

## WYBRANE ASPEKTY FUNKCJONOWANIA OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W SZCZAWNICY W ASPEKTCIE JAKOŚCI WÓD ODBIORNIKA

Ewa Wąsik<sup>1</sup>, Krzysztof Chmielowski<sup>1</sup>, Dariusz Młyński<sup>1</sup>, Dawid Bedla<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Al. Mickiewicza 24/28, 31-109 Kraków, e-mail: ewa.wasik@urk.edu.pl

<sup>2</sup> Katedra Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Al. Mickiewicza 24/28, 31-109 Kraków

### STRESZCZENIE

Artykuł zawiera ocenę wpływu ścieków, odpływających z oczyszczalni w Szczawnicy przed i po modernizacji obiektu, na skład fizykochemiczny oraz jakość wód ich odbiornika – rzeki Dunajec. Pracę wykonano na podstawie analizy pobranych próbek ścieków surowych i oczyszczonych oraz wód odbiornika. Punkty poboru wody z Dunajca znajdowały się odpowiednio powyżej i poniżej punktu zrzutu ścieków z OŚ. Zakres oznaczanych wskaźników zanieczyszczeń obejmował 14 parametrów fizykochemicznych oraz dwa wskaźniki bakteriologiczne. Na podstawie wykonanych badań stwierdzono, że OŚ w Szczawnicy po jej modernizacji w 2016 r. funkcjonowała prawidłowo. Oczyszczone ścieki na niej spełniały wymogi pozwolenia wodnoprawnego, co przekładało się bezpośrednio na skuteczną ochronę przed zanieczyszczeniem wód odbiornika. Potwierdziły to wyniki zastosowanego testu Kruskala-Wallisa, które wykazały statystycznie istotne różnice pomiędzy medianami wartości stężeń azotu ogólnego przed i po modernizacji obiektu. W przypadku pozostałych analizowanych wskaźników zanieczyszczeń (zawiesiny ogólnej, BZT<sub>5</sub>, ChZT<sub>Cr</sub>, fosforu ogólnego) nie wykazano statystycznie istotnych różnic pomiędzy medianami. Ponadto stwierdzono, że w obydwu badanych przekrojach skład fizykochemiczny wód Dunajca był do siebie zbliżony. Ścieki oczyszczone, odprowadzane z oczyszczalni w Szczawnicy do rzeki Dunajec nie przyczyniły się do pogorszenia jakości jego wód w przypadku wskaźników fizykochemicznych. Na podstawie klasyfikacji tych elementów określono, że w analizowanym okresie badań wody Dunajca w przekroju bezpośrednio powyżej i poniżej OŚ spełniają wymogi dla kategorii A1 wód przeznaczonych na zaopatrzenie ludności (woda bardzo dobrej jakości). W przypadku klasyfikacji mikrobiologicznej, dokonanej na podstawie ilości bakterii grupy coli i *Escherichia coli*, Dunajec zakwalifikowano do IV i V klasy (woda niezadawalającej i złej jakości), co tym samym wyklucza jego wody jako przeznaczone do spożycia oraz jako miejsce potencjalnych kąpielisk.

**Słowa kluczowe:** oczyszczalnia ścieków, odbiornik, Szczawnica, Dunajec

### SELECTED ASPECTS OF FUNCTIONING OF THE SEWAGE TREATMENT PLANT IN SZCZAWNICA IN TERMS OF RECEIVER WATER QUALITY

#### ABSTRACT

This article includes an assessment pertaining to the impact of sewage discharged from the sewage treatment plant in Szczawnica before and after the modernization of the facility, the physicochemical composition and the quality of the water of their receiver, i.e. Dunajec River. The work was carried out on the basis of the analysis of samples taken from the raw and purified sewage and receiver waters. The Dunajec water intake was above and below the point of sewer discharge from the wastewater treatment plant (WWTP). The range of contaminated indicators included 14 physicochemical parameters and two bacteriological indicators. On the basis of the research conducted, it was stated that the Szczawnica Forest Enterprise functioned correctly after its modernization in 2016. The purified sewage on it complies with the requirements of a water permit, which translates directly into effective protection against the pollution of receiver waters. This was confirmed by the results of the Kruskal-Wallis test that showed statistically significant differences between the median values of overall nitrogen concentrations before and after the refurbishment of the facility. For the remaining pollutant indices (total suspensions, BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Cr</sub>, total phosphorus), no statistically significant differences were found between the medians. In addition, it was found that the physicochemical composition of Dunajec waters was similar in both examined sections. The purified efflu-

ent discharged from the Szczawnica treatment plant to the Dunajec River did not contribute to deterioration of its water quality in the case of physicochemical indicators. On the basis of on the classification of these elements, it was determined that in the analyzed period, the Dunajec water in the section directly above and below the WWTP meets the requirements for category A1 of waters intended for the supply of the population (very good quality water). In the case of microbiological classification based on the number of bacteria of the coli group and *Escherichia coli*, Dunajec was classified as IV and V class (unsatisfactory and poor quality water), thus excluding its water for consumption and as a potential bathing place.

**Keywords:** wastewater treatment plant, receiver, Szczawnica, Dunajec

## WSTĘP

Miasto i Gmina Szczawnica są położone w południowo-wschodniej części powiatu nowotarskiego w zlewni rzeki Dunajec i jego prawobrzeżnego dopływu potoku Grajcarek [Studium...2007]. Miasto zawdzięcza swoją nazwę występującym w okolicy złożom wód leczniczych nazywanym „szczawami” [Gonda-Soroczyńska i Przybyła 2011]. Są to wody, zawierające w swoim składzie fizykochemicznym powyżej 1000 mg wolnego CO<sub>2</sub> w 1 dm<sup>3</sup>. W złożu wód leczniczych Szczawnicy występują następujące typy szczaw: HCO<sub>3</sub>-Cl-Na, HCO<sub>3</sub>-Cl-Na oraz HCO<sub>3</sub>-Cl-Na-Ca z zawartością jonów jodkowych i bromkowych. Wody szczawnickie, dostępne w pijalni uzdrowskiej, zawierają jony HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> w ilości 1104–11910 mg·dm<sup>-3</sup>, jony chlorkowe w ilości 176,4–6150 mg·dm<sup>-3</sup>, jony siarczanowe w ilości 0,0–141,3 mg·dm<sup>-3</sup>, jony wapnia i magnezu w ilości 145,9–469,5 mg·dm<sup>-3</sup>, jony żelaza w ilości 1,2–5,0 mg·dm<sup>-3</sup> i jony amonowe w ilości 0,9–21,2 mg·dm<sup>-3</sup> [Folder...2017, Drobnik i Latour 2006]. Ścieki wytwarzane w uzdrowisku w wyniku udzielania zabiegów (pokąpielowe) mogą być kierowane do odrębnych podczyszczalni przystosowanych do ich odbioru lub wymieszane ze ściekami bytowymi, które następnie trafiają do oczyszczalni ścieków komunalnych.

Atutem miasta, będącego uzdrowiskiem, jest dobrze rozwinięta infrastruktura komunalna. W Szczawnicy występuje przede wszystkim kanalizacja sanitarna grawitacyjna, która obejmuje centralną część miasta (Szczawnica Niżna i Szczawnica Wyżna) oraz miejscowości Szlachtowa i Jaworki. Obecnie Miasto i Gmina Szczawnica są skanalizowane w ok. 94 %, co ma duży wpływ na ochronę środowiska. Ścieki ze skanalizowanego obszaru trafiają na oczyszczalnię (OŚ) na Piaskach. Zbudowany i oddany do użytku w 1999 roku obiekt został zmodernizowany w 2016 r., co znacznie poprawiło czystość wód płynących [<http://www.ppkpodhale.pl/pl/sus-wschod.html>].

Ważnym jest zatem monitoring stężeń zanieczyszczeń ścieków oczyszczonych odpływających do odbiornika [Bugajski i Kaczor 2008, Kannonnik i Rajda 2011, Miernik i in. 2014].

Rzeka Dunajec w granicach od Grajcarek do Obidzkiego Potoku została uznana jako typ ciek 15 (średnia rzeka wyżynna – wschodnia) i posiada status silnie zmienionej części wód o dobrym potencjale ekologicznym [Załącznik nr 3...2014]. Dunajec, który jest źródłem wody pitnej oraz odbiornikiem ścieków m.in. z przedmiotowej oczyszczalni, w granicach administracyjnych Szczawnicy odpowiada III klasie czystości pod względem parametrów fizykochemicznych tj. wskaźniki zanieczyszczenia organicznego oraz biogenego. Pod względem zanieczyszczeń bakteriologicznych jakość wód wykazuje natomiast III klasę czystości [Studium...2007].

Celem pracy była ocena wpływu ścieków odpływających z oczyszczalni obsługującej Miasto i Gminę Szczawnica (przed i po modernizacji obiektu) na skład fizykochemiczny oraz jakość wód ich odbiornika czyli rzeki Dunajec. Dodatkowo ze względu na turystyczno-uzdrowski charakter okolic Szczawnicy i możliwość wykorzystania rzeki Dunajec jako kąpieliska oraz miejsca zrzutu ścieków kąpielowych, przeanalizowano wpływ oczyszczalni ścieków na odbiornik.

## MATERIAŁ I METODY

Do oceny funkcjonowania oczyszczalni ścieków w Szczawnicy wykorzystano odczyty dobowych objętości ścieków oczyszczonych w wieloletniu 2013–2016 oraz wyniki analiz próbek ścieków odpływających z obiektu w tym okresie udostępnione przez Podhalańskie Przedsiębiorstwo Komunalne Sp. z o.o.

Ze względu na brak informacji, dotyczących jakości wód Dunajca w okolicy Krościenka wykonano dodatkowo badania kontrolne w dwóch punktach pomiarowych czyli bezpośrednio po-

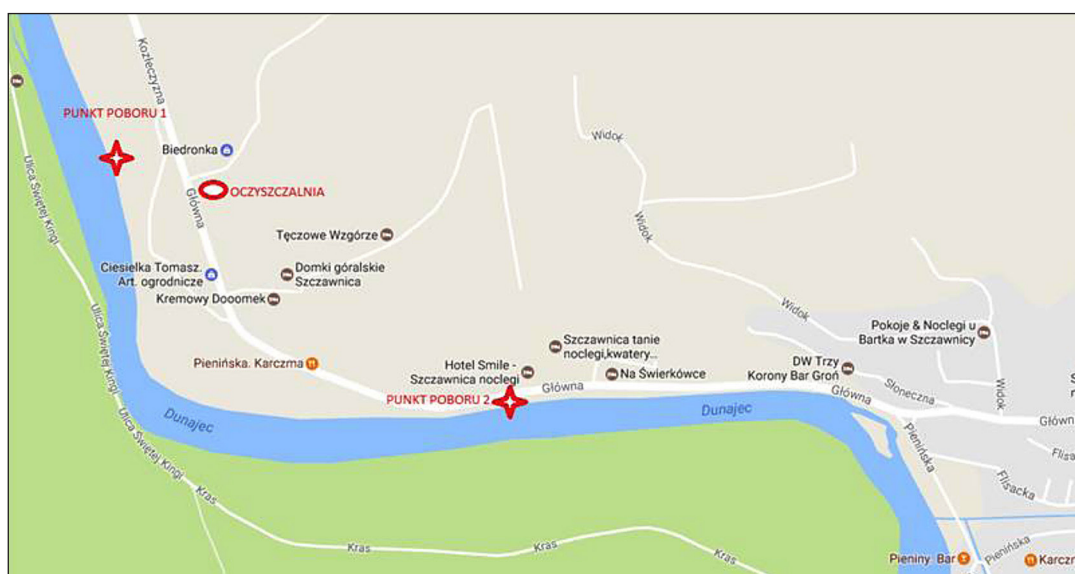
wyżej (za ujściem Grajcarca do Dunajca) i poniżej punktu zrzutu ścieków oczyszczonych z OŚ w Szczawnicy. Odniesiono je do raportu WIOŚ w Krakowie, dotyczącego oceny jakości wód w punktach monitoringu powyżej OŚ (Dunajec – Czerwony Klasztor) i poniżej OŚ (Dunajec – Jazowisko) w 2015 r. [WIOŚ...2015], gdzie podstawą klasyfikacji i oceny stanu wód powierzchniowych za 2015 rok było obowiązujące w tym okresie Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych [Rozporządzenie...2014]. Powyższe dane zostały uzupełnione przez wyniki badań własnych próbek ścieków surowych i oczyszczonych oraz próbek wód odbiornika w wytypowanych przekrojach badawczych, które wykonywano w okresie zimowym (styczeń), wiosennym (maj) i letnim (czerwiec) 2017 r. Próbki charakteryzowały się temperaturą poniżej 22°C. Punkty poboru wód Dunajca (1 i 2) oraz próbek ścieków (3 i 4) zaznaczono na rysunku 1.

Przeanalizowano grupy wskaźników, charakteryzujących stan fizyczny wody (zawiesinę ogólną), zakwaszenie (odczyn, zasadowość), warunki tlenowe i zanieczyszczenia organiczne (stężenie tlenu rozpuszczonego, BZT<sub>5</sub>), zasolenie (przewodność właściwa, substancje rozpuszczone, zawartość chlorków, siarczanów, wodorowęglanów, żelaza ogólnego, sumy wapnia i magnezu), a także warunki biogenne (stężenie azotu amonowego

i ortofosforanów). Dla pobranych próbek wody i ścieków wykonano dodatkowo badania wybranych parametrów mikrobiologicznych, będących typowymi wskaźnikami obecności bakterii patogennych w środowisku. Pod uwagę wzięto liczbę bakterii grupy coli oraz bakterii *Escherichia coli*. Oznaczenia przeprowadzono w Laboratorium Technologii Wody i Ścieków Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie zgodnie z powszechnie stosowanymi metodami, dotyczącymi analiz fizykochemicznych [Hermanowicz i in. 1999]. Liczbę bakterii grupy coli oraz *Escherichia coli* w 100 ml wykonano według polskich norm PN-75/C-04615/05 oraz PN-75/C-04615/07.

Pozyskane dane, w tym wyniki analiz próbek ścieków i wody Dunajca w obydwu przekrojach poddano analizie statystycznej, której zakresem objęto obliczenie wartości podstawowych statystyk opisowych (wartości minimalnej i maksymalnej, średniej, mediany oraz odchylenia standardowego) dla każdego z oznaczanych wskaźników fizykochemicznych. Wnioskowanie statystyczne o istotności różnic wartości wskaźników przed i po modernizacji OŚ przeprowadzono nieparametrycznym testem Kruskala-Wallisa na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . Zastosowanie tego testu zostało podyktowane brakiem normalności rozkładu dla zbioru danych poszczególnych wskaźników, co potwierdziły wyniki testu Shapiro-Wilka.

Ponadto dla oceny zmian jakości wody w rzece Dunajec dla wytypowanych punktów pomiarowo-kontrolnych posłużono się Rozporządze-



Rys. 1. Usytuowanie punktów pomiarowo-kontrolnych w Szczawnicy  
[<http://warunki.krakow.rzgw.gov.pl/imap>]

Fig. 1. Location of measurement and control points in Szczawnica

niem Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych [Załącznik nr 5...2016]. Zgodnie z tym aktem prawnym każdy wynik oznaczenia danego wskaźnika zakwalifikowano do odpowiedniej klasy jakości. Za kryteria oceny wód przeznaczonych na zaopatrzenie ludności jako wody do spożycia oraz jako miejsce potencjalnych kąpielisk posłużyły autorom Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. [Rozporządzenie...2015] oraz Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 16 października 2002 r. [Rozporządzenie ...2002].

## CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

### Obiekt badań

Mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia ścieków dla Miasta i Gminy Szczawnica zlokalizowana jest w dzielnicy Piaski i obsługuje 15 500 RLM. Obecnie po przebudowie obiektu w 2016 r., przepustowość OŚ wynosi średnio dobowo 3600 m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>, maksymalnie godzinowo 300 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup> oraz maksymalnie rocznie 1314000 m<sup>3</sup>·r<sup>-1</sup>. Odbiornikiem ścieków oczyszczonych jest rzeka Dunajec w 151 + 000 km [Instrukcja...2014]. Dokumentem zezwalającym na odprowadzanie ścieków do odbiornika oraz określającym warunki jest pozwolenie wodnoprawne OŚ.6341.2.92.2014.DS [Pozwolenie...2014].

Omawiana oczyszczalnia ścieków jest obiektem pracującym w systemie dwustopniowym. Część mechaniczna składa się z cedzenia ścieków na kratkach i usunięcia z nich zawieszin mineralnych w piaskownikach. Procesy biologicznego oczyszczania ścieków, zachodzące w reaktorach biologicznych to defosfatacja w układzie komór beztlenowa-tlenowa, redukcja azotu ogólnego w układzie komór tlenowe-niedotlenione oraz redukcja stałych i rozpuszczonych zanieczyszczeń organicznych. Po tych etapach w separatorach

wtórnych na drodze sedymentacji następuje oddzielanie osadu czynnego ze ścieków oczyszczonych. Dodatkowo w obrębie komór reaktora może następować defosfatacja chemiczna z zastosowaniem siarczynu żelaza [Instrukcja...2014].

## WYNIKI BADAŃ

Jednym z istotnych czynników mającym wpływ na pracę oczyszczalni jest jej obciążenie hydrauliczne. Obciążenie hydrauliczne OŚ obsługującej Miasto i Gminę Szczawnica przeanalizowano pod względem średnich dobowych objętości ścieków oczyszczonych, odprowadzonych do rzeki Dunajec w okresie od stycznia 2013 do listopada 2016 r. (tabela 1). W trakcie okresu badawczego ze względu na brak informacji nt. przepływów dobowych nie było możliwości odniesienia obciążenia hydraulicznego do wartości projektowej oczyszczalni. Do końca 2015 r. była rzędu 3 030 m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>, natomiast po modernizacji obiektu w 2016 r. wynosi 3 600 m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup> [Pozwolenie...2014].

Bardzo ważnym elementem, pozwalającym na ocenę prawidłowego działania OŚ, jest skład fizykochemiczny ścieków oczyszczonych odprowadzanych do odbiornika. W tabeli 2 przedstawiono skład ścieków odpływających z oczyszczalni w Szczawnicy do rzeki Dunajec w latach 2013–2016 [Suszański A. 2017].

Jak wynika z tabeli 2 zawartość związków organicznych w ściekach oczyszczonych, odprowadzanych do rzeki Dunajec (wyrażona wartością BZT<sub>5</sub>) wahała się w przedziale od 1,0 do 8,0 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>, przyjmując wartość średnią równą 2,0 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Wszystkie badane próbki ścieków spełniały wymogi pozwolenia wodnoprawnego, które podawało w latach 2013–2015 graniczną wartość BZT<sub>5</sub> na poziomie 20 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>, a która od roku 2016 wynosi 15 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Zawartość związków organicznych w oczyszczonych ściekach oznaczana jako wskaźnik ChZT<sub>Cr</sub> oscy-

**Tabela 1.** Objętość ścieków dopływających do oczyszczalni w Szczawnicy w latach 2013–2016

**Table 1.** Volume of sewage inflowing to the treatment plant in Szczawnica in the years 2013–2016

Rok	Jednostka	Podstawowe statystyki opisowe (n=47)			
		Wartość maksymalna	Wartość minimalna	Średnia	Odchylenie standardowe
2013	m <sup>3</sup> ·miesiąc <sup>-1</sup>	2873	1903	2321	323
2014	m <sup>3</sup> ·miesiąc <sup>-1</sup>	4051	1872	2506	631
2015	m <sup>3</sup> ·miesiąc <sup>-1</sup>	2629	1728	2320	280
2016	m <sup>3</sup> ·miesiąc <sup>-1</sup>	2790	1581	2141	371

**Tabela 2.** Skład ścieków oczyszczonych w oczyszczalni w Szczawnicy w latach 2013–2016**Table 2.** Composition of treated sewage in the treatment plant in Szczawnica in the years 2013–2016

Wskaźnik [mg·dm <sup>-3</sup> ]	Wartość dopuszczalna [mg·dm <sup>-3</sup> ]	Podstawowe statystyki opisowe			
		Wartość maksymalna	Wartość minimalna	Średnia	Odchylenie standardowe
BZT <sub>5</sub>	20,0 / 15,0 (2016 r.)	8,0	1,0	2,0	0,76
ChZT <sub>Cr</sub>	125,0	67,6	5,0	19,0	5,85
Zawiesina ogólna	35,0	21,0	2,0	5,0	2,49
Azot ogólny	15,0	21,8	1,1	7,0	2,66
Fosfor ogólny	2,0	8,2	0,0	1,0	0,92

lowała między 5,0 a 67,6 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>, natomiast jego wartość średnia wyniosła 19,0 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Stwierdzono zatem, że we wszystkich badanych próbkach ścieków wartości ChZT<sub>Cr</sub> spełniały wymogi pozwolenia wodnoprawnego dla granicznej wartości tego wskaźnika. Stężenie zawiesiny ogólnej w ściekach oczyszczonych w przedmiotowej oczyszczalni wahało się w przedziale od 2,0 do 21,0 mg·dm<sup>-3</sup>. Średnie stężenie zawiesiny ogólnej w badanym okresie wynosiło 5,0 mg·dm<sup>-3</sup>. Oznacza to, że wszystkie badane próbki ścieków ze względu na ten wskaźnik spełniały wymogi pozwolenia wodnoprawnego. Stężenie substancji biogenych w ściekach oczyszczonych w przypadku azotu ogólnego przyjmowały wartości od 1,1 do 21,8 mgN<sub>og</sub>·dm<sup>-3</sup>, a jego stężenie średnie wynosiło 7,0 mgN<sub>og</sub>·dm<sup>-3</sup>. Z kolei stężenia fosforu ogólnego w ściekach odpływających do rzeki Dunajec zawierały się w przedziale 0,0–8,2 mgP<sub>og</sub>·dm<sup>-3</sup>, a średnie stężenie wynosiło 1,0 mgP<sub>og</sub>·dm<sup>-3</sup>. Zatem w analizowanym okresie czasu stężenia maksymalne związków biogenych przekraczały stężenia graniczne ustalone w pozwoleniu wodnoprawnym.

Analiza statystyczna wykonana testem nieparametrycznym Kruskala-Wallisa wykazała, że jedynie wartości wskaźników N<sub>og</sub> różnią się statystycznie istotnie w latach przed i po modernizacji

oczyszczalni ścieków (tab. 3). Na podstawie analizy przeprowadzonej testem nieparametrycznym U Manna-Whitney'a stwierdzono statystycznie wyższe wartości azotu ogólnego przed modernizacją OŚ, która miała miejsce w 2016 r.

Zasadniczym celem prowadzonych badań była analiza porównawcza wpływu ścieków oczyszczonych w OŚ w Szczawnicy na jakość wody ich odbiornika – rzeki Dunajec. Oparto ją na wynikach oznaczeń poszczególnych grup, charakteryzujących stan fizyczno-chemiczny wody, a także wskaźniki zanieczyszczeń bakteriologicznych. Wartości ich stężeń odniesiono do wymogów zawartych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. [Rozporządzenie...2016].

### Wskaźniki charakteryzujące stan fizyczny (zawiesina ogólna)

Na rycinie 2a przedstawiono stężenie zawiesiny ogólnej w ściekach surowych i oczyszczonych oraz w wodach odbiornika przed i za oczyszczalnią ścieków w Szczawnicy.

Stężenia zawiesiny ogólnej w próbkach wody pobranych w obydwu punktach kontrolno-pomiarowych wahały się od 4,8 do 32,4 mg·dm<sup>-3</sup>, co w okresie badawczym kwalifikowało je do wód II klasy. Wysokie ich wartości były zależ-

**Tabela 3.** Porównanie wartości wskaźników fizykochemicznych ścieków oczyszczonych w oczyszczalni w Szczawnicy w latach 2013–2016 (test nieparametryczny Kruskala-Wallisa)**Table 3.** Comparison of the values of physicochemical parameters of treated sewage in the treatment plant in Szczawnica in the years 2013–2016 (Kruskal-Wallis nonparametric test)

Wskaźnik [mg·dm <sup>-3</sup> ]	Mediana				Wyniki testu Kruskala-Wallisa	
	2013	2014	2015	2016	Wartość testu	Prawdopodobieństwo testowe p
BZT <sub>5</sub>	1,2	1,4	2,4	3,0	10,40	0,0154
ChZT <sub>Cr</sub>	8,5	17,0	19,0	21,0	5,48	0,1397
Zawiesina ogólna	5,0	5,0	5,0	2,4	2,53	0,4706
Azot ogólny	<b>7,6</b>	<b>8,2</b>	<b>8,1</b>	<b>3,2</b>	8,54	0,0361 <sup>1)</sup>
Fosfor ogólny	0,8	0,1	0,4	0,3	2,98	0,3944

<sup>1)</sup> Wyższe wartości oznaczają, że różnice są statystycznie istotne przy p < 0,05

ne od warunków atmosferycznych, panujących przed poborem prób (np. kilkudniowe opady deszczu). WIOŚ w Krakowie [WIOŚ...2015] raportował średnie stężenie zawiesiny ogólnej na poziomie  $7,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  w 2 punktach pomiarowo-kontrolnych: Dunajec – Czerwony Klasztor oraz Dunajec – Jazowisko

### Wskaźniki charakteryzujące zakwaszenie (pH i zasadowość)

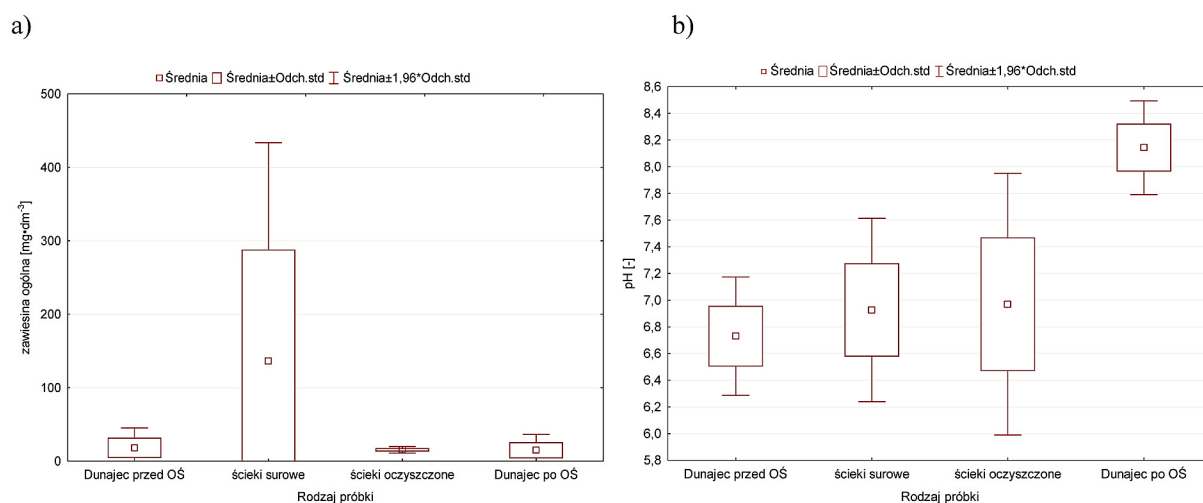
W okresie badań odczyn rzeki Dunajec był od obojętnego (pH = 6,5) do zasadowego (pH = 8,35) (ryc. 2b). Wody odbiornika za oczyszczalnią charakteryzowały się znacznie wyższym pH (8,03–8,35), co świadczy o zwiększeniu zasadowości wody m.in. na skutek wpływu zrzutu ścieków oczyszczonych z OŚ. Przyczyną takiego zjawiska mogła być obecność w wodach wodorowęglanów wapnia, magnezu i żelaza. Ze względu na pH wody Dunajca w przekroju poniżej oczyszczalni ścieków w Szczawnicy należały do wód I klasy jakości. WIOŚ w Krakowie podawał w 2015 r. podobne wartości odczynu w granicach  $7,9\text{--}8,8 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  dla miejscowości Czerwony Klasztor oraz Jazowisko [WIOŚ...2015]. Średnia wartość wodorowęglanów po odprowadzeniu ścieków do odbiornika wynosiła ok.  $160 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , co w przeliczeniu na zasadowość dało wartość  $263 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . W porównaniu z wielkością przed OŚ wzrosła tylko o 4%, co świadczy o braku wpływu ewentualnego zrzutu ścieków pokąpielowych na wody odbiornika. Na Wody Dunajca w badanych przekrojach zakwalifikowano poniżej II klasy jakości.

### Wskaźniki charakteryzujące warunki tlenowe i zanieczyszczenia organiczne (stężenie tlenu rozpuszczonego i BZT<sub>5</sub>)

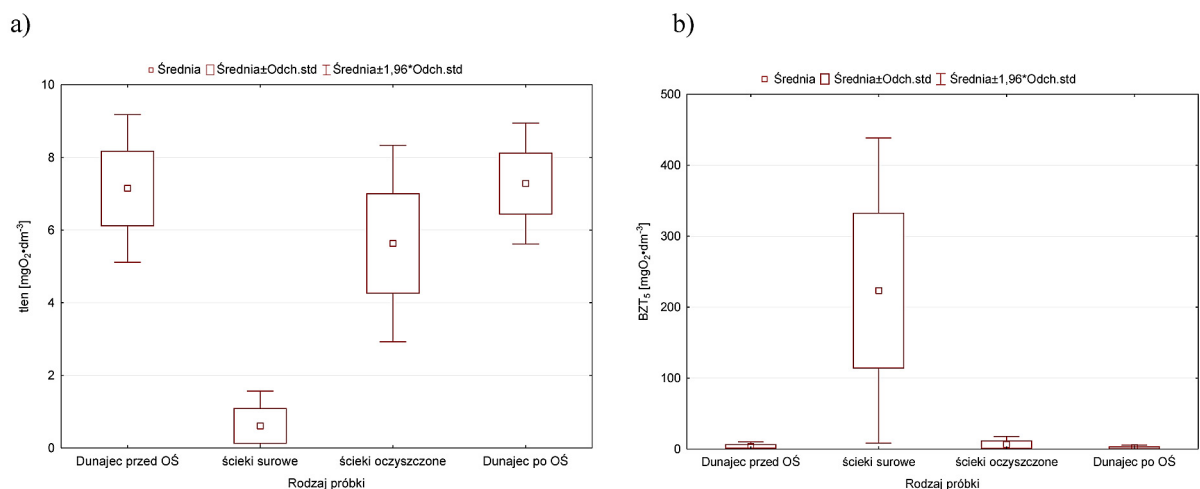
W trakcie okresu badawczego woda w rzece Dunajec charakteryzowała się dobrymi warunkami tlenowymi (rys. 3 a i b). Średnie stężenie tlenu rozpuszczonego wahało się w granicach  $6\text{--}8 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Jak można zauważyć wartość tlenu w wodzie poniżej oczyszczalni jest na podobnym poziomie jak powyżej, co wskazuje na brak wpływu OŚ w Szczawnicy na wody odbiornika. Wartość wskaźnika BZT<sub>5</sub> zarówno w ściekach oczyszczonych, jak i w wodach odbiornika była niska i wynosiła średnio  $3,83 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$  (powyżej OŚ) i  $1,83 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$  (poniżej OŚ). Porównując otrzymane wyniki z podawanymi przez literaturę [Kicińska 2010] należy stwierdzić, że są one niższe i spełniają wymagania stawiane kąpieliskom. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska [2016] rzekę Dunajec za oczyszczalnią ścieków w Szczawnicy pod względem tego wskaźnika można zaklasyfikować jako II klasę czystości wód, dla której wartość graniczna wynosi  $\leq 4,1 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Jest to klasa podawana również przez WIOŚ w Krakowie w 2015 r. w punktach pomiarowo-kontrolnych Dunajec – Czerwony Klasztor oraz Dunajec – Jazowisko [WIOŚ...2015].

### Wskaźniki charakteryzujące zasolenie

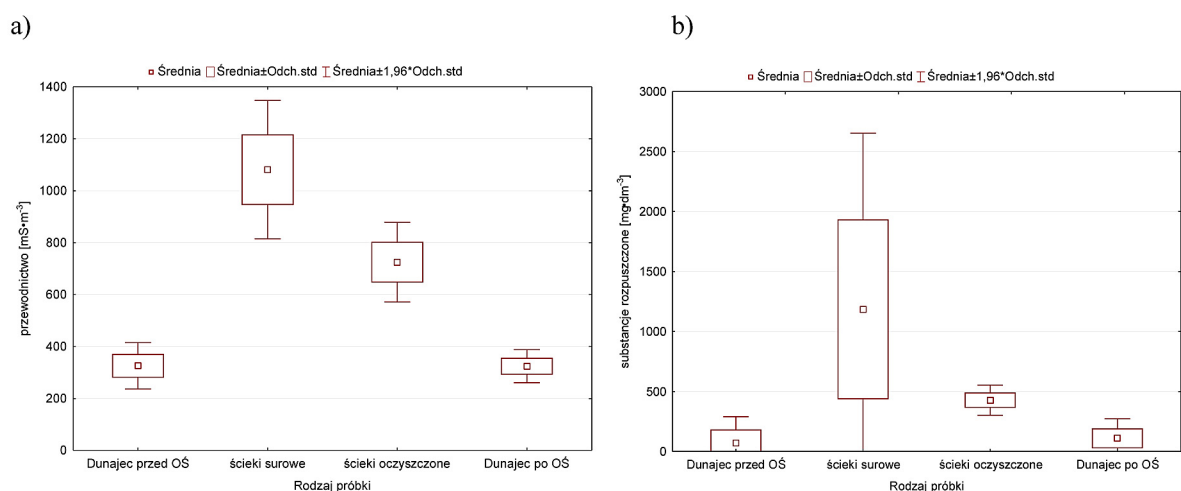
Rycina 4 przedstawia zestawienie przewodności właściwej oraz stężenia substancji rozpuszczonych w przebadanych próbkach wody i ścieków. Na podstawie analizy uzyskanych wyników zaobserwować można, że oczyszczone ścieki



**Rys. 2.** Stężenie zawiesiny ogólnej (a) oraz wartość pH (b) w próbkach wody z Dunajca i ścieków  
**Fig. 2.** Concentration of total suspended solids (a) and pH value (b) in samples of Dunajec water and wastewater



**Rys. 3.** Stężenie tlenu rozpuszczonego (a) oraz  $\text{BZT}_5$  (b) w próbkach wody z Dunajca i ścieków  
**Fig. 3.** Dissolved oxygen concentration (a) and  $\text{BOD}_5$  (b) in samples of Dunajec water and wastewater

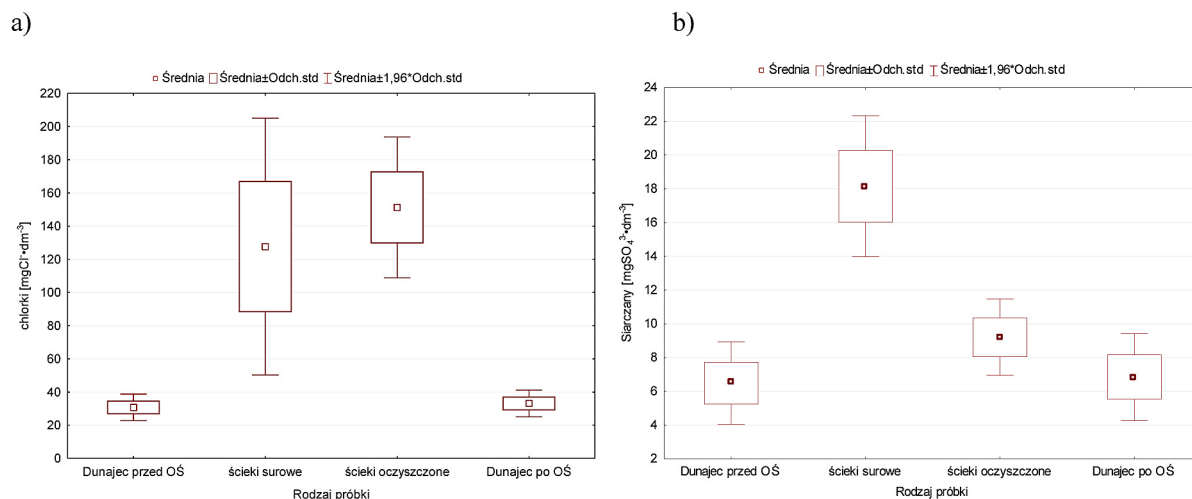


**Rys. 4.** Wartość przewodności właściwej oraz stężenie substancji rozpuszczonych w próbkach wody z Dunajca i ścieków  
**Fig. 4.** Conductivity and concentration of dissolved substances in samples of Dunajec water and wastewater

wprowadzone do odbiornika wpłynęły w niewielkim stopniu na stan wód. Przewodność właściwa w miejscu poboru próbki przed i za oczyszczalnią utrzymywała się na podobnym średnim poziomie ok.  $320 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-3}$  (I klasa jakości wód). Według Dojlido [1995] wartość przewodności elektrycznej, a tym samym zawartości związków mineralnych w wodach naturalnych waha się od 50 do  $1000 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-3}$ . Wartości przewodności w wodach Dunajca podana przez Kicińską [Kicińska 2010] wynosiła  $810 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-3}$ , co wskazuje na znacznie większe zanieczyszczenie wód w okresie 2007–2008 niż w przypadku przedmiotowego okresu badań. Stężenie substancji rozpuszczonych w wodzie odbiornika mieściło się w granicach od 2,0 do  $200 \text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , co pozwoliło ją zakwalifikować niezależnie od czasu i miejsca pobrania próbki do

najwyższej I klasy jakości. Podobną klasyfikację raportował WIOŚ [2015]. Obserwowany wzrost wartości substancji rozpuszczonych w Dunajcu za oczyszczalnią miały wprowadzane do nich ścieki [Dojlido 1995].

Ze względu na uzdrowiskowy charakter miejscowości oraz występowanie mineralnych wód leczniczych, zawierających jony chlorkowe i siarczanowe (ryc. 5) oraz wodorowęglanowe (ryc. 6a), dokonano oceny ich wpływu na jakość wód odbiornika. Największą zawartością chlorków charakteryzowały się ścieki oczyszczone. Średnia wartość chlorków po ich odprowadzeniu do odbiornika nieznacznie wzrosła z 30,8 do  $33,1 \text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Uzyskana na podstawie badań zawartość chlorków w Dunajcu klasyfikuje jego wody poniżej II klasy czystości, natomiast wartości po-



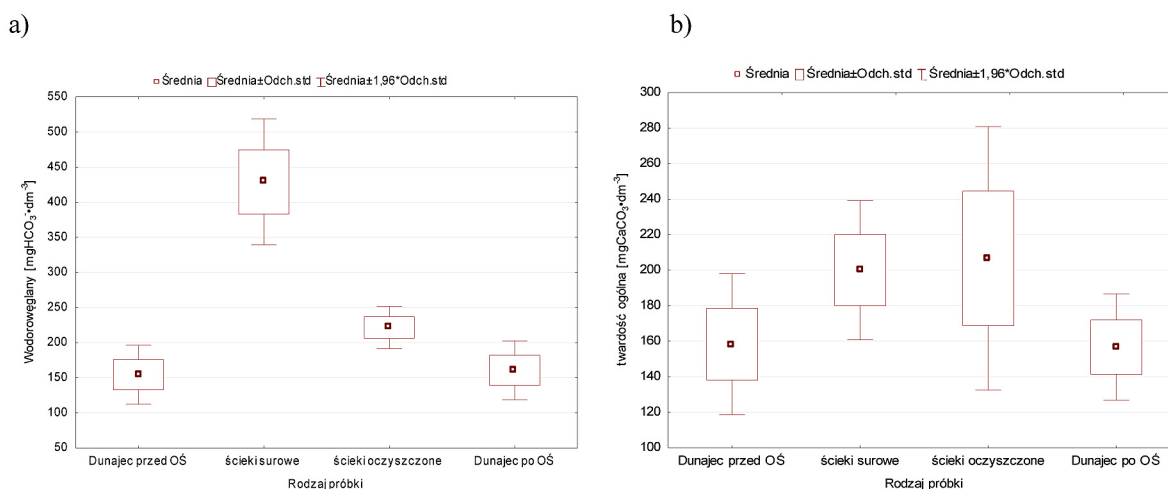
**Rys. 5.** Stężenie chlorków (a) i siarczanów (b) w próbkach wody z Dunajca i ścieków  
**Fig. 5.** Concentration of chlorides (a) and sulphates (b) in samples of Dunajec water and wastewater

dawane przez literaturę [Kicińska 2010, WIOŚ 2015] do I klasy. Rycina 5b przedstawia stężenie siarczanów w badanych próbkach. Zawartość tego wskaźnika w odbiorniku po odprowadzeniu do niego oczyszczonych ścieków wzrasta o 5,5%. Średnia wartość siarczanów po ich odprowadzeniu do odbiornika wynosiła 6,85 mg·dm<sup>-3</sup>, co klasyfikuje Dunajec do wód najwyższej I klasy. Spośród pozostałych wskaźników zasolenia stężenie wodorowęglanów było na poziomie II klasy jakości (ryc. 6a). Zaobserwowane wartości jonów HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup> oraz SO<sub>4</sub><sup>3-</sup> w Dunajcu powyżej oraz poniżej zrzutu oczyszczonych ścieków utrzymywały się na podobnym poziomie świadczą o braku wpływu ewentualnego zrzutu ścieków kąpielowych na OŚ.

Natomiast średnie wartości twardości ogólnej (ryc. 6b) były zbliżone i odpowiadały najwyższej I klasie czystości wody zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska [2016], podobnie jak podawał WIOŚ [2015].

### Wskaźniki charakteryzujące warunki biogenne

Rycina 7a przedstawia zawartość azotu amonowego w badanych próbkach. Jak można zauważyć skuteczność usuwania azotu amonowego w procesie oczyszczania ścieków była na wysokim poziomie. Stężenie NH<sub>4</sub><sup>+</sup> w wodach odbiornika poniżej punktu zrzutu ścieków oczyszczonych charakteryzowało się ok. 10%-owym wzrostem



**Rys. 6.** Stężenie wodorowęglanów (a) i twardości ogólnej (b) w próbkach wody z Dunajca i ścieków  
**Fig. 6.** Concentration of carbonates (a) and total hardness (b) in samples of Dunajec water and wastewater



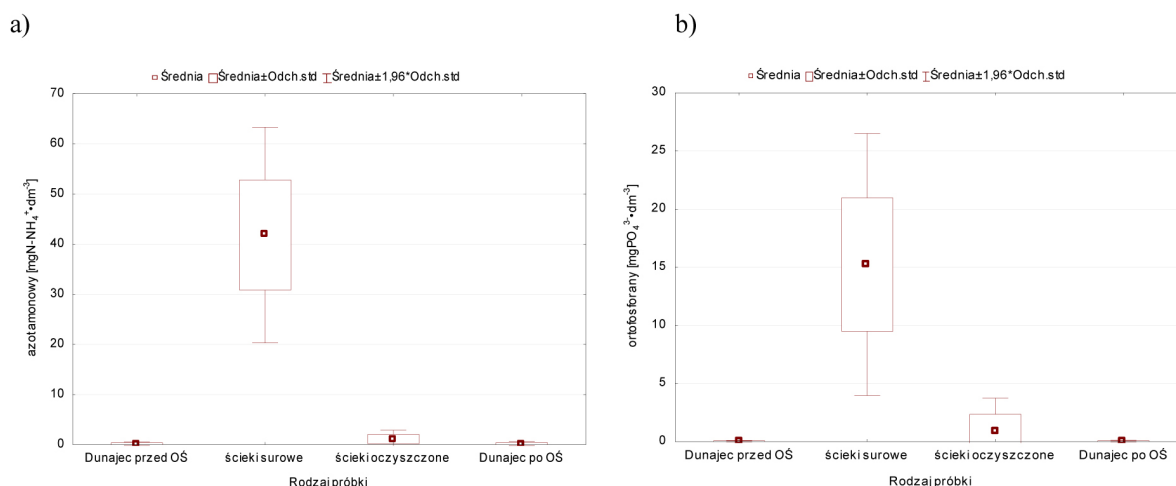
w porównaniu z wartością powyżej oczyszczalni (średnio  $0,2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ). Świadczy to o niewielkim oddziaływaniu OŚ w Szczawnicy na wody powierzchniowe. Stwierdzono, że stężenia tej substancji biogennej odpowiadały wodzie I i II klasy jakości. WIOŚ w Krakowie w 2015 r. raportował średnie stężenie na poziomie  $0,04 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  w punktach pomiarowo-kontrolnych Dunajec – Czerwony Klasztor oraz Dunajec – Jazowisko [WIOŚ...2015].

Rysunek 7b pokazuje wartość fosforanów w przebadanych próbkach wody i ścieków. W próbkach wód Dunajca pobranych poniżej oczyszczalni ścieków stężenie  $\text{PO}_4^{3-}$  było o 25% wyższe i wynosiło  $0,05 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Średnia wartość nie przekroczyła  $0,2 \text{ mg} \text{ PO}_4^{3-} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Stwierdzono, że stężenie analizowanego biogenu odpowiadało wodzie o bardzo dobrej (I klasa). Porównując uzyskane dane z wartościami z literatury należy stwierdzić, że ilość fosforanów w badanych próbkach jest niższa niż w przypadku wartości podawanych przez Kicińską [2010]. WIOŚ [2015] uznał wody Dunajca w okolicy Czerwonego Klasztoru oraz Jazowska również jako wody bardzo dobrej jakości (I klasy). Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia [Rozporządzenie...2002] dopuszczalna wartość w wodach wykorzystywanych w kąpieliskach wynosi  $0,6 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , co oznacza, że wymagania te są spełnione. Analizowane próbki rzeki Dunajec pod względem powyższych wskaźników spełniały dopuszczalną wartość dla kategorii A1 wód przeznaczonych na zaopatrzenie ludności (woda bardzo dobrej jakości) [Rozporządzenie...2015].

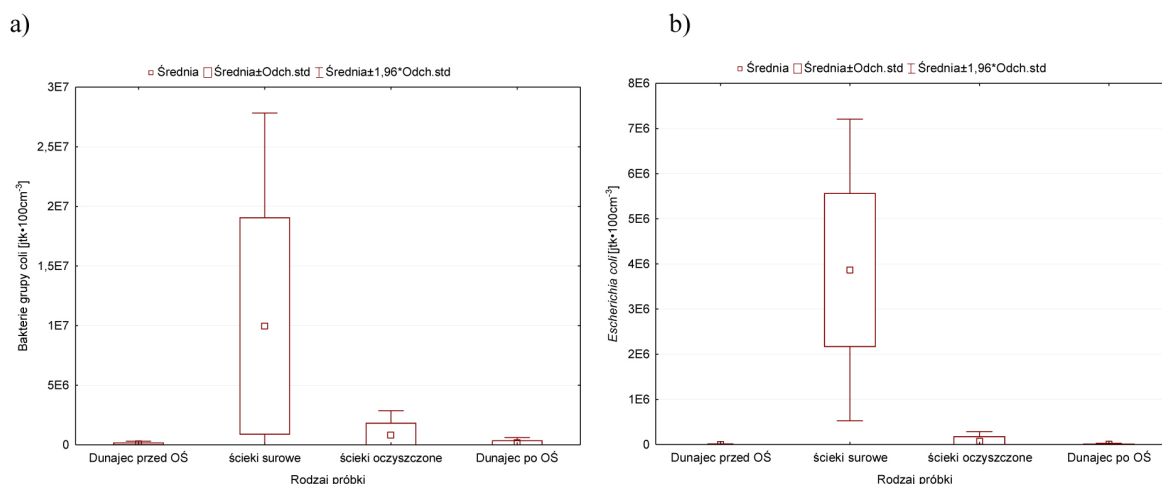
## Wskaźniki bakteriologiczne

W celu oceny jakości wody rzeki Dunajca do celów turystycznych przebadano wodę pod względem skażenia bakteriologicznego. Otrzymane wyniki badań dla zawartości w wodzie i ściekach bakterii grupy coli przedstawiono na rysunku 8. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia [Rozporządzenie...2002] dopuszczalna wartość w wodach wykorzystywanych w kąpieliskach wynosi  $<10000 \text{ jtk}/100\text{cm}^3$ , co oznacza, że wymagania te nie są spełnione i wody Dunajca w Szczawnicy nie nadają się do celów kąpieliskowych. Uzyskane na podstawie badań wartości ( $2 \cdot 10^3$ – $2,1 \cdot 10^5 \text{ jtk}/100 \text{ ml}$ ) są znacznie wyższe od uzyskanych przez Kicińską [Kicińska 2010] w innych odcinkach Dunajca. Świadczy to nie tylko o oddziaływaniu oczyszczalni na odbiornik, ale także o innych zrzutach nieoczyszczonych ścieków w okolicy.

Występowanie w przebadanych próbkach bakterii *Escherichia coli* przedstawiono na rysunku 8b. Dopuszczalna wartość tego wskaźnika w wodach wykorzystywanych w celach kąpieliskowych wynosi  $<1000 \text{ jtk}/100\text{cm}^3$ . Jak można zauważyć wartość ta jest znacznie przekroczona w przypadku Dunajca za oczyszczalnią (do  $20 \cdot 10^3 \text{ jtk}/100\text{cm}^3$ ). Stwierdzona ilość bakterii dyskwalifikuje możliwość wykorzystania wód jako potencjalnego kąpieliska. Podobne wyniki można znaleźć w badaniach przeprowadzonych przez Kicińską [Kicińska 2010] według których żadna z przebadanych ośmiu próbek pobranych z Dunajca w różnych miejscowościach nie spełniała wymagań stawianych przez Rozporządzenie. Ki-



**Rys. 7.** Stężenie azotu amonowego (a) oraz ortofosforanów (b) w próbkach wody z Dunajca i ścieków  
**Fig. 7.** Concentration of ammonium nitrogen (a) and orthophosphates (b) in samples of Dunajec water and wastewater



**Rys. 8.** Ilość bakterii grupy coli (a) i *Escherichia coli* (b) w próbkach wody z Dunajca i ścieków  
**Fig. 8.** Amount of coli bacteria (a) and *Escherichia coli* (b) in samples of Dunajec water and wastewater

cińska dokonując oceny wód powierzchniowych Beskidu Sądeckiego w latach 2007–2008 zakwalifikowała rzekę Dunajec w przekroju Szczawnica i Krościeńsko jako wody III klasy jakości. W analizowanym okresie badawczym w przypadku próbek pochodzących z okolicy Szczawnicy o III klasie zdecydowały głównie parametry mikrobiologiczne (bakterie grupy coli, bakterie coli termotolerancyjne i *Escherichia coli*) oraz odczyn. W próbkach pobieranych dla przekroju Krościeńsko o IV i V klasie zdecydowały odpowiednio BZT<sub>5</sub> oraz jony PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> [Kicińska 2010]. WIOŚ w Krakowie w 2015 r. w punktach pomiarowo-kontrolnych w miejscowościach Czerwony Klasztor oraz Jazowisko zakwalifikował Dunajec od zbiornika Czorsztyn do Obidzkiego Potoku jako wody II klasy czystości o dobrym potencjale zarówno ekologicznym, jak i chemicznym [WIOŚ...2015].

## PODSUMOWANIE

W analizowanym okresie badawczym autorzy ze względu na większość parametrów fizykochemicznych (pH, przewodność, substancje rozpuszczone, twardość ogólną oraz jony NH<sub>4</sub><sup>+</sup> i PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) zakwalifikowali Dunajec w przekroju poniżej OŚ w Szczawnicy jako I klasę wód czyli znacznie wyżej niż Kicińska [2010]. W przypadku zawiesiny ogólnej, BZT<sub>5</sub>, jonów żelaza oraz HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> wody odbiornika zaklasyfikowano do II klasy, natomiast dla stężenia tlenu rozpuszczonego oraz jonów Cl<sup>-</sup> poniżej II klasy. Najgorsza sytuacja miała miejsce w odniesieniu do zanieczyszczeń

mikrobiologicznych, które zdyskwalifikowały wody Dunajca jako wodę do spożycia i wykluczyły jako miejsce potencjalnego kąpieliska. W analizowanym okresie badawczym w przypadku próbek pobranych powyżej OŚ w Szczawnicy ilość bakterii grupy coli oraz *Escherichia coli* wskazują na III klasę jakości wód. W próbkach pobieranych poniżej OŚ w Szczawnicy bakterie grupy coli w ilości 2·10<sup>5</sup> jtk/100cm<sup>3</sup> oraz *Escherichia coli* w ilości 9·10<sup>3</sup> jtk/100cm<sup>3</sup> wskazują odpowiednio na ostatnią V i IV klasę jakości wód.

Ze względu na niską mineralizację wód leczniczych w Szczawnicy oraz niewielkie wydajności ujęć, ich eksploatacja nie stanowi zagrożenia dla środowiska naturalnego. Zaobserwowany kilku procentowy wzrost wartości jonów HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> oraz Cl<sup>-</sup> przed i po OŚ świadczą o małym wpływie ewentualnego zrzutu ścieków pokąpielowych na odbiornik czyli rzekę Dunajec [Paczyński i Sadurski 2007]. Jednak w planach Rozwoju Uzdrowiska Szczawnica na lata 2016–2023 ujęto inwestycje związane z rozbudową ogólnodostępnej infrastruktury turystycznej i rekreacyjnej np. budową uzdrowskiego centrum zabiegowego wraz z basenem [Załącznik nr 1...2016].

## BIBLIOGRAFIA

1. Bugajski P., Kaczor G. 2008. Dopuszczalne stężenie zanieczyszczeń odprowadzanych z oczyszczalni nie wpływające na zmianę klasy wód odbiornika na przykładzie wybranego obiektu. Instal 10 (288), 50–52.
2. Dojlido J.R. 1995. Chemia wód powierzchniowych.

- wych, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok.
3. Drobnik M., Latour T. 2006. Wody lecznicze występujące w Szczawnicy – możliwości ich wykorzystania do kuracji uzdrowiskowej, *Balneologia Polska*, 1, 40–45.
  4. Folder...2017. Wody Szczawnica, <http://www.uzdrowiskoszczawnica.pl>
  5. Gonda-Soroczyńska E., Przybyła K. 2011. Uzdrowisko a środowisko przyrodnicze na przykładzie Szczawnicy. *Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich*, 10, 71–84.
  6. Hermanowicz W., Dojlido J., Dożańska W., Koziorowski B., Zerbe J. 1999, *Fizykochemiczne badania wody i ścieków*, Arkady Warszawa.
  7. Instrukcja...2014. Instrukcja eksploatacji oczyszczalni ścieków w Szczawnicy ze schematem technologicznym.
  8. Kanownik W., Rajda W. 2011. Wpływ oczyszczonych ścieków na jakość wód w odbiorniku, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, nr 10, 366–368.
  9. Kicińska A. 2010. Uwarunkowania jakości wód powierzchniowych Beskidu Sądeckiego, Wydawnictwo AGH, Kraków.
  10. Miernik W., Młyński D., Wałęga A., Chmielowski K., Karwacki P. 2014. Wpływ ścieków oczyszczonych na oczyszczalni w Myślenicach na jakość wód ich odbiornika, *Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich*, Nr I/1, 191–207, DOI: <http://dx.medra.org/10.14597/infraeco.2016.1.1.014>
  11. Paczyński B., Sadurski A. 2007. *Hydrogeologia regionalna Polski*, tom 2, Wody mineralne, lecznicze i termalne oraz kopalniane, Warszawa.
  12. Pozwolenie...2014. Pozwolenie wodno-prawne u numerze OŚ.6341.2.92.2014.DS. wydane przez starostę powiatu nowotarskiego.
  13. Rozporządzenie...2002. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 16 października 2002 r. w sprawie wymagań jakim powinna odpowiadać woda w kąpieliskach. (Dz. U. Nr 183, poz. 1530).
  14. Rozporządzenie...2011. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych, Dz.U. 2011 nr 258 poz. 1549.
  15. Rozporządzenie...2014. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych, Dz.U., poz. 1482.
  16. Rozporządzenie...2015. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, Dz.U. 2015, poz. 1989.
  17. Rozporządzenie...2016. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych, Dz.U. 2016, poz. 1187.
  18. Studium...2007. Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Szczawnica.
  19. Suszalski A. 2017. Analiza wybranych aspektów funkcjonowania oczyszczalni ścieków w Szczawnicy po modernizacji. Praca magisterska pod kierunkiem dr inż. Ewy Wąsik, UR Kraków.
  20. WIOŚ...2015. Ocena stanu wód województwa małopolskiego w 2015 roku wykonana przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Krakowie
  21. Załącznik nr 1...2016. Plan Rozwoju Uzdrowiska Szczawnica na lata 2016 – 2023. Załącznik Nr 1 do Uchwały Nr XXII/162/2016 Rady Miejskiej w Szczawnicy z dnia 23 czerwca 2016 roku
  22. Załącznik nr 3...2014. Załącznik nr 3 do Rozporządzenia Nr 4/2014 Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Krakowie z dnia 16 stycznia 2014 r. w sprawie warunków korzystania z wód regionu wodnego Górnej Wisły
  23. Załącznik nr 5...2016. Załącznik nr 5 do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych, Dz.U. 2016, poz. 1187.
  24. <http://www.ppkpodhale.pl/pl/sus-wschod.html>