ostrawicy, Kanału Młyńskiego, Gowienicy, Miedwinki i Rowu Kunowskiego (rys. 1, tab. 1), położonych w większości na obszarze dwóch mezoregionów –



Rys. 1. Zlewnia rzeki Płonia, badane dopływy jeziora Miedwie; 1 – Rów Kunowski, 2 – Miedwinka, 3 – Gowienica, 4 – Kanał Młyński, 5 – Ostrawica, 6 – Płonia – dopływ, 7 – Płonia – odpływ z jeziora

Fig. 1. Catchment of the Płonia river, studied inflows to Lake Miedwie; 1 – Kunowski Ditch, 2 – the Miedwinka, 3 – the Gowienica, 4 – Młyński Channel, 5 – the Ostrawica, 6 – the Płonia – inflow, 7 – the Płonia – outflow from lake

Równinie Pyrzycko-Stargardzkiej (313.31) i Równinie Goleniowskiej (313.25) oraz częściowo na obszarze czterech innych mezoregionów [KONDRACKI, 2001].

Położenie zlewni jeziora Miedwie w kilku różnych mezoregionach oraz aktywne działanie wielu czynników na kształtowanie rzeźby terenu sprawia, że krajobraz zlewni odznacza się zróżnicowaną hipsometrią i bogactwem form geomorfologicznych. Jest to typowa zlewnia rolnicza, intensywnie użytkowana – grunty orne zajmują ponad 62% powierzchni, a użytki zielone 24,5%. Na tym obszarze dominuje

Tabela 1. Wartości średnie pH, przewodności oraz stężenia składników nawozowych w wodach głównych dopływów i odpływu z jeziora Miedwie w kolejnych latach okresu 2000–2004

Table 1. Mean pH, conductivity and concentration of nutrients in inflows and outflows from Lake Miedwie (2000–2004)

Ciek, powierzchnia zlewni Watercourse, ca- tchment area	Lata Years	Wartość pH pH value	Przewodność Conductivity $\mu\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$	Stężenie, $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ Concentration, $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$			
				NO_3^-	NH_4^+	PO_4^{3-}	K^+
1	2	3	4	5	6	7	8
Rów Kunowski Kunowski Ditch 23 km ²	2000	7,67	1011	29,9	0,56	0,29	14,4
	2001	7,68	1161	30,4	0,93	0,45	17,7
	2002	7,53	1118	22,4	0,73	0,49	11,7
	2003	7,34	1042	5,8	0,22	0,35	10,8
	2004	7,51	972	27,4	0,45	0,14	21,7
Miedwinka 47,3 km ²	2000	7,61	549	2,6	0,54	0,10	5,9
	2001	7,73	598	3,3	0,75	0,13	6,1
	2002	7,46	574	3,2	0,31	0,08	6,2
	2003	7,46	638	2,8	0,32	0,06	5,9
	2004	7,29	596	0,8	0,13	0,09	6,7
Gowienica 53,7 km ²	2000	7,93	837	5,4	0,26	0,18	8,6
	2001	7,82	825	3,8	0,34	0,14	11,0
	2002	7,77	828	10,9	0,11	0,17	8,4
	2003	7,49	814	3,4	0,16	0,09	5,3
	2004	7,60	857	1,4	0,11	0,23	19,9
Kanał Młyński Młyński Channel 86,4 km ²	2000	7,81	1223	12,9	0,37	0,40	7,8
	2001	8,10	1836	2,8	0,26	1,66	11,4
	2002	7,78	921	13,8	0,39	0,40	12,7
	2003	7,38	741	4,4	0,32	0,12	7,8
	2004	7,77	1020	11,6	0,15	0,41	21,3
Ostrawica 284,3 km ²	2000	8,31	646	2,6	0,09	0,12	12,1
	2001	8,02	902	1,6	0,32	0,19	20,0
	2002	7,95	1500	6,5	0,27	0,58	11,7
	2003	7,23	856	2,1	0,37	0,21	12,1
	2004	7,30	802	3,8	0,12	0,12	11,2
Płonia – dopływ Płonia – inflow 365,7 km ²	2000	8,44	520	1,2	0,09	0,20	4,8
	2001	8,28	569	1,3	0,24	0,25	5,3
	2002	7,80	692	4,1	0,19	0,07	6,1
	2003	7,55	711	2,0	0,22	0,11	4,8
	2004	7,76	667	0,8	0,13	0,10	21,8

cd. tab. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Płonia – odpływ z Miedwia	2000	7,89	833	2,0	0,22	0,15	6,5
Płonia – outflow from Lake Miedwie	2001	7,97	652	0,6	0,19	0,20	8,1
1028,4 km ²	2002	7,90	835	2,0	0,30	0,17	6,4
	2003	7,24	834	2,3	0,22	0,20	4,9
	2004	7,71	634	1,6	0,27	0,16	20,9

klasa gleb brunatnoziemnych (typ brunatne i płowe) i pobagiennych typu czarne ziemie. Czarne ziemie mają największe znaczenie, ponieważ użytkuje się je intensywnie rolniczo; przeważnie należą do II i III klasy bonitacyjnej i 1 kompleksu pszennego bardzo dobrego.

W pracy przedstawiono wyniki badań własnych prowadzonych w latach 2000–2004 w zlewniach głównych dopływów jeziora Miedwie. Próbkę wody do analiz pobierano w wybranych przekrojach cieków (na odcinkach ujściowych) raz w miesiącu i oznaczano w nich m.in.: pH, przewodność oraz stężenie NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} i K^+ . Oznaczano tylko składniki rozpuszczone w wodzie. Parametry jakości wód oznaczano następującymi metodami: odczyn – potencjometrycznie wg PN-90/C-04540.01, przewodność – konduktometrem, azot amonowy – metodą fotometryczną indofenolową, azotany – metodą fotometryczną indofenolową z nitrospektralem, fosforany – metodą fotometryczną z molibdenianem amonu, potas – fotometrycznie. Pomiary prędkości przepływu w warunkach różnych stanów wód wykonywano w stałych przekrojach, wyposażonych w wodowskazy, w celu ustalenia natężenia przepływu i opracowania krzywych konsumcyjnych. Ładunki składników chemicznych wynoszonych przez wody powierzchniowe z poszczególnych zlewni obliczono jako iloczyn średniego stężenia miesięcznego i wielkości odpływu w tym czasie. Jednostkowe wynoszenie składników chemicznych obliczono jako iloraz ładunku wynoszonego w danym roku i powierzchni badanej zlewni. W pracy wykorzystano także dane o jakości wód dopływów Miedwia z monitoringu regionalnego prowadzonego przez Wojewódzką Inspekcją Ochrony Środowiska w Szczecinie (Płonia, Kanał Młyński) oraz dane Zakładu Wodociągów i Kanalizacji – wielkość odpływu z jeziora Miedwie na jazie w Żelewie (ZWiK – gospodarz ujęcia wody z Miedwia). Wyniki pomiarów i analiz chemicznych stanowiły podstawę obliczeń statystycznych.

WYNIKI BADAŃ

Czasowe i przestrzenne zróżnicowanie sum opadów w ciągu roku i w poszczególnych jego okresach w latach 2000–2004 było stosunkowo duże. Roczne sumy opadów wynosiły od 339,4 mm w 2003 r. do 474,1 mm w 2001 r., podczas gdy

średnia z wielolecia suma opadów na omawianym obszarze wynosi ok. 512 mm (Pyrzyce, 1951–1985). Najmniejsze sumy opadów miesięcznych osiągały wartości: 1,6 mm (luty 2003 r.), 7,9 mm (grudzień 2002 r.), a największe: 101,8 mm (lipiec 2000 r.), 86,1 mm (lipiec 2003 r.) i 88,3 mm (październik 2002 r.).

Bardzo małe sumy opadów rocznych (od 66,3 do 92,6% średnich opadów wieloletnich) wywarły niewątpliwie wpływ na warunki hydrologiczne (odpływy), a także stężenie składników chemicznych w wodach powierzchniowych (obniżenie poziomów wód gruntowych). Oznaczone stężenia składników chemicznych z lat 2000–2004 świadczą, że mimo podjęcia różnych działań w celu ograniczenia zanieczyszczeń, dopływy jeziora Miedwie w dalszym ciągu okresowo prowadzą wody pozaklasowe – nadmierna zasobność w związku azotu, potasu i fosforany (tab. 1).

Wartości pH i przewodności w okresie badań zmieniały się w niewielkim zakresie szczególnie w większych dopływach (Ostrawica, Płonia).

Duże stężenie związków azotu i fosforu notowano przede wszystkim w latach z wyższymi sumami opadów. Największe stężenie tych składników obserwowano w wodach niewielkich cieków, bezpośrednio uchodzących do jeziora Miedwie (Rów Kunowski, Gowienica, Kanał Młyński). Cieki te przepływają przez tereny intensywnie użytkowane rolniczo, wsie często pozbawione infrastruktury sanitarnej, a także przejmują odcieki z istniejących oczyszczalni ścieków o różnej sprawności (okresowo odprowadzane są duże ładunki składników nawozowych).

Ze względu na jakość wód określoną średnim stężeniem badanych składników chemicznych (azotany, azot amonowy, fosforany, potas) badane dopływy można uszeregować od najgorszych do najlepszych w następujący ciąg: Rów Kunowski, Kanał Młyński, Ostrawica, Gowienica i Miedwinka. W przypadku stężenia azotanów ciąg ten będzie następujący: Rów Kunowski ($22,9 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$), Kanał Młyński ($7,9 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$), Gowienica ($7,0 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$), Ostrawica ($3,2 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$), Miedwinka ($2,6 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$) i Płonia ($1,9 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$). Wody Płoni, wpadające do jeziora Miedwie, cechowała najlepsza jakość (tab. 2). Największą zmiennością stężenia spośród badanych składników cechowały się jony: fosforanowy (od 60 do 183%), następnie azotanowy (62–128%) i amonowy (69–105%), a najmniejszą – potasowy (37–86%). Duże zróżnicowanie stężenia badanych składników w wodach powierzchniowych było przede wszystkim uwarunkowane zasilaniem cieków (zmienne warunki hydrologiczne – lata o różnych sumach opadów), a także wpływem punktowych źródeł zanieczyszczeń.

Średnie roczne ładunki badanych składników chemicznych wnoszonych z poszczególnych zlewni do jeziora Miedwie były bardzo zróżnicowane w okresie badań (2000–2004) – tabela 3. Najwięcej potasu i azotu było wnoszone w formie azotanowej i amonowej. Fosforany były wnoszone w najmniejszej ilości. Zbliżone ładunki azotu wnoszonego do Miedwia uzyskali także inni badacze. Ładunki fosforanów, które stwierdzili WINKLER, ROY i KAMIŃSKA [2001] w latach 1998–2000, były natomiast wielokrotnie większe od uzyskanych w prezentowanych badaniach. Udział średnich ładunków wnoszonych do jeziora przez poszczególne dopływy

Tabela 2. Wybrane wartości pH, przewodności oraz stężenia składników nawozowych w wodach głównych dopływów i odpływu z jeziora Miedwie z lat 2000–2004**Table 2.** Selected values of pH, conductivity and concentration of nutrients in inflows and outflows from Lake Miedwie in the years 2000–2004

Ciek Watercourse	Wartość parametru Values of parameter	Wartość pH pH value	Przewodność Conductivity $\mu\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$	Stężenie, $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ Concentration, $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$			
				NO_3^-	NH_4^+	PO_4^{3-}	K^+
Rów Kunowski Kunowski Ditch	\bar{x}	7,54	1062	22,9	0,58	0,35	15,0
	min.	7,15	782	1,5	0,03	0,02	5,0
	max	8,18	1639	53,0	3,25	1,15	33,7
	<i>SD</i>	0,22	170	15,3	0,61	0,28	5,6
Miedwinka	\bar{x}	7,52	591	2,6	0,42	0,09	6,2
	min.	7,21	425	0,3	0,05	0,00	0,1
	max	8,30	819	7,1	1,15	0,23	19,6
	<i>SD</i>	0,23	80	1,6	0,29	0,06	3,6
Gowienica	\bar{x}	7,73	832	7,0	0,20	0,16	10,3
	min.	7,32	560	0,2	0,02	0,00	1,3
	max	8,31	1126	30,8	0,61	1,40	26,0
	<i>SD</i>	0,22	117	6,6	0,14	0,19	5,7
Kanał Młyński Młyński Channel	\bar{x}	7,48	1139	7,9	0,26	0,66	13,5
	min.	7,23	624	0,5	0,02	0,02	4,4
	max	8,40	3320	61,0	1,50	6,50	25,5
	<i>SD</i>	0,28	600	10,0	0,29	1,22	6,5
Ostrawica	\bar{x}	7,78	936	3,2	0,24	0,24	13,8
	min.	6,88	574	0,2	0,01	0,01	4,3
	max	8,80	7060	23,0	1,65	1,37	25,4
	<i>SD</i>	0,50	865	4,1	0,24	0,25	5,1
Płonia (dopływ) Płonia (inflow)	\bar{x}	7,97	630	1,9	0,17	0,15	10,4
	min.	7,21	426	0,1	0,02	0,00	2,8
	max	8,80	922	14,0	0,90	0,73	29,1
	<i>SD</i>	0,41	119	2,4	0,16	0,17	9,0
Płonia (odpływ z Miedwia) Płonia (outflow from Lake Mied- wie)	\bar{x}	7,70	743	1,6	0,25	0,18	9,9
	min.	7,12	518	0,1	0,01	0,00	3,0
	max	8,43	1297	6,8	1,00	0,67	26,2
	<i>SD</i>	0,38	175	1,2	0,18	0,13	7,1

Objaśnienia: \bar{x} – wartość średnia, min. – minimalna, max – maksymalna, *SD* – odchylenie standardowe.

Explanations: \bar{x} – mean, min. – minimum, max – maximum values, *SD* – standard deviation.

Tabela 3. Ładunki składników nawozowych wnoszonych w wodach głównych dopływów do jeziora Miedwie w latach 2000–2004**Table 3.** Nutrient loads delivered with water of main tributaries to Lake Miedwie (2000–2004)

Lp.	Ciek Watercourse	Ładunek, t Load, t			
		NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁻³	K ⁺
1	Rów Kunowski	<u>4,6–25,6</u>	<u>0,13–1,17</u>	<u>0,09–0,37</u>	<u>5,6–15,7</u>
	Kunowski Ditch	16,7	0,52	0,23	11,4
2	Miedwinka	<u>3,9–18,3</u>	<u>0,53–3,14</u>	<u>0,20–0,62</u>	<u>17,5–35,6</u>
		11,5	1,76	0,40	23,9
3	Gowienica	<u>2,8–51,1</u>	<u>0,20–0,73</u>	<u>0,21–0,57</u>	<u>11,3–32,4</u>
		18,0	0,48	0,37	23,6
4	Kanał Młyński	<u>24,5–215,4</u>	<u>1,09–2,54</u>	<u>0,87–9,70</u>	<u>62,3–169,3</u>
	Młyński Channel	99,5	2,07	3,90	109,0
5	Ostrawica	<u>29,8–267,9</u>	<u>2,06–8,07</u>	<u>2,26–15,81</u>	<u>163,4–481,4</u>
		95,4	4,72	5,50	321,6
6	Płonia – dopływ	<u>34,9–420,8</u>	<u>5,10–11,12</u>	<u>3,29–9,73</u>	<u>215,3–468,9</u>
	Płonia – inflow	140,9	8,45	6,28	385,9
7	Płonia (odpływ z Miedwia)	<u>20,8–235,9</u>	<u>6,28–41,77</u>	<u>4,10–16,80</u>	<u>122,0–862,6</u>
	Płonia (outflow from Lake Miedwie)	93,5	14,50	8,80	431,2
Średni bilans Σ(1÷6) – 7 Mean balance		288,5	3,5	7,9	444,2

Objaśnienia: nad kreską podano zakres wartości, pod – wartość średnią z okresu badań.

Explanations: range – above the line, mean values – below.

(w % całkowitego ładunku danego składnika) wynosił: NO₃⁻ – Rów Kunowski – 4,4%, Miedwinka – 3,0%, Gowienica – 4,7%, Kanał Młyński – 26,0%, Ostrawica – 24,0%, Płonia – 37,9%; NH₄⁺ odpowiednio: 2,8, 9,8, 2,7, 11,4, 26,4 i 46,9; PO₄⁻³: 1,4, 2,4, 2,2, 23,5, 32,9 i 37,6; K⁺: 1,3, 2,7, 2,7, 12,4, 36,7 i 44,2. Duże ładunki składników nawozowych wносиły ciekі o małych zlewniach i małych zasobach wody (przepływach), tj.: Rów Kunowski, Miedwinka, Gowienica, a zwłaszcza Kanał Młyński. O wielkości ładunków, wnoszonych do Miedwia przez te ciekі, decydowało duże stężenie składników nawozowych, przede wszystkim azotanów i potasu (tab. 1, 2). Zlewnie tych cieków są intensywnie użytkowane rolniczo, co skutkuje zwiększonym dopływem zanieczyszczeń obszarowych. Dodatkowo duże znaczenie mają zanieczyszczenia punktowe, zwłaszcza ścieki bytowe i gospodarcze. W warunkach małych przepływów wymienione czynniki mają decydujący wpływ na wielkość ładunków.

Dzięki pomiarom stężenia i przepływów na odpływie z jeziora Miedwie (prze-krój 7) obliczono w przybliżeniu bilans ładunków NO₃⁻, NH₄⁺, PO₄⁻³ i K⁺ w zlewni jeziora Miedwie (uwzględniono tylko ładunki wnoszone z wodami powierzchni-

wymi głównych dopływów (6) i wynoszone z jeziora Miedwie przez rzekę Płonia w przekroju 7). W jeziorze Miedwie średnio rocznie (2000–2004) kumulowane było (różnica między ładunkiem wnoszonym przez dopływy a wynoszonym z jeziora) blisko 288,5 t (75,5% ładunku wnoszonego) jonów azotanowych, 3,5 t (19,4%) amonowych, 7,9 t (47,5%) fosforanowych i blisko 444,2 t (50,7%) potasowych (tab. 3). W uproszczonym bilansie nie uwzględniono ładunków składników nawozowych wnoszonych do jeziora z opadami atmosferycznymi i ze zlewni bezpośredniej, a także wynoszonych z wodami pobieranymi na cele komunalne.

Przestrzenne i czasowe zróżnicowanie wynoszenia wybranych składników nawozowych (jony: amonowy, azotanowy, fosforanowy i potasowy) ze zlewni cząstkowych określono na podstawie ładunków jednostkowych ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) (rys. 2). Średni ładunek jednostkowy NO_3^- w okresie 2000–2004 w badanych zlewniach wynosił $5,3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ i zawierał się w granicach od $2,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Miedwinka) do $11,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Kanał Młyński). Największe ładunki jednostkowe NO_3^- stwierdzono w 2002 r. z wyjątkiem Rowu Kunowskiego, średnio w roku $11,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (od $3,9$ – Miedwinka do $24,9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ – Kanał Młyński (rys. 2a). W roku suchym (2003) ładunek jednostkowy NO_3^- wynosił średnio $2,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (od $1,0$ – Ostrawica do $3,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ – Kanał Młyński). Średni ładunek jednostkowy NH_4^+ w okresie badań wynosił $0,22 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (od $0,09$ – Gowienica do $0,37 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ – Miedwinka). Największe ładunki jednostkowe NH_4^+ zanotowano w 2001 r. – $0,66 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Miedwinka) i $0,51 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Rów Kunowski) (rys. 2b). Średni ładunek jednostkowy PO_4^{3-} w okresie badań wynosił $0,19 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (od $0,07$ – Gowienica do $0,45 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ – Kanał Młyński) (rys. 2c). Największe ładunki jednostkowe PO_4^{3-} notowano w 2001 r. – $1,12 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Kanał Młyński) i w 2002 r. – $0,56 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Ostrawica). Średni ładunek jednostkowy K^+ wynosił $8,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (od $4,4$ – Gowienica do $12,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ – Kanał Młyński – rys. 2d). Największe wartości K^+ zanotowano w 2004 r. – $19,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Płonia) oraz 2002 r. – $19,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Kanał Młyński) i $16,9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Ostrawica).

Podane liczby świadczą o niepełnej skuteczności prowadzonych działań ochronnych w zlewni jeziora Miedwie i wprowadzaniu do jeziora dużych ładunków składników nawozowych. Większą uwagę należy skierować na małe zlewnie intensywnie użytkowane rolniczo (Kanał Młyński, Rów Kunowski), z których dopływa do jeziora relatywnie dużo więcej tych składników niż z dużych zlewni.

Z porównania wyników badań z lat 2000–2004 z wynikami z lat 1983–1994 [DURKOWSKI, BURAKIEWICZ, BURCZYK, 1997] wynika, że stężenie związków azotu w wodach dopływów jeziora Miedwie nieznacznie się zwiększyło. Zwiększyły się także ładunki jednostkowe wynoszone z małych zlewni rolniczych. Zebrany materiał badawczy świadczy o zwiększaniu się ładunku składników nawozowych wnoszonych do jeziora Miedwie w okresie trwających zmian w rolnictwie.

W ciągu ostatnich kilkunastu lat zaszły duże zmiany w użytkowaniu gruntów na terenie badanych zlewni. Zmniejszyła się powierzchnia gruntów należących do gospodarstw rolnych, natomiast zwiększyła – należących do innych jednostek. Zwiększył się udział gruntów ornych w strukturze użytkowania ziemi (nawet do

84% użytków rolnych – gmina Warnice), a zmniejszył użytków zielonych. Z uwagi na niekorzystne warunki wodne w dolinach rzek i otoczeniu jeziora znacznej części trwałych użytków zielonych nie użytkuje się i są one bardzo zaniedbane.

W latach 1983–1990 w zlewni Miedwia stosowano do $350 \text{ NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$, w tym nawet do $250 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ (średnio ok. $140 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$) w formie mineralnej, zwłaszcza w dominujących tam gospodarstwach państwowych. Obecnie średnio stosuje się ok. $100 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$ w formie mineralnej, z tym że w gospodarstwach specjalizujących się w produkcji roślinnej dawka roczna nierzadko przekracza $360 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$. Duże zmiany zaszły także w chowie zwierząt, szczególnie bydła. Obsada krów mlecznych zmniejszyła się o blisko 70% i wynosi ok. 10 na 100 ha. Zmalała także obsada trzody chlewnej. W gminach wokół jeziora Miedwie obsada zwierząt gospodarskich (trzoda chlewna, bydło i inne) wynosi ok. 23 DJP na 100 ha (2002 r.). W związku ze zmniejszeniem się pogłowia zwierząt zmniejszyła się ilość stosowanych nawozów naturalnych. Zmiany zachodzące w rolnictwie w ciągu kilkunastu lat nie wpłynęły znacząco na poprawę jakości środowiska wodnego.

Szczegółowe rozpoznanie źródeł pochodzenia składników nawozowych w wodach powierzchniowych wymaga dalszych ścisłych badań w skali małych zlewni rolniczych w celu szczegółowego określenia udziału zanieczyszczeń obszarowych i punktowych.

WNIOSKI

1. W wyniku wieloletnich badań w zlewni jeziora Miedwie stwierdzono dużą zmienność przestrzenną i czasową stężenia składników nawozowych w wodach powierzchniowych sześciu badanych dopływów. Najmniejsze wartości stężenia występowały przeważnie w latach suchych.

2. Ze zlewni cząstkowych jeziora Miedwie wynoszone są znaczne ładunki jednostkowe składników nawozowych – największe ze zlewni intensywnie użytkowanych rolniczo, tj. Kanału Młyńskiego i Rowu Kunowskiego.

3. Z uproszczonego bilansu składników nawozowych wynika, że ze składników wynoszonych ze zlewni cząstkowych w jeziorze Miedwie kumulowanych jest średnio 75,5% NO_3^- , 19,4% NH_4^+ , 47,4% PO_4^{3-} i 50,7% K^+ .

4. W zlewni jeziora Miedwie należy zintensyfikować działania ochronne w celu ograniczenia dopływu zanieczyszczeń do wód powierzchniowych. Najpilniejsza jest poprawa w zakresie sanitacji wsi poprzez budowę kanalizacji oraz lokalnych i zbiorczych wysoko sprawnych oczyszczalni ścieków oraz uporządkowanie gospodarki nawozami naturalnymi.

LITERATURA

- BLASZCZAK T., DURKOWSKI T., JUTRZENKA-TRZEBIATOWSKA M., 2004. Wody wrażliwe i obszary szczególnie narażone na zanieczyszczenia związkami azotu ze źródeł rolniczych w Regionie Wodnym Dolnej Odry i Przymorza Zachodniego. W: Problemy ochrony zasobów wodnych w dorzeczu Odry. Wrocław: RZGW s. 335–345.
- DURKOWSKI T., BURAKIEWICZ B., BURCZYK P., 1997. Ocena wnoszenia azotu w wodach powierzchniowych do jeziora Miedwie w latach 1977–1994. W: Nadmiar azotu w rolnictwie czynnikiem zagrożenia zdrowia człowieka. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 23–29.
- DURKOWSKI T., WORONIECKI T., 2001. Jakość wód powierzchniowych obszarów wiejskich Pomorza Zachodniego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 476 s. 365–371.
- KOC J., 1998. Wpływ intensywności użytkowania terenu na wielkość odpływu biogenów z obszarów rolniczych. Roczn. AR Pozn. 307 Rol. 52 s. 101–106.
- KONDRACKI J., 2001. Geografia regionalna Polski. Warszawa: Wydaw. Nauk. PWN ss. 441.
- PN-90/C-04540.01. Woda i ścieki. Badania pH, kwasowości i zasadowości. Postanowienia ogólne i zakres normy.
- Raport o stanie środowiska w województwie zachodniopomorskim w latach 2002–2003, 2004. Bibl. Monitoringu Środ. Szczecin: WIOŚ ss. 336.
- SAPEK A., SAPEK B., PIETRZAK S., 2004. Strategie ograniczenia zanieczyszczeń wody, atmosfery i gleby w świetle międzynarodowych projektów rolno-środowiskowych realizowanych w IMUZ. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 4 z. 2b (12) s. 259–280.
- WINKLER L., ROY M., KAMIŃSKA G., 2001. Przybliżone ładunki niektórych form azotu, fosforu oraz zawiesiny wnoszone do jeziora Miedwie ze zlewni Płoni w latach 1998–2000. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 475 s. 513–525.
- ZABŁOCKI Z., PIEŃKOWSKI P., KUPIEC M., 2001. Chemizm wód cieków odwadniających zlewnie rolnicze Niziny Pyrzyckiej w latach 1998–1999. Fol. Univ. Agricult. Stetin. 217 Agricult. 87 s. 233–238.

Tadeusz DURKOWSKI, Piotr BURCZYK, Bartosz KRÓLAK

**ASSESSMENT OF NUTRIENT RUNOFF
FROM AGRICULTURAL CATCHMENT OF LAKE MIEDWIE
DURING AGRICULTURAL RESTRUCTURING**

Key words: agriculture catchment, ammonium ion, loads, nitrate, phosphates, potassium, water quality

S u m m a r y

The results are presented of long term studies on water quality and nutrient loads delivered to Lake Miedwie. Lake Miedwie, one of the largest lakes in Western Pomerania, is since 1976 the main drinking water resource for Szczecin. Since that time many works have been done to improve water and sewage management, and to reduce negative effects of agriculture on water quality. Changes of nutrient concentrations and loads were estimated, particularly for the years 2000–2004 i.e. during the process of agriculture restructuring and land use changes. Nutrient loads delivered to Lake Miedwie

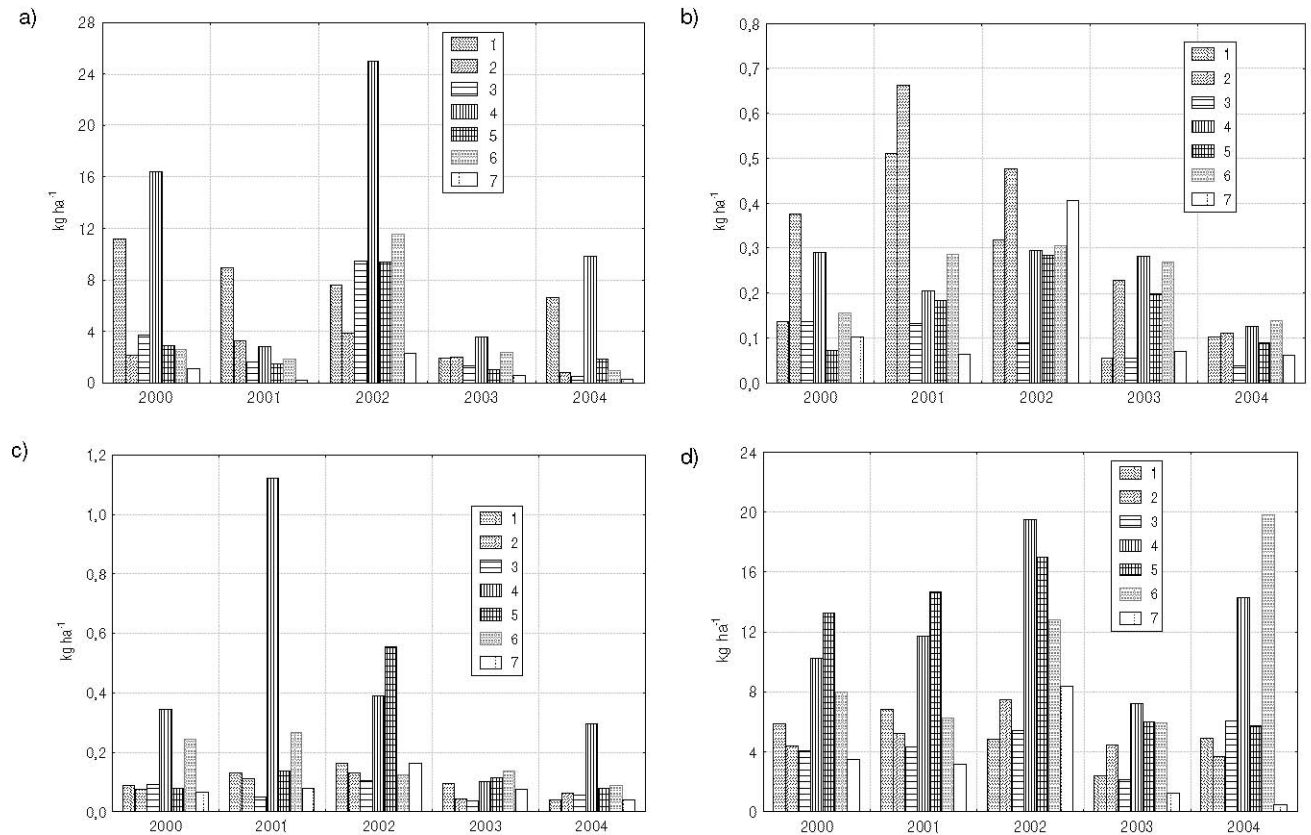
were highly differentiated and depended mostly on rainfall and water flow in studied rivers. High loads delivered to Lake Miedwie, especially from small agricultural catchments, confirm the need of protective and technical operations to improve water quality in inflowing rivers.

Recenzenci:

prof. dr hab. Józef Koc

prof. dr hab. Andrzej Sapek

Praca wpłynęła do Redakcji 10.10.2005 r.



Rys. 2. Jednostkowe ładunki składników nawozowych w zlewni jeziora Miedwie w latach 2000–2004: a) jon azotanowy, b) jon amonowy, c) jon fosforanowy, d) jon potasowy; 1–7 – jak na rysunku 1.

Fig. 2. Nutrients loads in the catchment of Lake Miedwie in 2000–2004: a) nitrates, b) ammonium, c) phosphates, d) potassium; 1–7 – as in Fig. 1