

# ZMIENNOŚĆ STĘŻENIA ZWIĄZKÓW AZOTU W RÓŻNIE UŻYTKOWANEJ ZLEWNI ROLNICZEJ RZEKI ŚLINA

**Aleksander KIRYLUK<sup>1)</sup>, Małgorzata RAUBA<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Politechnika Białostocka, Katedra Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska

<sup>2)</sup> Zamiejscowy Wydział Zarządzania Środowiskiem PB w Hajnówce

*Słowa kluczowe: azot amonowy, azot azotanowy, eutrofizacja, zlewnia rolnicza, zmienność sezonowa*

## Streszczenie

Przeprowadzono badania jakości wody rzeki Ślina w województwie podlaskim. Zlewnia tej rzeki ma charakter typowo rolniczy. Wydzielono w niej trzy części, różniące się sposobem i intensywnością rolniczego użytkowania. W obszarze badanej zlewni jest prowadzona intensywne hodowla bydła mlecznego. Badania wykonane w latach 2007–2008 wskazują na zanieczyszczenie wód rzeki związkami azotu. Stężenie azotu amonowego wynosiło średnio  $0,75 \text{ mg NH}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$ . W górnym odcinku rzeki stwierdzono podwyższone stężenia azotu azotanowego (V), przekraczające  $10 \text{ mg NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Główną przyczyną wzrostu stężenia azotanów w rzece jest ich dopływ z intensywnie użytkowanych łąk i pastwisk.

## WSTĘP

W województwie podlaskim znajduje się ważna dla środowiska przyrodniczego rzeka Narew. Jest ona badana i oceniana w ramach państwowego monitoringu środowiska (PMŚ) w zakresie zanieczyszczeń związkami chemicznymi i biologicznymi, pochodzącymi z przemysłu i gospodarki komunalnej. Niewielkie rzeki i cieki będące jej dopływami są badane w celach kontrolnych okresowo, średnio raz na 3 lata, tylko przy ujściu. Bez badania dopływów trudno ocenić ich wpływ na jakość większych rzek oraz rzeczywiste przyczyny ich zanieczyszczeń. Podjęto więc badania zanieczyszczeń wody rzeki Ślina, będącej jednym z dopływów Narwi.

W małych zlewniach rzecznych użytkowanych rolniczo największy problem stanowią zanieczyszczenia związkami azotu. Ze spływem powierzchniowym są przemieszczane rozpuszczalne formy azotu oraz jest unoszony lekki materiał organiczny – resztki roślinne oraz pozostałości nawozów organicznych [SAPEK, 1996]. W Polsce przeważająca ilość związków azotu migrujących do wód powierzchniowych i gruntowych pochodzi z rolnictwa [Ochrona..., 2006; SAPEK, 1996; SAPEK, SAPEK, 2005]. Na wielkość ładunku azotu wprowadzanego do zlewni duży wpływ ma sposób użytkowania ziemi (intensywne i ekstensywne użytkowanie rolnicze lub brak rolniczego użytkowania) [KOPACZ, TWARDY, KOSTUCH, 2007]. Szacuje się, że około 50–60% azotu doprowadzanego do Morza Bałtyckiego pochodzi ze źródeł obszarowych, które identyfikowane są właśnie z obszarami rolniczymi [WIŚNIEWSKA-KIELIAN, NIEMIEC, 2006].

Wejście Polski do Unii Europejskiej wymusiło na rolnikach stosownie się do „Kodeksu dobrej praktyki rolniczej” oraz opracowywanie planów nawozowych dla gospodarstw [Ustawa..., 2007]. Nadwyżka bilansowa azotu nie powinna przekraczać 30 kg na ha użytków rolnych [Kodeks..., 2004]. Zmniejszyło to w pewnym stopniu niekontrolowane i czasami nieracjonalne nawożenie.

W województwie podlaskim po 1990 r. wyraźnie wzrosła produkcja mleka i obecnie ok. 25% jej krajowej wielkości pochodzi z tego regionu kraju [Rolnictwo..., 2008]. Największe gospodarstwa bydła mlecznego o charakterze ferm występują w zachodniej części tego województwa [Program..., 2003]. Wyraźny wzrost pogłowia i koncentracja chowu bydła w tej części województwa powoduje, że obsada bydła wynosi tu od 2 do 3 DJP·ha<sup>-1</sup>, a w niektórych gospodarstwach przekracza 3 DJP·ha<sup>-1</sup>. Intensywne wykorzystanie użytków zielonych i dynamiczny rozwój chowu bydła mlecznego mogą powodować duże rozproszenie związków azotu do środowiska. Rozpoznanie i identyfikacja źródeł zanieczyszczenia wody składnikami nawozowymi jest uzasadnione w związku z realizacją programów działań mających na celu ograniczenie odpływu azotu ze źródeł rolniczych [Rozporządzenie ... w sprawie szczegółowych wymagań..., 2002 r.].

Celem badań jest pokazanie zmian stężenia związków azotu w wodach rzeki Ślina i ich rozprzestrzeniania się na terenie zlewni. Badany teren zlewni znajduje się w obrębie tzw. Zielonych płuc Polski, co uzasadnia celowość prowadzenia tych badań także w aspekcie środowiskowym.

## OBIEKT I METODY BADAŃ

Rzeka Ślina, długości ok. 20 km, znajduje się w województwie podlaskim i jest lewobrzeżnym dopływem Narwi, wpadając do niej na 270 km jej biegu. Powierzchnia zlewni wynosi 359,53 km<sup>2</sup>. Jest to rzeka w całości uregulowana, posiadająca kilka dopływów, z których do największych należy Rokietnica. W niektórych odcinkach Ślina jest ciekim okresowym i jej wody zanikają w piaskach. Sze-

rokość jej koryta wynosi od 1,5 do 5 m, a głębokość nie przekracza 1 m. Źródła Śliny znajdują się w okolicy miejscowości Jabłoń Kościelna. Jest to zlewnia typowo rolnicza, obejmująca gminy: Piekuty Nowe, Sokoły, Kobylin-Borzymy, Zawady, Kulesze Kościelne, Wysokie Mazowieckie. W gminach tych nie występują uciążliwe dla środowiska zakłady przemysłowe. Nie występują także duże punktowe zrzuty ścieków komunalnych. Przy dopływach i przy rzece głównej występują łąki i pastwiska oraz, w mniejszym zakresie, grunty orne.

Na obszarze zlewni przeważają gleby klasy IIIb i IVa, rzadziej występują grunty klasy V. Na gruntach ornym przeważają uprawy zbóż (pszenica, jęczmień, żyto), a ostatnio powiększa się areał uprawy kukurydzy kosztem upraw ziemniaków.

Wielkość stosowanego nawożenia i obsadę bydła na badanym obiekcie ustalono na podstawie 205 ankiet przeprowadzonych na przełomie 2007 i 2008 r. wśród rolników gospodarujących na obszarze zlewni. Stosowane nawożenie mineralne na użytkach rolnych wynosi  $62\text{--}330 \text{ kg NPK}\cdot\text{ha}^{-1}$ , natomiast na użytkach zielonych – ok.  $250 \text{ kg NPK}\cdot\text{ha}^{-1}$ , w tym ok.  $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Stosowane jest także nawożenie gnojowicą w ilości ok.  $30 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ . Obsada zwierząt wynosi  $0,05\text{--}2,98 \text{ DJP}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Suma opadów na badanym obszarze w 2008 r. wynosiła 565 mm. Ilość opadów atmosferycznych jest ważna w zasilaniu rzeki, ze względu na okresowe zanikanie jej przepływów, zwłaszcza latem w warunkach niskich opadów.

W celu określenia stężenia związków azotowych w wodzie Śliny wyznaczono 20 stałych punktów poboru wody do badań (rys. 1). Ze względu na rolniczy charakter zlewni, punkty poboru zostały wybrane w miejscach sąsiadujących z wsiami i terenami intensywnie użytkowanymi. Na podstawie rozpoznania terenowego wydzielono w obrębie badanej zlewni trzy odcinki rzeki: dolny, środkowy i górny.

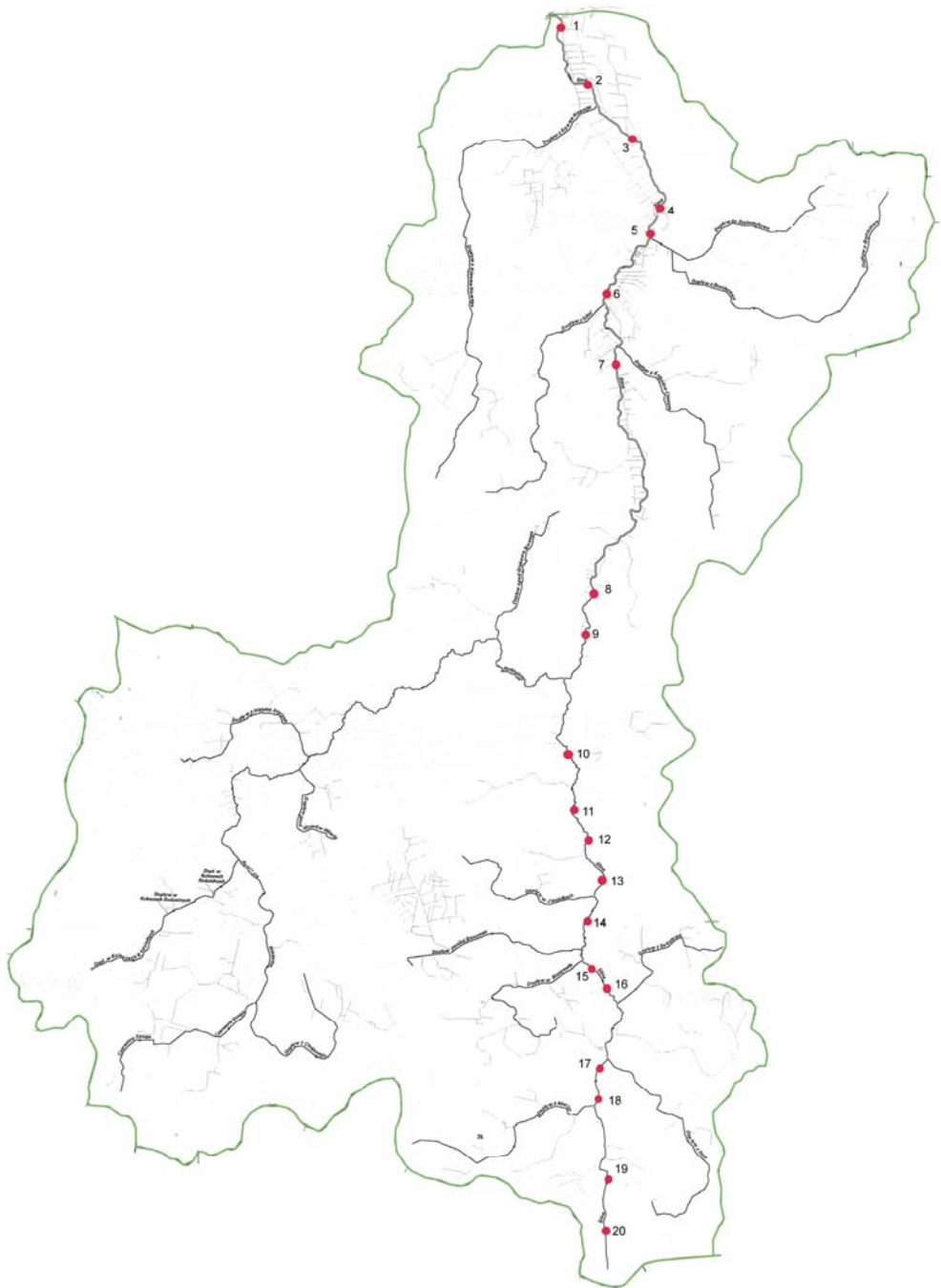
Punkty o numerach 1–6 są zlokalizowane w dolnym biegu rzeki, gdzie na obszarach przylegających do niej przeważają użytki zielone. Na tym odcinku doliny koncentracja bydła jest duża, a łąki i pastwiska są użytkowane intensywnie. Prowadzony jest intensywny wypas bydła na pastwiskach przyzagrodowych.

Punkty o numerach 7–11 zlokalizowano w środkowej części rzeki. Przeważają tam grunty orne oraz występują niewielkie enklawy użytków zielonych i leśnych. W tej części zlewni jest użytkowana średnio intensywnie, istnieje natomiast możliwość spływu związków azotu z położonych wyżej pól uprawnych.

Punkty o numerach 12–20 występują w górnej części zlewni, która obejmuje głównie użytki zielone (łąki) oraz obszary leśne.

Próbki wody z rzeki pobierano we wrześniu i listopadzie 2007 r. oraz w marcu, maju, czerwcu, sierpniu, wrześniu i listopadzie 2008 r. ze środkowego strumienia (gdzie przepływ wody był największy) do pojemników o pojemności  $1 \text{ dm}^3$ , wykonanych z polietylenu.

W pobranych próbkach oznaczano azot amonowy (w  $\text{mg N-NH}_4\cdot\text{dm}^{-3}$ ), azot azotanowy (III) (w  $\text{mg N-NO}_2\cdot\text{dm}^{-3}$ ), azot azotanowy (V) (w  $\text{mg N-NO}_3\cdot\text{dm}^{-3}$ ), stosując do oznaczeń kolorymetr. Analizę statystyczną wyników wykonano za pomo-



Rys. 1. Lokalizacja punktów badawczych wzdłuż rzeki Ślina  
Fig. 1. Localization of sampling points along the Ślina River

cą programu Statistica 8.0. Obliczono istotność różnic (NIR) dla poszczególnych punktów badawczych i dla terminów poboru próbek wody.

## WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

**Azot amonowy.** Stężenie azotu amonowego w wodzie rzeki Ślina wynosiło od 0,02 do 6,28 mg N-NH<sub>4</sub>·dm<sup>3</sup> (tab. 1). Podobny zakres stężenia i jego zmienność sezonową stwierdzili w swoich badaniach KOC i in. [1996]. Z biegiem rzeki stężenie zmniejszało się, co jest związane z większym rozcieńczeniem wód rzecznych dopływami. Większe stężenie azotu amonowego występuje w wodzie górnego odcinka rzeki, gdzie stwierdzono średnio ponad 0,7 mg N-NH<sub>4</sub>·dm<sup>-3</sup>. Analiza sezonowej zmienności stężenia (rys. 2.) wykazuje, że największa koncentracja tego związku wystąpiła w okresie jesiennym 2007 r. oraz w maju i sierpniu 2008 r. Jest to spowodowane stosowaniem nawozów naturalnych w postaci obornika i gnojowicy na użytkach zielonych w okresie jesiennym i wiosennym oraz rozpoczęciem wypasu bydła na pastwiskach na początku maja [PIETRZAK, SAPEK, 1998]. Występowanie dużych powierzchni użytków zielonych w dolnym odcinku zlewni mogło ograniczyć migrację jonów amonowych, co wynika między innymi z funkcji ochronnej zwartej zadarnionej powierzchni trawiastej [SAPEK, 1996]. Różnice stężenia jonów amonowych między terminami poboru prób były istotne tylko w dolnym i środkowym odcinku rzeki, natomiast między punktami poboru największą istotną różnicę tych w stężeń stwierdzono w górnym odcinku.

**Azot azotanowy (III).** Azotany (III) są formą przejściową w przemianie jonów azotu amonowego w jony azotanowe (V). Nawet małe stężenie azotanów (III) jest dla środowiska wodnego toksyczne [VAN LOON, DUFFY, 2007]. Stężenie azotanów (III) w badanych próbkach wynosiło od 0,001 do 0,239 mg NO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup> (tab. 2). Stwierdzono istotne różnice między stężeniami w wodzie pobranej w lipcu oraz wrześniu 2008 r., a stężeniami w wodzie pobranej w pozostałych miesiącach. Analiza zmienności sezonowej wykazała, że najczęściej azotanów (III) w wodach wystąpiło w maju i czerwcu 2008 r. (rys. 3), co także można tłumaczyć intensywnym wypasem bydła na pastwiskach usytuowanych w pobliżu rzeki lub jej dopływów. Wystąpił także związek między stężeniami azotu amonowego i azotanami (III). W próbkach, w których stwierdzono większą zawartość jonów amonowych występowała także podwyższona zawartość azotu azotanowego (III). Świadczyć to może o dużej koncentracji jonów amonowych, których część uległa już przejściu w formę azotu azotanowego (III).

Większość analizowanych próbek wody z powodu małego stężenia azotanów (III) można było zaliczyć do niewrażliwych na eutrofizację [Rozporządzenie... w sprawie kryteriów..., 2002 r.]. Można zauważyć również, że istnieją istotne różnice między średnimi stężeniami z próbek pobranych w danym punkcie w różnych

**Tabela 1.** Stężenie azotu amonowego w wodach rzeki Ślina (mg N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>·dm<sup>-3</sup>)  
**Table 1.** The concentrations of ammonium-nitrogen in waters of the Ślina River (mg N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>·dm<sup>-3</sup>)

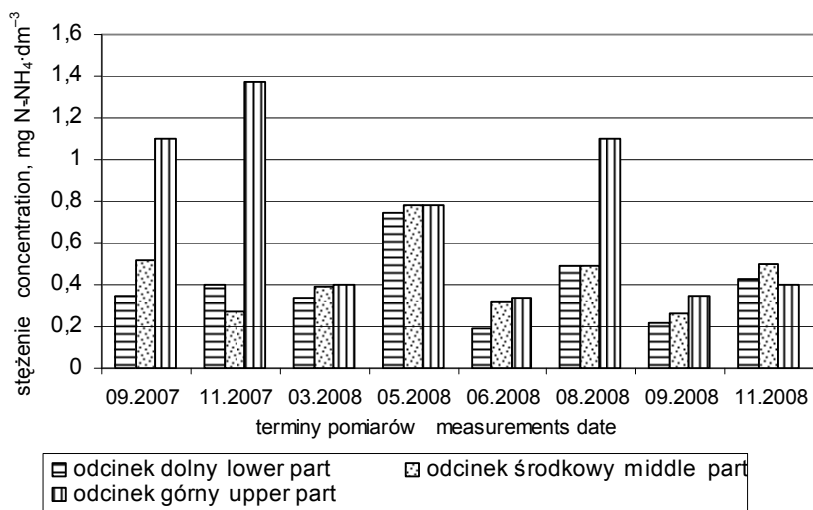
Nr punktu badawczego No of sampling point	Terminy badań Date of measurement										średnia mean
	09.2007	11.2007	03.2008	05.2008	06.2008	08.2008	09.2008	11.2008	11.2008	10	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	0,51	0,37	0,52	0,44	0,17	0,52	0,19	0,12	0,36		
2	0,22	0,35	0,27	0,76	0,38	0,45	0,18	0,56	0,40		
3	0,39	0,35	0,25	0,88	0,12	0,53	0,19	0,43	0,39		
4	0,30	0,47	0,25	0,73	0,02	0,47	0,15	0,23	0,33		
5	0,32	0,40	0,31	0,45	0,15	0,51	0,12	0,17	0,30		
6	0,38	0,44	0,45	1,26	0,24	0,48	0,46	1,09	0,60		
Średnia Mean	0,35	0,40	0,34	0,75	0,19	0,49	0,22	0,43			
Dolny odcinek rzeki	średnia – 0,40, minimum – 0,02, maksimum – 1,26; NIR miesiące –0,31, NIR punkty –0,25										
Lower part of the river	mean – 0,40, minimum – 0,02, maximum – 1,26; LSD months –0,31, LSD points –0,25										
7	0,22	0,23	0,42	0,82	0,19	0,32	0,23	1,12	0,44		
8	0,30	0,19	0,39	0,51	0,27	0,46	0,25	0,96	0,42		
9	0,93	0,24	0,38	1,29	0,41	0,63	0,21	0,21	0,54		
10	0,48	0,14	0,34	0,64	0,28	0,26	0,28	0,09	0,31		
11	0,69	0,57	0,41	0,66	0,43	0,80	0,34	0,11	0,50		
Średnia Mean	0,52	0,27	0,39	0,78	0,32	0,49	0,26	0,50			
Środkowy odcinek rzeki	średnia – 0,44, minimum – 0,09, maksimum – 1,29; NIR miesiące –0,31, NIR punkty –0,25										
Middle part of the river	mean – 0,44, minimum – 0,09, maximum – 1,29; LSD months –0,31, LSD points –0,25										
12	0,72	0,84	0,40	0,75	0,35	0,74	0,43	0,19	0,55		
13	0,63	0,72	0,43	0,68	0,31	0,52	0,54	1,09	0,62		
14	0,65	0,68	0,44	0,77	0,35	0,64	0,39	0,99	0,61		
15	1,28	0,54	0,40	0,85	0,36	0,59	0,29	0,34	0,58		
16	1,33	0,38	0,45	0,86	0,32	3,64	0,39	0,32	0,96		

cd. tab. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	1,65	2,05	0,48	0,76	0,31	1,73	0,55	0,08	0,95
18	1,29	6,28	0,37	1,13	0,29	1,31	0,19	0,23	1,39
19	1,24	0,35	0,39	0,66	0,43	0,39	0,17	0,19	0,48
20	1,15	0,48	0,25	0,52	0,37	0,32	0,22	0,16	0,43
Średnia Mean	1,10	1,37	0,40	0,78	0,34	1,10	0,35	0,40	
Górny odcinek zlewni									
Upper part of the river									
Średnia Mean	0,73	0,80	0,39	0,75	0,29	0,76	0,29	0,43	
Mediana Median	0,64	0,42	0,40	0,75	0,31	0,52	0,24	0,23	
Odchylenie standardowe Standard deviation	0,44	1,35	0,07	0,24	0,11	0,75	0,13	0,38	
Minimum	0,22	0,14	0,25	0,44	0,02	0,26	0,12	0,08	
Maksimum Maximum	1,65	6,28	0,52	1,29	0,43	3,64	0,55	1,12	

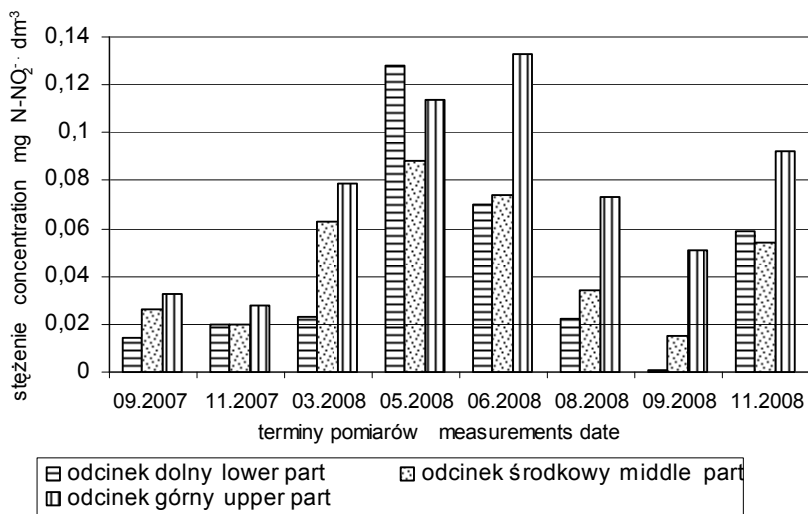
średnia – 0,73, minimum – 0,08, maksimum – 6,28; NIR miesiące – n.i., NIR punkty – 1,26

mean – 0,73, minimum – 0,08, maximum – 6,28; LSD months – n.s., LSD points – 1,26



Rys. 2. Sezonowa zmienność stężenia azotu amonowego w wodzie rzeki Ślina

Fig. 2. Seasonal variability of ammonium-nitrogen concentration in water of the Ślina River



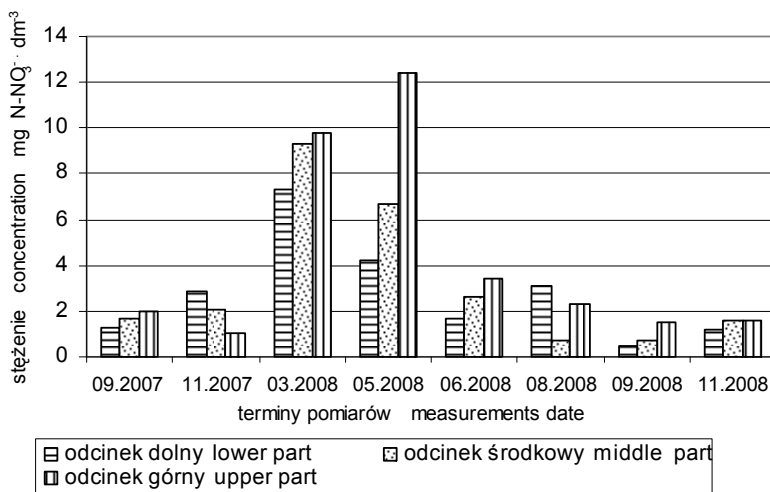
Rys. 3. Sezonowa zmienność stężenia azotu azotanowego (III) w wodzie rzeki Śliny

Fig. 3. Seasonal variability of nitrite-nitrogen (III) concentrations in water of the Ślina River



terminach i między średnimi stężeniami z próbek pobranych w danym terminie w różnych punktach badawczych.

**Azot azotanowy (V).** Azotany (V) pochodzą głównie z terenów wiejskich. Przenikając do wód powierzchniowych sprzyjają ich eutrofizacji. Dopływ tych jonów do środowiska w postaci zanieczyszczenia w znacznym stopniu przypisuje się rolnictwu oraz działalności bytowej człowieka. Stężenie azotanów (V) w badanej rzece było wyraźnie i istotnie statystycznie zróżnicowane, zarówno w poszczególnych jej odcinkach, jak też w badanych okresach (rys. 4, tab. 3).



Rys. 4. Sezonowa zmienność stężenia azotu azotanowego (V) w wodzie rzeki Ślina

Fig. 4. Seasonal variability of nitrate-nitrogen (V) concentrations in the water of the Ślina River

Największe istotne statystycznie różnice stężeń między miejscami poboru próbek wystąpiły w górnym odcinku rzeki. Największe stężenia jonów azotanowych stwierdzono w próbkach wody pobranej w maju 2008 r., kiedy to rozpoczyna się intensywna vegetacja, stosuje się nawożenie i zachodzi splukiwanie pozostałości nawozów do koryta rzecznego. Na skutek obfitych opadów deszczu (suma opadów od marca do maja 2008 r. wynosiła 156,8 mm) następowało zmywanie związków azotowych z powierzchni pól uprawnych i użytków zielonych. Niezwiązany jeszcze azot łatwo migrował w profilu glebowym i ze spływami podpowierzchniowymi docierał do wód rzecznych [LIPIŃSKI, 2003]. W badanym rejonie vegetacja rozpoczyna się ze znacznym opóźnieniem w porównaniu z Polską Środkową i Zachodnią, a więc w marcu azotany (V) nie były jeszcze pobierane przez rośliny i ulegały wymywaniu przez spływy wód powierzchniowych, a w tym okresie na użytki zielone często jest stosowana gnojowica. Od czerwca do listopada 2008 r. widać wyraźne zmniejszenie stężenia jonów azotanowych (V), co wiąże się przede wszystkim

**Tabela 2.** Stężenie azotu azotanowego (III) w wodach rzeki Ślina ( $\text{mg N-NO}_2^- \cdot \text{dm}^{-3}$ )  
**Table 2.** The concentrations of nitrate-nitrogen (III) in waters of the Ślina River ( $\text{mg N-NO}_2^- \cdot \text{dm}^{-3}$ )

Nr punktu badawczego No of sampling point	Terminy badań Date of measurement										średnia mean
	09.2007	11.2007	03.2008	05.2008	06.2008	08.2008	09.2008	11.2008	10		
1		3	4	5	6	7	8	9	10		
1	0,028	0,021	0,011	0,062	0,007	0,013	0,011	0,025	0,022		
2	0,010	0,008	0,026	0,052	0,202	0,018	0,011	0,043	0,046		
3	0,009	0,012	0,027	0,098	0,052	0,020	0,012	0,030	0,032		
4	0,005	0,016	0,032	0,088	0,048	0,009	0,018	0,034	0,031		
5	0,009	0,001	0,043	0,070	0,056	0,014	0,005	0,051	0,031		
6	0,014	0,020	0,023	0,128	0,070	0,022	0,001	0,059	0,042		
Średnia Mean	0,012	0,013	0,027	0,083	0,072	0,016	0,010	0,040			
Dolny odcinek rzeki Lower part of the river	średnia – 0,034, minimum – 0,001, maksimum – 0,202; NIR miesiące –0,05, NIR punkty –0,41 mean – 0,034, minimum – 0,001, maximum – 0,202; LSD months –0,05, LSD points –0,41										
7	0,008	0,019	0,026	0,078	0,048	0,087	0,020	0,034	0,040		
8	0,007	0,022	0,017	0,098	0,057	0,017	0,012	0,032	0,032		
9	0,023	0,032	0,014	0,096	0,077	0,027	0,025	0,066	0,045		
10	0,064	0,025	0,025	0,057	0,081	0,028	0,009	0,091	0,048		
11	0,030	0,002	0,232	0,112	0,105	0,009	0,010	0,048	0,068		
Średnia Mean	0,026	0,020	0,063	0,088	0,074	0,034	0,015	0,054			
Środkowy odcinek rzeki Middle part of the river	średnia – 0,046, minimum –0,020, maksimum – 0,232; NIR miesiące –0,08, NIR punkty –0,06 mean – 0,046, minimum –0,020, maximum – 0,232; LSD months –0,08, LSD points –0,06										
12	0,025	0,021	0,125	0,125	0,030	0,019	0,014	0,054	0,052		
13	0,034	0,013	0,072	0,115	0,026	0,020	0,010	0,038	0,041		
14	0,032	0,002	0,008	0,126	0,107	0,041	0,032	0,141	0,061		
15	0,037	0,005	0,147	0,172	0,110	0,030	0,027	0,085	0,077		
16	0,043	0,015	0,063	0,156	0,100	0,018	0,009	0,058	0,058		

cd. tab. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	0,038	0,079	0,101	0,091	0,212	0,026	0,048	0,109	0,088
18	0,025	0,041	0,073	0,086	0,182	0,091	0,076	0,099	0,084
19	0,027	0,030	0,094	0,082	0,192	0,235	0,186	0,175	0,128
20	0,037	0,044	0,025	0,073	0,239	0,174	0,058	0,065	0,089
Średnia Mean	0,033	0,028	0,079	0,114	0,133	0,073	0,051	0,092	
Górny odcinek zlewni									
Upper part of the river									
Średnia Mean	0,020	0,020	0,050	0,090	0,100	0,039	0,029	0,066	
Mediana Median	0,020	0,010	0,020	0,090	0,079	0,020	0,013	0,056	
Odchylenie standardowe Standard deviation	0,010	0,010	0,050	0,030	0,068	0,052	0,041	0,039	
Minimum	0,005	0,001	0,008	0,052	0,007	0,009	0,001	0,025	
Maksimum Maximum	0,064	0,079	0,232	0,172	0,239	0,235	0,186	0,175	

średnia – 0,073, minimum – 0,002, maksimum – 0,239; NIR miesiące –0,07, NIR punkty –0,08  
 mean – 0,073, minimum – 0,002, maximum – 0,239; LSD months –0,07, LSD points –0,08

**Tabela 3.** Stężenie azotu azotanowego (V) w wodach rzeki Śliny (mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>·dm<sup>-3</sup>)  
**Table 3.** The concentrations of nitrate nitrogen (V) in River waters of the Ślina River (mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>·dm<sup>-3</sup>)

Nr punktu badawczego No of sampling point	Terminy badań Date of measurement										średnia mean
	09.2007	11.2007	03.2008	05.2008	06.2008	08.2008	09.2008	11.2008	11.2008	10	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	10	10
1	1,5	3,2	2,0	2,4	0,6	0,5	0,3	1,2	1,2	1,5	1,5
2	1,1	2,4	9,6	4,4	2,7	0,8	0,3	1,0	1,0	2,8	2,8
3	1,1	2,6	5,2	4,4	2,0	1,2	0,6	1,1	1,1	2,3	2,3
4	1,3	3,3	9,6	4,2	1,4	0,5	0,5	1,0	1,0	2,7	2,7
5	1,8	3,2	9,2	4,0	1,5	5,3	0,7	1,4	1,4	3,4	3,4
6	1,2	2,6	8,4	5,6	1,8	10,4	0,4	1,3	1,3	4,0	4,0
Średnia Mean	1,3	2,9	7,3	4,2	1,7	3,1	0,5	1,2	1,2		
Dolny odcinek rzeki											
Lower part of the river											
7	1,3	2,7	11,2	3,2	2,0	0,8	0,5	1,2	1,2	2,9	2,9
8	1,0	2,4	9,6	5,8	1,9	0,3	0,8	1,4	1,4	2,9	2,9
9	1,8	2,6	2,4	5,2	2,2	0,1	1,0	1,7	1,7	2,1	2,1
10	2,5	1,9	15,6	8,0	3,4	2,1	0,4	3,1	3,1	4,6	4,6
11	1,7	0,7	7,8	11,2	3,7	0,4	0,6	0,8	0,8	3,3	3,3
Średnia Mean	1,7	2,1	9,3	6,7	2,6	0,7	0,7	1,6	1,6		
Środkowy odcinek rzeki											
Middle part of the river											
12	1,2	0,3	6,4	9,2	2,0	0,1	0,3	0,9	0,9	2,6	2,6
13	2,4	0,9	5,7	18,4	1,2	0,2	0,1	1,1	1,1	3,8	3,8
14	2,2	0,1	14,4	9,0	2,8	0,5	0,7	1,2	1,2	3,7	3,7
15	2,5	0,7	9,6	11,6	3,0	3,0	0,9	1,2	1,2	4,1	4,1
16	2,3	0,9	6,2	10,8	3,0	0,8	0,3	1,5	1,5	3,2	3,2

średnia – 2,76, minimum – 0,30, maksimum – 10,40; NIR miesiące –3,29; NIR punkty –2,66  
 mean – 2,76, minimum – 0,30, maximum – 10,40; LSD months –3,29; LSD points –2,66

średnia – 3,17, minimum – 0,10, maksimum – 15,60; NIR miesiące –4,18; NIR punkty –2,94  
 mean – 3,17, minimum – 0,10, maximum – 15,60; LSD months –4,18; LSD points –2,94

cd. tab. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	2,2	3,0	7,2	14,0	3,1	0,3	0,5	1,5	4,0
18	2,0	1,2	8,4	12,4	3,9	0,8	0,1	1,2	3,8
19	1,9	1,1	15,2	16,8	5,2	5,6	7,3	4,2	7,2
20	1,2	0,9	14,7	9,4	7,0	9,3	3,4	1,4	5,9
Średnia Mean	2,0	1,0	9,8	12,4	3,4	2,3	1,5	1,6	
Górny odcinek zlewni									
Upper part of the river									
Średnia Mean	1,71	1,83	8,92	8,50	2,75	2,15	0,98	1,47	
Mediana Median	1,75	2,15	8,80	8,50	2,45	0,80	0,50	1,20	
Odchylenie standardowe Standard deviation	0,51	1,07	3,89	4,59	1,42	3,07	1,63	0,79	
Minimum	1,00	0,10	2,00	2,40	1,20	0,10	0,10	0,80	
Maksimum Maximum	2,50	3,30	15,60	18,40	7,00	10,40	7,30	4,20	

średnia – 4,25, minimum – 0,10, maksimum – 18,40; NIR miesiące –3,16, NIR punkty –3,44  
 mean – 4,25, minimum – 0,10, maximum – 18,40; LSD months –3,16, LSD points –3,44

kim ze wzmożonymi wymaganiami żywieniowymi roślin w okresie wegetacyjnym oraz zmniejszonym zasilaniem rzeki w wody opadowe (średnie opady miesięczne 25 mm). Na wyraźną sezonową zmienność stężeń azotanów (V) w wodach powierzchniowych wskazują badania PULIKOWSKIEGO i in. [2005].

Zanotowano zwiększanie się stężenia azotanów (V) poboru próbek wody od dolnego do górnego odcinka rzeki (tab. 3). W górnym odcinku zlewni wartość stężenia w maju 2008 r. przekroczyła niemal we wszystkich punktach  $10 \text{ mg NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$ , co może wskazywać na proces eutrofizacji [Rozporządzenie... w sprawie kryteriów..., 2002]. Duże stężenie azotanów (V) w wodzie tego odcinka rzeki powodowane było intensywnym nawożeniem użytków zielonych i upraw polowych.

Stężenie azotanów w wodzie tej rzeki kwalifikuje ją zgodnie z Rozporządzeniem [2008] do II klasy jakości, co świadczy o ich dobrym stanie ekologicznym. Należy przypuszczać, że wraz z dalszym rozwojem gospodarstw mlecznych w tym regionie może następować pogarszanie się jakości wód tej rzeki.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Ślina jest niewielkim dopływem Narwi, zasilanym głównie przez opady atmosferyczne, w mniejszym stopniu przez dopływy oraz pośrednio przez wody gruntowe. Niewielka ilość opadów i obniżony poziom wód gruntowych powoduje wyraźne zmniejszenie jej przepływów, zwłaszcza w górnym odcinku. Jednocześnie do rzeki dopływają niewielkimi ciekami wody z sąsiadujących pól uprawnych i użytków zielonych. Obszarowa i sezonowa zmienność stężenia związków azotowych w wydzielonych odcinkach rzeki może wskazywać na zależność między wysokością opadów atmosferycznych i rodzajem użytkowania a ilością tych związków w wodzie.

Z przeprowadzonych badań wynika, że stężenie związków azotowych, zwłaszcza azotu azotanowego (V) w wodzie Śliny jest duże. Okresowo wody tej rzeki można zakwalifikować do podatnych na eutrofizację. Dotyczy to zwłaszcza jej górnego odcinka. We wszystkich trzech analizowanych odcinkach rzeki stwierdzono, że stężenia azotu amonowego, azotanów (III) i azotanów (V) zależały głównie od rodzaju użytkowania i sposobu zasilania rzeki w wody opadowe i gruntowe.

Górny odcinek rzeki jest narażony na zwiększone stężenie związków azotowych ze względu na niewielkie przepływy i wymianę wód. Odcinki środkowy i dolny narażone są na dopływy związków azotowych z terenów intensywnie użytkowanych. Mimo, że niektóre punkty poboru próbek były zlokalizowane w pobliżu skupisk zabudowań wiejskich, nie odnotowano w nich wyraźnego zwiększenia stężenia związków azotowych w porównaniu ze zlokalizowanymi na obszarach o intensywnym użytkowaniu rolniczym. Wskazuje to na obszarowe zanieczyszczenie związkami azotowymi, co sugeruje, że prawdopodobnie pochodzą one z rolni-

czego użytkowania zlewni. Z przeprowadzonych badań wynikają następujące wnioski:

- zmienność stężenia związków azotu w trzech badanych odcinkach rzeki jest spowodowana głównie różnym użytkowaniem rolniczych terenów przylegających do rzeki – w górnym odcinku rzeki, który jest intensywnie użytkowany przez fermy bydła mlecznego, stężenia azotu amonowego i azotu azotanowego (V) były największe.
- w maju 2008 r. w wodzie górnego odcinka rzeki stwierdzono ponad 10 mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>·dm<sup>-3</sup> spowodowane dużym spływem do rzeki niewykorzystanych azotanów (V) w wyniku opóźnionej wegetacji roślin oraz obfitych opadów.
- wody rzeki Ślina, zgodnie z obowiązującymi przepisami, ze względu na stężenie azotu amonowego, można zakwalifikować do stanu ekologicznie dobrego, okresowy ponadnormatywny wzrost stężenia azotanów (V) lokuje te wody poniżej klasy II.

Badania wykonano w ramach tematu W/WBiŚ/26/08.

## LITERATURA

- VAN LOON G.W., DUFFY S.J., 2007. Chemia środowiska. Pr. zbior. Red. M. Galus. Warszawa: PWN s. 421–428.
- KOC J., CIEĆKO CZ., JANICKA R., ROCHWEGER A., 1996. Czynniki kształtujące poziom mineralnych form azotu w wodach obszarów rolniczych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 440 s. 175–183.
- Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej, 2004. Warszawa: MRiRW, MŚ.
- KOPACZ M., TWARDY S., KOSTUCH M., 2007. Ładunek azotu pochodzącego ze źródeł rolniczych a zmiany użytkowania ziemi w dorzeczu górnej Wisły. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 7 z. 2b s. 87–97.
- LIPIŃSKI J., 2003. Drenowanie gleb mineralnych a środowisko przyrodnicze. Wiad. Melior. 2 s. 74–76.
- Ochrona środowiska, 2006. Informacje i opracowania statystyczne. Warszawa: GUS ss. 522.
- PIETRZAK S., SAPEK A., 1998. Monitoring jakości wody gruntowej w zagrodzie wiejskiej i jej otoczeniu. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 458 s. 495–504.
- Program ochrony środowiska województwa podlaskiego na lata 2003–2006, 2003. Białystok: Zarząd Woj. Podl. maszyn. ss. 154.
- PULIKOWSKI K., PALUCH J., PARUCH A., KOSTRZEWA S., 2005. Okres pojawiania się maksymalnych stężeń azotanów w wodach powierzchniowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 505 s. 339–345.
- Rolnictwo w województwie podlaskim w 2007 r., 2008. Białystok: Urząd Statystyczny ss. 56.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska, z dnia 23 grudnia 2002 r., w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenia związkami azotu ze źródeł rolniczych. Dz.U. 2002 nr 241, poz. 2093.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska, z dnia 23 grudnia 2002 r., w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać programy działań mających na celu ograniczenia odpływu ze źródeł rolniczych. Dz.U. 2003 nr 4, poz. 44.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych. Dz.U. 2008 nr 162, poz. 1008.

- SAPEK A., 1996. Zagrożenie zanieczyszczenia wód azotem w wyniku działalności rolniczej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 440 s. 309–329.
- SAPEK A., SAPEK B., 2005. Strategia gospodarowania azotem i fosforem w rolnictwie w aspekcie ochrony wód Morza Bałtyckiego. *Zesz. Edukac. IMUZ* nr 10/2005 s. 27–38.
- Ustawa o nawozach i nawożeniu z dnia 10 lipca 2007 r. *Dz.U.* 2007, nr 147, poz. 1033.
- WIŚNIEWSKA-KIELIAN B., NIEMIEC M, 2006 Ocena zawartości azotanów w wodach rzeki Dunajec. *Ann. UMCS Sec. E* z. 61 s. 147–156.

*Aleksander KIRYLUK, Małgorzata RAUBA*

**VARIABILITY OF NITROGEN CONCENTRATIONS  
IN VARIOUSLY USED AGRICULTURAL CATCHMENT OF THE ŚLINA RIVER**

*Key words: agricultural catchment, ammonium nitrogen, eutrophication, nitrate nitrogen, seasonal variability*

**S u m m a r y**

Water quality was studied in the Ślina River in Podlaskie Province. The river catchment has a typically agricultural character. Three parts different in the way and intensity of agricultural use were distinguished in the catchment which as a whole is used for intensive dairy cattle breeding. Studies performed in the years 2007–2008 showed water pollution by nitrogen compounds. The mean concentration of ammonium ions was  $0.75 \text{ mg NH}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Increased concentrations of nitrates exceeding  $10 \text{ mg NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$  were found in the upper section of the river. The input of nutrients from intensively used meadows and pastures was the main cause of the eutrophication of river waters. The development of intensive cattle farming can cause further deterioration of water quality in the Ślina River.

---

Recenzenci:

*dr hab. Józef Mosiej, prof. SGGW*

*prof. dr hab. Andrzej Sapek*

Praca wpłynęła do Redakcji 28.07.2008 r.