



Fracje ChZT w ściekach komunalnych o dużym udziale ścieków z przemysłu spożywczego¹

Joanna Struk-Sokołowska
Politechnika Białostocka

1. Wstęp

Ze względu na coraz bardziej restrykcyjne wymagania dotyczące jakości oczyszczanych ścieków, zachodzi potrzeba intensyfikacji procesów ich oczyszczania. W związku z tym należy ocenić, w jakim stopniu zanieczyszczenia zawarte w ściekach ulegają przemianom, w wyniku poszczególnych etapów mechaniczno-biologicznego oczyszczania ścieków.

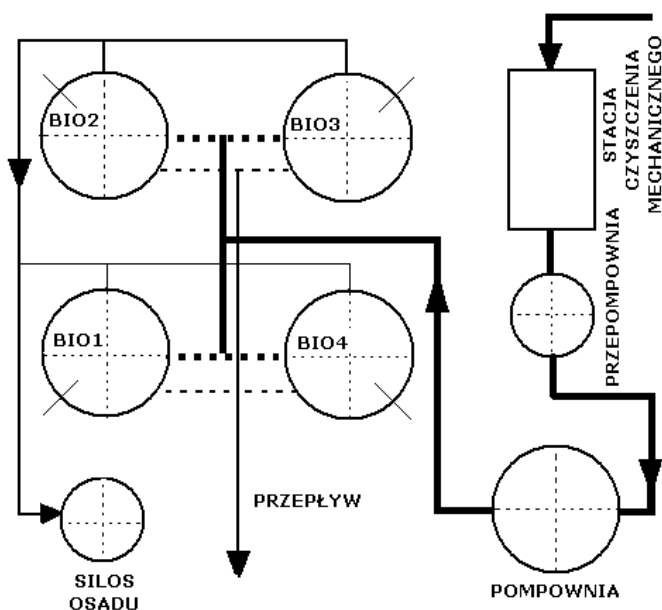
Procesy biologicznego usuwania związków azotu ze ścieków wymagają obecności związków węgla organicznego w postaci biodegradowalnej lub łatwo hydrolizującej, dlatego tak ważne jest poznanie form, w jakich występują te związki. Wyznaczenie frakcji ChZT i ich zmian, obrazuje udział poszczególnych form substancji organicznej w ściekach i pozwala na ocenę ich podatności na oczyszczanie biologiczne, wskazując dodatkowo zanieczyszczenia trudnorozkładalne, zmniejszające efektywność biologicznego oczyszczania ścieków. Dodatkowo podział ogólnego ChZT na frakcje, charakterystyczne dla ścieków dopływających do oczyszczalni, stanowi znaczące osiągnięcie w modelowaniu systemów usuwania związków biogenych i pozwala obliczyć udział poszczególnych form azotu organicznego w ściekach [1].

¹ Badania zostały zrealizowane w oparciu o nakłady finansowe pracy W/WBiIŚ/14/2010.

Celem badań było wyznaczenie frakcji ChZT w surowych ściekach komunalnych z dużym udziałem ścieków z przemysłu spożywczego oraz w ściekach po kolejnych etapach ich mechaniczno-biologicznego oczyszczania.

2. Charakterystyka oczyszczalni ścieków w Sokółce

Mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia ścieków w Sokółce, pracująca w układzie sekwencyjnym, oddana do użytku w 1974 roku, zmodernizowana została w 1995 roku. Maksymalna dobowa przepustowość oczyszczalni wynosi 6000 m^3 . Na rysunku 1 przedstawiono schemat technologiczny oczyszczalni ścieków w Sokółce.



Rys. 1. Schemat technologiczny oczyszczalni ścieków w Sokółce [12]

Fig. 1. Technological scheme of wastewater treatment plant (WWTP) in Sokółka

Ścieki surowe dopływają do oczyszczalni z kanalizacji miejskiej, są dowożone w ilości około $200 \text{ m}^3/\text{d}$ do punktów zlewnych zlokalizowanych w części przemysłowej miasta. Punkt zlewny o przepustowości $200 \text{ m}^3/\text{d}$ zblokowany jest z komorą rozdziału i uspokojenia, skąd ścieki surowe przepływają grawitacyjnie do stacji oczyszczania mechanicznego

o wydajności $2 \times 60 \text{ dm}^3/\text{s}$ ($2 \times 5184 \text{ m}^3/\text{d}$). W jej skład wchodzi kraty schodkowe, sita bębnowe, piaskownik przedmuchiwany z rusztem napowietrzającym oraz separator tłuszczów i olejów.

Na kratkach schodkowych i sitach bębnowych usuwane są zanieczyszczenia pływające stałe, w tym włókniste, które następnie są odwadniane w prasie hydraulicznej. Odwodnione i sprasowane skratki w plastikowych workach wywożone są do dalszego unieszkodliwiania na składowisko odpadów. W piaskowniku następuje separacja piasku, ciał pływających i tłuszczów. Mechanicznie oczyszczone ścieki tłoczone są do przepompowni strefowej (zbiornika retencyjnego) o pojemności 1800 m^3 i czasie przetrzymania ścieków 8 h, gdzie następuje uśrednianie składu ścieków. Z przepompowni ścieki przepływają do komór sekwencyjnych biologicznych reaktorów, o pojemności około 1500 m^3 , wysokości 9 m, średnicy 16 m. Cztery porcjowe reaktory SBR zostały wyposażone w urządzenia napowietrzające i mieszające biomasę, działające w układzie kombinowanym (szeregowo-równoległym). Czas trwania pojedynczego cyklu każdego reaktora wynosi 8 godzin, warunki tlenowe zmieniają się w zakresie $1,8 \div 5 \text{ g O}_2/\text{m}^3$, wiek osadu 19 dni, a obciążenie osadu $0,1 \text{ kg BZT}_5/\text{kgsmd}$. W ciągu doby odbywają się trzy cykle, napowietrzane okresowo, w następującej sekwencji faz:

- beztlenowa, anaerobowa faza defosfatacji przy statycznym napełnieniu komory ściekami i wywołanych warunkach beztlenowych, trwająca 1,5 h, czas mieszania wstępnego 0,25 h,
- aerobowa, tlenowa faza utleniania związków węgla organicznego i nityfikacji związków azotowych trwająca 4,5 h,
- niedotleniona anoksyczna faza denityfikacji przy łącznym zespole napowietrzającym 0,5 h,
- sedymentacja osadów trwająca 0,45 h z pomiarem poziomu osadów w komorze,
- przedmuch osadu czynnego 0,25 h,
- dekantacja oczyszczonych ścieków trwająca 0,50 h.

Końcowe fazy cyklu pracy bioreaktora odnoszą się do klarowania i spustu oczyszczonych ścieków w drodze sedymentacji i dekantacji. Sklarowane, oczyszczone ścieki są odprowadzane przy pomocy dekantatorów do odbiornika, którym jest rzeka Sokółda.

Jakość ścieków surowych i oczyszczonych zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Jakość ścieków w oczyszczalni ścieków w Sokółce**Table 1.** Wastewater quality from WWTP in Sokółka

Parametry jakościowe	Ścieki surowe	Ścieki oczyszcz.	Efekt [%]
Odczyn	7,81	7,48	–
BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]	618,00	5,87	99
ChZT [mg O ₂ /dm ³]	1508,00	60,50	96
Azot ogólny [mg/dm ³]	83,30	3,20	96
Azot amonowy [mg/dm ³]	46,10	0,68	98
Azot azotanowy [mg/dm ³]	0,69	9,64	–
Azot azotynowy [mg/dm ³]	–	0,11	–
Fosfor ogólny [mg/dm ³]	23,00	1,62	93
Zawiesiny ogólne [mg/dm ³]	583,00	13,00	98

Źródło: Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Sokółce 2008 r.

Powstający w SBR-ach osad nadmierny poddawany jest procesowi wstępnego zagęszczania w dwóch z trzech komór zagęszczacza grawitacyjnego. Trzecia komora służy do chemicznego strącania fosforanów preparatem PIX. Wstępnie odwodnione osady przepompowywane są na prasę filtracyjno-taśmową, po której uzyskuje się stopień uwodnienia równy 86%, a następnie ulegają procesowi kompostowania.

3. Frakcje ChZT w ściekach

Proces biologicznego usuwania związków organicznych, a zwłaszcza efektywne usuwanie związków azotu, wiąże się z precyzyjnym określeniem składu oczyszczanych ścieków. Decydujący wpływ na usuwanie związków biogenych w biologicznym oczyszczaniu ścieków mają mikroorganizmy. Prawidłowy ich metabolizm zależy od stosunku C:N:P, który powinien wynosić około 20:4:1. Istotne jest, aby każdy z tych pierwiastków występował w formach przyswajalnych dla mikroorganizmów [9].

W celu scharakteryzowania jakości substancji organicznej w ściekach stosowane są powszechnie:

- Biochemiczne Zapotrzebowanie Tlenu (BZT₅) – wskaźnik pozwalający wychwycić substancje rozkładalne w procesach biologicznych,
- Chemiczne Zapotrzebowanie Tlenu (ChZT) – wskaźnik dodatkowo określający substancje biologicznie nierozkładalne
- Ogólny Węgiel Organiczny (OWO) [5].

Jednoczesna analiza w/w parametrów pozwala na porównanie proporcji między substancjami biologicznie rozkładanymi, a substancjami trwałymi w ściekach i sprawdzenie na badanych obiektach ilorazu ChZT/BZT₅. Przyjmuje się, że gdy jego wartość >2,5 to ścieki zawierają dużo substancji niebiodegradowalnych. Wówczas rozkład następuje powoli lub nie zachodzi w ogóle. Jeżeli ChZT/BZT₅ <1,8 zanieczyszczenia są podatne na rozkład biologiczny. Znajomość frakcji ChZT pozwala na szczegółową analizę biodegradowalnych substancji, uwzględniając związki biologicznie rozkładalne i substancje organiczne trudno- lub nierozkładalne. Umożliwia to bardziej dokładną ocenę podatności ścieków na oczyszczanie biologiczne. Analiza taka może być wykorzystywana do określania założeń do projektowania i eksploatacji biologicznych procesów usuwania związków biogenych [9].

Podział ChZT całkowitego ścieków surowych na frakcje: [1, 3, 4, 6, 7, 9, 11]

$$\text{ChZT} = S_S + S_I + X_S + X_I,$$

gdzie:

S_S – ChZT związków organicznych rozpuszczonych, biologicznie łatwo rozkładalnych,

S_I – ChZT związków organicznych rozpuszczonych, biologicznie nierozkładalnych,

X_S – ChZT zawiesin organicznych biologicznie wolno rozkładalnych,

X_I – ChZT zawiesin organicznych biologicznie nierozkładalnych.

W specjacji materii organicznej za pomocą ChZT problem stanowi brak jednorodnej definicji określającej podział zanieczyszczeń na ciała rozpuszczone i zawiesiny. Niektórzy autorzy frakcję koloidalną klasyfikują do zawiesin, a inni do substancji rozpuszczonych. Jedni autorzy podają, że udział procentowy frakcji zawiesinowej w całkowitym ChZT ścieków bytowych, wynosi średnio 65÷79%, a rozpuszczonej 21÷35%. Natomiast zwolennicy przyporządkowania frakcji koloidów do związków rozpuszczonych podają, że udział procentowy zawiesin w całkowitym ChZT ścieków bytowych stanowi średnio około 57%, a koloidów i substancji rozpuszczonych łącznie około 43% [6]. Związki organiczne, biodegradowalne stanowią średnio 60÷80% wszystkich substancji organicznych w ściekach, a niepodatne na biologiczny rozkład – około 20÷40%.

Dane literaturowe informują, że stężenie frakcji rozkładalnych stanowią:

- rozpuszczonej biologicznie łatwo rozkładalnej S_S od 9,0% do 32,0%;
- zawiesinowej biologicznie wolno rozkładalnej X_S od 43,0% do 60,0%.

Uważa się, że materia nierozkładalna, rozpuszczona jak i obecna w zawieszynie stanowi:

- frakcja zawiesin organicznych X_I od 7,0% do 22,0%,
- frakcja nierozkładalna organicznych związków rozpuszczonych S_I od 1,0% do 11,0% [3, 4, 7, 9, 11].

4. Materiał i metodyka badań

Celem pracy było wyznaczenie frakcji ChZT i ich zmian w ściekach komunalnych z dużym udziałem ścieków z przemysłu spożywczego, dopływających do mechaniczno-biologicznej oczyszczalni w Sokółce. Badania przeprowadzono w próbkach ścieków:

- surowych (A),
- po oczyszczaniu mechanicznym (B),
- z poszczególnych faz pracy SBR (C), (D), (E), (F),
- oczyszczonych (G).

Badania prowadzono w 2009 roku, w miesiącach czerwiec, lipiec, sierpień i wrzesień. W każdym miesiącu dokonano 4 poborów próbek ścieków, a zestawione w tabeli 2 i 3 wartości wskaźników ChZT, BZT₅ i OWO są średnią z uzyskanych wyników. Średni dobowy dopływ ścieków surowych do oczyszczalni w analizowanym okresie wyniósł:

- w czerwcu – 3063 m³/d,
- w lipcu – 3322 m³/d,
- w sierpniu – 2961 m³/d,
- we wrześniu – 2543 m³/d,

w tym ścieki przemysłowe stanowiły ponad 33% wszystkich dopływających do oczyszczalni, natomiast ścieki z przemysłu mleczarskiego miały 20% udział w całkowitej objętości ścieków surowych.

Metodyka wyznaczania frakcji ChZT w ściekach została opracowana na podstawie wytycznych ATV-131 [13].

Obliczenia frakcji przeprowadzono w następujący sposób:

Organiczne zanieczyszczenia rozpuszczone S_{ChZT} :

$$S_{\text{ChZT}} = S_s + S_I \text{ [mg O}_2\text{/dm}^3\text{]}$$

gdzie:

S_s – ChZT związków organicznych rozpuszczonych, biologicznie łatwo rozkładalnych,

S_I – ChZT związków organicznych rozpuszczonych, biologicznie nierozkładalnych [11].

W celu określenia S_{ChZT} – oznaczono ChZT ścieków surowych.

Wyznaczenie frakcji rozpuszczonej biologicznie nierozkładalnej S_I polegało na oznaczeniu ChZT próbki ścieków, uprzednio odwirowanych w wirówce przy $RMP=3000$ obr/min przez 10 min, zdekantowanych, przesączonych przez sącdek membranowy z włókna szklanego (nie zawierający wyflukiwalnych związków organicznych) o porach wielkości $0,45 \mu\text{m}$.

Fracja zanieczyszczeń rozpuszczonych biologicznie łatwo rozkładalnych S_s wyznaczona została z różnicy:

$$S_s = S_{\text{ChZT}} - S_I \text{ [mg O}_2\text{/dm}^3\text{]}$$

Frację zanieczyszczeń organicznych wolno rozkładalnych w zawieszynie X_s wyznaczono z równania:

$$X_s = BZT_c - S_s \text{ [mg O}_2\text{/dm}^3\text{]}$$

gdzie:

BZT_c – BZT całkowite

S_s – ChZT związków organicznych rozpuszczonych, biologicznie łatwo rozkładalnych;

BZT całkowite obliczono na podstawie oznaczonego doświadczalnie BZT_5 ścieków. Kinetyka pierwszej fazy rozkładu BZT, opisana równaniem reakcji I rzędu:

$$BZT_t = BZT_c (1 - 10^{-k \cdot t})$$

gdzie:

BZT_t – zapotrzebowanie tlenu po czasie t ,

k – stała szybkości reakcji, d^{-1} , dla substancji zawartych w ściekach bytowych mieści się w przedziale $0,1 \div 0,3/\text{d}$, przyjmuje się, że średnia jej wartość wynosi $0,23/\text{d}$ [6],

BZT_c – zapotrzebowanie całkowite tlenu dla I fazy rozkładu [8].

Przyjmując $t=5$ [d] oraz $k=0,23$ [d⁻¹] uzyskano uproszczony wzór:

$$BZT_c = BZT_5 / 0,6$$

Całkowite stężenie substancji organicznych w zawieszynie określono na podstawie zależności podanej w ATV-131 [11]:

$$X_I = A \cdot X_{ChZT}, [\text{mg O}_2/\text{dm}^3]$$

gdzie:

X_{ChZT} – całkowite stężenie substancji organicznych w zawieszynie

$$X_{ChZT} = X_S + X_I$$

A – współczynnik zmieniający się w zakresie od 0,2 do 0,35 w zależności od rodzaju ścieków, względnie czasu zatrzymania ścieków w osadniku wstępnym, dla badanych ścieków przyjęto $A=0,25$.

Dlatego: $X_I = 0,25 \cdot X_{ChZT}$

Podstawiając do równania powyższe zależności stężenie substancji organicznych w zawieszynie obliczono na podstawie:

$$X_{ChZT} = X_S / 0,75 [\text{mg O}_2/\text{dm}^3]$$

Frację zawiesin biologicznie nierozkładalnych X_I określono z różnicy uzyskanych wartości X_{ChZT} i X_S :

$$X_I = X_{ChZT} - X_S [\text{mg O}_2/\text{dm}^3]$$

5. Dyskusja uzyskanych wyników

Wartości ChZT w ściekach podczas kolejnych etapów mechaniczno-biologicznego oczyszczania, a także wartości ChZT po wydzieleniu zanieczyszczeń rozpuszczonych zestawiono w tabeli 2.

Wartość ChZT ścieków surowych w oczyszczalni w Sokółce kształtowała się na poziomie od 837 mg O₂/dm³ podczas czerwcowej serii badawczej do 1414 mg O₂/dm³ (analizy sierpniowe). Średnia wartość ChZT ścieków surowych wynosiła około 1050 mg O₂/dm³, natomiast ścieków oczyszczonych 60 mg O₂/dm³, co wskazuje na 94% efektywność usuwania. W ściekach surowych najwyższą wartość BZT₅ równą 783 mg O₂/dm³ odnotowano podczas serii sierpniowej, zaś w ściekach oczyszczonych BZT₅ kształtowało się na poziomie 19 mg O₂/dm³. Maksymalne

stężenie ogólnego węgla organicznego w ściekach surowych odnotowano w badaniach z sierpnia i wynosiło 281 mg/dm³. W ściekach oczyszczonych stężenie OWO zmieniało się od 14 do 21 mg/dm³ (tabela 3).

Tabela 2. Wartości ChZT [mg O₂/dm³] ścieków z oczyszczalni w Sokółce
Table 2. COD [mg O₂/dm³] in wastewater from WWTP in Sokółka

Punkt poboru	Czerwiec 2009		Lipiec 2009		Sierpień 2009		Wrzesień 2009	
	ścieki		ścieki		ścieki		ścieki	
	*	**	*	**	*	**	*	**
A	837	264	918	300	1414	310	1021	336
B	528	240	694	294	702	340	540	340
C	416	250	369	301	411	305	397	281
D	270	234	304	252	102	94	89	71
E	113	99	231	149	86	74	77	64
F	96	71	116	72	64	55	59	41
G	70	45	66	21	52	23	55	29

* – nie sączone

** – sączone

Tabela 3. Zmiany wartości BZT₅ [mg O₂/dm³] i OWO [mg/dm³] po kolejnych stopniach oczyszczania w Sokółce

Table 3. Changes of values of BOD₅ [mg O₂/dm³] and TOC [mg/dm³] in wastewater from WWTP in Sokółka

Punkt poboru	Czerwiec 2009		Lipiec 2009		Sierpień 2009		Wrzesień 2009	
	ścieki		ścieki		ścieki		ścieki	
	BZT ₅	OWO	BZT ₅	OWO	BZT ₅	OWO	BZT ₅	OWO
A	388	196	501	238	783	281	503	174
B	306	159	413	226	490	264	301	158
C	143	34	117	48	112	56	126	62
D	67	29	54	26	83	24	70	60
E	46	28	53	25	72	21	19	36
F	23	25	39	19	24	15	14	29
G	17	21	29	18	19	14	10	19

Wyznaczone w badaniach wartości frakcji ChZT w ściekach po kolejnych etapach mechaniczno-biologicznego oczyszczania zestawiono w tabeli 4, natomiast ich udział procentowy zestawiono w tabeli 5.

Tabela 4. Frakcje ChZT [$\text{mg O}_2/\text{dm}^3$] w ściekach z oczyszczalni w Sokółce
Table 4. COD fractions [$\text{mg O}_2/\text{dm}^3$] in wastewater from WWTP in Sokółka

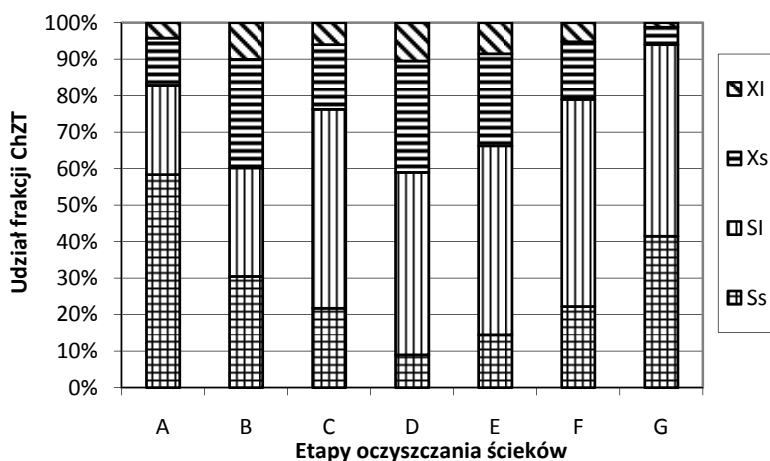
	Czerwiec 2009				Lipiec 2009				Sierpień 2009				Wrzesień 2009			
	Ss	Si	Xs	Xi	Ss	Si	Xs	Xi	Ss	Si	Xs	Xi	Ss	Si	Xs	Xi
A	573	264	74	25	618	300	217	72	1104	310	201	67	685	336	153	51
B	288	240	222	74	400	294	288	96	362	340	455	151	200	340	302	100
C	166	250	72	24	68	301	127	42	106	305	81	27	116	281	94	31
D	36	234	76	25	52	252	38	13	8	94	130	43	18	71	99	33
E	14	99	63	21	82	149	6	2	12	74	108	36	13	64	19	6
F	25	71	13	4	44	72	21	7	9	55	31	10	18	41	5	2
G	25	45	3	1	45	21	3	1	29	23	3	1	13	64	4	1

Tabela 5. Procentowy udział frakcji ChZT [%] w ściekach z oczyszczalni ścieków w Sokółce
Table 5. Percentage share of COD fractions [%] in wastewater from WWTP in Sokółka

	Czerwiec 2009				Lipiec 2009				Sierpień 2009				Wrzesień 2009			
	Ss	Si	Xs	Xi	Ss	Si	Xs	Xi	Ss	Si	Xs	Xi	Ss	Si	Xs	Xi
A	61	28	8	3	51	25	18	6	66	18	12	4	56	27	13	4
B	35	29	27	9	37	27	27	9	28	26	35	11	21	36	32	11
C	32	49	14	5	13	56	23	8	20	59	16	5	22	54	18	6
D	10	63	20	7	15	71	10	4	3	34	47	16	8	32	45	15
E	7	50	32	11	34	62	3	1	5	32	47	16	12	63	19	6
F	22	63	11	4	31	50	15	4	9	52	29	10	27	62	8	3
G	34	61	4	1	64	30	5	1	52	41	5	2	16	78	5	1

Analizując zmiany udziału poszczególnych frakcji ChZT stwierdzono, że w badanych ściekach surowych frakcje biologicznie rozkładalne S_s i X_s stanowiły od 69% (czerwiec, lipiec i wrzesień) do 78% w sierpniu. Frakcja związków organicznych rozpuszczonych, biologicznie łatwo rozkładalnych we wszystkich seriach badawczych miała dominujący udział na poziomie od 51% w lipcu do 66% w sierpniu. Po oczyszczaniu mechanicznym nie uzyskano usunięcia frakcji zawieszin, wręcz przeciwnie zaobserwowano wzrost udziału frakcji X_s i X_I średnio z 17% na 39%. W wyniku procesów biochemicznych zachodzących w reaktorach SBR zaobserwowano wzrost udziału frakcji związków organicznych rozpuszczonych, biologicznie nierozkładalnych S_I z 30% na ponad 50%. Podczas oczyszczania biologicznego zmniejszeniu uległ udział frakcji S_s, który w ściekach po oczyszczaniu mechanicznym kształtował się na poziomie przeszło 30%, w fazie nityfikacji i denityfikacji frakcja S_s stanowiła około 10%. Ścieki oczyszczone charakteryzowały się znacznym (około 90%) udziałem frakcji związków organicznych rozpuszczonych biologicznie łatwo rozkładalnych S_s i nierozkładalnych S_I.

Procentowy udział wyznaczonych frakcji ChZT w ściekach komunalnych z dużym udziałem ścieków z przemysłu spożywczego, po kolejnych etapach mechaniczno-biologicznego oczyszczania jako wartości średnie z wszystkich serii badań przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Procentowy udział frakcji ChZT w ściekach z oczyszczalni w Sokółce
Fig 2. Percentage share of COD fractions in wastewater from WWTP in Sokółka

Udział poszczególnych frakcji w całkowitym ChZT ścieków surowych, określony w badaniach własnych w porównaniu z danymi literaturowymi zestawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Udział frakcji w całkowitym ChZT ścieków surowych w porównaniu z danymi literaturowymi

Table 6. Share of fractions in total COD of raw wastewater compared with literature

Frakcja	Wyniki własne	Myszograj, Sadecka 2004	Kappeler, Gujer 1992	Henze i in. 1995
	%	%	%	%
S _I	24,5	2,6	7,0÷11,0	8,0÷11,0
X _I	4,3	17,9	7,0÷15,0	11,0÷20,0
S _S	58,5	25,9	10,0÷20,0	24,0÷32,0
X _S	12,7	53,6	53,0÷60,0	43,0÷49,0
Frakcja	Orhon i in. 1997	Myszograj 2005	Pluciennik- Koropcuk 2009	Kalinowska, Oleszkiewicz 2001
	%	%	%	%
S _I	11,0	1,0÷3,0	5,7	8,0÷10,0
X _I	22,0	18,0÷19,0	17,4	15,0
S _S	9,0	22,0÷27,0	24,6	12,5÷25,0
X _S	58,0	54,0÷56,0	52,3	50,0

Wyznaczone wartości frakcji ChZT w ściekach komunalnych z dużym udziałem ścieków z przemysłu spożywczego kształtują się odmiennie niż prezentowane w literaturze [2, 3, 4, 7, 9, 10, 11]. Ze względu na brak jednoznacznej metodyki wyznaczania frakcji ChZT wyniki otrzymywane przy zastosowaniu różnych metod mogą znacznie różnić się. Procentowy udział frakcji związków organicznych biodegradowalnych wyznaczony w badaniach (rozpuszczone (S_S) – 58,5%, w zawiesinie (X_S) – 12,7%) był najbardziej zbliżony do prezentowanego przez Henze i wsp. 1995, gdzie frakcja (S_S) kształtowała się na poziomie 32%, a frakcja (X_S) wynosiła 43% w całkowitym ChZT ścieków surowych. Wyznaczone frakcje związków organicznych, biologicznie nierozkładalnych rozpuszczonych (S_I) i w zawiesinie (X_I) najbardziej korelowały z zakresami podanymi przez Kappeler'a i Gujera 1992.

Wyniki specjacji materii organicznej za pomocą ChZT ścieków komunalnych z dużym udziałem ścieków z przemysłu spożywczego odbiegają w znacznym stopniu od wartości podanych przez Myszograj i Sadecką [9], Orhona i wsp. [10], Myszograj [7], Płuciennik-Koropczuk [11], Kalinowską i Oleszkiewicz [3].

Porównując wyniki własne oraz prezentowane przez autorów [2, 3, 4, 7, 9, 10, 11] stwierdzono, że procentowy udział frakcji ulegających biologicznemu rozkładowi (S_S i X_S) oraz niebiodegradowalnych (S_I i X_I) kształtuje się na bardzo zbliżonym poziomie. Różnice są widoczne rozpatrując poszczególne frakcje: zawiesinową i związków rozpuszczonych.

Udział procentowy poszczególnych frakcji w całkowitym ChZT jest charakterystyczny dla danych ścieków i zależy od udziału ścieków przemysłowych, układu i szczelności kanalizacji, retencji kanałowej, udziału ścieków dowożonych.

7. Wnioski

Analiza wyników badań i obliczeń pozwala na stwierdzenia:

1. Surowe ścieki komunalne z dużym udziałem ścieków z przemysłu spożywczego dopływające do mechaniczno-biologicznej oczyszczalni w Sokółce zawierały ponad 70% frakcji biologicznie rozkładalnych (S_S) i (X_S), decydujących o sukcesie usuwania azotu i fosforu w procesach oczyszczania ścieków.
2. Etap oczyszczania mechanicznego przyniósł efekt odwrotny do oczekiwanego, zwiększając procentowy udział frakcji zawiesinowych biologicznie wolno rozkładalnych (X_S) i nierozkładalnych (X_I).
3. Praca sekwencyjnych reaktorów biologicznych w oczyszczalni ścieków w Sokółce nie wpływa na zmianę udziału rozpuszczonej frakcji związków organicznych biologicznie nierozkładalnych (S_I).
4. Procentowy udział rozpuszczonych i zawiesinowych frakcji biodegradowalnych oraz niepodlegających rozkładowi, w ściekach komunalnych z dużym udziałem ścieków z przemysłu spożywczego odbiega od danych literaturowych.

Literatura

1. **Bever J., Stein A., Teichmann H.:** *Zaawansowane metody oczyszczania ścieków*. Oficyna Wydawnicza Projprzem-EKO Bydgoszcz 1997.
2. **Henze M., Gujer W., Mino T., Matsuo T., Wentzel M.C, Maras R.:** *Wastewater and biomass characterization for the activated no 2: biological phosphorus removal*. *Wat. Sci. Tech.*, 31, 2, 13-23, 1995.
3. **Kalinowska E., Oleszkiewicz J.:** *Od projektowania do eksploatacji oczyszczalni ścieków. Optymalizacja poprzez symulację i modelowanie*. Charakterystyka ścieków surowych: Nie ma „typowych” ścieków. LEM-tech Konsulting, Warszawa, 2001.
4. **Kappeler J., Gujer W.:** *Estimation of kinetic parameters of heterotrophic biomass under aerobic conditions and characterization of wastewater for activated sludge modeling*. *Wat. Sci. Tech.* 25, 6, 125-139, 1992.
5. **Klimiuk E., Łebkowska M.:** *Biotechnologia w ochronie środowiska*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008.
6. **Lomotowski J., Szpindor A.:** *Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków*. Arkady, Warszawa 1999.
7. **Myszograj S.:** *Charakterystyka frakcji ChZT w procesach mechaniczno-biologicznego oczyszczania ścieków*. Monografia Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, 32, 873-879, 2005.
8. **Myszograj S.:** *Badania podatności na rozkład biologiczny ścieków bytowo-gospodarczych w warunkach testów laboratoryjnych*. *Przemysł Chemiczny*, 87, 5, 527-530, 2008.
9. **Myszograj S., Sadecka Z.:** *Fracje ChZT w procesach mechaniczno-biologicznego oczyszczania ścieków na przykładzie oczyszczalni ścieków w Sulechowie*. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 6, 233-244, 2004.
10. **Orhon D., Ates E., Sözen S., Cokgör E. U.:** *Characterization and COD fractionation of domestic wastewaters*. *Environmental Pollution*, 95, 2, 191-204, 1997.
11. **Płuciennik-Koropczuk E.:** *Fracje ChZT miarą skuteczności oczyszczania ścieków*. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 11-13, 7-8.2009.
12. www.mpwiksokolka.euoadres.pl/scieki.htm
13. **Wytyczne ATV-DVWK-A 131P:** *Wymiarowanie jednostopniowych oczyszczalni ścieków z osadem czynnym*. Komentarz, Wydawnictwo Seidel-Przywecki, 2000.

COD Fractions in Municipal Wastewater with Significant Share of Wastewater from Food-processing Industry

Abstract

Processes of biological removal of nitrogen from wastewater requires the presence of organic carbon compounds in the biodegradable or easily hydrolysing form, so it's important to know the forms in which these compounds occur. Determination of COD fractions and their changes, shows the share of individual forms of organic matter in wastewater and allows assessment of their susceptibility to biological treatment, indicating additional pollution hardly degradable, reducing the efficiency of biological wastewater treatment. In addition, the division of total COD into fractions, characteristic of wastewater flowing into wastewater treatment plant, represents a significant achievement in modeling of removal of biogenic compounds systems and allows to calculate the share of individual forms of organic nitrogen in wastewater [1].

The aim of the paper was to determine COD fractions and their variability in municipal wastewater in mechanical-biological wastewater treatment plant (WWTP) in Sokółka. Assessments were carried out in samples of following types of wastewater: raw (A), after mechanical treatment (B), from individual stages of SBR cycle (C), (D), (E), (F) and treated (G).

The study was conducted in 2009, in June, July, August and September. In each month wastewater samples were taken four times, and summarized in Table 2 and 3 values of COD, BOD₅ and TOC are averages of the results.

Metodyka wyznaczania frakcji ChZT w ściekach została opracowana na podstawie wytycznych ATV-131 [13].

Methodology for determination of COD fractions in wastewater was developed on the basis of ATV-131 guidelines [13].

The following COD fractions were determined in wastewater: dissolved easily biodegradable S_s , dissolved non-biodegradable S_i , suspended slowly degradable X_s and suspended non-biodegradable X_i .

About 70% of total COD in the raw wastewater inflowing to the wastewater treatment plant in Sokółka were fractions biologically degradable: suspended X_s and dissolved S_s .

Percentage share of dissolved and suspended biodegradable and non-biodegradable fractions in municipal wastewater with significant share of wastewater from food-processing industry obtained during research is different from data in literature.

