

ANALIZA ZMIAN JAKOŚCI ŚCIEKÓW W TRAKCIE PROCESÓW OCZYSZCZANIA NA OCZYSZCZALNI W PRZEMYSŁU

Anna Młyńska¹, Krzysztof Chmielowski², Dariusz Młyński²

¹ Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, e-mail: a.mlynska13@gmail.com

² Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, e-mail: k.chmielowski@ur.krakow.pl, dariusz.mlynski@gmail.com

STRESZCZENIE

W oparciu o odnotowane wielkości BZT₅, ChZT_{Cr}, azotu ogólnego (N_{og.}) i fosforu ogólnego (P_{og.}) w ściekach unieszkodliwianych w 2015 roku na oczyszczalni w Przemysłu dokonano oceny ich podatności na rozkład biologiczny. Przeprowadzona analiza wykazała, że skład ścieków surowych zapewniał właściwy przebieg i efektywność procesów biochemicznych, na co wskazują wyznaczone wartości ilorazów ChZT_{Cr}/BZT₅, N_{og.}/BZT₅, P_{og.}/BZT₅. Ponadto, przeanalizowano zmiany wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach po kolejnych etapach oczyszczania. W miarę postępującego procesu oczyszczania następowało stopniowe obniżanie ilości zanieczyszczeń organicznych i związków biogennych, których to największa redukcja osiągnięta została w wyniku procesów biologicznych. Wyniki te świadczą o prawidłowości przebiegu procesów zachodzących na pracującej w układzie dwustopniowym przemyskiej oczyszczalni.

Słowa kluczowe: ścieki, oczyszczanie mechaniczno-biologiczne, rozkład biologiczny

THE ANALYSIS OF THE CHANGES IN THE SEWAGE QUALITY DURING TREATMENT PROCESSES ON THE WASTEWATER TREATMENT PLANT IN PRZEMYSŁ

ABSTRACT

On the basis of the noted BOD₅, COD_{Cr}, total nitrogen (N_{tot.}) and total phosphorus (P_{tot.}) values in sewage treated in 2015 on the Wastewater Treatment in Przemysł, the evaluation of the sewage biodegradability was performed. The conducted analysis showed that the composition of raw sewage provided proper biochemical processes and its effectiveness, which is evidenced by the calculated COD_{Cr}/BOD₅, N_{tot.}/BOD₅ and P_{tot.}/BOD₅ ratios. Moreover, the changes of pollutants indicators in the sewage after the next treatment stages were analyzed. As the sewage treatment process progressed, there was a gradual reduction of the organic and biogenic compounds. The largest reduction was achieved as a result of biological processes. The obtained results indicate the reliability of treatment processes in the two-stage system of Przemysł wastewater treatment plant.

Keywords: sewage, mechanical-biological treatment, biodegradability

WSTĘP

W pierwszym etapie mechanicznego oczyszczania ścieków zachodzącego na kratkach, w wyniku procesu cedzenia, usuwane są większe ciała pływające. Następnie ścieki przepływające przez sita pozbawione zostają ziaren piasku, ale zauważa się także stopniowe zmniejszanie zawartości zawiesiny ogólnej i wielkości BZT₅, których poziom redukcji może mieścić się w przedziałach równych odpowiednio 15–30% i 15–25%. Re-

dukcja biochemicznego (BZT₅) i chemicznego (ChZT) zapotrzebowania na tlen oraz zmniejszanie ilości zawiesin ogólnych zachodzi także w trakcie procesów sedymentacji mających miejsce w osadnikach wstępnych. Efektywność redukcji BZT₅ szacuje się tu na poziomie 25–40%, ChZT – 20–40%, natomiast zawiesiny ogólnej – 40–70%. Ponadto, w osadnikach wstępnych możliwe jest zmniejszenie koncentracji azotu ogólnego (10–20%) i fosforu ogólnego (5–15%) [Heidrich i Witkowski 2015]. Generalnie moż-

na przyjąć, że pierwszy stopień oczyszczania zapewnia usunięcie 60–90% zawiesin opadających, 40–70% zawiesin ogólnych, 25–40% dotyczy frakcji BZT₅, a 15–25% – frakcji ChZT, zaś w najmniejszym stopniu (około 10%), na obiektach części mechanicznej oczyszczalni, odbywa się redukcja związków biogenych [Sadecka 2010]. Z kolei za całkowity rozkład zanieczyszczeń organicznych wyrażanych wskaźnikami BZT₅ i ChZT oraz za usuwanie substancji nieorganicznych reprezentowanych m.in. przez związki azotu i fosforu odpowiedzialne są procesy biochemiczne zachodzące w części biologicznej oczyszczalni [Heidrich i Witkowski 2015].

Procesy biologicznego oczyszczania zachodzą najefektywniej jeśli dopływające do oczyszczalni ścieki surowe charakteryzują się odpowiednim składem. Istotne znaczenie mają tutaj wzajemne relacje pomiędzy wielkościami poszczególnych wskaźników zanieczyszczeń. Stąd też bardzo często określa się podatność bądź oporność obecnych w ściekach zanieczyszczeń organicznych na biodegradację poprzez wyznaczenie odpowiednich stosunków obejmujących ChZT/BZT₅, BZT₅/OWO czy ChZT/OWO, których wartości w kolejnych etapach oczyszczania ulegają zmianom. Generalnie, większy iloraz ChZT/BZT₅ świadczy o znacznym udziale substancji niebiodegradowalnych, co w przypadku ścieków surowych może się wiązać np. z dużym udziałem ścieków przemysłowych. Efektywnie zachodzące procesy oczyszczania powodują zmniejszanie zawartości związków łatwo rozkładalnych przy pozostającej na stosunkowo wyrównanym poziomie zawartości związków trudno rozkładalnych, co w konsekwencji powoduje wzrost wartości ilorazu ChZT/BZT₅ do poziomu bliskiego nawet 10 [Miksch i Sikora 2010, Sadecka 2010, Bartoszewski i in. 1997, Bever 1997, Klimiuk i Łebkowska 2003, Płuciennik-Koropczuk i Jakubaszek 2012]. Równomierne obniżanie wartości BZT₅ i ChZT w miarę postępującego procesu oczyszczania świadczy o podatności zanieczyszczeń na procesy utleniania. Z kolei zmniejszanie wielkości BZT₅ przy utrzymującym się na wciąż wysokim poziomie ChZT wskazuje na oporność substratów na biodegradację [Miksch i Sikora 2010, Płuciennik-Koropczuk i Jakubaszek 2012]. Oprócz tego, w oparciu o stosunek N_{og.}/BZT₅ dokonuje się oceny podatności ścieków na biologiczne usuwanie azotu oraz oceny ich podatności redukcją związków fosforu (stosunek P_{og.}/BZT₅) [Heidrich i Witkowski 2015, Łomotowski

i Szpindor 1999, Bever 1997, Janosz-Rajczyk i in. 2008, Klimiuk i Łebkowska 2008]. Określenie tych relacji jest to o tyle istotne, ponieważ zawartość łatwo przyswajalnego węgla w ściekach wpływa na przebieg procesów usuwania azotu na drodze denitryfikacji oraz procesów biologicznego usuwania fosforu. Jeśli jest niedostateczna, należy wówczas dodawać węgiel organiczny celem zapewnienia prawidłowości przebiegu obydwu procesów, bądź stosować metody chemicznego strącania fosforu [Zdebek i Głodniok 2010, Janosz-Rajczyk 2008].

W niniejszym artykule szczegółowej analizie poddano jakość ścieków unieszkodliwianych na oczyszczalni ścieków w Przemyślu w 2015 roku. Opracowania dokonano pod kątem oceny podatności ścieków na rozkład biochemiczny oraz pod kątem kształtowania się wielkości poszczególnych wskaźników zanieczyszczeń po kolejnych etapach oczyszczania zachodzących na przemysłowej oczyszczalni. Tego typu analiza ma na celu ocenę skuteczności i prawidłowości pracy obiektu biorąc pod uwagę nie tylko jakość ścieków odprowadzanych do odbiornika, ale także parametry jakościowe ścieków po procesach zachodzących w części mechanicznej i biologicznej, co pozwoli dodatkowo ocenić, czy zapewniły one typowe efekty oczyszczania dla obiektów pracujących w systemach dwustopniowych.

CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU BADAŃ

Oczyszczalnia ścieków będąca przedmiotem niniejszego opracowania położona jest w dolinie rzeki San i obsługuje obszar przemysłowej aglomeracji, obejmującej miasto i gminę Przemyśl oraz gminę Krasieczyn. Dopływające ścieki komunalne i przemysłowe poddawane są procesom mechaniczno-biologicznego oczyszczania. Równoważna liczba mieszkańców, na którą zwymiarowano obiekt wynosi 101 833. Średni dobowy dopływ ścieków do przemysłowej oczyszczalni określono na poziomie 28 200 m³·d⁻¹, natomiast przepływ maksymalny dobowy wynosi 45 200 m³·d⁻¹ [Sprawozdanie... 2015].

Funkcjonująca od 1979 roku oczyszczalnia ścieków w Przemyślu w latach 2004–2006 poddana została modernizacji i rozbudowie, której celem było głównie zapewnienie parametrów jakościowych ścieków odprowadzanych do środowiska naturalnego, które będą zgodne z obowiązującymi zarówno w kraju, jak

i w Unii Europejskiej prawnymi regulacjami. Przed przebudową obiekt nie był przystosowany do usuwania związków azotu i fosforu, a sposób zagospodarowywania wytwarzanych w procesach technologicznych osadów był kłopotliwy [www.mapadotacji..., www.pwik...]

Przemyska oczyszczalnia ścieków podzielona jest na trzy główne części, obejmujące obiekty do mechanicznego i biologicznego oczyszczania ścieków oraz urządzenia do przeróbki i unieszkodliwiania powstałych osadów ściekowych (rys. 1).

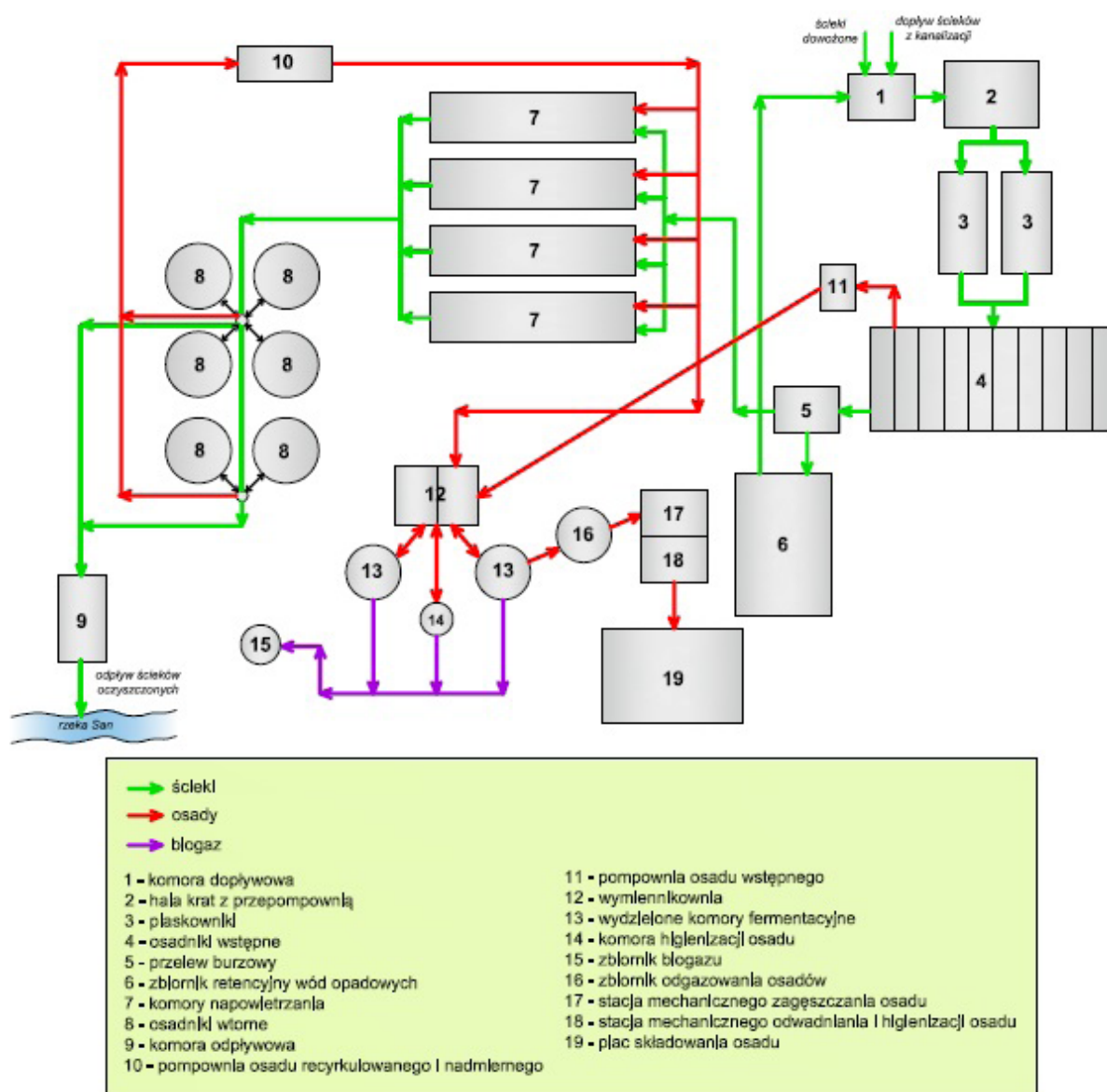
Część mechaniczna

Dopływające ścieki surowe kierowane są przez komorę dopływową do budynku hali krat

z przepompownią, w którym to na trzech kratach hakowych poddawane są procesom oddzielenia większych części stałych. Następnie, ścieki przepompowywane są do dwóch piaskowników, po czym w ostatnim etapie oczyszczania mechanicznego, ścieki przepływają do dziesięciu prostokątnych osadników wstępnych, w których następuje odseparowanie powstałych osadów [Winczura 2015].

Część biologiczna

Odptywające z osadników wstępnych mechanicznie oczyszczone ścieki poddawane są procesom biologicznego oczyszczania, które odbywają się w czterech, równolegle pracujących komorach



Rys. 1. Schemat technologiczny oczyszczalni ścieków w Przemysłu
 Fig. 1. A technological scheme of the Wastewater Treatment Plant in Przemysł

napowietrzania wykorzystujących metodę osadu czynnego. W każdej z komór znajduje się strefa defosfatacji, denitryfikacji i nityfikacji oraz dwie strefy buforowe. Następnie, ścieki odpływają do sześciu osadników wtórnych radialnych, z których sklarowane ścieki oczyszczone odprowadzane są poprzez komorę pomiarową do rzeki San. Z kolei wysedymentowane osady z osadnika wtórnego odpływają przez pompownię osadu recyrkulowanego i nadmiernego do komór napowietrzania (osad recyrkulowany) i do komór fermentacyjnych (osad nadmierny) [Winczura 2015].

Część osadowa

Odseparowane w osadnikach wstępnych osady spływają do pompowni osadu wstępnego, z której przetłaczane są do dwóch wydzielonych zamkniętych komór fermentacyjnych i do komory higienizacji osadu. Przefermentowane osady wstępne z osadników wstępnych oraz osad nadmierny z osadników wtórnych odpływają do zbiornika odgazowania, a następnie do stacji zagęszczania i odwadniania osadu. Odwodniony osad gromadzony jest na placu składowym, po czym może zostać wykorzystany do celów rolniczych. Z kolei wytwarzany w komorach fermentacyjnych biogaz jest odsiarczany, gromadzony w zbiorniku biogazu i stosowany do produkcji energii elektrycznej i ciepłej, wykorzystywanej na potrzeby własne oczyszczalni [Winczura 2015].

MATERIAŁY I METODYKA

Podstawę przeprowadzonej analizy stanowią odnotowane w 2015 roku na oczyszczalni ścieków w Przemysłu wielkości czterech głównych wskaźników zanieczyszczeń obejmujących BZT_5 , $ChZT_{Cr}$, azot ogólny ($N_{og.}$) i fosfor ogólny ($P_{og.}$), których komplet udostępniony został przez eksploatatora obiektu. Parametry te mierzone były w ściekach surowych dopływających do oczyszczalni, w ściekach po procesach mechanicznego oczyszczania oraz w ściekach biologicznie oczyszczonych dwukrotnie w każdym miesiącu analizowanego roku, a więc analizie poddano łącznie po 24 próby ścieków pochodzące z kolejnych etapów oczyszczania. Dla każdego z parametrów wyznaczono wartości średnioroczne oraz osiągnięte wielkości minimalne i maksymalne.

W pierwszej kolejności dokonano oceny podatności ścieków dopływających do oczyszczalni w Przemysłu oraz ścieków poddanych procesom

mechanicznego i biologicznego oczyszczania na rozkład zanieczyszczeń organicznych wyrażanych stosunkiem $ChZT_{Cr}/BZT_5$. W tym celu przyrównano do siebie wyznaczone średnioroczne wielkości obydwu wskaźników zawartości związków organicznych. Oceny tej dokonano w oparciu o dostępne w literaturze zależności opisujące miary biodegradowalności obecnych w ściekach zanieczyszczeń organicznych wg niżej przedstawionych zależności [Miksch i Sikora 2010, Klimiuk i Łebkowska 2003]:

$ChZT/BZT_5 < 2,0 \rightarrow$ łatwa podatność na rozkład biologiczny (1)

$ChZT/BZT_5 = 2,0 \div 2,5 \rightarrow$ średnia podatność na rozkład biologiczny (2)

$ChZT/BZT_5 = 2,5 \div 5,0 \rightarrow$ słaba podatność na rozkład biologiczny (3)

$ChZT/BZT_5 > 5,0 \rightarrow$ materia nierozkładalna (4)

Dodatkowo, bazując na wielkościach średniorocznych stężeń azotu ogólnego ($N_{og.}$) i fosforu ogólnego ($P_{og.}$), zarówno w ściekach przed wprowadzeniem ich do układu technologicznego oraz po poszczególnych etapach oczyszczania, określono podatność ścieków na procesy biologicznego usuwania związków biogenych. Do tego celu wyznaczono ilorazy wartości $N_{og.}/BZT_5$ oraz $P_{og.}/BZT_5$, a następnie przyrównano je do wartości podawanych w literaturze, które wskazują, że procesy denitryfikacji (5) i defosfatacji (6) najefektywniej zachodzą wówczas, gdy [Heidrich i Witkowski 2015, Janosz-Rajczyk i in. 2008, Łomotowski i Szpindor 1999]:

$N_{og.}/BZT_5 < 0,25$ (5)

$P_{og.}/BZT_5 < 0,04$ (6)

W oparciu o odnotowane wielkości każdego z czterech analizowanych wskaźników zanieczyszczeń, na rysunkach 3–6 w sposób graficzny zobrazowano zmiany ich wartości po poszczególnych etapach oczyszczania. Osiągnięty poziom redukcji wskaźników zanieczyszczeń w ściekach po procesach mechanicznego (I stopień) i biologicznego oczyszczania (II stopień) wyznaczono na podstawie niżej przedstawionych wzorów:

$$\eta_I = \frac{C_{sur.} - C_I}{C_{sur.}} \cdot 100 [\%]$$

gdzie: η_I – procentowa redukcja danego wskaźnika zanieczyszczeń po procesach mechanicznego oczyszczania [%],

C_{sur} – stężenie danego wskaźnika zanieczyszczeń w ściekach surowych, $[mg \cdot dm^{-3}]$,

C_I – stężenie danego wskaźnika zanieczyszczeń w ściekach po procesach mechanicznego oczyszczania, $[mg \cdot dm^{-3}]$.

$$\eta_{II} = \frac{C_I - C_{II}}{C_I} \cdot 100 [\%]$$

gdzie: η_{II} – procentowa redukcja danego wskaźnika zanieczyszczeń po procesach biologicznego oczyszczania [%],

C_I – stężenie danego wskaźnika zanieczyszczeń w ściekach po procesach mechanicznego oczyszczania, $[mg \cdot dm^{-3}]$,

C_{II} – stężenie danego wskaźnika zanieczyszczeń w ściekach po procesach biologicznego oczyszczania, $[mg \cdot dm^{-3}]$.

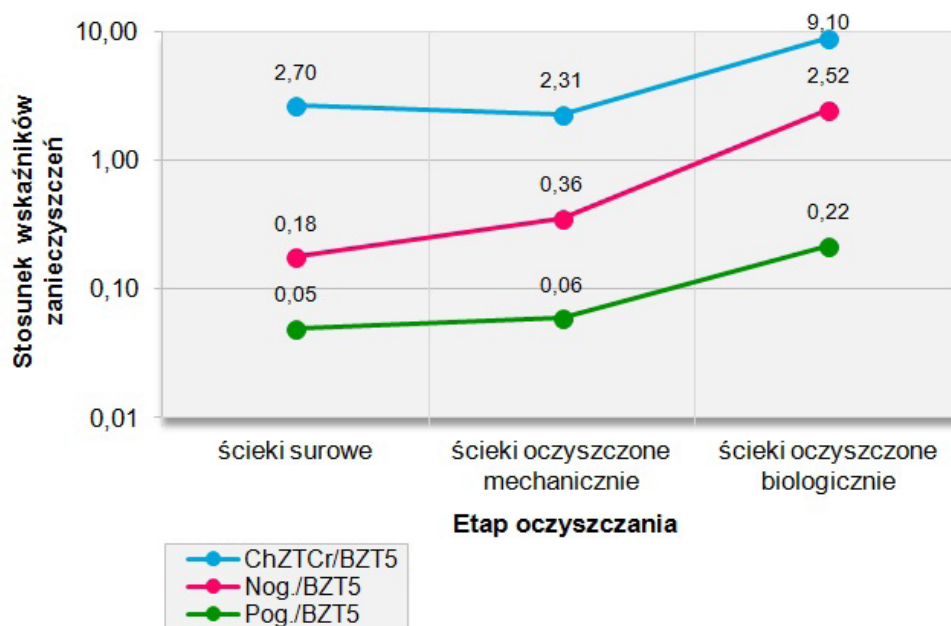
Wyznaczone średnie wartości analizowanych wskaźników zanieczyszczeń w ściekach po procesach biologicznego oczyszczania przyrównano dodatkowo do wartości dopuszczalnych regulowanych przez Rozporządzenie Ministra Środowiska [Rozporządzenie...2014], zgodnie z którym wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach odprowadzanych do środowiska naturalnego z oczyszczalni o RLM będącej na poziomie 100 000 bądź większym nie powinny przekraczać:

- dla BZT_5 – $15,0 mgO_2 \cdot dm^{-3}$,
- dla $ChZT_{Cr}$ – $125,0 mgO_2 \cdot dm^{-3}$,
- dla azotu ogólnego – $10,0 mg \cdot dm^{-3}$,
- dla fosforu ogólnego – $1,0 mg \cdot dm^{-3}$.

ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Podatność ścieków na rozkład biologiczny

Zgodnie z przedstawioną zależnością (3), można uznać, że ścieki surowe dopływające w 2015 roku do oczyszczalni w Przemysłu charakteryzowały się raczej słabą podatnością na biologiczny rozkład zanieczyszczeń organicznych, o czym świadczy średnioroczna wielkość wyznaczonego ilorazu $ChZT_{Cr}/BZT_5$ równa 2,70 (rys. 2). Procesy mechanicznego oczyszczania spowodowały nieznaczny spadek wielkości tego parametru, co sugeruje iż ścieki stały się bardziej podatne na procesy biodegradacji (zgodnie z zależnością (2) – podatność średnia), dzięki równomiernemu obniżaniu się wartości $ChZT_{Cr}$ i BZT_5 na etapie pierwszego stopnia oczyszczania. Natomiast ukształtowanie się stosunku $ChZT/BZT_5$ na poziomie równym 9,10 po procesach zachodzących w biologicznej części oczyszczalni wskazuje na wysoki stopień rozkładu związków organicznych i pozostałość w ściekach substancji organicznych trudno rozkładalnych. Generalnie, wyznaczone



Rys. 2. Podatność ścieków surowych i ścieków po kolejnych etapach oczyszczania na rozkład biologiczny wyrażana stosunkami $ChZT_{Cr}/BZT_5$, $N_{og.}/BZT_5$ i $P_{og.}/BZT_5$

Fig. 2. A susceptibility of the raw sewage and sewage after the next treatment stages on biodegradability based on COD_{Cr}/BOD_5 , $N_{tot.}/BOD_5$ and $P_{tot.}/BOD_5$ ratios

relacje pomiędzy ChZT_{Cr} a BZT_5 wskazują na prawidłowość przebiegu procesów usuwania zanieczyszczeń organicznych w systemie dwustopniowym przemysłowej oczyszczalni (rys. 2).

Analizując natomiast podatność ścieków surowych na rozkład związków biogenych zauważa się, że skład ścieków związany z właściwymi proporcjami pomiędzy azotem ogólnym (N_{og}) a BZT_5 , oraz fosforem ogólnym (P_{og}) a BZT_5 zapewnił odpowiednie warunki do przebiegu procesów biologicznego usuwania związków azotu na drodze denitryfikacji oraz usuwania związków fosforu w trakcie procesów defosfatacji. Ponadto, w miarę postępującego procesu oczyszczania odnotowuje się wzrost obydwu ilorazów, w szczególności po procesach biologicznego oczyszczania, co świadczy o zmniejszaniu się ilości substancji biologicznie rozkładalnych i o efektywności procesów usuwania zarówno związków azotu, jak i związków fosforu (rys. 2). Kształtowanie się wielkości $\text{N}_{\text{og}}/\text{BZT}_5$ i $\text{P}_{\text{og}}/\text{BZT}_5$ w kolejnych etapach oczyszczania było typowe dla prawidłowo funkcjonujących oczyszczalni mechaniczno-biologicznych.

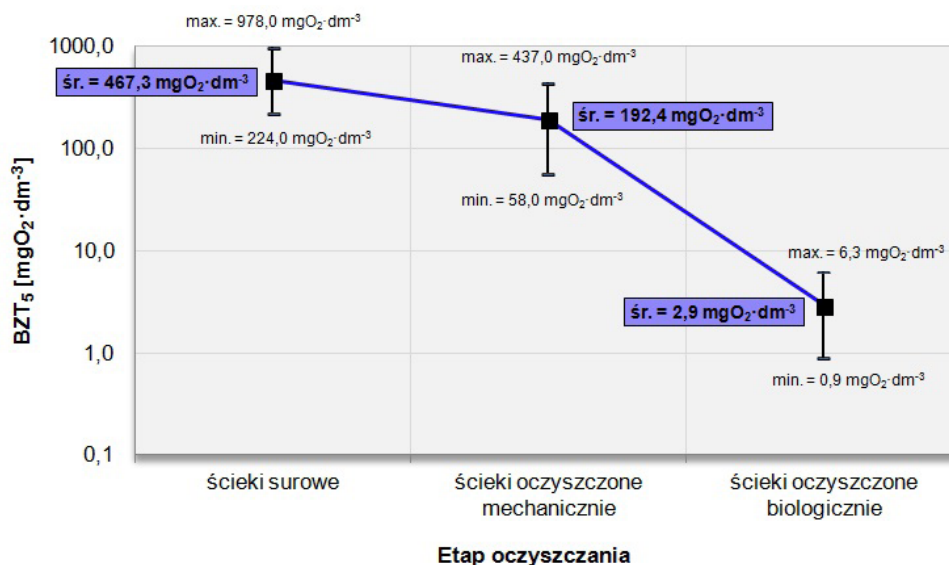
Zmiany wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach po kolejnych etapach oczyszczania

Na rysunku 3 przedstawiono zmiany wartości BZT_5 w ściekach unieszkodliwianych na oczyszczalni w Przemyślu w 2015 roku. Jak widać, w miarę postępującego procesu oczyszczania, wartości BZT_5 ulegały stopniowemu zmniejszaniu. Procesy zachodzące na obiektach części me-

chanicznej zapewniły 59-cio procentową redukcję analizowanego wskaźnika zanieczyszczeń, natomiast w wyniku procesów biologicznego rozkładu materii organicznej osiągnięto aż 98% redukcję wartości BZT_5 (rys. 7). Odnotowano, że średnia wielkość BZT_5 w ściekach oczyszczonych odprowadzonych w 2015 roku z oczyszczalni w Przemyślu do rzeki San, równa $2,9 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$, była aż o 80,0% mniejsza od wartości dopuszczalnej ($15,0 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$) regulowanej przez obowiązujące prawo [Rozporządzenie...2014].

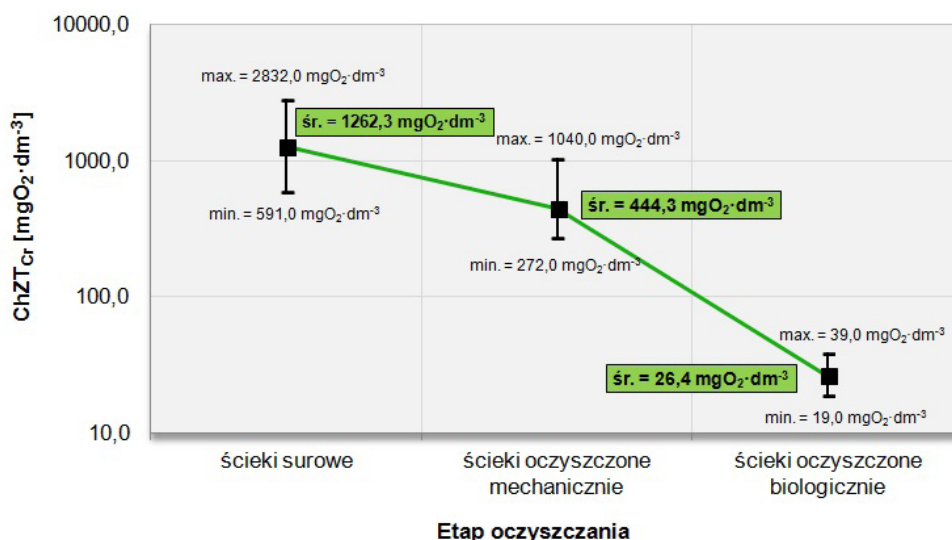
Podobnie jak w przypadku BZT_5 , również wartości drugiego analizowanego wskaźnika zanieczyszczeń organicznych – ChZT_{Cr} w kolejnych etapach oczyszczania na przemysłowej oczyszczalni ulegały stopniowemu obniżaniu, co widoczne jest na wykresie na rysunku 4. Już na etapie oczyszczania mechanicznego wyraźnie zmniejszona została ilość zanieczyszczeń organicznych o czym świadczy bardzo wysoki poziom redukcji ChZT_{Cr} ($\eta_{\text{ChZT}_{\text{Cr}}}$) równy 65,0%, natomiast procesy biologicznego oczyszczania zapewniły dalej redukcję ChZT_{Cr} na poziomie 94,0% (rys. 7), dzięki czemu ścieki oczyszczone spełniały wymagania co do maksymalnej wartości tego wskaźnika w ściekach odprowadzanych do środowiska naturalnego. Średnioroczna wielkość ChZT_{Cr} w ściekach po procesach biologicznego oczyszczania ukształtowała się na poziomie równym $26,4 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$, a więc była mniejsza od wartości dopuszczalnej ($125,0 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$) o blisko 80,0% (rys. 4).

Podsumowując, uzyskane wyniki odnoszące do zmian wartości BZT_5 i ChZT_{Cr} wskazują na wysoką efektywność i prawidłowość pracy prze-



Rys. 3. Zmiany wartości BZT_5 w ściekach po kolejnych etapach oczyszczania

Fig. 3. BOD₅ values changes in sewage after the next sewage treatment stages



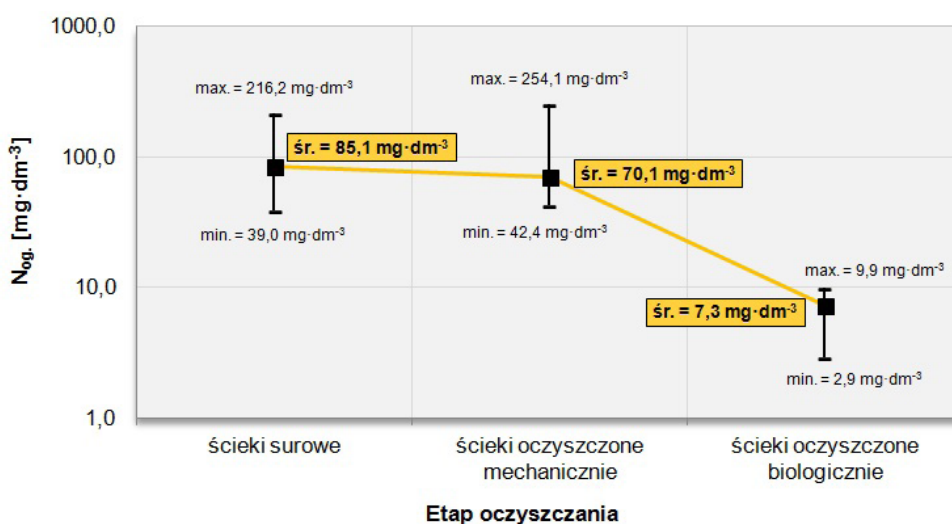
Rys. 4. Zmiany wartości ChZT_{Cr} w ściekach po kolejnych etapach oczyszczania
 Fig. 4. COD_{Cr} values changes in sewage in after the next sewage treatment stages

myskiej oczyszczalni ścieków w odniesieniu do redukcji zanieczyszczeń organicznych zachodzących zarówno na obiektach części mechanicznej, jak i biologicznej.

Poddając natomiast analizie kształtowanie się wartości stężenia azotu ogólnego (N_{og.}) w ściekach oczyszczanych na oczyszczalni w Przemyśle (rys. 5) zauważono, że część z poddanych analizie próbie ścieków po procesach mechanicznego oczyszczania charakteryzowało się zwiększoną zawartością związków azotu w porównaniu z ich wartościami odnotowanymi w ściekach surowych wprowadzanych do układu technologicznego, przez co wyznaczona średnioroczna redukcja azotu ogólnego w ściekach poddanych

oczyszczaniu mechanicznemu ukształtowała się na stosunkowo niskim poziomie ($\eta_{\text{INog.}} = 18,0\%$). Z kolei następny etap oczyszczania obejmujący procesy biologiczne zapewnił wyraźne zmniejszenie koncentracji azotu ogólnego (rys. 5), w efekcie którego jakość ścieków oczyszczonych odprowadzanych do odbiornika spełniała wymagania co do maksymalnego stężenia azotu ogólnego równego 10,0 mg·dm⁻³. Osiągnięty w wyniku biologicznych procesów wysoki poziom redukcji związków azotu ($\eta_{\text{IINog.}} = 90,0\%$) (rys. 7) świadczy o prawidłowości przebiegu procesów drugiego stopnia oczyszczania.

Ostatnim przeanalizowanym wskaźnikiem zanieczyszczeń w ściekach unieszkodliwianych

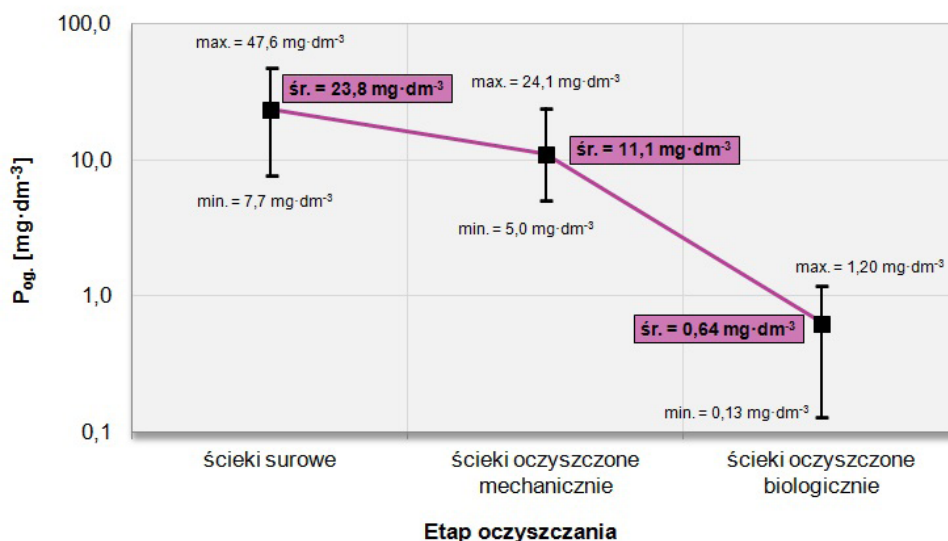


Rys. 5. Zmiany stężenia azotu ogólnego (N_{og.}) w ściekach po kolejnych etapach oczyszczania
 Fig. 5. Total nitrogen (N_{tot.}) concentration changes in sewage after the next sewage treatment stages

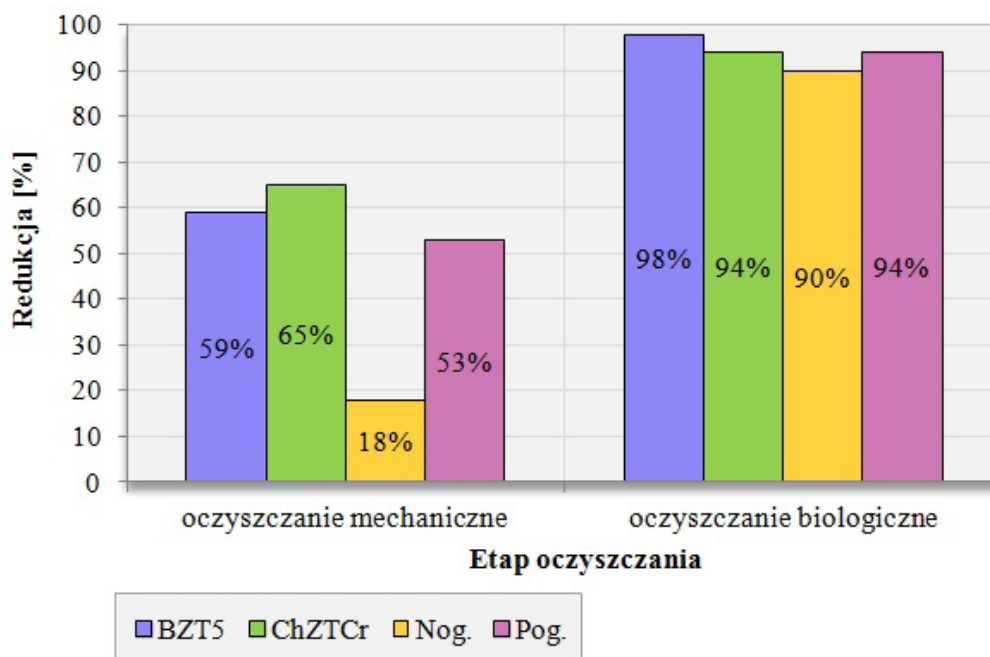
na przemysłowej oczyszczalni w 2015 roku jest fosfor ogólny ($P_{og.}$) (rys. 6). Kolejno postępujące po sobie procesy mechanicznego i biologicznego oczyszczania powodowały obniżanie stężeń obecnych w ściekach związków fosforu i zapewniły one odpowiednio aż 53,0%-ową i 94,0%-ową redukcję fosforu ogólnego. Wysoka skuteczność zachodzących procesów oczyszczania zapewniła ochronę rzeki San przed nadmierną ilością zrzucanych do jej wód związków fosforu. Wyznaczone średnioroczne stężenie fosforu ogólne-

go ($P_{og.}$) w ściekach oczyszczonych wyniosło $0,64 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, a więc było mniejsze od dopuszczalnego stężenia ($1,0 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) regulowanego przez obowiązujące prawo [Rozporządzenie...2014].

Ogólnie rzecz biorąc, osiągnięte efekty usuwania związków biogenych na oczyszczalni w Przemysłu są typowe dla obiektów pracujących w układzie dwustopniowym. Można zatem stwierdzić, że analizowany obiekt w właściwy sposób został przystosowany do usuwania związków azotu i fosforu.



Rys. 6. Zmiany stężenia fosforu ogólnego ($P_{og.}$) w ściekach po kolejnych etapach oczyszczania
 Fig. 6. Total phosphorus ($P_{tot.}$) concentration changes in sewage after the next sewage treatment stages



Rys. 7. Redukcja wskaźników zanieczyszczeń po kolejnych etapach oczyszczania
 Fig. 7. Pollutants indicators reduction after the next sewage treatment stages

PODSUMOWANIE

Z przeprowadzonej w niniejszym artykule analizy odnotowanych w 2015 roku wartości BZT_5 , $ChZT_{Cr}$ oraz stężeń azotu ogólnego (N_{og}) i fosforu ogólnego (P_{og}) w ściekach dopływających do oczyszczalni w Przemysłu wynika, że unieszkodliwiane tam nieczystości były podatne na procesy biologicznego rozkładu zanieczyszczeń organicznych i związków biogenych, na co wskazują wyznaczone wartości ilorazów $ChZT_{Cr}/BZT_5$, N_{og}/BZT_5 , P_{og}/BZT_5 . Sposób w jaki kształtowały się ich wielkości w kolejnych etapach oczyszczania są typowe dla prawidłowo funkcjonujących obiektów w dwustopniowym układzie mechaniczno-biologicznym.

W miarę postępującego procesu oczyszczania następowało stopniowe obniżanie ilości zanieczyszczeń organicznych, o czym świadczą zmniejszające się wartości BZT_5 i $ChZT_{Cr}$ po przepłynięciu ścieków przez obiekty części mechanicznej i kolejno przez część biologiczną oczyszczalni. Podobnie również w kolejnych etapach oczyszczania stężenie fosforu ogólnego (P_{og}) ulegało stopniowemu obniżaniu. Jedynie w przypadku azotu ogólnego (N_{og}), w części próbek ścieków mechanicznie oczyszczonych odnotowano wzrost jego wartości względem tych odnotowanych w próbkach ścieków surowych, aczkolwiek to procesy biologicznego oczyszczania zapewniły bardzo wysoki poziom redukcji wszystkich czterech analizowanych wskaźników zanieczyszczeń. Dzięki temu, jakość ścieków oczyszczonych odprowadzanych w 2015 roku do rzeki San była zgodna z obowiązującymi prawnymi regulacjami.

Podsumowując można stwierdzić, iż oczyszczalnia ścieków w Przemysłu w właściwy sposób została przystosowana do usuwania zanieczyszczeń organicznych i związków biogenych, a efektywność zachodzących tam procesów oczyszczania jest typowa dla poprawnie działających oczyszczalni mechaniczno-biologicznych.

LITERATURA

1. Bartoszewski K. i in. 1997. Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków. Wydanie II, PZITS, Poznań.
2. Bever J., Stein A., Teichmann H. 1997. Zaawansowane metody oczyszczania ścieków. Oficyna Wydawnicza Projprzem-EKO, Bydgoszcz.
3. Heidrich Z., Witkowski A. 2015. Urządzenia do oczyszczania ścieków: projektowanie, przykłady obliczeń. Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa.
4. Janosz-Rajczyk M. i in. 2008. Badania wybranych procesów oczyszczania ścieków. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa.
5. Klimiuk E., Łebkowska M. 2003. Biotechnologia w ochronie środowiska. Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa.
6. Łomotowski J., Szpindor A. 1999. Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków. Wydawnictwo Arkady, Warszawa.
7. Miksch K., Sikora J. 2010. Biotechnologia ścieków. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
8. Pluciennik-Koropczuk E., Jakubaszek A. 2012. Podatność ścieków na rozkład biochemiczny w procesach mechaniczno-biologicznego oczyszczania. Zeszyty Naukowe. Inżynieria Środowiska, 148 (28), 73–83.
9. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 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. 2014 poz. 1800].
10. Sadecka Z. 2010. Podstawy biologicznego oczyszczania ścieków. Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa.
11. Sprawozdanie z realizacji Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych (KPOŚK) za rok 2015.
12. Winczura M. 2015. Oczyszczalnia ścieków w Przemysłu. Forum Eksploatatora, 5(80), 20–23.
13. www.mapadotacji.gov.pl/projekt/118
14. www.pwik.przemysl.pl/item,57,modernizacja-oczyszczalni-sciekow-w-przemyslu-zakonczone.htm
15. Zdebek D., Głodniok M. 2010. Wyniki badań podatności ścieków na rozkład biologiczny – frakcje ChZT na przykładzie oczyszczalni ścieków w Rybniku. Prace Naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko, 4, 97–114.