

## **WSKAŹNIKI JAKOŚCI WODY MAŁEGO CIEKU LEŚNEGO ODBIERAJĄCEGO OCZYSZCZONE ŚCIEKI BYTOWE**

Ryszard Staniszewski, Szymon Jusik, Barbara Andrzejewska,  
Przemysław Frankowski

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

**Streszczenie.** Struga Kwilecka ma zlewnię całkowitą o powierzchni 48 km<sup>2</sup> z dominacją terenów rolniczych i przepływa przez kilka jezior, w tym przez Jezioro Kwileckie. Analizowany odcinek odwadnia obszary zalesione. Badania zmian jakości wody Strugi Kwileckiej poniżej zrzutu oczyszczonych ścieków bytowych prowadzono w latach 2008–2011. Oczyszczalnia w Kwilczu posiada drugi stopień oczyszczania ścieków, które odprowadza poprzez staw sedymentacyjno-fakultatywny. Staw okresowo wpływa na podwyższenie stężeń fosforu w ściekach dopływających do badanego ciek.

Pogorszenie jakości wody zaobserwowano szczególnie na stanowisku zlokalizowanym 100 m poniżej zrzutu. Na stanowiskach usytuowanych 350 i 700 metrów poniżej kolektora sytuacja poprawiała się pomimo niewielkich przepływów wody. Korzystne zmiany dotyczyły przede wszystkim wskaźników troficznych, takich jak fosforany rozpuszczone, fosfor ogólny, azot azotanowy, jak również przewodność elektrolityczna. Z uwagi na duże zacienienie koryta w ciek stwierdzono ubogi skład gatunkowy roślin wodnych (głównie trzcina pospolita) i minimalne powierzchnie pokryte przez inne taksony, w tym mszaki.

**Słowa kluczowe:** jakość wód, ciek śródleśny, trofia wód, samooczyszczanie

### **WSTĘP**

Na terenie Wielkopolski występuje wiele drobnych cieków, których funkcjonowanie uzależnione jest od obecności obszarów leśnych [Stasik i in. 2008]. Stanowią one cenne korytarze ekologiczne, których rola w utrzymaniu różnorodności biologicznej jest znacząca [Warot i in. 2001]. Charakteryzują się one zazwyczaj silnym zacienieniem i małym pokryciem makrofitami, przy jednoczesnym udziale cennych gatunków

---

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr hab. inż. Ryszard Staniszewski, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Ekologii i Ochrony Środowiska, ul. Piątkowska 94C, 60-649 Poznań, e-mail: [erstan@up.poznan.pl](mailto:erstan@up.poznan.pl).

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków 2017

w płatach roślinności wodnej i brzegowej. Zlewnię Strugi Kwileckiej pokrywają głównie tereny rolnicze, lecz na odcinku wybranym do badań dominują zwarte zadrzewienia. W takich warunkach rola roślin wodnych w procesie oczyszczania jest znikoma i proces samooczyszczania zależy w dużej mierze od natlenienia wody w wyniku wymiany gazowej z powietrzem atmosferycznym. Dopływ tlenu sprzyja mineralizacji, którą dodatkowo wspierają zjawiska sedimentacji i efekt rozcieńczenia ścieków w wodach płynących.

Celem określenia wpływu ścieków oczyszczonych z oczyszczalni typu bioblok na jakość wód ciekłu śródlęsnego wykorzystano standardowe analizy fizykochemiczne oraz rośliny wskaźnikowe poparte analizą statystyczną. Wskaźniki biologiczne stanowią ważny element oceny wód i ich przydatność była szeroko analizowana przez wielu autorów [Zbińska i in. 2004, Staniszewski i in. 2006, Wiegleb i in. 2016]. Zarówno kompleksowe wskaźniki biologiczne, jak i zbiorowiska roślinne, a nawet pojedyncze gatunki można wykorzystać w ocenie wód powierzchniowych [Pełechaty 2004].

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

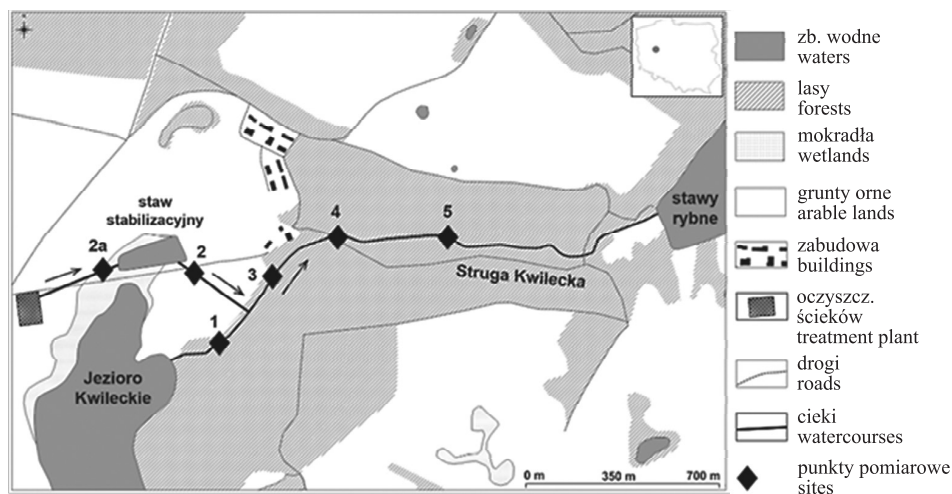
Obszar badań znajduje się na Pojezierzu Wielkopolskim (mezoregion Pojezierze Poznańskie), w powiecie międzychodzkiem, w województwie wielkopolskim [Kondracki 2013]. Jezioro Kwileckie (inna nazwa Jezioro Błędne) jest rynnowym jeziorem przepływowym. W latach siedemdziesiątych wykonano podpiętrzenie jeziora, zwiększając jego powierzchnię z około 17,5 ha do 20 ha [Jańczak 1991]. Powierzchnia zlewni cząstkowej (określonej jako obszar od źródła do stawu rybnych) wynosi 29,2 km<sup>2</sup> i zaznacza się w niej dominacja gruntów ornych (60,8%) oraz duży udział terenów leśnych (29,9%) (tab. 1). Na analizowanym odcinku, w pasie przybrzeżnym ciekłu o szerokości 100 m dominują tereny leśne zajmując 95% powierzchni.

Tabela 1. Sposób użytkowania zlewni cząstkowej  
Table 1. Land use structure of partial watershed

Lp. No.	Użytkowanie – Land use	Powierzchnia – Area km <sup>2</sup>	%
1.	Grunty orne – Arable lands	17,8	60,8
2.	Lasy – Forests	8,7	29,9
3.	Złożone systemy upraw i działek – Allotments	1,3	4,3
4.	Zabudowa – Houses	0,8	2,8
5.	Ląki – Meadows	0,3	1,1
6.	Zbiorniki wodne – Waters	0,3	1,1
Razem – Sum		29,2	100

Struga Kwilecka (inne nazwy: Potok Kwilecki, dopływ z Kwilcza, Lutomka) jest lewobrzeżnym dopływem rzeki Osiecznicy (d. Oszczyńnicy) i przepływa przez kilka jezior, w tym przez Jezioro Kwileckie, które zlokalizowane jest powyżej zrzutu ścieków

oczyszczonych z oczyszczalni w Kwilczu (ryc. 1). Pod względem abiotycznym należy do typu 25, ciekę łączące jeziora [Załącznik nr 6...]. Na analizowanym odcinku ciekę odbiera oczyszczone ścieki z oczyszczalni komunalnej w Kwilczu, która jest oczyszczalnią mechaniczno-biologiczną typu bioblok Mu 300. Oczyszczalnia może oczyszczać do 600 m<sup>3</sup> ścieków na dobę, a RLM wynosi 3000. Urządzenia zastosowane na oczyszczalni to m.in. punkt zlewny ścieków dowożonych, krata koszowa ścieków dowożonych, piaskownik, dwa ciągi oczyszczalni ścieków bioblok, zagęszczacze osadu, staw sedymentacyjno-fakultatywny, stacja odwadniania osadu, magazyn osadu osuszonego.



Ryc. 1. Szkic sytuacyjny terenu badań  
Fig. 1. Sketch map of the study area

Próbki wody z oczyszczalni ( $N = 18$ ) pobierano w okresie od czerwca 2008 do kwietnia 2011 r., kwartalnie i w miesiącach letnich. W przypadku ciekę, próbki pobierano w latach 2008–2011 ( $N = 12$ ) głównie w okresie ciepłym (IV–IX), gdyż wody strugi bywały zamrożone w okresie zimowym (w szczególności w latach 2008–2009). W terenie zmierzono odczyn pH, przewodność elektrolityczną oraz tlen rozpuszczony. W laboratorium wykonano następujące analizy wskaźników jakości wody wykorzystując spektrofotometr HACH-Lange 2400: azot amonowy – metoda z wykorzystaniem odczynnika Nesslera; azot azotanowy – metoda dwuazowania; azot azotanowy – metoda z redukcją kadmem; fosfor reaktywny – metoda z wykorzystaniem kwasu askorbinowego; fosfor ogólny – metoda mineralizacji nadsiarczaniem w środowisku kwaśnym; siarczany – metoda nefelometryczna [HACH Company 2004].

W pracy wykorzystano wyniki z sześciu punktów pomiarowych: dwa z nich były zlokalizowane na odpływie z oczyszczalni (2 i 2a), jeden na odpływie z jeziora (1), a trzy poniżej zrzutu ścieków oczyszczonych (3, 4, 5).

Punkt kontrolno-pomiarowy 2a – odpływ z oczyszczalni, punkt 2 – kolektor  $\varnothing$  300 stanowiący odpływ ze stawu stabilizacyjnego. Punkt pomiarowy 3 zlokalizowany był 100 m, 4 – 350 m, a 5 około 700 m poniżej kolektora.

Wielkość przepływu w punktach pomiarowych 1 (zastawka) i 2 (kolektor) określono metodą wolumetryczną. Przeprowadzono inwentaryzację roślinności wodnej cieką metodą Brauna-Blanqueta oraz z wykorzystaniem metody Mean Trophic Rank opartej na wskaźnikach makrofitowych [Braun-Blanquet 1964, Dawson i in. 1999, Staniszewski 2001, Szoszkiewicz i in. 2002] celem potwierdzenia wyników uzyskanych na podstawie analiz wskaźników fizykochemicznych.

Różnice średnich wartości parametrów fizykochemicznych wody pomiędzy punktami pomiarowo-kontrolnymi oraz terminami badań, przetestowano za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA). Założenie jednorodności wariancji sprawdzono za pomocą testu Lavene'a. Dla oceny normalności rozkładów zmiennych w grupach posłużono się testem W Shapiro-Wilka [StatSoft 2004]. Przeprowadzono rangowanie wyników w obrębie wartości średnich poszczególnych wskaźników dla punktów kontrolno-pomiarowych 1, 3, 4 i 5. Punkty pomiarowe o najlepszych wynikach otrzymywały rangę 1, a te o najslabszych wynikach rangę 4.

## DYSKUSJA WYNIKÓW BADAŃ

Struga Kwilecka jest małym ciekim śródleśnym, wykazującym nieznacznie pogorszenie jakości wskaźników fizykochemicznych wody oraz wymycie drobnych frakcji z osadów poniżej punktu zrzutu ścieków z oczyszczalni w Kwilczu (tab. 2, 3 i 4). Takie zjawisko obserwowano wcześniej także w innych ciekach i tłumaczyć je można okresowo lub trwale zwiększonym przepływem wody na danym odcinku [Frankowski i in. 2005, Staniszewski 2014]. Oddziałuje to na charakterystykę osadów oraz na jakość wód poniżej punktowego źródła zanieczyszczeń. Z uwagi na silne zacinienie (tab. 2) całkowite pokrycie cieką roślinnością wodną było na poziomie 6%.

Turbulentny przepływ poniżej zrzutu ścieków zapewniał dobre natlenienie wód. W punktach 4 i 5 w okresie wiosennym obserwowano zazwyczaj około 100–120% wysycenia wód tlenem, podczas gdy w punktach 1 i 3 zdarzały się wskazania 50–60%. W okresie letnim natlenienie spadało odpowiednio do około 75% i 40%.

Tabela 2. Charakterystyka stanowisk na Strudze Kwileckiej  
Table 2. Characteristics of sampling sites on Struga Kwilecka

Stanowiska – Sites	Zacinienie – Shadow %	Substrat dna ciek Sediment material
1	100	mineralno-organiczny mineral-organic
3	70	mineralny mineral
4	100	mineralno-organiczny mineral-organic
5	80	mineralno-organiczny mineral-organic

Tabela 3. Zakresy i wartości średnie przewodności elektrolitycznej, siarczanów oraz odczynu pH w latach 2008–2011

Table 3. Ranges and average values of conductivity, sulphates and pH reaction in years 2008–2011

Punkty Sites	pH	Przewodność – Conductivity mS · cm <sup>-1</sup>	Siarczany – Sulphates mg SO <sub>4</sub> · dm <sup>-3</sup>
1	7,3–8,1 7,6*	0,494–0,647 <b>0,570**</b>	48–62 <b>55</b>
2a	7,0–7,9 7,3*	1,027–1,342 1,215	88–157 104
2	7,3–8,7 7,8*	1,054–1,468 1,175	52–118 84
3	7,4–7,9 7,8*	0,505–0,713 <b>0,593</b>	50–70 <b>57</b>
4	7,5–8,1 7,8*	0,509–0,812 <b>0,610</b>	50–64 <b>56</b>
5	7,6–8,2 7,8*	0,505–0,710 <b>0,595</b>	52–61 <b>56</b>

\* mediana – median

**0,570\*\*** – wartości średnie przekraczające II klasę granicznych wskaźników jakości wód cieków – exceeding of obtained average values of second class for water quality parameters [Załącznik nr 1...]

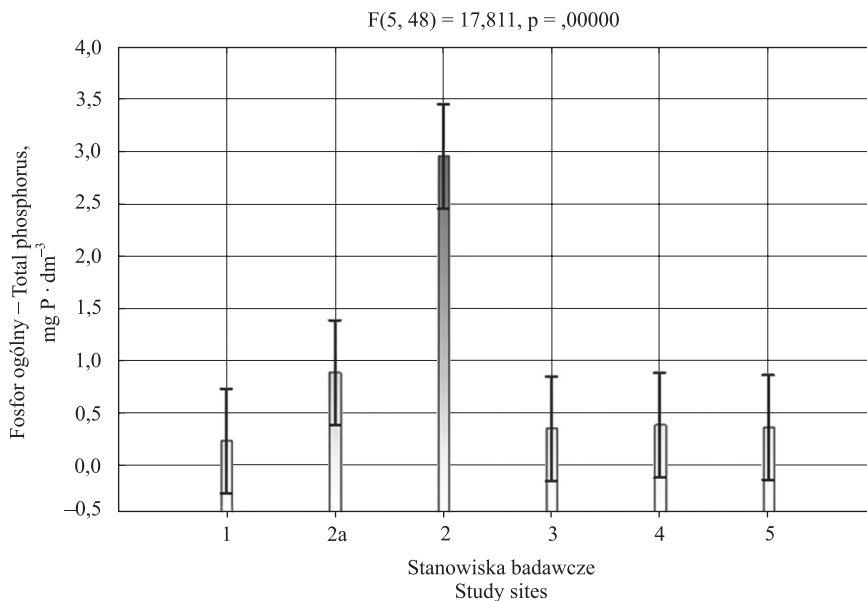
Tabela 4. Zakresy i wartości średnie dla form azotu i fosforu w latach 2008–2011

Table 4. Ranges and average values of nitrogen and phosphorus forms in years 2008–2011

Punkty Sites	Azot amonowy Ammonia nitrogen mg N-NH <sub>4</sub> · dm <sup>-3</sup>	Azot azotanowy Nitrates mg N-NO <sub>3</sub> · dm <sup>-3</sup>	Azot azotynowy Nitrites mg N-NO <sub>2</sub> · dm <sup>-3</sup>	Fosforany rozpuszczone Soluble reactive phosphates mg P-PO <sub>4</sub> · dm <sup>-3</sup>	Fosfor ogólny Total phosphorus mg P · dm <sup>-3</sup>
1	0,06–0,98 0,31	0,0–0,7 0,31	0,003–0,044 0,015	0,04–0,28 <b>0,13*</b>	0,11–0,29 0,19
2a	0,14– <b>11,0**</b> 1,31	0,3–17,5 7,5	0,003– <b>2,320</b> 0,465	0,18–1,89 0,55	0,24– <b>3,72</b> 1,16
2	0,81– <b>31,0</b> 7,71	1,3–5,5 4,0	0,106– <b>1,020</b> 0,569	0,22–3,57 1,61	0,43– <b>6,26</b> 2,78
3	0,14–7,50 <b>1,14</b>	0,1–1,2 0,6	0,010–0,120 <b>0,035</b>	0,04–0,47 <b>0,19</b>	0,08–0,95 <b>0,32</b>
4	0,09–12,45 <b>2,14</b>	0,0–1,5 0,6	0,015–0,224 <b>0,104</b>	0,02–1,09 <b>0,27</b>	0,16–1,86 <b>0,49</b>
5	0,11–7,50 <b>1,05</b>	0,1–1,0 0,5	0,014–0,123 <b>0,042</b>	0,09–0,49 <b>0,20</b>	0,13–0,85 <b>0,33</b>

**0,13\*** – wartości średnie przekraczające II klasę granicznych wskaźników jakości wód cieków – exceeding of obtained average values of second class for water quality parameters [Załącznik nr 1...]**11,0\*\*** – wartości maksymalne przekraczające najwyższe dopuszczalne wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach – maximum values exceeding of the highests permissible values for sewage parameters [Załącznik nr 4...]

Pojedyncze przypadki przekroczenia najwyższych dopuszczalnych wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach na odpływie 2a dotyczyły fosforu ogólnego, azotu amonowego i azotynów (tab. 4). Na podstawie przeprowadzonych obserwacji można przypuszczać, że skorelowane to było ze zwiększoną ilością ścieków dostarczanych do punktu zlewnego. Maksymalne stężenie fosforu ogólnego wynosiło  $3,72 \text{ mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Większe niż na stanowisku 2a stężenia fosforu ogólnego, fosforanów rozpuszczonych i azotu amonowego stwierdzono w próbkach z kolektora (pkt 2), który odprowadza ścieki ze stawu sedimentacyjno-fakultatywnego (ryc. 1, tab. 4). Świadczy to o niekorzystnym wpływie stawu na trofię wód odprowadzanych do strugi. Z kolei w odniesieniu do wskaźników zasolenia (przewodność, siarczany) w próbkach pobranych poniżej kolektora stwierdzono obniżenie wartości średnich (tab. 3). Wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji wykazały istotną statystycznie różnicę dla średnich stężeń fosforu ogólnego pomiędzy punktem pomiarowym 2 i pozostałymi (ryc. 2). W przypadku siarczanów uzyskano podobną istotną statystycznie zależność, lecz z maksimum w punkcie 2a.

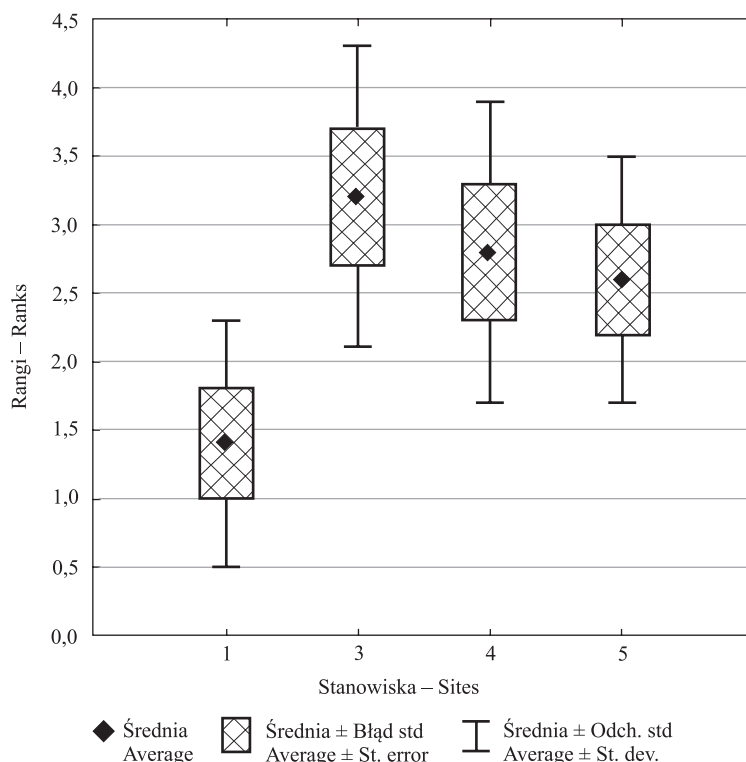


Ryc. 2. Wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji wartości stężeń fosforu ogólnego dla stanowisk badawczych (zaznaczono 95% przedziały ufności)

Fig. 2. Results of one-way analyses of variance of total phosphorus concentrations in studied sites (95% of confidential intervals were marked)

W wodach Strugi Kwileckiej większość otrzymanych wyników utrzymywała się w granicach I i II klasy jakości wód [Załącznik nr 1...]. W większości próbek wody ze stanowiska 1 stężenia siarczanów i azotu azotanowego mieściły się w klasie I, jedynie sporadycznie notowano przekroczenia wartości granicznych klasy II. Głównie w okresach zimowym i wiosennym notowano przekroczenia II klasy wartości granicznych w odniesieniu do fosforanów rozpuszczonych ( $0,11\text{--}0,28 \text{ mg P-PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$ ). Na stanowisku

badawczym 3, zlokalizowanym 100 metrów poniżej zrzutu ścieków najlepiej kształtowały się takie wskaźniki jak pH, przewodność i azot azotanowy, natomiast notowano podwyższone wartości fosforanów rozpuszczonych, fosforu ogólnego i azotu amonowego (tab. 4). Podwyższone stężenia substancji biogenych, w tym głównie fosforanów obserwowano w okresach wiosennym ( $0,14 \text{ mg P-PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$ ), letnim ( $0,47 \text{ mg P-PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$ ) i zimowym ( $0,34 \text{ mg P-PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$ ) w 2009 r. oraz wiosną 2010 r. ( $0,27 \text{ P-PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$ ). Wyniki analiz w punkcie 4 wykazały zbliżony poziom zasolenia, jak w punkcie badawczym 3 i nieznacznie niższą trofę (tab. 4). Najwięcej przekroczeń II klasy stwierdzono w przypadku fosforanów rozpuszczonych w latach 2009 i 2010 ( $0,11\text{--}1,09 \text{ mg P-PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$ ) oraz fosforu ogólnego ( $0,41\text{--}1,86 \text{ mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$ ). W dwóch próbkach stwierdzono bardzo wysokie stężenia azotu amonowego, sięgające  $7 \text{ mg NH}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$  w czerwcu 2009 r. i  $12,45 \text{ NH}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$  w lutym 2010 r. Zimą i wiosną 2011 r. nie zanotowano żadnych przekroczeń II klasy jakości wody na powyższym stanowisku badawczym. Stanowisko 5 usytuowane 700 m poniżej zrzutu ścieków, wykazywało podobny poziom zasolenia i niższy poziom trofi niż stanowiska 3 i 4 (ryc. 3). Stwierdzono, że większość wyników pomiarów nie przekracza wartości granicznych dla klasy II, za wyjątkiem pojedynczych pomiarów azotu amonowego ( $7,5 \text{ mg NH}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$ ), większości pomiarów fosforanów i części wyników fosforu ogólnego (tab. 4).



Ryc. 3. Rangi średnich wartości wskaźników troficznych dla okresu letniego  
Fig. 3. Ranks of average values of trophic parameters for summer samples

Na całym badanym odcinku o długości 700 m Struga Kwilecka charakteryzowała się ubogim pokryciem i składem naczyniowych roślin wodnych, stąd też nie wyróżniono żadnych zespołów roślinnych. W wodzie i w strefie brzegowej poniżej kolektora, obok niedużych powierzchni pokrytych przez trzcinę (*Phragmites australis*), obserwowano w formie małych skupień następujące gatunki: *Dryopteris carthusiana*, *Carex remota*, *Lysimachia nummularia*, *Urtica dioica* oraz mszaki *Brachytecium rivulare* i *Rhizomnium punctatum*. Punkty badawcze 4 i 5 charakteryzowały się wysokim zacienieniem (tab. 2), co nie sprzyjało makrofitom, lecz ilość światła była wystarczająca dla paproci i mszaków. Mszak *Brachytecium rivulare* występował w punkcie 5 oraz poniżej i w metodzie Mean Trophic Rank uznawany jest jako wskaźnik wód o umiarkowanej trofii [Dawson i in. 1999]. Ponadto, w innych badaniach prowadzonych poniżej punktu 5 zaobserwowano dominację kryptofitów (*Cryptomonas erosa*, *Cryptomonas ovata*) w fitosestonie badanego ciekłu [Messyasz i in. 2014]. Ocena stanu ekologicznego z wykorzystaniem wskaźników biologicznych PSI (Specific Pollution Sensitivity Index) i GDI (Generic Diatom Index) [Kelly i Whitton 1995] opartych na okrzemkach wskazały na umiarkowany stan ekologiczny Strugi Kwileckiej poniżej zrzutu ścieków oczyszczonych.

Wykorzystując jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA dla całego okresu badawczego nie wykazano statystycznie istotnych różnic pomiędzy punktami badawczymi 3, 4 oraz 5. Biorąc pod uwagę wyłącznie wyniki z okresu letniego i wykorzystując rangowanie [Staniszewski i Jusik 2013] stwierdzono istnienie zjawiska samooczyszczania ciekłu śródleśnego, lecz test t nie wykazał istotnych statystycznie różnic (ryc. 3). Zmiana dotyczyła wartości wskaźników troficznych (fosforany, fosfor ogólny, azot amonowy, azotanowy i azotynowy). Przepływy wody w ciekłu, w okresie letnim każdorazowo były bardzo niskie i zbliżone do średnich przepływów na kolektorze odprowadzającym ścieki ze stawu stabilizacyjno-fakultatywnego (około  $6 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Przy wyższych przepływach w strudze jakość wody ustalała się przed punktem 3 i utrzymywała się do punktu 5. Zjawisko poprawy wskaźników troficznych wraz z biegiem rzeki było obserwowane przez wielu autorów [Cooper i in. 1919, Ifabiyi 2008, Policht-Latawiec i in. 2015 i in.].

## PODSUMOWANIE

Oczyszczalnie ścieków w krajobrazie wiejskim wspomagają działania na rzecz utrzymania i poprawy jakości wód jezior, które zlokalizowane są w zlewni z dużym udziałem terenów rolniczych. Wyniki wcześniejszych badań potwierdzają tą tezę i podkreślają ważną rolę sprawnie działających oczyszczalni różnego typu w ochronie wód powierzchniowych [Ławniczak i in. 2010, Staniszewski, Szoszkiewicz 2010, Śliwka 2007].

Oczyszczone ścieki bytowe odprowadzane do stawu przez większą część roku spełniały dopuszczalne normatywy. Pojedyncze przekroczenia dotyczyły fosforu ogólnego, azotu amonowego oraz azotynowego i były zbieżne w czasie ze zwiększonym dopływem ścieków dowożonych do punktu zlewnego. Wyższe stężenia fosforu ogólnego i azotu amonowego w próbach z kolektora (2), niż w próbach na stanowisku 2a wynikały z nieskutecznego funkcjonowania stawu sedymentacyjno-fakultatywnego, który uwalniał biogeny z osadów. Staw nie funkcjonował sprawnie i pogarszał końcową efektywność oczyszczania ścieków.



W punktach 4 i 5 oddalonych odpowiednio o 350 i 700 metrów od punktowego zrzutu ścieków oczyszczonych stwierdzono dobre warunki tlenowe. Było to ważnym czynnikiem w procesie oczyszczania wód Strugi Kwileckiej, gdyż natlenienie jest jednym z głównych czynników umożliwiających zjawisko samooczyszczania [Krzemińska i in. 2006, Jarosiewicz 2007]. Efekt poprawy jakości w odniesieniu do wskaźników troficznych obserwowano najwyraźniej w okresie letnim, w którym wielkości przepływu w cieku i odpływ ze stawu stabilizacyjnego były podobne. W okresach z większym przepływem (wiosna, jesień), jakość wody w strudze stabilizowała się jeszcze przed stanowiskiem 3 i utrzymywała się na kolejnych punktach badawczych.

Na badanym odcinku Struga Kwilecka charakteryzowała się ubogim składem naczyniowych roślin wodnych. W wodzie i w strefie brzegowej poniżej kolektora, obok niedużych powierzchni pokrytych przez trzcinę występował m.in. mszak *Brachytecium rivulare*. Mszak ten jest charakterystyczny dla wód o umiarkowanej trofii [Dawson i in. 1999], został zidentyfikowany w punkcie i utrzymywał się także poniżej tego miejsca. Świadczy to o poprawie jakości wody cieku wraz z oddalaniem się od kolektora.

## PODZIĘKOWANIA

Badania były częściowo finansowane w ramach projektu badawczego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr N305 3637 33. Podziękowania za pomoc w pracach terenowych dla p. Roberta Wasika i p. Moniki Florek.

## PIŚMIENNICTWO

- Braun-Blanquet, J. (1964). Pflanzensozologie, Grundzüge der Vegetationskunde. Springer-Verlag, Wien – New York, ss. 866.
- Cooper, A.E., Cooper, E.A., Heward, J.A. (1919). On the self-purification of rivers and streams. *Biochem. J.*, 13(4), 345–367.
- Dawson, F.H., Newman, J.R., Gravelle, M.J., Rouen, K.J., Henville, P. (1999). Assessment of the Trophic Status of rivers using macrophytes: Evaluation of the Mean Trophic Rank. R&D Technical Report E39, Environment Agency of England & Wales, Bristol, UK.
- Frankowski, M., Sobczyński, T., Ziola, A. (2005). The effect of grain size structure on the content of heavy metals in alluvial sediments of the Odra River. *Polish J. Environm. Stud.*, 14, 81–86.
- HACH Company (2004). HACH Model DR/2400 Portable Spectrophotometer, Manual.
- Ifabiyi, I.P. (2008). Self purification of a freshwater stream in Ile-Ife: lessons for water management. *J. Human Ecol.*, 24(2), 131–137.
- Jańczak, J. (1991). Fizyczno geograficzna typologia i ocena jezior na przykładzie Pojezierza Wielkopolskiego. Materiały Badawcze, Hydrologia i Oceanografia. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, 15.
- Jarosiewicz, A. 2007. Proces samooczyszczania w ekosystemach rzecznych. *Słupskie Prace Biologiczne*. 4, 27–41.
- Kelly, M.G., Whitton, B.A., 1995. The Trophic Diatom Index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. *Journal of Applied Phycology*. 7, 433–444.
- Kondracki, J. (2013). Geografia regionalna Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Krzemińska, A., Adynkiewicz-Piragas, M., Kazimierska, R. (2006). Ocena warunków tlenowych dolnego odcinka rzeki Smortawy jako podstawa oceny samooczyszczania się wód w świetle wymogów Ramowej Dyrektywy Wodnej. *Infrastr. Ekol. Ter. Wiej.*, 4(3), 67–76.

- Ławniczak, A.E., Zbierska, J., Andrzejewska, B. (2010). Bilans biogenów Jeziora Tomickiego. *Rocz. Ochr. Środ.*, 12, 861–878.
- Messyasz, B., Staniszewski, R., Jusik, S. (2014). Algae assemblages and dominant macrophytes in small lowland rivers of Poland in relation to water quality and hydromorphology. *Fresenius Environm. Bull.*, 23(2a), 581–588.
- Pelechaty, M. (2004). Can reed stands be good indicators of environmental conditions of the lake littoral? A synecological investigation of *Phragmites australis* – dominated phytocoenoses. *Polish J. Environm. Stud.*, 13 (2), 177–183.
- Policht-Latawiec, A., Kanownik, W., Lekstan, M. (2015). Zmiany wskaźników fizykochemicznych wody kanału Dąbrówka powodowane działalnością kopalni rud cynku i ołowiu. *Rocz. Ochr. Środ.*, 17, 1350–1364.
- Staniszewski, R. (2001). Estimation of river trophy in Kujawskie Lakeland using Mean Trophic Rank and Chemical Index of Trophy. *Rocz. AR Poznań*, 334, Botanika, 4, 139–148.
- Staniszewski, R. (2014). Heavy metals in waters and sediments of rivers affected by brown coal mine waters. *Polish J. Environm. Stud.*, 23(6), 2217–2222.
- Staniszewski, R., Jusik, S. (2013). Wpływ zrzutu wód kopalnianych z odkrywki węgla brunatnego na jakość wód rzecznych. *Rocz. Ochr. Środ.*, 15(3), 2652–2665.
- Staniszewski, R., Szoszkiewicz, J. (2010). Changes in the quality of water in Brdowskie Lake in the years in 1997-2006. *J. Elementol.*, 15(4), 705–712.
- Staniszewski, R., Szoszkiewicz, K., Zbierska, J., Leśny, J., Jusik, Sz., Clarke, R.T. (2006). Assessment of sources of uncertainty in macrophyte surveys and the consequences for river classification. *Hydrobiologia*, 566, 235–246.
- Stasik, R., Szafranski, Cz., Liberacki, D., Korytowski, M. (2008). Ocena wybranych składników bilansów wodnych małych zlewni leśnych o zróżnicowanych warunkach siedliskowych. *Rocz. Ochr. Środ.*, 10, 557–565.
- StatSoft, Inc. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 6. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- Szoszkiewicz, K., Karolewicz, K., Ławniczak, A., Dawson, F.H. (2002). An assessment of the MTR aquatic plant bioindication system for determining the trophic status of Polish rivers. *Polish J. Environm. Stud.*, 11, 421–427.
- Śliwka, M. (2007). Zastosowanie stymulacji laserowej wybranych gatunków hydrofitów do zwiększenia ich zdolności bioremediacyjnych. Praca doktorska. Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie. Maszynopis.
- Warot, L., Załuski, T., Piernik, A., Nienartowicz, A., Pisarek, R., Grzelka, K., Grabowska, J., Kunz, M. (2001). Różnorodność ekologiczna krajobrazu w dolinie Rzeki Zgłowiączki. [W:] A. Nienartowicz, M. Kunz (red.). GIS i teledetekcja w badaniach struktury i funkcjonowania krajobrazu. Toruń, 215–230.
- Wiegleb, G., Gebler, D., Van de Weyer, K., Birk, S. (2016). Comparative test of ecological assessment methods of lowland streams based on long-term monitoring data of macrophytes. *Sci. Total Environm.*, 541, 1269–1281.
- Załącznik nr 1 do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. Dz.U. z 2016 r., poz. 1187.
- Załącznik nr 4 do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 grudnia 2014 r. Dz.U. z 2014 r., poz. 1800.
- Załącznik nr 6 do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. Dz.U. z 2011 r., nr 258, poz. 1549.
- Zbierska, J., Szoszkiewicz, K., Kupiec, J., Mendyk, D. (2004). Ocena nizinnych rzek polski bioindykacyjną metodą Mean Trophic Rank. *Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus*, 3(2), 41–49.

## WATER QUALITY PARAMETERS OF A SMALL MIDFOREST WATERCOURSE RECEIVING DOMESTIC SEWAGE AFTER TREATMENT

**Abstract.** The Struga Kwilecka is flowing through several lakes, watershed is dominated by arable lands and its total area is equal to 48 km<sup>2</sup>. Studies were carried out in part of river localised in a forest. Analyses of water quality changes of watercourse below sewage discharge were made in the years 2008–2011. Waste water treatment plant situated in Kwilcz town is a biological type one with additional settling pond, which sometimes caused increase of phosphorus concentration in sewages discharged to studied watercourse.

Worsening of river water quality was found particularly in site localised 100 metres below discharge. In other sites situated 350 and 700 metres below interceptor the situation was getting better despite low river water discharge. Positive changes in water quality were observed in case of trophic parameters, as like as soluble reactive phosphates, total phosphorus, nitrates and also for conductivity. Due to shadow conditions in river valley only few aquatic species were identified in watercourse with domination of reed with some minor area covered by other taxa including mosses.

**Keywords:** water quality, midforest watercourse, water trophy, selfpurification

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 22.03.2017*

Do cytowań – For citation: Staniszewski, R., Jusik, S., Andrzejewska, B., Frankowski, P. (2017). Wskaźniki jakości wody małego ciekę leśnego odbierającego oczyszczone ścieki bytowe. Acta. Sci. Pol., *Formatio Circumiectus*, 16(1), 161–171.