

Maciej KOSTECKI, Witold NOCOŃ

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN
ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze
e-mail: kostecki@ipis.zabrze.pl, nocon@ipis.zabrze.pl

Rola płytkiego nizinnego zbiornika zaporowego w układzie „rzeka-zbiornik-rzeka”

Część I. Wybrane wskaźniki hydrochemiczne oraz bilans związków azotowych w zbiorniku Słupsko

Przedstawiono wyniki pierwszych hydrochemicznych badań utworzonego w 2003 roku nizinnego zbiornika zaporowego Słupsko (35,2 ha) i jego wpływ na kształtowanie jakości wody Potoku Toszeckiego jako cieku wypływającego ze zbiornika. Ze względu na czas retencji wynoszący 76 dni zbiornik Słupsko powinien być klasyfikowany jako limniczny. Z punktu widzenia odporności zbiornika na eutrofizację jest to czynnik niekorzystny.

Bilans azotu wykazał, że całkowity ładunek azotu doprowadzony do zbiornika w 2008 roku wyniósł 23 t N, a ładunek odprowadzony 16 t N, w tym do zbiornika wpłynęło 14,3, a odpłynęło 9,5 t azotu w formie azotanowej, w formie amonowej dopłynęło 4,5, a wypłynęło 2,5 t azotu. Odprowadzony ze zbiornika ładunek azotu organicznego był większy od doprowadzonego o 1,2 t N. Zbiornik wykazuje zdolność do zmniejszenia o 30% ładunku azotu w wodzie odpływającej.

Wskaźnik „niebezpieczny” zewnętrznego obciążenia powierzchniowego azotem jest przekroczony 2,5÷5-krotnie. Zmniejszają się stężenia oraz udziały mineralnych form azotu, wzrasta natomiast stężenie oraz udziały form organicznych tego pierwiastka. W zbiorniku następuje wzrost pH wody, średnio z ok. 7,5 do 8,6, szczególnie w okresie wiosenno-letnim. Wskazuje to na wysoki stopień trofii zbiornika. Dynamika zmian stężeń jonów chlorkowych, przewodnictwa właściwego, węgla organicznego oraz azotu organicznego i amonowego wskazuje na niekontrolowane zrzuty i odprowadzanie do wód potoku ścieków bytowo-gospodarczych z nieskanalizowanej zlewni Potoku Toszeckiego. Zbiornik wpływa stabilizująco w zakresie wyrównywania stężeń związków azotowych oraz pozostałych wskaźników jakości wody.

Słowa kluczowe: nizinny zbiornik zaporowy, jakość wody, bilans azotu

Wprowadzenie

Zbiornik Słupsko powstał w 2003 roku w wyniku przegrodzenia zaporą ziemną doliny Potoku Toszeckiego, który jest prawobrzeżnym dopływem rzeki Kłodnicy [1, 2]. Zadaniem zbiornika jest retencjonowanie wody w czasie wezbrań [3]. Powierzchnia zbiornika wynosi 35,2 ha, pojemność, przy normalnym piętrzeniu, wynosi 0,685 mln m³, a przy piętrzeniu maksymalnym 1,15 mln m³ wody. Utworzenie zbiornika Słupsko stanowi istotną zmianę w zlewni zbiornika Pławniowice. Zlewnia zbiornika Słupsko stanowi górną część zlewni zbiornika Pławniowice. Zbiornik Słupsko dzieli tę zlewnię na dwie prawie równe części. Z tego względu istotne jest określenie jego roli oraz możliwości w kształtowaniu jakości wody.

Oprócz tej głównej roli zbiornik Słupsko spełnia również funkcję „osadnika wstępnego” w zlewni zbiornika Pławniowice. Dotychczas jednak brak jest badań nad rolą, jaką odgrywa ten zbiornik w ochronie przed zanieczyszczeniem niżej położonego zbiornika pławniowickiego oraz jakim przemianom podlegają substancje biogenne w procesach wewnątrzbiornikowych.

W latach 2007-2008 prowadzono badania, których celem było określenie, w jaki sposób procesy wewnątrzbiornikowe wpływają na zmianę jakości wody zasilającej zbiornik Pławniowice, w szczególności, czy zbiornik Słupsko posiada możliwości kumulowania zanieczyszczeń, a tym samym zmniejszania ładunków zanieczyszczeń wprowadzanych do zbiornika Pławniowice. W oparciu o wyznaczone przepływy Potoku Toszeckiego w niniejszej pracy podjęto próbę klasyfikacji limnologicznej zbiornika. Wykonano również obliczenia pozwalające na określenie roli zbiornika Słupsko w kumulacji związków azotu.

1. Charakterystyka zlewni

Powierzchnia zlewni zbiornika Słupsko wynosi 55,2 km². Stanowi ona część zlewni Potoku Toszeckiego, zasilającego zbiornik [4, 5]. Brak jest danych na temat wielkości zlewni bezpośredniej zbiornika. Potok Toszecki wypływa na wysokości 270 m n.p.m. w miejscowości Gaj [5]. Do Potoku Toszeckiego uchodzą następujące dopływy: Potok Ligocki, Potok Płużniczka, rów z Poniszowic [1, 2, 4].

Zlewnia zbiornika Słupsko w profilu korony zapory stanowi około 50% zlewni zbiornika Pławniowice (104,2 km²). Zlewnie obu zbiorników znajdują się na obszarze makroregionu Wyżyny Śląskiej. Obejmuje on mezoregiony: w części zachodniej Chełmski, w środkowej i wschodniej Garb Tarnogórski, w południowo-wschodniej Górnośląski Okręg Przemysłowy. W zachodniej części mezoregionu Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego znajduje się mikroregion Działy Gliwickie. Jest to rozległa, falista równina, zbudowana z osadów miocenkich, plioceńskich i czwartorzędowych. Kulminacje terenu dochodzą do 250÷280 m n.p.m. i są związane z występowaniem skał wapieni triasowych. Teren ten przecinają doliny rzek Bierawki, Dramy i Kłodnicy oraz ich dopływy, w tym Potoku Toszeckiego [6-8]. Dwa występujące tutaj wododziały tworzą Działy Żernicki i Pyskowicki o przebiegu zgodnym z profilem podłużnym głównych dolin. Dział Pyskowicki zbudowany jest z piasków i glin silnie zwydmionych w okolicy Łabęd i Czechowic. Kulminacje na tym terenie dochodzą do 270 m n.p.m. [9-11].

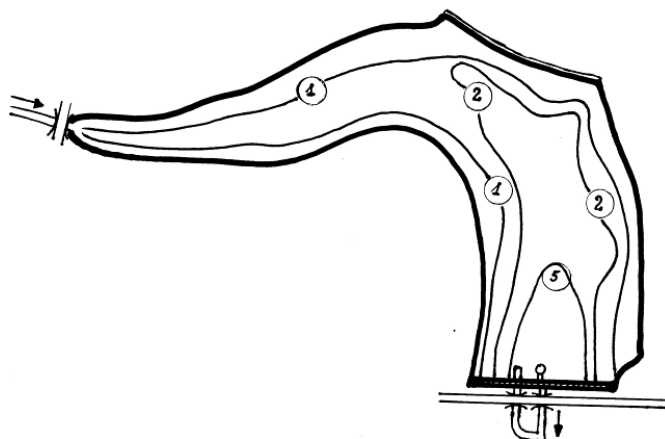
Pokrywa glebowa zlewni jest różnorodna, co ma związek ze znacznym zróżnicowaniem rzeźby terenu. Lasy stanowią 19,1% powierzchni zlewni, pozostałe tereny mają charakter rolniczy. W zlewni przeważają gleby średniej wartości użytkowej (klasy IVa, IVb). Są one wytworzone z glin zwałowych, madów oraz rędzin wzniesień triasowych. W części zachodniej mikroregionu występują gleby dobrej wartości użytkowej, powstałe z pyłów fluwioglacjalnych i glin zwałowych (Działy Gliwickie, Garb Laryszowski). W okolicy Dzierżna występują gleby słabe, wytworzone z piasków zwałowych i fluwioglacjalnych o strukturze piasków słabo gliniastych lub glin lekkich. Gleby te są ubogie w składniki pokarmowe i przewiewne. Mają one

strukturę piasków słabo gliniastych lub gliniastych lekkich (klasy IVb i V). Występują one w okolicy Dzierżna, Byciny i Pławniowic. Na pozostałym terenie występują głównie gleby pyłowe oraz rędziny wytworzone ze zwietrzliny wapieni i dolomitów triasowych. W szczytowych partiach wzniesień rędziny przeważnie brunatne są płytkie, część próchnicza na ogół z domieszką rumoszu skalnego. Glebom tym bardzo często towarzyszą suche piaski wapienne. Niższe partie wzniesień (stoki) pokrywają rędziny o nieco większej miąższości, lepszej strukturze warstwy próchnicznej oraz z niewielką ilością okruchów skalnych. Gleby te występują przeważnie w okolicach Toszka (klasy IVa i IVb) [5]. W dolinach rzecznych natomiast zalegają mady piaszczyste i lekkie, którym towarzyszą niekiedy gleby hydromorficzne [9-11]. Z punktu widzenia powstawania i wprowadzania do wód powierzchniowych w zlewni zbiornika zanieczyszczeń istotnymi elementami są: spływy powierzchniowe, nieuporządkowana gospodarka wodno-ściekowa oraz oczyszczalnia miejska miasta Toszek.

2. Charakterystyka morfometryczna zbiornika

Oś duża części zaporowej zbiornika zorientowana jest na kierunku zachód-wschód, następnie zwraca się w kierunku wschodnim. Część zaporowa jest najszersza, stopniowo zwęża się, zgodnie z ukształtowaniem terenu zalanej doliny Potoku Toszeckiego (rys. 1). Dane morfometryczne zbiornika przedstawiono w tabeli 1.

Lewy brzeg zbiornika (zgodnie z kierunkiem przepływu wody) jest otwarty, pozabawiony drzew i roślinności wysokiej. Teren przyległy do tego brzegu stanowią pola uprawne. Prawy brzeg zbiornika, od ujścia Potoku Toszeckiego do miejsca, w którym linia brzegowa kieruje się na zachód, jest pokryty krzewami i zaroślami. Występują tu także drzewa, w tym stare lipy i kasztany.



Rys. 1. Batymetria zbiornika Słupsko (badania własne); 1, 2, 5 - głębokość w metrach

W górnej części zbiornika występują skupiska roślinności naczyniowej, twardej, w tym trzciny (*Phragmites communis*), pałki wodnej (*Typha sp.*), turzyc (*Carex*).

Linia brzegowa zbiornika jest słabo rozwinięta (wsp. rozw. 0,55). Uwagę zwraca duża, jak na zbiornik o tej powierzchni, głębokość średnia (1,9 m). W części zapory głębokość zbiornika wynosi 5 m (tab. 1).

Tabela 1

Dane morfometryczne zbiornika Słupsko

Lp.	Wskaźnik	Jednostki	Wartość wskaźnika
1	Powierzchnia zlewni	km ²	55,2
2	Powierzchnia lustra wody: - piętrzenie normalne NPP - piętrzenie miarodajne maks. - piętrzenie kontrolne maks.	ha ha ha	35,2 48,0 58,0
3	Pojemność zbiornika: - piętrzenie normalne NPP - piętrzenie miarodajne maks. - piętrzenie kontrolne maks.	m ³ m ³ m ³	685 000 960 000 1150 000
4	Głębokość maksymalna	m	5,3
5	Głębokość średnia	m	1,9
6	Długość linii brzegowej	m	3800
7	Wsp. rozw. linii brzegowej	-	0,55
8	Oś duża zbiornika	m	1100
9	Oś mała zbiornika	m	350
10	Wsp. Schindlera	-	154
11	Długość zapory	m	472
12	Czas retencji - piętrzenie normalne NPP	dni	21÷76

3. Metodyka badań***Punkty pobierania próbek***

Wyznaczono dwa stanowiska pobierania próbek na Potoku Toszeckim: pierwsze - bezpośrednio powyżej zbiornika, drugie - bezpośrednio poniżej zbiornika. W 2007 roku wykonano 24, a w 2008 roku 27 serii pobrania próbek. W pobranych próbkach oznaczono pH, węgiel organiczny, stężenie jonów chlorkowych, przewodnictwo właściwe oraz związki azotu, w tym: azot amonowy, azotynowy, azotanowy, organiczny oraz azot ogólny będący sumą ww. form azotu. W 2008 roku w wyznaczonych punktach podczas pobierania próbek wykonywano także pomiar wielkości przepływu wody. Pomiar ten stanowił podstawę obliczenia wielkości ładunków związków azotu wprowadzanych i odprowadzanych ze zbiornika.

Metodyka oznaczania wskaźników hydrochemicznych

1. Azot amonowy oznaczano metodą miareczkową po destylacji - PN-ISO 5664:2002.
2. Azot azotynowy oznaczano metodą kolorymetryczną z kwasem sulfanilowym i 1-naftyloaminą - PN-73/C-04576/06.
3. Azot azotanowy oznaczano metodą spektrometryczną z 2,6-dimetylofenolem - ISO 7890-1:1986.
4. Azot organiczny - po usunięciu azotu amonowego próbkę mineralizowano i w destylacie oznaczano jon amonowy - PN-73/C-04576/11.

5. Chlorki oznaczano metodą miareczkową (metoda Mohra) - PN-ISO 9297:1994.
6. Odczyn oznaczano miernikiem wielofunkcyjnym, typ CX-401, firmy „Elmetron” (instrukcja użytkownika) - zgodnie z normą PN-90/C-04540/01 oraz akredytowaną procedurą badawczą.
7. Stężenie węgla organicznego oznaczano na autoanalyzerze Shimadzu TOC 5000A zgodnie z akredytowaną procedurą badawczą.
8. Przewodność elektryczną właściwą mierzono miernikiem wielofunkcyjnym, typ CX-401, firmy „Elmetron”, zgodnie z akredytowaną procedurą badawczą.

4. Wyniki badań

pH wody

Zmienność pH wody była w 2007 roku zdecydowanie większa niż w 2008 roku (rys. 2). W 2007 roku obserwowano skokowe zmiany pH wody zarówno powyżej (od pH 7,2 do 8,2), jak i poniżej zbiornika (od pH 7,5 do 8,7). W 2008 roku pH wody na dopływie wykazywało znacznie mniejszą dynamikę zmian (od pH 7,8 do 8,0) w ciągu roku niż wody poniżej zbiornika (od pH 7,7 do 8,6).

W okresie dwóch lat prowadzenia pomiarów pH wody dopływającej do zbiornika było wyraźnie niższe aniżeli w wodzie poniżej zbiornika. Zarówno w 2007 roku, jak i 2008 roku widoczne są trzy okresy podwyższonego pH wody odpływającej ze zbiornika. W 2007 roku pH wody wynoszące 8,3, następnie 8,7 stwierdzono w maju, czerwcu i sierpniu. W 2008 roku, pH wynoszące 8,6 stwierdzono w okresie od maja do końca czerwca, następnie w lipcu oraz we wrześniu. Wskazuje to na cykliczność okresów nasilenia procesów produkcji pierwotnej (rys. 2).

Węgiel organiczny

W pierwszej połowie roku, od lutego do czerwca, zawartość węgla organicznego w wodzie dopływającej do zbiornika zmniejszała się z 12 do 8 mgC/dm³. Była niższa od wartości stwierdzonych w wodzie potoku poniżej zbiornika, gdzie wynosiło od 16,5 do 9 mgC/dm³ (rys. 3).

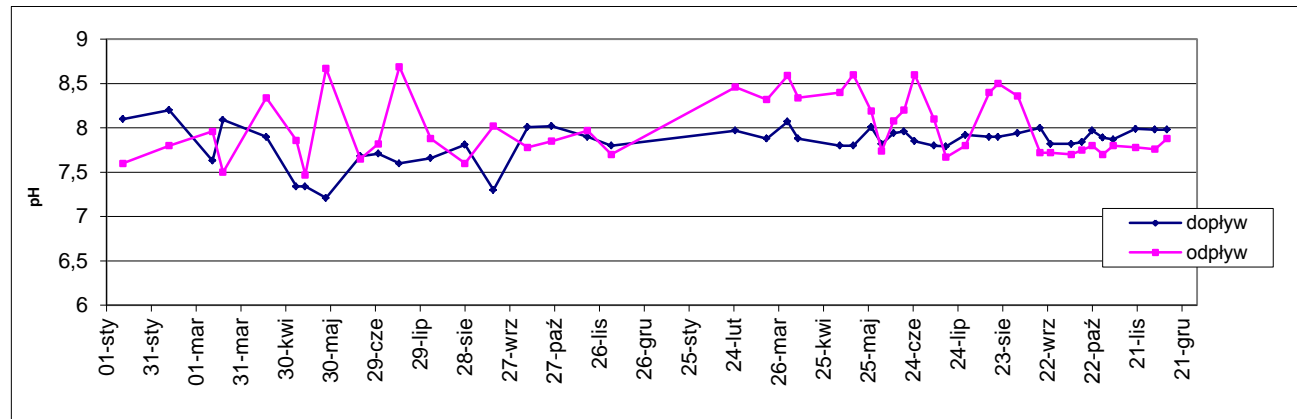
Od czerwca do października 2008 roku w wodzie dopływającej do zbiornika notowano wzrost stężeń węgla organicznego od 8 mgC/dm³ w czerwcu do 16 mgC/dm³ w październiku. Także w wodzie odpływającej ze zbiornika obserwowano stopniowy wzrost zawartości węgla organicznego, z 10 do 14 mgC/dm³.

Stężenie jonów chlorkowych

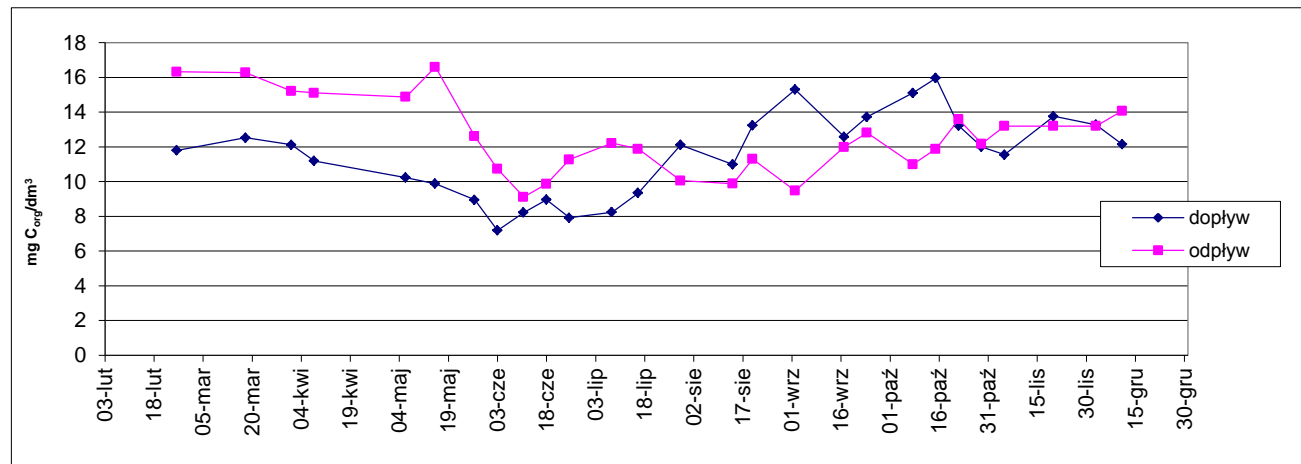
Stężenie jonów chlorkowych w wodzie Potoku Toszeckiego powyżej zbiornika Słupsko było w 2008 roku wyraźnie wyższe aniżeli w wodzie tego cieku poniżej zbiornika (rys. 4). W wodzie Potoku Toszeckiego powyżej zbiornika stężenie jonów chlorkowych zmieniało się od 35 do 85 mgCl/dm³; w wodzie potoku poniżej zbiornika od 32 do 52 mgCl/dm³.

Przewodnictwo właściwe

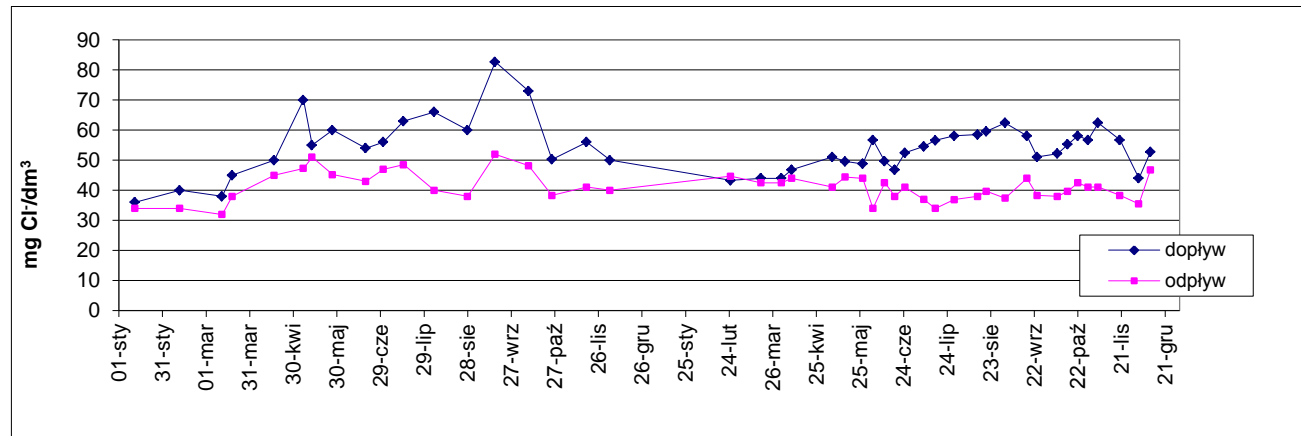
Przewodnictwo właściwe wody Potoku Toszeckiego powyżej zbiornika Słupsko w latach 2007-2008 zmieniało się od 400 do 800 μS/cm, a w wodzie potoku poniżej zbiornika od 500 do 695 μS/cm (rys. 5).



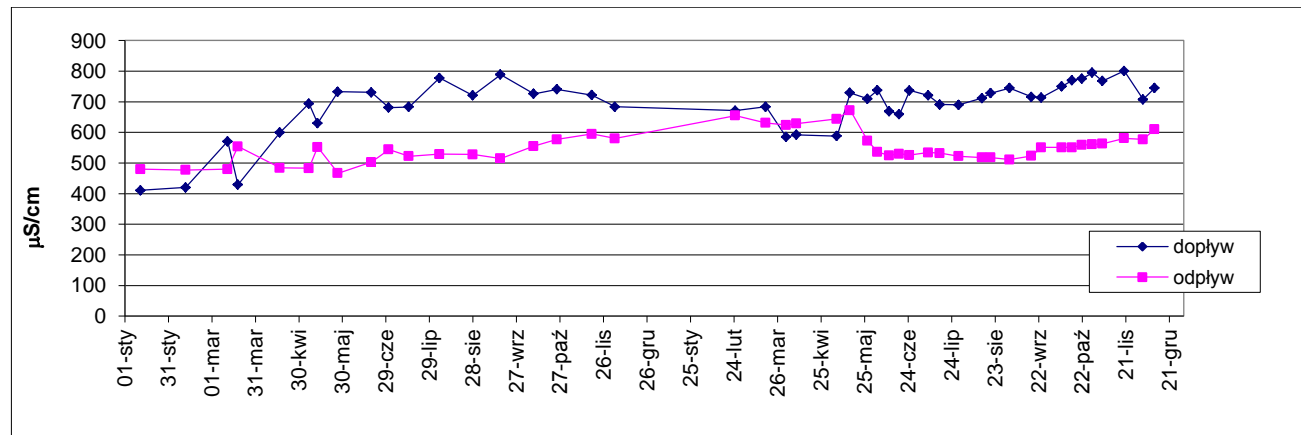
Rys. 2. pH wody powyżej i poniżej zbiornika Slupsko w latach 2007-2008



Rys. 3. Stężenie węgla organicznego w wodzie dopływającej i odpływającej ze zbiornika Slupsko w 2008 r.



Rys. 4. Stężenie jonów chlorkowych w wodzie dopływającej i odpływającej ze zbiornika Slupsko w latach 2007-2008



Rys. 5. Zmiany przewodności właściwej wody dopływającej i odpływającej ze zbiornika Slupsko w latach 2007-2008

Stężenia związków azotowych w wodzie dopływającej do zbiornika

Dominującą formą azotu w wodzie zasilającej zbiornik Słupsko był azot azotanowy (rys. 6). Uwagę zwracają przede wszystkim wysokie stężenia azotu azotanowego w okresie zimowo-wiosennym, wynoszące w 2007 roku od 3 do 9,5 mgN-NO₃⁻/dm³, oraz od 5 do 9 mgN-NO₃⁻/dm³ wiosną w 2008 roku. Biorąc pod uwagę okres, w którym te stężenia stwierdzono, można zauważyć, że są to wartości charakterystyczne dla okresu nasilonych opadów jesienią oraz dla wiosennych roztopów.

Silna dynamika zmian azotu azotanowego może wskazywać na korzystne warunki tlenowe w wodzie potoku. Natomiast spadki stężeń, zwłaszcza w miesiącach letnich, wskazują na okresowe pogarszanie się tych warunków, co może wynikać z niskich wartości przepływów w tym czasie. W maju 2008 roku obserwowano szybki spadek stężeń azotanów z 8 do 2 mgN-NO₃⁻/dm³. Stężenie wynoszące od 2 do 4 mgN-NO₃⁻/dm³ utrzymywało się w wodzie Potoku Toszeckiego do końca roku.

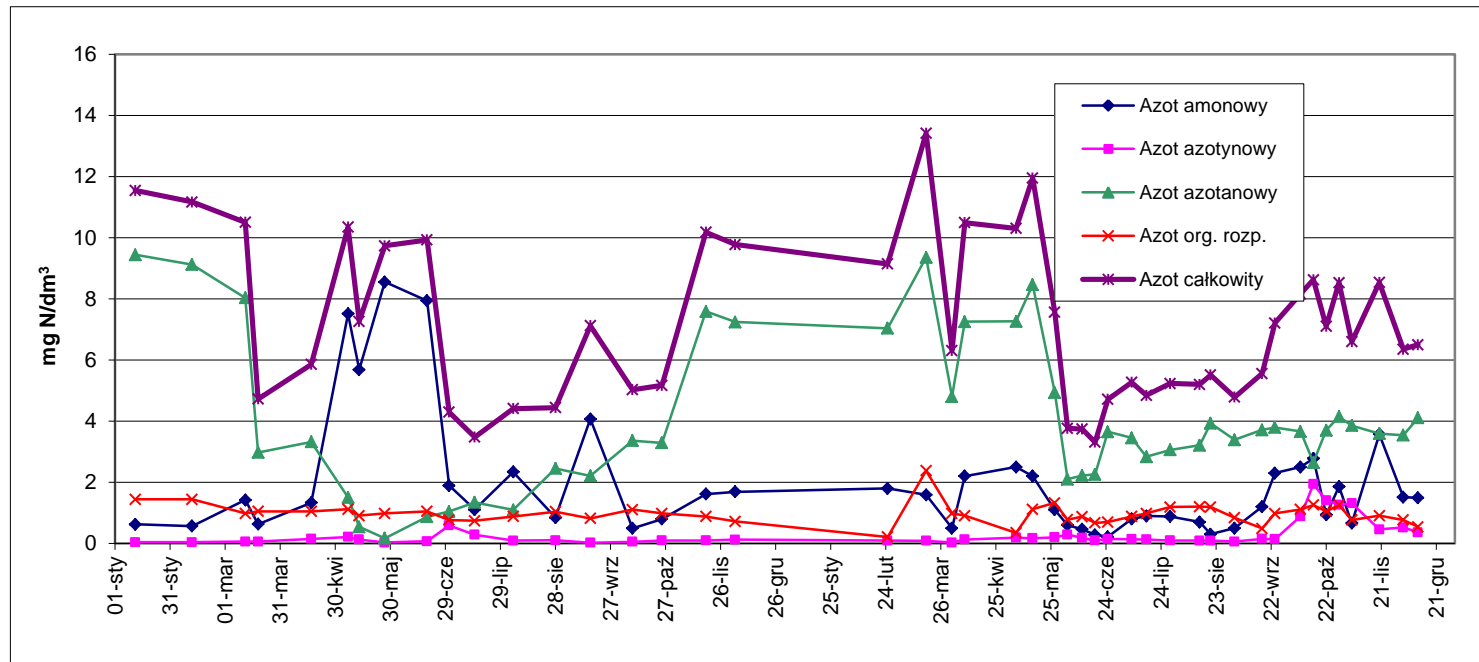
W okresie od maja do końca czerwca 2007 roku obserwowano gwałtowny wzrost stężenia azotu amonowego, od 1,4 mgN-NH₄⁺/dm³ w kwietniu do 7,6 mgN-NH₄⁺/dm³ w maju oraz 8,4 mgN-NH₄⁺/dm³ w ostatnich dniach czerwca (rys. 6). Istotny wzrost, do 4 mgN-NH₄⁺/dm³, stwierdzono też we wrześniu 2007 roku.

W okresie od października 2007 do końca maja 2008 roku przebieg zmian stężeń azotu amonowego podobny był do zmian stężeń azotu azotanowego. Od połowy października obserwowano wzrost stężenia z 0,6 do 1,9 mgN-NH₄⁺/dm³ w grudniu i styczniu, następnie spadek do 0,3 mgN-NH₄⁺/dm³ w kwietniu. Kolejny wzrost nastąpił w kwietniu i maju 2008 roku, do 2,2 mgN-NH₄⁺/dm³, po czym obserwowano tendencję spadkową do osiągnięcia 0,1 mgN-NH₄⁺/dm³ w połowie czerwca 2008 r.

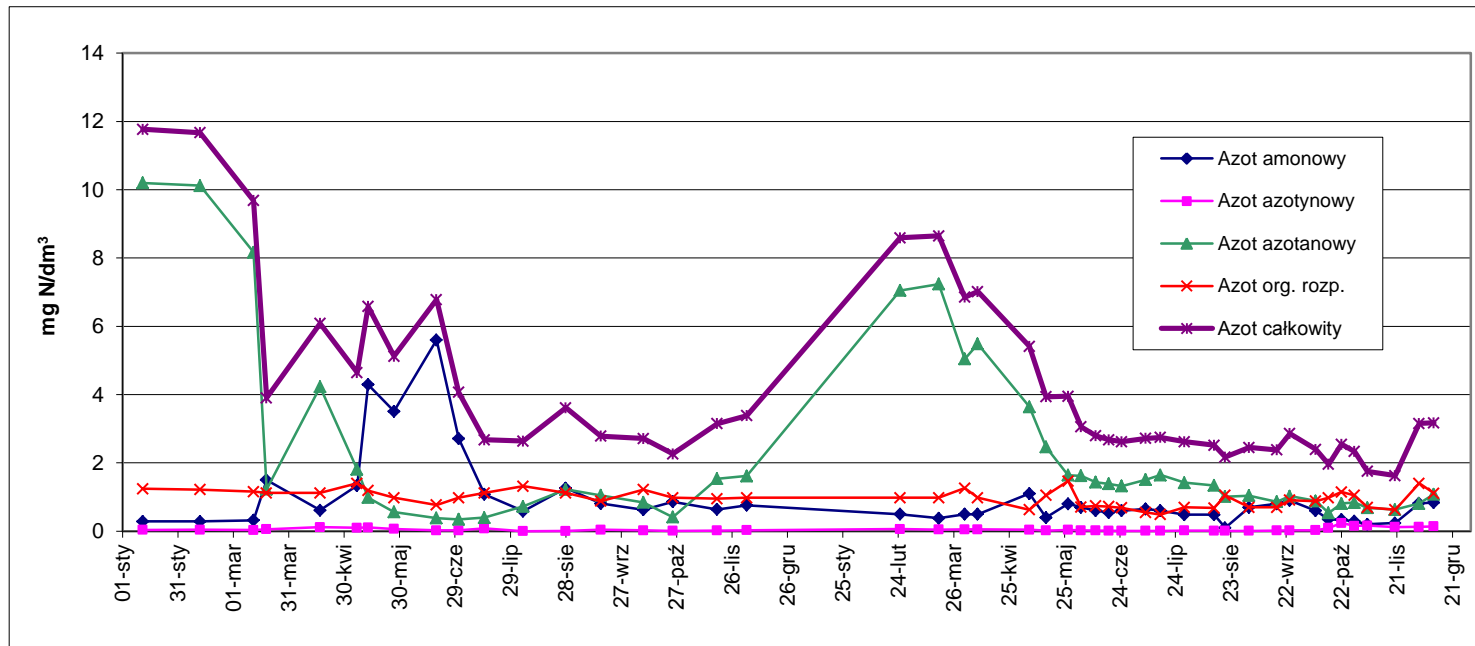
Dynamika zmian stężeń azotu amonowego była w 2007 roku zdecydowanie silniejsza aniżeli w 2008 roku. Obserwowane nagłe wzrosty stężeń azotu amonowego wskazują na zrzuty nieczyszczonych ścieków bytowo-gospodarczych.

W okresie zimowo-wiosennym, od stycznia do marca 2007 roku, obserwowano spadek stężenia całkowitej ilości azotu w wodzie dopływającej do zbiornika, z 11,5 mgN/dm³ w styczniu do 5,5 mgN/dm³ w marcu. Ponowny wzrost stężenia azotu ogólnego nastąpił od maja do końca czerwca. Miało to wyraźny związek ze wzrostem stężenia azotu amonowego (rys. 6).

Dynamika zmian stężeń azotu azotanowego była słaba. Stężenia tej formy azotu występowały przeważnie w granicach od 0,02 do 0,2 mgN-NO₂⁻/dm³. Niemniej, kilkakrotnie odnotowano stężenia podwyższone. W lipcu 2007 roku zanotowano 0,4 mgN-NO₂⁻/dm³. Największy wzrost stężenia azotanów stwierdzono w październiku i listopadzie 2008 roku. W tym czasie stężenie tej formy azotu wynosiło odpowiednio 2 i 1,2 mgN-NO₂⁻/dm³. Ponieważ w tym czasie miał miejsce wzrost stężenia azotu amonowego, może to świadczyć o zrzucie nieczyszczonych ścieków gospodarczych.



Rys. 6. Stężenia związków azotowych w wodzie dopływającej do zbiornika Słupsko w latach 2007-2008



Rys. 7. Stężenia związków azotowych w wodzie odpływającej ze zbiornika Słupsko w latach 2007-2008

W 2007 roku najwyższe stężenia azotu ogólnego, od 10 do 12 mgN/dm³, zanotowano w styczniu i lutym, następnie od 10 do 14 mgN/dm³ w listopadzie i grudniu. W kwietniu odnotowano spadek stężenia azotu ogólnego do 6 mgN/dm³, po czym od maja do lipca ponownie nastąpił wzrost do około 8,5 mgN/dm³. W 2008 roku najwyższe stężenia, od 10 do 12 mgN/dm³, stwierdzono w okresie od marca do końca maja. O okresie obu lat stężenie azotu ogólnego wzrastało od wiosny do jesieni. Zmniejszenie stężenia azotu ogólnego wiosną wynikało ze zmniejszenia się stężeń azotu azotanowego, natomiast wzrost stężenia w okresie lata wynikał ze wzrostu stężenia azotu amonowego (rys. 6).

Stężenia związków azotowych w wodzie odpływającej ze zbiornika

W wodzie Potoku Toszeckiego poniżej zbiornika Słupsko dominującą formą azotu, zarówno w 2007, jak i 2008 roku, był azot azotanowy. Najwyższe stężenia zanotowano w obu latach na przełomie zimy i wiosny (rys. 7).

Od stycznia do maja 2007 roku stężenie azotu azotanowego zmniejszyło się z 10,1 do 0,5 mgN-NO₃⁻/dm³. W ciągu całego roku stężenie azotanów zmieniało się w niewielkich granicach, od 0,2 do 1,2 mgN-NO₃⁻/dm³. Gwałtowny wzrost stężenia azotu azotanowego, do 7,8 mgN-NO₃⁻/dm³, odnotowano w styczniu 2008 roku. Podobnie jak w 2007 roku, od stycznia obserwowano stopniowy spadek stężenia tej formy azotu do 1,8 mgN-NO₃⁻/dm³ pod koniec maja. Od wiosny do jesieni 2008 roku stężenie azotanów w wodzie Potoku Toszeckiego wynosiło od 0,8 do 1,8 mgN-NO₃⁻/dm³. Były to stężenia zdecydowanie wyższe aniżeli w 2007 roku, wskazujące na dobre warunki tlenowe w wodzie potoku (rys. 7).

W okresie od połowy maja do końca czerwca 2007 roku w wodzie Potoku Toszeckiego poniżej zbiornika zanotowano nagły wzrost stężenia azotu amonowego, podobny do opisanego w wodzie potoku powyżej zbiornika, do wartości 4 mgN-NH₄⁺/dm³ w maju i 5,8 mgN-NH₄⁺/dm³ w czerwcu.

W wodzie potoku poniżej zbiornika Słupsko stężenie azotu azotanowego obniża się, ale jest to różnica niewielka. Natomiast wyraźnie widoczne jest, zwłaszcza w okresie letnim, zmniejszenie stężenia azotu amonowego. W wodzie dopływającej do zbiornika stwierdzono od 6 do 8 mgN-NH₄⁺/dm³, a w wodzie poniżej zbiornika od 4 do 5,8 mgN-NH₄⁺/dm³.

W latach 2007 i 2008 stężenie azotanów obniżało się stopniowo z około 2 mgN-NO₃⁻/dm³ w maju do wartości około 0,5 mgN-NO₃⁻/dm³ w listopadzie. W tym czasie nie notowano wzrostu stężenia azotu amonowego.

W 2008 roku stężenie azotu amonowego w wodzie poniżej zbiornika było bardziej wyrównane niż w 2007 roku. Nie notowano wzrostów stężenia, mogących wskazywać na zrzuty ścieków bytowo-gospodarczych. Podobnie stabilnie kształtowały się zmiany stężeń azotu organicznego, zachodzące w granicach od 0,4 do 1,6 mgN/dm³. Przedstawione zmiany wskazują na stabilizującą rolę zbiornika Słupsko w zakresie wyrównywania stężeń związków azotowych.

5. Bilans związków azotowych

Bilans zanieczyszczeń, tj. porównanie wielkości ładunków wprowadzanych i odprowadzanych ze zbiornika, pozwala najlepiej określić rolę zbiornika w kształ-

towaniu jakości wody [4, 12, 13]. Podstawą dla sporządzenia bilansu miogenów jest bilans hydrologiczny [4, 14, 15]. Bilans związków sporządzono, opierając się na średniorocznych stężeniach poszczególnych wskaźników jakości wody oraz średniorocznych wielkościach przepływów.

Bilans wodny

Potok Toszecki, zasilający oba zbiorniki, nie jest monitorowany pod względem hydrologicznym. Dla celów projektowych wielkości przepływów średnich i niskich obliczono wzorami Iszkowskiego, a przepływy wielkie wzorami Lambora [1, 16, 17].

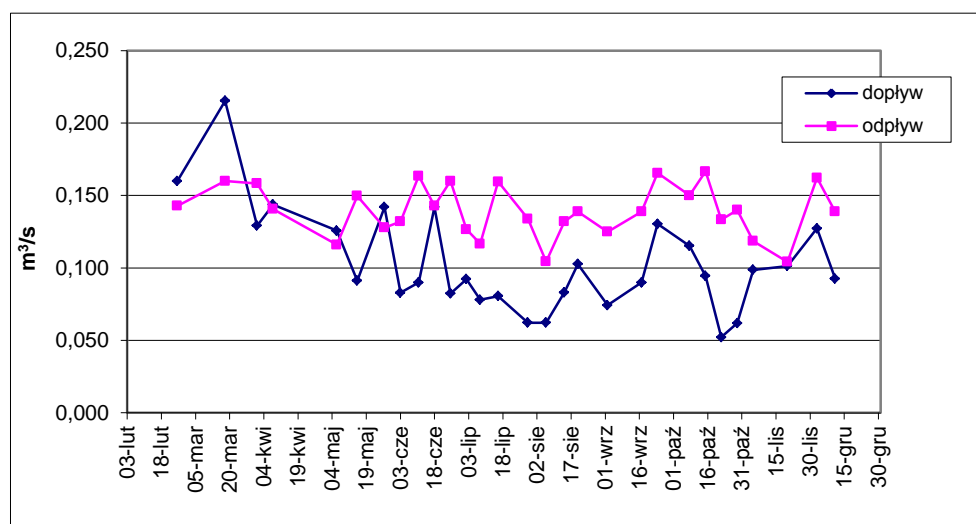
W tabeli 2 przedstawiono teoretyczne wielkości przepływów Potoku Toszecznego w profilu zapory zbiornika zaporowego Słupsko.

Tabela 2

Wielkości przepływów Potoku Toszecznego w profilu zapory zbiornika Słupsko

Lp.	Przepływ	Wielkość przepływu Q, m ³ /s	Spływ jednostkowy q, l/s/km ²
1	Najniższy Q ₀	0,055	1,00
2	Średni niski Q ₁	0,108	1,95
3	Normalny Q ₂	0,190	3,45
4	Średni roczny Q _{sr}	0,382	6,58

Dla zweryfikowania danych hydrologicznych oraz w celu uzyskania danych do obliczeń ładunków zanieczyszczeń w czasie pobierania próbek wody w 2008 roku wykonano 27 pomiarów wielkości przepływu wody w Potoku Toszecznym powyżej i poniżej zbiornika Słupsko (rys. 8).



Rys. 8. Wielkości przepływów na dopływie i odpływie ze zbiornika Słupsko w 2008 r.

W przekroju pomiarowym na dopływie do zbiornika wielkość przepływu zmieniała się w granicach od 0,052 do 0,215 m³/s. W przekroju poniżej zbiornika wielkość przepływu wynosiła od 0,104 do 0,167 m³/s.

Średnioroczny przepływ na dopływie wynosił 0,104 m³/s i był mniejszy od przepływu poniżej zbiornika, który wynosił 0,140 m³/s.

Tabela 3

Wielkości przepływów na dopływie i odpływie zbiornika Słupsko w 2008 r.

Punkt pomiaru	min.	maks.	średnia	SD	wsp. zmienn.
Dopływ, m ³ /s	0,052	0,215	0,104	0,035	0,340
Odpływ, m ³ /s	0,104	0,167	0,140	0,018	0,129

Obliczono, że w ciągu 2008 roku do zbiornika Słupsko dopłynęło 3,3 mln m³ wody, a odpłynęło 4,4 mln m³ wody. Różnicę tę należy tłumaczyć występowaniem spływów powierzchniowych ze zlewni bezpośredniej zbiornika. Jak widać, zbiornik wpływa stabilizująco na wielkość przepływów wody odpływającej.

Warto zwrócić uwagę na to, iż wyniki pomiarów wielkości przepływów wykonanych w trakcie badań odbiegają od danych zawartych w dokumentacji projektowej. Uzyskane dla 2008 roku wyniki są niższe ponad 2-krotnie od danych technicznych [1, 16, 17].

Stwierdzone rozbieżności każą zupełnie inaczej rozpatrywać potencjalne właściwości zbiornika ze względu na procesy samooczyszczania.

Przyjmując dane z dokumentacji technicznej, obliczone teoretycznie, otrzymujemy:

Pojemność zbiornika: 685 000 m³

Przepływ dobowy: 33005 m³/d

Czas retencji: 21 dni

Natomiast przyjmując wyniki pomiarów własnych, otrzymano:

Pojemność zbiornika: 685 000 m³

Przepływ dobowy: 8986 m³/d

Czas retencji: 76 dni

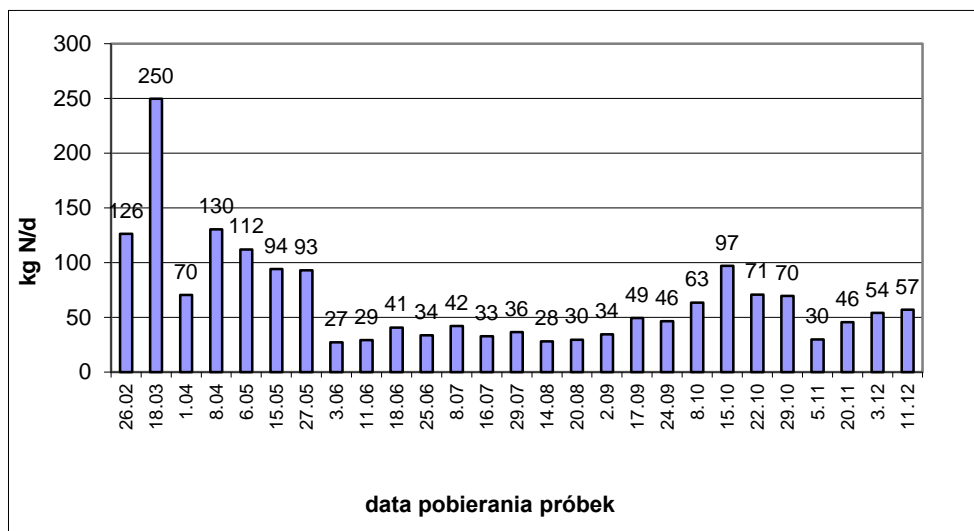
Jest to prawie 4-krotnie dłuższy czas retencji niż to wynika z obliczeń teoretycznych. Obliczenia te zmieniają klasyfikację zbiornika pod względem intensywności wymiany wody.

Przy obliczonym teoretycznie średniorocznym przepływie 0,385 m³/s w zbiorniku woda będzie wymieniana 17 razy w ciągu roku, co klasyfikuje zbiornik jako reolimniczny. Natomiast wykonane pomiary hydrologiczne wykazały, że wymiana wody w zbiorniku następuje 5 razy w ciągu roku, co klasyfikuje zbiornik jako limniczny, co oznacza, że jest on znacznie bardziej zagrożony i podatny na degradację, niż by to wynikało z danych projektowych.

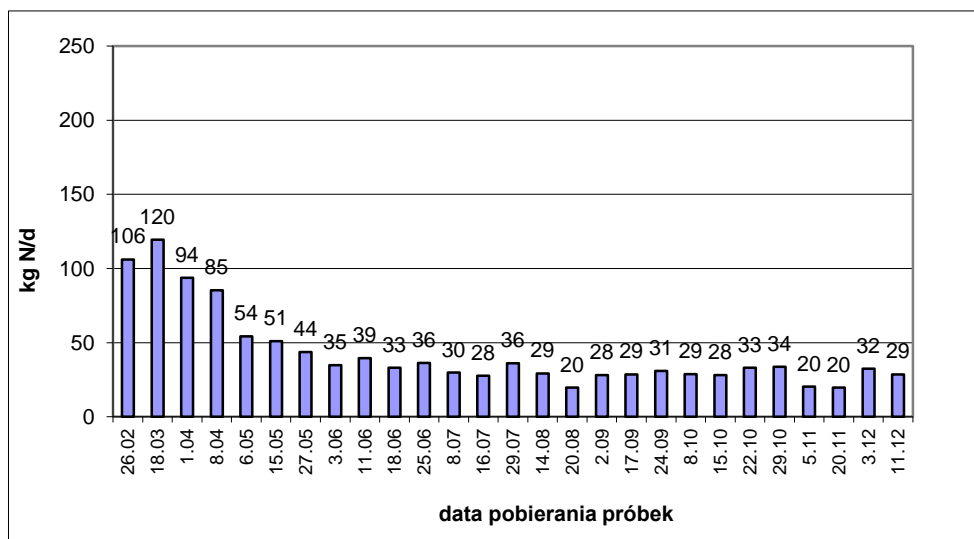
Ładunki związków azotowych

Z punktu widzenia zewnętrznego obciążenia powierzchniowego zbiornika wodnego ładunkiem azotu istotna jest wielkość ładunków azotu ogólnego [4, 5, 12, 18].

W 2008 roku, w wodzie dopływającej do zbiornika, wielkość ładunków dobowych azotu ogólnego zmieniała się od 27 do 250 kgN/d (rys. 9). Największe ładunki, wynoszące od 70 do 250 kgN/d, występowały w okresie od lutego do końca maja. W okresie od początku czerwca do pierwszych dni września wielkość dobowych ładunków azotu była bardzo wyrównana i wynosiła od 27 do 42 kgN/d. Ponowny wzrost dobowych ładunków azotu obserwowano od końca września do końca października. W tym okresie wielkość ładunków azotu wyniosła od 46 do 97 kgN/d.



Rys. 9. Wielkość dobowych ładunków azotu ogólnego, dopływających do zbiornika Słupsko w 2008 r.



Rys. 10. Wielkość dobowych ładunków azotu ogólnego, odpływających ze zbiornika Słupsko w 2008 r.

W wodzie Potoku Toszeckiego poniżej zbiornika dobowe ładunki azotu wynosiły od 20 do 120 kg N/d (rys. 10). Także i w przypadku ładunków odpływających ze zbiornika największe wartości odnotowano w okresie zimowo-wiosennym. Od lutego do końca maja wielkość ładunków wynosiła od 120 do 44 kgN/d. Przez pozostałą część roku ładunki dobowe wynosiły od 20 do 39 kgN/d i wykazywały znacznie mniejszą zmienność.

Ogólny bilans ładunków związków azotowych wykazał, że w 2008 roku do zbiornika wpłynęło 4,5 t azotu w formie amonowej, a wypłynęło 2,5 t. W wyniku przemian ładunek tej formy azotu zmniejszył się o 2 t. Z doprowadzonego do zbiornika ładunku 1,4 t azotu azotanowego ze zbiornika odpłynęło 0,3 t.

Tabela 4

Bilans ładunków związków azotowych wprowadzonych i odprowadzonych ze zbiornika Słupsko w 2008 roku

Wskaźnik	Ładunek doprowadzony Mg/rok	Ładunek odprowadzony Mg/rok	Różnica		% ładunku wprowadzonego
			Ładunek zatrzymany w zbiorniku Mg/rok	Ładunek wyprowadzony poza zbiornik Mg/rok	
azot amonowy	4,5	2,5	2	-	44
azot azotanowy	1,4	0,3	1,1	-	79
azot azotanowy	14,3	9,5	4,8	-	34
azot organiczny	3,2	4,4	-	1,2	38
azot ogólny	23,2	16,1	7,1	-	31

Ładunek azotu azotanowego doprowadzony do zbiornika wyniósł w 2008 roku 14,3 t N, a ładunek odprowadzony 9,5 t N. Odprowadzony ze zbiornika ładunek azotu organicznego był większy od doprowadzonego o 1,2 t N. Całkowity ładunek azotu doprowadzony do zbiornika w 2008 roku obliczono na 23,2 t N, a ładunek odprowadzony na 16,1 t N. Zatem w wyniku procesów zachodzących w zbiorniku zatrzymanych zostało 7,1 t N.

Podsumowanie

Prowadzone badania wykazały, że wpływ zbiornika Słupsko na zmiany jakości wody Potoku Toszeckiego nie jest jednoznaczny. Stwierdzono, że wielkości przepływów Potoku Toszeckiego są ponad 3-krotnie mniejsze od wykazywanych w dokumentacji projektowej zbiornika. Różnice mogą wynikać z cyklicznych zmian wielkości opadów atmosferycznych w wieloletniu. Niemniej, z punktu widzenia procesów wewnątrzbiornikowych jest bardzo istotne, czy w ciągu roku ma miejsce 17-krotna wymiana wody, czy jest to tylko 5 wymian.

Procesy wewnątrzbiornikowe wpływają na zmianę jakości wody Potoku Toszeckiego [5, 16]. Następuje wzrost pH wody, a stwierdzone wartości pH są cha-

rakterystyczne dla zbiorników o podwyższonym stopniu troficzności [18, 20]. Cykliczność zmian pH wskazuje na okresy nasilenia produkcji pierwotnej w zbiorniku [13, 18].

Stwierdzone wartości stężeń jonów chlorkowych nie są wysokie, natomiast zmienność wskazuje na prawdopodobne oddziaływanie punktowych źródeł jonów chlorkowych występujących w zlewni [4, 9, 16]. Jednocześnie widoczny jest wyrównujący wpływ zbiornika na wielkość stężenia omawianego wskaźnika.

Należy przypuszczać, że niższe stężenia jonów chlorkowych w wodzie Potoku Toszeckiego poniżej zbiornika są spowodowane doprowadzeniem pewnej ilości wody o niższej zawartości chlorków ze spływów powierzchniowych zlewni bezpośredniej zbiornika. Ponieważ w zlewni bezpośredniej zbiornika Słupsko nie ma żadnych osiedli ludzkich ani zabudowań gospodarskich, potwierdza to rolę punktowych źródeł zanieczyszczeń w zlewni powyżej zbiornika.

Zmiany przewodnictwa właściwego wody powyżej i poniżej zbiornika potwierdzają spostrzeżenia poczynione w przypadku jonów chlorkowych. Należy także zauważyć, że przewodnictwo właściwe wody powyżej zbiornika Słupsko wykazywało w latach 2007-2008 tendencję wzrostową. Widoczny jest także wpływ zbiornika zarówno na obniżenie, jak i na ustabilizowanie wartości omawianego wskaźnika.

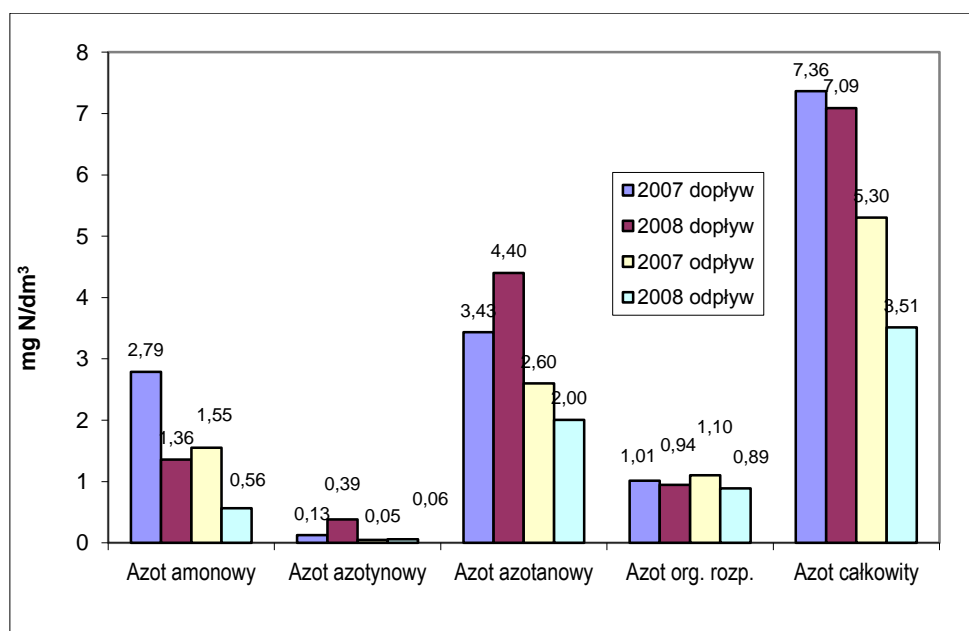
Przebieg zmian stężeń węgla organicznego wskazuje na rolę Potoku Toszeckiego jako źródła zanieczyszczeń organicznych, szczególnie w okresie zimowo-wiosennym, a następnie letnio-jesiennym. Stężenie węgla organicznego w wodzie odpływającej ze zbiornika w okresie letnim było mniejsze niż w wodzie dopływającej, co wskazuje na zdolność zbiornika Słupsko do zatrzymywania pewnej części zanieczyszczeń organicznych w zbiorniku.

W wodzie zasilającej zbiornik dominującą formą azotu jest azot azotanowy. Najwyższe stężenia azotu azotanowego występowały w okresie zimowo-wiosennym. Wysokie stężenia azotanów zimą i wiosną są skutkiem wymywania tej formy azotu z gleb zlewni [4, 9, 16, 20]. Za źródło znacznych ładunków azotanów uważana jest także pokrywa śnieżna, kumulująca zanieczyszczenia pochodzące z opadów atmosferycznych przez kilka miesięcy [4, 9, 20]. Ładunki te są następnie wprowadzane do wód powierzchniowych w czasie roztopów [21].

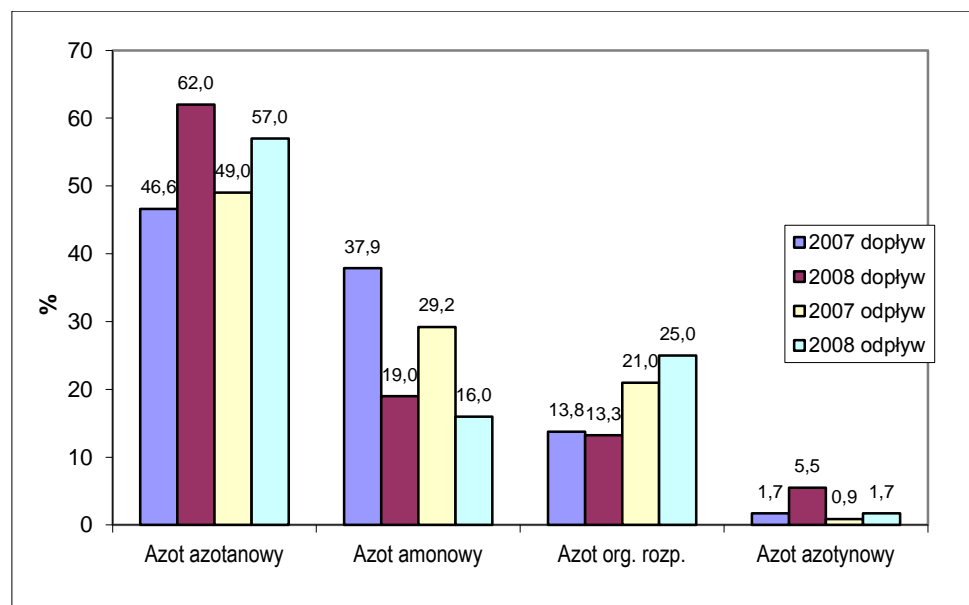
W 2007 roku średnioroczne stężenie azotu amonowego na dopływie i odpływie ze zbiornika było wyższe niż w 2008 roku. Średnioroczne stężenie azotu azotanowego i azotanowego było wyraźnie wyższe w 2008 roku w wodzie zasilającej zbiornik, niższe natomiast w wodzie odpływającej ze zbiornika. Wyraźnie wyrównane natomiast były stężenia azotu organicznego (rys. 11).

Średnioroczne stężenie azotu ogólnego w wodzie dopływającej do zbiornika w latach 2007 i 2008 było zbliżone, natomiast w wodzie potoku poniżej zbiornika w 2008 roku było wyraźnie niższe.

Wpływ retencji w zbiorniku Słupsko na zmianę struktury wody pod względem zawartości związków azotowych przedstawiono na podstawie zmian średnich wartości udziałów poszczególnych form azotu w wodzie powyżej i poniżej zbiornika w odniesieniu do jego całkowitej zawartości (rys. 12).



Rys. 11. Średnie stężenia związków azotowych w wodzie dopływającej i odpływającej ze zbiornika Slupsko w latach 2007 i 2008



Rys. 12. Udział związków azotowych w całkowitej zawartości azotu w wodzie dopływającej i odpływającej ze zbiornika Slupsko w latach 2007 i 2008 (wartości średnie)

W wyniku przemian wewnątrzbiornikowych, zarówno w 2007, jak i 2008 roku, udział azotu azotanowego wzrastał odpowiednio z 47 i 49% w wodzie dopływającej do zbiornika, do 62 i 57% w wodzie odpływającej ze zbiornika. Podob-

nią prawidłowość stwierdzono dla azotynów, których udział w wodzie poniżej zbiornika wzrastał z 1,7 i 0,9% do 6 i 1,7%. Udział azotu amonowego zmniejszał się z 32 i 29% w wodzie dopływającej do 19 i 16% w wodzie odpływającej ze zbiornika. Średni udział azotu organicznego w wodzie dopływającej do zbiornika wynosił w kolejnych latach 14 i 21%, a w wodzie odpływającej 13 i 25%. Był więc najbardziej wyrównany.

Z tego wynika, że intensywnie wykorzystywane do produkcji biomasy są mineralne formy azotu. Zastanawia także wyraźny wzrost udziału azotu organicznego w 2008 roku.

Dynamika zmian stężeń azotu organicznego i amonowego, nagłe wzrosty, a następnie spadki stężeń wskazują na niekontrolowane zrzuty i odprowadzanie do wód potoku ścieków bytowo-gospodarczych. Prawdopodobnie ma to związek z brakiem kanalizacji w zlewni Potoku Toszeckiego.

Na stanowisku poniżej zbiornika dominacja azotu azotanowego oraz dynamika zmian formy amonowej była zdecydowanie słabsza niż na dopływie do zbiornika. Przedstawione zmiany wskazują na stabilizującą rolę zbiornika Słupsko w zakresie wyrównywania stężeń związków azotowych.

Wskaźnikiem informującym o zagrożeniu eutrofizacją jest zewnętrzne obciążenie powierzchniowe [17, 19]. Wskaźnik ten określa ilość azotu lub fosforu, wprowadzaną na powierzchnię 1m^2 lustra wody w ciągu roku ($\text{g}/\text{m}^2/\text{rok}$). Uwzględniając krotności wymiany w ciągu roku, otrzymujemy tzw. obciążenie hydrauliczne. Ze względu na różnice w bilansie wodnym zbiornika, w poszczególnych latach, obciążenie hydrauliczne precyzyjniej oddaje zagrożenie zbiornika eutrofizacją.

Sporządzenie bilansu zanieczyszczeń w zbiorniku, rozumianego jako porównanie wielkości ładunków wprowadzanych do zbiornika z ładunkami odprowadzanymi, uważany jest za właściwy sposób określenia roli zbiornika jako reaktora kształtującego jakość wody [4, 14, 21-23]. Zbiornik Słupsko przyjmuje znaczne, w stosunku do swojej wielkości i głębokości, ładunki azotu. Całkowity ładunek azotu doprowadzony do zbiornika w 2008 roku obliczono na 23,2 t N, a ładunek odprowadzony na 16,1 t N. Zatem w wyniku procesów zachodzących w zbiorniku zatrzymanych zostało 7,1 t N. Największy ładunek stanowił azot w formie azotanowej. Ładunek azotanów doprowadzony do zbiornika wyniósł w 2008 roku 14,3 t N, a ładunek odprowadzony 9,5 t N. W zbiorniku zatrzymanych zostało prawie 5 t azotu azotanowego. Natomiast wyprowadzony ze zbiornika ładunek azotu organicznego był większy od doprowadzonego o 1,2 t N.

W przypadku utworzenia na jednym cieku kilku zbiorników zaporowych należy liczyć się ze zmianą jakości wody na poszczególnych odcinkach cieku. Na ogół poniżej zbiorników stwierdzano obniżenie stężenia biogenów [24].

Zbiornik Słupsko z uwagi na odległość (ok. 7 km) jest dla zbiornika Pławniowice zbiornikiem pośrednim [25]. Z punktu widzenia ochrony zbiornika Pławniowice ważne jest określenie możliwości eliminowania zanieczyszczeń w drodze kumulacji lub rozkładu.

Wielu autorów zwraca uwagę na rolę uporządkowania gospodarki wodno-ściekowej w zlewni ekosystemów limnicznych, jako element decydujący zarówno o poprawie jakości zasobów wodnych, jak i o skuteczności ew. rekultywacji zbior-

nika [21, 24, 25]. Podkreśla się także rolę zlewni pośredniej jako głównego źródła ładunków azotu [6, 9, 21, 24, 25]. W przypadku zbiornika Słupsko wykazano, że w 5 lat po jego powstaniu zdolność ograniczania ładunków azotu wynosi około 30%, zatem jest niewielka. Natomiast istotną cechą zbiornika jest obecnie wyrównywanie przepływów oraz stabilizowanie wielkości stężeń i ładunków zanieczyszczeń.

Wnioski

1. Pomiary hydrologiczne wykazały, że przepływy wody w Potoku Toszeckim były w 2008 roku ponad 3-krotnie niższe od podanych w dokumentacji projektowej. W tej sytuacji zmienia się klasyfikacja zbiornika z reolimnicznego na limniczny. Z punktu widzenia odporności zbiornika na eutrofizację jest to czynnik niekorzystny.
2. Zbiornik Słupsko wpływa na zmianę jakości wody Potoku Toszeckiego, ale w chwili obecnej nie można stwierdzić, że jest to wpływ jednoznacznie pozytywny.
3. Zbiornik wykazuje zdolność do zmniejszania ładunku azotu w wodzie odpływającej, ale stopień akumulacji (30%) jest niewielki.
4. Zbiornik Słupsko funkcjonuje w warunkach silnej antropopresji, co znajduje wyraz w nadmiernym zewnętrznym obciążeniu powierzchniowym azotem. Wskaźnik „niebezpieczny” jest przekroczony 2,5÷5-krotnie.
5. W wyniku procesów wewnątrzbiornikowych następuje wykorzystanie (zmniejszenie stężeń oraz udziałów) mineralnych form azotu, wzrasta natomiast stężenie i udział organicznych form tego pierwiastka.
6. Wyniki badań wskazują na konieczność poprawy gospodarki wodno-ściekowej w zlewni zbiornika.

Literatura

- [1] Ocena stanu zagrożenia doliny cieku Toszeckiego w wypadku awarii zapory czołowej zbiornika wodnego Słupsko w m. Słupsko, woj. śląskie. Część I. Charakterystyka potoku Toszeckiego oraz zbiorników Słupsko i Pławniowice. Dokumentacja projektowa: Hydroprojekt Warszawa sp. z o.o. Oddział we Wrocławiu, Oddział w Sosnowcu, 2003 r.
- [2] Ocena oddziaływania na środowisko zbiornika retencyjnego Słupsko, Dokumentacja projektowa: Hydroprojekt Wrocław 2003.
- [3] Wagner S., Łukaszek R., Jakubowski R., Stasiewicz M., Górnicki J., Madej Z., Instrukcja dotycząca napełnienia oraz wstępnej eksploatacji retencyjnego zbiornika wodnego Słupsko, Katowice 2003.
- [4] Kostecki M., Alokacja i przemiany wybranych zanieczyszczeń w zbiornikach zaporowych hydrowęzła rzeki Kłodnicy i Kanale Gliwickim, Prace i Studia IPIŚ-PAN 2003, nr 57.
- [5] Kostecki M., Kozłowski J., Domurad A., Zych B., Charakterystyka hydrochemiczna Potoku Toszeckiego w aspekcie oddziaływania na zbiornik zaporowy Pławniowice, Arch. Ochr. Środ. 2001, 2, 125-140.
- [6] Jankowski A.T., Rzętała M., Wyżyna Śląska i jej obrzeża - stan i antropogeniczne zmiany jakości wód powierzchniowych, [w:] Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce, pod red.

- Janusza Burcharda, Uniwersytet Łódzki - Komisja Hydrologiczna Polskiego Towarzystwa Geograficznego, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2000, 143-155.
- [7] Kondracki J., Geografia Polski - mezoregiony fizyczno-geograficzne, WN PWN, Warszawa 1994.
- [8] Kondracki J., Geografia regionalna Polski, WN PWN, Warszawa 2000.
- [9] Kostecki M., Chemizm wody oraz podstawowe wskaźniki określające intensywność krążenia materii w zbiorniku zaporowym w Pławniowicach, Arch. Ochr. Środ. 1977, 3-4, 163-182.
- [10] Kostecki M., Dynamika przemian oraz wstępny bilans podstawowych form azotu i fosforu w zbiorniku zaporowym w Pławniowicach, Arch. Ochr. Środ. 1978, 1.
- [11] Wrona A., Wpływ uprzemysłowienia na zmiany środowiska geograficznego i użytkowanie powierzchni ziemi w zachodniej części Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego, Praca doktorska (niepublikowana), Zabrze 1975.
- [12] Leuven S.E.W., van der Velde G., Kersten H.L.M., Interrelation between pH and other physico-chemical factors of Dutch soft water, Arch. Hydrobiol. 1992, 126, 1, 27-51.
- [13] Mientki C., Chemical properties of Kortowskie Lake waters after 18 years experiment on its restoration, Part II. Dynamics of nitrogen compounds, Pol. Arch. Hydrobiol. 1977, 24(1), 13-24.
- [14] Dunalska J., Wisniewski G., Mientki C., Water balance as a factor determining the Lake Kortowskie restoration, Limnological Review 2001, 1, 65-72.
- [15] Kostecki M., Alokacja i przemiany wybranych zanieczyszczeń w zbiornikach zaporowych hydrowęzła rzeki Kłodnicy i Kanale Gliwickim, Prace i Studia IPIŚ-PAN 2003, nr 57.
- [16] Nocoń W., Kostecki M., Wpływ zmian jakości wody w Potoku Toszeckim w latach 1976-2004 na stopień zanieczyszczenia wody w zbiorniku zaporowym Pławniowice, Ochr. Środ. 2006, 4, 25-30.
- [17] Vollenweider R.A., Input-output models with special reference to the phosphorus loading concept in limnology, Schweiz. Zeit. Hydrol. 1975, 37, 88-113.
- [18] Seip K.L., Sas H., Vermij S., Changes in Secchi disk depth with eutrophication, Arch. Hydrobiol. 1992, 124, 2, 149-165.
- [19] Vollenweider R.A., Scientific fundamentals of the eutrophication to nitrogen and phosphorus as factor in eutrophication, Wat. Manag., Research EPA, Paris 1969.
- [20] Kostecki M., Opad atmosferyczny jako element bilansu zanieczyszczeń zbiorników zaporowych hydrowęzła Kłodnicy, Arch. Ochr. Środ. 2002, 28, nr 2, 45-59.
- [21] Krzanowski S., Wpływ retencji zbiornikowej na wybrane elementy środowiska, ze szczególnym uwzględnieniem zmian reżymu przepływów w rzece poniżej zbiornika (na przykładzie dorzecza Sanu), Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie 2000, Rozprawy, 259.
- [22] Lossow K., Gawrońska H., Ochrona zbiorników wodnych, Przegląd Komunalny 2000, 9, 92-106.
- [23] Mientki C., Dunalska J., Phosphorus balance at various water flows in a lake restored by hypolimnetic withdrawal, Ecohydrology-Hydrobiology 2001, 4, 417-422.
- [24] Lossow K., Gawrońska H., Łopata M., Teodorowicz M., Role of lakes in phosphorus and nitrogen transfer in the river-lake system of the Marózka and the upper Łyna rivers, Limnological Review 2006, 6, 171-178.
- [25] Wiatkowski M., Czamara W., Kuczewski K., Wpływ zbiorników wstępnych na zmiany jakości wód retencjonowanych w zbiornikach głównych, Works and Studies - IPIŚ PAN 2006, nr 67.

The Role of Shallow, Lowland Dam-Reservoir in the "River-Dam-Reservoir-River" System. Part I. Selected Hydrochemical Indicators and Nitrogen Balance in Slupsko Dam-Reservoir

The first results of hydrochemical research of the Slupsko lowland dam-reservoir (35.2 ha) and its influence on the Toszecki Stream water quality were presented. This dam-reservoir was set up in 2003. Considering the water retention time, which lasts 76 days, the Slupsko dam-reservoir should be classified as a limnetic type of lakes. From the point of eutrophication hardness, the retention time is disadvantageous. The nitrogen balance showed

that total nitrogen loading, which was introduced in 2008 to the dam-reservoir, amounted to 23 t. At the dam outflow, the total nitrogen load of 16 t was observed. The load of introduced nitrate nitrogen was at the level of 14.3 t, and a brought out load was 9.5 tones. The introduced ammonium nitrogen was about 4.5 t, and a flowed load was about 2.5 t. The flowed load of organic nitrogen (4.4 t per year) was higher than the introduced one (2.5 t per year). It was observed that the Slupsko dam-reservoir could reduce the load of nitrogen at the level of 30%. A “dangerous” ratio of superficial nitrogen load was overdone 2.5-5 times. The reduction of mineral and the increase of organic nitrogen forms was observed.

Rise of the average pH-index from 7.5 to 8.6 in the dam-reservoir was observed, especially in spring and summer seasons. It shows high trophic level of it. Dynamism of chloride ions concentrations, conductivity, organic carbon, organic and ammonium nitrogen pointed out uncontrolled flows of municipal waste water from the Toszecki Stream basin area. The dam-reservoir affects on the stabilization of concentrations of all nitrogen forms and other indicators of water quality.

Keywords: lowland dam-reservoir, water quality, nitrogen balance