

## PORÓWNANIE FRAKCJI CHZT W ŚCIEKACH SUROWYCH DOPŁYWAJĄCYCH DO MAŁYCH I DUŻYCH OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

Joanna Smyk<sup>1</sup>, Katarzyna Ignatowicz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok, e-mail: j.smyk@wp.pl

### STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono porównanie udziału frakcji ChZT w ściekach surowych w oczyszczalniach do których wpływają małe ilości ścieków oraz oczyszczalnię z dużym przepływem. Porównano oczyszczalnię hydrofitową o średniej przepustowości 4 dm<sup>3</sup>/m, oczyszczalnię ze złożami biologicznymi o średniej przepustowości 8 dm<sup>3</sup>/m, oraz oczyszczalnię ścieków z osadem czynnym w Białymstoku o przepustowości około 70 000 m<sup>3</sup>/d. Najniższe udziały procentowe frakcji rozpuszczonych związków biologicznie nierozkładalnych S<sub>1</sub> w ściekach surowych odnotowano w małych oczyszczalniach ścieków. Na podstawie dostępnych danych nie stwierdzono istotnych zależności między frakcjami X<sub>p</sub>, S<sub>s</sub>, X<sub>s</sub> w ściekach surowych a ilością wytwarzanych ścieków.

**Słowa kluczowe:** frakcje ChZT, małe oczyszczalnie ścieków, złoża biologiczne, oczyszczalnia hydrofitowa, oczyszczalnia z osadem czynnym

### COMPARISON OF THE FRACTIONS OF COD IN RAW WASTEWATER INFLUENT FOR SMALL AND LARGE SEWAGE TREATMENT

#### ABSTRACT

The article presents a comparison of the share fraction of COD in raw wastewater in treatment plants which flow in a small amount of wastewater and the sewage treatment with high flow. Compared the constructed wetlands with an average capacity of 4 dm<sup>3</sup>/m, the treatment plant with biological deposits with an average capacity of 8 dm<sup>3</sup>/m, and a sewage treatment plant with activated sludge in Białystok with a capacity of about 70 000 dm<sup>3</sup>/m. The lowest percentages of dissolved fraction of soluble organic non-biodegradable substances S<sub>1</sub> was reported in raw sewage in small sewage treatment plants. Based on the available data wasn't found significant correlation between the fractions X<sub>p</sub>, S<sub>s</sub>, X<sub>s</sub> in raw sewage and the amount of wastewater.

**Keywords:** COD fractions, small sewage treatment plants, rotary biological contactor, constructed wetland, treatment with activated sludge

### WSTĘP

Prawidłowa eksploatacja nawet małych systemów oczyszczania umożliwia skuteczne usuwanie związków azotu, fosforu oraz związków węgla. Rozszerzenie oceny procesu oczyszczania dodatkowo o pomiary frakcji ChZT pozwala na szczegółowe określenie zawartości biodegradowalnych substancji pokarmowych w ściekach. Dzięki temu można zintensyfikować procesy oczyszczania małych ilości ścieków w już istniejących obiektach [Henze, Harremoës, 2000; Klimiuk, Łebkowska 2008].

ChZT ścieków, z podziałem na frakcje, można obliczać według zależności [Płuciennik-Koropczuk, 2009; Sadecka, Myszograj 2004; Struk-Sokołowska, 2014; Zdebik, Głodniok, 2010]:

$$\text{ChZT} = S_s + S_1 + X_s + X_1$$

gdzie: S<sub>s</sub> – ChZT rozpuszczonych związków organicznych biologicznie łatwo rozkładalnych (COD soluble readily biodegradable substrates),

S<sub>1</sub> – ChZT rozpuszczonych związków biologicznie nierozkładalnych (COD inert soluble organic material),

$X_s$  – ChZT nierozpuszczalnych związków biologicznie wolno rozkładalnych (COD particulate slowly biodegradable substrates),

$X_i$  – ChZT nierozpuszczalnych związków organicznych biologicznie nierozkładalnych (COD inert particulate organic material).

Często stosowanymi oczyszczalniami na terenach nieurbanizowanych są oczyszczalnie hydrofitowe gdzie system korzeniowy roślin tworzy specyficzną, bogatą w różnorodne organizmy biocenozę, porównywalną z biocenozą naturalnych systemów bagiennych. Oczyszczalnie tego typu szczególnie są polecane dla ośrodków wypoczynkowych, gdyż bardzo dobrze znoszą przerwy w dostawie ścieków, nawet kiedy przerwy są dłuższe niż rzeczywisty okres pracy np. w sezonie letnim. Ścieki są oczyszczane poprzez zachodzące procesy biochemiczne oraz filtrację. Oczyszczalnie te cechuje bardzo wysoka sprawność, prosta konstrukcja, możliwość wykorzystania (zagospodarowania) filtra jako elementu dekoracyjnego na działce, duża odporność na nierównomierność, a nawet okresowy brak w dopływie ścieków, możliwość wykorzystania lokalnej roślinności bagiennej, możliwość wykorzystania gospodarczego oczyszczonych ścieków oraz możliwość wykorzystania istniejącego szamba (o ile jest ono szczelne) [Błażejowski, 2005; Goleń, Warężak, 2012; Ryńska 2006].

Innym typem oczyszczalni mogącym być stosowanym do niewielkich ilości ścieków są złoża biologiczne wykorzystujące naturalne zjawisko rozwoju mikroorganizmów na danym podłożu (wypełnieniu) podczas rozkładu związków organicznych. Charakterystyczną cechą tego typu oczyszczalni jest duża podatność na dopasowanie do zmiennych obciążeń przy zachowaniu stabilności działania. Zasada działania opiera się na dopływie zanieczyszczeń, które w trakcie natleniania np. przez ruch obrotowy złoża oraz przez procesy enzymatyczne mikroorganizmów zanieczyszczenia są rozkładane. Biorąc pod uwagę prosty i szybki rozruch technologiczny, tego typu oczyszczalnie można z powodzeniem stosować na terenach wiejskich czy też w ośrodkach sezonowo czynnych nawet do 20000 RLM (o przepływie około 5000 m<sup>3</sup>/d) [Ignatowicz, Puchlik, 2011; Kania-Surowiec, 2013; Piasny 2012].

Ważnym aspektem małych i średnich oczyszczalni ścieków jest ich prostota techniczna i technologiczna. Również obsługa tego typu oczysz-

czalni w większości przypadków jest przejrzysta i nieskomplikowana [Ignatowicz, Puchlik, 2011].

## CHARAKTERYSTYKA OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

Porównano udział frakcji ChZT ścieków bytowo-gospodarczych z małych oczyszczalni przydomowych oraz ścieków komunalnych z oczyszczalni o wysokim RLM.

Pierwszym obiektem przeprowadzonej analizy jest hydrofitowa oczyszczalnia ścieków w Zwierkach. Oczyszczalnia obsługująca żeński Monaster Narodzenia Przenajświętszej Bogurodzicy w Białymstoku. Obsługuje około 35 osób, a średni dobowy przepływ ścieków wynosi ok. 4,0 m<sup>3</sup>/d. Ścieki są odprowadzane grawitacyjnie z budynku klasztoru do osadnika gnilnego, składającego się dwóch komór. Następnie spływają do komory napowietrzającej, do komory osadu oraz do pompowni ścieków. Ścieki są rozprowadzone na złożo gruntowo-roślinne o wymiarach 9 na 12 metrów, które porasta trzcina oraz inne rośliny wodolubne. Wypełnienie złoża stanowi: żwir płukany o średnicy 8–16 mm, grubość warstwy 20 cm, piasek płukany o średnicy 0,5–2 mm, grubość warstwy 60 cm oraz żwir płukany o średnicy 8–16 mm, grubość warstwy 20 cm. Oczyszczone już ścieki zostają zebrane oraz odprowadzone do stawu znajdującego się na terenie działki obok złoża gruntowo-roślinnego [Smyk, Ignatowicz, Struk-Sokołowska, 2015].

Drugą z analizowanych oczyszczalni jest oczyszczalnia kontenerowa typu KOS-2, zainstalowana przy Domu Pomocy Społecznej (DPS) we wsi Bobrowa w województwie podlaskim. Oczyszczalnia tego typu standardowo wyposażona jest w trzystopniowe złożo biologiczne. Obsługuje około 40 mieszkańców i pracuje w warunkach niedociążonych. Średni dobowy dopływ ścieków surowych do oczyszczalni w okresie pomiarów wynosił od 6,5 do 10,0 m<sup>3</sup>/d. Oczyszczalnia wyposażona jest w zbiornik retencyjno-uśredniający oraz staw biologiczny typu tlenowego o objętości około 240 m<sup>3</sup>. Odbiornikiem ścieków oczyszczonych jest rzeka Płoska [Ignatowicz, Puchlik, 2011].

Trzecim obiektem jest oczyszczalnia ścieków w Białymstoku, która jest oczyszczalnią mechaniczno-biologiczną, która stosuje metodę osadu czynnego w procesie oczyszczania ścieków. Średni przepływ w oczyszczalni wynosi około

70 000 m<sup>3</sup>/d. Do oczyszczalni docierają ścieki bytowe i przemysłowe z miasta Białegostoku i z terenów przyległych. Obszar, z którego dopływają ścieki, charakteryzuje się niskim stopniem uprzemysłowienia. Głównym źródłem zanieczyszczeń trafiających do kanalizacji są ścieki z terenu Białegostoku [Smyk, Ignatowicz, 2015].

Ścieki po oczyszczeniu mechanicznym trafiają na część biologiczną do komory predenitryfikacji, gdzie panują warunki beztlenowe. Następnie ścieki przepływają do komory osadu czynnego podzielonej na dwa główne baseny. W jednym z nich napowietrzanie jest prowadzone za pomocą dyfuzorów, natomiast w drugim poprzez aeratory. Każdy z nich składa się z czterech komór osadu czynnego, z kolei każda komora podzielona jest na sześć części. Elementem wspólnym dwóch głównych basenów jest kanał recyrkulacji gdzie dawkowane jest zewnętrzne źródło węgla. Pierwszym elementem komory jest strefa denitryfikacji. Recyrkulacja wewnętrzna (z ostatniej strefy nityfikacji do strefy denitryfikacji) wynosi od 300 do 700%. Kolejną komorą jest tzw. strefa przejściowa, gdzie prowadzony jest przemienne proces denitryfikacji przy włączonym aeratorze prowadzony z procesem nityfikacji poprzez jego wyłączenie napowietrzania. Oczyszczone ścieki przepływają do 6 radialnych osadników wtórnych i następnie do odbiornika jakim jest rzeka Biała [Smyk, Ignatowicz, 2015].

## PORÓWNANIE UDZIAŁU FRAKCJI W ANALIZOWANYCH OCZYSZCZALNIACH ŚCIEKÓW

W tabeli 1 zestawiono wartości ChZT i BZT<sub>5</sub> ścieków surowych w analizowanych oczyszczalniach ścieków. Z przedstawionych danych wynika, że iloraz ChZT do BZT<sub>5</sub> dla ścieków surowych we wszystkich oczyszczalniach jest

mniejszy od 2, co wskazuje, że ścieki są łatwo biodegradowalne. Najwyższe wartości ChZT oraz BZT<sub>5</sub> zostały odnotowane w ściekach z oczyszczalni ze złożami biologicznymi – w przypadku ChZT wynosiło ono 669,0 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, natomiast BZT<sub>5</sub> – 520,0 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. W ściekach z oczyszczalni z osadem czynnym ChZT osiągnęło podobną wartość, co w ściekach z oczyszczalni ze złożami biologicznymi – 588,0 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. W przypadku BZT<sub>5</sub> w ściekach z oczyszczalni z osadem czynnym i oczyszczalni hydrofitowej wartości były do siebie zbliżone i różniły się tylko o 40 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>.

W tabeli 2 zestawiono wartości frakcji ChZT w ściekach surowych w analizowanych oczyszczalniach ścieków, natomiast w tabeli 3 zestawiono udział procentowy poszczególnych frakcji ChZT w ściekach surowych w analizowanych oczyszczalniach ścieków.

Największy udział w ściekach surowych ze wszystkich analizowanych oczyszczalni ma frakcja ChZT nierozpuszczalna (zawieszona), rozkładalna oznaczana symbolem X<sub>s</sub>. Obejmuje ona wolno biodegradowalne substraty, które mogą być przyswojone przez mikroorganizmy w procesach biochemicznych po uprzedniej zewnątrzkomórkowej hydrolizie. W ściekach surowych z oczyszczalni ze złożem biologicznym zawartość tej frakcji wynosi aż 560 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> osiągając 51,90% całkowitego ChZT. W ściekach surowych z dużej oczyszczalni ścieków oraz oczyszczalni hydrofitowej wartości frakcji X<sub>s</sub> są już niższe niż w porównaniu do oczyszczalni ze złożem biologicznym a udział procentowy jest niemal taki sam i wynosi 41%.

Frakcja ChZT rozpuszczona, łatwo przyswajalna S<sub>s</sub> jest najbardziej pożądaną frakcją w składzie ścieków. Obejmuje ona związki organiczne, które mogą być natychmiast i bezpośrednio przyswajane przez mikroorganizmy heterotroficzne. Najwyższą zawartość tej frakcji odnotowano

**Tabela 1.** Zestawienie wartości ChZT i BZT<sub>5</sub> ścieków surowych i oczyszczonych w analizowanych oczyszczalniach ścieków

**Table 1.** Summary of COD and BOD5 raw and treated sewage in the analyzed wastewater treatment plants

Badany parametr		Analizowana oczyszczalnia		
		oczyszczalnia hydrofitowa	złoża biologiczne	oczyszczalnia ścieków komunalnych
ChZT [mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ]	ścieki surowe	434,0	669,0	588,0
	ścieki oczyszczone	52,0	37,0	97,0
BZT <sub>5</sub> [mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ]	ścieki surowe	300,0	520,0	340,0
	ścieki oczyszczone	2,0	4,0	2,0

**Tabela 2.** Zestawienie zawartości poszczególnych frakcji ChZT w ściekach surowych w analizowanych oczyszczalniach ścieków [Ignatowicz, Puchlik 2011; Smyk i in. 2015; Smyk, Ignatowicz 2015]**Table 2.** Summary of the contents of individual fractions of COD in raw sewage in the analyzed wastewater treatment

Frakcje ChZT	Analizowana oczyszczalnia		
	Oczyszczalnia hydrofitowa Q = 4 m <sup>3</sup> /d	Złóża biologiczne Q = 8 m <sup>3</sup> /d	Oczyszczalnia z osadem czynnym Q = 70 000 m <sup>3</sup> /d
	[mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ]	[mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ]	[mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ]
S <sub>i</sub>	27	26	56
X <sub>i</sub>	83,33	186,6	101,2
S <sub>s</sub>	250	307	263,0
X <sub>s</sub>	250	560	303,7

**Tabela 3.** Zestawienie udziału procentowego poszczególnych frakcji ChZT w ściekach surowych w analizowanych oczyszczalniach ścieków [Ignatowicz, Puchlik 2011; Smyk i in. 2015; Smyk, Ignatowicz 2015]**Table 3.** Summary of the percentage of individual fraction of COD in raw sewage in the analyzed wastewater treatment plants

Frakcje ChZT	Analizowana oczyszczalnia		
	Oczyszczalnia hydrofitowa	Złóża biologiczne	Oczyszczalnia z osadem czynnym
	%	%	%
S <sub>i</sub>	4,42	2,40	7,7
X <sub>i</sub>	13,65	17,30	14,0
S <sub>s</sub>	40,96	28,40	36,3
X <sub>s</sub>	40,96	51,90	41,0

w ściekach surowych z oczyszczalni ze złożami biologicznymi – 307 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Jednak mimo najwyższej zawartości w porównaniu do pozostałych oczyszczalni, udział procentowy frakcji S<sub>s</sub> w ściekach surowych z oczyszczalni ze złożami biologicznymi wynosi tylko 28,40%. W ściekach z oczyszczalni hydrofitowej oraz oczyszczalni z osadem czynnym zarówno zawartość frakcji S<sub>s</sub> była zbliżona (250 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> i 263,0 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>) jak i udział procentowy (40,96% i 36,3%).

Najwyższą zawartość frakcji nierozpuszczalnej, nierozkładalnej oznaczanej symbolem X<sub>i</sub> odnotowano w ściekach surowych z oczyszczalni ze złożami biologicznymi (186,6 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>). Najniższe wartości zawierały ścieki surowe z oczyszczalni hydrofitowej – 83,33 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Udział procentowy frakcji X<sub>i</sub> w ściekach z analizowanych oczyszczalni wynosi od 13,65 do 17,30% całkowitego ChZT. Zawartość tej frakcji jest niekorzystna w ściekach, ponieważ może pozostać w systemie poprzez wbudowywanie w biomasę mikroorganizmów, zwiększając jego masę.

Najniższe udziały procentowe ze wszystkich frakcji ChZT w ściekach surowych ma frakcja rozpuszczonych związków biologicznie nierozkładalnych S<sub>i</sub>. Mimo, niskich udziałów tej frak-

cji, należy pamiętać, że jej zawartość w ściekach surowych jest również niekorzystna, ponieważ obecna w ściekach znajdzie się w odpływie i nie będzie podlegała usuwaniu w procesach biologicznych. Najniższe wartości frakcji S<sub>i</sub> odnotowano w ściekach surowych z oczyszczalni hydrofitowej – 27 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> oraz oczyszczalni ze złożami biologicznymi – 26 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. W przypadku ścieków z oczyszczalni ze złożami biologicznymi frakcja S<sub>i</sub> stanowiła tylko 2,40% całkowitego ChZT ścieków surowych. Ponad dwa razy wyższe wartości wystąpiły w ściekach z dużej oczyszczalni ścieków z osadem czynnym – 56 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, stanowiąc 7,7% całkowitego ChZT ścieków surowych.

## WNIOSKI

1. Podobne udziały procentowe nierozpuszczalnej, nierozkładalnej oznaczanej symbolem X<sub>i</sub> występowały w ściekach surowych ze wszystkich z analizowanych oczyszczalni.
2. Ścieki surowe z oczyszczalni ze złożami biologicznymi charakteryzowały się zwią-

szonym udziałem frakcji  $X_s$  w porównaniu do pozostałych oczyszczalni.

3. Najniższe udziały procentowe frakcji rozpuszczonych związków biologicznie nierozkładalnych  $S_1$  w ściekach surowych odnotowano w małych oczyszczalniach ścieków.
4. Na podstawie dostępnych danych nie stwierdzono istotnych zależności między frakcjami  $X_1$ ,  $S_s$ ,  $X_s$  w ściekach surowych a ilością wytwarzanych ścieków.

## LITERATURA

1. Błażejowski R. 2005. Aktualny status przydomowych oczyszczalni ścieków i perspektywy ich rozwoju. *Wodociągi - Kanalizacja*, nr 1(10).
2. Goleń M., Wareżak T. 2012. Postawy prawne i finansowe budowy oczyszczalni przydomowych. *Poradnik dla gmin oraz mieszkańców terenów nieurbanizowanych. Szkoła Główna Handlowa - Oficyna Wydawnicza, Warszawa.*
3. Henze M., Harremoës P. 2000. *Oczyszczanie ścieków. Procesy biologiczne i chemiczne.* Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach, Kielce.
4. Ignatowicz K., Puchlik M. 2011. Złóża biologiczne jako alternatywa oczyszczania małych ścieków. *Rocznik Ochrona Środowiska, Tom 13, 1385–1404.*
5. Kania-Surowiec I. 2013. Złóża biologiczne w oczyszczaniu ścieków z recyklingu tworzyw sztucznych. *Inżynieria Ekologiczna, 32, 74–84.*
6. Klimiuk E., Łebkowska M. 2008. *Biotechnologia w ochronie środowiska.* Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
7. Piasny M. 2012. Złóża biologiczne, oczyszczalnie ścieków bytowych. *Magazyn Instalator, 5 (165), 56–57.*
8. Pluciennik-Koropczuk E. 2009. Frakcje ChZT miarą skuteczności oczyszczania ścieków. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna, VII-VIII.2009, 11–13.*
9. Ryńska J. 2006. *Przydomowe oczyszczalnie ścieków. Poradnik, Log InMedia.*
10. Sadecka Z., Myszograj S. 2004. Frakcje ChZT w procesach mechaniczno-biologicznego oczyszczania ścieków na przykładzie oczyszczalni ścieków w Sulechowie. *Rocznik Ochrona Środowiska, Tom 6, 233–244.*
11. Smyk J., Ignatowicz K., Struk-Sokołowska J. 2015. COD fractions changes during sewage treatment with constructed wetland. *Journal of Ecological Engineering, 16(3), 43–48.*
12. Smyk J., Ignatowicz K. 2015. Analiza frakcji ChZT w procesach mechaniczno-biologicznego oczyszczania ścieków, *Inżynieria Ekologiczna, nr 45, 21–26.*
13. Struk-Sokołowska J.: 2014. Specjacja materii organicznej za pomocą ChZT w ściekach na wybranym przykładzie. W: T.M. Traczewska i B. Kaźmierczak (red.) *Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska. Tom 4.* Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 807–820.
14. Zdebik D., Głodniok M. 2010. Wyniki badań podatności ścieków na rozkład biologiczny – frakcje ChZT na przykładzie oczyszczalni ścieków w Rybniku. *Prace Naukowe GiG Górnictwo i Środowisko, nr 4.*