

ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW AZOTU W WODACH RZEKI STRZEGOMKI POWYŻEJ ZBIORNIKA DOBROMIERZ

Jolanta Dąbrowska, Andrzej Moryl, Ewa Kucharczak-Moryl,
Romuald Żmuda

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Iwona Lejcuś

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

Streszczenie. W pracy przedstawiono analizę zmienności i trendów dla koncentracji związków azotu w zlewni rzeki Strzegomki w latach 2000–2014. Badania przeprowadzono powyżej zbiornika Dobromierz, który jest rezerwuarem wody pitnej dla mieszkańców Świebodzic. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że stężenia związków azotu charakteryzowały się dużą zmiennością. Podstawowym problemem były wysokie stężenia azotu azotanowego, wynoszące w okresie badawczym średnio $5,5 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$. Decydowały one o złym stanie wód rzeki Strzegomki, a wraz z wysokimi stężeniami azotu ogólnego o jej zeutrofizowaniu. Najniższą zawartość związków azotu zaobserwowano latem (azot ogólny i azotanowy) i jesienią (azot Kjeldahla i amonowy), najwyższą zaś zimą. Zawartości azotu ogólnego, azotanowego i amonowego w badanym przekroju wykazują potwierdzoną statystycznie tendencję malejącą, dla azotu Kjeldahla nie zaobserwowano istotnego trendu.

Słowa kluczowe: azot, azotany, eutrofizacja, wody powierzchniowe, zanieczyszczenia obszarowe, zanieczyszczenia rolnicze

WSTĘP

Degradacja zasobów wód powierzchniowych wynika głównie z nadmiernych ładunków azotu (N) i fosforu (P) dostających się z obszarowych źródeł rolniczych i punktowych źródeł zanieczyszczeń [Orzepowski i in. 2014, Dupas i in. 2015]. W ostatnich

Adres do korespondencji – Corresponding authors: dr inż. Jolanta Dąbrowska, Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, e-mail: jolanta.dabrowska@up.wroc.pl.

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków 2016

latach wybudowano i zmodernizowano wiele oczyszczalni ścieków, co wpłynęło na znaczące ograniczenie zanieczyszczeń ze źródeł punktowych. Biogeny, a szczególnie azot z rolniczych źródeł obszarowych stają się teraz głównym celem w działaniach na rzecz poprawy jakości wody w zlewniach, w szerszym ujęciu zaś dla poprawy jakości wód Morza Bałtyckiego [Kiedrzyńska i in. 2014, Øygarden i in. 2014, Andersen i in. 2015, Dupas i in. 2015, Robinson i in. 2016].

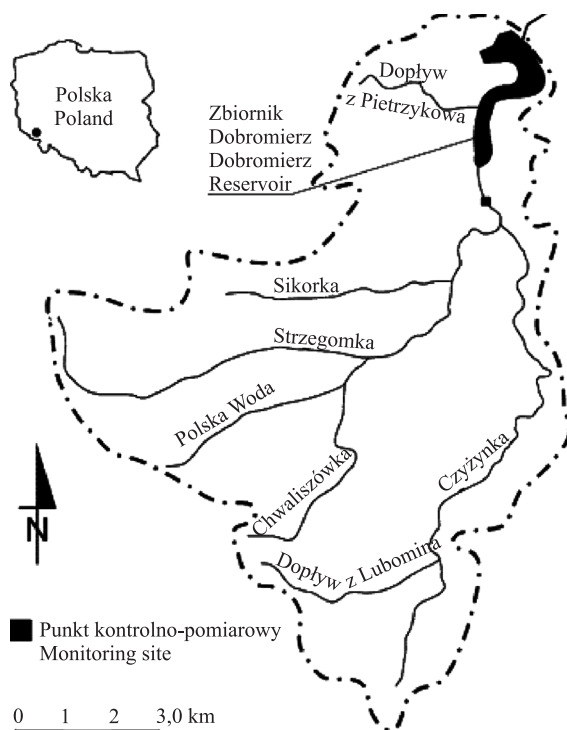
Problemem dotyczącym wód powierzchniowych na całym świecie jest eutrofizacja [Macdonald i in. 1995, Correll 1998, Kabziński i in. 2008, Kiedrzyńska i in. 2014]. Zakwity glonów i sinic ograniczają możliwości wykorzystania zasobów wodnych – w przypadku uzdatniania wody do picia i na potrzeby gospodarcze ich obecność utrudnia ten proces [Domańska i in. 2009]. Z analizy literatury wynika, że azot uważany jest za biogen limitujący zakwity mórz i oceanów, a fosfor – ekosystemów słodkowodnych [Kerr i in. 2011, Dąbrowska i in. 2016,]. O tym, który z pierwiastków limituje rozwój fitoplanktonu w danym ekosystemie, decyduje stosunek N : P. Jeżeli N : P < 10 to rozwój glonów i sinic jest limitowany azotem, gdy wynosi 10–20, występuje łączne limitowanie przez oba pierwiastki, gdy N : P > 20 pierwiastkiem limitującym staje się fosfor [Ji 2007, Kabziński i in. 2008, Solovey 2008].

Z punktu widzenia realizacji Ramowej Dyrektywy Wodnej (RDW) i osiągnięcia dobrego stanu wód istotne są stężenia związków azotu w wodach powierzchniowych. W ciekach naturalnych średnie roczne stężenia azotu amonowego nie powinny przekraczać $1,56 \text{ mg N-NH}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$, azotu Kjeldahla $2,0 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$, azotu azotanowego $5,0 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$, a azotu ogólnego $10 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$ [Rozporządzenie... 2014]. Poza RDW w zakresie związków azotu Polska zobowiązana jest do redukcji emisji zanieczyszczeń w ramach Dyrektywy Azotanowej i Bałtyckiego Planu Działania BSAP [Kiedrzyńska i in. 2014, Øygarden i in. 2014]. Zgodnie z wynikającym z Dyrektywy Azotanowej Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych [Rozporządzenie... 2002], za wody zanieczyszczone uznaje się śródlądowe wody powierzchniowe, a w szczególności wody, które pobiera się lub zamierza pobierać na potrzeby zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia, w których zawartość azotanów wynosi powyżej $50 \text{ mg NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$ ($11,3 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$). Za wody zagrożone zanieczyszczeniem uznaje się śródlądowe wody powierzchniowe, a w szczególności wody, które pobiera się lub zamierza pobierać na potrzeby zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia, a w których zawartość azotanów wynosi od 40 do $50 \text{ mg NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$ ($9,0\text{--}11,3 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$) i wykazuje tendencję wzrostową. Za wartości graniczne dla wód płynących, powyżej których występuje eutrofizacja, uważa się według Rozporządzenia średnie roczne stężenie azotu ogólnego i azotanowego odpowiednio $> 5 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$ i $> 2,2 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$.

Celem pracy była analiza stężeń związków azotu w wodach rzeki Strzegomki w przekroju powyżej zbiornika wody pitnej Dobromierz w aspekcie jej gospodarczego wykorzystania oraz spełnienia założeń dotyczących redukcji zanieczyszczeń wynikających z Ramowej Dyrektywy Wodnej, Dyrektywy Azotanowej i Bałtyckiego Planu Działania.

MATERIAŁY I METODY

W pracy przedstawiono analizę zmienności zawartości azotu ogólnego TN, azotu amonowego $N-NH_4$, azotu azotanowego $N-NO_3$ i azotu Kjeldahla TKN w latach 2000–2014 w wodach Strzegomki powyżej zbiornika Dobromierz. Wykorzystano dane z Państwowego Monitoringu Środowiska udostępnione przez WIOŚ we Wrocławiu. Dane pochodziły z punktu pomiarowo-kontrolnego na badanej rzece (w km 64), poniżej ujścia Czyżynki (ryc. 1). Comiesięcznych pomiarów nie wykonano w roku 2011 i 2013, w 2003 wykonano 4 pomiary, a w 2009 tylko 3 pomiary, w związku z tym lata 2003 i 2009 wykluczono z obliczeń średnich. W ocenie nie brano pod uwagę azotu azotanowego ($N-NO_3$), stężenia tej formy azotu nie przekraczały w wodach Strzegomki 1% azotu ogólnego, a oznaczenia były nieregularne. Oceny jakości wód dokonano na podstawie obowiązującego Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych [Rozporządzenie... 2014]. Oceny zanieczyszczenia wód związkami azotu pochodzenia rolniczego i zagrożenia eutrofizacją dokonano na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych [Rozporządzenie... 2002]. Dane meteorologiczne pochodzą z Centralnej Bazy Danych Historycznych IMGW-PIB.



Ryc. 1. Zlewnia zbiornika Dobromierz

Fig. 1. Catchment of the Dobromierz Reservoir

Do przeprowadzenia podstawowych analiz statystycznych oraz stworzenia wykresów ramka-wąsy wykorzystano pakiet Statistica 12.5 StatSoft. Analizę trendów przeprowadzono nieparametrycznym testem Manna-Kendalla, wykorzystując oprogramowanie statystyczne XLSTAT 2015. Test Manna-Kendalla jest powszechnie stosowany do wykrywania trendów w danych hydrologicznych i związanych z jakością wód, może być stosowany dla parametrów, które nie mają rozkładu normalnego, równych wariancji oraz gdy w ciągach pomiarowych są przerwy o długości nieprzekraczającej 1/3 okresu zbierania danych [Helsel i Hirsch 2002, Dąbrowska i in. 2016,].

TEREN BADAŃ

Rzeka Strzegomka jest lewobrzeżnym dopływem Bystrzycy. Dla przekroju poniżej ujścia Czyżynki, gdzie prowadzono analizy, powierzchnia zlewni wynosi 25 km², średni roczny przepływ $SQ = 0,256 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a długość rzeki 13 km [Lejcuś 2004]. Zbiornik Dobromierz stanowi rezerwar wody pitnej dla Świebodzic. Dobowa produkcja wody w stacji uzdatniania Dobromierz wynosi około 4500 m³. Proces uzdatniania wody obejmuje podwójną filtrację z zastosowaniem filtrów dyskowych i żwirowych, koagulację oraz końcową dezynfekcję. Podczas zakwitów wody wykorzystuje się filtry dyskowe, a w razie potrzeby zmienia się głębokości ujmowania wody ze zbiornika.

Sumy opadów oraz średnie roczne temperatury charakterystyczne dla badanej zlewni podano w tabeli 1. Do charakterystyki opadowej zastosowano normy opadowe ze stacji meteorologicznej w Szczawnie Zdroju, czyli średnie roczne sumy opadów atmosferycznych z pełnego trzydziestolecia poprzedzającego okres badawczy. Stanowiły one w analizie tło klimatyczne i były bazą porównawczą dla sum rocznych dla lat 2000–2014. W rozpatrywanym okresie wystąpił 1 rok skrajnie wilgotny: 2002, 3 lata bardzo wilgotne: 2001, 2010 i 2007, 4 lata wilgotne: 2006, 2009, 2013 i 2014; najwięcej było lat normalnych: 2000, 2004, 2005, 2011 i 2012; wystąpiły także 2 lata suche: 2003 i 2008. Średnia roczna temperatura powietrza zawierała się w przedziale do 6,8 do 9,0°C.

Zlewnia Strzegomki do przekroju zapory zbiornika jest intensywnie użytkowana rolniczo. Zużycie nawozów azotowych jest wysokie, w badanym piętnastolecu podwoiło się i w 2014 r. wynosiło około 135 kg · ha⁻¹. W produkcji zwierzęcej dominuje przemysłowa hodowla kur niosek, pogłowie drobiu przekracza tu 850 000 sztuk. Zlewnia w znacznej części jest skanalizowana, w 2006 roku w Chwaliszowie oddano do użytkowania oczyszczalnię ścieków. Obszar zlewni zamieszkuje około 3000 osób [Dąbrowska i in. 2016, GUS 2016]. Człowiek wydała w ciągu doby przeciętnie 16 g azotu [Łomotowski i Szpindor 2002], kura nioska od 0,8 do 1,9 g [Mihułka i in. 2009], w związku z tym ładunek azotu w pomocie kurzym produkowanym w zlewni odpowiada ładunkowi powstającemu wraz z odchodami ludzi w prawie stutysięcznym mieście. Skład chemiczny wód Strzegomki charakteryzuje się dużą zmiennością ze względu na górski charakter zlewni, niekontrolowany dopływ zanieczyszczeń ze źródeł obszarowych i punktowych. W wodach rzeki zarówno dla azotanów, jak i fosforanów stwierdzono zależność ładunku w funkcji przepływu [Dąbrowska i in. 2016, Lejcuś 2004]. W analizowanym punkcie kontrolno-pomiarowym w latach 2000–2014, średnie stężenie fosforanów wynosiło 0,33 PO₄³⁻ · dm⁻³, fosforu całkowitego 0,17 mg P · dm⁻³, a w zakresie związków fosforu o złym stanie wód Strzegomki decydowały wysokie stężenia fosforanów [Dąbrowska i in. 2016].

Tabela 1. Roczne sumy opadów i średnie roczne temperatury za okres 2000–2014 (stacja meteorologiczna Szczawno-Zdrój)

Table 1. Annual precipitation and mean air temperatures for research period 2000–2014 (meteorological station Szczawno-Zdrój)

Rok Year	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Roczna suma opadów, mm Annual precipitation, mm	704	919	1038	555	676	720	824	858	602	814	886	629	671	824	750
Klasyfikacja* Classification*	N	BW	SW	S	N	N	W	BW	S	W	BW	N	N	W	W
Średnia roczna temperatura powietrza, °C Mean annual air temperature, °C	9,0	7,7	8,6	8,1	7,4	7,3	8,2	8,7	8,7	8,1	6,8	8,3	7,8	7,4	9,0

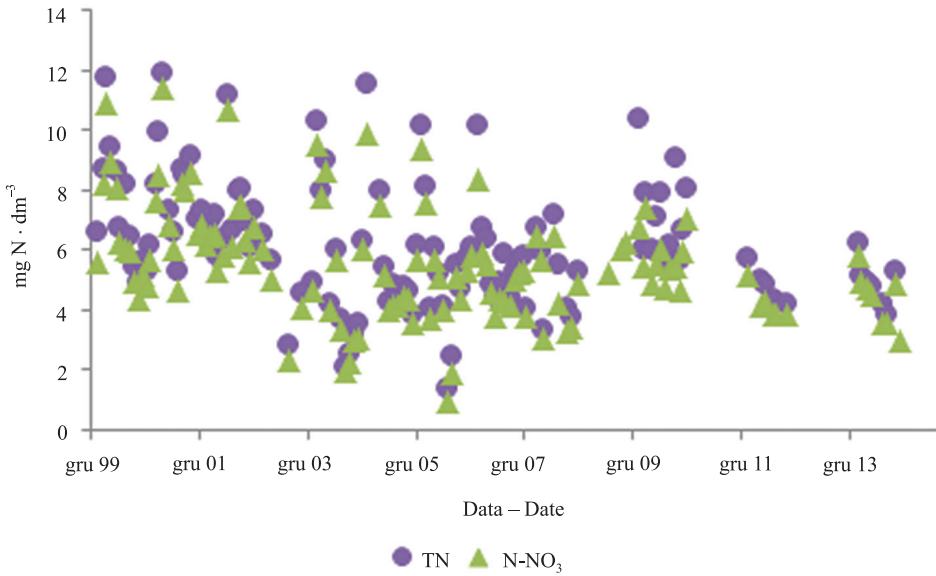
* N – rok normalny, BW – rok bardzo wilgotny, SW – skrajnie wilgotny, S – rok suchy, W – rok wilgotny (według wg klasyfikacji Kaczorowskiej [1962])

* N – average year, BW – very wet year, SW – extremely wet year, S – dry year, W – wet year (according to the Kaczorowska's classification [1962])

WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

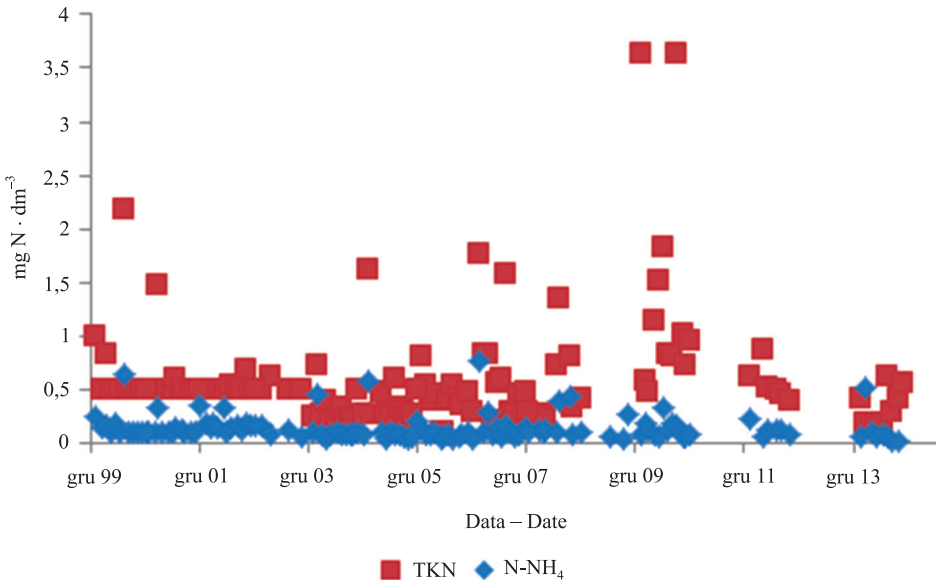
W okresie badawczym 2000–2014 stężenia azotu ogólnego wahały się od 1,4 do 11,9 mg N · dm⁻³, dominującą formą był azot azotanowy (0,9–11,4 mg N-NO₃ · dm⁻³), którego średnie stężenie było równe 5,5 N-NO₃ · dm⁻³. Stężenia azotu amonowego nie przekraczały 0,8 mg N-NH₄ · dm⁻³, a azotu Kjeldahla 3,6 mg N · dm⁻³ (ryc. 2, 3 i 4). Koncentrację związków azotu w wodach Strzegomki cechuje duża zmienność (ryc. 4). Dla stężeń azotu amonowego i Kjeldahla widoczne są największe różnice pomiędzy średnią arytmetyczną (będącą pod wpływem wartości ekstremalnych) a medianą (tab. 2). W podziale na pory roku (tab. 2) najwyższe stężenia wszystkich form azotu zanotowano zimą, najniższe stężenia azotu ogólnego i azotanowego latem, a azotu amonowego i azotu Kjeldahla jesienią. Sezonowość stężeń związków azotu wynika z intensywnego pobierania ich przez rośliny w okresie wegetacyjnym. Zahamowanie życia biologicznego oraz wymywanie azotu z niepokrytej roślinami gleby powoduje wzrost koncentracji wszystkich związków azotu w wodach powierzchniowych zimą, na wyższe zawartości azotu amonowego w wodach powierzchniowych może mieć wpływ pokrywa lodowa. Sezonowość zawartości związków azotu bywa zaburzona w zlewniach, w których cieki obciążone są znacznym ładunkiem związków azotu ze ścieków [Macdonald i in. 1995, Kaniuczak i Augustyn 2011, Skorbiłowicz i Ofman 2014].

Na tle badań innych autorów prowadzonych w zlewniach rolniczych wody Strzegomki charakteryzują się przeciętnymi koncentracjami związków azotu. Znacznie wyższe stężenia N niż w badanym przekroju Strzegomki obserwuje się tam, gdzie istotnym źródłem zanieczyszczeń są dopływy ścieków z lokalnych oczyszczalni [Dąbrowska 2008, Kanownik



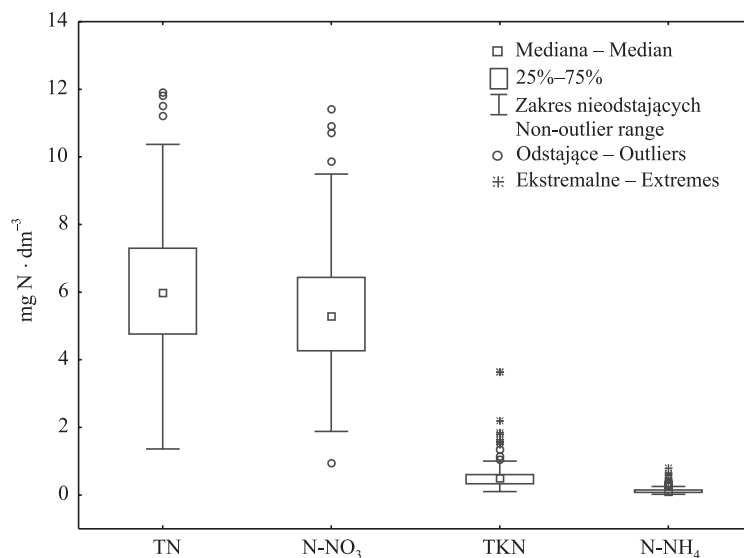
Ryc. 2. Stężenia azotu ogólnego i azotu azotanowego w wodach Strzegomki powyżej zbiornika Dobromierz za okres 2000–2014

Fig. 2. Concentrations of total and nitrate nitrogen in the waters of the Strzegomka River above the Dobromierz Reservoir in the years 2000–2014



Ryc. 3. Stężenia azotu Kjeldahla i azotu amonowego w wodach Strzegomki powyżej zbiornika Dobromierz za okres 2000–2014

Fig. 3. Concentrations of Kjeldahl and ammonium nitrogen in the waters of the Strzegomka River above the Dobromierz Reservoir in the years 2000–2014



Ryc. 4. Zakresy stężeń związków azotu w wodach rzeki Strzegomki powyżej zbiornika Dobromierz za okres 2000–2014

Fig. 4. Ranges of nitrogen compound concentration in the waters of the Strzegomka River above the Dobromierz Reservoir in the years 2000–2014

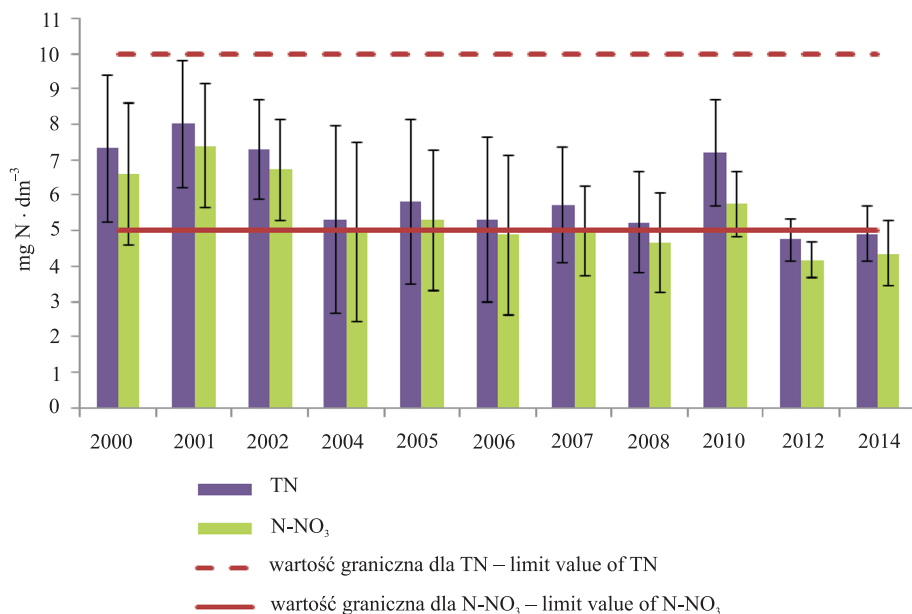
i Rajda 2008, Kaniuczak i Augustyn 2011, Wiatkowski 2011, Miatkowski i Smarzyńska 2014, Skorbiłowicz i Ofman 2014, Kanownik i Policht-Latawiec 2015, Bogdał i in. 2016]. Notowane wartości stężeń azotanów są jednak wysokie w porównaniu z wartościami granicznymi [Rozporządzenie... 2014]. Analiza jakości wód [Rozporządzenie... 2014] wykazała, że stężenia azotu azotanowego decydowały o złym stanie wód Strzegomki, wartość graniczna tj. $5,0 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$ przekroczona była w latach: 2000 ($6,59 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$), 2001 ($7,40 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$), 2002 ($6,72 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$), 2005 ($5,29 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$) i 2010 ($5,75 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$). Zawartości pozostałych związków azotu mieściły się w zakresie stanu dobrego (ryc. 5 i 6).

Analizując stężenia N-NO_3 (ryc. 2) zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych [Rozporządzenie... 2002], można stwierdzić, że wartość charakterystyczna dla wód zanieczyszczonych powyżej $11,3 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$ wystąpiła tylko raz – na początku okresu badawczego, w kwietniu 2001 r. ($11,4 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$). Po roku 2006 nie notowano stężeń azotanów przekraczających $9,0 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$ (ryc. 5).

Badanie trendów dla zawartości związków azotu przeprowadzono nieparametrycznym testem Manna-Kendalla, wyniki przedstawiono w tabeli 3. Dodatnia wartość statystyki Manna-Kendalla oznacza trend rosnący, ujemna zaś trend malejący. Tau Kendalla jest miarą korelacji, przyjmuje wartości od -1 do 1 . Dla potwierdzenia istotności statystycznej trendu oblicza się p-value. Jeżeli wartość p-value jest mniejsza niż $\alpha = 0,05$, należy odrzucić hipotezę zerową zakładającą brak trendu i przyjąć hipotezę alternatywną mówiącą o istnieniu trendu [Helsel i Hirsch 2002, Dąbrowska i in. 2016].

Tabela 2. Średnie stężenia związków azotu w wodach rzeki Strzegomki za okres 2000–2014 i w podziale na pory roku
 Table 2. Mean nitrogen compound concentration in the waters of the Strzegomka River in the years 2000–2014 and divided according to seasons

Parametr mg N · dm ⁻³	Wiosna Spring		Lato Summer		Jesień Autumn		Zima Winter		2000–2014	
	Średnia Mean	Mediana Median	Średnia Mean	Mediana Median	Średnia Mean	Mediana Median	Średnia Mean	Mediana Median	Średnia Mean	Mediana Median
TN	6,37	5,99	5,30	5,10	5,61	5,67	7,69	7,10	6,19	5,98
N-NO ₃	5,37	5,25	4,25	4,32	4,49	4,81	6,06	6,30	5,53	5,26
TKN	0,52	0,50	0,70	0,50	0,47	0,50	0,83	0,50	0,61	0,50
N-NH ₄	0,10	0,10	0,13	0,10	0,10	0,09	0,23	0,15	0,14	0,10



Ryc. 5. Średnie stężenia azotu ogólnego i azotanowego w wodach Strzegomki w poszczególnych latach (słupki błędów – odchylenie standardowe)

Fig. 5. Mean concentrations of total and nitrate nitrogen in the waters of the Strzegomka River in specific years (error bars – standard deviation)

Tabela 3. Wyniki analizy trendów testem Manna-Kendalla

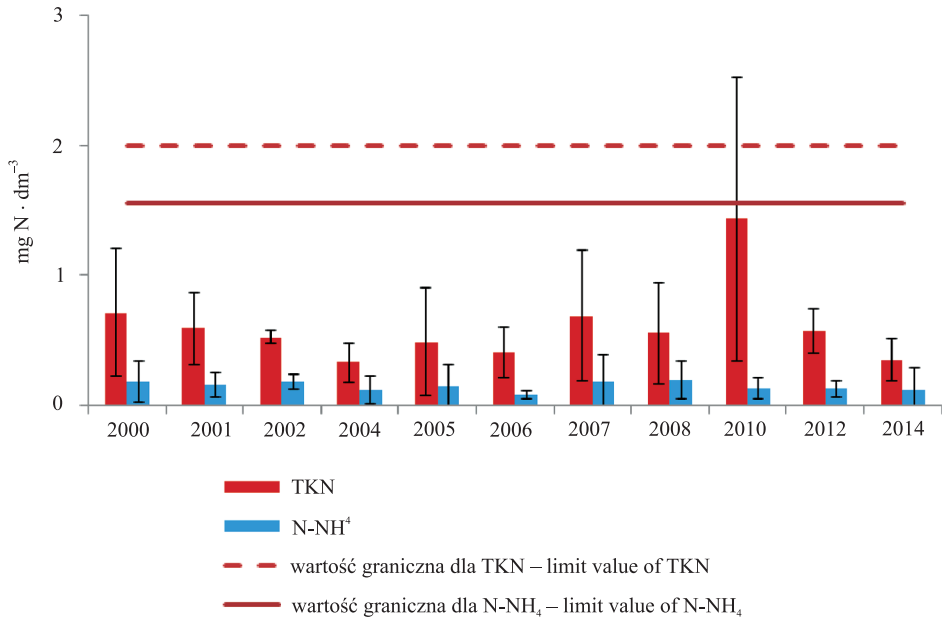
Table 3. The Mann-Kendall test results

Parametr Parameter	Statystyka Manna-Kendalla Mann-Kendall test statistic	Tau Kendalla Kendall's tau	p-value	Trend Trend nature
TN	-1713,0	-0,244	$p < 0,0001^*$	trend malejący decreasing trend
N-NO ₃	-2052,0	-0,274	$p < 0,0001^*$	trend malejący decreasing trend
TKN	-283,0	-0,041	$p = 0,523$	brak trendu no trend
N-NH ₄	-1301,0	-0,177	$p = 0,004^*$	trend malejący decreasing trend

* różnica istotna statystycznie ($\alpha = 0,05$) – statistically significant difference ($\alpha = 0,05$)

Dla koncentracji azotu ogólnego, azotu azotanowego i amonowego występuje istotny statystycznie trend malejący, p-value wynosi odpowiednio $p < 0,0001$, $p < 0,0001$ oraz $p = 0,004$. W przypadku stężeń azotu Kjeldahla nie potwierdzono statystycznie trendu malejącego, $p = 0,523$, przy przyjętym poziomie istotności $\alpha = 0,05$ (tab. 3).

Zakres stężeń N-NO_3 (ryc. 2) oraz zaobserwowany dla nich trend malejący (tab. 3) decydują o tym, że wody Strzegomki w omawianym przekroju nie są uznawane za zanieczyszczone czy zagrożone zanieczyszczeniem związkami azotu ze źródeł rolniczych według kryteriów Rozporządzenia [Rozporządzenie... 2002]. Ze względu na wartości ekstremalne i odstające w stężeniach azotu Kjeldahla (ryc. 4 i 6) oraz brak trendu malejącego dla zawartości tej formy azotu, należy zwrócić uwagę na praktyki w zakresie stosowania nawozów organicznych oraz oczyszczania i odprowadzania ścieków w zlewni.



Ryc. 6. Średnie stężenia azotu Kjeldahla i azotu amonowego w wodach Strzegomki w poszczególnych latach (słupki błędów – odchylenie standardowe)

Fig. 6. Mean concentrations of Kjeldahl and ammonium nitrogen in the waters of the Strzegomka River in specific years (error bars – standard deviation)

Oceniając stopień eutrofizacji wód rzeki [Rozporządzenie... 2002], zanotowano, że w latach 2000–2014 średnie roczne stężenia TN wskazywały na występowanie eutrofizacji w latach 2000–2010, stężenia N-NO_3 analizowane w całym okresie badawczym wskazywały, że wody Strzegomki powyżej zbiornika Dobromierz były zeutrofizowane.

W badanym piętnastolecu średnie stężenie azotu ogólnego wynosiło $6,19 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$ (tab. 2), w tym samym czasie średnie stężenie fosforu było równe $0,17 \text{ P} \cdot \text{dm}^{-3}$ [Dąbrowska i in. 2016], obliczony dla wód Strzegomki stosunek $\text{N} : \text{P}$ wnosi ~ 36 , czynnikiem limitującym rozwój fitoplanktonu jest więc fosfor, natomiast azot występuje w nadmiarze [Ji 2007, Kabziński i in. 2008, Solovey 2008].

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Stężenia związków azotu w wodach Strzegomki powyżej zbiornika Dobromierz cechują się dużą zmiennością. Dominującą formą azotu jest azot azotanowy, stanowiący średnio 89% azotu ogólnego. Zawartość azotu azotanowego decyduje o złym stanie wód Strzegomki w analizowanym przekroju. Stężenia azotu azotanowego i ogólnego wskazują, że wody Strzegomki powyżej zbiornika Dobromierz były zeutrofizowane w całym okresie badawczym. Choć stężenia azotu azotanowego mają potwierdzony trend malejący, nie wydaje się, aby szybko obniżyły się poniżej granicy eutrofizacji, tj. $2,2 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$. Wody Strzegomki powyżej zbiornika Dobromierz, dzięki zawartości azotu azotanowego poniżej wartości granicznych i trendowi do zmniejszania się tych stężeń w czasie nie są uznawane za zanieczyszczone czy zagrożone zanieczyszczeniem związkami azotu ze źródeł rolniczych. Ze względu na pojawiające się okresowo wysokie koncentracje azotu Kjeldahla i brak tendencji do ich zmniejszania się w czasie, należy zwrócić uwagę na stosowanie dobrych praktyk rolniczych w zakresie nawozów organicznych oraz prawidłowe oczyszczanie ścieków.

PIŚMIENNICTWO

- Andersen, J.H., Carstensen, J., Conley, D.J., Dromph, K., Fleming-Lehtinen, V., Gustafsson, B.G., Josefson, A.B., Norkko, A., Villnäs, A., Murray, C. (2015). Long-term temporal and spatial trends in eutrophication status of the Baltic Sea. *Biological Reviews*. DOI: 10.1111/brv.12221.
- Bogdał, A., Kowalik, T., Ostrowski, K., Skowron, P. (2016). Seasonal variability of physicochemical parameters of water quality on length of Uszwica River. *J. Ecol. Eng.*, 17(1), 161–170.
- Correll, D.L. (1998). The Role of Phosphorus in the Eutrophication of Receiving Waters: A Review. *J. Environ. Qual.*, 27, 261–266.
- Dąbrowska, J., Lejcuś, K., Kuśnierz, M., Czamara, A., Kamińska, J., Lejcuś, I. (2016). Phosphate dynamics in the drinking water catchment area of the Dobromierz Reservoir. *Desalination and Water Treatment*, DOI:10.1080/19443994.2016.1153524.
- Dąbrowska, J. (2008). Ocena zawartości związków azotu i fosforu w wodach rzeki Trzemny. *Infrastr. Ekol. Ter. Wiej.*, 7, 57–68.
- Domańska, M., Wiercik, P., Idzikowski, R. (2009). Problemy z uzdatnianiem wód zeutrofizowanych. *Przeł. Nauk. Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 3(45), 56–64.
- Dupas, R., Delmas, M., Dorioz, J.M., Garnier, J., Moatar, F., Gascuel-Oudou, Ch. (2015). Assessing the impact of agricultural pressures on N and P loads and eutrophication risk. *Ecol. Indic.*, 48, 396–407.
- GUS, Bank Danych Lokalnych, Główny Urząd Statystyczny, Dane wg stanu na 03.08.2016.
- Helsel, D.R., Hirsch, R.M. (2002). Statistical methods in water resources techniques of water Resources investigations. Book 4, Chapter A3. U.S. Geological Survey.
- Ji, Z.G. (2007). Hydrodynamics and water quality: modeling rivers, lakes, and estuaries. John Wiley & Sons, Inc., Nowy Jork.
- Kabziński, A.K.M., Grabowska, H., Cyran, J., Zawadzka, A., Macioszek, B., Szczukocki, D., Juszcak, R. (2008). Wpływ warunków środowiska wodnego na efektywność zakwitów sinicowych i wydajność biosyntezy mikroocystyn z grupy hepatotoksyn, Część II. wpływ czynników chemicznych. *Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus* 7(1), 45–62.
- Kaczorowska, Z. (1962). Opady w Polsce w przekroju wieloletnim, *Prace Geogr. PAN*, 33.

- Kaniuczak, J., Augustyn, Ł. (2011). Zawartość związków azotowych i fosforanów w wodach powierzchniowych przeznaczonych do zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia. *Inżyn. Ekol.*, 27, 46–59.
- Kanownik, W., Rajda, W. (2008). Źródła zanieczyszczenia wód powierzchniowych w zlewni potoku Sudół Dominikański. *Acta Sci. Pol., Formatio Circumictus*, 7(2), 3–14.
- Kanownik, W., Policht-Latawiec, A. (2015). Changeability of oxygen and biogenic indices in waters flowing through areas under various anthropopressures. *Pol. J. Environ. Stud.*, 24(4), 1633–1640.
- Kerr, J.G., Burford, M., Olley, J., Udy, J. (2011). Phosphorus sorption in soils and sediments: implications for phosphate supply to a subtropical river in southeast Queensland, Australia. *Biogeochemistry*, 102, 73–85.
- Kiedrzyńska, E., Kiedrzyński, M., Urbaniak, M., Magnuszewski, A., Skłodowski, M., Wyrwicka, A., Zalewski, M. (2014). Point sources of nutrient pollution in the lowland river catchment in the context of the Baltic Sea eutrophication. *Ecol. Engin.*, 70, 337–348.
- Lejcuś, K. (2004). Zmienność stężeń azotanów w warunkach silnej antropopresji w wodach rzeki Strzegomki i zbiornika Dobromierz. *Arch. Ochr. Środ.*, 30(4), 63–72.
- Łomotowski, J., Szpindor, A. (2002). *Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków*. Wydawnictwo Arkady, Warszawa.
- Macdonald, A.M., Edwards, A.C., Pugh, K.B., Balls, P.W. (1995). Soluble nitrogen and phosphorus in the River Ythan system, UK: Annual and seasonal trends. *Water Res.*, 29(3), 837–846.
- Miatkowski, Z., Smarzyńska, K. (2014). Dynamika zmian stężenia związków azotu w wodach górnej Zgłowiączki w latach 1990–2011. *Woda Środ. Obsz. Wiej.*, 14, 3(37), 99–111.
- Mihułka, A., Jagodzińska, A., Marzysz, M. (2009). *Poradnik metodyczny w zakresie PRTR dla instalacji do intensywnego chowu i hodowli drobiu*. ATMOTERM Inżynieria Środowiska Sp. z o.o. Warszawa.
- Orzepowski, W., Paruch, A.M., Pulikowski, K., Kowalczyk, T., Pokładek, R. (2014). Quantitative and qualitative assessment of agricultural water resources under variable climatic conditions of Silesian Lowlands (Southwest Poland). *Agr. Water Manag.*, 138, 45–54.
- Øygarden, L., Deelstra, J., Lagzdins, A., Bechmann, M., Greipsland, I., Kyllmar, K., Povilaitis, A., Iital, A. (2014). Climate change and the potential effects on runoff and nitrogen losses in the Nordic–Baltic region. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 198, 114–126.
- Robinson, Ch.S., Tetreault, G.R., McMaster, M.E., Servos, M.R. (2016). Impacts of a tertiary treated municipal wastewater effluent on the carbon and nitrogen stable isotope signatures of two darter species (*Etheostoma blennioides* and *E. caeruleum*) in a small receiving environment. *Ecol. Indic.*, 60, 594–602.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. *Dz.U.* z 2014 r., poz. 1482.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych. *Dz.U.* z 2002 r. Nr 241, poz. 2093.
- Skorbiłowicz, M., Ofman, P. (2014). Seasonal changes of nitrogen and phosphorus concentration in Supraśl River. *J. Ecol. Eng.*, 15(1).
- Solovey, T. (2008). Ocena potencjalnej eutrofizacji wód płynących w zlewni środkowej Wisły. *Woda Środ. Obsz. Wiej.*, 3, 1 (22), 323–336.
- Wiatkowski M., 2011. Influence of Mściwojow pre-dam reservoir on water quality In the water reservoir dam and below the reservoir. *Ecol. Chemist. Engin. A*, 18(2), 123–134.

CONTENT OF NITROGEN COMPOUNDS IN THE WATERS OF THE STRZEGOMKA RIVER ABOVE THE DOBROMIERZ RESERVOIR

Abstract. The study presents an analysis of changeability and trends for nitrogen compounds in the catchment of the Strzegomka River in the years 2000–2014. Tests were conducted in the cross-section above the Dobromierz Reservoir, which provides drinking water for the inhabitants of Świebodzice. The conducted analyses demonstrated that nitrogen compounds concentrations were characterised by high changeability. The main problem was the high concentration of nitrate nitrogen, which amounted, on the average, to $5.5 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$ in the research period. They contributed to the poor quality of the water in the Strzegomka River, and, together with high total nitrogen content, to its eutrophication. The lowest concentrations of nitrogen compounds were noted in the summer (total and nitrate nitrogen) and autumn (Kjeldahl and ammonium nitrogen), while the highest concentrations of all forms occurred in winter. The concentrations of total, nitrate and ammonium nitrogen in the analysed cross-section demonstrate a statistically confirmed decreasing tendency, while no significant trend was observed for Kjeldahl nitrogen.

Key words: nitrogen, nitrate, eutrophication, surface water, diffuse pollution, agricultural pollution

Zaakceptowano do druku – Accepted for print 1.09.2016

Do cytowań – For citation: Dąbrowska, J., Moryl, A., Kucharczak-Moryl, E., Żmuda, R., Lejcuś, I. (2016). Zawartość związków azotu w wodach rzeki Strzegomki powyżej zbiornika Dobromierz. *Acta. Sci. Pol., Formatio Circumiectus*, 15(3), 57–69.