

Wpłynęło 18.03.2014 r.
Zrecenzowano 30.05.2014 r.
Zaakceptowano 27.06.2014 r.
A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

DYNAMIKA ZMIAN STĘŻENIA ZWIĄZKÓW AZOTU W WODACH GÓRNEJ ZGŁOWIĄCZKI W LATACH 1990–2011

Zygmunt MIATKOWSKI^{ADE}, Karolina SMARZYŃSKA^{BCDEF}

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Kujawsko-Pomorski Ośrodek Badawczy
w Bydgoszczy

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki analizy dynamiki zmian stężenia związków azotu i oceny jakości wody górnej Zgłowiączki na podstawie badań Państwowego Monitoringu Środowiska w latach 1990–2011. Analiza obejmowała stężenie azotu Kjeldahla, N-NO₃, N-NH₄, N-NO₂ oraz azotu ogólnego. Woda górnej Zgłowiączki do ujścia do Jeziora Głuszyńskiego była silnie zanieczyszczona związkami azotu. Jej jakość była gorsza niż odpowiadająca II klasie czystości. Stężenie azotanów przekraczające wartości dopuszczalne dla II klasy czystości stwierdzono w 70, 59 i 43% prób w punktach kontrolno-pomiarowych 1., 2. i 3. Głównymi formami azotu zanieczyszczającymi wodę były azotany i jon amonowy. Ich udział w ogólnej zawartości związków azotu wynosił średnio od 83 do 95%. Stosunek formy amonowej do azotanowej wynosił średnio 0,25–0,74. Azotany pochodziły głównie z zanieczyszczeń obszarowych dopływających do rzeki z odpływami z sieci melioracyjnej, a forma amonowa – ze źródeł punktowych. W przypadku stężenia formy azotanowej zanotowano tendencję wzrostową (do 2007 r.), a formy amonowej – malejącą (do 2006 r.), zwłaszcza wartości maksymalnych rocznych. Obserwowana dynamika zmian średnich miesięcznych wartości stężenia N-NO₃ w wodach górnej Zgłowiączki, to znaczy pojawianie się maksymalnych wartości w okresie luty–kwiecień, a minimalnych – w miesiącach letnich, jest charakterystyczna dla małych cieków odwadniających zlewnie rzeczne użytkowane rolniczo. Utrzymujące się okresowo duże stężenie azotanów w wodach górnej Zgłowiączki świadczy o potrzebie podjęcia działań, mających na celu ograniczenie odpływu azotanów z pól, hamowanie odpływu z drenów, budowę małych zbiorników retencyjnych i wykorzystanie obszarów mokradłowych na odcinku ujściowym do Jeziora Głuszyńskiego.

Słowa kluczowe: azotany, jakość wody, zanieczyszczenia obszarowe, zlewnia

Do cytowania For citation: Miatkowski Z., Smarzyńska K. 2014. Dynamika zmian stężenia związków azotu w wodach górnej Zgłowiączki w latach 1990–2011. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 14. Z. 3(47) s. 99–111.

WSTĘP

Jakość wody odpływającej z obszaru zlewni rzecznych w dużym stopniu zależy od dominującej formy użytkowania gruntów. W zlewniach, w których grunty orne dobrych klas bonitacyjnych stanowią znaczący udział w ogólnej powierzchni, największy wpływ na jakość wód powierzchniowych i podziemnych mają zanieczyszczenia obszarowe [BOGDAŁ, OSTROWSKI 2007; KIRYLUK, RAUBA 2009; SAPEK 1990; ŻUREK 2009]. W wodach odpływających z tych zlewni stwierdza się największą koncentrację związków azotu [DURKOWSKI, WORONIECKI 2001; ŁAWNICZAK i in. 2008]. Przemieszczanie się zanieczyszczeń obszarowych do wód powierzchniowych jest przyczyną dobrze udokumentowanego w literaturze zjawiska eutrofizacji [PIETRZAK 2009; PULIKOWSKI 2004; SAPEK 2000; TAYLOR i in. 1983].

Kujawy są jednym z regionów Polski, w których wody powierzchniowe są szczególnie zagrożone zanieczyszczeniem związkami azotu pochodzącymi z rolnictwa. Region ten charakteryzuje się bardzo korzystnymi warunkami przyrodniczymi dla rolnictwa, co sprzyja prowadzeniu intensywnej produkcji rolniczej. Do 2012 r. w regionie Kujaw wyznaczono jeden obszar uznany za wrażliwy na zanieczyszczenia związkami azotu ze źródeł rolniczych (OSN) – była to zlewnia górnej Zgłowiączki do ujścia do Jeziora Głuszyńskiego.

Celem pracy było określenie wieloletniej zmienności stężenia związków azotu w wodzie górnej Zgłowiączki, a także ocena jakości wody ze względu na zawartość tych związków.

METODY BADAŃ

Do oceny jakości wody górnego odcinka Zgłowiączki oraz wieloletniej zmienności stężenia związków azotu, wykorzystano dostępne wyniki badań Państwowego Monitoringu Środowiska prowadzonego przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Bydgoszczy, Oddział Włocławek [WIOŚ niedatowane], w trzech przekrojach kontrolno-pomiarowych:

- 75,2 km ciek, poniżej odcinka źródłowego – przekrój 1.,
- 67,8 km ciek, poniżej odcinka środkowego – przekrój 2.,
- 60 km ciek, powyżej ujścia do Jeziora Głuszyńskiego – przekrój 3. [WIOŚ 2009].

Monitoring jakości wody w przekroju 3. był prowadzony od 1990 r., a w pozostałych dwóch przekrojach – od 2000 r. Próby wody do analiz fizykochemicznych były pobierane raz w miesiącu.

Od 2004 r., w związku z okresowym występowaniem bardzo dużych wartości stężenia azotanów w wodzie górnej Zgłowiączki (ponad $150 \text{ mg NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$), cała zlewnia tego ciek została uznana za obszar szczególnie narażony na zanieczyszczenie azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych (OSN).

Obliczenia statystyczne wykonano w programie Statistica 7.1. Klasy czystości wody określono ze względu na zawartość związków azotu, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska... [2011], biorąc pod uwagę wartość średnią stężenia poszczególnych form azotu w całym okresie badań.

OBSZAR BADAŃ

Zlewnia górnej Zgłowiączki o powierzchni 129,6 km² znajduje się w południowej części województwa kujawsko-pomorskiego, na obszarze tzw. Kujaw Czarnych. Administracyjnie obejmuje cztery gminy w powiecie radziejowskim: Osiecin, Radziejów, Dobry i Bytów. Jest położona na granicy dwóch mezoregionów: Pojezierza Kujawskiego (315.57) oraz Równiny Inowrocławskiej (315.55) [KONDRACKI 2002]. Północna część Pojezierza, w granicach którego leży przeważająca część zlewni, ma charakter płaskiej wysoczyzny morenowej [BARTCZAK 2007]. Południowy fragment zlewni charakteryzuje się bardziej urozmaiconą rzeźbą terenu, którą tworzą liczne pagórki moreny czołowej. W podłożu występują głównie utwory słabo przepuszczalne (gliny zwałowe) i średnio przepuszczalne (piaski pylaste i gliniaste).

Na terenie zlewni dominują czarne ziemie kujawskie i gleby płowe o dużej wartości rolniczej. Ze względu na okresowy nadmiar wody i konieczność zapewnienia odpowiednich warunków wodnych dla upraw rolniczych, około 75% powierzchni zlewni zostało zdrenowane [SMARZYŃSKA 2013].

Ponad 90% obszaru zlewni stanowią grunty orne. Trwałe użytki zielone zajmują jedynie niewielkie lokalne obniżenia terenu. W strukturze zasiewów dominują zboża – głównie pszenica ozima (24%) i jęczmień jary (11%), a także kukurydza (12%) oraz rośliny przemysłowe: rzepak ozimy (12%) i buraki cukrowe (12%). Niewielkie kompleksy leśne zajmują zaledwie 4% powierzchni zlewni, a tereny zabudowane – około 2% [SMARZYŃSKA 2013].

Na obszarze zlewni górnej Zgłowiączki jest prowadzona intensywna produkcja rolnicza. Jej miarą jest między innymi wysoki poziom nawożenia, który – jak wynika z analizy planów nawozowych rolników – wynosi ok. 200 kg N·ha⁻¹ UR. Jest on około dwukrotnie większy niż średni w województwie, który w 2012 r. wyniósł 100,4 kg N·ha⁻¹ UR [GUS 2012 a]. W latach 2004–2007 na obszarze zlewni górnej Zgłowiączki różnica między ilością azotu wprowadzanego i odprowadzonego ze środowiska, łącznie z hodowli zwierząt i z upraw, wynosiła 114 kg N·ha⁻¹ UR [GUS 2012 b].

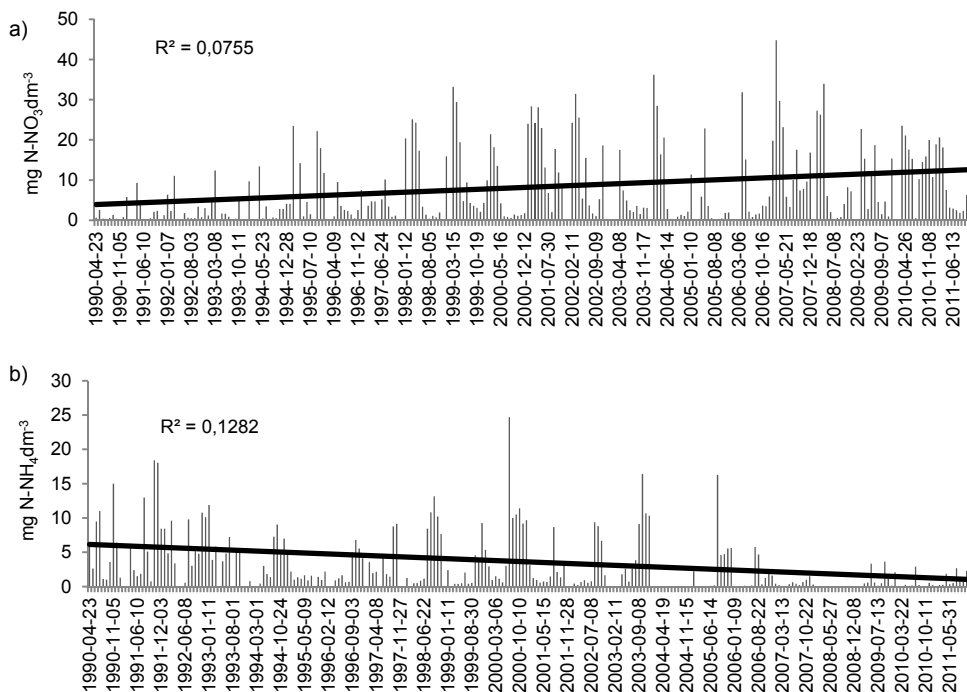
Zlewnia górnej Zgłowiączki charakteryzuje się małymi zasobami wód powierzchniowych. Znajduje się w strefie o najmniejszym średnim odpływie jednostkowym SSq , wynoszącym ok. 2 dm³·s⁻¹·km⁻² [PAN 1994].

Długość górnego odcinka Zgłowiączki, do ujścia do Jeziora Głuszyńskiego, wynosi 20,3 km. Średni spadek cieku na tym odcinku jest niewielki i wynosi

0,61%. Górna i środkowa część tego odcinka rzeki jest ciekim okresowym, o charakterze rowu śródpolnego, zasilanego głównie odpływem z sieci odwadniającej grunty orne w okresach, gdy zapasy wody w glebach przekraczają połowę pojemność wodną. Dolna część ciekłu płynie przez wąską dolinę, w której przez cały rok występuje zasilanie dopływem gruntowym.

WYNIKI I DISKUSJA

Niewielkie, silnie antropogenicznie przekształcone zlewnie rzeczne charakteryzują się małą bezwładnością hydrologiczną. Oddziaływanie czynników zewnętrznych ujawnia się w nich prawie natychmiast i jest przyczyną dużej zmienności wskaźników jakości wody [KANOWNIK, RAJDA 2008]. Takim przykładem jest zlewnia górnej Zgłowiączki i parametry jakości wody tego ciekłu, określające zawartość związków azotu (rys. 1). Współczynnik zmienności stężenia związków azotu i azotu ogólnego w wodzie górnej Zgłowiączki w okresie badań wynosił od 51 do 661% (tab. 1).



Rys. 1. Rozkład wartości stężenia: a) N-NO_3 , b) N-NH_4 w latach 1990–2011 w przekroju kontrolno-pomiarowym 3. (60 km ciekłu); źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ [niedatowane]

Fig. 1. Distribution of (a) N-NO_3 , (b) N-NH_4 concentrations in 1990–2011 in gauging section 3 (60 km); source: own study based on WIOŚ data [niedatowane]

Tabela 1. Średnia zawartość związków azotu w górnej Zgłowiączce w latach badań¹⁾ oraz klasyfikacja jakości wody**Table 1.** Mean composition of nitrogen compounds in upper Zgłowiączka River and water quality classification during the study period¹⁾

Nr przekroju Gauging section number	Związek azotu Nitrogen compound	Zawartość, mg·dm ⁻³ Concentration, mg·dm ⁻³			Odchylenie standardowe Standard deviation mg·dm ⁻³	Współczynnik zmienności Variation coefficient %	Klasa jakości wody Water quality class
		średnia mean	min.	max.			
1.	N Kjeldahla	7,56	0,65	334,70	34,29	661	>II ²⁾
	N-NH ₄	4,30	0,04	194,60	22,59	525	>II
	N-NO ₂	0,28	0,01	7,02	0,76	271	–
	N-NO ₃	17,26	0,13	49,93	13,24	77	>II
	N _{og}	22,59	2,16	75,46	12,70	56	>II
2.	N Kjeldahla	9,55	0,87	87,60	11,50	120	>II
	N-NH ₄	7,95	0,03	61,98	10,57	133	>II
	N-NO ₂	0,29	0,01	1,58	0,26	90	–
	N-NO ₃	10,73	0,17	44,98	10,31	96	>II
	N _{og}	20,86	4,97	88,04	10,61	51	>II
3.	N Kjeldahla	5,07	0,41	25,54	4,31	85	>II
	N-NH ₄	3,68	0,03	24,70	4,23	115	>II
	N-NO ₂	0,17	0,02	0,72	0,14	82	–
	N-NO ₃	8,35	0,08	44,80	9,23	111	>II
	N _{og}	14,47	2,39	46,04	8,03	55	>II

Objaśnienie: przekroje 1. – 75,2 km, 2. – 67,8 km, 3. – 60 km ciek.

Explanation: gauging section 1 – 75.2 km, 2 – 67.8 km, 3 – 60 km.

¹⁾ Przekroje 1. i 2. – 2000–2011, przekrój 3. – 1990–2011.

²⁾ >II – stężenie powyżej wartości granicznej dla II klasy jakości wód.

¹⁾ Gauging section 1 and 2 – 2000–2011, gauging section 3 – 1990–2011.

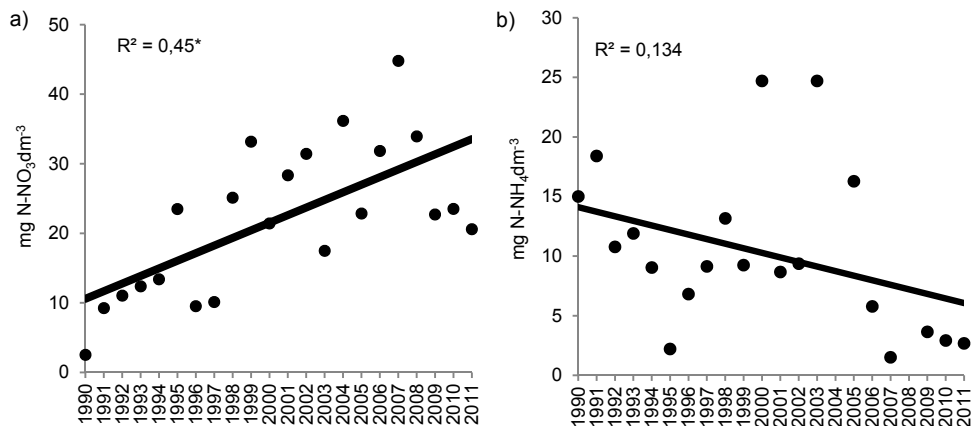
²⁾ >II – concentration above the limit for the second class of water quality.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ [niedatowane].

Source: own study based on WIOŚ data [niedatowane].

Obciążenie tego ciekę związkami azotu w analizowanym wieloleciu 1990–2011 wykazywało istotne tendencje zmian. Rozkłady wartości stężenia azotu azotanowego i amonowego w przekroju kontrolno-pomiarowym 3., zamykającym zlewnię górnej Zgłowiączki, charakteryzowały się przeciwnymi trendami (rys. 1). Stężenie formy azotanowej zwiększało się w ciągu lat badań, a stężenie formy amonowej – zmniejszało (rys. 1). Jeszcze wyraźniej te prawidłowości zarysowały się w odniesieniu do maksymalnych rocznych wartości stężeń tych form azotu (rys. 2).

Z analizy średnich wartości stężenia związków azotu w okresie badań wynika, że wody górnej Zgłowiączki były silnie zanieczyszczone. Na całej długości jakość



Rys. 2. Maksymalne roczne stężenia: a) N-NO₃, b) N-NH₄ w latach 1990–2011 w przekroju 3. (60 km ciek); * – istotny na poziomie $\alpha < 0,05$; źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ [niedatowane]

Fig. 2. Maximum annual (a) N-NO₃ and (b) N-NH₄ concentrations in 1990–2011 in gauging section 3 (60 km); * – significance at $\alpha < 0.05$; source: own study based on WIOŚ data [niedatowane]

wody była gorsza niż odpowiadająca II klasie (tab. 1). Główną formą azotu zanieczyszczającą wodę we wszystkich przekrojach były azotany i jon amonowy. Ich udział w ogólnej zawartości związków azotu zwiększał się w górę rzeki i wynosił średnio od 83% w przekroju 3. do 90% w przekroju 2. i 95% w przekroju 1. (tab. 1). Z wyżej wymienionych dwóch form azotu większy udział miały azotany. Stosunek formy amonowej do azotanowej wynosił średnio 0,25 w przekroju 1., 0,44 – w przekroju 3. i 0,74 – w przekroju 2., który znajdował się poniżej punktowego źródła ścieków komunalnych i dopływu oczyszczonych ścieków z oczyszczalni w Osiecinach.

Analiza częstotliwości występowania koncentracji azotu azotanowego w ogólnej liczbie prób pobranych w poszczególnych przekrojach wykazała, że w przekroju 1. stężenie to przekraczało wartość graniczną dla II klasy czystości (5 mg N-NO₃·dm⁻³) w 70% prób, w przekroju 2. – w 59% prób, a w przekroju 3. – w 43% prób (tab. 2). Analizując częstotliwość przekraczania tej wartości należy uwzględnić to, że Zgłowiączka powyżej przekroju kontrolno-pomiarowego 1. ma charakter ciek okresowego. Przepływy na tym odcinku występowały najczęściej w okresie pozawegetacyjnym, kiedy notowano największe stężenia tej formy azotu.

W dyrektywie 91/676/EWG [1991] graniczna wartość stężenia azotanów, powyżej której wody powierzchniowe i gruntowe uznaje się za zanieczyszczone tą formą azotu, wynosi 50 mg NO₃·dm⁻³ (11,3 mg N-NO₃·dm⁻³). We wszystkich przekrojach kontrolno-pomiarowych maksymalna zawartość azotanów była większa od stężenia granicznego, a w przekroju nr 1. również średnia zawartość azotanów przekraczała tę wartość. Maksymalne stężenia tej formy azotu w Zgłowiączce

Tabela 2. Częstotliwość występowania stężenia N-NO₃ w latach badań¹⁾**Table 2.** The frequency of N-NO₃ concentrations during the study period¹⁾

Przedziały stężenia N-NO ₃ N-NO ₃ concen- tration interval mg·dm ⁻³	Przekrój 1. Gauging section 1		Przekrój 2. Gauging section 2		Przekrój 3. Gauging section 3	
	% prób % of sam- ples	% skumu- lowany cumulative %	% prób % of sam- ples	% skumu- lowany cumulative %	% prób % of sam- ples	% skumu- lowany cumulative %
0–5	30	30	41	41	57	57
5–10	7	37	18	59	12	69
10–15	7	44	6	65	7	76
15–20	9	53	13	78	10	86
20–25	14	67	8	86	7	93
25–30	15	82	8	94	4	97
30–35	9	91	4	98	2	99
35–40	6	97	1	99	0,5	99,5
40–45	2	99	1	100	0,5	100
45–50	1	100	–	–	–	–

Objaśnienie, jak pod tabelą 1. Explanation as in Tab. 1.

¹⁾ Przekroje 1. i 2. – 2000–2011, przekrój 3. – 1990–2011.

¹⁾ Gauging section 1 and 2 – 2000–2011, gauging section 3 – 1990–2011.

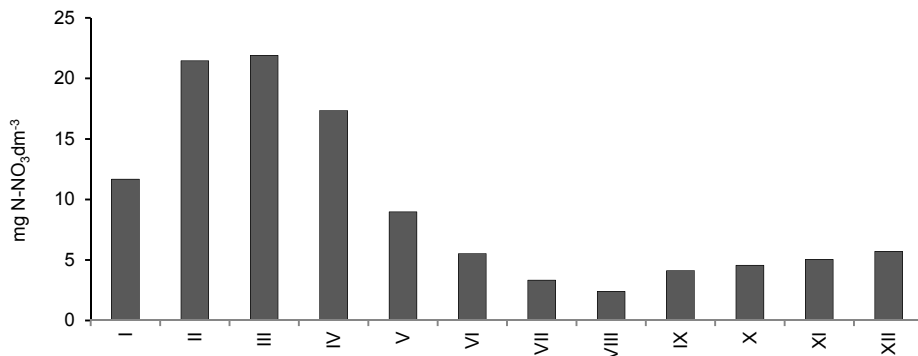
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ [niedatowane].

Source: own elaboration based on WIOŚ data [niedatowane].

występowały w półroczu zimowym (XI–IV), co wskazuje na dominujący wpływ odpływów drenarskich na jakość wody w tym okresie.

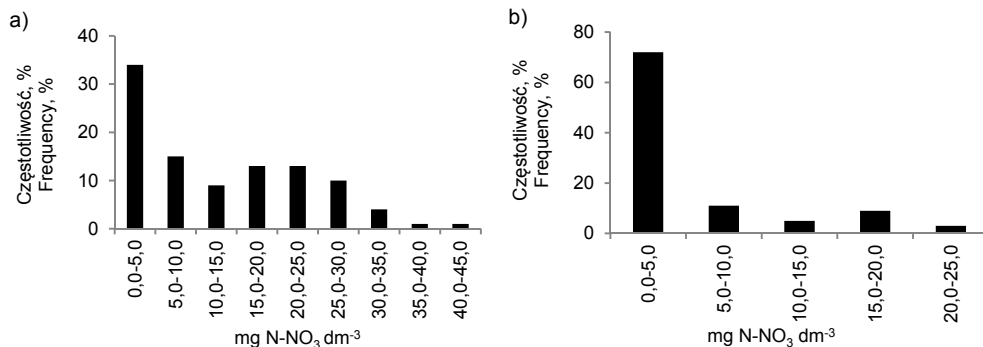
Maksymalne stężenia azotu azotanowego w wodach Zgłowiączki są zdecydowanie większe od uzyskanych w badaniach prowadzonych w zlewniach rolniczych w innych regionach kraju (w tym również na obszarach OSN) [DURKOWSKI, WE-SOŁOWSKI 2008; KANOWNIK, RAJDA 2008; RAFAŁOWSKA 2008; ZABŁOCKI i in. 2001]. W opublikowanych do tej pory pracach większe maksymalne wartości stężenia tej formy azotu (53,72 mg N-NO₃·dm⁻³) notowano w cieku zlokalizowanym na Wysoczyźnie Poznańskiej [ŁAWNICZAK i in. 2008]. Tak duże zawartości N-NO₃ w innych rejonach kraju obserwowano jedynie w odpływach drenarskich [PULIKOWSKI 2004; 2008].

W rozkładzie średnich z wielolecia (1990–2011) miesięcznych wartości stężenia azotu azotanowego widoczna jest wyraźna prawidłowość, charakterystyczna dla małych cieków odwadniających zlewnie, w których dominują grunty orne. Maksymalne średnie wartości stężenia azotu azotanowego występowały w okresie od lutego do kwietnia, a minimalne (poniżej 5 mg·dm⁻³) w czasie miesięcy letnich (rys. 3). W półroczach zimowych analizowanego okresu udział prób wody o stężeniu azotu azotanowego mniejszym niż 5 mg N-NO₃ w przekroju 3. wynosił około 30%, podczas gdy w półroczach letnich (V–X) – 70% (rys. 4).



Rys. 3. Rozkład średnich miesięcznych wartości stężenia N-NO₃ z lat 1990–2011 w przekroju 3. (60 km cieku); źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ [niedatowane]

Fig. 3. Distribution of monthly mean N-NO₃ concentrations in the years 1990–2011 in gauging section 3 (60 km); source: own elaboration based on WIOŚ data [niedatowane]



Rys. 4. Częstotliwość występowania stężenia N-NO₃ w półroczu zimowym – XI–IV (a) i letnim – V–X (b) w przekroju 3. (60 km cieku); źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ [niedatowane]

Fig. 4. The frequency of N-NO₃ concentration in winter – November–April (a) and summer – May–October (b) half-year in gauging section 3 (60 km); source: own elaboration based on WIOŚ data [niedatowane]

Sezonowa dynamika zmian stężenia azotu azotanowego w wodzie górnej Zgłowiączki odzwierciedla proces wymywania go z gleb w latach przeciętnych pod względem sum oraz rozkładu opadów w ciągu roku i jest charakterystyczna dla cieków odwadniających małe zlewnie rolnicze. Podobną do opisaną dynamikę obserwowano w innych zlewniach rolniczych na terenie Polski [GRABIŃSKA i in. 2005; KOWALIK, KULBIK 2002; ŁAWNICZAK i in. 2008].

Wody górnej Zgłowiączki były również silnie zanieczyszczone amonową formą azotu (tab. 1). Zaskakująco duże, jak na wody powierzchniowe, były maksymalne wartości stężenia N-NH₄. W przekroju zamykającym zlewnię w okresie letnim (lipiec, sierpień lub wrzesień) dochodziły one do 25 mg N-NH₄·dm⁻³,

a w przekroju 1. – do 195 mg N-NH₄·dm⁻³ (tab. 1). Tak duże stężenia amonowej formy azotu były prawdopodobnie wynikiem incydentalnych zrzutów ścieków bytowych, gnojówki oraz gnojowicy w okresach minimalnych rocznych przepływów.

W okresie 2006–2011 średnie stężenie formy amonowej w dwóch przekrojach pomiarowo-kontrolnych (1. i 3.) zmniejszyło się odpowiednio do 1,15 i 0,98 mg N-NH₄·dm⁻³, tj. do wartości odpowiadających II klasie czystości. W przekroju 2., położonym poniżej dopływu z oczyszczalni ścieków w Osiecinach, średnie stężenie tej formy azotu w latach 2006–2011 było ok. dwukrotnie mniejsze (3,11 mg N-NH₄·dm⁻³) od średniego z wielolecia (tab. 1), ale nadal nie odpowiadało II klasie.

Z analizy związku między stężeniem N-NO₃ i N-NH₄ w przekroju 3. wynika, że stężenie tych dwóch form azotu było istotnie skorelowane ujemnie. Współczynnik korelacji między stężeniem tych dwóch form azotu był równy –0,49. Maksymalne stężenia azotanów występowały w półroczu zimowym, a maksymalne stężenia formy amonowej – w półroczu letnim, dlatego należy wykluczyć istotny wpływ procesu nityfikacji na stwierdzoną zależność między stężeniami obydwu form azotu. Istnienie takiej zależności świadczy o różnych źródłach pochodzenia tych związków.

Źródła pochodzenia azotanów (mających największy udział w zanieczyszczeniu wody) określono na podstawie analizy związku między stężeniem tej formy azotu w wodzie w poszczególnych przekrojach kontrolno-pomiarowych i dynamiki sezonowej wartości ich stężenia. Istotna korelacja między stężeniami azotu azotanowego w poszczególnych przekrojach wskazuje na jedno źródło pochodzenia azotanów na całej długości cieku (tab. 3). Sezonowa dynamika średnich miesięcznych wartości stężenia N-NO₃ wskazuje natomiast na jego dopływ ze źródeł rozproszonych.

Tabela 3. Związek między koncentracją N-NO₃ w poszczególnych przekrojach pomiarowo-kontrolnych w latach 2000–2011

Table 3. The relation between N-NO₃ concentrations in gauging sections in the years 2000–2011

Nr przekroju	No of gauging section	Współczynnik korelacji	Correlation coefficient
	1.–2.		0,88*
	1.–3.		0,84*
	2.–3.		0,94*

Objaśnienie: * – istotny na poziomie $\alpha < 0,05$, pozostałe objaśnienia jak pod tabelą 1.

Explanation: * – significance at $\alpha < 0,05$, other explanations as under Table 1.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ [niedatowane].

Source: own elaboration based on WIOŚ data [niedatowane].

Głównym źródłem azotu amonowego były zrzuty ścieków bytowych i z produkcji zwierzęcej, prawdopodobnie także z przemysłu rolno-spożywczego. Istnienie takich źródeł punktowych w przeszłości, a także incydentalnych zrzutów ście-

ków z produkcji zwierzęcej potwierdziły obserwacje terenowe, przeglądy sieci melioracyjnej i wywiady.

W zlewni Zgłowiączki, która została wyznaczona jako obszar wrażliwy na zanieczyszczenie azotanami (OSN), od 2004 r. jest realizowany program działań mający na celu ograniczenie dopływu azotu ze źródeł rolniczych [Rozporządzenie..., 2004; 2008].

W wyniku poprawy gospodarki wodno-ściekowej w gminach i wdrażania programu działań obowiązującego na OSN [MŚ 2008] dopływ azotu w formie amonowej do wód Zgłowiączki w ciągu ostatnich kilku lat uległ znacznemu zmniejszeniu. Po rozbudowie i modernizacji sieci kanalizacyjnej i oczyszczalni ścieków w Osiecinach, główne źródła punktowe zostały wyeliminowane. Nie notuje się już również przypadkowych zrzutów ścieków z produkcji zwierzęcej. W rezultacie, jak wykazała analiza wyników badań, występuje wyraźna tendencja poprawy jakości wody Zgłowiączki ze względu na zawartość azotu w formie amonowej.

Działania, wdrożone dotychczas w ramach programu obowiązującego na OSN, okazały się mało skuteczne w ograniczeniu dopływu azotanów, które pochodzą ze źródeł rozproszonych. W okresie realizacji programu jakość wody Zgłowiączki ze względu na zawartość azotanów nie wykazała wyraźnej poprawy. Od 2007 r. jest zauważalne zatrzymanie się trendu rosnącego, a nawet zmniejszenie się maksymalnych wartości stężeń azotanów w porównaniu z wcześniejszymi latami, ale nadal wody Zgłowiączki w półroczu zimowym (XI–IV) są silnie zanieczyszczone azotanami. Niezadowolająca skuteczność dotychczasowych działań wskazuje na potrzebę uzupełnienia programu o działania mające na celu ograniczenie dopływu azotanów z pól (strefy buforowe), hamowanie odpływu wody z sieci drenażowej oraz retencjonowanie i wtórne wykorzystanie wody z odpływów drenażowych. Pierwszy sposób, w warunkach terenów płaskich, zdrenowanych, jakie dominują na obszarze zlewni górnej Zgłowiączki, będzie miał bardzo ograniczone zastosowanie. Prawdopodobnie nie będzie mógł być też powszechnie zastosowany drugi sposób, bez równoczesnej modernizacji sieci drenażowej. Istniejące drenowanie zostało wykonane z tradycyjnych materiałów, jako system grawitacyjny i jest w złym stanie technicznym. Jednym z najbardziej efektywnych sposobów ograniczenia odpływu azotanów może być budowa na obszarze zlewni małych sztucznych zbiorników retencyjnych [BERNINGER i in. 2012] oraz wykorzystanie obszarów mokradłowych na odcinku ujściowym Zgłowiączki do Jeziora Głuszyńskiego.

WNIOSKI

1. Woda górnej Zgłowiączki do ujścia do Jeziora Głuszyńskiego była w wieloletnim okresie 1990–2011 silnie zanieczyszczona związkami azotu. Na całej długości ciekła jakość wody była gorsza niż odpowiadająca II klasie czystości.

2. Głównymi formami azotu zanieczyszczającego wodę były azotany i jon amonowy. Ich udział w ogólnej zawartości związków azotu zwiększał się w górę rzeki i wynosił średnio od 83 do 95%. Z tych dwóch form azotu większy udział miały azotany. Stosunek formy amonowej do azotanowej wynosił średnio od 0,25 do 0,74.

3. Głównym źródłem azotanów są zanieczyszczenia obszarowe. Przemieszczeniu się tych związków do rzeki sprzyja przyspieszenie odpływu wody z obszaru zlewni przez system drenarski.

4. Postęp w zakresie gospodarki wodno-ściekowej na obszarze zlewni, w połączeniu z wdrażaniem programu działań obowiązującego na OSN, przyczynił się do wyraźnej poprawy jakości wody Zgłowiączki ze względu na zawartość azotu w formie amonowej.

5. Występujące sezonowo silne zanieczyszczenie wody górnej Zgłowiączki azotanami dowodzi małej skuteczności dotychczasowego programu działań na obszarze OSN i wskazuje na potrzebę jego uzupełnienia o działania mające na celu ograniczenie odpływu azotanów z pól, hamowanie odpływu z drenów, budowę małych zbiorników retencyjnych i wykorzystanie obszarów mokradłowych na odcinku ujściowym do Jeziora Głuszyńskiego.

LITERATURA

- BARTCZAK A. 2007. Wieloletnia zmienność odpływu rzeczny z dorzecza Zgłowiączki. Warszawa. PAN IGiPZ. Prace Geograficzne. Nr 209. ISBN 978-83-87954-96-9 ss. 164.
- BERNINGER K., KOSKIAHO J., TATTARI S. 2012. Constructed wetlands in Finnish agricultural environments: balancing between effective water protection, multi-functionality and socio-economy. *Journal of Water and Land Development*. No 17 s. 19–29.
- BOGDAŁ A., OSTROWSKI K. 2007. Wpływ rolniczego użytkowania zlewni podgórskiej i opadów atmosferycznych na jakość wód odpływających z jej obszaru. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 7. Z. 2a (20) s. 59–69.
- DURKOWSKI T., WORONIECKI T. 2001. Jakość wód powierzchniowych obszarów wiejskich Pomorza Zachodniego. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 476 s. 365–371.
- DURKOWSKI T., WESOŁOWSKI P. 2008. Kształtowanie się odpływu wody i zanieczyszczeń w małych zlewniach rolniczych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 528 s. 41–47.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 91/676/EWG z 12.12.1991 dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzące ze źródeł rolniczych, Dz.U. UE L z dnia 31 grudnia 1991 r.
- GRABIŃSKA B., KOC J., GLIŃSKA-LEWCZUK K. 2005. Sezonowość odpływu azotu azotanowego ze zlewni rolniczo-leśnych. *Journal of Elementology*. Vol. 10. Iss. 2 s. 277–288.
- GUS 2012a. Baza danych lokalnych [online]. [Dostęp 18.03.2014]. Dostępny w Internecie: www.stat.gov.pl/bdl
- GUS 2012b. Ochrona środowiska 2012. Informacje i opracowania statystyczne. Warszawa. ISSN 0867-3217 ss. 599.
- KANOWNIK W., RAJDA W. 2008. Źródła zanieczyszczenia wód powierzchniowych w zlewni potoku Sudół Dominikański. *Acta Scientiarum Polonorum Formacio Circumiectus*. T. 7. Nr 2 s. 3–14.

- KIRYLUK A., RAUBA M. 2009. Zmienność stężenia związków azotu w różnie użytkowanej zlewni rolnej rzeki Ślina. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 9. Z. 4 (28) s. 71–86.
- KONDRACKI J. 2002. *Geografia regionalna Polski*. Warszawa. PWN. ISBN 83-01-13897-1 ss. 441.
- KOWALIK P., KULBIK M. 2002. Wpływ pokrywy glebowej w zlewni na kształtowanie się obszarowego spływu niektórych zanieczyszczeń do wód powierzchniowych. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 2. Z. 1(4) s. 211–223.
- ŁAWNICZAK A. E., ZBIERSKA J., KUPIEC J. 2008. Changes of nutrient concentrations in water sensitive to nitrate pollution from agricultural sources in the Samica Stęszewska river catchment. *Annals of Warsaw University of Life Sciences Land Reclamation*. No 40 s. 15–25.
- MŚ 2008. Raport Ministra Środowiska z realizacji przepisów dyrektywy Rady z dnia 12 grudnia 1991 r. dotyczącej ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego (91/676/EWG). Warszawa ss. 282.
- PAN 1994. *Atlas zasobów, walorów i zagrożeń środowiska geograficznego Polski*. Warszawa.
- PIETRZAK S. 2009. Kształtowanie obiegu azotu w makro- i mikrosystemach rolniczych. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 9. Z. 3(27) s. 143–158.
- PULIKOWSKI K. 2004. Zanieczyszczenia obszarowe w małych zlewniach rolniczych. *Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu*. Nr 479. Rozprawy 211. ISSN 0867-1427 ss. 137.
- PULIKOWSKI K. 2008. Stężenie azotanów w wodach drenarskich odpływających z wybranych obiektów na Dolnym Śląsku. *Acta Scientiarum Polonorum Formacio Circumiecus*. T. 7. Nr 2 s. 29–36.
- RAFAŁOWSKA M. 2008. Ocena zawartości azotanów w wodach powierzchniowych obszaru szczególnie zagrożonego zanieczyszczeniami ze źródeł rolniczych. *Proceedings of ECOpole*. Vol. 2. No 2 s. 473–478.
- Rozporządzenie nr 4/2004 Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Warszawie z dn. 13 kwietnia 2004r. w sprawie wprowadzenia programu działań mających na celu ograniczenie odpływu azotu ze źródeł rolniczych dla obszaru szczególnie narażonego w gminach: Radziejów, Osiecin, Bytoń, Dobro. *Dz.Urz. Województwa Kujawsko-Pomorskiego*. Nr 52 poz. 897.
- Rozporządzenie nr 11/2008 Dyrektora RZGW w Warszawie z dn. 16 czerwca 2008 w sprawie wprowadzenia programu działań mających na celu ograniczenie odpływu azotu ze źródeł rolniczych dla obszaru szczególnie narażonego w gminach: Radziejów, Osiecin, Bytoń, Dobro. *Dz.Urz. Województwa Kujawsko-Pomorskiego*. Nr 39 poz. 1506.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. *Dz.U*. 2011. Nr 257 poz. 1545.
- SAPEK A. 1990. Procesy związane z wymywaniem azotu z gleb użytkowanych rolniczo. W: *Zanieczyszczenia obszarowe w zlewniach rolniczych*. Materiały Seminaryjne. Nr 26. Falenty. IMUZ s. 17–29.
- SAPEK A. 2000. Scientific basis to mitigate the nutrient dispersion into the environment in Poland. W: *Scientific basis to mitigate the nutrient dispersion into the environment*. Falenty. Wydaw. IMUZ s. 14–24.
- SMARZYŃSKA K. 2013. Odpływ związków azotu z terenów intensywnego rolnictwa w świetle badań terenowych i analiz modelowych. Praca doktorska. Maszynopis. Falenty. Wydaw. ITP.
- TAYLOR R., FLORCZYK H., JAKUBOWSKA L. 1983. Odpływ substancji biogennych z rolniczych zlewni rzecznych. *Ochrona Środowiska*. Vol. 5. Nr 3–4 s. 29–36.
- WIOŚ 2009. Ocena jakości wód w latach 2004–2007 na obszarach szczególnie narażonych na zanieczyszczenia azotem pochodzenia rolniczego na terenie województwa kujawsko-pomorskiego [online]. Bydgoszcz. [Dostęp 18.03.2014]. Dostępny w Internecie: <http://www.wios.bydgoszcz.pl/images/stories/pdf/osn.pdf> ss. 65.
- WIOŚ niedatowane. Baza danych. Oddział Włocławek.

- ZABŁOCKI Z., PIEŃKOWSKI P., KUPIEC M. 2001. Chemizm wód cieków odwadniających zlewnie rolnicze Niziny Pyrzyckiej w latach 1998–1999. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis. Agricultura*. T. 87 s. 233–238
- ŻUREK A. 2009. Ocena poziomu wymycia azotanów do wód podziemnych na podstawie badań w małych zlewniach rolniczych. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*. Nr 436 s. 589–596.

Zygmunt MIATKOWSKI, Karolina SMARZYŃSKA

THE DYNAMICS OF NITROGEN CONCENTRATIONS IN THE UPPER ZGŁOWIĄCZKA RIVER IN THE YEARS 1990–2011

Key words: *catchment, diffuse pollution, nitrates, water quality*

S u m m a r y

The results of analyses of nitrogen concentration dynamics and of water quality assessment in the upper Zgłowiączka River based on the State Environmental Monitoring in the years 1990–2011 are presented in the paper. The analyses included concentrations of Kjeldahl nitrogen, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ and total nitrogen. Water of the upper Zgłowiączka to its outlet to Lake Głuszyńskie was heavily contaminated with nitrogen compounds. Water quality was worse than that corresponding to class II. Nitrate concentrations exceeding the threshold for class II were found in 70%, 59% and 43% of the samples in the sampling sites 1, 2, 3, respectively. The main form of nitrogen was nitrates and ammonium. Their share in the total nitrogen content varied from 83% to 95%. The ratio of ammonium to nitrate forms was on average 0.25–0.74. The origin of nitrates was mainly in diffuse pollution flowing into the river with drainage outflow, and ammonium forms were from point sources. The concentration of nitrate form showed an increasing tendency till 2007, and the concentration of ammonium form decreased till the year 2006, especially in terms of the annual maximum concentrations. Observed dynamic of changes in mean monthly $\text{NO}_3\text{-N}$ concentrations in surface waters of the upper Zgłowiączka River, i.e. the appearance of maximum concentrations in February–April and minimum in the summer months, is typical for small watercourses draining agricultural catchments. Periodically high nitrate concentrations in surface waters of the upper Zgłowiączka River indicate the need of actions aiming at limiting nitrate runoff from fields, inhibiting outflow from drains, construction of small retention reservoirs and use of wetlands in the outlet to Lake Głuszyńskie.

Adres do korespondencji: dr hab. Z. Miatkowski, prof. nadzw., Kujawsko-Pomorski Ośrodek Badawczy ITP w Bydgoszczy, ul. Glinki 60, 85-174 Bydgoszcz; tel. + 48 52 375-01-07, e-mail: Z.Miatkowski @itp.edu.pl