

Joanna DŁUGOSZ<sup>1</sup> i Jarosław GAWDZIK<sup>1</sup>

## OCENA SKUTECZNOŚCI FUNKCJONOWANIA OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W BARCZY (WOJ. ŚWIĘTOKRZYSKIE)

### EVALUATION OF FUNCTIONING OF SEWAGE TREATMENT PLANT NEAR BARCZA (ŚWIĘTOKRZYSKIE PROVINCE)

**Abstrakt:** W pracy przedstawiono ocenę funkcjonowania jednej z oczyszczalni ścieków w województwie świętokrzyskim - oczyszczalni ścieków komunalnych w Barczy. Przedstawiono charakterystykę procesów jednostkowych oraz dokonano oceny efektywności systemu oczyszczania ścieków na oczyszczalni. Obiekt uzyskuje bardzo dobre wyniki w oczyszczaniu ścieków, które zgodne są z dopuszczalnymi wartościami zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 oraz z pozwoleniem wodnoprawnym. Zawartości wskaźników zanieczyszczeń w oczyszczonych ściekach są zwykle trzy razy niższe od dopuszczalnych. Podobnie, analizując wartości średniodobowego niskiego przepływu rzeki oraz średniej dobowej ilości ścieków odprowadzanej do odbiornika, można stwierdzić, iż rzeka Lubrzanka jest odpowiednim odbiornikiem dla oczyszczonych ścieków.

**Słowa kluczowe:** ścieki, oczyszczalnia ścieków, skuteczność zmniejszania zanieczyszczeń, BCR

#### Wprowadzenie

Oczyszczalnia ścieków ma za zadanie ochronę zdrowia oraz życia środowiska, jak również chroni zasoby czystej wody. Jednym z decydujących czynników wpływających na stan środowiska wodnego oraz mający wpływ na poziom życia ludności jest sprawność systemów oczyszczania ścieków, a także przeróbki osadów ściekowych. Niezawodność oczyszczalni ścieków to zdolność do unieszkodliwiania przewidywanej ilości ścieków w stopniu wymaganym ze względu na odbiornik ścieków przy określonych warunkach istnienia i eksploatacji oczyszczalni, w ciągu założonego czasu eksploatacji oraz przy losowych zmianach charakterystyk funkcjonalnych elementów oczyszczalni [1]. Niesprawności w pracy oczyszczalni ścieków powodują zazwyczaj wprowadzenie do środowiska niedozwolonych ładunków zanieczyszczeń. Tylko prawidłowo funkcjonująca oczyszczalnia nie przyczynia się do powstawania zagrożenia bezpieczeństwa ludności oraz środowiska przyrodniczego [2, 3]. Wybudowanie oczyszczalni nie zwalnia eksploatatora z obowiązku utrzymania ścieków oczyszczonych na odpowiednim poziomie. Konieczne są na bieżąco wykonywane pobrania próbek ścieków surowych i oczyszczonych, a następnie określenie wartości wskaźników zanieczyszczeń. Na podstawie takich danych można określić efektywność usuwania zanieczyszczeń, a także określić współczynniki niezawodności dla poszczególnych wskaźników zanieczyszczenia ścieków [4]. Kontrola pracy oczyszczalni ścieków pozwala na prowadzenie aktualnej analizy, a także pozwala na potencjalne korekty parametrów technologicznych i hydraulicznych w poszczególnych etapach procesu oczyszczania ścieków [5].

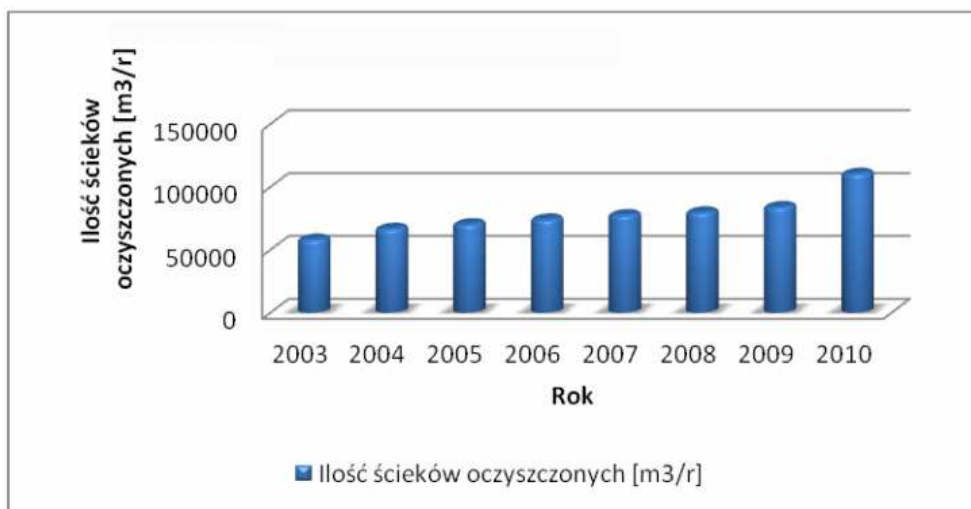
#### Ogólna charakterystyka oczyszczalni ścieków

Omawiana oczyszczalnia ścieków zlokalizowana jest w południowo-wschodniej części gminy Zagnańsk na gruntach wsi Gruszka. Przeznaczona jest ona do oczyszczania ścieków

<sup>1</sup> Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Politechnika Świętokrzyska, al. 1000-lecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, tel. 41 342 45 27, email: jgawdzik@tu.kielce.pl

bytowo-gospodarczych pochodzących z miejscowości: Barcza, Gruszka, Jaworze, Kajetanów, Lekomin, Zabłocie [6]. Ze względu na płytki poziom wód gruntowych oraz wykluczenie negatywnego wpływu Lubrzanki na oczyszczalnię w okresach zalewowych teren oczyszczalni wyniesiono w stosunku do istniejącego o średnio 1,0 m.

Na oczyszczalnię ścieków kanałem grawitacyjnym Ø250PCV dopływają ścieki bytowo-gospodarcze z miejscowości Barcza, poza tym ścieki dowożone są również taborem asenizacyjnym z terenów nieskanalizowanych. Ścieki dowożone stanowią około 10% wszystkich oczyszczanych ścieków w oczyszczalni. Ilość ścieków oczyszczonych zgodnie z rysunku 1 ulega ciągłemu wzrostowi w ciągu kolejnych lat 2003-2010. Spowodowane jest to między innymi zwiększeniem obszaru, z którego są przyjmowane ścieki.



Rys. 1. Ilość ścieków oczyszczonych w latach 2003-2010

Fig. 1. Number of treated wastewater in 2003-2010

Oczyszczalnia ścieków w Barczy została włączona do eksploatacji w roku 2003. Z uwagi na stopień skanalizowania zlewni przewidziano pracę oczyszczalni dwuetapowo. W etapie I uwzględniono pracę urządzeń ciągu technologicznego obiektu na przepustowość  $Q_{dsr} = 250 \text{ m}^3/\text{d}$ . Natomiast w II etapie przepustowość nominalna ma wynieść  $Q_{dsr} = 520 \text{ m}^3/\text{d}$ . Obecnie oczyszczalnia ścieków eksploatowana jest w ramach etapu I. Omawiana oczyszczalnia ścieków to oczyszczalnia mechaniczno-biologiczna przystosowana do zintegrowanego usuwania związków węgla, azotu oraz fosforu. Korzysta ona z technologii EvU, stanowiącej połączenie metody trójfazowego osadu czynnego z wydzielonymi strefami: beztlenową, niedotlenioną, a także tlenową, oraz metody zawirowanego złoża biologicznego. Złoże biologiczne wypełniające reaktor biologiczny stanowią kształtki EvU, o powierzchni właściwej  $800 \text{ m}^2/\text{m}^3$  objętości nasypowej [6, 7]. Proces biologicznego usuwania fosforu może być wspomagany procesem chemicznego strącania koagulantem PIX. Ścieki oczyszczone odprowadzane są do odbiornika, którym jest rzeka Lubrzanka. Oczyszczalnia wyposażona jest w ciąg przeróbki osadowej, na którym ustabilizowany tenowo osad poddawany jest grawitacyjnemu zagęszczaniu i mechanicznemu odwadnianiu.

### Bilans ilościowy ścieków

Ścieki dopływające na oczyszczalnię mają charakter ścieków bytowych, mieszanych za ściekami opadowymi lub roztopowymi. Obciążenie oczyszczalni wyrażone *równoważną liczbą mieszkańców* wynosi obecnie RLM = 2250 M. Wartość prognozowana RLM dla danych projektowych ma wynieść 3833 M.

Obecnie, czyli w I etapie eksploatacyjnym oczyszczalni ścieków, charakterystyczne przepływy ścieków wynoszą: przepływ średni  $Q_{dśr} = 250 \text{ m}^3/\text{d}$ , przepływ maksymalny  $Q_{max} = 300 \text{ m}^3/\text{d}$ , przepływ maksymalny godzinowy  $Q_{maxh} = 25 \text{ m}^3/\text{h}$ . Docelowo oczyszczalnia ma przyjmować ścieki w następujących ilościach: przepływ średni  $Q_{dśr} = 520 \text{ m}^3/\text{d}$ , przepływ maksymalny  $Q_{dmax} = 615 \text{ m}^3/\text{d}$ , przepływ maksymalny godzinowy  $Q_{hmax} = 50 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Zmienność dopływu ścieków określa współczynnik nierównomierności. Współczynnik ten stanowi iloraz maksymalnego dobowego przepływu ścieków do średniego dobowego przepływu  $N_{dmax} = Q_{dmax}/Q_{dśr}$ . Dla I etapu wynosi  $N_{dmax} = 1,20$ , natomiast dla II etapu jest niewiele niższy i ma wartość  $N_{dmax} = 1,18$ . Obie uzyskane wartości są stosunkowo niskie jak dla tak małej jednostki osadniczej (około 2340 mieszkańców) - wg [8] dla jednostki osadniczej, w której jest od 2000 do 5000 mieszkańców, współczynnik nierównomierności  $N_{dmax}$  powinien wynieść 2,0.

### Bilans jakościowy ścieków

Wymagany skład ścieków zależy od obciążenia oczyszczalni ścieków, wyrażonego wskaźnikiem RLM, oraz od rodzaju odbiornika ścieków oczyszczonych [9]. W celu oceny efektywności oczyszczania ścieków minimum raz w miesiącu wykonywane są analizy stężenia BZT<sub>5</sub>, ChZT, zawiesiny ogólnej, N<sub>og</sub> oraz P<sub>og</sub>. Osiągnięcie założonego poziomu oczyszczania ścieków jest uwarunkowane przede wszystkim prawidłowo zaprojektowanym procesem technologicznym i realizacją obiektu zgodnie z projektem technologicznym [2].

Badania analityczne wykonywane są zarówno dla ścieków surowych pobranych z kanalizacji przed pompownią główną, jak i dla ścieków oczyszczonych pobranych z wylotu kanału ścieków oczyszczonych. W tabeli 1 przedstawiono wyniki analiz ścieków surowych i oczyszczonych w 2010 r. oraz prognozowane wartości zanieczyszczeń ścieków surowych dla II etapu eksploatacji. Poza tym poniższe zestawienie tabelaryczne zawiera najwyższe dopuszczalne wartości wskaźników według obowiązującego Rozporządzenia Ministra Środowiska [9].

Na podstawie powyższych wyników zawartości stężeń zanieczyszczeń dla 2010 roku w ściekach oczyszczonych widać, że oczyszczalnia pracuje w sposób zadowalający. Za kryterium oceny sprawności oczyszczalni przyjęto stopień obniżenia wartości poszczególnych wskaźników zanieczyszczeń  $\eta$ . Dane kryterium - stopień redukcji dla poszczególnych zanieczyszczeń wynosi odpowiednio:  $\eta_{BZT5} = 95,9\%$ ,  $\eta_{ChZT} = 89,8\%$ ,  $\eta_{Zaw.og.} = 96,9\%$ ,  $\eta_{Nog.} = 72,3\%$ ,  $\eta_{Pog.} = 76,2\%$ . Na podstawie wyników stopnia redukcji można jednoznacznie stwierdzić, iż omawiany obiekt osiąga bardzo wysokie stopnie oczyszczania ścieków. Niestety, mimo wysokiego stopnia redukcji wartość wskaźnika ChZT na odpływie jest wyższa niż ta zalecana przez rozporządzenie [9]. Również wartość N<sub>og</sub> przekracza zalecaną dopuszczalną najwyższą wartość - z tą różnicą, iż to kryterium w przypadku grupy oczyszczalni o RLM w zakresie 2000-9999 dotyczy jedynie obiektów odprowadzających ścieki do jezior i ich dopływów oraz bezpośrednio do sztucznych zbiorników wodnych usytuowanych na wodach płynących.

Stężenia i ładunki zanieczyszczeń ścieków surowych

Tabela 1

Pollutant concentrations and loads of raw sewage

Table 1

Wskaźnik	Wartości na dopływie dla I etapu - 2010 r. ( $Q_{dś} = 250 \text{ m}^3/\text{d}$ )	Wartości na odpływie - 2010 r.	Wartości na dopływie dla II etapu ( $Q_{dś} = 520 \text{ m}^3/\text{d}$ )	Wartości dopuszczalne na podstawie rozporządzenia [9]
	Stężenia [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ]			
BZT <sub>5</sub>	542	22	447	25
ChZT	1257	128	1021	125
Zawiesina ogólna	747	23	606	35
Azot ogólny	101	28	82	15 <sup>1)</sup>
Fosfor ogólny	21	5	17	2 <sup>1)</sup>

- 1) Wartości wymagane wyłącznie w ściekach wprowadzanych do jezior i ich dopływów oraz bezpośrednio do sztucznych zbiorników wodnych usytuowanych na wodach płynących [9]

Dla sprawdzenia jakości analiz surowych i oczyszczonych ścieków określa się korelację pomiędzy wskaźnikami zanieczyszczeń, tj.: ChZT i BZT<sub>5</sub>. Dla ścieków surowych rozpatrujemy dwa przypadki:  $\text{ChZT}/\text{BZT}_5 < 2$  (ścieki łatwo biodegradowalne) oraz  $\text{ChZT}/\text{BZT}_5 > 2$  (ścieki trudno biodegradowalne) [10]. Dla ścieków oczyszczonych  $\text{ChZT}/\text{BZT}_5 = 5-6$ . Dla omawianej oczyszczalni warunki te przedstawiają się następująco: ścieki surowe  $\text{ChZT}/\text{BZT}_5 = 2,3$  - trudno biodegradowalne, ścieki oczyszczone  $\text{ChZT}/\text{BZT}_5 = 5,8$ .

### Bilans ilościowy i jakościowy odpadów powstających w procesie oczyszczania ścieków

W wyniku procesu oczyszczania ścieków komunalnych w oczyszczalni powstają odpady, którym zgodnie z Ustawą o odpadach [11] przypisane są odpowiednie kody:

- skratki - kod 19 08 01

W omawianym przypadku do skratek należą części stałe zatrzymywane na kracie płaskiej punktu zlewnego ścieków dowożonych, kracie koszowej w pompowni głównej i krato-sicie HUBERA umieszczonym w budynku technologicznym. Skratki gromadzone są w pojemnikach przeznaczonych do tego celu, następnie są wapnowane i wywożone na składowisko odpadów. Obecnie ilość skratek kształtuje się na poziomie  $22,5 \text{ m}^3/\text{r}$ , co w przeliczeniu na dobę wynosi  $61,6 \text{ dm}^3$ .

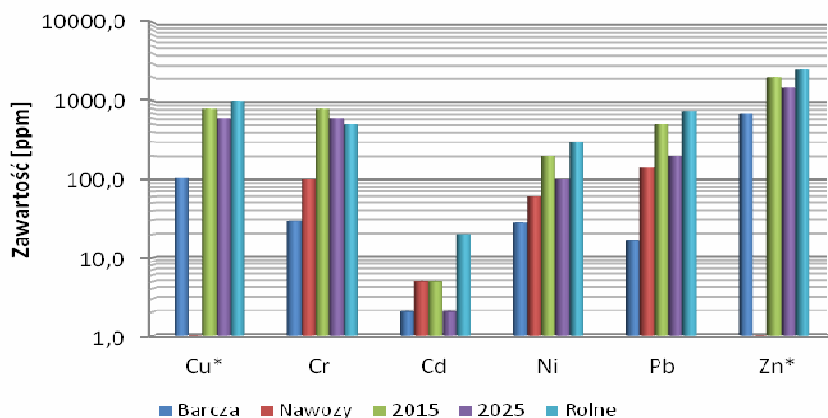
- piasek - kod 19 08 02

Piasek to zawiesina mineralna włączona w kanałach i separowana w piaskowniku umieszczonym w budynku technologicznym. W danym etapie eksploatacji oczyszczalni ścieków w ciągu jednego roku na składowisko po uprzednim wapnowaniu kierowane jest  $2,7 \text{ m}^3$  piasku.

- osad odwodniony - kod 19 08 05

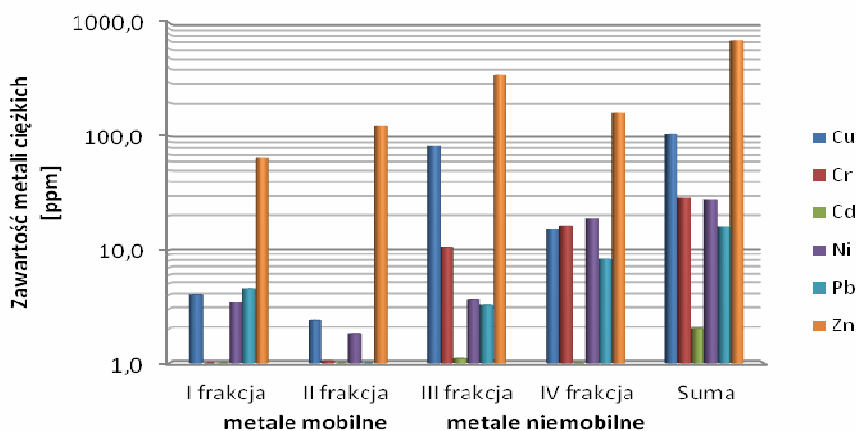
W ciągu doby powstaje  $0,5 \text{ m}^3$  osadu odwodnionego, który wywożony jest na składowisko odpadów. Ilość i parametry osadów ściekowych zależą w dużym stopniu od ładunku zanieczyszczeń w ściekach oraz stosowanej technologii oczyszczania ścieków, a także stopnia rozkładu substancji organicznych w procesie tzw. stabilizacji. W laboratorium Politechniki Świętokrzyskiej przeprowadzono badania mobilności metali ciężkich w osadach ściekowych pochodzących z oczyszczalni w Barczy pobranych bezpośrednio po prasie filtracyjnej (rys. 2 i 3). Zawartość metali ciężkich w osadach ściekowych w aspekcie ich zastosowania przyrodniczego

reguluje Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych [12]. Metale ciężkie w ilościach śladowych są niezbędne do życia roślin i zwierząt, jednak w większych ilościach są toksyczne oraz rakotwórcze, a także akumulują się w organizmach żywych [13, 14]. Zawartość jonów metali ciężkich w badanym osadzie nie przekroczyła wartości dopuszczalnych obowiązujących w Polsce w przypadku osadów przeznaczonych do wykorzystania przyrodniczego (rys. 2).



Rys. 2. Zawartość metali ciężkich w osadach wg różnych wytycznych [12, 15, 16]

Fig. 2. Concentration of heavy metals in sludge by different guidelines [12, 15, 16]



Rys. 3. Zawartość metali ciężkich w poszczególnych frakcjach uzyskanych metodą analizy specyjacyjnej

Fig. 3. The content of heavy metals in different fractions obtained by analysis of speciation

Badania wykonane w laboratorium Politechniki Świętokrzyskiej wykazały również, iż sumaryczna zawartość jonów danego metalu w osadzie ściekowym nie jest równoznaczna z możliwością jego uwolnienia do środowiska gruntowo-wodnego, zaś istotna jest forma jego występowania (rys. 3).

Najwięcej w badanym osadzie znajdowało się cynku 697,0 mg/kg s.m.o, zaś najniższą wartość zanotowano dla kadmu 2,0 mg/kg s.m.o. Zawartość pozostałych metali ciężkich przedstawia się następująco: miedź 104,5 mg/kg s.m.o., chrom 29,0 mg/kg s.m.o., nikiel 27,8 mg/kg s.m.o., ołów 16,2 mg/kg s.m.o.

Docelowo skratki, zawartości piaskowników i osady ściekowe z oczyszczalni w Barczy będą poddawane termicznej utylizacji w spalarni w projektowanej dla oczyszczalni ścieków w Sitkówce.

## Podsumowanie

Oceny poprawności funkcjonowania oczyszczalni ścieków w Barczy dokonano na podstawie informacji uzyskanych od eksploatatora obiektu, na podstawie analizy literatury fachowej oraz korzystając z wyników badań wykonanych na Politechnice Świętokrzyskiej.

Technologia oczyszczania ścieków w Barczy stanowi połączenie metody trójfazowego osadu czynnego z wydzielonymi strefami: beztlenową, niedotlenioną, a także tlenową oraz metody zawirowanego złoża biologicznego - jest to technologia EvU. Do oczyszczalni ścieków trafiają ścieki bytowo-gospodarcze doprowadzane siecią kanalizacyjną oraz dowożone taborem asenizacyjnym. Ilość ścieków docierających na oczyszczalnię wykazuje z roku na rok tendencję wzrostową, co ma bezpośredni związek ze zwiększaniem obszaru obsługiwanego przez oceniany obiekt. Mimo zmian struktury zużycia wody oraz ciągłego wzrostu ilości oczyszczanych ścieków, w czasie eksploatacji oczyszczalni nie zaobserwowano istotnych nieprawidłowości pracy poszczególnych stopni oczyszczania - efektywność oczyszczania utrzymywana jest na zadowalającym poziomie. Odbiornikiem ścieków oczyszczonych jest rzeka Lubrzanka, której stan wód nie ulega pogorszeniu w związku z działalnością oczyszczalni.

Wszelkiego rodzaju odpady powstające w trakcie procesu oczyszczania ścieków są higienizowane oraz usuwane z terenu oczyszczalni zgodnie z Ustawą o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r.

Oczyszczalnia spełnia wytyczne Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. oraz pozwolenia wodnoprawnego i charakteryzuje się zadowalającym stopniem redukcji zanieczyszczeń. Brak oczyszczalni ścieków oraz kanalizacji byłby istotną barierą w rozwoju gminy, przyczyniałby się do obniżenia jej atrakcyjności dla potencjalnych mieszkańców czy inwestorów. W związku z powstaniem oczyszczalni ścieków w dużym stopniu likwidacji uległy niekontrolowane zrzuty ścieków do wód i do gruntu. Należy stwierdzić, że pozytywne oddziaływanie oczyszczalni równoważy w całości jej niekorzystny wpływ na środowisko.

## Literatura

- [1] Kwietniewski M, Roman M, Kłos-Trębaczkiwicz H. Niezawodność wodociągów i kanalizacji. Warszawa: Arkady; 1993.
- [2] Skoczko I. Effectiveness of the operation of the sewage treatment plant in Augustow. *Ecol Chem Eng A*. 2012;19(6):639-647. DOI: 10.2428/ecea.2012.19(06)065.
- [3] Carducci A, Verani M. Effects of bacterial, chemical, physical and meteorological variables on virus removal by a wastewater treatment plant. *Food Environ Virol*. 2013;5:69-76. DOI: 10.1007/s12560-013-9105-5.
- [4] Chmielowski K, Satora S, Wałęga A. Ocena niezawodności działania oczyszczalni ścieków dla gminy Tuchów. *Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich*. PAN Oddział w Krakowie; 2009;9:63-72.
- [5] Brzezicka S. Kontrola analityczna osadów ściekowych. *Laboratorium Przegląd Ogólnopolski*. 2008;11:46.
- [6] <http://wod-kiel.com.pl/oczyszczalnia-ściekow-w-barczy-,125.html>.

- [7] Operat wodno prawny na odprowadzanie ścieków oczyszczonych z oczyszczalni ścieków Barcza do rzeki Lubrzanki w km 32+950. Kielce: 2003.
- [8] Myszograj S, Panek E. Bilansowanie ilości ścieków. *Gaz, Woda i Techn Sanit.* 2007;5:9-12.
- [9] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (DzU Nr 137, poz. 984 z późn. zm.).
- [10] Sadecka Z. Podstawy biologicznego oczyszczania ścieków. Wyd. pierwsze. Józefosław: Wyd. Seidel-Przywecki Sp. z o.o.; 2010;24-25.
- [11] Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (DzU 2013, poz. 21).
- [12] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (DzU Nr 137, poz. 924).
- [13] Gawdzik J. Mobilność metali ciężkich w osadzie ściekowym na przykładzie wybranej oczyszczalni. *Gaz, Woda i Techn Sanit.* 2009;5:29-31.
- [14] Gawdzik J. Specjacja metali ciężkich w osadzie ściekowym na przykładzie wybranej oczyszczalni komunalnej. *Ochr Środow.* 2010;32(4):15-19.
- [15] Council Directive of 12 June 1986, on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture, 86/278/EEC.
- [16] Working document on sludge. 2000. 3<sup>rd</sup> Draft - EC DG XI, ENV/E.3/LM.

## **EVALUATION OF FUNCTIONING OF SEWAGE TREATMENT PLANT NEAR BARCZA (ŚWIĘTOKRZYSKIE PROVINCE)**

Faculty of Environmental Engineering, Geomatics and Power Engineering, Kielce University of Technology

**Abstract:** The paper presents an evaluation of functioning of one sewage treatment plant in Świętokrzyskie Province - wastewater treatment plant near Barcza. The characteristics of unit processes and assessment of the effectiveness of the sewage treatment systems was done in this work. A very good result of wastewater treatment, which complies with the limit values laid down in the Regulation of the Minister of Environment of 24 July 2006 and in the water-legal permission was achieved. Content indicators of pollution in treated wastewater are typically three times lower than the limit. Similarly, by analyzing the average daily low flow of the Lubrzanka. River and the average daily volume of wastewater discharged into the receiver can be concluded, that Lubrzanka river is a suitable receiver for the treated wastewater.

**Keywords:** sewage, sewage treatment plant, efficiency of the pollutants decrease, BCR

