

Dariusz Zdebik, Marcin Głodniok**

WYNIKI BADAŃ PODATNOŚCI ŚCIEKÓW NA ROZKŁAD BIOLOGICZNY – FRAKCJE ChZT NA PRZYKŁADZIE OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W RYBNIKU

Streszczenie

W niniejszym artykule opisano wyniki badań frakcji ChZT w ściekach surowych, po oczyszczeniu mechanicznym oraz w ściekach oczyszczonych. Omówiono rozkład frakcji ChZT w ciągu doby oraz podczas badań nad sterowaniem ręcznym pracą oczyszczalni i dozowaniem z węgla organicznego zewnętrznego źródła. Badania wykonano w oczyszczalni ścieków w Rybniku-Orzepowicach, pracującej w technologii sekwencyjno-przepływowej, w ramach realizacji projektu celowego nr 6 ZR72008C/07051 pn. „Zwiększenie redukcji biogenów przez optymalizację procesu biologicznego oczyszczania ścieków w oczyszczalni ścieków Rybnik-Orzepowice”.

The results of studies of wastewater susceptibility on biological decomposition – COD fractions on an example of sewage treatment plant in Rybnik

Abstract

In the paper, the results were described of studies of COD fractions in raw wastewater, after mechanical treatment as well as in processed sewage. The decomposition of COD fractions within a day period was discussed, as well as during tests with manual steering of sewage treatment plant work, and during the dosage of organic carbon from external source. The tests were executed in sewage treatment plant in Rybnik-Orzepowice working in sequencing-flow technology, within the frames of realization of specific targeted project No. 6 ZR72008C/07051, titled “The increase reduction of the biogenes by optimization of sewage biological treatment process in sewage treatment plant Rybnik-Orzepowice”.

1. WPROWADZENIE

Na efektywność biologicznych procesów oczyszczania ścieków dopływających do oczyszczalni w dużym stopniu wpływa ich charakterystyka. Ma ona istotne znaczenie w projektowaniu obiektów służących do biologicznego usuwania związków biogenych ze ścieków. To czy będzie możliwe usuwanie fosforu i czy do prawidłowego przebiegu procesu denitryfikacji trzeba będzie dodawać węgiel organiczny zależy od zawartości łatwo przyswajalnego węgla w ściekach.

Łatwo przyswajalna frakcja ChZT – S_s – jest wykorzystywana przez denitryfikanty oraz bakterie fosforowe i ma wpływ na wielkość beztlenowej i niedotlenionej komory osadu czynnego. Z frakcji wolno rozkładalnego ChZT – X_s – można, w wyniku rozkładu, uzyskać ChZT łatwo przyswajalne. Proces ten może być prowadzony w komorze osadu czynnego (z zawiesiny nieopadającej) lub w fermenterze z osadu wstępnego. Frakcja nierozkładalna rozpuszczona – S_I – obecna w ściekach natychmiast znajdzie się w odpływie i nie będzie usuwana w procesach biologicznych. Nie-

* Główny Instytut Górnictwa

korzystny jest udział w ściekach nierozkładalnej zawiesiny – X_I – ponieważ wbuduje się ona w kłaczkę osadu czynnego, która stanowi inertny balast. Z tego powodu oznaczenie suchej masy osadu czynnego nie odzwierciedla rzeczywistej ilości materii aktywnej, biorącej udział w oczyszczaniu ścieków (Kalinowska, Bonar, Duma 2005).

Badania frakcji ChZT wykonano zgodnie z wytycznymi ATV-131 (2000). ChZT ścieków, z podziałem na frakcje, można obliczać według zależności (Łomotowski, Szpindor 1999):

$$\text{ChZT} = S_S + S_I + X_S + X_I \quad (1)$$

gdzie:

S_S – ChZT rozpuszczonych związków organicznych biologicznie łatwo rozkładalnych,

S_I – ChZT rozpuszczonych związków organicznych biologicznie nierozkładalnych,

X_S – ChZT zawiesin organicznych wolno rozkładalnych,

X_I – ChZT zawiesin organicznych biologicznie nierozkładalnych.

2. METODYKA OZNACZANIA FRAKCJI ChZT

Frakcje ChZT oznaczono z wykorzystaniem następującej metodyki:

1. W celu wyznaczenia frakcji rozpuszczonej biologicznie nierozkładalnej S_I próbkę ścieków oczyszczonych odwirowywano w wirówce, przy RMP = 3000 obr./min przez 10 minut. Po zdekantowaniu sklarowane ścieki przesączono przez sączek twardy 0,45 μm , a następnie oznaczono ChZT ścieków metodą dwuchromianową (PN-74/C-04578/03).
2. Stężenie organicznych zanieczyszczeń rozpuszczonych S_{ChZT} określono w ściekach surowych odsączonych, metodą opisaną w punkcie 1.
3. Frakcję biologicznie łatwo rozkładalną S_S wyznaczono jako różnicę ogólnej liczby zanieczyszczeń organicznych rozpuszczonych S_{ChZT} i zanieczyszczeń organicznych biologicznie nierozkładalnych:

$$S_S = S_{\text{ChZT}} - S_I, \text{ mg/dm}^3 \quad (2)$$

4. W celu oznaczenia frakcji zawiesin organicznych wolno rozkładalnych X_S , wyznaczono doświadczalnie BZT_5 ścieków surowych nieodsączonych, a następnie (przyjmując stałą szybkość biochemicznego rozkładu $k_1 = 0,6$) obliczono BZT całkowite (BZT_C):

$$\text{BZT}_C = \text{BZT}_5 / 0,6, \text{ mg/dm}^3 \quad (3)$$

Mając określoną wartość BZT_C oraz wartość rozpuszczonej frakcji biologicznie łatwo rozkładalnej S_S , frakcję zawiesin wolno rozkładalnych X_S wyznaczono z równania:

$$X_S = \text{BZT}_C - S_S, \text{ mg/dm}^3 \quad (4)$$

5. Całkowite stężenie substancji organicznych w zawiesinie określono, korzystając z zależności podanej w normie ATV-131:

$$X_I = A \times X_{\text{ChZT}}, \text{ mg /dm}^3 \quad (5)$$

przy czym, w zależności od rodzaju ścieków lub też od czasu przepływu ścieków przez osadnik wstępny, wartość współczynnika A może zmieniać się od 0,2 do 0,35. Dla ścieków bytowo-gospodarczych przyjmuje się $A = 0,25$. Podstawiając do równania $X_{\text{ChZT}} = X_S + X_I$ zależność $X_I = 0,25 \times X_{\text{ChZT}}$, otrzymano:

$$X_{\text{ChZT}} = X_S / 0,75, \text{ mg/dm}^3 \quad (6)$$

6. Frakcję zawiesin biologicznie nierozkładalnych X_I określono z różnicy parametrów X_{ChZT} i X_S :

$$X_I = X_{\text{ChZT}} - X_S, \text{ mg /dm}^3 \quad (7)$$

3. DOBOWY ROZKŁAD FRAKCJI ChZT

Badania dobowego rozkładu frakcji ChZT wykonano w dwóch kolejnych dniach 10.05 i 11.05.2010 roku. W dniu 10.05 pobrano pierwszą próbkę (na wlocie), kolejną (po osadnikach wstępnych) o godzinie 12:00, a ostatnią (na wylocie) w dniu 11.05 o godzinie 10:00. Podczas pobierania próbek uwzględniono średniodobowy czas retencji ścieków w poszczególnych stopniach oczyszczalni.

Wartości frakcji ChZT, jakie stwierdzono podczas prowadzenia badań, w wytypowanych godzinach pomiarowych, przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wartości frakcji ChZT po kolejnych stopniach oczyszczania – próbki chwilowe godzinowe

Data/godzina pobrania próbki	Wlot				Po osadnikach				Wylot			
	S _I	X _I	S _S	X _S	S _I	X _I	S _S	X _S	S _I	X _I	S _S	X _S
	mg/dm ³											
10.05/ godz. 8:00–9:00	20,00	146,40	94,00	439,30	20,00	50,60	115,00	151,70	20,00	0,50	2,40	1,60
10.05/ godz. 12:00–13:00	26,80	67,50	114,20	202,50	26,80	47,60	107,20	142,80	26,80	0,40	2,00	1,30
10.05/ godz. 16:00–17:00	29,50	83,20	150,50	249,50	29,50	52,70	158,50	158,20	29,50	0,40	2,00	1,30
10.05/ godz. 22:00–23:00	31,50	95,90	145,50	287,80	31,50	43,40	136,50	130,20	31,50	0,50	2,20	1,50
11.05/ godz. 4:00–5:00	31,90	58,30	25,20	174,80	31,90	32,40	61,10	97,20	31,90	0,60	2,70	1,80
Minimalna	20,00	58,30	25,20	174,80	20,00	32,40	61,10	97,20	20,00	0,40	2,00	1,30
Maksymalna	31,90	146,40	150,50	439,30	31,90	52,70	158,50	158,20	31,90	0,60	2,70	1,80
Średnia	27,94	90,26	105,88	270,78	27,94	45,34	115,66	136,02	27,94	0,48	2,26	1,50

Źródło: Obliczenia własne na podstawie wyników badań Laboratorium PWiK Sp. z o.o. w Rybniku.

Analizując wyniki zawarte w tabeli 1 stwierdzono, że w ciągu doby nastąpiła zmiana udziałów poszczególnych frakcji ChZT. W godzinach dziennych zwiększała się ilość frakcji biologicznie łatwo i wolno rozkładalnych, natomiast w godzinach nocnych ilość tych frakcji ulegała zmniejszeniu. Wynikało to z dobowego rozkładu ładunku zanieczyszczeń w ściekach.

Fracja ChZT S_1 (frakcja rozpuszczona biologicznie nierozkładalna) w analizowanych próbkach utrzymywała stałą wartość, gdyż była to ilość, jaka została oznaczona w ściekach oczyszczonych. W ściekach surowych stanowiła ona około 6%, a w ściekach oczyszczonych około 87% oznaczanych frakcji.

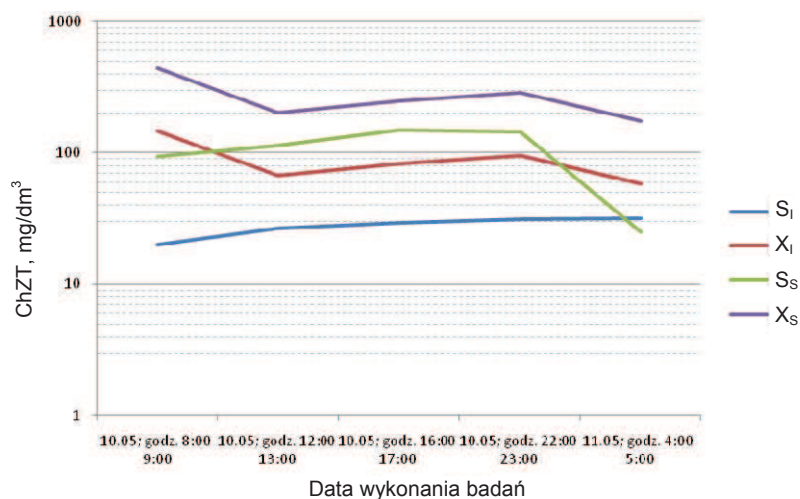
Fracja ChZT X_1 (frakcja zawiesin biologicznie nierozkładalnych) była zatrzymywana głównie w części mechanicznego oczyszczania ścieków (piaskownik, osadniki wstępne) – redukcja wynosiła około 50%. W części biologicznej (komory biologiczne, osadniki wtórne) następowało jej wbudowywanie w kłaczki osadu, a usunięcie jej wynosiło około 99%. W ściekach surowych stanowiła ona około 18%, a w ściekach oczyszczonych około 1% oznaczanych frakcji.

Fracja S_S (frakcja biologicznie łatwo rozkładalna) – w części mechanicznej nastąpił jej przyrost o około 9%, a w części biologicznej redukcja o około 98%. W ściekach surowych stanowiła ona około 21%, a w ściekach oczyszczonych około 7% oznaczanych frakcji.

Udział frakcji X_S (frakcja biologicznie wolno rozkładalna) w części mechanicznej oczyszczalni, podobnie jak frakcja ChZT X_1 , stanowił około 50%. W części biologicznej, ze względu na wydłużony czas przebywania ścieków w komorach, frakcja X_S była wykorzystywana w około 99% do procesów biologicznego oczyszczania ścieków. W ściekach surowych stanowiła ona około 55%, a w ściekach oczyszczonych około 5% oznaczanych frakcji. Przy przepływie średniodobowym, wynoszącym 16 050 m³/d frakcja wolno rozkładalnego ChZT była rozkładana przez osad czynny i efektywnie wykorzystywana do procesów defosfatacji i denitryfikacji.

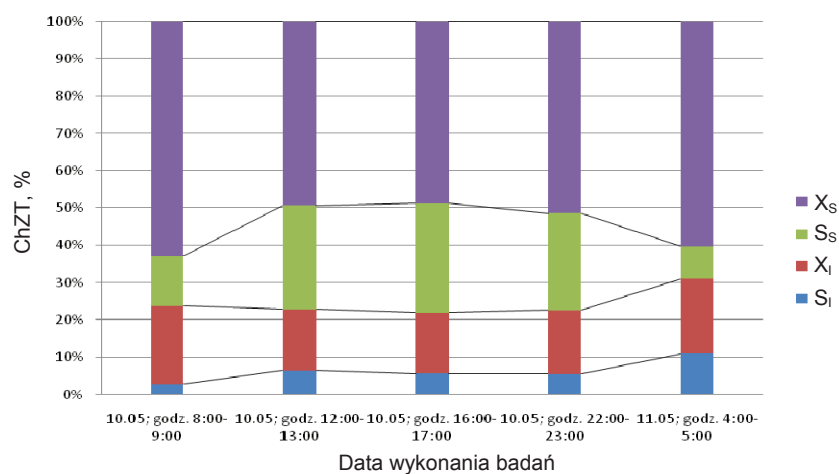
Na rysunkach 1–6 przedstawiono wahania stężeń frakcji ChZT w ciągu doby oraz ich procentowy udział w ściekach:

- dopływających do oczyszczalni (rys. 1 i 2),
- po oczyszczeniu mechanicznym (rys. 3 i 4),
- oczyszczonych (rys. 5 i 6).



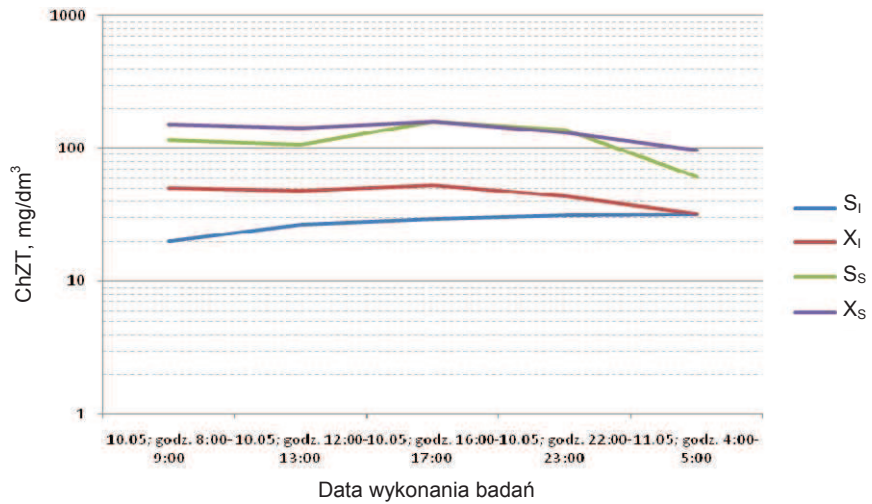
Rys. 1. Zmiany stężenia frakcji ChZT (S_i , X_i , S_s , X_s) w ściekach dopływających – próbki chwilowe, godzinowe (skala osi rzędnych jest logarytmiczna)

Fig. 1. Change of concentrations of COD fractions (S_i , X_i , S_s , X_s) in inflowing wastewater – simple samples taken with 1 hour frequency (axis of ordinates scale is logarithmic)



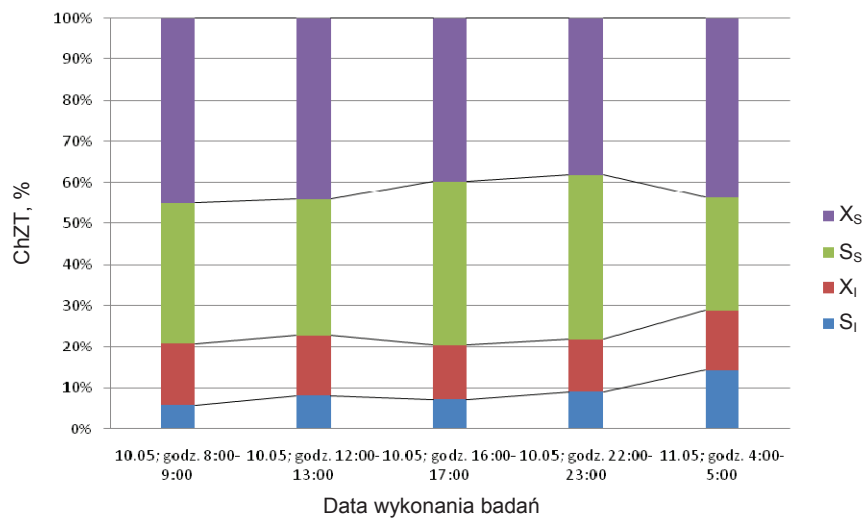
Rys. 2. Procentowy udział frakcji ChZT (S_i , X_i , S_s , X_s) w ściekach dopływających – próbki chwilowe, godzinowe

Fig. 2. Proportional part of COD fractions (S_i , X_i , S_s , X_s) in inflowing wastewater – simple samples taken with 1 hour frequency



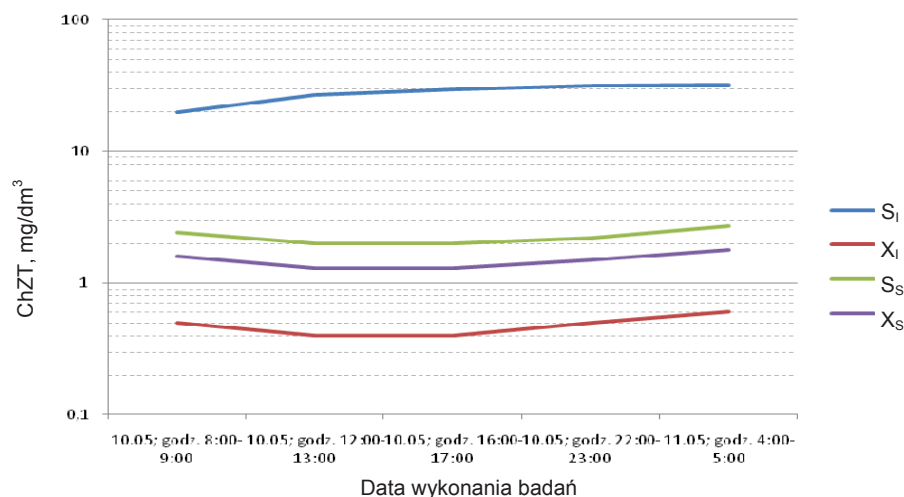
Rys. 3. Zmiany stężenia frakcji ChZT (S_i , X_i , S_s , X_s) w ściekach po oczyszczeniu mechanicznym – próbki chwilowe, godzinowe (skala osi rzędnych jest skalą logarytmiczną)

Fig. 3. Change of concentrations of COD fractions (S_i , X_i , S_s , X_s) in wastewater after mechanical treatment – simple samples taken with 1 hour frequency (axis of ordinates scale is logarithmic)



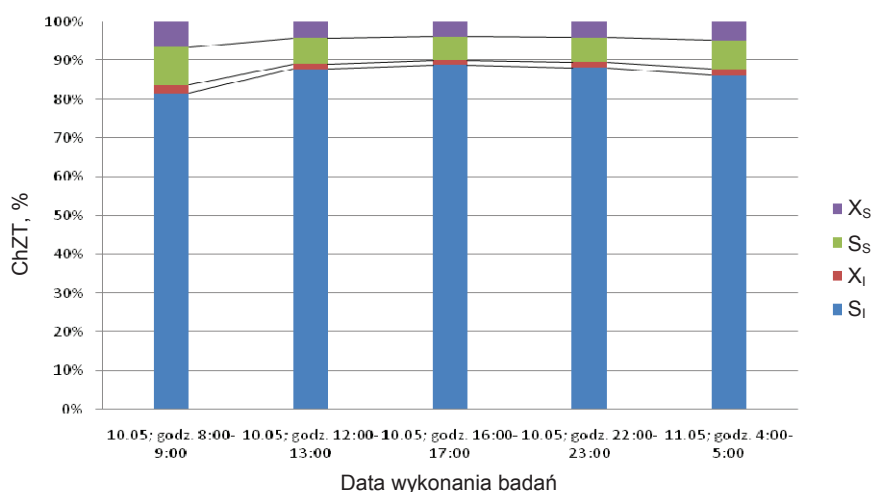
Rys. 4. Procentowy udział frakcji ChZT (S_i , X_i , S_s , X_s) w ściekach po oczyszczeniu mechanicznym – wartości średniodobowe – próbki chwilowe, godzinowe

Fig. 4. Proportional part of COD fractions (S_i , X_i , S_s , X_s) in wastewater after mechanical treatment – day average values – simple samples taken with 1 hour frequency



Rys. 5. Zmiany stężenia frakcji ChZT (S_I , X_I , S_S , X_S) w ściekach oczyszczonych (wylot) – próbki chwilowe, godzinowe (skala osi rzędnych jest logarytmiczna)

Fig. 5. Change of concentrations of COD fractions (S_I , X_I , S_S , X_S) in treated sewage (outlet) – simple samples taken with 1 hour frequency (axis of ordinates scale is logarithmic)



Rys. 6. Procentowy udział frakcji ChZT (S_I , X_I , S_S , X_S) w ściekach oczyszczonych (wylot) – próbki chwilowe, godzinowe

Fig. 6. Proportional part of COD fractions (S_I , X_I , S_S , X_S) in treated sewage (outlet) – simple samples taken with 1 hour frequency

Analizując rozkład frakcji ChZT w ciągu doby stwierdzono, że udział frakcji S_I w godzinach dziennych (12:00–13:00; 16:00–17:00) i nocnych (22:00–23:00) był stały. W godzinach rannych (8:00–9:00) ulegał zmniejszeniu, a w godzinach wczesnorannych (4:00–5:00) zwiększał się. Najmniej korzystny dopływ frakcji następował w godzinach wczesnorannych (4:00–5:00), gdyż ścieki zawierały duże ilości frakcji nierozkładalnych biologicznie i w zawieszynie. W ściekach z godzin dziennych (12:00

–13:00; 16:00–17:00) i nocnych (22:00–23:00) udział frakcji łatwo i wolno rozkładalnych dochodził do 80%, co korzystnie wpływało na przebieg procesów biologicznego oczyszczania ścieków.

Frakcje łatwo i wolno rozkładalne, które były wykorzystywane podczas biologicznego oczyszczania ścieków, po uśrednieniu w osadnikach wstępnych, stanowiły około 80% frakcji od godziny 8:00 do 23:00. W godzinach wczesnorannych udział tych frakcji zmniejszał się do 70%, ze znaczącym wzrostem udziału frakcji wolno rozkładalnych. W tym okresie procesy biologicznego oczyszczania ścieków można wspomagać dozowaniem z zewnętrznego źródła węgla organicznego (ZZWO).

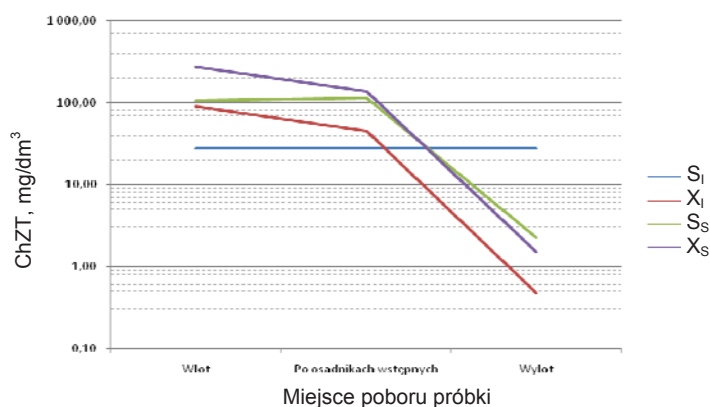
Analizując udział poszczególnych frakcji ChZT w ściekach oczyszczonych, stwierdzono, że udział frakcji łatwo i wolno rozkładalnych w ściekach oczyszczonych był mały. Najefektywniej frakcje łatwo i wolno rozkładalne były usuwane w godzinach dziennych (od 10:00 do 22:00). W godzinach nocnych był obserwowany większy udział tych frakcji, co może być wykorzystane w procesach biologicznego oczyszczania ścieków. Udział frakcji nierozkładalnie biologicznej w ściekach oczyszczonych wynosił około 87%.

Średnie procentowe udziały poszczególnych frakcji ChZT w badanych ściekach (ścieki surowe, po oczyszczeniu mechanicznym, ścieki oczyszczone) przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Średnie procentowe udziały frakcji ChZT w badanych ściekach – próbki chwilowe, godzinowe

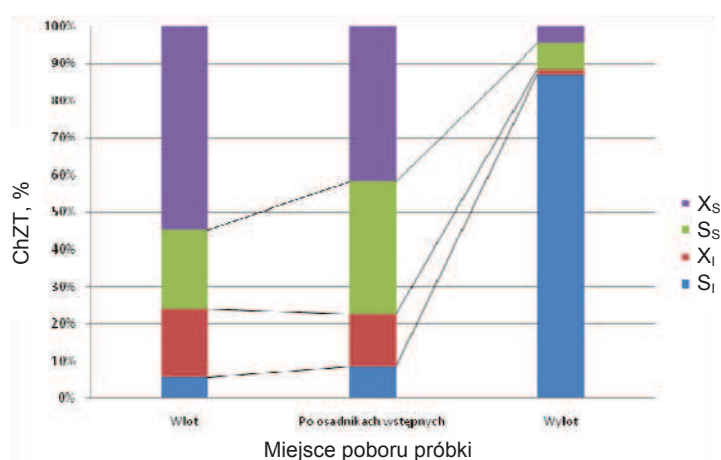
Frakcja	Ścieki surowe, %	Ścieki po oczyszczeniu mechanicznym, %	Ścieki oczyszczone, %
S _l	6,0	8,6	87,0
X _l	18,0	14,0	1,0
S _s	21,0	35,5	7,0
X _s	55,0	41,9	5,0

Uśrednione wartości frakcji ChZT w ściekach pobieranych po kolejnych stopniach oczyszczania przedstawiono na rysunku 7, a udział procentowy, obliczony w stosunku do ChZT całkowitego w próbce, na rysunku 8.



Rys. 7. Zmiany stężenia frakcji ChZT (S_i , X_i , S_s , X_s) po kolejnych stopniach oczyszczania – próbki chwilowe, godzinowe (skala osi rzędnych jest skalą logarytmiczną)

Fig. 7. Change of concentrations of COD fractions (S_i , X_i , S_s , X_s) after succeeding stages of treatment – simple samples taken with 1 hour frequency (axis of ordinates scale is logarithmic)



Rys. 8. Procentowy udział frakcji ChZT (S_i , X_i , S_s , X_s) po kolejnych stopniach oczyszczania – próbki chwilowe, godzinowe

Fig. 8. Proportional part of COD fractions (S_i , X_i , S_s , X_s) after succeeding stages of treatment – simple samples taken with 1 hour frequency

4. ROZKŁAD FRAKCJI ChZT W CZASIE STEROWANIA RĘCZNEGO I DOZOWANIA WĘGLA ORGANICZNEGO Z ZEWNĘTRZNEGO ŹRÓDŁA

Oznaczenia podstawowych parametrów frakcji ChZT prowadzono od 21.06 do 12.08.2010 r. W tym czasie zrealizowano 17 serii pomiarowych, których wyniki podano w tabeli 3.

Tabela 3. Stężenia frakcji ChZT po kolejnych stopniach oczyszczania – próbki średniodobowe

Data	Wlot				Po osadnikach				Wylot			
	S _I	X _I	S _S	X _S	S _I	X _I	S _S	X _S	S _I	X _I	S _S	X _S
	mg/dm ³											
21.06.2010	30,20	43,20	37,20	129,50	30,20	37,90	36,40	113,60	30,20	1,80	2,00	5,30
23.06.2010	27,90	42,50	45,70	127,60	27,90	35,10	39,80	105,20	27,90	3,40	1,60	10,10
25.06.2010	23,10	38,10	52,30	114,40	23,10	30,70	37,80	92,20	23,10	0,50	9,10	1,60
8.07.2010	22,20	68,40	68,20	205,10	22,20	24,60	41,30	73,70	22,20	0,50	7,20	1,50
19.07.2010	26,20	45,30	170,80	135,90	26,20	32,70	10,30	98,00	26,20	2,90	4,50	8,80
21.07.2010	42,70	78,10	39,10	234,20	42,70	44,20	24,20	132,50	42,70	5,70	0,90	17,10
23.07.2010	23,50	50,80	87,50	152,50	23,50	22,40	62,80	67,20	23,50	1,10	5,70	3,30
25.07.2010	28,60	63,50	59,50	190,50	28,60	23,00	56,00	69,00	28,60	2,10	5,00	6,30
27.07.2010	30,70	75,50	46,70	226,60	30,70	39,90	27,00	119,70	30,70	0,60	11,30	1,70
29.07.2010	26,20	71,70	44,80	215,20	26,20	32,90	36,20	98,80	26,20	1,40	0,80	4,20
31.07.2010	25,30	38,60	30,90	115,80	25,30	17,60	35,50	52,80	25,30	2,30	4,90	6,80
2.08.2010	19,60	42,80	71,70	128,30	19,60	19,70	37,50	59,20	19,60	0,50	7,50	1,50
4.08.2010	28,60	88,80	67,00	266,30	28,60	35,40	62,00	106,30	28,60	0,20	2,20	0,50
6.08.2010	20,90	32,90	88,10	98,60	20,90	26,20	74,80	78,50	20,90	0,40	24,00	1,30
8.08.2010	23,00	52,80	54,90	158,40	23,00	21,50	43,80	64,50	23,00	0,40	6,90	1,10
10.08.2010	19,50	133,90	65,10	401,60	19,50	39,20	62,50	117,50	19,50	0,20	10,60	0,70
12.08.2010	20,90	68,00	106,10	203,90	20,90	34,60	69,50	103,80	20,90	2,30	6,20	6,80
Minimalne	19,50	32,90	30,90	98,60	19,50	17,60	10,30	52,80	19,50	0,20	0,80	0,50
Maksymalne	42,70	133,90	170,80	401,60	42,70	44,20	74,80	132,50	42,70	5,70	24,00	17,10
Średnie	25,83	60,88	66,80	182,61	25,83	30,45	44,55	91,32	25,83	1,55	6,49	4,62

Źródło: Obliczenia własne na podstawie wyników badań Laboratorium PWiK Sp. z o.o. w Rybniku.

Frakcja ChZT S_I (frakcja rozpuszczona biologicznie nierozkładalna) w analizowanych próbkach utrzymywała stałe stężenie, gdyż była to ilość, jaka została oznaczona w ściekach oczyszczonych. W ściekach surowych stanowiła ona około 8%, a w ściekach oczyszczonych około 67% oznaczanych frakcji.

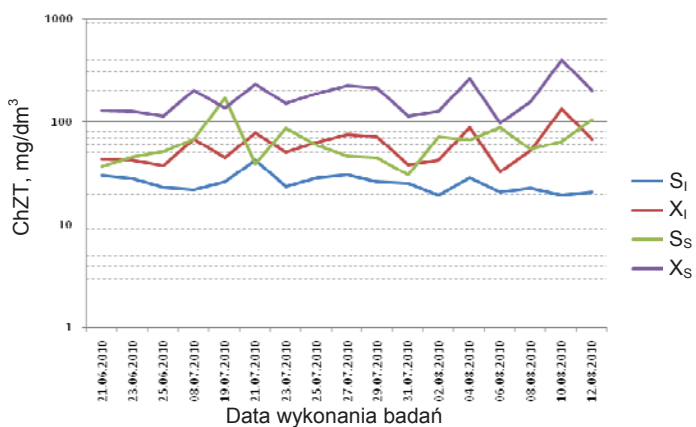
Frakcja ChZT X_I (frakcja zawiesin biologicznie nierozkładalnych) była zatrzymywana głównie w części mechanicznego oczyszczania ścieków (piaskownik, osadniki wstępne) – redukcja wynosiła około 50%. W części biologicznej (komory biologiczne, osadniki wtórne) następowało wbudowywanie jej w kłaczkę osadu czynnego, a usuwanie wynosiło około 95%. W ściekach surowych stanowiła ona około 18%, a w ściekach oczyszczonych około 4% oznaczanych frakcji.

Frakcja S_S (frakcja biologicznie łatwo rozkładalna) w części mechanicznej została zredukowana w około 33%, a w części biologicznej w 85%. W ściekach surowych stanowiła około 20%, a w ściekach oczyszczonych około 17% oznaczanych frakcji.

Udział frakcji X_S (frakcja biologicznie wolno rozkładalna) w części mechanicznej, podobnie jak frakcji ChZT X_I stanowił około 50%. W części biologicznej, ze względu na wydłużony czas przebywania ścieków w komorach frakcja X_S była wykorzystywana w około 95% do procesów biologicznego oczyszczania ścieków. W ściekach surowych stanowiła około 54%, a w ściekach oczyszczonych około 12% oznaczanych frakcji. W związku z czym można stwierdzić, że wydłużenie czasu przebywania ścieków w części biologicznej oczyszczalni może polepszyć warunki jej rozkładu.

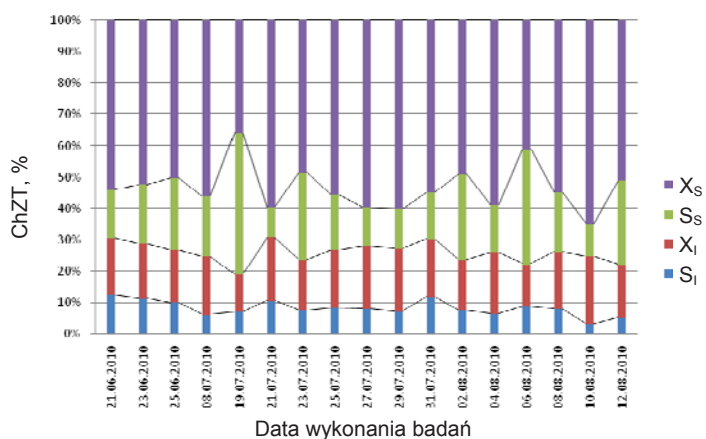
Na rysunkach 9–14 przedstawiono zmiany stężeń frakcji ChZT oraz ich procentowy udział w ściekach:

- dopływających do oczyszczalni (rys. 9 i 10),
- po oczyszczeniu mechanicznym (rys. 11 i 12),
- oczyszczonych (rys. 13 i 14).



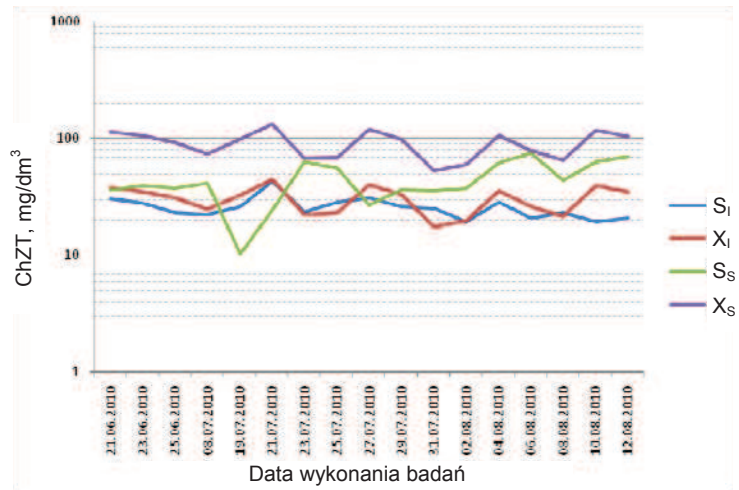
Rys. 9. Zmiany stężenia frakcji ChZT (S_i , X_i , S_s , X_s) w ściekach dopływających – wartości średniodobowe (skala osi rzędnych jest skalą logarytmiczną)

Fig. 9. Changes of concentrations of COD fractions (S_i , X_i , S_s , X_s) in inflowing wastewater – day average values (axis of ordinates scale is logarithmic)



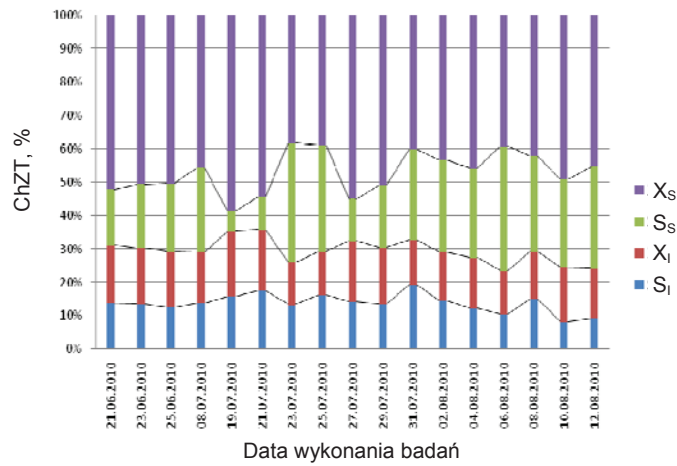
Rys. 10. Procentowy udział frakcji ChZT (S_i , X_i , S_s , X_s) w ściekach dopływających – wartości średniodobowe

Fig. 10. Proportional part of COD fractions (S_i , X_i , S_s , X_s) in inflowing wastewater – day average values



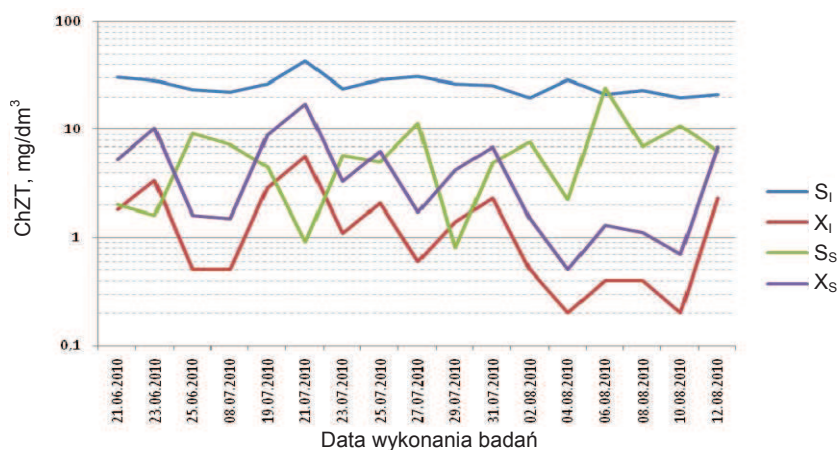
Rys. 11. Zmiany stężenia frakcji ChZT (S_i , X_i , S_s , X_s) w ściekach po oczyszczeniu mechanicznym – wartości średniodobowe (skala osi rzędnych jest skalą logarymiczną)

Fig. 11. Change of concentrations values of COD fractions (S_i , X_i , S_s , X_s) in wastewater after mechanical treatment – day average values



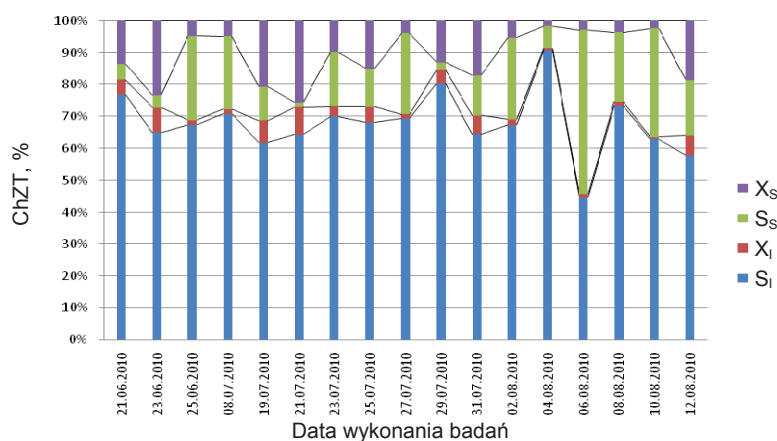
Rys. 12. Procentowy udział frakcji ChZT (S_i , X_i , S_s , X_s) w ściekach po oczyszczeniu mechanicznym – wartości średniodobowe

Fig. 12. Proportional part of COD fractions (S_i , X_i , S_s , X_s) in wastewater after mechanical treatment – day average values



Rys. 13. Zmiany stężenia frakcji ChZT (S_i , X_i , S_s , X_s) w ściekach oczyszczonych (wylot) – wartości średniodobowe (skala osi rzędnych jest logarymiczna)

Fig. 13. Change of concentrations of COD fractions (S_i , X_i , S_s , X_s) in treated sewage (outlet) – day average values (axis of ordinates scale is logarithmic)



Rys. 14. Procentowy udział frakcji ChZT (S_i , X_i , S_s , X_s) w ściekach oczyszczonych (wylot) – wartości średniodobowe

Fig. 14. Proportional part of COD fractions (S_i , X_i , S_s , X_s) in treated sewage (outlet) – day average values

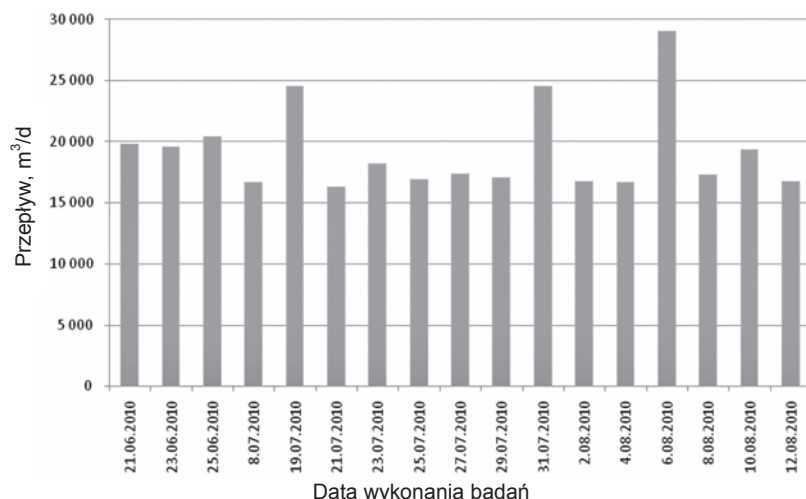
Analizując udział poszczególnych frakcji ChZT w poszczególnych kategoriach ścieków, stwierdzono, że:

1. W ściekach surowych:

- udział frakcji rozpuszczonej biologicznie łatwo rozkładalnej S_s wynosił:
 - średnio: 20,6%,
 - minimalnie: 9,9%,
 - maksymalnie: 45,2%;
- udział frakcji rozpuszczonej biologicznie nierozkładalnej S_i wynosił:
 - średnio: 8,2%,
 - minimalnie: 3,1%,

- maksymalnie: 12,6%;
 - udział frakcji zawiesin organicznych wolno rozkładalnych X_S wynosił:
 - średnio: 53,3%,
 - minimalnie: 35,9%,
 - maksymalnie: 64,8%;
 - udział frakcji zawiesin biologicznie nierozkładalnych X_I wynosił:
 - średnio: 17,8%,
 - minimalnie: 12,0%,
 - maksymalnie: 21,6%.
2. W ściekach po oczyszczaniu mechanicznym:
- udział frakcji rozpuszczonej biologicznie łatwo rozkładalnej S_S wynosił:
 - średnio: 23,6%,
 - minimalnie: 6,2%,
 - maksymalnie: 37,7%;
 - udział frakcji rozpuszczonej biologicznie nierozkładalnej S_I wynosił:
 - średnio: 13,7%,
 - minimalnie: 8,2%,
 - maksymalnie: 19,3%;
 - udział frakcji zawiesin organicznych wolno rozkładalnych X_S wynosił:
 - średnio: 47,1%,
 - minimalnie: 38,2%,
 - maksymalnie: 58,6%;
 - udział frakcji zawiesin biologicznie nierozkładalnych X_I wynosił:
 - średnio: 15,7%,
 - minimalnie: 12,7%,
 - maksymalnie: 19,6%.
3. W ściekach oczyszczonych:
- udział frakcji rozpuszczonej biologicznie łatwo rozkładalnej S_S wynosił:
 - średnio: 17,5%,
 - minimalnie: 1,4%,
 - maksymalnie: 51,5%;
 - udział frakcji rozpuszczonej biologicznie nierozkładalnej S_I wynosił:
 - średnio: 67,9%,
 - minimalnie: 44,8%,
 - maksymalnie: 90,8%;
 - udział frakcji zawiesin organicznych wolno rozkładalnych X_S wynosił:
 - średnio: 10,9%,
 - minimalnie: 1,6%,
 - maksymalnie: 25,8%;
 - udział frakcji zawiesin biologicznie nierozkładalnych X_I wynosił:
 - średnio: 3,7%,
 - minimalnie: 0,6%,
 - maksymalnie: 8,6%.

Na rysunku 15 zestawiono dane dotyczące przepływu, odnotowane w oczyszczalni.



Rys. 15. Przepływ ścieków przez oczyszczalnię w czasie wykonywania badań frakcji ChZT – wartości średniodobowe

Fig. 15. Flow of wastewater through sewage treatment plant during executing the measurements of COD fractions – day average values

W czerwcu dopływ ścieków do oczyszczalni wynosił około 20 000 m³/d; w okresie tym udział frakcji ChZT X_S i S_S w ściekach surowych wzrastał z 69 do 73%. W dniu 19.07.2010 r. przepływ wyniósł około 24 490 m³/d, co było spowodowane opadami deszczu. W efekcie w ściekach dopływających frakcje ChZT X_S i S_S stanowiły 81% wszystkich badanych frakcji ChZT. W kolejnym dniu badań przepływ zmniejszył się do 16 210 m³/d, a udział frakcji ChZT X_S i S_S zmalał do 69,3%.

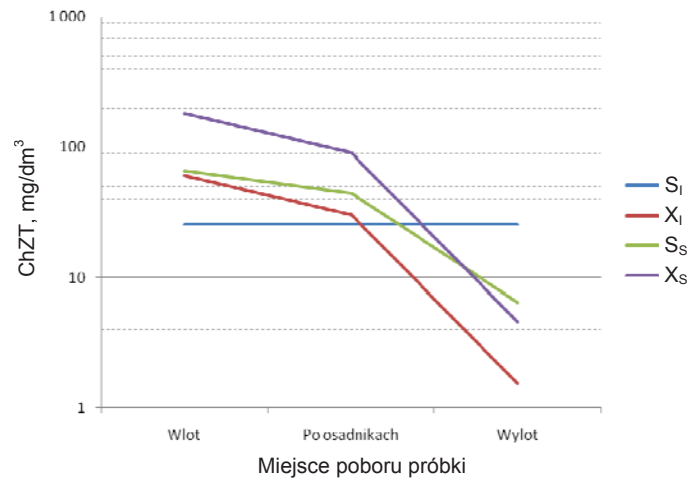
Podsumowując, w dniach, w których występowały zwiększone dopływy do oczyszczalni, udział frakcji ChZT X_S i S_S wzrastał, a w kolejnych dniach malał. Zwiększony dopływ frakcji łatwo i wolno rozkładalnych można przypisać wypłukiwaniu zanieczyszczeń powstałych w wyniku fermentacji, które podczas normalnych przepływów zalegają w sieci kanalizacyjnej, a podczas deszczy są wypłukiwane. Dopływ zwiększonej ilości ścieków do oczyszczalni, a w efekcie zwiększone obciążenie komór biologicznych, nie był korzystny dla prowadzonych procesów usuwania biogenów. Skróceniu ulegał czas przebywania ścieków w komorach, co miało wpływ na prędkości usuwania ładunku azotu amonowego, azotu azotanowego i fosforu.

Uśrednione procentowe wartości zmiany stężenia poszczególnych frakcji ChZT, jakie następowały podczas oczyszczania ścieków, przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Uśrednione zawartości frakcji ChZT po kolejnych stopniach oczyszczania

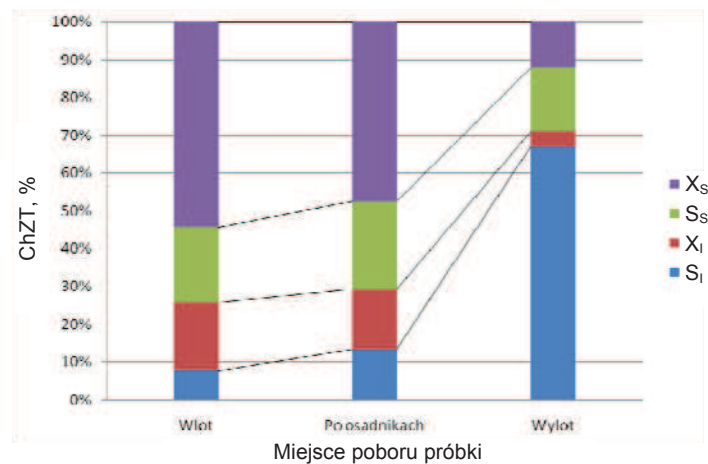
Frakcja	Ścieki surowe, %	Ścieki po oczyszczeniu mechanicznym, %	Ścieki oczyszczone, %
S _i	8,2	13,7	67,9
X _i	17,8	15,7	3,7
S _s	20,6	23,6	17,5
X _s	53,3	47,1	10,9

Uśrednione zawartości frakcji ChZT ścieków, pobieranych po kolejnych stopniach oczyszczania, przedstawiono na rysunku 16, a udział procentowy w próbce, obliczony w stosunku do ChZT całkowitego – na rysunku 17.



Rys. 16. Zmiany stężenia frakcji ChZT (S_i , X_i , S_s , X_s) po kolejnych stopniach oczyszczania – średnia dla wartości średniodobowych (skala osi rzędnych jest logarytmiczna)

Fig. 16. Change of concentrations of COD fractions (S_i , X_i , S_s , X_s) after succeeding stages of treatment – average for day average values (axis of ordinates scale is logarithmic)



Rys. 17. Procentowy udział frakcji ChZT (S_i , X_i , S_s , X_s) po kolejnych stopniach oczyszczania – średnia dla wartości średniodobowych

Fig. 17. Proportional part COD fractions (S_i , X_i , S_s , X_s) after succeeding stages of treatment – average for day average values

Średnie stężenie ChZT w czasie prowadzenia badań wynosiło:

- w ściekach dopływających do oczyszczalni $511 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ (minimalnie $306 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$, a maksymalnie $1157 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$),

- w ściekach po oczyszczaniu mechanicznym $226 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ (minimalnie $115 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$, a maksymalnie $1134 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$; zmniejszenie o 55,7%),
- w ściekach oczyszczonych $32,9 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ (minimalnie $0,8 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$, a maksymalnie $24 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$; zmniejszenie w stosunku do wlotu o 93,6%).

Średnie stężenie frakcji ChZT, charakteryzujących ilość substancji organicznych rozpuszczonych w ściekach surowych wynosiło:

- $S_s = 66,8 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ (minimalnie $30,9 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$, a maksymalnie $170,8 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$),
- $S_i = 25,8 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ (minimalnie $19,5 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$, a maksymalnie $42,7 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$).

Wartości te świadczą o małym stężeniu substancji organicznych, które wpływają na intensywność procesów usuwania zanieczyszczeń.

Udział procentowy poszczególnych frakcji ChZT (Myszograj, Sadecka 2004) w ściekach surowych, określony przez Kappelera i Gujera, Grupę IWA oraz metodami uproszczonymi (Kalinowska i Oleszkiewicz oraz Ekama, Doid i Marais) w porównaniu z wartościami wyznaczonymi w pracy zestawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Udział poszczególnych frakcji w całkowitym stężeniu ChZT ścieków surowych, określony w pomiarach w porównaniu z danymi zawartymi w literaturze

Frakcja	Średnia wartość (na podstawie wyników własnych) %	Kappeler i Gujer %	Ekama, Doid i Marais %	Grupa IWA %	Kalinowska i Oleszkiewicz %
S_s	20,6	9,0	20,0–25,0	25,0	12,5–25,0
S_i	8,2	11,0	8,0–10,0	10,0	8,0–10,0
X_s	53,3	58,0	60,0–65,0	45,0	50,0
X_i	17,8	22,0	5,0–7,0	15,0	15,0

PODSUMOWANIE

Analizując zmiany udziału poszczególnych frakcji ChZT w ściekach, po kolejnych etapach oczyszczania, stwierdzono, że:

- Podczas oczyszczania ścieków w poszczególnych częściach oczyszczalni, tj. mechanicznej i biologicznej, udział procentowy frakcji ChZT S_s i X_s , które w sposób decydujący wpływają na przebieg procesów biologicznego usuwania biogenów, wynosi około 53,3% (w ściekach surowych), 47,1% (po oczyszczaniu mechanicznym).
- Po oczyszczaniu mechanicznym następuje duża redukcja frakcji ChZT rozpuszczonej łatwo rozkładalnej S_s w odniesieniu do udziału ilościowego w ściekach surowych.
- Mała zawartość ilościowa i procentowa frakcji ChZT nierozpuszczonej, nierozkładalnej X_i w ściekach oczyszczonych, świadczy o wbudowywaniu jej w kłaczkę osadu czynnego.
- Znaczący udział w ściekach oczyszczonych ma frakcja ChZT związków rozpuszczonych nierozkładalnych S_i .
- Zwiększony, po opadach atmosferycznych, dopływ ścieków do oczyszczalni wywołuje zanieczyszczenia zalegające w sieci kanalizacyjnej, powodując wzrost udziału frakcji ChZT S_s i X_s .

- W dniach po ustaniu opadów i zmniejszaniu się dopływu ścieków do oczyszczalni w ściekach surowych zwiększa się udział frakcji ChZT X_I i S_I .
- Dopływ do oczyszczalni ścieków ze znacznym udziałem wód z opadów atmosferycznych powoduje pojawienie się w ściekach oczyszczonych frakcji ChZT S_S i X_S . W czasie opadów udział tych frakcji wynosił przeciętnie około 30%, a maksymalnie wyniósł ponad 50%.

Literatura

1. Ekama G.A., Doid P.L., Marais G.v.R. (1986): Procedures for determining influent COD fractions and the maximum specific growth rate of heterotrophs in activated sludge systems. *Water Science Technology* Vol. 18.
2. Kalinowska E., Oleszkiewicz J. (2001): Od projektowania do eksploatacji oczyszczalni ścieków. Optymalizacja poprzez symulację i modelowanie. Międzyn. Seminarium Szkoleniowe nt. Charakterystyka ścieków surowych: Nie ma „typowych” ścieków. Kraków, LEMTECH Consulting.
3. Kalinowska E., Bonar G., Duma J. (2005): Zasady i praktyka oczyszczania ścieków. Kraków, LEMTECH Consulting.
4. Kappeler J., Gujer W. (1992): Estimation of kinetic parameters of heterotrophic. Biomass under aerobic conditions and characterization of wastewater for activated sludge modeling. *Water Science Technology* Vol. 25, No 6.
5. Methods for Wastewater Characterization in Activated Sludge Modeling. IWA, Water Environment Federation 2003.
6. Łomotowski J., Szpindor A. (1999): Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków. Warszawa, Wydaw. Arkady.
7. Myszograj S., Sadecka Z. (2004): Frakcje ChZT w procesach mechaniczno-biologicznego oczyszczania ścieków na przykładzie oczyszczalni ścieków w Sulechowie. *Rocznik Ochrony Środowiska* T. 6, s. 233–244.
8. Wytyczne ATV-DVWK-A 131P (2000): Wymiarowanie jednostopniowych oczyszczalni ścieków z osadem czynnym. Warszawa, Wydaw. Seidel-Przywecki.
9. PN-74/C-04578/03 Oznaczanie chemicznego zapotrzebowania na tlen metodą dwuchromianową.

Niniejszy artykuł opracowano w ramach projektu celowego nr 6 ZR72008C/07051 pn. „Zwiększenie redukcji biogenów przez optymalizację procesu biologicznego oczyszczania ścieków w oczyszczalni ścieków Rybnik-Orzepowice”.

Recenzent: dr Krzysztof Mitko