

*Krzysztof Chmielowski, Paulina Bąk, Karolina Kurek*

## **SPRAWNOŚĆ DZIAŁANIA OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W DOBCZYCACH**

---

## **THE EFFICIENCY OF THE SEWAGE TREATMENT BASED ON THE SEWAGE TREATMENT PLANT IN DOBCZYCE**

### **Streszczenie**

W pracy przedstawiono skuteczność oczyszczania ścieków na przykładzie oczyszczalni w Dobczycach. Badania oparto na analizie 44 próbek ścieków surowych i ścieków oczyszczonych w okresie od stycznia 2007 do grudnia 2010 roku. Analizie poddano wartości pięciu wybranych wskaźników zanieczyszczeń tj. BZT<sub>5</sub>, ChZT<sub>Cr</sub>, zawiesiny ogólnej, azotu ogólnego oraz fosforu ogólnego. Określono liczbę przekroczeń dopuszczalnych wartości wskaźników zawartych w pozwoleniu wodno-prawnym. Zbadano skuteczność zmniejszenia poszczególnych wskaźników w badanym okresie czasu. Przeprowadzone badania wykazały wysoką skuteczność zmniejszenia zanieczyszczeń. Średnia redukcja badanych wskaźników wyniosła: BZT<sub>5</sub> – 98,9%, ChZT<sub>Cr</sub> – 97,6%, zawiesina ogólna – 97,6%, azot ogólny – 89,4%, fosfor ogólny – 97,6%.

**Słowa kluczowe:** ścieki, oczyszczalnia ścieków, skuteczność zmniejszenia zanieczyszczeń

### **Summary**

*The paper presents the efficiency of the sewage treatment based on the example of the sewage treatment plant in Dobczyce. The research was based on the analysis of 44 raw sewage and treated sewage from January 2007 to December 2010. Values of five selected pollution indexes were analyzed: BOD<sub>5</sub>, COD, total suspended solids, general nitrogen and general phosphorus. The amount of the transgressions of the admissible index values in relation to the water law permission was defined. The effectiveness of the indexes' decrease in the tested period was analyzed. The carried out research showed the high efficiency of the pollutants*

*amount decrease: BOD<sub>5</sub> – 98,9%, COD – 97,6%, total suspended solids – 97,6%, general nitrogen – 89,4%, general phosphorus – 97,6%.*

*Key words: sewage, sewage treatment plant, efficiency of the pollutants' decrease*

## WSTĘP

Dzięki zdolności samooczyszczania się wód odbiorników przez wieki woda powierzchniowa stanowiła wygodny odbiornik zanieczyszczeń, które powstawały na skutek życia i funkcjonowania ludzi. Jednakże w dobie intensywnego rozwoju gospodarczego ilość i skład wytwarzanych ścieków niesie ze sobą niebezpieczeństwo trwałego skażenia wód powierzchniowych i podziemnych. Jest to o tyle ważne, iż zasoby wodne Polski są stosunkowo niewielkie. Według Bieszczady i Soboty [1999] zasoby wody śródlądowej stanowią zaledwie 2,17 % globalnej ilości wody, z czego tylko 0,02% to woda dostępna dla celów gospodarczych. Nieoczyszczone ścieki bytowe nie mogą być bezpośrednio odprowadzane do odbiorników, ze względu na poważne zagrożenie dla środowiska naturalnego. Należy stosować oczyszczanie ścieków poprzez realizację stosownych procesów fizycznych, biologicznych i chemicznych. Ścieki bytowe odznaczają się dużą zmiennością wskaźników zanieczyszczeń [Sikorski 1989, Sikorski 1994a, Sikorski 1994b]. Wynika to przede wszystkim z ilości wody zużywanej na 1 mieszkańca, ładunku zanieczyszczeń, czasu przetrzymania ścieków oraz warunków klimatycznych [Bernacka 1984, Heidrich i Witkowski 1993]. Skład ścieków ściśle związany jest z ludzką aktywnością i zmienia się w zależności od godziny, dnia i pory roku [Hartman L. 1997]. W ostatnich latach obserwuje się spadek jednostkowej ilości ścieków przypadającej na 1 mieszkańca [Chmielowski, Ślizowski 2008]. Powodem tego jest między innymi sytuacja ekonomiczna mieszkańców, coraz wyższe ceny za zużywaną wodę, wzrost świadomości ekologicznej, ponadto stosowanie wodooszczędnych urządzeń wodociągowych i przyborów sanitarnych. Zmniejszenie ilości zużywanej wody może przyczynić się do wzrostu stężenia zanieczyszczeń ścieków bytowych [Chmielowski 2011].

Dnia 24 lipca 2006 r. zostało wydane Rozporządzenie Ministra Środowiska, zawierające wytyczne jakie należy spełnić przy wprowadzeniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz. U. 2006 nr 137 poz. 984) oraz Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009 roku, które zmieniło rozporządzenie z 2006 roku (Dz. U. 2009 nr 27 poz. 169). Ponadto dokumentem, który może określać dopuszczalne wartości ścieków oczyszczonych odprowadzanych do odbiornika jest pozwolenie wodno prawne. Wszystkie restrykcje związane z oczyszczaniem ścieków, ukazują jak ważne jest prawidłowe funkcjonowanie każdej oczyszczalni ścieków.

## **CEL PRACY I METODYKA BADAŃ**

Celem pracy była ocena sprawności działania oczyszczalni ścieków w Dobczycach w okresie po jej modernizacji. Okres badań obejmował następujący przedział czasowy od 25.01.2007 do 02.12.2010. Ocena skuteczności dokonano w oparciu o wyniki stężeń wskaźników zanieczyszczeń ścieków surowych, które dopływały do badanego obiektu oraz oczyszczonych, odpływających z oczyszczalni. Wartości badanych wskaźników pozyskane zostały w laboratorium znajdującym się przy oczyszczalni.

Na podstawie stężeń zanieczyszczeń w ściekach surowych i oczyszczonych została określona skuteczność zmniejszenia badanych wskaźników zanieczyszczeń: BZT<sub>5</sub>, ChZT<sub>Cr</sub>, zawiesina ogólna, fosfor ogólny, azot ogólny. Ponadto określono ilość przekroczeń wartości dopuszczalnych badanych wskaźników, które zostały podyktowane przez pozwolenie wodno – prawne, wydane przez odpowiedni organ.

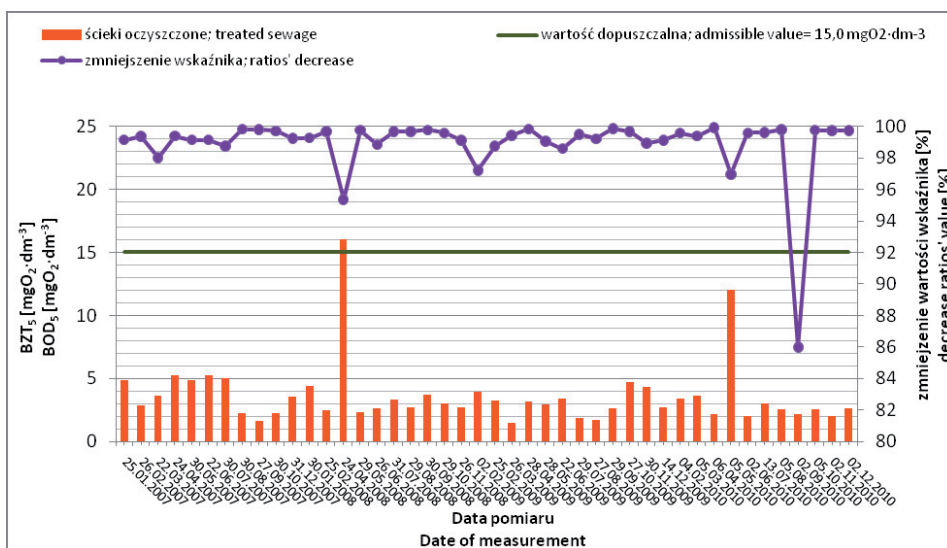
## **OPIS OBIEKTU BADAŃ**

Badana oczyszczalnia ścieków znajduje się w miejscowości Dobczyce w województwie małopolskim. Usytuowana jest w północno – wschodniej części miasta w pobliżu rzeki Raba, która stanowi odbiornik oczyszczonych ścieków. Badany obiekt powstał w 1982 roku o projektowanej przepustowości 1600m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>, po modernizacji w 2005 roku przepustowość wzrosła do 2800 m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>. Do oczyszczalni dopływają głównie ścieki bytowe z kanalizacji oraz ścieki dowożone z szamb. Po modernizacji w 2005 roku badana oczyszczalnia została wyposażona w dodatkowe urządzenia służące do mechanicznego, biologicznego i chemicznego oczyszczania ścieków. Za procesy mechaniczne, do których należy zaliczyć cedzenie, sedymentację oraz flotację odpowiedzialne stały się sito-piaskowniki z odtłuszczaczami. Po wstępnym oczyszczeniu ścieki pompowane są do reaktora biologicznego, w którym następuje usuwanie związków węgla, azotu i fosforu. Blok biologicznego oczyszczania składa się z komory predenitryfikacji, beztlenowej komory mieszania, komory denitryfikacji, komory nityfikacji. Ponadto do bloku biologicznego należą komory stabilizacji tlenowej, służące do ustabilizowania osadu w wyniku utlenienia masy organicznej, osadniki wtórne, pompownia osadu nadmiernego i recykulowanego oraz stacja dmuchaw. Do komory predenitryfikacji trafia osad recykulowany z osadników wtórnych i następuje usunięcie pozostałych w osadzie azotanów. Dzięki temu stworzone zostają odpowiednie warunki do dalszych procesów zachodzących w komorze mieszania, następuje proces uwolnienia fosforanów z wysokoenergetycznych wiązań komórek bakterii osadu czynnego przy jednoczesnej absorpcji substancji organicznej. W niedotlenionych komorach denitryfikacji następuje redukcja azotanów do azotu ogólnego, co prowadzi do obniżenia poziomu azotu

ogólnego w ściekach. Dalej ścieki kierowane są do tlenowych komór nityfikacji, gdzie zachodzi nityfikacja związków azotu do azotynów i azotanów. Ponadto następuje wzrost masy komórkowej bakterii osadu czynnego, tworzenie wiązań wysokoenergetycznych i pobieranie rozpuszczonych w ściekach fosforanów, które zostają usunięte wraz z tzw. osadem nadmiernym. Ze strefy tlenowej ścieki kierowane są do osadników wtórnych, których zadaniem jest klarowanie oczyszczonych ścieków oraz zagęszczenie osadu recykulowanego. Do chemicznego oczyszczenia ścieków stosowany jest reagent o nazwie PIX, który jest szczególnie ważny w przypadku niedostatecznego usuwania fosforu, jak również wpływa na zmniejszenie BZT<sub>5</sub>. W komorach stabilizacji tlenowej następuje unieszkodliwienie nadmiernego osadu oraz mieszanie go z osadem wstępnym. Dalej osad trafia do zagęszczaczy oraz do stacji higienizacji osadu, gdzie poddawany jest wirowaniu z dodatkiem polielektrolitu w wirówce dekantacyjnej. Tak przerobiony osad mieszany jest z wapnem w celu higienizacji.

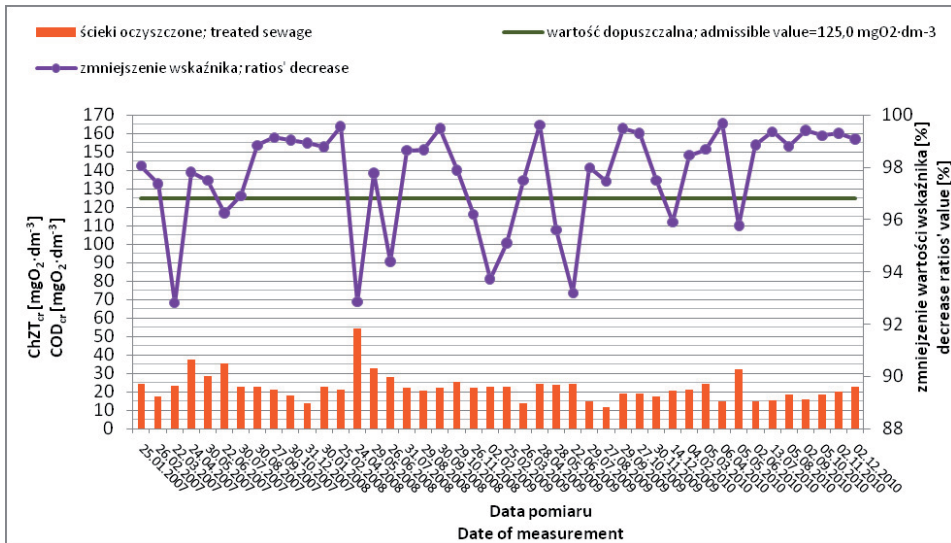
### WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Na rysunkach od 1 do 5 przedstawiono wyniki badań wartości analizowanych wskaźników w ściekach oczyszczonych na tle wykresu skuteczności ich zmniejszenia.



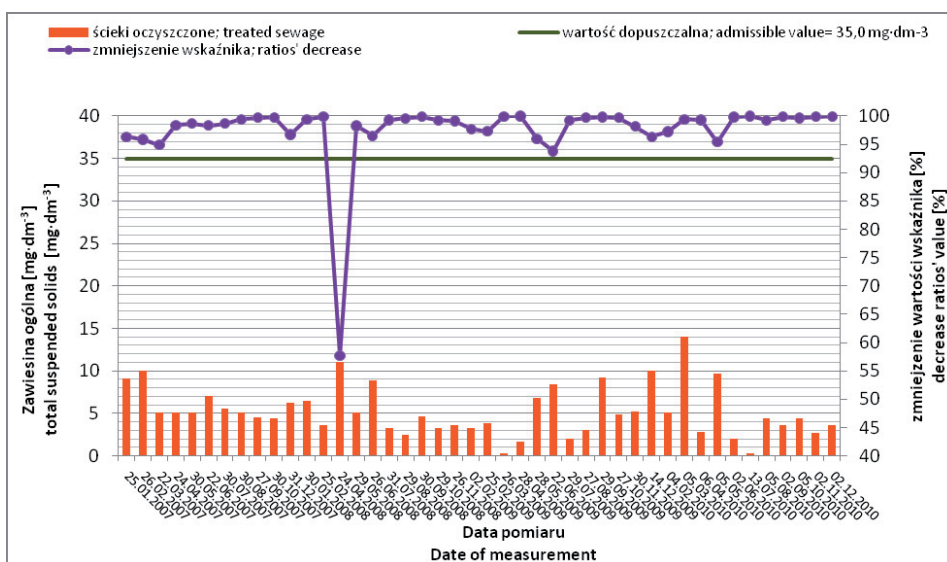
Analiza danych zawartych na rysunku 1 pokazuje, iż w latach od 2007 do 2010 wartość wskaźnika BZT<sub>5</sub> w ściekach oczyszczonych charakteryzowały się wartościami BZT<sub>5</sub> z przedziału od 1,4 do 16,0 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Wartość dopuszczalna stężenia zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych wg pozwolenia wodnoprawnego wynosi 15 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. W całym okresie badawczym, na 44 analizowane próbki odnotowano jednokrotne przekroczenie wartości dopuszczalnej. Minimalna wartość przypadła na marzec 2009 roku, natomiast wartość maksymalną odnotowano w kwietniu w 2008 roku. W ściekach odpływających z oczyszczalni wartość średnia BZT<sub>5</sub> uplasowała się na poziomie 3,6 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Analiza skuteczności zmniejszenia BZT<sub>5</sub> pokazuje, iż uzyskane wartości mieszczą się w przedziale od 86,0 do 99,9%. Średnia wartość zmniejszenia BZT<sub>5</sub> w badanym okresie czasu wyniosła 98,9%.

Na rysunku 2 zestawiono dane dotyczące wartości ChZT oczyszczonych wraz ze skutecznością zmniejszenia tego wskaźnika. Ścieki oczyszczone odznaczały się wartościami ChZT z przedziału od 11,0 do 54,3 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Minimalna wartość ChZT w ściekach odpływających z oczyszczalni przypadła na sierpień 2009 roku, a maksymalna na kwiecień 2008 roku. Wartość średnia ChZT w ściekach oczyszczonych wyniosła 22,2 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Dopuszczalna zawartość azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych, w myśl pozwolenia wodnoprawnego wynosi 125,0 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Nie odnotowano żadnych przekroczeń wartości dopuszczalnej na 44 pobrane próbki ścieków. Skuteczność zmniejszenia ChZT wahała się od 92,8 do 99,7%. Średnia skuteczność zmniejszenia ChZT wyniosła 97,6%.



**Rysunek 2.** Wartość ChZT ścieków oczyszczonych oraz skuteczność jej zmniejszenia  
**Figure 2.** Comparison of COD values of treated sewage and effectiveness of its reducing

Analizując dane zawarte na rysunku 3, można stwierdzić, iż ścieki oczyszczone odznaczały się zawartością zawiesiny ogólnej z przedziału od 0,2 do 14,0 mg·dm<sup>-3</sup>. Wartość dopuszczalna zawiesiny ogólnej w ściekach oczyszczonych wg pozwolenia wodno-prawnego wynosi 35 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Na 44 pobrane próbki ścieków nie odnotowano przekroczenia wartości dopuszczalnej. Minimalną wartość odnotowano w lipcu 2007 roku, natomiast wartość maksymalną zaobserwowano w marcu 2010 roku. W ściekach odpływających z oczyszczalni wartość średnia zawiesiny ogólnej wyniosła 5,2 mg·dm<sup>-3</sup>. Analiza skuteczności zmniejszenia zawiesiny ogólnej pokazuje, że uzyskane wartości mieszczą się w przedziale od 57,7 do 99,96%. Średnia skuteczność zmniejszenia zawiesiny ogólnej wyniosła 97,6%.



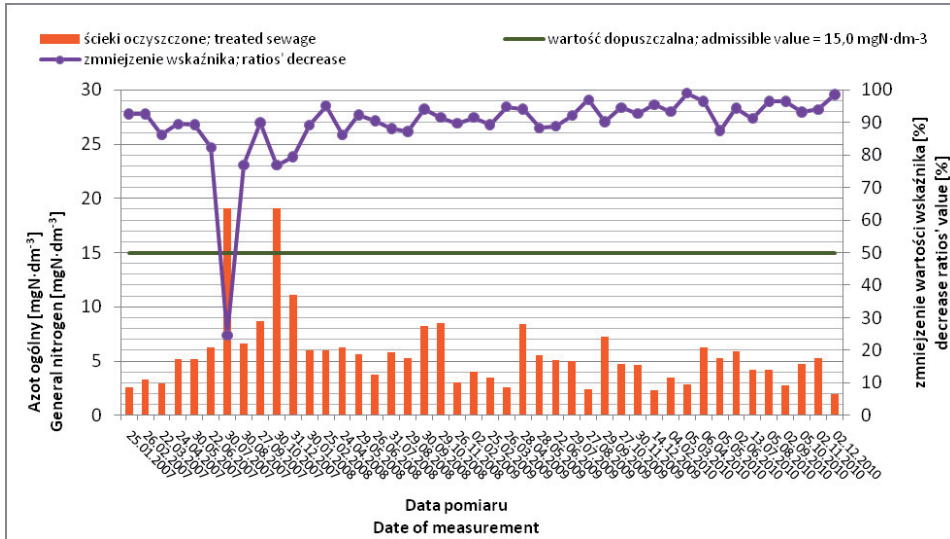
**Rysunek 3.** Stężenie zawiesiny ogólnej ścieków oczyszczonych oraz skuteczność jej zmniejszenia

**Figure 3.** Comparison of total suspended solids values of treated sewage and effectiveness of its reducing

Rysunek 4 przedstawia dane dotyczące stężenia azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych oraz skuteczność zmniejszenia tego wskaźnika. Ścieki oczyszczone odznaczały się zawartością azotu ogólnego z przedziału od 1,9 do 19,0 mgN·dm<sup>-3</sup>. Zgodnie z pozwoleniem wodno prawnym wartość dopuszczalna dla tego wskaźnika wynosi 15,0 mgN<sub>og</sub>·dm<sup>-3</sup>. Stwierdzono dwukrotne przekroczenie wartości dopuszczalnej na 44 pobrane próbki ścieków. W lipcu i październiku 2007 roku stężenie azotu ogólnego przekroczyło wartość dopuszczalną



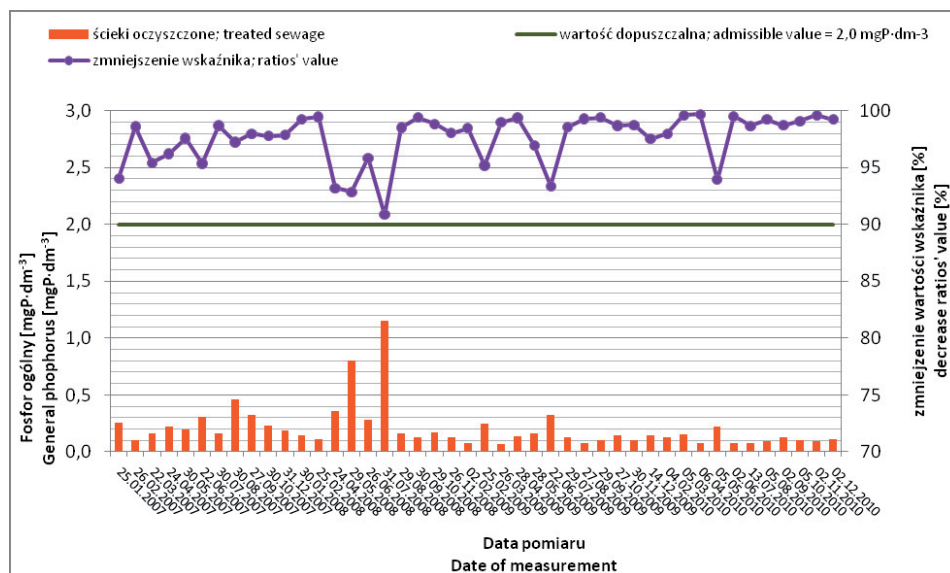
o  $4,0 \text{ mgN}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Najprawdopodobniej spowodowane było to wysoką zawartością tego związku w ściekach dowiezionych. Te pojedyncze przypadki nie pozwalają, na tle reszty wyników, stwierdzić wady w samym procesie oczyszczania. Minimalna wartość azotu ogólnego wystąpiła w grudniu 2010 roku, a wartość średnia wyniosła  $5,6 \text{ mgN}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Skuteczność zmniejszenia azotu ogólnego w latach 2007 do 2010 wahała się w przedziale od 24,6 do 99,0%. Średnia wartość skuteczności zmniejszenia analizowanego wskaźnika wyniosła 89,4%.



**Rysunek 4.** Stężenie azotu ogólnego ścieków oczyszczonych oraz skuteczność jej zmniejszenia

**Figure 4.** Comparison of total nitrogen values of treated sewage and effectiveness of its reducing

Analizując dane zawarte na rysunku 5, można stwierdzić, że ścieki odpływające z oczyszczalni odznaczały się zawartością fosforu ogólnego z przedziału od  $0,06$  do  $1,15 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Wartość minimalna przypadła na marzec 2009 roku, natomiast maksymalną wartość fosforu ogólnego odnotowano w marcu 2010 roku. Średnia wartość azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych wyniosła  $0,2 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$ . W myśl pozwolenia wodno-prawnego maksymalna dopuszczalna zawartość azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych wynosi  $15,0 \text{ mgN}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Na 44 pobrane próbki ścieków nie odnotowano żadnych przekroczeń wartości dopuszczalnej. Skuteczność zmniejszenia fosforu ogólnego wahała się od 90,9 do 99,7%. Średnia skuteczność zmniejszenia fosforu ogólnego wyniosła 97,6%.



**Rysunek 5.** Stężenie fosforu ogólnego ścieków oczyszczonych oraz skuteczność jej zmniejszenia

**Figure 5.** Comparison of total phosphate values of treated sewage and effectiveness of its reducing

**Tabela 1.** Podstawowe charakterystyki zanieczyszczeń zawartych w ściekach surowych  
**Table 1.** Basic characteristics of the pollutants in the raw sewage

Parametr	Jednostka	BZT <sub>5</sub>	ChZT <sub>Cr</sub>	Zawiesina ogólna	Azot ogólny	Fosfor ogólny
Liczba próbek	szt.	44	44	44	44	44
Średnia	mg·dm <sup>-3</sup>	713,8	1686,0	1002,0	72,1	11,1
Minimum	mg·dm <sup>-3</sup>	15,0	320,0	26,0	20,7	3,5
Maksimum	mg·dm <sup>-3</sup>	2300,0	6450,0	4500,0	286,0	37,7
Mediana	mg·dm <sup>-3</sup>	590	1320	417	52,7	9,8
Odchylenie standardowe	mg·dm <sup>-3</sup>	514,5	1360,3	1214,9	48,5	6,9

Wartość wskaźnika BZT<sub>5</sub> w ściekach surowych wahała się w przedziale od 15,0 do 2 300,0 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Średnia wartość BZT<sub>5</sub> w ściekach surowych wyniosła 713,8 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Wartości ChZT w ściekach surowych mieściły się w granicach od 320,0 do 6 450,0 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Średnia wartość ChZT wyniosła 1686,5 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Porównując te dane z literaturą [Roman 1993, Chmielowski 2008, Chmielowski Ślizowski 2009] należy stwierdzić bardzo wysokie wartości wskaźników BZT<sub>5</sub>, ChZT<sub>Cr</sub>. Wytłumaczeniem tego może być zrzut ścieków dowożonych pojazdami asenizacyjnymi do punktu zlewczego oczyszczalni. Mini-



malne stężenie zawiesiny ogólnej w ściekach surowych wyniosło  $26,0 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  natomiast wartość maksymalna wyniosła  $4\,500,0 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Średnia zawartość zawiesiny ogólnej w ściekach surowych uplasowała się na poziomie  $1\,002,0 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , mediana tego wskaźnika wyniosła  $417 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , a odchylenie standardowe  $1214,9 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Ścieki komunalne, ze względu na swój charakter, odznaczają się znaczną ilością związków azotu i fosforu. Średnio, zawartość azotu w tego rodzaju zanieczyszczeniach określa się na poziomie od  $40,0$  do  $80,0 \text{ mgN}_{\text{og}}\cdot\text{dm}^{-3}$  [Chmielowski K, Ślizowski 2009] Stężenie azotu ogólnego w ściekach surowych kształtowało się w przedziale od  $20,7$  do  $286,0 \text{ mgN}_{\text{og}}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Średnia wartość azotu ogólnego w ściekach surowych wyniosła  $72,1 \text{ mgN}_{\text{og}}\cdot\text{dm}^{-3}$ , mediana wyniosła  $52,7 \text{ mgN}\cdot\text{dm}^{-3}$ , a odchylenie standardowe  $48,5 \text{ mgN}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Stężenie fosforu ogólnego w ściekach surowych wahało się w przedziale od  $3,5$  do  $37,7 \text{ mgP}_{\text{og}}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Średnia wartość fosforu ogólnego uplasowało się na poziomie  $11,2 \text{ mgP}_{\text{og}}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Mediana wyniosła  $9,8 \text{ mgO}_2\cdot\text{dm}^{-3}$ , a odchylenie standardowe  $6,9 \text{ mgO}_2\cdot\text{dm}^{-3}$ .

## WNIOSKI

Przeprowadzone analizy wyników badań posłużyły do sformułowania następujących wniosków:

1. Nie odnotowano przekroczeń wartości dopuszczalnych w przypadku:  $\text{ChZT}_{\text{cr}}$  zawiesiny ogólnej oraz fosforu ogólnego.

2. Przekroczenie dopuszczalnej wartości  $\text{BZT}_5$  wystąpiło jedynie raz, co stanowiło 2% pobranych próbek. Dopuszczalna wartość azotu ogólnego została przekroczona dwukrotnie, stanowiąc 4,5% wszystkich badanych próbek ścieków.

3. Średnia skuteczność zmniejszenia  $\text{BZT}_5$  w badanej oczyszczalni wyniosła 98,9%, co stanowi bardzo dobry wynik. Średnia skuteczność zmniejszenia  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$  w oczyszczalni ukształtowała się na bardzo wysokim poziomie - 97,6%. Średnia skuteczność zmniejszenia zawiesiny ogólnej w oczyszczalni wyniosła 97,6%, stanowiąc dobry wynik, świadczący o efektywnym procesie sedymentacji. Średnia skuteczność zmniejszenia azotu ogólnego w badanej oczyszczalni uplasowała się na poziomie 89,4%. Średnia skuteczność zmniejszenia fosforu ogólnego w oczyszczalni wyniosła 97,6%.

## BIBLIOGRAFIA

- Bernacka J. *Odprowadzenie i oczyszczanie ścieków z budownictwa jednorodzinnego*. Materiały Seminaryjne nr 415. PZITS. Warszawa, 1984.
- Bieszczał S., Sobota J. *Zagrożenia, ochrona i kształtowanie środowiska przyrodniczo – rolniczego*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław, 1999.

- Chmielowski K., Ślizowski R. *Charakterystyka ilościowa ścieków dopływających do przydomowej oczyszczalni z pojedynczego gospodarstwa wiejskiego*. Gaz Woda i Technika Sanitarna 9/2008. Warszawa, 2008. s. 11-13.
- Chmielowski K. Ślizowski R. *Ocena skuteczności usuwania zanieczyszczeń w oczyszczalni ścieków w Tarnowie*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 5/2009. Kraków, 2009 s. 137-146.
- Chmielowski K. *Ocena technologiczna skuteczności i efektywności oczyszczalni ścieków w Proszówkach w gminie Bochnia*. Budownictwo i inżynieria środowiska nr 4/2011 zeszyt 58. Zeszyty naukowe Politechniki Rzeszowskiej nr 276. Rzeszów, 2011. s. 37-43.
- Hartman L. *Biologiczne oczyszczanie ścieków*. Wydawnictwo Instalator Polski. Warszawa, 1997.
- Heidrich Z., Witkowski A. *Kształtowanie wiejskich systemów zaopatrzenia w wodę, usuwania i oczyszczania ścieków*. Zeszyt Problemy PZITS nr 672. Technika Sanitarna Wsi. 1993
- Roman M. *Ścieki – ich ilość i jakość*. Materiały seminarium szkoleniowego Pt.: ”Optymalny dobór oczyszczalni ścieków” Wydawnictwo Abrys , Poznań, 1993.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód i do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz. U. 2006 nr 137 poz. 984) oraz Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009 roku, które zmieniło rozporządzenie z 2006 roku (Dz. U. 2009 nr 27 poz. 169).
- Sikorski M. *Przegląd procesów, metod i urządzeń do oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych możliwych do zastosowania w warunkach wiejskich*. Zagadnienia Techniki Sanitarnej Wsi. Oczyszczanie ścieków wiejskich, procesy, urządzenia , eksploatacyjne. Materiały konferencyjne. Wrocław, 1989.
- Sikorski M. *Charakterystyka ścieków wiejskich i sposób ich unieszkodliwiania*. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie. Częstochowa, 1994a.
- Sikorski M. 1994b. *Oczyszczanie i oczyszczalnie w Polsce*. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie, nr 4.

Dr inż. Krzysztof Chmielowski  
Mgr inż. Paulina Bąk  
Mgr inż. Karolina Kurek  
Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
al. Mickiewicza 24/28; 30-059 Kraków