

OCENA SKUTECZNOŚCI ORAZ STABILNOŚCI PRACY OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W ZABAJCE

Dariusz Młyński¹, Krzysztof Chmielowski¹, Anna Młyńska²

¹ Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, e-mail: dariusz.mlynski@gmail.com, k.chmielowski@ur.krakow.pl

² Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, e-mail: a.mlynska13@gmail.com

STRESZCZENIE

W pracy dokonano oceny skuteczności i oraz stabilności pracy oczyszczalni ścieków w Zabajce na podstawie wyników pomiarów fizyko-chemicznych próbek ścieków surowych i oczyszczonych odnotowanych w latach 2010 – 2014. Analizą objęto następujące wskaźniki zanieczyszczeń: BZT₅, ChZT_{Cr} oraz zawiesinę ogólną na podstawie dla których wyznaczono podstawowe statystyki opisowe, procentową wielkość redukcji oraz współczynniki niezawodności technologicznej oczyszczalni (WN). Oceny stabilności pracy oczyszczalni dokonano na podstawie kart kontrolnych X dla pojedynczej próby. Bazując na uzyskanych wynikach stwierdzono, że analizowana oczyszczalnia ścieków działa w sposób prawidłowy, o czym świadczą wysokie wartości redukcji wskaźników zanieczyszczeń oraz wielkości WN, które są mniejsze od 1,00. Analiza kart kontrolnych wskazuje na niestabilność procesu oczyszczania jedynie w odniesieniu do ChZT_{Cr}, co jednak nie wpływa na sprawność oczyszczania względem tego wskaźnika.

Słowa kluczowe: ścieki, oczyszczalnia ścieków, skuteczność pracy, stabilność pracy.

THE ASSESMENT OF THE EFFICENCY AND STABILITY OF WORK SEWAGE TREATMENT PLANT IN ZABAJKA

ABSTARCT

In the article the assessment of the efficiency and stability of work sewage treatment plant in Zabajka was performed based on the results of the physico-chemical measurements raw sewage and treated sewage noted in the period between 2010 and 2014. The analysis was performed for the following pollutants indicators: BOD₅, COD_{Cr} and total suspended solids. For each of them descriptive statistics, percentage reduction the pollutants indicators and treatment plant reliability factors (WN) were calculated. The assessment of the stability of work of sewage treatment plant was performed by using control cards X for the simple test. Based on the obtained results, it was concluded that sewage treatment plant in Zabajka works properly, what is confirmed by high values of the pollutants indicators reduction and the values of WN, which are less than 1.00. The analysis of the control cards indicates instability of the treatment process only for COD_{Cr}, but it does not impact on treatment efficiency in relation to this indicator.

Keywords: sewage, sewage treatment plant, efficiency of work, stability of work.

WSTĘP

Jednym z głównych źródeł zanieczyszczeń wód powierzchniowych są ścieki powstające wskutek bytowej oraz gospodarczej działalności człowieka. Odprowadzenie do zbiorników wodnych niedoczyszczonych lub nieoczyszczonych ścieków niewątpliwie stanowi zagrożenie dla ich całego ekosystemu. Zarówno zmiana składu che-

micznego jak i fizycznego wód wpływa nie tylko na degradację ich jakości, lecz także negatywnie oddziałuje na organizmy żywe, dla których ekosystemy wodne stanowią miejsce bytowania [Chmielowski i in. 2009].

Wykorzystywanie powierzchniowych zbiorników wodnych do przeciwstawnych sobie celów – jako odbiornika ścieków oraz źródła wody prowadzi do wielu konfliktów, które mogą zostać

rozwiązane poprzez skuteczną i sprawną gospodarkę wodno-ściekową prowadzoną na obszarach ich zlewni bądź dorzeczy [Masłoń i Tomaszek 2013]. Procesy oczyszczania ścieków realizowane na oczyszczalniach ścieków zapewniają poprawę jakości wód odbiornika, przyczyniając się w ten sposób do ochrony zasobów wodnych i ochrony organizmów wchodzących w skład tych ekosystemów [Łagoźny i in. 2015].

Procesy redukcji zanieczyszczeń odbywają się przy wykorzystaniu zróżnicowanych procesów technologicznych, przy doborze których należy kierować się zarówno ich efektywnością jak i nakładami finansowymi niezbędnymi do ich realizacji [Bugajski i Mielenz 2008]. Należy zwrócić uwagę na fakt doboru właściwej technologii oczyszczania ścieków. Jest to istotna decyzja, która powinna być gruntownie przeanalizowana, gdyż niewłaściwy jej dobór może skutkować problemami eksploatacyjnymi oraz karami finansowymi nakładanymi za niespełnianie wymogów pozwolenia wodno-prawnego [Bugajski 2014].

Obecnie w literaturze dostępnych jest wiele opracowań stanowiących analizę funkcjonowania oczyszczalni ścieków, w których wykazano wysoki poziom redukcji zanieczyszczeń należących zarówno do grupy podstawowej jak i do grupy związków biogenych [Miernik i Młyński 2014; Chmielowski i in. 2015]. Istnieją także opracowania, w których dokonana analiza wskazuje na niezadawalający poziom eliminacji zanieczyszczeń w ściekach, co może skłaniać eksploatatorów takich obiektów do podjęcia działań związanych z poprawą sprawności ciągu technologicznego oczyszczania ścieków [Kaczor i Bugajski 2007; Chmielowski 2008].

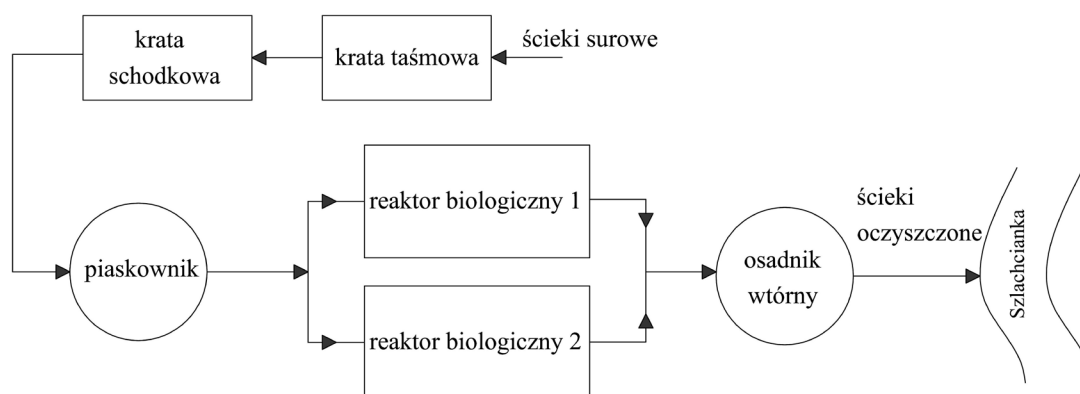
Od eksploatowanych oczyszczalni ścieków wymaga się wysokiej skuteczności redukcji za-

nieczyszczeń oraz niezawodności pracy, bowiem ma to istotne znaczenie dla ochrony jakości wód odbiornika. Mając to na uwadze, za cel niniejszej pracy postawiono ocenę funkcjonowania oraz stabilności pracy gminnej oczyszczalni ścieków zlokalizowanej we wsi Zabajka, oczyszczającej ścieki dopływające z obszaru aglomeracji Głogów Małopolski.

CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU BADAŃ

Oczyszczalnia ścieków w Zabajce zlokalizowana jest na obszarze gminy Głogów Małopolski, w powiecie rzeszowskim. Jest to obiekt który w latach 2014–2015 przeszedł gruntowną modernizację ze względu na znaczne przeciążenie hydrauliczne. Obecnie oczyszczalnia pracuje w dwustopniowym systemie mechaniczno-biologicznym. Jej przepustowość wynosi $4\ 500\ \text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ dla pory suchej oraz $6\ 000\ \text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ dla pory deszczowej. Projektowa maksymalna wydajność obiektu, wyrażana równoważną liczbą mieszkańców (RLM) równa jest 25 000 [Uchwała...2013; Stan... 2014]. Uproszczony schemat technologiczny zabajskiej oczyszczalni ścieków przedstawiono na rysunku 1.

Z rysunku 1 wynika, że pierwszym etapem redukcji zanieczyszczeń w ściekach surowych dopływających do oczyszczalni w Zabajce jest mechaniczna redukcja realizowana na kratkach taśmowych oraz schodkowych, a następnie w piaskowniku. Kolejno ścieki kierowane są do reaktorów biologicznych, przy czym jeden z nich pracuje w układzie wielofazowym, natomiast drugi to membranowy reaktor biologiczny. Następnie ścieki przepływają do osadnika wtórnego, gdzie odbywa się proces separacji osadu czynnego od



Rys. 1. Uproszczony schemat technologiczny oczyszczalni ścieków w Zabajce
Fig. 1. Simplified technological scheme of sewage treatment plant in Zabajka

ścieków oczyszczonych. Odbiornikiem ścieków oczyszczonych jest potok Szlachcianka.

MATERIAŁY I METODYKA

Podstawę realizacji celu niniejszej pracy stanowiły materiały źródłowe udostępnione przez eksploatatora oczyszczalni w Zabajce. Obejmowały one wyniki analiz fizyko-chemicznych próbek ścieków surowych i oczyszczonych, pochodzące z lat 2010–2014. Badania jakości ścieków wykonywane były co kwartał i obejmowały wskaźniki zanieczyszczeń należące do grupy podstawowej, czyli BZT_5 , $ChZT_{Cr}$ oraz zawiesinę ogólną. Dla każdego z analizowanych wskaźników zanieczyszczeń, zarówno w ściekach surowych jak i w ściekach oczyszczonych określono statystyki opisowe: miary pozycyjne – wartości minimalne, średnie (\bar{x}) oraz maksymalne, a także miary rozproszenia, takie jak odchylenie standardowe (s) oraz współczynnik zmienności (V).

Jako indyktor efektywności pracy oczyszczalni ścieków w Zabajce przyjęto współczynnik niezawodności technologicznej (WN). Jest to iloczyn średniej wielkości danego wskaźnika zanieczyszczeń w ściekach odpływających z oczyszczalni i jego wartości dopuszczalnej w ściekach oczyszczonych. Wartość współczynnika WN oblicza się wg wzoru [Miernik i Wałęga 2006]:

$$WN = \frac{\bar{x}}{x_{dop}} \quad (1)$$

gdzie: \bar{x} – średnia wartość danego wskaźnika zanieczyszczeń, w ściekach oczyszczonych, [$mg \cdot dm^{-3}$],

x_{dop} – dopuszczalna wartość danego wskaźnika zanieczyszczeń, w ściekach oczyszczonych, [$mg \cdot dm^{-3}$].

W niniejszej pracy średnie wartości analizowanych wskaźników zanieczyszczeń odniesiono do wartości granicznych podawanych przez [Rozporządzenie...2014], zwanym dalej Rozporządzeniem.

Ocenę stabilności pracy oczyszczalni ścieków w Zabajce dokonano przy zastosowaniu tzw. kart kontrolnych utworzonych względem próbek ścieków oczyszczonych. Warunkiem ich wykorzystania jest zbadanie normalności rozkładu analizowanych zmiennych. W niniejszej pracy weryfikacji normalności rozkładów dokonano przy wykorzystaniu testu Shapiro-Wilka dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$. Ma-

jąc na uwadze regułę trzech sigm dla rozkładu normalnego $N(\mu, \sigma)$, mówiącą, że w przedziale $[\mu - 3\sigma; \mu + 3\sigma]$ znajduje się 99,7% obserwacji [Krzanowski i Wałęga 2006; Krzanowski i in. 2008] granice linii kontrolnych (dolnej – LCL; centralnej – CL, górnej – UCL) wyznaczono jako:

$$UCL = \mu + 3\sigma \quad (2)$$

$$CL = \mu \quad (3)$$

$$LCL = \mu - 3\sigma \quad (4)$$

gdzie: μ – średnia wartość badanej zmiennej, [$mg \cdot dm^{-3}$],

σ – odchylenie standardowe badanej zmiennej, [$mg \cdot dm^{-3}$].

Ponieważ pobór próbek ścieków oczyszczonych odbywał się z częstością jedna próba co kwartał, w niniejszej pracy zastosowano kartę X dla pojedynczej próby. Jako zaburzenie stabilności procesów oczyszczania ścieków przyjęto przekroczenie dolnej lub górnej granicy kontrolnej analizowanych wskaźników zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych oraz występowanie ośmiu kolejnych punktów pomiarowych po jednej stronie linii centralnej [Andraka 2005].

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Określone wartości statystyk opisowych analizowanych wskaźników zanieczyszczeń w ściekach surowych dopływających do oczyszczalni w Zabajce oraz w ściekach oczyszczonych miały za zadanie charakteryzykę dynamiki zmian ich składu. Wielkości tych parametrów zestawiono w tabeli 1.

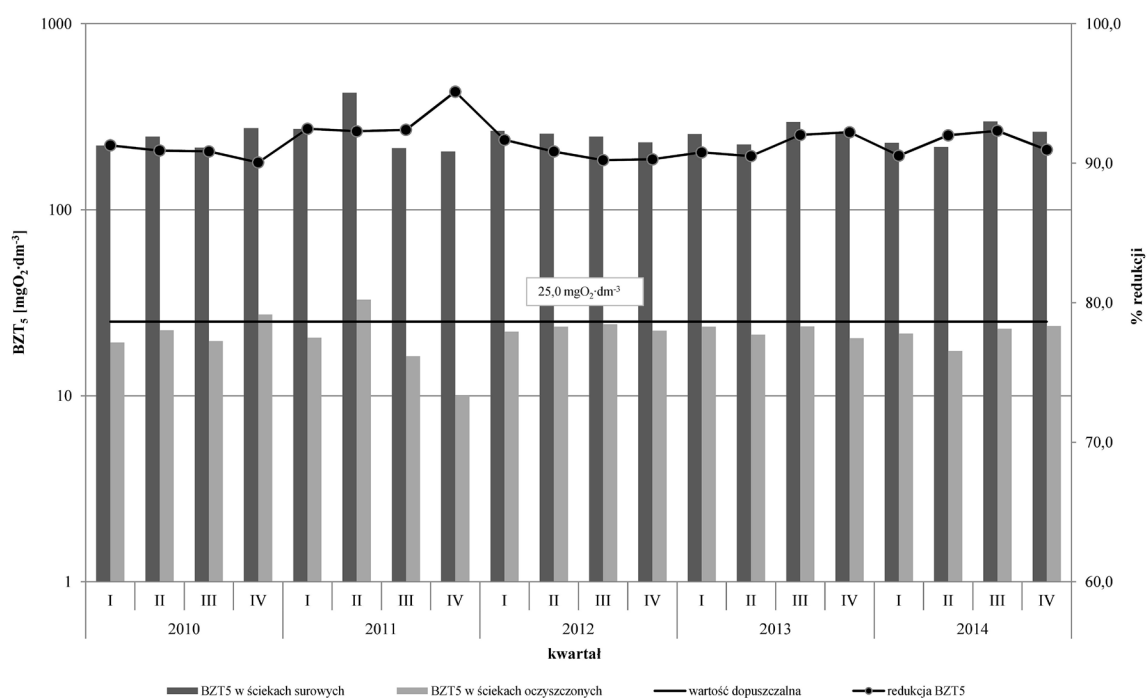
Na rysunku 2 przedstawiono wartości BZT_5 w ściekach surowych i w ściekach oczyszczonych oraz skuteczność redukcji tego wskaźnika odnotowaną w latach 2010–2014.

Na podstawie wyników obliczeń zestawionych w tabeli 1 oraz na rysunku 2 stwierdzono, że zawartość BZT_5 w ściekach surowych, dopływających do oczyszczalni w Zabajce wahała się w przedziale od 205,1 do 425,4 $mgO_2 \cdot dm^{-3}$, przy wartości średniej równej 255,9 $mgO_2 \cdot dm^{-3}$. Dla ścieków oczyszczonych BZT_5 przyjmowało wartości od 10,0 do 32,8 $mgO_2 \cdot dm^{-3}$, a jego średnia wartość to 21,8 $mgO_2 \cdot dm^{-3}$. W analizowanym okresie stwierdzono dwukrotnie przekroczenie granicznych wartości BZT_5 , regulowanej przez Rozporządzenie. Natomiast redukcja analizowanego wskaźnika zanieczyszczeń, w całym okresie utrzymywała się na poziomie ponad 90%.

Tabela 1. Wartości podstawowych statystyk opisowych wskaźników zanieczyszczeń w ściekach surowych i w ściekach oczyszczonych

Table 1. Values of main descriptive statistics of pollutants indicators in raw sewage and treated sewage

Nazwa wskaźnika	Jednostka	min	\bar{x}	max	s	V_s
Ścieki surowe						
BZT ₅	mgO ₂ ·dm ⁻³	205,1	255,9	425,4	48,2	0,11
ChZT _{Cr}	mgO ₂ ·dm ⁻³	384,3	540,2	740,3	98,3	0,13
Zawiesina ogólna	mg·dm ⁻³	104,2	184,4	332,3	53,9	0,16
Ścieki oczyszczone						
BZT ₅	mgO ₂ ·dm ⁻³	10,0	21,8	32,8	4,4	0,14
ChZT _{Cr}	mgO ₂ ·dm ⁻³	28,1	68,1	94,3	18,2	0,19
Zawiesina ogólna	mg·dm ⁻³	13,3	22,4	32,8	5,3	0,16



Rys. 2. Wartości BZT₅ w ściekach surowych i w ściekach oczyszczonych wraz z wielkością jego redukcji odnotowane w latach 2010–2014

Fig. 2. Values of BOD₅ in raw sewage and treated sewage and values of its reduction noted in the period between 2010 and 2014

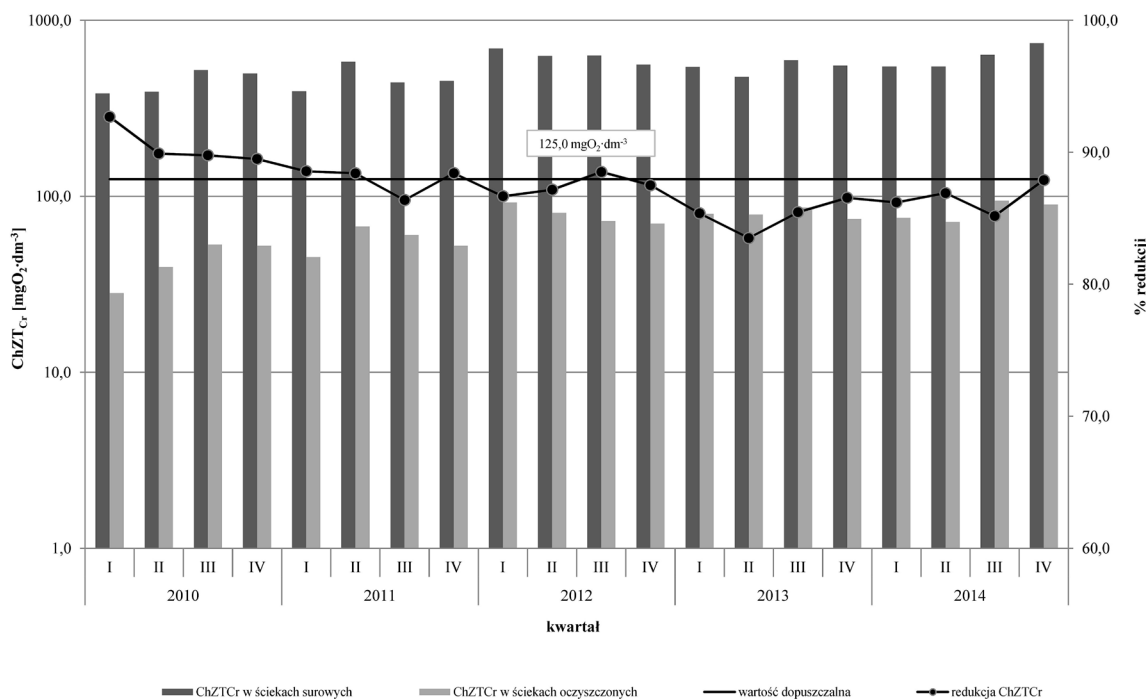
Na rysunku 3 zestawiono wartości ChZT_{Cr} w ściekach surowych oraz w ściekach oczyszczonych na oczyszczalni w Zabajce w wieloleciu 2010–2014.

Na podstawie wyników przedstawionych w tabeli 1 oraz na rysunku 3 stwierdzono, że minimalna wartość ChZT_{Cr} w ściekach dopływających do zabajskiej oczyszczalni wynosiła 384,3 mgO₂·dm⁻³, natomiast maksymalna to 740,3 mgO₂·dm⁻³. Średnia wartość analizowanego wskaźnika w ściekach surowych utrzymywała się na poziomie 540,2 mgO₂·dm⁻³. W ściekach oczyszczonych wartości ChZT_{Cr} oscylowały pomiędzy 28,1 a 94,3 mgO₂·dm⁻³, przy wartości

średniej wynoszącej 68,1 mgO₂·dm⁻³. W badanym wieloleciu nie zaobserwowano przekroczenia dopuszczalnych wartości ChZT_{Cr}, regulowanej przez Rozporządzenie, natomiast wielkość redukcji tego wskaźnika nie była mniejsza niż 84%.

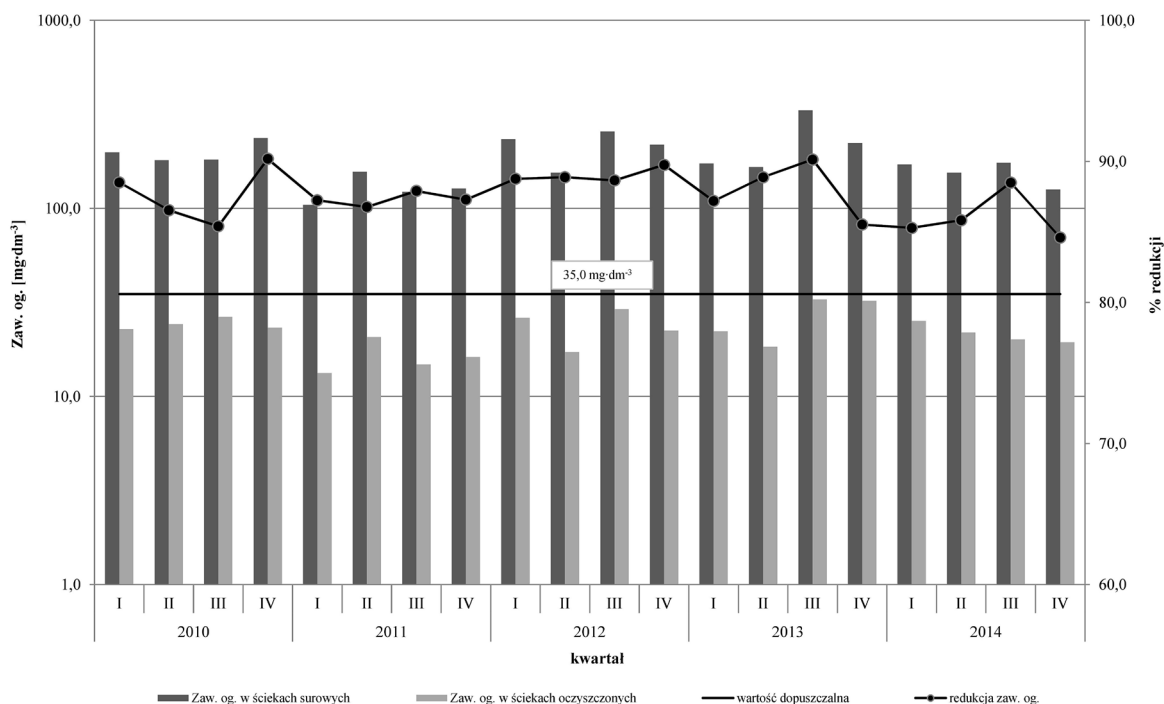
Z kolei rysunek 4 przedstawia stężenie zawiesiny ogólnej w ściekach surowych dopływających do zabajskiej oczyszczalni oraz ścieków oczyszczonych, odnotowane na przestrzeni lat 2010–2014.

Na podstawie wyników zestawionych w tabeli 1 oraz na rysunku 4 stwierdzono, że zakres stężeń zawiesiny ogólnej w ściekach surowych zmieniał się od 104,2 do 332,3



Rys. 3. Wartości ChZTC_{Cr} w ściekach surowych i w ściekach oczyszczonych wraz z wielkością jego redukcji odnotowane w latach 2010–2014

Fig. 3. Values of COD_{Cr} in raw sewage and treated sewage and values of its reduction noted in the period between 2010 and 2014



Rys. 4. Wartości zawiesiny ogólnej w ściekach surowych i w ściekach oczyszczonych wraz z wielkością jej redukcji odnotowane w latach 2010–2014

Fig. 4. Values of total suspended solids in raw sewage and treated sewage and values of its reduction noted in the period between 2010 and 2014

mg·dm⁻³, a jego średnia wartość w analizowanym wieloleciu utrzymywała się na poziomie 184,4 mg·dm⁻³. Stężenie zawiesiny ogólnej w ściekach

oczyszczonych mieściło się w granicach od 13,3 do 32,8 mg·dm⁻³, przy wartości średniej wynoszącej 22,4 mg·dm⁻³. W rozpatrywanym wieloleciu

nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych stężeń zawiesiny ogólnej w ściekach oczyszczonych, wymaganych przez Rozporządzenie. Wielkość redukcji tego wskaźnika utrzymywała się na poziomie powyżej 85%.

Wg klasyfikacji Muchy [1999] stwierdzono, że zmienność składu ścieków surowych dopływających do oczyszczalni w Zabajce w wieloleciu 2010–2014 utrzymywała się na poziomie poniżej przeciętnym. Świadczą o tym wartości współczynnika V_s , które dla analizowanych wskaźników zanieczyszczeń przyjmują wartości poniżej 20%. Ponadto, skład ścieków oczyszczonych odpowiadał typowemu składowi ścieków bytowych [Łomotowski i Szpindor 1999; Heinze i in. 2002; Hendrich i Wojtkowski 2005]. W przypadku ścieków oczyszczonych, wartości współczynników V_s będące na poziomie poniżej 20% dla każdego z analizowanych wskaźników zanieczyszczeń również świadczą o niskiej zmienności składu tych ścieków.

W celu dokonania szczegółowej oceny funkcjonowania oczyszczalni ścieków w Zabajce wyznaczono współczynniki niezawodności technologicznej (WN) względem analizowanych wskaźników zanieczyszczeń. Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 3.

Wyznaczone wartości wskaźników niezawodności technologicznej (WN) potwierdzają, że oczyszczalnia ścieków w Zabajce funkcjonuje

Tabela 3. Wartości współczynników niezawodności technologicznej oczyszczalni ścieków w Zabajce

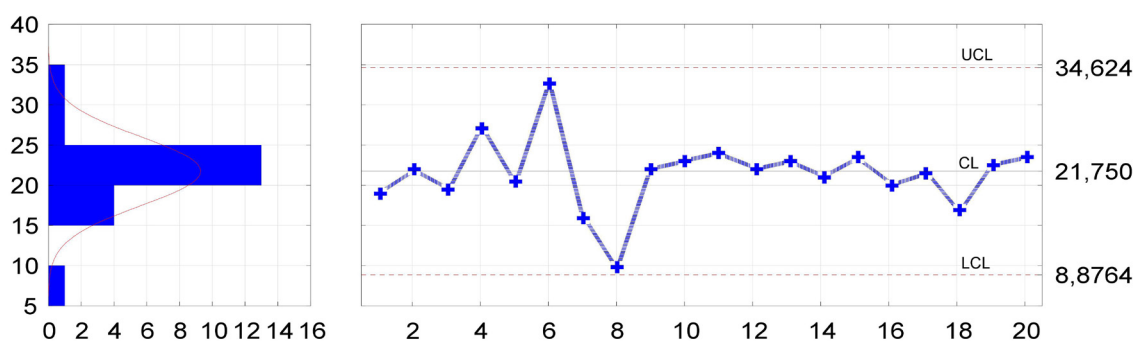
Table 3. Values of treatment plant reliability factors of sewage treatment plant in Zabajka

Nazwa wskaźnika	WN
BZT ₅	0,87
ChZT _{Cr}	0,55
Zawiesina ogólna	0,64

prawidłowo w odniesieniu do redukcji analizowanych wskaźników zanieczyszczeń. Świadczą o tym niskie wartości współczynników, które ukształtowały się na poziomie poniżej 1,00.

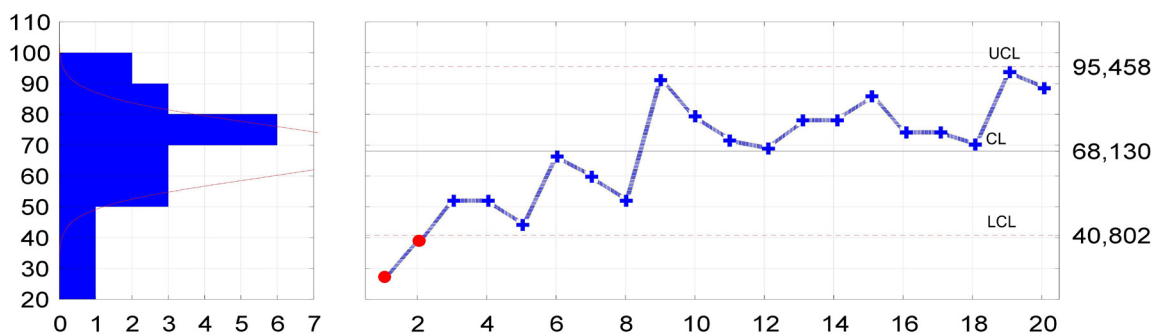
Uzupełnieniem analizy sprawności oczyszczania ścieków na oczyszczalni w Zabajce była ocena stabilności procesu redukcji zanieczyszczeń w wieloleciu 2010–2014 za pomocą kart kontrolnych. Ponieważ analiza normalności rozkładów badanych zmiennych losowych przeprowadzonych testem Shapiro-Wilka nie dała podstaw do odrzucenia hipotezy o normalności rozkładu badanej cechy w populacji, do sporządzenia kart kontrolnych wykorzystano kartę X dla pojedynczej próby. Wyniki analizy zestawiono na rysunkach 5–7.

Analizując wyniki zestawiane na rysunku 5 zauważono, że wartości BZT₅ w ściekach oczyszczonych oscylują wokół linii centralnej oraz nie przekraczają górnej i dolnej linii kontrolnej. Świadczy to o stabilnym przebiegu procesów redukcji tego wskaźnika, co wpływa na uzyskane efekty pracy oczyszczalni względem jego wielkości. Wyniki te potwierdza także wysoka redukcja BZT₅, utrzymująca się na poziomie ponad 90% oraz niska zmienność tego wskaźnika na odpływie. Na karcie kontrolnej ChZT_{Cr} (rysunek 6) wykryto jeden okres niestabilności procesu jego redukcji (obserwacje 1-2). Należy również zwrócić uwagę na wyraźne grupowanie prób poniżej (8 kolejnych obserwacji) oraz powyżej (12 kolejnych obserwacji) linii centralnej. O niestabilności procesu oczyszczania ścieków względem ChZT_{Cr} świadczy również wielkość współczynnika V_s , który dla tego wskaźnika przyjmuje największą wartość spośród wszystkich innych analizowanych wskaźników w przypadku ścieków oczyszczonych. Niestabilność procesu nie wpływa jednak negatywnie na skuteczność redukcji ChZT_{Cr}, gdyż w całym okresie badań nie

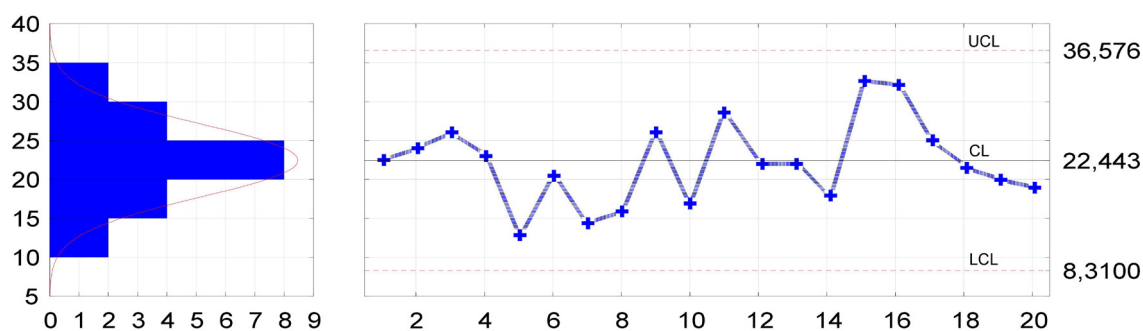


Rys. 5. Karta kontrolna X dla BZT₅ w ściekach oczyszczonych

Fig. 5. Control card X for BOD₅ in treated sewage



Rys. 6. Karta kontrolna X dla ChZT_{Cr} w ściekach oczyszczonych
 Fig. 6. Control card X for COD_{Cr} in treated sewage



Rys. 7. Karta kontrolna X dla zawiesiny ogólnej w ściekach oczyszczonych
 Fig. 7. Control card X for total suspended solids in treated sewage

stwierdzono wartości przekraczających dopuszczalną jego wartość w ściekach oczyszczonych wg Rozporządzenia. Analizując wyniki zestawione na rysunku 7 stwierdzono stabilność procesu usuwania zawiesiny ogólnej na oczyszczalni w Zabajce. W żadnym przypadku nie została przekroczona dolna oraz górna linia kontrolna, a stężenia zawiesiny ogólnej oscylują wokół linii centralnej. O stabilności procesu świadczy także wartość współczynnika V_s , która dla zawiesiny ogólnej na odpływie wynosi 16%.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonej analizy funkcjonowania oraz stabilności pracy oczyszczalni ścieków w Zabajce sformułowano następujące wnioski końcowe:

1. Skład ścieków oczyszczonych każdorazowo spełniał wymagania stawiane przez Rozporządzenia Ministra Środowiska co do jakości ścieków oczyszczonych odprowadzanych do gruntu lub zbiorników wodnych. W analizowanym wieloletnim jedynie w przypadku BZT₅ stwierdzono sporadyczne przekroczenie podanych wartości granicznych.

2. Wysoki stopień redukcji poszczególnych wskaźników zanieczyszczeń oraz wielkości współczynników niezawodności oczyszczalni (WN) będące na poziomie poniżej 1,0 wskazują na właściwe funkcjonowanie obiektu, dzięki czemu osiągnięta została skuteczna ochrona wód odbiornika przed zanieczyszczeniem spowodowanym odprowadzaniem ścieków niedostatecznie oczyszczonych.
3. Procesy redukcji BZT₅ oraz zawiesiny ogólnej realizowane na oczyszczalni w Zabajce są procesami stabilnymi. W przypadku ChZT_{Cr} wykryto niestabilność procesu, która jednak nie wpływa negatywnie na procesy oczyszczania ścieków, mając na uwadze redukcję tego wskaźnika.

LITERATURA

1. Andraka D. 2005. Wykorzystanie statystycznej kontroli jakości do oceny pracy oczyszczalni ścieków. [W:] Problemy gospodarki wodno-ściekowej w rejonach rolniczo-przemysłowych. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, nr 30.
2. Bugajski P. 2014. Ocena niezawodności usuwania związków biogenych w oczyszczalni ścieków

- metodą Weibulla, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, nr 576, 13–21.
3. Chmielowski K. 2008. Eliminacja zanieczyszczeń ze ścieków komunalnych w oczyszczalni w Dąbrowie Tarnowskiej. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 5, 149–158.
 4. Chmielowski K., Młyńska A., Młyński D. 2015. Efektywność pracy oczyszczalni ścieków w Kołaczycach. *Inżynieria Ekologiczna*, 45, 44–50.
 5. Chmielowski K., Satora S., Wałęga A. 2009. Ocena niezawodności działania oczyszczalni ścieków dla gminy Tuchów, *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 9, 63–72.
 6. Heidrich Z., Witkowski A. 2005. Urządzenia do oczyszczania ścieków. Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o., Warszawa.
 7. Henze M., Harremoës P., Jansen J., Arvin E. 2002. Oczyszczanie ścieków. Procesy biologiczne i chemiczne. Politechnika Świętokrzyska, Kielce.
 8. Kaczor G., Bugajski P. 2007. Ocena pracy oczyszczalni ścieków typu Ecolo-chief w Spytkowicach. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 1, 187–195.
 9. Krzanowski S., Wałęga A. 2006. Wykorzystanie teorii niezawodności i statystycznej kontroli jakości ścieków do oceny eksploatacyjnej wiejskich oczyszczalni ścieków. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 3, 17–37.
 10. Krzanowski S., Wałęga A., Paśmionka I. 2008. Oczyszczanie ścieków z wybranych zakładów przemysłu spożywczego. Wydawnictwo Komisji Technicznej Infrastruktury Wsi PAN w Krakowie.
 11. Łagoźny P., Maj K., Masłoń A. 2015. Technological efficiency of the wastewater treatment plant in Krosno. *Archives of Waste Management and Environmental Protection*, 17, 113–122.
 12. Łomotowski J., Szpindor A. 1999. Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków. Arkady, Warszawa.
 13. Masłoń A., Tomaszek J. A. 2013. Ocena efektywności pracy oczyszczalni ścieków w Lubaczowie. *Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury*, 60, 209–222.
 14. Miernik W., Młyński D. 2014. Wpływ modernizacji oczyszczalni dla miasta Wadowice na jakość oczyszczonych ścieków. [W:] *Antropogeniczne czynniki wpływu na środowisko przyrodnicze na przykładzie południowo-wschodniej Polski, wschodniej Słowacji i zachodniej Ukrainy*, Wydawnictwo Muzeum Regionalnego im. Adama Fastnachta w Brzozowie, Brzozów, 109–129.
 15. Miernik W., Wałęga A. 2006. Wpływ czasu eksploatacji na efekty oczyszczania ścieków w oczyszczalni typu Lemna. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 3, 39–51.
 16. Mucha J. 1999. Metody geostatystyczne w dokumentowaniu złóż. Skrypt, wyd. AGH Kraków.
 17. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. Dz. U. 2014 poz. 1800.
 18. Uchwała nr XXXVII/706/13 Sejmiku województwa podkarpackiego z dnia 26 sierpnia 2013 r. w sprawie zweryfikowania propozycji planu aglomeracji Głogów Małopolski i Przewrotne.
 19. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Rzeszowie. 2015. Stan Środowiska w powiecie rzeszowskim w 2014 roku.