



Validation of the operations of wastewater treatment plant in Starachowice

Aleksandra BUDKOWSKA¹, Joanna DŁUGOSZ², Jarosław GAWDZIK³

¹ Politechnika Świętokrzyska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314, tel.: 41 -34-24-5, fax: 41 – 34-24-535, e-mail: Ola_7B@interia.pl

² Politechnika Świętokrzyska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314, tel.: 41 -34-24-5, fax: 41 – 34-24-535, j_dlugosz@interia.eu

³ Politechnika Świętokrzyska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314, tel.: 41 -34-24-5, fax: 41 – 34-24-535, jgawdzik@tu.kielce.pl

Abstract

The paper presents an evaluation of functioning of one sewage treatment plant in Świętokrzyskie Province – wastewater treatment plant near Starachowice. Evaluation of operation capacity was based on reduction size of 5 chosen pollutants' indexes: BOD₅, COD, total suspended solids, total nitrogen and total phosphorus. Reduction of all analysed indexes except total nitrogen and total phosphorus was on the level higher than guidelines given by the Ordinance from 31st July 2006. The characteristics of unit processes and assessment of the effectiveness of the sewage treatment systems was done in this work. Analyzing of the average daily volume of wastewater discharged into the receiver can be concluded, that Kamienna river is a suitable receiver for the treated wastewater.

Keywords: sewage, sewage treatment plant, pollutants' indexes

Streszczenie

Ocena pracy oczyszczalni ścieków w Starachowicach

W pracy przedstawiono ocenę funkcjonowania jednej z największych oczyszczalni ścieków w województwie świętokrzyskim - oczyszczalni ścieków komunalnych w Starachowicach. Ocenę sprawności działania oczyszczalni oparto na wielkości redukcji 5 wybranych wskaźników zanieczyszczeń: BZT₅, ChZT, zawiesina ogólna, azot ogólny i fosfor ogólny. Redukcja wszystkich analizowanych wskaźników z wyjątkiem azotu ogólnego oraz fosforu ogólnego była na poziomie wyższym od wytycznych podanych w Rozporządzeniu z dnia 31 lipca 2006 roku.

Przedstawiono charakterystykę procesów jednostkowych oraz dokonano oceny efektywności systemu oczyszczania ścieków na oczyszczalni. Analizując wartości średniodobowego niskiego przepływu rzeki oraz średniej dobowej ilości ścieków odprowadzanej do odbiornika można stwierdzić, iż rzeka Kamienna jest odpowiednim odbiornikiem dla oczyszczonych ścieków.

Słowa kluczowe: ścieki, oczyszczalnia ścieków, wskaźniki zanieczyszczeń.

1. Wstęp

Podstawowym celem procesu oczyszczania ścieków jest taka zmiana składu i właściwości ścieków, aby przy odprowadzaniu ścieków oczyszczonych do odbiornika ograniczyć do minimum zagrożenia dla zdrowia ludzi oraz zwierząt, poprzez usunięcie zanieczyszczeń takich jak [6]: zawiesiny łatwo opadające i koloidalne, związki organiczne, azot amonowy, związki biogenne, związki refrakcyjne (takie jak metale ciężkie, pestycydy, herbicydy trudno rozkładalne na drodze biochemicznej związki organiczne), drobnoustroje patogenne. Ścieki przed wprowadzeniem do środowiska muszą być pozbawione zanieczyszczeń wpływających negatywnie na ekosystem wód naturalnych lub grunt.

W celu oceny poprawności prowadzenia procesów mających na celu polepszenie parametrów jakościowych ścieków niezbędne jest ciągle kontrolowanie pracy oczyszczalni ścieków. Osiągnięcie założonego poziomu oczyszczania ścieków jest uwarunkowane przede wszystkim prawidłowo zaprojektowanym procesem technologicznym i realizacją obiektu zgodnie z projektem. Niesprawności w pracy oczyszczalni ścieków powodują zazwyczaj wprowadzenie do środowiska niedozwolonych ładunków zanieczyszczeń. Nieprawidłowa praca oczyszczalni może przyczynić się również do powstawania zagrożenia bezpieczeństwa ludności mieszkającej w sąsiedztwie oczyszczalni, jak również ludności korzystającej w celach rekreacyjnych z odbiorników ścieków – jezior i rzek [11]. W przypadku, gdy właściwości ścieków oczyszczonych nie odpowiadają założonym parametrom eksploatacyjnym, niezbędne jest ustalenie przyczyny i jak najszybsze usunięcie nieprawidłowości, aby zapobiec zagrożeniom ekologicznym.

2. Ogólna charakterystyka oczyszczalni ścieków w Starachowicach

Oczyszczalnia ścieków w Starachowicach eksploatowana jest od 1962 r. Po raz pierwszy rozbudowę i modernizację oczyszczalni przeprowadzono w latach 80-tych. Następna modernizacja obiektu przeprowadzona została w latach 1999-2002 i miała na celu zwiększenie efektywności oczyszczania ścieków i usuwania związków biogenych. Po uruchomieniu zakładów mięsnych stopień oczyszczania ścieków uległ pogorszeniu. Równocześnie perspektywa wprowadzenia przez ustawodawcę od 1 stycznia 2001 r. zaostrzonych kryteriów dla odprowadzanych ścieków do wód powierzchniowych wymusiła przeprowadzenie kolejnej modernizacji oczyszczalni. Opracowana koncepcja i projekt budowlany zakładał wprowadzenie nowej technologii oczyszczania ścieków przy pomocy osadu czynnego i zwiększenie przepustowości do 33 000 m³/d. Z uwagi na bardzo wyraźny spadek ilości wytwarzanych ścieków przez przemysł, pod koniec lat 90-tych zdecydowano się na etapowanie rozbudowy oczyszczalni ścieków tak, aby uzyskać parametry oczyszczonych ścieków oraz przepustowość średniodobową 24 000 m³/d przy ilości doprowadzanych ścieków do oczyszczalni średnio 14 000 m³/d. Zakres I etapu został zakończony w 2000 r. Efekt co do wielkości parametrów odprowadzanych ścieków został również osiągnięty [14]. Pod koniec czerwca 2008 roku został podpisany kontrakt na kolejną modernizację obiektu. Główną przyczyną potrzeby przebudowy oczyszczalni było wybudowanie ponad 120 km nowej kanalizacji w Gminach Starachowice, Mirzec i Wąchock oraz wyeksploatowane złoża biologiczne. Prace modernizacyjne oczyszczalni ścieków prowadzone były w ramach programu „Wodociągi, kanalizacja i oczyszczalnia ścieków w Starachowicach” od kwietnia 2009 roku do kwietnia 2011.

3. Charakterystyka ciągu technologicznego oczyszczalni ścieków w Starachowicach

3.1. Oczyszczanie mechaniczne

Oczyszczanie mechaniczne polega na oddzieleniu ze ścieków zanieczyszczeń pływających, piasku oraz zawiesiny ogólnej. Oddzielenie zanieczyszczeń pływających i wleczonych realizowane jest w budynku krat na kracie mechanicznej (przepływ max 2300m³/h, szerokość 2200mm, wysokość 3400mm, prześwit 6,0 mm). Zatrzymane skratki transportowane są do prasopłuczki, sprasowane wysypywane są do podstawowego pojemnika. Usuwanie piasku odbywa się w dwóch piaskownikach pionowych (obciążenie hydrauliczne $O_h=36,0\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$; powierzchnia jednego $F=15,3\text{m}^2$; wysokość $H=5,2\text{m}$; czas przepływu $t=180\text{s}$). Piasek gromadzony w leju piaskownika usuwany jest okresowo za pomocą pomp poprzez separator i płuczkę piasku do pojemnika zlokalizowanego w części naziemnej pompowni ścieków. Oddzielenie zawiesiny ogólnej odbywa się w osadniku wstępnym radialnym ($O_h=0,7\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$; powierzchnia czynna $F=700\text{m}^2$; objętość czynna $V=1750\text{m}^3$). Sklarowane ścieki odprowadzane są do pompowni ścieków II^o, a wydzielony osad odprowadzany jest do pompowni osadu i dalej do istniejących obiektów gospodarki osadowej. Części pływające usuwane są do pompowni części pływających i dalej do istniejących obiektów gospodarki osadowej.

3.2. Oczyszczanie biologiczne

Proces biologicznego oczyszczania osadem czynnym realizowany jest na dwóch ciągach technologicznych, każdy składający się z reaktora biologicznego, osadnika wtórnego, pompowni recyrkulatu i stacji dmuchaw. Reaktor biologiczny to trzy komorowy zbiornik z osadem czynnym, w którym prowadzone są procesy biologicznego usuwania związków węgla, azotu i fosforu. Reaktor biologiczny I-ego ciągu został rozbudowany o komorę defosfotacji ($V=140,4\text{m}^3$) oraz denitryfikacji ($V=881,4\text{m}^3$). Do reaktora biologicznego I-ego ciągu dopływa 45% ścieków. Niezbędne powietrze do prowadzenia procesu oczyszczania doprowadzane jest ze stacji dmuchaw do rusztu napowietrzającego z dyfuzorami membranowymi. Oddzielenie osadu czynnego od ścieków oczyszczonych odbywa się w osadniku wtórnym radialnym. Sklarowane ścieki odprowadzane są grawitacyjnie

poprzez urządzenie pomiarowe do odbiornika. Wydzielony osad czynny w osadniku wtórnym ($V=1750 \text{ m}^3$) zawracany jest poprzez pompownię recykulacji osadu do reaktora biologicznego, a nadmiar osadu po zagęszczeniu mechanicznym do istniejących obiektów gospodarki osadowej. Dla wspomaganie usuwania fosforu ogólnego przewidziano możliwość dawkowania roztworu siarczanu (VI) żelaza(III) (PIX 113 - 40 % wodny roztwór siarczanu żelazawego).

3.3. Gospodarka osadowa

Powstający osad nadmierny w procesie oczyszczania ścieków zagęszczany jest w stacji zagęszczania osadu i odprowadzany do istniejących obiektów gospodarki osadowej. Osad surowy przetwarzany jest do zamkniętej komory fermentacyjnej WKF_z ($V=1640 \text{ m}^3$; $t_{\text{fermentacji}} \geq 18 \text{ d}$). Osad podlega tutaj mieszaniu i podgrzewaniu do temperatury $32 \div 35^\circ \text{C}$. Wydzielający się w górnej części komory biogaz (ok $1400 \text{ m}^3/\text{d}$) odprowadzany jest do stalowego zbiornika dzwonowego z zamknięciem wodnym i wykorzystywany w kotłowni na pokrycie zapotrzebowania technologicznego. Osad z WKF_z jest grawitacyjnie i okresowo odprowadzany do otwartej komory fermentacyjnej WKF_o ($V=5440 \text{ m}^3$; $t_{\text{fermentacji}}=23 \text{ d}$), w której następuje końcowe dofermentowanie i dogęszczenie osadu oraz oddzielenie wody nadosadowej. Po zakończeniu procesu fermentacyjnego, osad z WKF_o jest kierowany do odwodnienia na prasie mechanicznej (prasa mechaniczna firmy ANDRITZ, typ VS 20 JP), a następnie na poletka osadowe. Odwodniony w ten sposób osad ściekowy jest poddawany kompostowaniu na terenie oczyszczalni ścieków. Proces prowadzony jest w dwóch fazach tzn. fazie „gorącej” w prymach „niskich” (zasadniczy proces przemian biochemicznych i stabilizacji mikrobiologicznej) i fazie „zimnej” w hałdach „wysokich” (dojrzwianie produktu).

4. Dane projektowe charakteryzujące oczyszczalnię ścieków

Do podstawowych projektowych parametrów techniczno-technologicznych można zaliczyć następujące wielkości charakteryzujące omawiany obiekt:

Charakterystyka ilościowa:

- przepływ średniodobowy (pogoda sucha) $Q_{\text{dśr}}=15200 \text{ m}^3/\text{d}$
- przepływ maksymalny dobowy (pogoda sucha) $Q_{\text{dmax}}=18200 \text{ m}^3/\text{d}$
- przepływ maksymalny dobowy (pogoda mokra) $Q_{\text{dmax}}=24000 \text{ m}^3/\text{d}$
- przepływ maksymalny godzinowy $Q_{\text{hmax}}=1100 \text{ m}^3/\text{h}$
- przepływ minimalny godzinowy $Q_{\text{hmin}}=150 \text{ m}^3/\text{h}$

Charakterystyka jakościowa:

- ładunek BZT_5 $L_{BZT_5}=5940 \text{ kg O}_2/\text{d}$
- ładunek $ChZT$ $L_{ChZT}=11980 \text{ kg O}_2/\text{d}$
- ładunek zawiesiny ogólnej $L_{Zaw.og.}=6650 \text{ kg/d}$
- ładunek azotu ogólnego $L_{\text{azotu og.}}=1230 \text{ kg/d}$
- ładunek fosforu ogólnego $L_{Pog.}=237 \text{ kg/d}$

5. Analiza ścieków surowych i oczyszczonych (dane z 2010r)

Analizę efektywności oczyszczania ścieków dokonano na podstawie analizy porównawczej ścieków surowych i oczyszczonych. Wymagany skład ścieków zależy od [8]:

- obciążenia oczyszczalni ścieków wyrażonego Równoważną Liczbą Mieszkańców (RLM);
- rodzaju odbiornika ścieków oczyszczonych.

Oczyszczalnia ścieków w Starachowicach na podstawie [8] zaliczana jest do czwartej grupy (od 15 000 do 99 999). W związku z tym najwyższe dopuszczalne wartości wskaźników lub minimalne procenty redukcji zanieczyszczeń wynoszą [8]:

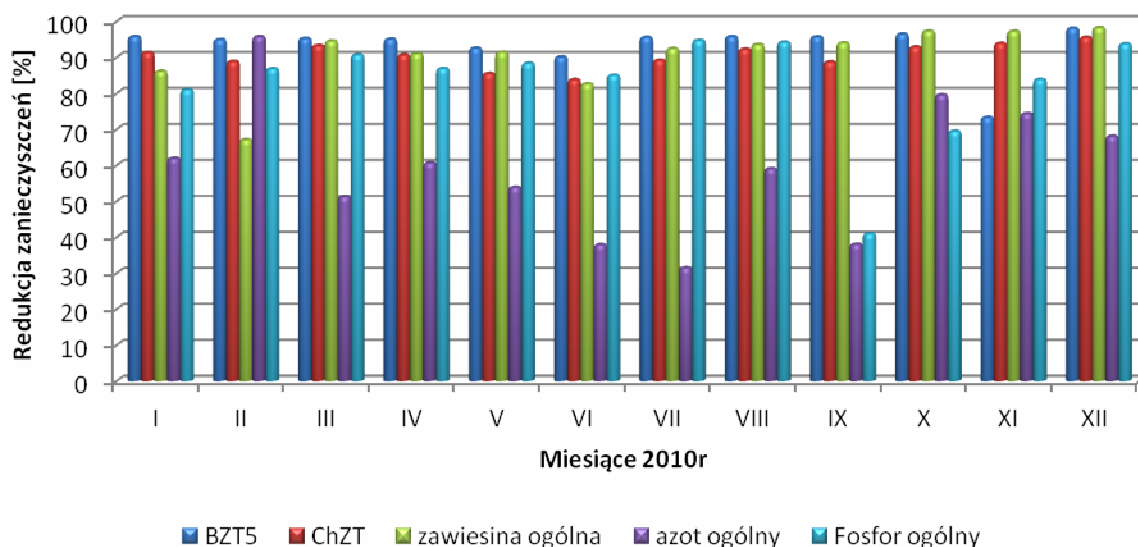
- BZT_5 $15 \text{ g O}_2/\text{m}^3$ lub 90% ;
- $ChZT$ $125 \text{ g O}_2/\text{m}^3$ lub 75%;
- zawiesina ogólna $35 \text{ g}/\text{m}^3$ lub 90%;

- azot ogólny 15 gN/m³ lub 80%;
- fosfor ogólny 2 gP/m³ lub 85%.

Parametry ścieków dopływających i odpływających z oczyszczalni ścieków w Starachowicach w roku 2010 przedstawia tabela 5.1.

Tabela 5.1. Parametry ścieków surowych oraz oczyszczonych w 2010 r. – oczyszczalnia ścieków w Starachowicach

Rodzaj oznaczenia		Zawiesina ogólna	BZT ₅	ChZT	Azot ogólny	Fosfor ogólny
Miesiąc	Jednostka/rodzaj ścieków	g/m ³	gO ₂ /m ³	gO ₂ /m ³	gN/m ³	gP/m ³
Styczeń	surowe	180	272	523	68,3	7,13
	oczyszczone	25	11,5	45,6	26	0,766
Luty	surowe	190	227	382	52	5,55
	oczyszczone	25	11,6	42,7	27,3	0,73
Marzec	surowe	246	253	735	52,9	7,86
	oczyszczone	16	12,1	49,6	25,8	0,733
Kwiecień	surowe	332	281	557,5	61,7	7,92
	oczyszczone	30	13,9	52,2	24,3	1,039
Maj	surowe	185	177	415	47	5,36
	oczyszczone	16	13,2	60,3	21,7	0,626
Czerwiec	surowe	244	249	472	51,2	7,92
	oczyszczone	42,5	24,7	76,6	31,8	1,19
Lipiec	surowe	132	231	418	53,4	6,7
	oczyszczone	10	10,3	45,3	36,6	0,357
Sierpień	surowe	208	234	523	61,5	8,8
	oczyszczone	13,5	9,9	40,6	25,2	0,512
Wrzesień	surowe	204	197	379	34,5	6,57
	oczyszczone	12,3	8,5	42,8	21,4	3,88
Październik	surowe	300	285	608	61,1	8,8
	oczyszczone	8,2	10,1	43,4	12,5	2,69
Listopad	surowe	428	280,5	696	54,85	8,61
	oczyszczone	11,9	5,7	42,6	14,1	1,395
Grudzień	surowe	960	375	1043	100,4	18,8
	oczyszczone	17,1	7,2	46,5	32,1	1,18



Rys. 5.1. Stopień redukcji zanieczyszczeń w roku 2010

Na podstawie wyników stopnia redukcji zanieczyszczeń (Rys. 5.1.) można jednoznacznie stwierdzić, iż omawiana oczyszczalnia osiąga bardzo wysokie stopnie oczyszczenia ścieków, a także w większości przypadków spełnia wymogi zarówno pozwolenia wodno-prawnego, jak i również wytycznych rozporządzenia Ministra Środowiska [8]. Stopień redukcji η zanieczyszczeń w 2010 r. został obliczony na podstawie ładunków zanieczyszczeń. Obliczony w ten sposób stopień redukcji zanieczyszczeń wyniósł odpowiednio dla BZT₅ η =93,2%, dla ChZT η =91,2%, dla zawiesiny ogólnej η =93,9%, dla fosforu ogólnego η =84,1% oraz dla azotu ogólnego η =57,2%. Wartości te w istotny sposób pokazują, iż omawiany obiekt utrzymuje wysokie stopnie redukcji BZT₅, ChZT oraz zawiesiny ogólnej w przeciągu całego roku. Stopień redukcji fosforu ogólnego nieznacznie (ok. 0,9%) odbiega od zaleceń [8]. Niski jest również stopień redukcji azotu ogólnego.

Korelacje pomiędzy wartościami podstawowych wskaźników zanieczyszczeń są pomocne przy kontroli jakości analiz surowych i oczyszczonych ścieków. W praktyce eksploatacyjnej korzysta się z następujących zależności dla ścieków surowych: $\text{ChZT}/\text{BZT}_5 < 2$ (ścieki łatwo biodegradowalne) lub $\text{ChZT}/\text{BZT}_5 > 2$ (ścieki trudno biodegradowalne) oraz dla ścieków oczyszczonych: ChZT/BZT_5 w zakresie 5÷6 [13]. Dla danych rzeczywistych z roku 2010 korelacje między ChZT i BZT₅ przedstawiają się następująco:

- ścieki surowe ChZT/BZT_5 w zakresie od 1,7 do 3,1 (wykazuje to różnorodność ścieków, które są niekiedy łatwo biodegradowalne a innym razem trudno biodegradowalne);
- ścieki oczyszczone ChZT/BZT_5 w zakresie od 3,7 do 7,5 (szerszy przedział liczbowy niż zwyczajowo prezentowany na podstawie danych literaturowych [13]).

Stopień wykorzystania przepustowości oczyszczalni ścieków ze względu na ładunki zanieczyszczeń obliczono na podstawie zależności [4]: $\omega_i = \text{Ł}_r / \text{Ł}_p \cdot 100\%$, gdzie Ł_r to rzeczywisty średni dobowy ładunek zanieczyszczeń zawarty w ściekach dopływających do oczyszczalni wyrażony w kg/d, zaś Ł_p to średni dobowy ładunek zanieczyszczeń, zawarty w ściekach dopływających do oczyszczalni według danych projektowych.

W odniesieniu do wszystkich uwzględnionych ładunków zanieczyszczeń omawiana oczyszczalnia ścieków pracuje jako niedociążona – w największym stopniu w przypadku ładunku fosforu ogólnego ($\omega_{\text{P}_{\text{og}}}$ =49,4%), podobnie jest odnośnie ładunku BZT₅ (ω_{BZT_5} =59,6%). W pozostałych przypadkach wartości stopnia wykorzystania przepustowości oczyszczalni ścieków ze względu na ładunek zanieczyszczeń zawarte są w przedziale 60÷66% ($\omega_{\text{Z}_{\text{og}}}$ =63,8%; $\omega_{\text{N}_{\text{og}}}$ =65,3%; ω_{ChZT} =65,6%). Taki stan może być spowodowany ciągłą modernizacją oczyszczalni, która w perspektywie ma przyjmować większe ilości ścieków, w związku z tym dysproporcja między ładunkami projektowymi a rzeczywistymi z czasem będzie mniejsza.

6. Analiza osadu ściekowego

Osady ściekowe przed ich powrotem do środowiska naturalnego muszą być poddane odpowiedniej przeróbce. Najczęściej stosowane procesy przetwarzania osadów ściekowych polegają na zmniejszeniu ich zagniwalności w procesie stabilizacji, likwidacji organizmów chorobotwórczych w procesie higienizacji oraz zmniejszeniu ich objętości i masy [1]. Stosowanie komunalnych osadów ściekowych w rolnictwie jest atrakcyjnym sposobem ich wykorzystania, ze względu na możliwość włączenia do obiegu wartościowych elementów, tj.: materii organicznej, N, P i mikroskładników oraz poprawy właściwości strukturalnych gruntów. Jednakże wprowadzanie osadów ściekowych do gleby stanowi również potencjalne zagrożenie związane z ekspozycją toksycznych metali [2,3]. Zawartość metali ciężkich w osadach ściekowych w aspekcie ich zastosowania przyrodniczego reguluje Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 w sprawie komunalnych osadów ściekowych [9]. Badania osadu ściekowego zostały wykonane przez laboratorium SGS EKO-Projekt Sp. z o.o.

Tabela 6.1. Badania osadu ściekowego w roku 2010

Parametr badany	Jednostka	Wyniki badań osadu po higienizacji
odczyn pH	-	12,6
wapń (Ca)	% s.m.	45,5
magnez (Mg)	% s.m.	0,62
azot amonowy	% s.m.	<0,10
sucha masa	%	50,6
substancja organiczna	% s.m.	31,1
azot ogólny	% s.m.	<0,10
fosfor ogólny	% s.m.	1,14
ołów (Pb)	mg/kg s.m.	50,8
kadm (Cd)	mg/kg s.m.	6,18
rtęć (Hg)	mg/kg s.m.	0,1
nikiel(Ni)	mg/kg s.m.	26,5
cynk(Zn)	mg/kg s.m.	2420
miedź (Cu)	mg/kg s.m.	22,2
chrom (Cr)	mg/kg s.m.	26
obecność bakterii z rodzaju Salmonella	-	nie stwierdzono
liczba żywych jaj pasożytów jelitowych Ascaris sp.	liczba/kg s.m.	0
liczba żywych jaj pasożytów jelitowych Toxocara sp.	liczba/kg s.m.	0
liczba żywych jaj pasożytów jelitowych Trichuris sp.	liczba/kg s.m.	0

Według powyższych badań (Tabela 6.1.) można stwierdzić, że badany osad ściekowy może być stosowany [10]:

- w rolnictwie oraz do rekultywacji gruntów na cele rolne, zgodnie z praktyką przyjętą dla tego typu odpadów;
- do rekultywacji terenów na cele nierolne,
- do rekultywacji gruntów do określonych potrzeb wynikających z planów gospodarki odpadami, planów zagospodarowania przestrzennego lub decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu, do upraw roślin przeznaczonych do produkcji kompostu do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu, do uprawy roślin nieprzeznaczonych do spożycia i produkcji pasz.

W 2010 roku w oczyszczalni ścieków w Starachowicach powstało 9993 Mg osadu ściekowego o kodzie 19 08 05. Osad ten był wywieziony przez firmę P.P.H.U., „RAFIT” Sp. z o.o. i zagospodarowany w:

- miejscowości Rzepin Pierwszy, gmina Pawłów, powiat starachowicki, województwo świętokrzyskie działka nr 103/2, obręb geodezyjny Rzepin I, typ gleby: gleba lekka – piasek gliniasty, cel stosowania: uprawa roślin wykorzystywanych jako biomasa, ilość wywiezionego osadu 601,20 Mg;
- miejscowości Rzepin Drugi, gmina Pawłów, powiat starachowicki, województwo świętokrzyskie działka nr 105, obręb geodezyjny 0022 Rzepin II, typ gleby: gleba średnia – pył piaszczysty, cel stosowania: uprawa roślin wykorzystywanych jako biomasa, ilość wywiezionego osadu 500 Mg;
- miejscowość Krzyżanówka, gmina Siemno, powiat lipski, woj. mazowieckie, działka nr 1405, obręb geodezyjny Krzyżanówka, typ gleby: gleba lekka – piasek, cel stosowania: uprawa roślin wykorzystywana jako biomasa, ilość wywiezionego osadu 3349,10 Mg;
- miejscowość Boska Wola, gmina Stromiec, powiat białobrzegi, woj. mazowieckie, obręb geodezyjny Boska Wola, typ gleby: lekka – piasek, cel stosowania: uprawa roślin wykorzystywana jako biomasa, ilość wywiezionego osadu 4042,70 Mg;
- miejscowość Brzozówka, Gmina Grabów, powiat kozienicki, woj. mazowieckie, obręb geodezyjny: 0003 Grabów nad pilicą, cel stosowania: uprawa roślin wykorzystywanych jako biomasa, ilość wywiezionego osadu: 1500 Mg.

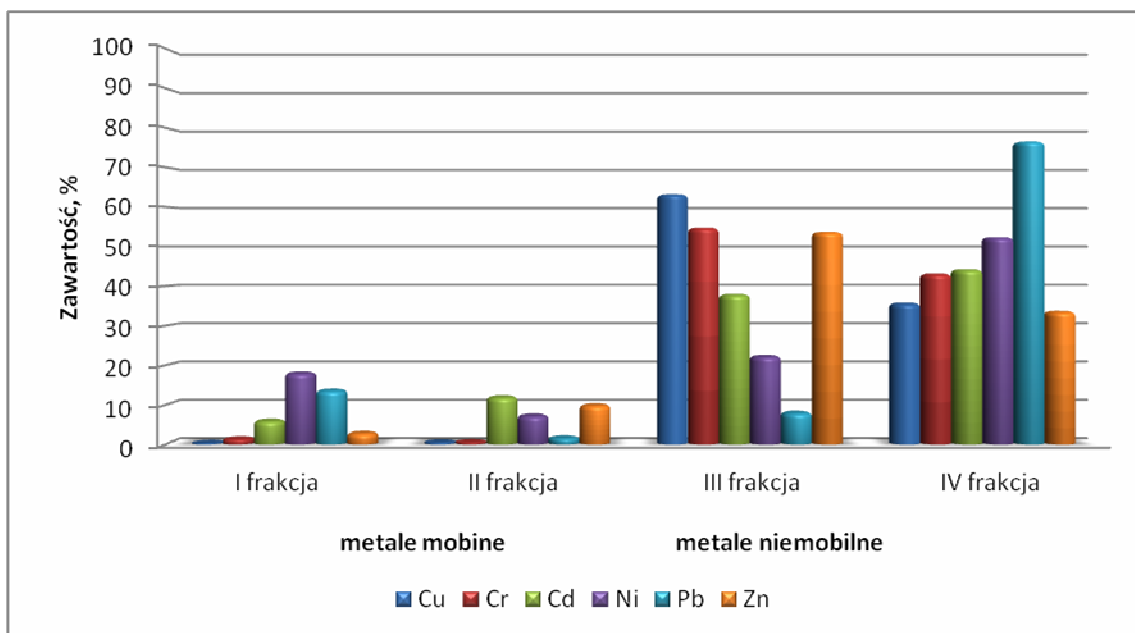
Metale ciężkie w osadach ściekowych mogą występować w formie związków chelatowych, siarczków, węglanów lub też mogą być sorbowane na powierzchni minerałów wytrącających się w czasie procesu oczyszczania (głównie związków żelaza). Nowoczesne techniki analityczne umożliwiają obecnie precyzyjne określenie stężenia form mobilnych – które migrują z osadu do nawożonej gleby bądź rekultywowanego gruntu, co ma istotne znaczenie z punktu widzenia oceny ryzyka skażenia. Uzasadnione jest również oznaczenie niemobilnych form metali ciężkich, niemających istotnego znaczenia w aspekcie toksykologicznym [3]. Do wykonania badań laboratoryjnych użyto próbek pobranych z mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków w Starachowicach. Pobrane próbki zawierały osady pobrane bezpośrednio po prasie mechanicznej. Uzyskane wyniki badań przedstawiono na rys. 6.1. Do badania osadów ściekowych zastosowano czterostopniową procedurę zalecaną przez Community Bureau of Reference (EC/BCR) [2]:

Etap I: ekstrakcja CH_3COOH – mająca na celu zidentyfikowanie i pomiar zawartości metali przyswajalnych i związanych z węglanami (frakcja I);

Etap II: ekstrakcja $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ – w celu zidentyfikowania i pomiaru zawartości metali związanych z amorficznymi tlenkami żelaza i manganu (frakcja II);

Etap III: ekstrakcja $\text{H}_2\text{O}_2/\text{CH}_3\text{COONH}_4$ – w celu zidentyfikowania i pomiaru zawartości frakcji metaloorganicznej i siarczkowej (frakcja III).

Etap IV: mineralizacja frakcji rezydualnej mieszaniną stężonych kwasów (HCl , HF , HNO_3) – w celu zidentyfikowania i pomiaru zawartości metali związanych z krzemianami (frakcja IV).



Rys. 6.1. Względna zawartość metali ciężkich w poszczególnych frakcjach uzyskanych po ekstrakcji osadów ściekowych [%]

Przeprowadzona analiza sekwencyjna wykazała, że w osadach ściekowych są obecne różnorodne formy metali. Analizy wykazały duże zróżnicowanie zarówno w sumarycznej zawartości pierwiastków w badanym osadzie, jak i w ich przynależności do poszczególnych frakcji. Zawartość mobilnych metali ciężkich w badanym osadzie ściekowym z oczyszczalni ścieków komunalnych w Starachowicach była mała.

7. Wpływ oczyszczalni ścieków na odbiornik

Rzeka Kamienna przepływa przez Starachowice pomiędzy 90 a 99 km, dzieląc je na dwie części. Administracyjnie rzeka ta należy do Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Warszawie Oddział w Ostrowcu Świętokrzyskim. Według wodowskazu w Wąchocku dla rzeki Kamiennej przepływ dla wielkiej wody wynosi $140 \text{ m}^3/\text{s}$, średni przepływ $3,18 \text{ m}^3/\text{s}$ a najniższy wynosi $2,10 \text{ m}^3/\text{s}$. [7,15]. Najbliższym punktem monitoringu sieci krajowej na rz. Kamiennej jest punkt pomiarowo – kontrolny w Wąchocku. Wyniki badań wód w punkcie pomiarowym w Wąchocku przedstawiono w tabeli 7.1.

Tabela 7.1. Wyniki klasyfikacji ogólnej w punkcie pomiarowym w Wąchocku w roku 2006 [12]

Wskaźniki decydujące o klasie jakości wód	Klasa	Minimum	Średnia	Maximum	Jednostki
Barwa	III	6	13	21	mg Pt/l
ChZT – Cr	III	10,400	17,400	22,900	mg O ₂ /l
Amoniak	III	0,167	0,610	2,06	mg NH ₄ /l
Azot Kjeldahla	III	0,520	0,900	1,68	mg N/l
Azotyny	III	0,026	0,100	0,394	mg NO ₂ /l
Zasadowość ogólna	III	32,500	81,200	100,100	mgCaCO ₃ /l
Mangan	III	0,076	0,188	0,277	mg Mn/l
Ind. Sap. Fitopl.	III	1,900	2,133	2,280	w 100 ml

Wskaźniki decydujące o klasie jakości wód	Klasa	Minimum	Średnia	Maximum	Jednostki
Ind. Sap. Per.	IV	2,000	2,243	2,560	w 100 ml
Liczba b. coli fek.	IV	140	2307	9300	w 100 ml
Ogólna liczba b. coli	IV	430	4470	24000	w 100 ml

7.1. Ocena wpływu oczyszczalni na odbiornik

SNQ rzeki Kamiennej w miejscu rzutu ścieków oczyszczonych waha się na poziomie 2,10 m³/s. Dobowo na miejskiej oczyszczalni ścieków może powstawać nawet 15200 m³/d ścieków. Średniodobowa ilość wprowadzanych ścieków nie powinna przekroczyć 10% wartości średniego niskiego przepływu wody w rzece (SNQ) i tak też jest w omawianym przypadku:

$$10\% \cdot SNQ = 18144 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$15200 < 18144$$

7.2. Wpływ ścieków na bilans tlenowy wód odbiornika – formuła bilansu tlenowego

Zawartość tlenu ma ogromne znaczenie w ramach oceny procesów życiowych. Tlen w wodzie pochodzi z atmosfery lub z fotosyntezy roślin i glonów. Brak tlenu powoduje wystąpienie procesów beztlenowych w wyniku, których powstają substancje toksyczne niszczące życie w wodzie. Woda pitna powinna zawierać przynajmniej 2 mg/l (ppm) tlenu. Ogólnie można przyjąć, że zawartość tlenu w wodach naturalnych występuje w przedziale od 0 do 14 mg/dm³.

$$Q \cdot A_{rz} - 0,55 \cdot (Q \cdot S_{rz} + q \cdot S_s) = 4 \cdot (Q + q) \quad [5]$$

Q – przepływ wody w odbiorniku, m³/d Q = 181440 m³/d

A_{rz} – zawartość tlenu w wodzie odbiornika, gO₂/m³

0,55 – współczynnik uwzględniający maksymalne zużycie tlenu do rozkładu zanieczyszczeń zawartych w ściekach

S_{rz} - stężenie BZT₅ w odbiorniku powyżej zrzutu ścieków, gO₂/m³ S_{rz} = 2,167 gO₂/m³

q – ilość ścieków = Q_{dśr}, m³/d q = 15200 m³/d

S_s - stężenie BZT₅ odprowadzane do odbiornika, g O₂/m³ S_s = 11,55 gO₂/m³

$$A_{rz} = 6,06 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$$

Zgodnie z wymaganiami docelowymi, jakość wody rzeki Kamiennej powinna spełniać warunki I klasy na odcinku od źródła do jazu w Starachowicach, wymagania klasy II od Starachowic do Ostrowca Świętokrzyskiego i od Ostrowca Świętokrzyskiego do ujścia III klasy. W 2006 roku rzeka od granic województwa do Skarżyska Kamiennej odpowiadała III klasie czystości i na niewielkim odcinku między Binkiem i ujściem Kamionki II klasie. Następny odcinek, aż do punktu pomiarowo – kontrolnego w Nietulisku znalazł się poza klasą ze względu na podwyższone stężenia miogenów, których źródłem są zrzuty ścieków komunalnych i przemysłowych z terenu Skarżyska Kamiennej i Starachowic. Pomimo włączenia ponad 80% ścieków do miejskiej oczyszczalni ścieków i uzyskiwania odpowiedniej redukcji zanieczyszczeń w ściekach odprowadzanych do rzeki Kamiennej, jej stan czystości nie ulega poprawie również poza miastem. W punkcie pomiarowym w Michałowie pozaklasowe wskaźniki zanieczyszczeń rzeki Kamiennej to miano coli, fosfor ogólny i azot azotynowy.

8. Podsumowanie

Oczyszczalnia ścieków modernizowana w 2010 roku spełniła wymagania w zakresie wartości stężeń zanieczyszczeń odprowadzanych do środowiska wodnego. Część ściekowa oczyszczalni po modernizacji jest nowoczesna i w pełni zautomatyzowana, przygotowana na przyjęcie w przyszłości dużo większej ilości ścieków oraz uzyskiwanie dobrych wyników oczyszczania ścieków. Wiele do życzenia pozostawiają jednak urządzenia gospodarki osadowej, które są eksploatowane od wielu lat. Oczyszczalnia ścieków w Starachowicach obecnie obsługuje miasto Starachowice część gminy Wąchock oraz Mirzec. W przyszłości gdy wspomniane gminy dokończą proces kanalizacji zwiększy się ilość powstających ścieków, a co się z tym wiąże zwiększy się również ilość powstających osadów. Może się pojawić problem z ich zagospodarowaniem. Od początku 2013 r. zostanie prawnie zabronione składowanie osadów, a ich rolnicze, bądź przyrodnicze wykorzystanie będzie zależne od stężeń metali ciężkich w nich zawartych. Możliwe jest też szukanie innych niż do tej pory sposobów przeróbki osadów ściekowych. Suszenie i termiczne przekształcanie jest bardzo mocno wspierane przez jedyny strategiczny dla gospodarki osadami krajowy dokument, jakim jest Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2014. Jednak wiąże się to z dużymi nakładami inwestycyjnymi.

Oczyszczalnia w Starachowicach jest nowoczesnym obiektem mechaniczno-biologicznym z równoczesnym usuwaniem związków biogenych. Na podstawie przeprowadzonej krótkiej analizy funkcjonowania omawianej oczyszczalni ścieków można stwierdzić, iż:

- projektowy przepływ dobowy średni dla pogody suchej wynosi 15200 m³/d,
- równoważna liczba mieszkańców (RLM) wynosi 99000,
- oczyszczalnia ścieków osiąga następujące stopnie redukcji zanieczyszczeń:
 - $\eta_{BZT_5} = 93,2\%$
 - $\eta_{ChZT} = 91,2\%$
 - $\eta_{zaw.og} = 93,9\%$
 - $\eta_{Pog} = 84,1\%$
 - $\eta_{Nog} = 57,2\%$

Osad ściekowy z oczyszczalni ścieków w Starachowicach nie zawierał żywych jaj pasożytów jelitowych oraz bakterii z rodzaju Salmonella i nadal jest wykorzystywany przyrodniczo.

Powyższe zestawienie świadczy o prawidłowej pracy mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków w Starachowicach.

Bibliografia

1. Bartkowska I., Dzienis L., „Unieszkodliwianie osadów ściekowych metodą stabilizacji tlenowej i tlenowo-beztlenowej” część I BMP Ochrona Środowiska nr 3, 30-31, 2009 r.
2. Chen M., Li X., Yang Q., Zeng G., Zhang Y., Liao D., Liu J., Hu J., Guo L.; 2008, Total concentration and speciation of heavy metals in sewage sludge from Changasha, Zhuzhou and Xiangtan in middle – south region of China, Journal of Hazardous Materials, 160, pp. 324-329
3. Gawdzik J., Specjacja metali ciężkich w osadzie ściekowym na przykładzie wybranej oczyszczalni komunalnej, Ochrona Środowiska vol. 32 nr 4/2010, s. 15-19
4. Heidrich Z., Kozak T., Ocena stopnia wykorzystania przepustowości istniejących miejskich oczyszczalni ścieków w Polsce, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, grudzień 2008, s.16-19
5. Heidrich Z., Tabernacki J., Sikorski M.: Wiejskie oczyszczalnie ścieków. Wyd. Arkady, Warszawa 1984
6. Łomotowski J., Szpindor A. „Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków” Wydawnictwo Arkady, 2002 r.
7. Program małej retencji dla województwa świętokrzyskiego Opracowany przez Konsorcjum: Integrated Management Serviceso oraz „Inżynieria” Biuro Usług Inżynierskich i Nadzoru Inwestorskiego Anna Jendo, Wrocław, lipiec 2006 r.
8. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. 2006 nr 137, poz. 984, z późn. zmianami Dz.U. 2009, nr 27 poz. 169)

9. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz. U. Nr 137, poz. 924)
10. Sprawozdanie z badań nr SB/30445/07/2010 opracowane przez Laboratorium SGS Eko Projekt, Pszczyna 07.07.2010 r.
11. Szczepocka A., Analiza poprawności funkcjonowania oczyszczalni ścieków komunalnych w Sochaczewie w aspekcie możliwości zagrożeń ekologicznych, Zeszyty Naukowe SGSP Nr 34, s.103
12. Wyniki pomiarów jakości wód powierzchniowych w województwie świętokrzyskim w roku 2006. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Kielcach, Kielce 2007 r.
13. Praca zbiorowa: Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków. Wydawnictwo PZITS, Poznań 1997
14. <http://bip.pwik.starachowice.pl>
15. <http://www.um.starachowice.pl/>

