INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 1/IV/2013, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 253–269
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

WPŁYW ZANIECZYSZCZEŃ PUNKTOWYCH NA JAKOŚĆ WODY RZEKI SAN

Agnieszka Policht-Latawiec, Włodzimierz Kanownik, Damian Łukasik
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

EFFECT OF POINT SOURCE POLLUTION ON THE SAN RIVER WATER QUALITY

Streszczenie

W pracy przedstawiono zmiany jakości wody rzeki San (od km 28+800 do 23+200) w wyniku zrzutu oczyszczonych ścieków komunalnych i przemysłowych w km 26+440. Na badanym odcinku San objęty jest ochroną w ramach obszarów siedliskowych Natura 2000 (Dolina Dolnego Sanu). Badania zanieczyszczeń w oczyszczonych ściekach z Miejskiej i Centralnej Oczyszczalni prowadzono dwa razy w miesiącu. Miejska Oczyszczalnia Ścieków przyjmuje ścieki komunalne miasta Stalowa Wola, została zmodernizowana w 2008 roku i dysponuje maksymalną przepustowością 17500 $m^3 \cdot d^{-1}$ oraz przyjęciem ładunków zanieczyszczeń do 98500 RLM. Sąsiadująca z nią Centralna Oczyszczalnia Ścieków oczyszcza ścieki z terenów zabudowy przemysłowej Huty Stalowa Wola oraz Tarnobrzeskiej Specjalnej Strefy Ekonomicznej EURO-PARK WISŁOSAN w Stalowej Woli. Jej maksymalna przepustowość wynosi 100000 $m^3 \cdot d^{-1}$, ale podczas pogody bezdeszczowej ilość ścieków nie przekracza 20000 $m^3 \cdot d^{-1}$. Ocenę wpływu ścieków na jakość wody rzeki San dokonano w dwóch punktach pomiarowo-kontrolnych (2360 m powyżej i 3240 m poniżej zrzutu ścieków) na podstawie czteroletnich (2009–2012) badań 19 wskaźników zanieczyszczeń, w tym 3 fizyczne, 2 tlenowe, 2 biogenne, 2 zasolenia, 7 metali oraz 3 przemysłowe.

W punktach pomiarowo-kontrolnych określono klasy jakości wody Sanu według Rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie sposobu klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu

chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych [Dz. U. 2011 Nr 259 poz. 1549].

Aby określić wpływ oczyszczonych ścieków na jakość wody powierzchniowej w odbiorniku, nieparametrycznym testem U Manna-Whitney'a sprawdzono istotność różnic stężeń zanieczyszczeń pomiędzy punktami usytuowanymi przed i poniżej zrzutu ścieków.

Powyżej jak i poniżej oczyszczalni ścieków wody Sanu zaklasyfikowano do stanu ekologicznego poniżej dobrego ze względu na wysoką wartość pięciodniowego biochemicznego zapotrzebowania tlenu. Oczyszczone ścieki wpływają na wzrost stężeń większości wskaźników zanieczyszczeń w wodzie Sanu, ale jest on statystycznie nieistotny na poziomie $\alpha = 0,05$.

Słowa kluczowe: zanieczyszczenia punktowe, jakość wody, rzeka San

Summary

The paper presents changes of the San river water quality (from km 28+800 to 23+200) in result of treated municipal and industrial sewage discharge at km 26+440. Along the analyzed section, the San is under protection in the framework of Natura 2000 habitat areas programme (The Lower San River Valley). Analyses of pollutants in treated sewage originating from the Municipal and Central Treatment Plant were conducted twice a month. Municipal Sewage Treatment Plant, a maximum throughput of 17500 $m^3 \cdot 24\ hours^{-1}$, receives municipal sewage from Stalowa Wola city, was modernized in 2008 and is capable of receiving the pollutant load to 98500 RLM. The neighbouring Central Sewage Treatment Plant treats sewage from the Stalowa Wola Iron Works area and from the Tarnobrzeg EURO-PARK WISŁOSAN Special Economic Zone in Stalowa Wola. Its maximum throughput is 100000 $m^3 \cdot 24\ hours^{-1}$, but during the rainless weather the amount of sewage does not exceed 20000 $m^3 \cdot 24\ hours^{-1}$. The assessment of sewage effect on the San river water quality was carried out in two measurement-control points (2360 m above and 3240 m below the sewage discharge point) on the basis on four-year (2009–2012) analyses of 19 pollution indices, including 3 physical, 2 oxygen, 2 biogenic, 2 salinity, 7 metals and 3 industrial ones.

In measurement-control points quality classes of the San river water were determined according to the Regulation of the Minister of the Environment on classification of ecological status, ecological potential and chemical status of homogeneous parts of surface water [Journal of Laws of 2011, No.259, item 1549].

In order to determine the effect of treated sewage on surface water quality in the receiving water using U Mann-Whitney non-parametric test,

the significance of difference in pollutant concentrations was checked between the points situated before and below the sewage discharge.

The San river water both upstream and downstream from the sewage treatment plant was classified to ecological status below good due to high value to five-day biological oxygen demand, however the value was statistically insignificant on the level α = 0,05.

Key words: *point sources of pollution, water quality, San river*

WSTĘP

Postępujący rozwój gospodarczy, a zwłaszcza różnych gałęzi przemysłu od wielu lat ma negatywny wpływ na środowisko, w szczególności powoduje ogromne zagrożenia dla istnienia naturalnych ekosystemów w wodach powierzchniowych [Cooper i in. 2002, Moniewski i Stolarska 2007, Kuczyńska-Kippen i Joniak 2010]. Zanieczyszczenia przedostające się do rzek, jezior czy potoków mogą mieć różne źródła: obszarowe, punktowe oraz liniowe [Grunert i in. 2004, Kiryluk i Wiater 2004, Małek i Gawęda 2006, Macrae i in. 2007, Kanclerz i in. 2008, Dmochowska i Dmochowski 2011, Gałczyńska i in. 2011, Kanownik i Rajda 2011].

Obecnie obowiązujący pięciostopniowy podział wód pod względem jakościowym opracowano, aby spełnić zalecenia Ramowej Dyrektywy Wodnej [Directive… 2000] obowiązujące wszystkie kraje członkowskie Unii Europejskiej. Państwa członkowskie muszą zapobiegać pogarszaniu się stanu wód powierzchniowych oraz dążyć do osiągnięcia i utrzymania dobrego stanu i potencjału ekologicznego oraz stanu chemicznego wód powierzchniowych i podziemnych [Czaban 2008].

W województwie podkarpackim, rzekami najbardziej zanieczyszczonymi punktowymi zrzutami ścieków są San, Wisłoka oraz Wisłok. Ścieki pochodzą głównie z komunalnych i przemysłowych oczyszczalni ścieków, które odprowadzają niejednokrotnie ścieki z dużymi ładunkami fosforu oraz azotu. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Rzeszowie [Raport … 2012] w 2011 roku dokonał oceny stanu 32 jednolitych części wód powierzchniowych w województwie podkarpackim (stan dobry charakteryzował 21,9% jednolitych części wód, natomiast stan zły stwierdzono w 78,1% badanych częściach wód). Według GUS-u w 2011 roku z terenu województwa podkarpackiego do wód powierzchniowych odprowadzono 55,8 hm^3 oczyszczonych ścieków, z czego aż 6,4 hm^3

z miejskiej oraz centralnej oczyszczalni ścieków w Stalowej Woli [Ochrona… 2012]. Przyczyniło się to do chęci zbadania czy stalowowolskie oczyszczalnie ścieków wpływają na jakość wody odbiornika, którym jest rzeka San.

Celem pracy była ocena wpływu ścieków oczyszczonych odprowadzanych jednym kolektorem zrzutowym z Miejskiej oraz Centralnej Oczyszczalni Ścieków w Stalowej Woli na jakość wody rzeki San. Wpływ ten oceniono w latach 2009–2012 na podstawie stężeń wybranych wskaźników fizykochemicznych.

OPIS OBIEKTU BADAŃ

Badania prowadzono na dolnym odcinku rzeki San w północno-wschodniej części miasta Stalowa Wola. Zlewnia rzeki o powierzchni 16861 km^2 (14390 km2 na obszarze Polski, a 2471 km^2 na Ukrainie) położona jest w południowo-wschodniej Polsce. San ma długość 443,4 km i jest prawobrzeżnym dopływem Wisły. Przepływy charakterystyczne określone dla wodowskazu Nisko (39,0 km rzeki San) w okresie od 1971 do 1990 wynosiły: największy przepływ 2180 $m^3 \cdot s^{-1}$, średni –123 $m^3 \cdot s^{-1}$, najmniejszy – 23 $m^3 \cdot s^{-1}$.

Rzeka na badanym odcinku należy do systemu obszarów objętych ochroną przyrody Natura 2000 w ramach obszaru siedliskowego Dolina Dolnego Sanu (PLH180020). Celem ochrony tego terenu jest zachowanie mozaiki siedliskowej w dolinie rzecznej. Stanowi on istotny korytarz ekologiczny dla ichtiofauny. Dorzecze Sanu objęte jest krajowym programem restytucji ryb wędrownych (certy, troci wędrownej, łososia i jesiotra ostronosego), zaś jej dopływy na tym odcinku stanowią potencjalne tarliska anadromicznych ryb wędrownych i siedlisko ryb prądolubnych o znaczeniu europejskim.

Na terenie miasta Stalowa Wola znajdują się dwie oczyszczalnie ścieków, z których oczyszczone ścieki odprowadzane są jednym wspólnym kanałem zrzutowym do rzeki San. Pierwsza to mechaniczno-biologiczna Miejska Oczyszczalnia Ścieków, do której ścieki komunalne dopływają z systemu kanalizacji ogólnospławnej miasta oraz dowożone są wozem asenizacyjnym ze zbiorników bezodpływowych z terenów nieskanalizowanych. Druga to Centralna Oczyszczalnia Ścieków przyjmująca ścieki pochodzenia przemysłowego. Oczyszczalnie ścieków wspólnie korzystają z jednego pozwolenia wodno-prawnego podpisanego przez Starostę Stalowowolskiego z dnia 20 sierpnia 2010 roku [Pozwolenie… 2010].

Miejska Oczyszczalnia Ścieków w Stalowej Woli została oddana do użytku w 1993 roku. Po wejściu Polski do Unii Europejskiej przestarzały ciąg technologiczny oczyszczalni nie spełniał rygorystycznych wymogów, szczególnie pod względem redukcji związków biogennych. Dlatego w latach 2006–2009 dokonano modernizacji oraz rozbudowy osadników wstępnych i wtórnych, piaskownika, przepompowni ścieków, komory zasuw oraz budynku krat. Wybudowano zbiorniki do gromadzenia ścieków przywożonych wozami asenizacyjnymi, przepompownię osadu zagęszczonego oraz instalację dozującą koagulanty. Obecnie oczyszczalnia redukuje zawartość azotu oraz węgla w komorze biologicznej defosfatacji, po której zanieczyszczenia usuwane są technologią osadu czynnego z reaktorami tlenowymi lub niedotlenionymi. Aby polepszyć rezultaty procesu defosfatacji przeprowadza się dodatkowo predenitryfikację osadu powracającego. Aktualnie oczyszczalnia dysponuje maksymalną przepustowością wynoszącą 17500 $m^3 \cdot d^{-1}$ oraz przyjęciem ładunku zanieczyszczeń do 98500 RLM.

Sąsiadująca z nią Centralna Oczyszczalnia Ścieków przyjmuje ścieki przemysłowe powstające na terenie Huty Stalowa Wola oraz Tarnobrzeskiej Specjalnej Strefy Ekonomicznej EURO-PARK WISŁOSAN w Stalowej Woli. Oczyszczalnia wyposażona jest w dwie kraty o prześwicie 20 mm, piaskownika poziomego składającego się z czterech komór oraz osadników wtórnych typu Dorr'a. Oczyszczalnia ma maksymalną przepustowość wynoszącą 100000 $m^3 \cdot d^{-1}$, lecz w praktyce podczas pogody bezdeszczowej ilość dopływających ścieków do oczyszczalni nie przekracza 20000 $m^3 \cdot d^{-1}$.

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Badania hydrochemiczne prowadzono w latach 2009–2012. Próbki wody pobierano w 2 punktach pomiarowo-kontrolnych na rzece San. Pierwszy punkt (1) położony jest w km 28+800, a drugi (2) w km 23+200 biegu rzeki. Pomiędzy nimi w km 26+440 usytuowany jest zrzut oczyszczonych ścieków doprowadzanych wspólnym kolektorem z Miejskiej i Centralnej Oczyszczalni Ścieków. Z tego kolektora (S) pobierano próbki ścieków do analiz laboratoryjnych (rys. 1).

Źródło: opracowanie własne; Source: own elabotation

Rysunek 1. Lokalizacja punktów pomiarowo-kontrolnych
Figure 1. Location of measurement-control points

Badania jakości wody rzeki San prowadzano z częstotliwością dwa razy w roku, natomiast monitoring oczyszczonych ścieków prowadzono dwa razy w miesiącu. W ramach analiz wykonanych przez Laboratorium Ochrony Środowiska w Stalowej Woli oznaczano 19 wskaźników zanieczyszczeń, w tym: 3 fizyczne: pH (metoda potencjometryczna, IB/14/ZBWŚ), temperatura (termometria, IB/09/ZBWŚ/RI), zawiesina ogólna (metoda wagowa, PN-EN 872:2007 + Ap1:2007); 2 tlenowe: BZT_5 (metoda elektrochemiczna, PN-EN 1899-1:2002), ChZT-Cr (metoda miareczkowa, IB/11/ZBWŚ/RI); 2 biogenne: azot ogólny (metoda obliczeniowa, IB/13/ZBWŚ), fosfor ogólny (metoda spektrofotometryczna, PN-EN ISO 6878:2006 + Ap1:2010 + Ap2:2010); 2 zasolenia: siarczany (metoda wagowa, PN-ISO 9280:2002), chlorki (metoda miareczkowa, PN-ISO 9297:1994); 7 metali: żelazo ogólne (metoda spektrofotometryczna, PN-ISO 6332:2001), $chrom^{+6}$ (metoda spektrofotometryczna, PN-77/C-04604/08), chrom ogólny, cynk, miedź, nikiel, ołów (atomowa spektrometria emisyjna z plazmą wzbudzoną indukcyjnie, PN-EN ISO 17294-2:2006); oraz 3 przemysłowe: fenole lotne (metoda spektrofotometryczna, PN-ISO 6439:1994), węglowodory ropopochodne (chromatografia gazowa, PN-EN ISO 9377-2:2003), substancje ekstrahujące się eterem naftowym (metoda wagowa, IB/12/ZBWŚ). Wyniki oznaczeń wskaźników zanieczyszczeń uzyskano z Miejskiego Zakładu Komunalnego Sp. z o.o. w Stalowej Woli.

Wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych porównano z najwyższymi dopuszczalnymi według Rozporządzenia Ministra Środowiska zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego [Rozporządzenie…2009]. Porównano je również z wymogami pozwolenia wodno-prawnego [Pozwolenie… 2010]. Klasy jakości wody rzeki San w punktach pomiarowo-kontrolnych określono zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie sposobu klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych [Rozporządzenie… 2011].

W celu określenia wpływu oczyszczalni ścieków na jakość wód rzeki San, porównano wartości wskaźników uzyskane w punkcie pomiarowo-kontrolnym powyżej i poniżej zrzutu oczyszczonych ścieków. Wnioskowanie statystyczne o istotności różnic przeprowadzono nieparametrycznym testem U Manna-Whitney'a, na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Test ten wybrano ze względu na brak

normalności rozkładu większości analizowanych parametrów zgodnie z wynikami testu Shapiro-Wilka oraz brak równość wariancji określony testem Fishera-Snedecora.

Tabela 1. Ekstremalne i średnie wartości wskaźników zanieczyszczeń w oczyszczonych ściekach w latach 2009–2012 oraz wartości dopuszczalne

Table 1. Extreme and mean values of pollution indices in treated sewage in 2009–2012 and permissible values

Wskaźnik	Minimalna – Maksymalna / Średnia				Wartości dopuszczalne zgodnie z	
	Rok				Pozwolenie wodno-prawne [2010]	Rozporządzenie Ministra Środowiska [Dz. U. 2009 Nr 27 poz. 169]
	2009	2010	2011	2012		
Temperatura [°C]	9,6 – 27,9 / 17,7	9,6 – 27,9 / 18,8	8,4 – 26,5 / 16,9	7,3 – 30,1 / 17,4	35	35
Zawiesina ogólna [mg·dm^{-3}]	2 – 21 / 9,4	5,2 – 22 / 10,3	4,4 – 17,4 / 9,2	5,2 – 19,4 / 9,5	35	35
BZT_5 [mg O_2·dm^{-3}]	2 – 14,3 / 7,4	4,6 – 12,4 / 7,7	5,6 – 13,2 / 9,3	4,5 – 9,6 / 6,8	25	25
ChZT-Cr [mg O_2·dm^{-3}]	17,5 – 43,7 / 26,3	21,8 – 38,6 / 29,1	20,9 – 35,8 / 27,6	22,2 – 33 / 25,3	125	125
Siarczany [mg SO_4·dm^{-3}]	34,2 – 150 / 84,1	53,3 – 269 / 90,5	45,1 – 198 / 92,7	83,3 – 166 / 119	500	500
Chlorki [mg Cl·dm^{-3}]	30 – 104 / 54	34,4 – 74,5 / 51,4	34,6 – 83,7 / 52,6	39,6 – 81,2 / 63	1000	1000
pH	7,1 – 8,3 / 7,6	5,5 – 8,3 / 6,9	7 – 9,5 / 7,6	4,6 – 7,9 / 7,5	6,5 – 9,5	6,5 – 9,0
Azot ogólny [mg N·dm^{-3}]	3,05 – 10,5 / 6,62	5,06 – 13,6 / 8,19	5,3 – 16,4 / 8,7	5,4 – 14 / 9,07	30	30
Fosfor ogólny [mg P·dm^{-3}]	0,16 – 0,87 / 0,419	0,21 – 1,24 / 0,333	0,11 – 0,72 / 0,377	0,14 – 0,95 / 0,459	3	2

Wskaźnik	Minimalna – Maksymalna / Średnia				Wartości dopuszczalne zgodnie z	
	Rok				Pozwolenie wodno-prawne [2010]	Rozporządzenie Ministra Środowiska [Dz. U. 2009 Nr 27 poz. 169]
	2009	2010	2011	2012		
Chrom ogólny [mg Cr·dm^{-3}]	0,05 – 0,05 / 0,05	0,004 – 0,07 / 0,021	0,003 – 0,093 / 0,018	0,002 – 0,048 / 0,009	0,5	0,5
Chrom Cr^{+6} [mg Cr^{+6}·dm^{-3}]	0,01 – 0,05 / 0,019	0,01 – 0,02 / 0,02	0,002 – 0,02 / 0,019	0,002 – 0,02 / 0,018	0,1	0,1
Cynk [mg Zn·dm^{-3}]	0,05 – 0,12 / 0,064	<0,05 – 0,17	<0,05 – 0,23	0,025 – 0,68 / 0,079	2	2
Miedź [mg Cu·dm^{-3}]	<0,01 – 0,11	0,01 – 0,52 / 0,069	0,005 – 0,05 / 0,019	0,005 – 0,025 / 0,008	0,5	0,5
Fenole lotne [mg·dm^{-3}]	0,002 –0,013 / 0,005	0,003 – 0,018 / 0,007	0,002 – 0,012 / 0,004	0,002 – 0,014 / 0,005	0,1	0,1
Węglowodory ropopochodne [mg·dm^{-3}]	-	0,12 – 1,22 / 0,589	0,1 – 2,29 / 0,798	0,1 – 1,28 / 0,635	15	15
Nikiel i jego związki [mg Ni·dm^{-3}]	0,01 – 0,09 / 0,031	<0,01 – 0,22	<0,01 – 0,03	0,005 – 0,049 / 0,018	0,5	0,5
Ołów i jego związki [mg Pb·dm^{-3}]	0,01 – 0,15 / 0,042	<0,01 – 0,06	<0,01 – 0,04	0,005 – 0,01 / 0,006	0,5	0,5
Subst. ekstr. się eter. naft. [mg·dm^{-3}]	0,5 – 6,5 / 4,4	<5,0 – 5,4	<5,0 – 7,9	0,5 – 9,4 / 5,5	50	50
Żelazo ogólne [mg Fe·dm^{-3}]	0,13 – 1,83 / 0,83	0,36 – 6,7 / 1,15	0,31 – 1,82 / 1	0,27 – 3,19 / 1	10	10

Źródło: opracowanie własne; Source: own elabotation

WYNIKI BADAŃ

Stężenie wszystkich wskaźników zanieczyszczeń w oczyszczonych ściekach w latach 2009–2012 nie przekroczyło dopuszczalnych wartości wymienionych w pozwoleniu wodno-prawnym dla tej oczyszczalni (tab. 1). Stężenie zawiesiny ogólnej mieściło się w przedziale od 2 do 22 $mg \cdot dm^{-3}$, a średnia wartość w poszczególnych latach była podobna i wahała się od 9,2 do 10,3 $mg \cdot dm^{-3}$. W przypadku BZT_5 i ChZT-Cr najwyższe wartości stwierdzone w okresie badań wynosiły 14,3 i 43,7 mg $O_2 \cdot dm^{-3}$ w roku 2009, były niższe odpowiednio prawie 2 i 3-krotnie od dopuszczalnej wartości ustalonej w pozwoleniu (tab. 1). Najwyższe stężenia siarczanów wynosiło 269 $mg \cdot dm^{-3}$ w roku 2010 i było prawie dwukrotnie niższe od wartości dopuszczalnej, natomiast w roku 2009 odnotowano najwyższe (104 $mg \cdot dm^{-3}$) stężenie chlorków, które było 10-krotnie niższe od wymagań ministerialnych [Rozporządzenie… 2009]. Wartość pH tylko w jednym terminie przekroczyła maksymalną wartość dopuszczalną 9,0, ale była zgodna z pozwoleniem wodno-prawnym dla tych oczyszczalni (tab. 1).

W przypadku wskaźników biogennych dopuszczalne wartości ustalone w pozwoleniu wodno-prawnym nie zostały przekroczone. Najwyższe stężenie w oczyszczonych ściekach (punkt S) wystąpiło w przypadku azotu ogólnego (16,4 $mg \cdot dm^{-3}$) w roku 2011, a fosforu ogólnego (1,24 $mg \cdot dm^{-3}$) w roku 2010 (tab. 1). Stężenia badanych metali ciężkich: chrom ogólny, chrom sześciowartościowy, cynk, miedź, nikiel i ołów, były na niskim poziomie. Jedynie stężenie miedzi (0,52 $mg \cdot dm^{-3}$) w jednym terminie przekroczyło dopuszczalną wartość 0,5 $mg \cdot dm^{-3}$. Natomiast najwyższe stężenie żelaza ogólnego było w 2010 roku i wynosiło 6,7 $mg \cdot dm^{-3}$, a średnia wartość w poszczególnych latach była w przedziale od 0,83 do 1,15 $mg \cdot dm^{-3}$ (tab. 1). W przypadku trzech badanych wskaźników zanieczyszczeń przemysłowych: fenole lotne, węglowodory ropopochodne oraz substancje ekstrahujące się eterem naftowym wartości maksymalne były ponad 5-krotnie niższe od dopuszczalnych wartości [Rozporządzenie… 2009].

Stan wody rzeki San powyżej oczyszczalni ścieków (punkt 1) określony na podstawie wybranych elementów fizykochemicznych był poniżej dobrego ze względu na średnią wartość BZT_5 przekraczającą o 0,2 mg $O_2 \cdot dm^{-3}$ wartość dopuszczalną dla II klasy jakości. Ze względu na średnie stężenie zawiesiny ogólnej, wodę zaklasyfikowano do II klasy [Rozporządzenie… 2011]. Natomiast stan

chemiczny wody Sanu był dobry, ponieważ badane substancje priorytetowe nie przekroczyły środowiskowej normy jakości (tab. 2). Po zrzucie oczyszczonych ścieków nastąpił wzrost stężenia większości analizowanych wskaźników wody. Największy średni wzrost zaobserwowano w przypadku zawiesiny ogólnej o 4,7 $mg \cdot dm^{-3}$, siarczanów o 3,1 $mg \cdot dm^{-3}$ i ChZT-Cr o 2,8 mg $O_2 \cdot dm^{-3}$ (tab. 2). W przypadku 7 wskaźników: pH, chrom ogólny, chrom sześciowartościowy, fenole lotne, węglowodory ropopochodne, nikiel oraz ołów średnie wartości stężeń w obu punktach pomiarowo-kontrolnych były równe. Tylko w przypadku stężenia miedzi stwierdzono spadek wartości średnio o 0,001 $mg \cdot dm^{-3}$. Mimo wzrostu stężenia zanieczyszczeń w wodzie Sanu poniżej zrzutu oczyszczonych ścieków, klasa jakości wody nie uległa zmianie. Prawie wszystkie stężenia wskaźników wody, w tym punkcie, kwalifikowały się do I klasy. Wyjątek stanowiło BZT_5 oraz stężenie zawiesiny ogólnej, które przekroczyło dopuszczalną wartość dla wód odpowiednio II i I klasy jakości.

Analiza statystyczna przeprowadzona nieparametrycznym testem U Manna-Whitney'a wykazała, że różnice pomiędzy stężeniami badanych wskaźników wody z punktu powyżej (1) i poniżej (2) oczyszczalni były statystycznie nieistotnie na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ (tab. 3). Potwierdza to, że zrzut oczyszczonych ścieków ma niewielki wpływ na stan fizykochemiczny wody na badanym odcinku rzeki San.

Podobne rezultaty uzyskali Królak i in. [2011] prowadząc badania wpływu mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków na jakość wody cieku Zielawa i Lutni. Wykazali, że oczyszczalnie ścieków nieznacznie wpływają na wzrost zawartości jonów azotanowych, amonowych oraz przewodnictwa elektrolitycznego. Stwierdzili również, że oczyszczone ścieki odprowadzone z oczyszczalni ścieków w miejscowości Wisznica jak i Piszczac nie miały bezpośredniego wpływu na klasę wód w odbiornikach.

Natomiast Lewandowska-Robak i in. [2011] oceniając wpływ mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków, z podwyższonym usuwaniem biogenów, na jakość wody strugi Kicz w Tucholi, największym mieście Borów Tucholskich ustalili, że w wyniku zrzutu ścieków oczyszczonych w wodzie odbiornika istotnie wzrosły stężenia chlorków, azotanów (III) i (V) oraz BZT5. Jednak nie wpłynęło to na zmianę jakości wody poniżej zrzutu ścieków.

Tabela 2. Ekstremalne i średnie wartości wskaźników jakości wody rzeki San powyżej (1) i poniżej zrzutu oczyszczonych ścieków wraz z jakością wody

Table 2. Extreme and mean values of the San River water quality indices upstream (1) and downstream (2) of treated sewage discharge point and water quality

Grupa wskaźników			Minimalna – Maksymalna / Średnia		Dopuszczalne wartości [Rozporządzenie… 2011]	
			Punkt pomiarowo-kontrolny		Klasa	
			powyżej (1)	poniżej (2)	I	II
Fizykochemiczne	Fizyczne	Temperatura [°C]	10,6 – 19,9 / 16,2	11,1 – 20,9 / 16,5	≤ 22	≤ 24
		Zawiesina ogólna [mg·dm^{-3}]	12,4 – 52,2 / 25,7	12,8 – 62,6 / 30,4	≤ 25	≤ 50
	Tlenowe	BZT_5 [mg O_2·dm^{-3}]	4,1 – 10,6 / 6,2	4,6 – 11,6 / 7	≤ 3	≤ 6
		ChZT-Cr [mg O_2·dm^{-3}]	12,7 – 30,8 / 19,8	14,8 – 33 / 22,6	≤ 25	≤ 30
	Zasolenia i zakwaszenia	Siarczany [mg SO_4·dm^{-3}]	33,2 – 50 / 40,6	31,9 – 58,6 / 43,7	≤ 150	≤ 250
		Chlorki [mg Cl·dm^{-3}]	9,6 – 21,6 / 13,9	8,3 – 23,8 / 14,7	≤ 200	≤ 300
		pH	7,9 – 8,6 / 8,2	8 – 8,5 / 8,2	6 – 8,5	6 – 9
	Biogenne	Azot ogólny [mg N·dm^{-3}]	2,67 – 5,27 / 3,77	3,06 – 5,91 / 3,92	≤ 5	≤ 10
		Fosfor ogólny [mg P·dm^{-3}]	0,05 – 0,166 / 0,111	0,05 – 0,214 / 0,138	≤ 0,2	≤ 0,4

Grupa wskaźników		Minimalna – Maksymalna / Średnia		Dopuszczalne wartości [Rozporządzenie… 2011]	
		Punkt pomiarowo-kontrolny		Klasa	
		powyżej (1)	poniżej (2)	I	II
Specyficzne zanieczyszczenia syntetyczne i niesyntetyczne	Chrom ogólny [mg Cr·dm^{-3}]	0,004 – 0,01 / 0,005	0,004 – 0,011 / 0,005	≤ 0,005	≤ 0,05
	Chrom sześciowartościowy [mg Cr^{+6}·dm^{-3}]	0,02	0,02	≤ 0,02	
	Cynk [mg Zn·dm^{-3}]	0,05 – 0,43 / 0,1	0,05 – 0,53 / 0,11	≤ 1	
	Miedź [mg Cu·dm^{-3}]	0,002 – 0,068 / 0,013	0,002 – 0,076 / 0,012	≤ 0,05	
	Fenole lotne [mg·dm^{-3}]	0,002 – 0,009 / 0,003	0,002 – 0,01 / 0,003	≤ 0,01	
	Węglowodory ropopochodne [mg·dm^{-3}]	0,1 – 0,2 / 0,12	0,1 – 0,2 / 0,12	≤ 0,2	
Substancje priorytetowe	Nikiel i jego związki [mg Ni·dm^{-3}]	0,005 – 0,008 / 0,006	0,005 – 0,007 / 0,006	0,02	
	Ołów i jego związki [mg Pb·dm^{-3}]	0,004 – 0,0076 / 0,0045	0,004 – 0,0072 / 0,0045	0,0072	
Nie objęte ustawowym monitoringiem	Subst. ekstr. się eter. naft. [mg·dm^{-3}]	0,5 – 5 / 1,9	0,05 – 5 / 2	-	
	Żelazo ogólne [mg Fe·dm^{-3}]	0,24 – 1,65 / 0,98	0,3 – 1,76 / 1,07	-	

stan bardzo dobry (klasa I); stan dobry (klasa II)
stan chemiczny dobry; stan poniżej dobrego

Źródło: opracowanie własne; Source: own elabotation

Tabela 3. Porównanie wartości wskaźników jakości wody pomiędzy punktami powyżej (1) i poniżej zrzutu oczyszczonych ścieków – wyniki nieparametrycznego testu U Manna-Whitney'a

Table 3. Comparison of water quality indices between the points upstream (1) and downstream (2) of treated sewage discharge point – results by U Mann-Whitney non-parametric test

Wskaźnik	Mediana		Suma rang		Wartości statystyki U	Prawdopodobieństwo testowe
	Punkt pomiarowo-kontrolny					
	powyżej (1)	poniżej (2)	powyżej (1)	poniżej (2)		
Temperatura [°C]	16,4	16,5	64,5	71,5	28,5	0,71
Zawiesina ogólna [mg·dm^{-3}]	25,7	27,7	62	74	26	0,53
BZT_5 [mg O_2·dm^{-3}]	5,3	6,0	59,5	76,5	23,5	0,37
ChZT-Cr [mg O_2·dm^{-3}]	18	19,3	56,5	79,5	20,5	0,23
Siarczany [mg SO_4·dm^{-3}]	41,1	43,4	62	74	26	0,53
Chlorki [mg Cl·dm^{-3}]	12	13,3	65	71	29	0,75
pH	8,20	8,15	69	67	31	0,92
Azot ogólny [mg N·dm^{-3}]	3,63	3,70	64	72	28	0,67
Fosfor ogólny [mg P·dm^{-3}]	0,109	0,150	57	79	21	0,25
Chrom ogólny [mg Cr·dm^{-3}]	0,004	0,004	67,5	68,5	31,5	0,96
Chrom sześciowartościowy [mg Cr^{+6}·dm^{-3}]	0,02	0,02	68	68	32	1,00
Cynk [mg Zn·dm^{-3}]	0,05	0,05	67,5	68,5	31,5	0,96
Miedź [mg Cu·dm^{-3}]	0,0055	0,0027	77,5	58,5	22,5	0,32
Fenole lotne [mg·dm^{-3}]	0,002	0,002	60,5	75,5	24,5	0,43
Węglowodory ropopochodne [mg·dm^{-3}]	0,1	0,1	27,5	27,5	12,5	1,00
Nikiel i jego związki [mg Ni·dm^{-3}]	0,005	0,005	64	72	28	0,67
Ołów i jego związki [mg Pb·dm^{-3}]	0,004	0,004	68	68	32	1,00
Subst. ekstr. się eter. naft. [mg·dm^{-3}]	0,58	0,96	66	70	30	0,83
Żelazo ogólne [mg Fe·dm^{-3}]	0,991	1,11	62	74	26	0,53

Źródło: opracowanie własne; Source: own elabotation

WNIOSKI

Na podstawie wyników badań sformułowano następujące wnioski:

1. Stężenia zanieczyszczeń w oczyszczonych ściekach odprowadzanych do rzeki San nie przekroczyły wartości określonych w pozwoleniu wodno-prawnym. Natomiast nie spełniały wymagań Rozporządzeniu Ministra Środowiska [2009], ponieważ w jednym terminie pH wynosiło 9,5 i przekroczyło najwyższą wartość dla tego wskaźnika, wynoszącą 9,0.
2. Wody Sanu na badanym odcinku zarówno powyżej jak i poniżej zrzutu oczyszczonych ścieków zostały zakwalifikowane do stanu ekologicznego poniżej dobrego ze względu na wysoką wartość pięciodniowego biochemicznego zapotrzebowania tlenu.
3. Zrzut ścieków oczyszczonych spowodował nieistotny statystycznie wzrost stężeń 11 z 19 badanych wskaźników wody San, i nie wpłynął na zmianę klasy jakości wody badanego odcinka rzeki.

BIBLIOGRAFIA

Cooper, D.M., House, W.A., Reynolds, B., Hughes, S., May, L., Gannon, B. (2002). The phosphorus budget of the Thame catchment, Oxfordshire: 2. Modelling. The Science of the Total Environment, 282–283, 435–457.

Czaban, S. (2008). Klasyfikacja jakości wód powierzchniowych w Polsce. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 9, 259–269.

Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water police. OJ L 327, 21.12.2000.

Dmochowska, A., Dmochowski, D. (2011). Zawartość substancji nieorganicznych oraz zanieczyszczeń organicznych w odciekach ze składowiska odpadów komunalnych w Łubnej. Polski Przegląd Medycyny i Psychologii Lotniczej 4, 17, 371–380.

Gałczyńska, M., Gamrat, R., Pacewicz, K. (2011). Influence of different uses of the environment on chemical and physical features of small water ponds. Pol. J. Environ .Stud., 20, 4, 885–894.

Grunert, R., Okruszko, T., Giełczewski, M. (2004). Rola zanieczyszczeń obszarowych w kształtowaniu jakości wód powierzchniowych Górnej Narwi. Roczniki AR w Poznaniu, CCCLVII, 111–118.

Kanclerz, J., Murat-Błażejewska, S., Sojka, M., Przybył, A. (2008). Zmiany jakości wody i struktury ichtiofauny rzeki nizinnej w latach 2000–2009. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 9, 145–155.

Kanownik, W., Rajda, W. (2011). Wpływ oczyszczonych ścieków na jakość wód w odbiorniku. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 10, 366–368.

Kiryluk, A., Wiater, J. (2004). Stężenie składników pokarmowych w wodach odpływających z ekstensywnych ekosystemów łąkowych. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 4, 2a(11), 445–453.

Królak, E., Korycińska, M., Diadik, K., Godziuk, S. (2011). Czy lokalne oczyszczalnie ścieków wpływają na jakość wód w ich odbiornikach? Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 48, 343–352.

Kuczyńska-Kippen, N., Joniak, T. (2010). The impact of water chemistry on zooplankton occurrence in two types (field versus forest) of small water bodies. International Review of Hydrobiology, 95(2), 130–141.

Lewandowska-Robak, M., Górski, Ł., Kowalkowski, T., Dąbkowska-Naskręt, H., Mieszkowska, I. (2011). Wpływ ścieków oczyszczonych odprowadzanych z Oczyszczalni Ścieków w Tucholi na jakość wody w strudze Kicz. Inżynieria i Ochrona Środowiska, 14 (3), 209–221.

Macrae, M.L., English, M.C., Schiff, S.L., Stone, M. (2007). Intra-annual variability in the contribution of tile drains to basin discharge and phosphorus export in a first-order agricultural catchment. Agricultural Water Management, 92, 171–182.

Małek, S., Gawęda, T. (2006). Charakterystyka wód powierzchniowych zlewni Potok Dupniański w Beskidzie Śląskim. Sylwan, 2, 29–36.

Moniewski, P., Stolarska, M. (2007). Wpływ naturalnych i antropogenicznych czynników na podstawowe charakterystyki fizykochemiczne wody w małej zlewni strefy podmiejskiej Łodzi. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 7, 1(19), 105–122.

Ochrona Środowiska 2012. GUS Warszawa. Pozyskano z: http://www.stat.gov.pl

Pozwolenie wodno-prawne na wprowadzanie do rzeki San w km 26+440 w czasie pogody bezdeszczowej mieszaniny oczyszczonych ścieków przemysłowych z terenu zabudowy przemysłowej Huty Stalowa Wola S.A oraz ścieków komunalnych z terenu miasta Stalowa Wola wydane przez Starostę Stalowowolskiego z dnia 20 sierpnia 2010 roku znak: OŚR.I.6223/14/10.

Raport o stanie środowiska w woj. podkarpackim w 2012 roku. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Rzeszów 2012 r.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009 roku zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzeniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dz. U. Nr 27, poz. 169.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 roku w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych. Dz. U. Nr 257, poz. 1545.

Dr inż. Agnieszka Policht-Latawiec
email: a.policht@ur.krakow.pl
Dr hab. inż. Włodzimierz Kanownik
email: rmkanown@cyf-kr.edu.pl
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska
al. Mickiewicza 24–28, 30–059 Kraków
tel. 12 662 4148