



Technological efficiency of the wastewater treatment plant in Krosno

Paulina ŁAGOŹNY¹, Katarzyna MAJ², Adam MASŁOŃ³

¹ Politechnika Rzeszowska, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury, Katedra Inżynierii i Chemii Środowiska, Al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów

² Politechnika Rzeszowska, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury, Katedra Inżynierii i Chemii Środowiska, Al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów, e-mail: katarzynamaj@stud.prz.edu.pl

³ Politechnika Rzeszowska, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury, Katedra Inżynierii i Chemii Środowiska, Al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów, tel.: 17 7432407, e-mail: amaslon@prz.edu.pl

Abstract

The paper presents of assessment of technological efficiency of the wastewater treatment plant in Krosno in 2011-2013. The capacity of WWTP is 35 410 m³/d. Assessment of the efficiency of the wastewater plant based on the following Biochemical oxygen demand (BOD₅), chemical oxygen demand (COD), total suspended solid (TSS), total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP) parameters. The paper presents the characteristics of raw wastewater, treated and assessed removing pollutants from wastewater. The average efficiency of removal of contaminants from wastewater in the reporting period was: BOD₅ - 97,9±1,1%, COD - 91,0±2,9%, TSS - 97,5±1,7%, TN - 80,4±9,9% and TP - 96,6±2,1%. The wastewater treatment process reliability indicators have also been identified.

Keywords: municipal wastewater, wastewater treatment plant, the pollution indicators

Streszczenie

Efektywność technologiczna oczyszczalni ścieków w Krośnie

W pracy przedstawiono ocenę technologicznej efektywności oczyszczalni ścieków w Krośnie w latach 2011-2013. Analizowany obiekt charakteryzuje się przepustowością 35 410 m³/d. Ocenę sprawności funkcjonowania oczyszczalni oparto na parametrach: BZT₅, ChZT, Z_{og}, N_{og} i P_{og}. Przedstawiono charakterystykę ścieków surowych, oczyszczonych i dokonano oceny usuwania zanieczyszczeń ze ścieków. Średnia efektywność usuwania związków zanieczyszczeń ze ścieków w analizowanym okresie wynosiła: BZT₅ - 97,9±1,1%, ChZT 91,0±2,9%, Z_{og} - 97,5±1,7%, N_{og}, - 80,4±9,9% i P_{og} - 96,6±2,1%. Wyznaczono również wskaźniki niezawodności technologicznej oczyszczalni.

Słowa kluczowe: ścieki, oczyszczanie ścieków, wskaźniki zanieczyszczeń

1. Wstęp

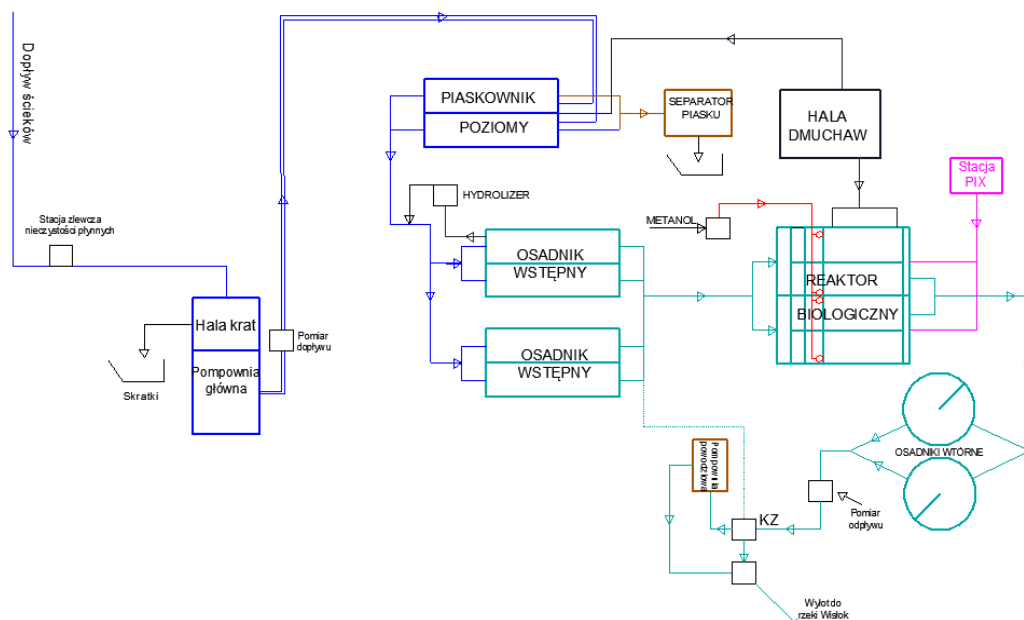
Oczyszczalnia ścieków to obiekt, którego zadaniem jest ochrona zasobów wodnych, a także organizmów żywych i ich środowiska. Rodzaj ścieków wpływa na wybór metody ich oczyszczania, która powinna być na tyle efektywna, aby móc uzyskać najwyższy stopień oczyszczania przy jak najniższym nakładzie finansowym. Odbiornikiem ścieków oczyszczonych najczęściej są rzeki, które są podatne na zmiany wywołane wprowadzanymi ściekami. Zmiana składu chemicznego i fizycznego wód może spowodować pogorszenie ich jakości, a także negatywnie oddziaływać na wszelkie organizmy żywe. Niedoczyszczone, bądź słabo oczyszczone ścieki negatywnie wpływają na zasoby wodne, ograniczając ich dalsze użytkowanie, dlatego substancje niebezpieczne dla środowiska zawarte w ściekach należy usunąć całkowicie lub zmienić ich właściwości tak, aby nie powodowały dalszego zagrożenia.

Do najważniejszych wskaźników zanieczyszczeń wód należą związki biogenne, w tym azot i fosfor. Ich obecność w wodach stanowi poważne niebezpieczeństwo wystąpienia eutrofizacji, ponieważ pierwiastki te

regulują produktywność biologiczną w środowisku wodnym. Ich głównym źródłem w wodach powierzchniowych są ścieki komunalne i przemysłowe, co czyni usuwanie tych związków ważnym zagadnieniem w technologii oczyszczania ścieków. W trakcie konwencjonalnego oczyszczania ścieków związki azotu i fosforu nie są eliminowane w dostatecznym stopniu, co powoduje konieczność stosowania wysokoefektywnych technologii oczyszczania ścieków, opartych na zintegrowanym usuwaniu węgla azotu i fosforu ze ścieków [1, 2].

2. Charakterystyka ogólna obiektu

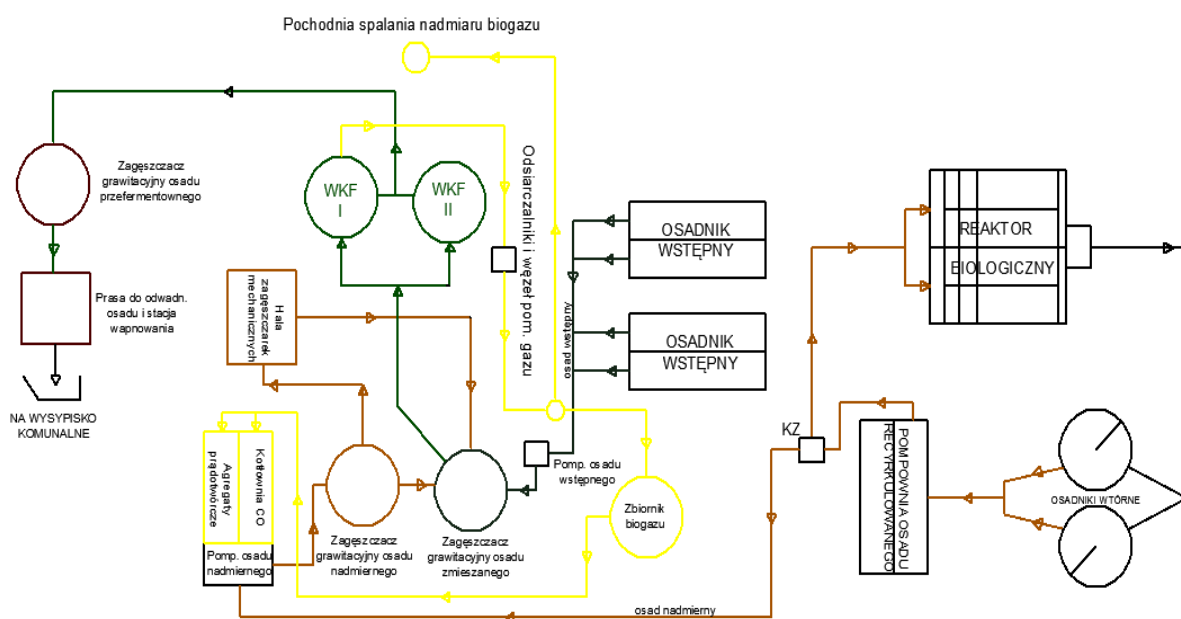
Oczyszczalnia ścieków w Krośnie funkcjonuje od 1973 roku i była wielokrotnie modernizowana. Pierwotna przepustowość wynosiła 10 480 m³/d. W roku 1995 rozbudowano część mechaniczną oczyszczalni wraz z częścią osadową. Następnie w latach 1997-1998 zmodernizowano część biologiczną i związaną z nią część osadową. W latach 1999-2000 wykonano stację chemicznego strącania fosforu oraz urządzenia związane z obróbką osadu. Następnie prowadzono prace modernizacyjne związane głównie z systemem automatyki, sterowania i kontroli przebiegu procesu technologicznego zakończone w 2006 roku, a w 2009 roku uruchomiono elektrownię biogazową. W latach 2011-2012 wykonano hermetyzację zbiorników osadu w celu zmniejszenia uciążliwości zapachowej oczyszczalni. Obecnie oczyszczalnia charakteryzuje się przepustowością na poziomie 35 410 m³/d w okresie bezdeszczowym oraz 52 610 m³/d w okresie deszczowym. Oczyszczalnia jest zlokalizowana w północno-zachodniej części miasta Krosno. Administratorem oczyszczalni jest Miejskie Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej w Krośnie Sp. z o.o. [3, 4]. Oczyszczalnia w Krośnie przyjmuje i oczyszcza ścieki bytowe z budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej zlokalizowanych na terenie miasta Krosno oraz przyległych gmin: Miejsce Piastowe, Krościenko Wyżne, Wojaszówka, Korczyzna, Chorkówka, Jedlicze, Iwonicz Zdrój, Dukla. Z sieci kanalizacji sanitarnej i ogólnospławnej korzysta około 86% mieszkańców Krosna, natomiast około 14% ludności posiada bezodpływowe osadniki. Ścieki dopływają do oczyszczalni kolektorem o wymiarach 850 x 1690 mm oraz dowożone są do punktu zlewnego. Oczyszczalnia przyjmuje również ścieki z lokalnych zakładów przemysłowych oraz z myjni i warsztatów samochodowych, piekarni, cukierni itp., których ścieki mogą zawierać szczególnie niebezpieczne substancje. Ich ilość jest nieznaczna, lecz kwalifikowane są jako ścieki przemysłowe. Znaczna część tych ścieków podczyszczana jest w oczyszczalniach zakładowych [4]. Proces oczyszczania ścieków opiera się na mechanicznym oraz biologicznym usuwaniu zanieczyszczeń metodą wielofazowego osadu czynnego (Rys. 2.1).



Rys. 2.1. Schemat technologiczny oczyszczalni ścieków w Krośnie

Oczyszczalnia ścieków składa się z następujących obiektów i urządzeń: pompowni ścieków z halą krat mechanicznych, piaskownika i separatora piasku, osadników wstępnych, reaktora osadu czynnego, osadników wtórnych z korytem pomiarowym, pompowni ścieków II^o, stacji do chemicznego strącania fosforu, hydrolizera osadu wstępnego, linii przeróbki osadów ściekowych oraz instalacji gazu pofermentacyjnego [3, 4].

W części mechanicznej znajdują się kolejno dwie automatyczne kraty taśmowo-hakowe o prześwicie 6mm, następnie dwukomorowy piaskownik poziomy podłużny napowietrzany oraz dwa osadniki wstępne poziome o szerokości 9m i długości 42 m. Po oczyszczeniu mechanicznym ścieki kierowane są do dwóch bioreaktorów o objętości 17500 m³. Każdy reaktor składa się z komory predenitryfikacji (V=864 m³), dwóch komór defosfatacji (beztlenowych) (V=2x675 m³), dwóch komór denitryfikacji (V=2x654,5 m³) oraz dwóch komór nityfikacji (V=2x2618 m³). Z bioreaktorów ścieki przepływają dwóch osadników radialnych wtórnych o średnicy D=36 m. Pomiędzy reaktorem a osadnikami znajduje się punkt dawkowania PIX-u. Oczyszczone ścieki odprowadzane są grawitacyjnie do odbiornika - rzeki Wisłok. Zagęszczony na dnie osadników osad zgarniany jest do lejów osadowych. Dalej kierowany jest do pompowni osadu, gdzie prowadzi się recyrkulację osadu czynnego do komór napowietrzania, osad nadmierny odprowadzany jest bocznym odejściem do zagęszczacza grawitacyjnego. Przeróbka osadu nadmiernego polega na fermentacji beztlenowej w wydzielonych komorach fermentacji, odwadnianiu na prasie taśmowej i higienizacji wapnem (Rys. 2.2).



Rys. 2.2. Schemat linii przeróbki osadu oczyszczalni ścieków w Krośnie

Oczyszczalnia ścieków w Krośnie posiada pozwolenie wodnoprawne [5], którego wymagania prawne są zbieżne z warunkami określonymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska (RMŚ) z dnia 24 lipca 2006 r. dla obiektów o wielkości RLM>100 000. Dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych nie mogą przekraczać wartości parametrów: BZT₅ – 15,0 mg O₂/dm³, ChZT – 125,0 mg O₂/dm³, Z_{og} – 35,0 mg/dm³, N_{og} – 10 mg N/dm³ oraz P_{og} – 1,0 mg P/dm³ [5, 6].

Podstawą analizy efektywności technologicznej oczyszczalni ścieków w Krośnie w aspekcie usuwania zanieczyszczeń są wyniki badań laboratoryjnych ścieków surowych i oczyszczonych z okresu od stycznia 2011 do grudnia 2013 roku udostępnione przez Miejskie Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Sp. z o.o. w Krośnie [3]. Analizę dokonano w oparciu o kryterium najwyższych dopuszczalnych wartości BZT₅, ChZT, zawiesiny ogólnej, azotu i fosforu ogólnego określonych przez pozwolenie wodnoprawne [5]. Z kolei procentową efektywność usuwania zanieczyszczeń ze ścieków w latach 2010-2013 określono na podstawie analizy porównawczej ścieków surowych i oczyszczonych. W niniejszej pracy uwzględniono wszystkie wyniki jakości ścieków, również z okresu, gdy temperatura w komorze osadu czynnego była niższa od 12°C. Zgodnie z RMŚ [6] i pozwoleniem [5] do oceny systemów oczyszczania ścieków uwzględnia się pomiary prowadzone przy temperaturze ścieków w komorze osadu czynnego powyżej 12°C. Niemniej jednak szerokie spektrum wyników całorocznych i ich interpretacja, prezentowana w niniejszej publikacji, w sposób obiektywny obrazuje pracę i funkcjonowanie systemu oczyszczania ścieków.

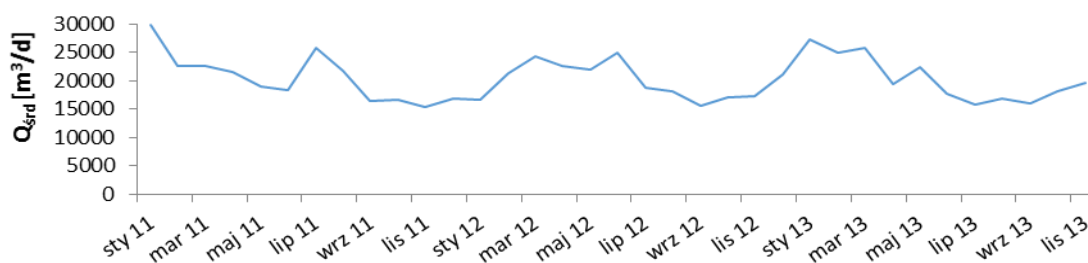
3. Wyniki badań i dyskusja

3.1. Obciążenie hydrauliczne oczyszczalni ścieków

W analizowanym okresie od 1 stycznia 2011 do 31 grudnia 2013 r. do oczyszczalni ścieków w Krośnie dopływały ścieki w ilości około 20 tys. m³/d, stanowiąc 54% jej maksymalnej przepustowości (Rys. 3.1.). Dopuszczalna średniodobowa ilość oczyszczonych ścieków określona w pozwoleniu wodnoprawnym wynosi $Q_{\text{śrd}} = 35\,410$ m³/d dla okresu bezdeszczowego i $Q_{\text{śrd}} = 52\,690$ m³/d dla okresu deszczowego. Pozostałe wartości obciążenia hydraulicznego oczyszczalni w odniesieniu do poszczególnych przepływów przedstawiono w tabeli 3.1.

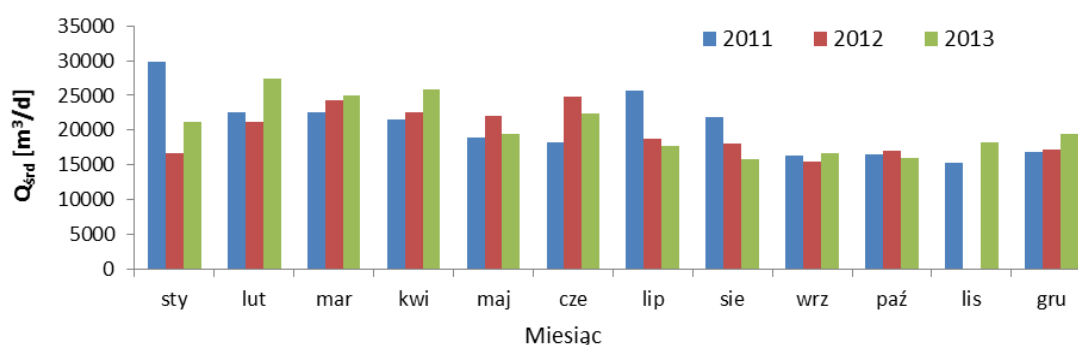
Tabela 3.1. Dopuszczalne ilości oczyszczonych ścieków komunalnych określone pozwoleniem wodnoprawnym.

Ilość ścieków	Okres bezdeszczowy	Okres deszczowy
$Q_{\text{max h}}$ [m ³ /h]	3 234	3 954
$Q_{\text{śrd}}$ [m ³ /d]	35 410	52 690
$Q_{\text{max d}}$ [m ³ /d]	45 240	62 520
$Q_{\text{max roczne}}$ [m ³ /rok]	16 512 600	22 819 800



Rys. 3.1. Charakterystyka hydrauliczna oczyszczalni ścieków w Krośnie w latach 2011-2013.

Analiza obciążenia hydraulicznego obiektu wskazuje, że maksymalne wartości przepływów $Q_{\text{śrd}}$ przypadają w miesiącach od lutego do kwietnia. Wynika to z tego, iż oczyszczalnia przyjmuje również wody opadowe oraz wody pochodzące z roztopów w okresie zimowo-wiosennym. Najmniej ścieków dopływało do oczyszczalni w listopadzie 2011 roku (15285,1 m³/d), z kolei najwięcej 27332,0 m³/d - w lutym 2013 roku. Nie odnotowano sezonowej dynamiki dopływu ścieków do oczyszczalni w Krośnie (Rys. 3.2).



Rys. 3.2. Ilość ścieków dopływających do oczyszczalni w poszczególnych miesiącach.

3.2. Charakterystyka ścieków surowych

Oczyszczalnia ścieków w Krośnie w analizowanym okresie funkcjonowała w zróżnicowanych warunkach stężeń zanieczyszczeń w ściekach surowych (Tab. 3.2.). Wartość BZT_5 oscylowała w przedziale od 48,0 do 590,0 mg/dm³. Średnia wartość BZT_5 w ściekach surowych wynosiła 235,4 mg O₂/dm³. ChZT kształtowało się na poziomie od 53,0 do 1492,0 mg O₂/dm³, przy średniej wartości 640,0 mg O₂/dm³. Stężenie zawiesiny ogólnej wynosiło od 36,0 do 1010,0 mg/dm³, średnio 386,0 mg/dm³. Stężenie związków biogenych oscylowało w

przedziale $22,4 \div 117,0$ mg N/dm³ i $2,2 \div 19,3$ mg P/dm³, przy średnich wartościach odpowiednio 73,0 mg N/dm³ i 9,7 mg P/dm³. W poszczególnych latach rozkład wartości wskaźników BZT₅ i ChZT w ściekach surowych utrzymywał się względnie na tym samym poziomie, przy czym obserwuje się tendencję wzrostową w okresach wiosenno- jesiennych. W przypadku stężenia zawiesiny ogólnej odnotowywano wzrost wartości pod koniec każdego roku. Odnotowano sezonowe zmiany wartości stężeń związków biogenych w ściekach dopływających do oczyszczalni, przy czym w okresie jesienno-zimowym obserwowano tendencję wzrostową ich wartości zarówno azotu, jak i fosforu ogólnego.

Tabela 3.2. Charakterystyka ścieków surowych w latach 2011-2013 w oczyszczalni ścieków w Krośnie

Wybrane statystyki	BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]	ChZT [mg O ₂ /dm ³]	Zaw. og. [mg/dm ³]	N _{og} [mg N/dm ³]	P _{og} [mg P/dm ³]
Średnia	235,4	640,0	386,0	73,0	9,7
Minimum	48,0	53,0	36,0	22,4	2,2
Maksimum	590,0	1492,0	1010,0	117,0	19,3
Mediana	213,0	628,5	370,0	74,1	9,4
Odch. standardowe	98,7	214,9	166,2	19,4	3,6
Wsp. zmienności	0,42	0,34	0,43	0,27	0,37
Percentyl 10%	131,1	383,7	200,0	44,8	5,4
Percentyl 90%	379,8	905,1	580,0	97,6	14,2
Kwartyl	48,0	53,0	36,0	22,4	2,2

Zakres dobowych ładunków zanieczyszczeń organicznych określonych za pomocą wskaźników BZT₅ i ChZT oscylował w przedziale odpowiednio: $1047,0 \div 9729,7$ kg O₂/d i $5624,8 \div 17483,80$ kg O₂/d. Rozkład ładunków zawiesiny ogólnej kształtował się na poziomie od $1442,9 \div 11360,5$ kg/d. Dobowy ładunek związków biogenych wynosił natomiast $621,1 \div 1874,6$ kg N/d oraz $62,4 \div 225,5$ kg P/d. W latach 2011-2013 określone średnie obciążenie oczyszczalni ścieków utrzymywało się na poziomie ok. 119 000 RLM.

3.3. Efektywność oczyszczania ścieków

Efektywność usuwania wybranych zanieczyszczeń wyrażoną jakością ścieków oczyszczonych oraz procentową redukcją analizowanych wskaźników zanieczyszczeń przedstawiono tabelarycznie (Tab. 3.3, 3.4) oraz na wykresach (Rys. 3.3).

Tabela 3.3. Charakterystyka statystyczna jakości ścieków oczyszczonych w latach 2011-2013

Wybrane statystyki	BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]	ChZT [mg O ₂ /dm ³]	Zaw. og. [mg/dm ³]	N _{og} [mg N/dm ³]	P _{og} [mg P/dm ³]
Średnia	4,5	56,6	8,5	13,0	0,30
Minimum	2,9	35,7	3,1	6,8	0,15
Maksimum	7,9	84,0	19,3	27,9	0,60
Mediana	4,2	56,8	7,6	10,3	0,27
Odch. standardowe	1,2	11,7	4,1	5,3	0,11
Wsp. zmienności	0,26	0,21	0,49	0,40	0,37
Percentyl 10%	3,4	43,7	4,6	8,5	0,18
Percentyl 90%	6,0	69,8	13,2	20,6	0,40
Kwartyl	2,9	35,7	3,1	7,2	0,15

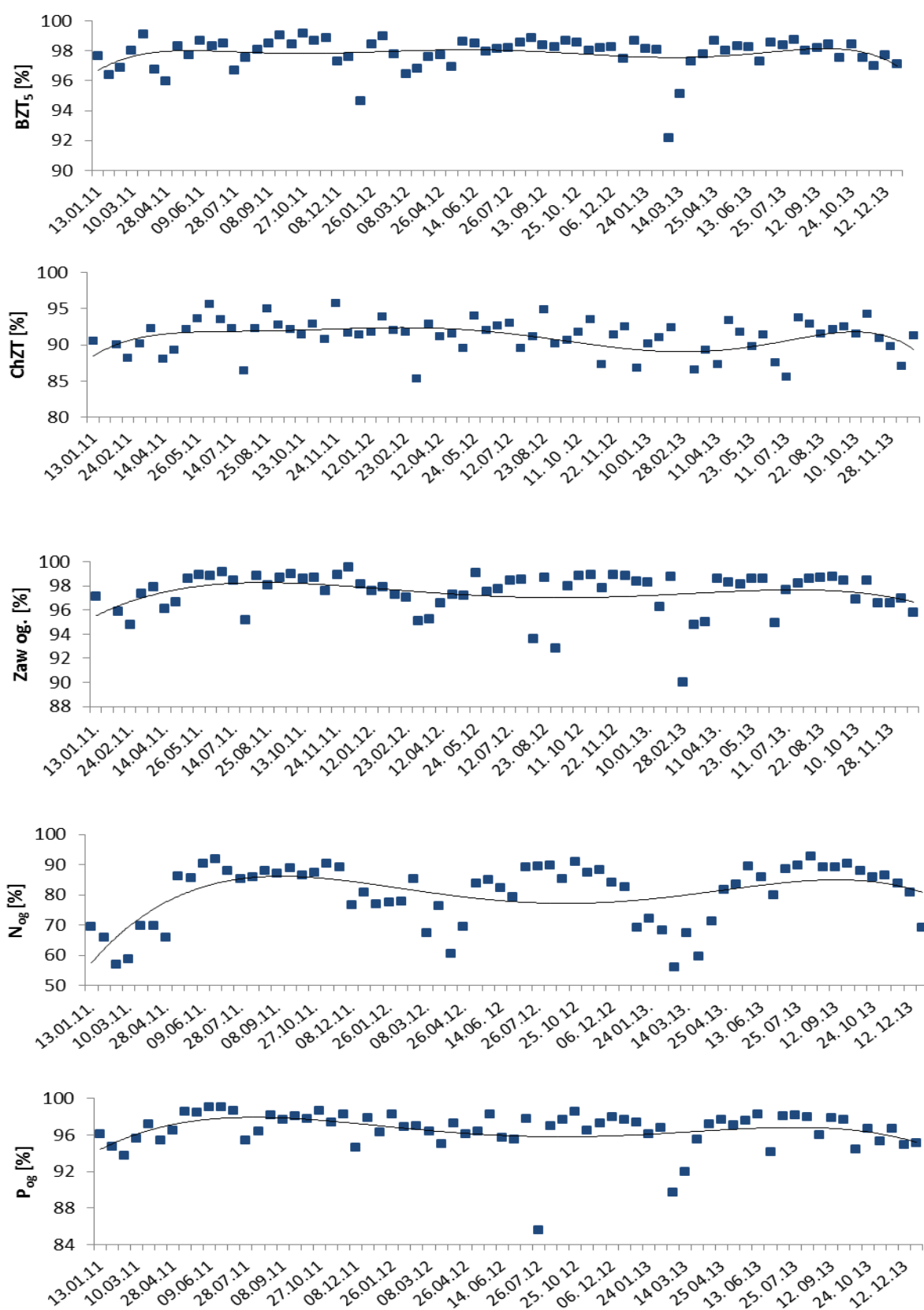
Tabela 3.4. Skuteczność usuwania zanieczyszczeń w oczyszczalni ścieków w Krośnie w latach 2011-2013

Wybrane statystyki	BZT ₅	ChZT	Zaw. og.	N _{og}	P _{og}
Średnia	97,8	91,0	97,5	80,4	96,6
Minimum	92,2	76,6	90,0	56,0	85,6
Maksimum	99,2	95,8	99,5	92,6	99,1
Mediana	98,1	91,6	98,1	84,5	97,0
Odch. standardowe	1,1	2,9	1,7	9,9	2,1
Wsp. zmienności	0,01	0,03	0,02	0,1	0,0
Percentyl 10%	96,7	87,3	95,1	66,9	94,7
Percentyl 90%	98,7	93,8	98,9	89,7	98,3
Kwartył	92,2	76,6	90,0	56,0	85,6

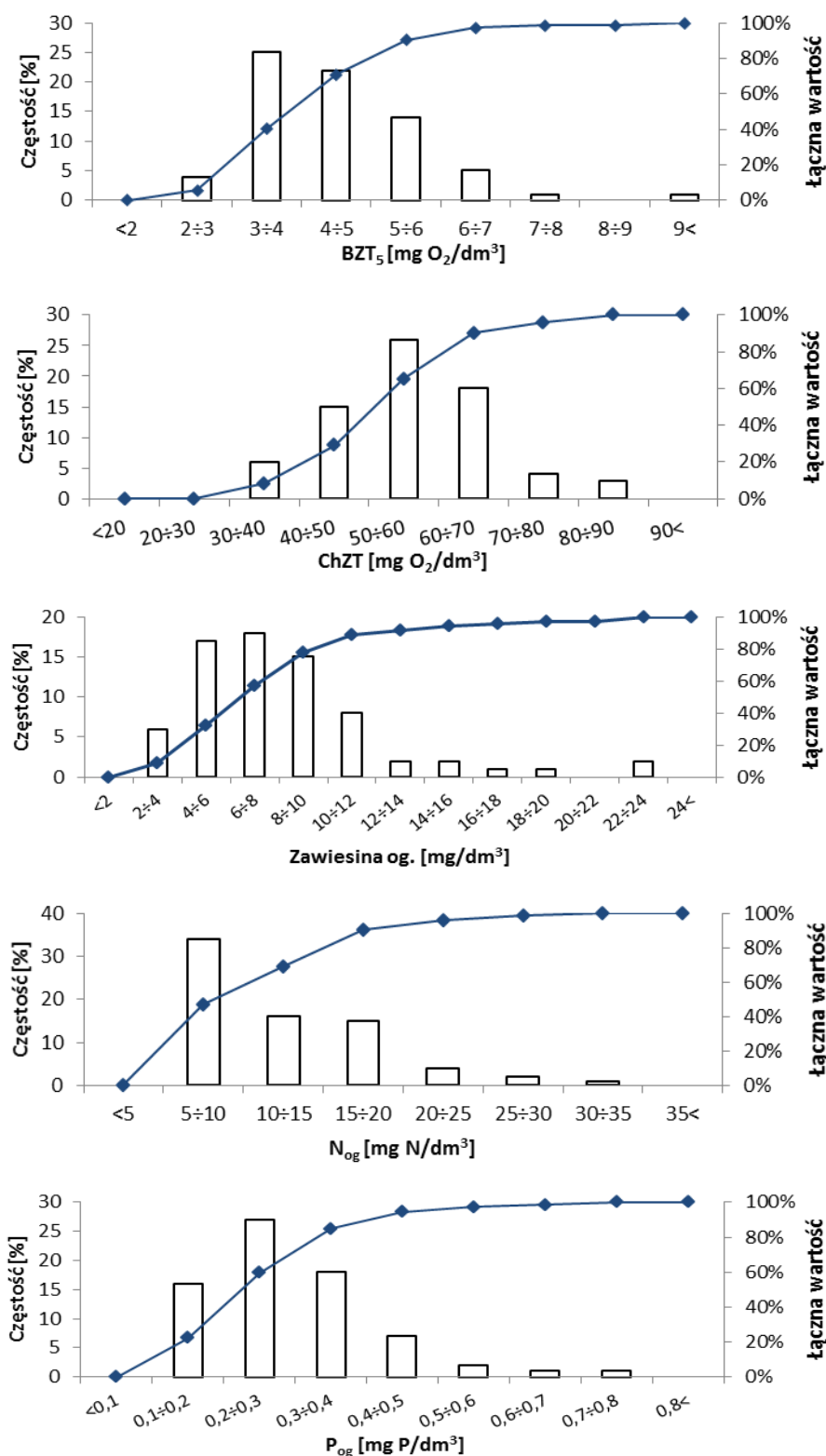
Stężenia rozpatrywanych wskaźników zanieczyszczeń w odpływie z krośnieńskiej oczyszczalni ścieków były znacznie niższe od określonych w pozwoleniu wodnoprawnym (do oceny przekroczeń obowiązkowego limitu azotu ogólnego uwzględnia się pomiary prowadzone przy temperaturze ścieków w komorze osadu czynnego powyżej 12°C). Ścieki oczyszczone charakteryzowały się niską zawartością substancji organicznych, zawiesiny ogólnej oraz związków biogennych. Średni poziom BZT₅ w odpływie z oczyszczalni wynosił 4,3±0,9 mg O₂/dm³, 4,6±1,0 mg O₂/dm³, 4,8±1,6 mg O₂/dm³, odpowiednio w roku 2011, 2012 i 2013. Z kolei średnia wartość ChZT w poszczególnych latach wyniosła: 53,3±10,3 mg O₂/dm³ (2011), 58,9±12,0 mg O₂/dm³ (2012), 57,8±12,7 mg O₂/dm³ (2013). Dla analizowanego trzylecia średnie stężenie związków organicznych zostało określone na poziomie 4,5±1,2 mg O₂/dm³ i 56,6±11,7 mg/dm³ odpowiednio dla BZT₅ i ChZT (tab. 3.3). Średnia zawartość zawiesiny ogólnej w ściekach oczyszczonych osiągnęła w 2011 r. - 7,5±3,4 mg/dm³; w 2012 r. - 9,0±5,3 mg/dm³ oraz w 2013 r. - 8,9±3,8 mg/dm³. Dla całego trzylecia stężenie Z_{og} wyniosło z kolei 8,5±4,1 mg/dm³ (tab. 3.3). W rozpatrywanym okresie w ściekach oczyszczonych uzyskano średnie stężenie azotu ogólnego na poziomie: 14,0±6,7 mg N/dm³ (2011), 12,5±4,4 mg N/dm³ (2012), 12,6±4,8 mg N/dm³ (2013) i 13,0±5,3 mg N/dm³ dla całego trzylecia. Ogólnie wartości stężeń N_{og} oscylowały w zakresie od 6,8 do 27,9 mg N/dm³, a jego wysokie wartości, incydentalne przypadki powyżej 15,0 mg N/dm³, obserwowano w okresie zimowym przy temperaturze ścieków w bioreaktorze niższej od 12°C. W latach 2011-2013 w miesiącach zimowych odnotowano w komorze osadu czynnego temperaturę rzędu od 4,75 do 11,7°C. Średnia zawartość fosforu ogólnego w odpływie z oczyszczalni w poszczególnych latach wyniosła: 0,25±0,09 mg P/dm³ (2011), 0,29±0,11 mg P/dm³ (2012), 0,35±0,13 mg P/dm³ (2013) oraz 0,30±0,11 mg P/dm³ dla całego trzylecia.

Efektywność eliminacji zanieczyszczeń BZT₅, ChZT i P_{og} osiągnęła bardzo wysoki poziom powyżej wymaganego względem RMS wartości 90% oraz znacznie powyżej 75% dla zawiesiny ogólnej. Poziom zmniejszania wartości wskaźnika BZT₅ oscylował na poziomie 92,2÷99,2%, przy średniej wartości 97,9%. Z kolei skuteczność zmniejszania wartości ChZT kształtowała się na poziomie 76,6÷95,8% ze średnią efektywnością 91,0%. Natomiast redukcja zawiesiny ogólnej wyniosła średnio 97,5%, oscylując w przedziale 90,0÷99,5%. Niższą sprawność pracy omawianego obiektu zauważono w przypadku usuwania N_{og}, która była w zakresie 56,0÷92,6%, średnio 80,4% przy wymaganym minimalnym stopniu redukcji 85%. W przypadku P_{og} efektywność usuwania zanieczyszczeń wahała się w przedziale 85,6÷92,6%, przy średniej wartości równej 96,6%. Analiza statystyczna dowiodła także, że sprawność usuwania wszystkich zanieczyszczeń ze ścieków w rozpatrywanym okresie utrzymywała się na stabilnym poziomie. Analiza wyników wskazuje, że efektywność oczyszczalni w Krośnie jest porównywalna do skuteczności innych obiektów, zbliżonych pod względem technologicznym (wielofazowy osad czynny) [7, 8, 9].

Analiza histogramów dla jakości ścieków oczyszczonych wskazuje, że wartości BZT₅ od 3,0 do 5,0 mg O₂/dm³ stanowiły najwięcej 47% obserwacji, z kolei 26% pomiarów wartości ChZT zawierało się w przedziale 50,0÷60,0 mg O₂/dm³. Stężenia zawiesiny ogólnej na poziomie od 4,0 do 8,0 mg/dm³ były najczęściej obserwowane (35% obserwacji). W przypadku związków biogennych najczęściej odnotowane stężenia azotu i fosforu ogólnego w odpływie z oczyszczalni wynosiły odpowiednio 5,0÷10,0 mg N/dm³ (34% obserwacji) oraz 0,2÷0,3 mg P/dm³ (27% obserwacji) (Rys. 3.4).



Rys. 3.3. Przebieg efektywności oczyszczania ścieków oczyszczalni w Krośnie w latach 2011-2013.



Rys. 3.4. Histogram i dystrybuanta jakości ścieków oczyszczonych.

Dopełnieniem oceny efektywności oczyszczania ścieków powinno być wyznaczenie miarodajnych współczynników niezawodności oczyszczalni w aspekcie usuwania wybranych zanieczyszczeń. Do obliczeń niezawodności posłużył współczynnik niezawodności (WN) oraz wskaźnik technologicznej sprawności (P_{sw}). Współczynnik WN wyznaczono w oparciu o iloraz średnich stężeń parametrów w ściekach odpływających i

wartości dopuszczalnej ścieków odpływających z oczyszczalni. Natomiast P_{SW} obliczono na podstawie liczby wyników spełniających wymagania stawiane w pozwoleniu wodnoprawnym w odniesieniu do liczby wszystkich wyników badań [10, 11, 12]. Wartość współczynnika niezawodności WN pracy obiektu kształtowała się w zakresie od 0,24 do 1,3. Dla poszczególnych parametrów wartości WN przedstawiały się następująco: $BZT_5 - 0,3$; $ChZT - 0,45$; $Z_{og} - 0,24$; N_{og} , - 1,30; $P_{og} - 0,30$. Niskie wartości współczynnika WN wskazują na prawidłową pracę oczyszczalni, zaś wysokie świadczą o niskiej skuteczności usuwania danego wskaźnika zanieczyszczeń ze ścieków (w tym przypadku N_{og}). Współczynnik technologicznej sprawności P_{SW} osiągnął wartość 99,9% dla wszystkich parametrów z wyjątkiem N_{og} , dla którego wartość wyniosła 47,0%.

4. Podsumowanie

Oczyszczalnia ścieków w Krośnie jest nowoczesnym obiektem mechaniczno-biologicznym. Analiza pracy obiektu i porównanie otrzymanych wyników względem pozwolenia wodnoprawnego pozwoliła na przeprowadzenie oceny sprawności pracy omawianego obiektu w latach 2011-2013.

Średnia efektywność usuwania związków zanieczyszczeń ze ścieków w analizowanym okresie czasu wyniosła: $BZT_5 - 97,9 \pm 1,1\%$, $ChZT 91,0 \pm 2,9\%$, $Z_{og} - 97,5 \pm 1,7\%$, N_{og} , - $80,4 \pm 9,9\%$ i $P_{og} - 96,6 \pm 2,1\%$. Jakość ścieków oczyszczonych odpowiadała warunkom zdefiniowanym w pozwoleniu wodnoprawnym. Nie odnotowano istotnych przekroczeń wartości zawartych w pozwoleniu wodnoprawnym wydanym dla oczyszczalni w Krośnie. Oczyszczalnia ścieków działa prawidłowo zapewniając wysokie i stabilne usuwanie zanieczyszczeń ze ścieków. Potwierdzeniem dobrej pracy oczyszczalni ścieków są również wyznaczone współczynniki niezawodności technologicznej.

Literatura

1. Bernacka J., Kurbiel J., Pawłowska L., Usuwanie związków biogenych ze ścieków, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa 1995.
2. Guerrero J., Guisasola A., Comas J., Rodríguez-Roda I., Baeza J.A., Multi-criteria selection of optimum WWTP control setpoints based on microbiology-related failures, effluent quality and operating costs. Chemical Engineering Journal, vol. 188, s. 23-29
3. Materiały udostępnione przez Miejskie Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej w Krośnie Sp. z o.o.
4. Operat wodnoprawny na odprowadzanie oczyszczonych ścieków komunalnych oraz wód opadowych z terenu oczyszczalni ścieków komunalnych w Krośnie do rzeki Wisłok.
5. Decyzja Wojewody Podkarpackiego z 27.09.2002 roku w sprawie pozwolenia wodnoprawnego na odprowadzanie ścieków z oczyszczalni ścieków m. Krosno
6. 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. Nr 137, poz. 984 z późniejszymi zmianami).
7. Długosz J., Gawdzik J., Ocena poprawności funkcjonowania miejskiej oczyszczalni ścieków w Ostrowcu Świętokrzyskim. Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska, 2011, vol. 13 (4), s. 1-12.
8. Budkowska A., Długosz J., Gawdzik J., Ocena pracy oczyszczalni ścieków w Starachowicach. Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska, 2012, vol. 14 (3), s. 1-12
9. Baeza J.A., Gabriel D., Lafuente J., Effect of internal recycle on the nitrogen removal efficiency of an anaerobic.anoxic/oxic (A2/O) wastewater treatment plant (WWTP). Process Biochemistry, 2004, vol. 39, iss. 11, s. 1615-1624.
10. Andracka D., Modelowanie pracy oczyszczalni ścieków z wykorzystaniem symulacji Monte Carlo, Inżynieria Ekologiczna, 2011, 24, s. 7-16.
11. Wałęga A., Ocena funkcjonowania oczyszczalni ścieków metodami statycznymi, Forum Eksploatatora, 2009, 5, s. 30-34.
12. Rak J., Wieczysty A., Funkcjonowanie system oczyszczalnia-odbiornik ścieków w świetle teorii niezawodności. IX Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy gospodarki wodno-ściekowej w regionach rolniczo-przemysłowych”. Rajgród, 1997, s. 16-24.

