

MOŻLIWOŚCI DOCZYSZCZANIA ODPLYWÓW Z WIEJSKICH OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W ŚRODOWISKU WODNYM ¹

Stefan Tucholski, Józef Koc, Paweł Skonieczek

Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Wstęp

Ścieki odpływające z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej w porównaniu do ścieków surowych charakteryzują niskie stężenia wskaźników materii organicznej i nieznacznie obniżone poziomy składników biogenych [DYMACEWSKI i in. 1997; TUCHOLSKI 2001]. Z tego względu niezbędnym jest ich doczyszczanie przed odprowadzeniem do wód a zwłaszcza do jezior. Doczyszczanie odpływów z oczyszczalni ścieków w środowisku wodnym jest jedną z naturalnych metod oczyszczania. Dane piśmiennictwa [TUCHOLSKI, NIEWOLAK 1994; NIEWOLAK, TUCHOLSKI 1995] wskazują, że można to osiągnąć zwłaszcza w płytkich zbiornikach wodnych – stawach. Stwierdzono, że w stawach zasilanych odpływami z oczyszczalni ścieków następuje oczyszczanie sanitarno-biologiczne i redukcja stężenia pierwiastków biogenych zawartych w ściekach. Jednocześnie podwyższone stężenia biogenów pochodzących ze ścieków dopływających do stawu umożliwiają intensyfikację produkcji organizmów wodnych stanowiących pokarm dla ryb [GUERRIN 1988; DAVE 1989; WIDUTO, TUCHOLSKI 2000]. Efektem tego był wysoki przyrost biomasy ryb, w stawach zasilanych biologicznie oczyszczonymi ściekami [WOLNY 1962; TUCHOLSKI 1994].

Poza planowym oczyszczaniem i zagospodarowaniem ścieków w środowisku wodnym zdarzają się przypadki odprowadzania do wód powierzchniowych ścieków nie w pełni oczyszczonych. Wówczas bezpośrednio poniżej miejsca zrzutu powodują one zanieczyszczenie wód odbiornika [DURKOWSKI, WALCZAK 1997].

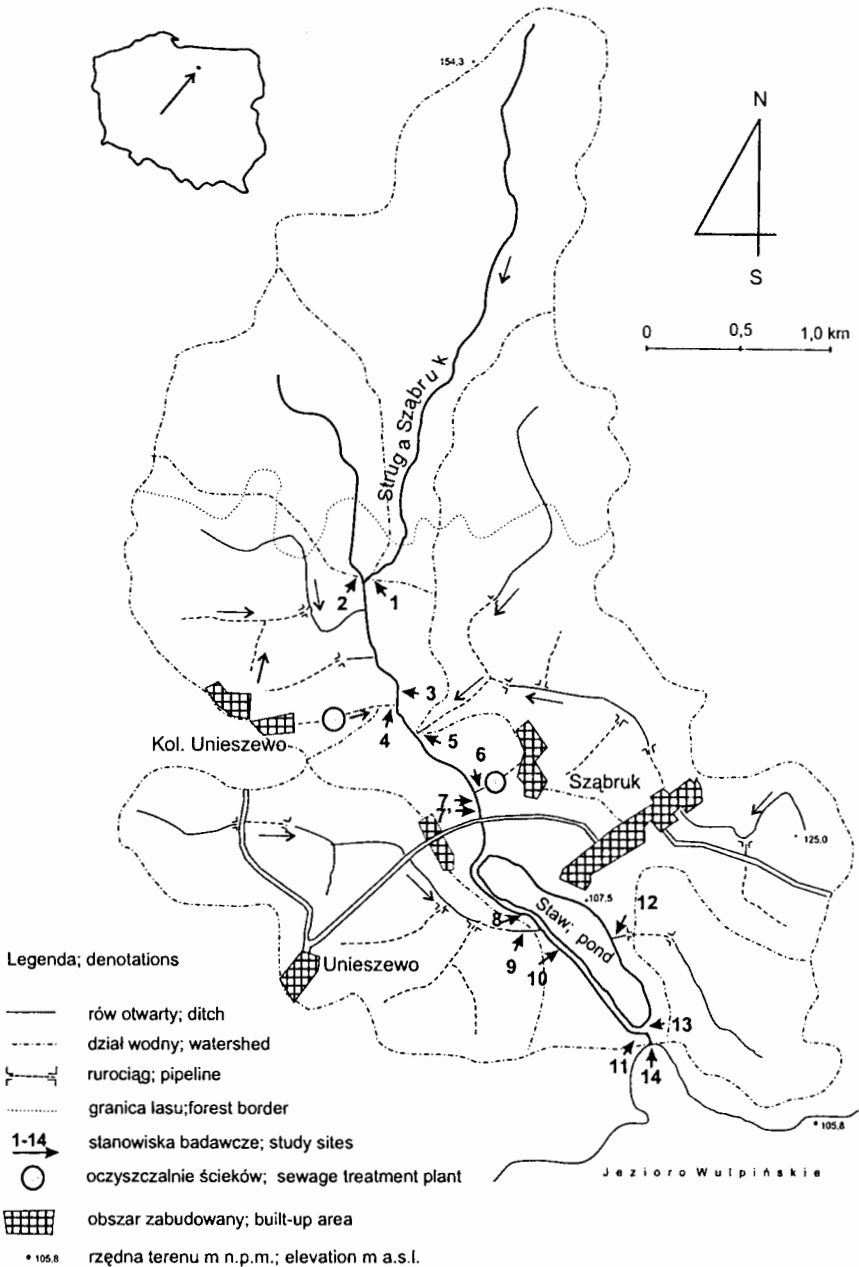
Celem niniejszej pracy było zbadanie możliwości doczyszczania w środowisku wodnym ścieków podczyszczonych odpływających z oczyszczalni wiejskich.

Opis obiektu i metody badań

Obiekt badań stanowiły struga Sząbruk wraz z dopływającymi do niej odpływami drenarskimi i ściekami z podczyszczalni w Unieszewie i Sząbruku. Zlew-

¹ Praca finansowana przez Ministerstwo Nauki i Informatyzacji, projekt nr 3T09D 024 28.

nia strugi Sząbruk według podziału fizyczno-geograficznego [KONDRACKI 2000] jest położona w północno-wschodniej Polsce w makroregionie Pojezierze Mazurskie i mezoregionie Pojezierze Olsztyńskie (rys. 1).



Rys. 1. Lokalizacja stanowisk badawczych w zlewni strugi Sząbruk
 Fig. 1. Location of study sites on the Sząbruk stream

Powierzchnia zlewni wynosi 13,2 km², górną część porastają lasy – 4,4 km², czyli 33% ogółu, pozostałe tereny były użytkowane rolniczo, a także zabudowane. Struga Sząbruk jest bezpośrednim dopływem jeziora Wulpińskiego (rys. 1).

W latach 70-tych XX wieku końcową część doliny ciek przedzielono groblą wraz z urządzeniem piętrzącym wodę. W wyniku tego powstał staw retencyjny o powierzchni 24,8 ha i maksymalnej głębokości 1,5 metra. Wokół stawu wybudowano rów opaskowy. W okresie badań staw i rów porastała roślinność wodna. Powierzchnia roślinności w stawie wynosiła 42 % powierzchni stawu. Dominującymi gatunkami roślin w stawie i rowie były: pałka szerokolistna (*Typha latifolia* L., trzcina pospolita (*Phragmites australis* (CAV.) TRIN. EX STEUD), tatarak zwyczajny (*Acorus calamus* L.), mozga trzcinowata (*Phalaris arudinacea* L.). Wody strugi Sząbruk płynęły zarówno rowem opaskowym jak i przez staw retencyjny.

Badania wód strugi Sząbruk, dopływających do niej odpływów drenarskich i ścieków przeprowadzono w okresie od maja 2001 do kwietnia 2002 roku – raz w miesiącu.

Wyznaczono następujące stanowiska badawcze (rys. 1).

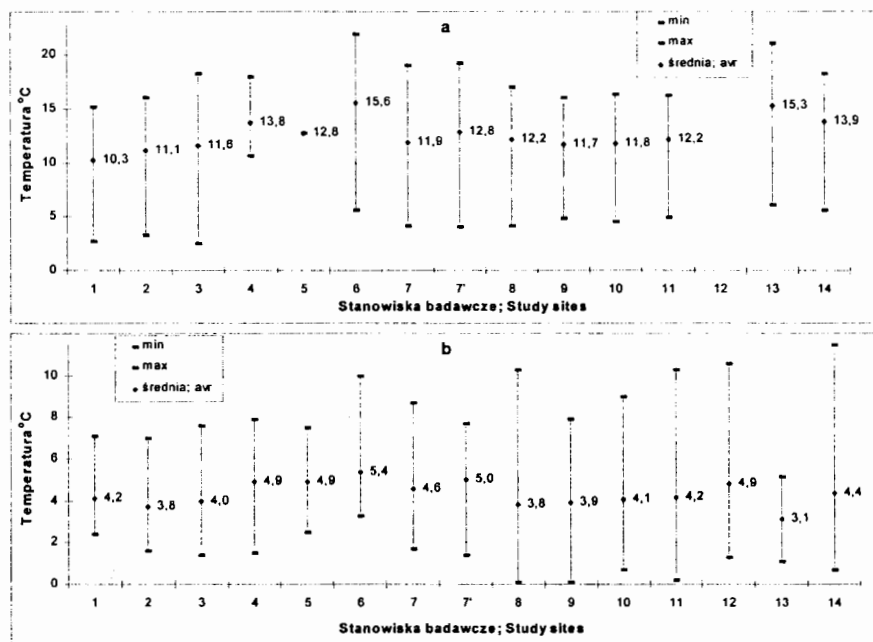
Nr stanowiska	Lokalizacja (mapa zlewni strugi Sząbruk)
1 i 2	odpływy ze zlewni leśnej;
3	struga Sząbruk powyżej dopływu ścieków;
4	odpływy z podczyszczalni „Unieszewo”;
5	odpływ drenarski zasilający rowem otwartym strugę „Sząbruk”;
6	odpływy z podczyszczalni „Sząbruk”;
7	struga Sząbruk poniżej dopływu ścieków z podczyszczalni „Sząbruk” poza okresem zrzutu ścieków;
7'	struga Sząbruk w okresie zrzutu ścieków z podczyszczalni „Sząbruk”;
8	rów opaskowy powyżej dopływu drenarskiego;
9	odpływ drenarski;
10	rów opaskowy poniżej dopływu drenarskiego;
11	rów opaskowy tuż przed ujściem do strugi Sząbruk poniżej stawu;
12	odpływ drenarski zasilający staw;
13	odpływy ze stawu do strugi Sząbruk;
14	ujście strugi Sząbruk do jeziora Wulpińskiego.

Przeprowadzone badania obejmowały wskaźniki tlenowe – chemiczne zapotrzebowanie tlenu ($ChZT_{cr}$), stężenie tlenu rozpuszczonego i nasycenie tlenem oraz termikę wody i ścieków. Pomiar temperatury, stężenia tlenu rozpuszczonego, nasycenia tlenem wykonano bezpośrednio w terenie przy użyciu sondy firmy WTW. Stężenie $ChZT_{cr}$ w wodzie i ściekach określono laboratoryjnie według metody podanej przez HERMANOWICZA i in. [1999].

Wyniki i dyskusja

Termikę wód i ścieków na stanowiskach badawczych zlewni strugi Sząbruk przedstawiono na rysunku 2. Wody odpływające z zalesionej części zlewni – sta-

nowiska badawcze nr 1 i 2, charakteryzowały się w najcieplejszych miesiącach roku – II połowa roku hydrologicznego 2001, niższą temperaturą w porównaniu do wód strugi na stanowiskach położonych w obrębie rolniczej części zlewni. Należy sądzić, iż było to skutkiem zacienienia cieku. Podgrzanie wód strugi w I-szej i II-jej połowie roku hydrologicznego, powodowały dopływające do niej ścieki z podczyszczalni w Unieszewie i Sząbruku, o wyższej średniej temperaturze od temperatury wody strugi powyżej dopływu ścieków – na stanowisku badawczym nr 3. Obserwowano to zwłaszcza w miesiącach jesiennych i zimowych. Dopływ wód drenarskich nie zmieniał temperatury wody w strudze i w rowie opaskowym. W stawie retencyjnym obserwowano znaczący wzrost temperatury wody w okresie letnim, natomiast spadek zimą. Było to efektem nagrzewania powierzchniowej warstwy wody w okresie letnim i stratyfikacji termicznej odwróconej zimą [KAJAK 2001]. Latem odpływy ze stawu podwyższały temperaturę wody w strudze dopływającej do Jeziora Wulpińskiego – stanowisko nr 14, natomiast nieznacznie obniżały zimą (rys. 2).



Objaśnienia: Explanations:

a – II połowa roku hydrologicznego 2001; IInd half of hydrological year 2001

b – I połowa roku hydrologicznego 2002; Ist half of hydrological year 2002

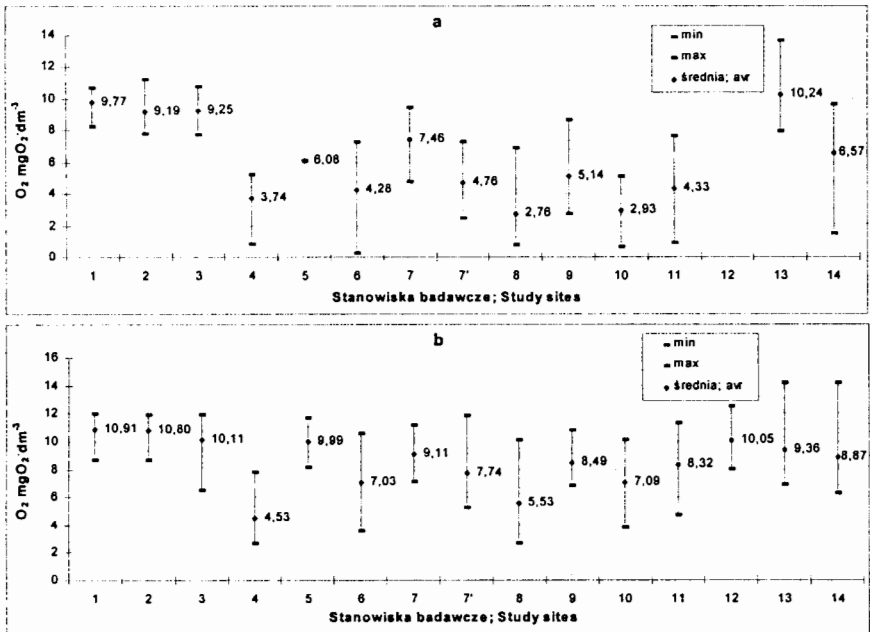
Rys. 2. Temperatura wody i ścieków na stanowiskach badawczych zlewni strugi Sząbruk

Fig. 2. Water and sewage temperature at study sites in the Sząbruk stream catchment

Zawartość tlenu rozpuszczonego w wodach strugi Sząbruk odpływających z górnej zalesionej części zlewni (rys. 1) – stanowiska badawcze 1 i 2 wynosiła średnio 9,77 i 9,19 mg O₂:dm⁻³ w II-jej połowie roku hydrologicznego 2001 oraz 10,91 i 10,80 mg O₂:dm⁻³ w I-szej połowie roku hydrologicznego 2002 (rys. 3). Procentowe nasycenie tlenem kształtowało się średnio od 82,8% zimą do 88,2% latem.

Odpiły z podczyszczalni ścieków w Unieszewie zawierały znacznie mniej tlenu rozpuszczonego, aniżeli wody strugi Sząbruk na stanowisku badawczym nr 3, natomiast odpiły z podczyszczalni w Sząbruku w jednym przypadku były prawie beztlenowe (rys 3). Ścieki odprowadzane do strugi Sząbruk, a szczególnie zrzuty ścieków z podczyszczalni w Sząbruku dokonywane dwa razy na dobę, powodowały spadek zawartości tlenu rozpuszczonego w wodach strugi, zwłaszcza w okresie letnim – z średniej wartości 7,46 mg O₂·dm⁻³ w wodzie strugi poza okresem zrzutu ścieków – stanowisko badawcze nr 7, do 4,76 mg O₂·dm⁻³ w okresie zrzutu ścieków na tym samym stanowisku badawczym (rys. 3). Dalszy spadek średniej zawartości tlenu rozpuszczonego do 2,76 mg O₂·dm⁻³ przy wahanich od 0,80 do 6,88 mg O₂·dm⁻³ wystąpił w wodzie zanieczyszczonej ściekami płynącej rowem opaskowym – stanowisko badawcze nr 8. Mniej drastyczny spadek natlenienia wód zanieczyszczonych ściekami obserwowano w miesiącach jesienno-zimowych I-szej połowy roku hydrologicznego 2001/2002 (rys. 3). Uzyskane wyniki są potwierdzeniem danych literaturowych [DYMACEWSKI i in. 1997], według których niedostatecznie oczyszczone ścieki powodują spadki tlenowe w wodach odbiornika.

Odpiły drenarskie – stanowisko badawcze nr 9 dopływające do rowu opaskowego zawierały średnio 5,14 mg O₂·dm⁻³ w II-jej połowie roku hydrologicznego 2001 i 8,49 mg O₂·dm⁻³ w I-szej połowie roku hydrologicznego 2002 – stanowisko nr 9. Dopływ tych wód powodował wzrost natlenienia wody w rowie opaskowym – stanowisko nr 10. Pomiędzy stanowiskami 10 i 11 nastąpił dalszy wzrost średniego stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie (rys. 3).



Rys. 3. Zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie i ściekach na stanowiskach badawczych zlewni strugi Sząbruk (objaśnienia: a, b jak na rys. nr 2)

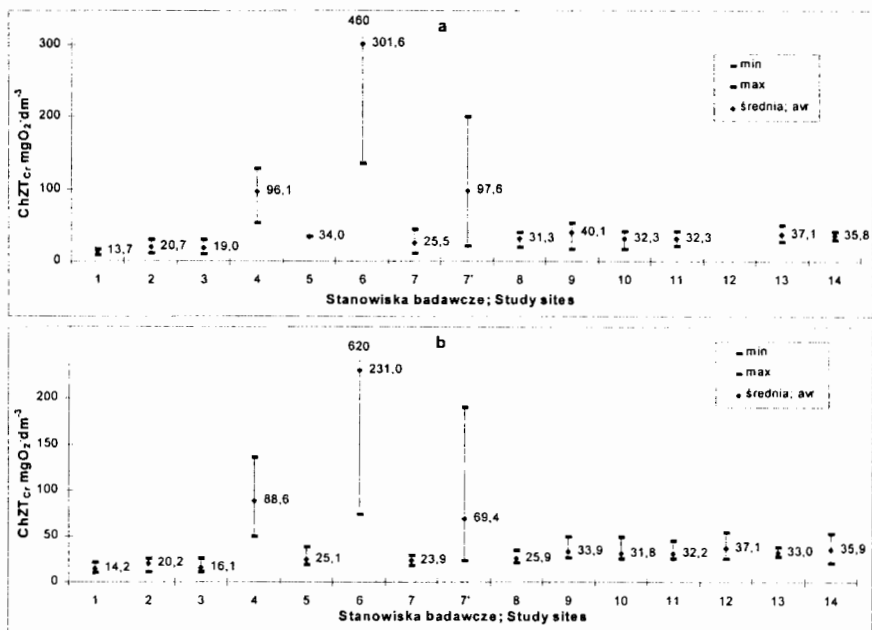
Fig. 3. Dissolved oxygen contents in water and sewage at study sites on the Sząbruk stream (denotations: see Fig. 2)

Zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie odpływającej ze stawu retencyjnego wynosiła w kolejnych okresach średnio $10,24 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ i $9,36 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$, odpowiadało to nasyceniu wody tlenem 103,8 i 71,6%. Natlenienie wód odpływających rowem opaskowym jak i odpływających ze stawu, zwłaszcza w okresie letnim, wskazuje na zachodzący proces samooczyszczania wód, a jego efektem była obserwowana przewaga procesu produkcji tlenu nad jego konsumpcją [DOLIDO 1995; KAJAK 2001].

Wymieszana woda ze stawu i rowu opaskowego dopływająca strugą Sząbruk do Jeziora Wulpińskiego zawierała średnio $6,57 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ w II-iej połowie roku hydrologicznego 2001 i $8,87 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ w I-szej połowie roku hydrologicznego 2002. Poziomy te odpowiadały II-iej i I-szej klasie jakości wód powierzchniowych [ROZPORZĄDZENIE MŚ 2004].

Chemiczne zapotrzebowanie tlenu – ChZT_{Cr} , wskazuje na ilość potrzebnego tlenu do utleniania związków organicznych i niektórych nieorganicznych [HERMANOWICZ i in. 1999].

W wodach górnych odcinków strugi Sząbruk na stanowiskach badawczych nr 1, 2 i 3, stwierdzono najniższe stężenia ChZT_{Cr} wynoszące średnio kolejno: 13,7; 20,7 i $19,0 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ w II-iej połowie roku hydrologicznego 2001 i 14,2; 20,2 i $16,1 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ w I-szej połowie roku hydrologicznego 2002 (rys. 4).



Rys. 4. Chemiczne zapotrzebowanie tlenu w wodzie i ściekach na stanowiskach badawczych zlewni strugi Sząbruk (objaśnienia: a, b jak na rys. 2)

Fig. 4. Chemical oxygen demand in water and sewage at study sites in the Sząbruk stream catchment (explanations: a, b see Fig. 2)

Najwyższe wartości badanego wskaźnika obserwowano w odpływach z podczyszczalni ścieków „Unieszewo” i „Sząbruk” – stanowiska badawcze nr 4 i 6. Stężenie ChZT_{Cr} w odpływach z podczyszczalni w Sząbruku nawet 57,5-krotnie

i 62-krotnie przekraczało wartość tego wskaźnika w wodach strugi Sząbruk odpływających ze zlewni leśnej w badanych okresach kolejnych lat hydrologicznych. Odpływy z tych obiektów, a zwłaszcza z podczyszczalni w Sząbruku powodowały wzrost stężenia ChZT_{Cr} w wodach strugi Sząbruk, w badanych okresach odpowiednio z wartości średniej $25,5 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ – stanowisko badawcze nr 7 poza okresem zrzutu ścieków do $97,6 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ w okresie zrzutu – stanowisko badawcze nr 7' i z $23,9$ do $69,4 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ (rys. 4).

Nieznacznie podwyższoną wartość ChZT_{Cr} , w stosunku do wód zlewni leśnej odnotowano w odpływach drenarskich z mikrozewni rolniczych – stanowisko badawcze nr 5, 9 i 12 (rys. 4).

Wody strugi Sząbruk zanieczyszczone ściekami, następnie płynące rowem opaskowym, jak i te płynące przez staw, w znacznym stopniu oczyszczały się. ChZT_{Cr} wód odpływających rowem opaskowym wynosiło średnio: $32,3$ i $32,2 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$, a wód odpływających ze stawu $37,1$ i $33,0 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ (rys. 4).

Średnia wartość ChZT_{Cr} wód odpływających strugą Sząbruk do Jeziora Wulpińskiego wynosiła $35,8 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ w II-jej połowie roku hydrologicznego 2001 i $35,9 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ w I-szej połowie roku hydrologicznego 2002 (rys. 1).

Wzrost zawartości tlenu w wodzie do poziomu odpowiedniego II-jej, a nawet I-szej klasy jakości wody i redukcja stężenia ChZT_{Cr} wskazują na efektywne biologiczne oczyszczanie w stawie retencyjnym i rowie opaskowym z roślinnością wodną, wód zanieczyszczonych ściekami.

Wyniki badań potwierdzają, że adaptacja podmokłych dolin małych cieków na stawy [TUCHOLSKI 1998] może sprzyjać ochronie wód, zwłaszcza jezior. Z tego względu jest w pełni uzasadniona.

Wnioski

1. Odpływy z wiejskich podczyszczalni ścieków charakteryzowały się w większości niższą zawartością tlenu, w porównaniu do wód strugi Sząbruk.
2. Chemiczne zapotrzebowanie tlenu (ChZT_{Cr}) przekraczało nawet 62-krotnie najniższe stężenie tego wskaźnika w wodzie strugi Sząbruk.
3. Nie oczyszczone w pełni ścieki powodowały spadek natlenienia w czystych wodach odbiornika i wzrost stężenia ChZT_{Cr} w wodzie poniżej miejsca zrzutu.
4. Wody strugi Sząbruk zanieczyszczone odpływami z wiejskich podczyszczalni ścieków przepływając przez staw retencyjny i rów opaskowy ulegały procesowi oczyszczania.
5. Stwierdzono możliwość biologicznego oczyszczania odpływów z wiejskich podczyszczalni ścieków w środowisku wodnym stawu retencyjnego i rowu opaskowego.

Literatura

- DAVE G. 1989. *Experiences with waste water-culturea Daphnia in the start-feeding of rainbow trout (Salmo gairdneri)*. Aquaculture 79: 337–343.
- DOJLIDO J.R. 1995. *Chemia wód powierzchniowych*. Wyd. Ekon. i Środ.: 342 ss.

- DURKOWSKI T., WALCZAK B. 1997. *Jakość wód powierzchniowych w małych zlewniach rolniczych. Woda jako czynnik warunkujący wielofunkcyjny i zrównoważony rozwój wsi i rolnictwa*. PHARE-FAPA-IMUZ Falenty. Mat. Sem. 39: 190–197.
- DYMACZEWSKI Z., OLESZKIEWICZ J.A., SOZAŃSKI M.M. 1997. *Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków*. PZITS Poznań: 643 ss.
- GUERRIN F. 1988. *Valorisation du zooplancton produit en etangs de lagunage comme base pour l'alimentation de larves et juveniles de cyprinides*. Bull. Fr. Peche Piscic. 311: 113–125.
- HERMANOWICZ W., DOJLIDO J., DOŻAŃSKA W., KOZIOROWSKI B., ZERBE J. 1999. *Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków*. Wyd. drugie pod kierunkiem J. Dojlido. Arka: 555 ss.
- KAJAK Z. 2001. *Hydrobiologia – limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych*. PWN Warszawa: 359 ss.
- KONDRACKI J. 2000. *Polska północno-wschodnia*. PWN Warszawa: 440 ss.
- NIEWOLAK S., TUCHOLSKI S. 1995. *Reduction efficiency of the number of pollution indicator bacteria in sewage waters treated in fish ponds*. Ekol. Pol. 43(3–4): 277–287.
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA 2004. *Z dnia 11 lutego w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód*. Dz. U. Nr 32, poz. 284.
- TUCHOLSKI S. 1994. *Chów ryb w stawach zasilanych biologicznie oczyszczonymi ściekami*. Opracowanie Instytutu Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza w Olsztynie nr 167.
- TUCHOLSKI S. 1998. *Możliwości adaptacji podmokłych dolin małych cieków na stawy*. Bibliotheca Fragm. Agron. 5: 379–388.
- TUCHOLSKI S. 2001. *Wartość nawozowa ścieków wiejskich odpływających z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 475: 87–94.
- TUCHOLSKI S., NIEWOLAK S. 1994. *Stawy rybne jako III stopień oczyszczania w małej biologicznej oczyszczalni ścieków*. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu 246: 179–189.
- WIDUTO J., TUCHOLSKI S. 2000. *The bioregulation of large Cladocera production in fish ponds supplied with treated sewage*. Fish Culture Research Institute Szarvas, Hungary. Fisheries Development 23: 61.
- WOŁNY P. 1962. *Przydatność oczyszczonych ścieków miejskich do hodowli ryb*. Roczn. Nauk. Rol. 81-B-2: 231–249.

Słowa kluczowe: ścieki, samooczyszczanie, stawy, tlen rozpuszczony, chemiczne zapotrzebowanie tlenu

Streszczenie

Przeprowadzono badania nad doczyszczaniem odpływów z wiejskich podczyszczalni ścieków w środowisku wodnym. Obiekt badań stanowiła struga Sząbruk, dopływająca do niej wody drenarskie i odpływy z oczyszczalni ścieków. Bada-

nia prowadzono w II-jej połowie roku hydrologicznego 2001 i w I-szej połowie roku hydrologicznego 2002 na 14 stanowiskach badawczych. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań temperatury, natlenienia i ChZT_{Cr} wód strugi Sząbruk, odpływów drenarskich i podczyszczonych ścieków dopływających do strugi. Odpływy z podczyszczalni ścieków charakteryzowały się niskim natlenieniem, w jednym przypadku prawie że brakiem tlenu oraz wysokimi wartościami ChZT_{Cr} . Powodowały one zanieczyszczenie wód strugi. Zanieczyszczone wody strugi Sząbruk przepływając przez staw retencyjny porośnięty w 42% powierzchni roślinnością i rowem opaskowym z roślinnością wodną oczyszczały się. Stwierdzono, że doczyszczanie odpływów z wiejskich oczyszczalni ścieków w środowisku wodnym stawu retencyjnego i rowu opaskowego jest w pełni możliwe.

FINAL PURIFICATION OF THE EFFLUENTS FROM RURAL SEWAGE TREATMENT PLANTS IN WATER ENVIRONMENT

Stefan Tucholski, Józef Koc, Paweł Skonieczek

Department of Land Reclamation and Environmental Management,
University of Warmia and Mazury, Olsztyn

Key words: sewage, selfpurification, ponds, dissolved oxygen, chemical oxygen demand

Summary

The study on purification of the effluents from rural sewage treatment plants in the water environment was conducted. The study object was the Sząbruk stream as well as the drainage water and sewage effluents it receives. The investigations were conducted at 14 study sites during II-nd half of hydrological year 2001 and ist half of 2002. This paper presents the results of temperature, oxygen saturation and COD_{Cr} measurements for the Sząbruk stream water, drainage water and sewage effluents entering the stream. The effluents from sewage treatment plant were characterized by low oxygen saturation, except for one case when the oxygen deficiency as well as high values of COD_{Cr} were stated. The effluents polluted stream water. Polluted water of the stream were purified during flow through the retention pond covered in 42% by macrophytes and along the band ditch overgrown by hydrophytes. The results showed that the effluents from rural sewage treatment plant might be purified in water environment of a retention pond and its band ditch.

Dr inż. Stefan Tucholski
Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
Plac Łódzki 2
10-719 OLSZTYN
e-mail: katemel@moskit.uwm.edu.pl