

Włodzimierz Miernik

**SKUTECZNOŚĆ OCZYSZCZANIA
ŚCIEKÓW WIEJSKICH W OCZYSZCZALNI
Z REAKTOREM O DZIAŁANIU SEKWENCYJNYM**

***EFFICIENCY OF RURAL WASTES TREATMENT
IN THE SEWAGE TREATMENT PLANT
WITH THE SEQUENCING BATCH REACTOR***

Streszczenie

Praca zawiera ocenę funkcjonowania małej, wiejskiej oczyszczalni ścieków obsługującej mieszkańców wsi Michniów (gm. Suchedniów, woj. świętokrzyskie). Podstawowym elementem ciągu technologicznego tej oczyszczalni jest reaktor osadu czynnego o działaniu sekwencyjnym, tzw. SBR (ang. *Sequencing Batch Reactor*). Podstawę do opracowania oceny stanowiły materiały udostępnione przez użytkownika obiektu. Były to: wyniki pomiarów objętości ścieków oczyszczonych oraz wyniki oznaczeń BZT₅, ChZT_{Cr} i zawiesiny ogólnej w ściekach surowych i oczyszczonych, pochodzące z lat 2004–2005. W rozpatrywanym dwuleciu jej obciążenie hydrauliczne wynosiło przeciętnie: w pierwszym roku około 75%, a w roku następnym około 89% projektowanej przepustowości, równej 35 m³·d⁻¹. W tym samym okresie w ściekach surowych przeciętne zawartości związków organicznych (BZT₅, ChZT_{Cr}) i zawiesiny ogólnej były zdecydowanie wyższe (od 1,5 do 2 razy) niż przyjęte na etapie projektowania obiektu. W takich warunkach eksploatacyjnych efekty oczyszczania ścieków w oczyszczalni w Michniowie należy ocenić bardzo wysoko. Wszystkie badane próby ścieków oczyszczonych odpowiadały swym składem aktualnym rygorom pozwolenia wodno-prawnego. Także obliczone wartości wskaźników niezawodności wskazują na jej skuteczne i niezawodne funkcjonowanie.

Słowa kluczowe: ścieki wiejskie, oczyszczanie, skuteczność, reaktor sekwencyjny

Summary

The work contains the evaluation of work of the small rural sewage treatment plant servicing citizens of the Michniów village (Suchedniów community, Świętokrzyskie Province). The basic element of process line is the activated sludge reactor of sequential work, so called SBR. The bases for evaluation elaboration were data allowed by a user of the object. There were: results of treated sewage volume and results of BOD_5 , COD_5 and total suspension in not treated and treated wastes determinations, coming from years: 2004-2005. In the regarded two-years period hydraulic charge amounted meanly: in the first year about 75%, in the next year about 89% of designed output, that is $35 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$. In the same period in raw sewage average content of BOD_5 ($577,8 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$) and total suspension ($488,8 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) were 1,5 times higher, and COD_{Cr} content ($1124,9 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$) even 2 times higher than the ones taken in the object design stage. This conjuncture, in situation when sewage treatment plant rejected sewage which were bringing by waste removal tankers could be a proof of illegal pumping contents of house cesspools into sewers sanitary, in case of this properties, which are not connect with yet. In these exploitation conditions the waste purification effects in the waste treatment plant in Michniów should be highly assessed. All the examined treated wastes samples met water supply and sewage effluent disposal content standards taking into account the composition, or didn't cross a admissible content in case of $BOD_5 - 40 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$, $COD_{Cr} - 150 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ and total suspension $- 50 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. The calculated values of reliability indicators show its efficient and reliable work. Average values of commonly use efficiency of the sewage treatment were for $BOD_5 - 91,7\%$, $COD_{Cr} - 93,6\%$ and total suspension $98,4\%$. For every of above - mentioned parameters, the calculated values of technological unreliability were zero, and technological efficiency $0,96$.

The estimation shown in this paper confirm the utility of SBR reactors to cleaning sewage at rural condition, and also give a positive opinion for technological - technical solution adopted by BIOVAC company from Kielce.

Key words: rural sewage, sewage treatment, efficiency, sequencing reactor

WSTĘP

Przystąpienie Polski do Unii Europejskiej nałożyło na nasz kraj obowiązek dostosowania stanu ochrony środowiska do standardów obowiązujących w krajach stowarzyszonych. Stąd zauważalny w ostatnich latach w naszym kraju postęp w zakresie porządkowania gospodarki ściekowej, zwłaszcza tam, gdzie była ona dotychczas najbardziej zaniedbana, czyli na obszarach wiejskich. Z opublikowanych przez Kacę [2006] danych wynika, że w latach 1997–2004 oddawano na wsi do eksploatacji średnio 156 zbiorowych oczyszczalni ścieków w ciągu roku. Na koniec tego okresu funkcjonowało ich tam w sumie 2416 i mogły one oczyścić około 1,087 mln m^3 ścieków w ciągu doby. Uzupełnienie tego elementu infrastruktury stanowiło około 29 tys. oczyszczalni indywidualnych, w których według szacunku oczyszczano na dobę około 4 tys. m^3 ścieków. Wyniki badań wskazują, że oczyszczalnie zbiorowe skuteczniej niż indywidualne,

chronią środowisko przed zanieczyszczeniem [Krzanowski, Miernik 2001]. Jest też rzeczą powszechnie znaną, że nowo oddawane do eksploatacji zbiorowe oczyszczalnie ścieków cechuje duże zróżnicowanie, tak pod względem zastosowanych rozwiązań technologicznych, jak i technicznych. Stwarza to z jednej strony trudności w wymianie doświadczeń eksploatacyjnych między ich użytkownikami, zaś z drugiej generuje potrzebę badań, których wyniki mogłyby stanowić podstawę do oceny skuteczności przyjętego rozwiązania. Na problem ten już wcześniej zwrócili uwagę w swej publikacji Pawełek i współautorzy [1998].

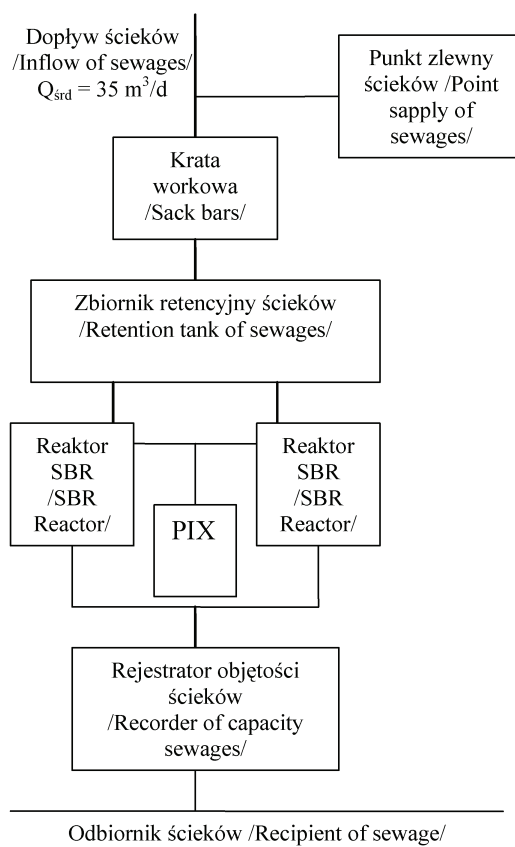
Mając powyższe na uwadze, w niniejszej pracy poddano ocenie skuteczność oczyszczania ścieków wiejskich w oczyszczalni z reaktorem o działaniu sekwencyjnym (SBR) obsługującej mieszkańców wsi Michniów (gm. Suchedniów, woj. świętokrzyskie).

OBIEKT BADAŃ

Przedmiot oceny stanowi dwustopniowa mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia z reaktorem sekwencyjnym, eksploatowana od października 2001 roku we wsi Michniów. Oczyszczalnię wykonano według projektu kieleckiej firmy BIOVAC na docelową przepustowość $35 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Jej przeznaczeniem jest oczyszczanie ścieków z małej świętokrzyskiej wioski, liczącej 106 gospodarstw zamieszkałych przez 463 mieszkańców. Aktualnie do kanalizacji sanitarnej współpracującej z oczyszczalnią podłączone są 84 gospodarstwa, co stanowi 79% ich ogółu. Ciąg technologiczny badanego obiektu, który przedstawiono na rysunku 1 w formie uproszczonego schematu, tworzą kolejno: krata workowa typu SD-01, zbiornik retencyjny oraz porcjowy reaktor biologiczny SBR typu 0210-1, a jako urządzenia mu towarzyszące należy dodatkowo wymienić zbiornik tlenowej stabilizacji osadu powstającego w procesie oczyszczania ścieków i urządzenie do jego odwadniania DRAIMAD typu 02BM-2.

Zadaniem kraty workowej jest zatrzymanie zawartych w ściekach najgrubszych zanieczyszczeń, tzw. skratek. Napelnione skratkami worki (2 szt./tydzień) są następnie po posypaniu wapnem chlorowanym, deponowane w szczelnym pojemniku i okresowo wywożone na najbliższe wysypisko odpadów komunalnych. Przepedzone na kracie ścieki spływają grawitacyjnie do zbiornika retencyjnego, w którym następuje uśrednienie ich składu. Zbiornik ten wykonany z tworzywa sztucznego, ma formę walca o średnicy 2,0 m i wysokości 7,15 m. Jego pojemność całkowita wynosi 20 m^3 . Wyposażony jest w sterowaną automatycznie pompę typu AS 0630 M13-4D o wydajności $4,17 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Pompa ta zasila ściekami reaktor osadu czynnego o działaniu sekwencyjnym (SBR) typu 0210-1. Reaktor ten tworzą dwa zbiorniki pracujące w układzie równoległym. Każdy z nich ma kształt walca i następujące gabaryty: średnicę – 2,14 m, wysokość – 3,15 m oraz objętość – 10 m^3 . Zainstalowano w nich ruszt napowietrzający do którego powietrze doprowadzane jest za pomocą dmuchaw typu DR

91-42-T-D-NP.-05 o wydajności $1,10 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$. W fazie napowietrzania ścieków w reaktorze dozowany jest koagulant PIX w celu chemicznego strącania zawartych w nich związków fosforu. Po zakończeniu fazy sedimentacji, sklarowane ścieki odpływają z reaktora do odbiornika. Jest nim ciek bez nazwy uchodzący do rzeki Kamionki w km 13+950. Warunki zrzutu oczyszczonych ścieków reguluje obowiązujące do 31 grudnia 2013 roku eksploatatora oczyszczalni (Zakład Usług Komunalnych w Suchedniowie) pozwolenie wodno-prawne, wydane przez Starostwo Powiatowe w Skarżysku-Kamiennej. Zgodnie z jego zapisami z oczyszczalni w Michniowie mogą być odprowadzane ścieki w ilości: $Q_{\text{sr.d.}} - 35,0 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ lub $Q_{\text{max.d.}} - 43,0 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ i składzie: $\text{BZT}_5 - 40,0 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$, $\text{ChZT}_{\text{Cr}} - 150,0 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$, zawiesina ogólna – $50,0 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.



Rysunek 1. Uproszczony schemat technologiczny oczyszczalni ścieków w Michniowie
Figure 1. Simplified technological scheme of sewage treatment plant in Michniów

MATERIAŁY I METODY

Podstawowe materiały, na podstawie których zrealizowano nakreślony cel pracy zostały udostępnione przez Zakład Usług Komunalnych w Suchedniowie. Obok dokumentacji technicznej obiektu były to miesięczne raporty, zawierające wyniki prowadzonego w sposób ciągły rejestru objętości ścieków odprowadzonych do odbiornika oraz wyniki analiz ścieków surowych i oczyszczonych, w których oznaczano zawartość związków organicznych (BZT_5 , $ChZT_{Cr}$) i zawiesiny ogólnej. Obejmują one swym zasięgiem okres od stycznia 2004 do grudnia 2005 roku, a więc kolejnych, następujących po sobie 24 miesięcy.

Zebrane wyniki poddano analizie statystycznej wykorzystując do powyższego celu dostępny pakiet programowy STATISTICA 5.0 PL dla komputerów PC. Mając na uwadze pogłębioną analizę skuteczności funkcjonowania oczyszczalni w Michniowie, oparto się także na wynikach obliczeń trzech wskaźników jej niezawodności, zalecane do wykorzystania przez Raka i Wieczystego [1997]. Były to więc: wskaźnik sprawności oczyszczania ścieków (η), wskaźnik zawodności technologicznej pracy oczyszczalni (q) oraz wskaźnik technologicznej sprawności oczyszczalni ścieków (P_{SW}^*). Szczegółowe formuły służące do ich obliczania znaleźć można w cytowanej wyżej publikacji.

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Dynamikę zmian objętości ścieków oczyszczonych, odpływających z oczyszczalni w Michniowie prezentują dane zestawione w tabeli 1. Należy

Tabela 1. Charakterystyka ilościowa ścieków oczyszczonych, odpływających z oczyszczalni w Michniowie w latach 2004–2005

Table 1. Quantity characteristics of treated sewage flowing from the sewage treatment plant in Michniów in years 2004–2005

Charakterystyka Characteristics	Jednostka Unit	Rok Year	
		2004	2005
Odływ średni dobowy Mean daily discharge	$m^3 \cdot d^{-1}$	26,1	31,0
Maksymalny odływ średni dobowy Maximum mean daily discharge	$m^3 \cdot d^{-1}$	35,2	43,4
Minimalny odływ średni dobowy Minimum mean daily discharge	$m^3 \cdot d^{-1}$	19,6	22,2
Odchylenie standardowe Standard deviation	$m^3 \cdot d^{-1}$	5,3	7,6
Odływ sumaryczny roczny Total yearly discharge	$m^3 \cdot 10^3$	9,520	11,304

zaznaczyć, że wykazują one wyłącznie objętość ścieków, jaka do oczyszczalni dotarła współpracującym z nią systemem kanalizacyjnym, bowiem w rozpatrywanym dwuleciu nie dowożono ich taborem asenizacyjnym. Analizując zawarte w tabeli 1 dane, można dostrzec zauważalną progresję objętości oczyszczonych ścieków. O ile w roku 2004 było to średnio $26,1 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, to w roku 2005 wzrosła ona już do poziomu $31,0 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Objętości te stanowią zatem odpowiednio około 75 i 89% projektowanej, docelowej przepustowości badanej oczyszczalni i wskazują, że pracowała ona przy wzrastającym, ale jeszcze niepełnym obciążeniu hydraulicznym.

Wyższe także o kilka m^3 w porównaniu z rokiem 2004 były w roku następnym ekstremalne średnie dobowe wartości odpływu oczyszczonych ścieków. Analizując czasowy rozkład wartości maksymalnych, wyraźnie widać, że przypadają one zazwyczaj na miesiące wiosenne (marzec–maj). Świadczyć to może o tym, że współpracująca z oczyszczalnią kanalizacja, pomimo swego sanitarnego charakteru, przejmuje również wody przypadkowe, głównie pochodzące z roztopów lub opadów. Problem ten jest charakterystyczny dla wielu wiejskich układów kanalizacyjnych. Jak wynika z badań Kaczora i Satory [2003] może on być spowodowany błędami popełnionymi przy wykonywaniu sieci (zwłaszcza uszczelnień) oraz występowaniem nielegalnych podłączeń do niej odpływów z rynien dachowych lub wpustów podwórzowych. Nie można też wykluczyć wpływu na to zjawisko nielegalnych „zrzutów” ścieków z przydomowych szamb. W sumie, w latach 2004–2005 w oczyszczalni w Michniowie, oczyszczono blisko 21 tys. m^3 ścieków. Zmiany w składzie ścieków surowych i oczyszczonych w latach 2004–2005 odzwierciedlają dane zestawione w tabeli 2. Zawarto w niej wyniki obliczeń podstawowych statystyk opisowych dla BZT_5 , ChZT_{Cr} i zawiesiny ogólnej, a zatem dla tych parametrów, których oznaczenie nakłada na eksploatatora obiektu obowiązujące go pozwolenie wodno-prawne. Analizując dane z tabeli 2, można zauważyć, że ścieki surowe, dopływające do oczyszczalni, cechowały się zmienną i przy tym bardzo wysoką, jak na typowe ścieki bytowe, koncentracją zanieczyszczeń organicznych. Wartości BZT_5 wahały się w nich w tym czasie od 230,0 do $980,0 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ (średnio $577,8 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$), natomiast wartości ChZT_{Cr} zawierały się w przedziale od 380,0 do $2847,0 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ (średnio $1124,9 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$). Również stężenie zawiesiny ogólnej w ściekach surowych należy uznać za zmienne i bardzo wysokie. Jej ilość w badanych próbach wahała się od 118,0 do $1\,876,0 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ i utrzymywała się średnio na poziomie $488,8 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Przytoczone wyżej przeciętne wartości oznaczanych parametrów są w przypadku BZT_5 i zawiesiny ogólnej około 1,5 raza, a w przypadku ChZT_{Cr} około 2 razy wyższe niż przyjęte na etapie projektowania obiektu. Taki stan rzeczy, w sytuacji gdy oczyszczalnia nie przyjmowała ścieków dowożonych taborem asenizacyjnym, może być kolejnym dowodem nielegalnego przepompowywania zawartości przydomowych szamb do kanalizacji sanitarnej, na terenie tych gospodarstw, które nie

są do niej jeszcze podłączone. W świetle przedstawionych wyżej warunków, wynikających z obciążenia hydraulicznego i ładunkiem zanieczyszczeń, proces oczyszczania ścieków w oczyszczalni w Michniowie przebiegał bez większych zakłóceń, a co się z tym wiąże, zapewniał w efekcie końcowym bardzo dobrą, aczkolwiek także wyraźnie zróżnicowaną, jakość oczyszczonych ścieków. Świadczą o tym wszystkie oznaczane w nich parametry zanieczyszczeń, których wartości uległy zdecydowanemu obniżeniu. Reasumując, zarówno w roku 2004 jak i w roku 2005 skład ścieków oczyszczonych, odpływających do odbiornika, we wszystkich badanych próbach, odpowiadał rygorom pozwolenia wodno-prawnego, czyli nie przekraczał w przypadku BZT₅ dopuszczalnej wartości 40,0 mgO₂·dm⁻³, ChZT_{Cr} – 150,0 mgO₂·dm⁻³ i zawiesiny ogólnej – 50,0 mg·dm⁻³.

Tabela 2. Podstawowe statystyki opisowe parametrów oznaczanych w ściekach surowych i oczyszczonych w oczyszczalni w Michniowie w latach 2004–2005

Table 2. The basic description statistics of parameters determined in raw and treated sewage in the sewage treatment plant in Michniów in years 2004–2005

Parametry Parameters	Rodzaj ścieków Kind of sewage	Ilość oznaczeń Number of samples	Statystyka/Statistics				
			średnia average	maksimum max.	minimum min.	odchylenie standard. stand. dev.	współcz. zmien. var. coeff.
BZT ₅ /BOD ₅ mgO ₂ ·dm ⁻³	surowe raw	22	577,8	980,0	230,0	217,3	0,38
	oczyszcz. treated	24	17,0	38,0	5,5	14,9	0,87
ChZT _{Cr} /COD _{Cr} mgO ₂ ·dm ⁻³	surowe raw	21	1 124,9	2 847,0	380,0	572,3	0,51
	oczyszcz. treated	23	74,7	147,0	48,0	25,5	0,34
Zawiesina og. Total suspension mg·dm ⁻³	surowe raw	22	488,8	1 876,0	118,0	434,8	0,89
	oczyszcz. treated	24	7,9	23,0	2,0	5,0	0,64

Zestawione w tabeli 3 wyniki obliczeń wskaźników niezawodności oczyszczalni w Michniowie pozwalają na jeszcze bardziej pogłębioną ocenę jej funkcjonowania. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że niezawodność oczyszczalni definiuje się jako dotrzymanie takiego składu ścieków oczyszczonych, jaki na jej użytkownika nakładają stosowne przepisy, w tym przypadku pozwolenie wodno-prawne. Wartości wskaźników niezawodności dla oczyszczalni w Michniowie (tab. 3) stanowią kolejny dowód, który potwierdza jej bardzo

dobre i niezawodne funkcjonowanie. Sprawność oczyszczania ścieków, wyrażająca względną redukcję danego parametru wynosiła w analizowanym okresie przeciętnie dla: $BZT_5 - 97,1\%$; $ChZT_{Cr} - 93,6\%$, a zawiesiny ogólnej aż $98,4\%$. Również pozostałe dwa wskaźniki prezentują się wyjątkowo korzystnie. Zerowa wartość wskaźnika zawodności technologicznej jest potwierdzeniem, że w odpływie z oczyszczalni nie występują ponadnormatywne stężenia każdego z trzech wyżej wymienionych parametrów, a zatem oczyszczalnia pracuje poprawnie. Przekłada się to tym samym na bardzo wysokie wartości wskaźnika jej technologicznej sprawności, wynoszące dla każdego parametru $0,96$. Jest to równoznaczne z bardzo wysokim poziomem szacowanego prawdopodobieństwa, dotrzymania w odpływie z oczyszczalni w Michniowie zawartości związków organicznych i zawiesiny ogólnej w granicach określonych w obowiązującym jej eksploatatora pozwoleniu wodno-prawnym.

Tabela 3. Wskaźniki niezawodności dla oczyszczalni w Michniowie w latach 2004–2005
Table 3. Reliability indicators for the treatment plant in Michniów in the years 2004–2005

Parametry Parameters	Wskaźniki /Indicators/:		
	sprawność oczyszczania (η) efficiency of the sewage treatment	zawodność technologiczna (q) technological unreliability	technologiczna sprawność (P_{sw}^*) technological efficiency
BZT_5/BOD_5	97,1%	0	0,96
$ChZT_{Cr}/COD_{Cr}$	93,6%	0	0,96
Zawiesina ogólna Total suspension	98,4%	0	0,96

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przedstawiona w niniejszej pracy ocena funkcjonowania dotyczy małej wiejskiej oczyszczalni ścieków eksploatowanej od kilku lat w świętokrzyskiej wsi Michniów. Podstawowym elementem ciągu technologicznego tej oczyszczalni jest biologiczny reaktor sekwencyjny (porcjowy) zwany w skrócie, reaktorem SBR (ang. *Sequencing Batch Reactor*). W przeciwieństwie do klasycznego osadu czynnego nie jest on wrażliwy na nierównomierny dopływ ścieków i zawartych w nich zanieczyszczeń, które to zjawisko jest charakterystyczne dla wiejskich jednostek osadniczych. Ponadto naprzemiennie występujące w reaktorze SBR warunki od anaerobowych poprzez anoksydacyjne do aerobowych umożliwiają usuwanie z oczyszczanych ścieków w sposób zintegrowany związków organicznych i biogennych. Oczywiście jest, że w przypadku małych oczyszczalni (do 2000 MR), odprowadzających oczyszczone ścieki do wód powierzchniowych płynących, obowiązujące przepisy [Rozporządzenie MOŚ z dnia 24.07.2006 r.], nie nakładają obowiązku dotrzymania w nich granicznych

stężeń azotu i fosforu. Tak jest też i w przypadku analizowanego obiektu. Nie powinno to jednak zwalniać eksploatatora oczyszczalni od usunięcia ze ścieków również i tych form zanieczyszczeń.

W świetle zebranych i poddanych analizie materiałów pochodzących z lat 2004–2005 można przedstawić na zakończenie pracy następujące wnioski:

1. W rozpatrywanym dwuleciu oczyszczalnia funkcjonowała w warunkach stopniowego wzrostu, ale jeszcze przy niepełnym obciążeniu hydraulicznym, zawierającym się w przedziale od 26,1 do 31,0 m³·d⁻¹, stanowiło to odpowiednio około 75 i 89% jej zaprojektowanej średniej dobowej przepustowości. W tym samym okresie w ściekach surowych, dopływających do oczyszczalni, przeciętne wartości BZT₅ i zawiesiny ogólnej były 1,5 razy, a wartość ChZT_{Cr} nawet 2 razy wyższa od przyjętych na etapie projektowania obiektu.

2. We wszystkich badanych próbach ścieków oczyszczonych, odprowadzanych do odbiornika, zawartość związków organicznych (BZT₅, ChZT_{Cr}) oraz zawiesiny ogólnej mieściła się w całym oznaczonym zakresie poniżej granic dopuszczalnych określonych w pozwoleniu wodno-prawnym.

3. Obliczone wartości wskaźników niezawodności dla badanej oczyszczalni potwierdzają jej skuteczne i niezawodne funkcjonowanie. Przeciętne wartości, powszechnie używanego wskaźnika sprawności oczyszczania ścieków wynosiły dla BZT₅ – 97,1%; ChZT_{Cr} – 93,6% i zawiesiny ogólnej aż 98,4%. Dla każdego z wymienionych wyżej parametrów obliczona wartość wskaźnika zawodności technologicznej była równa zero, a wskaźnika technologicznej sprawności wynosiła 0,96.

4. Badana oczyszczalnia może stanowić wzorcowy przykład właściwie zaprojektowanej, wykonanej i eksploatowanej małej, wiejskiej oczyszczalni ścieków z reaktorem o działaniu sekwencyjnym. Potwierdza ona tym samym przydatność reaktorów SBR do oczyszczania ścieków w warunkach wiejskich, a także wystawia pozytywną opinię zastosowanym przez kielecką firmę BIOVAC rozwiązaniom technologiczno-technicznym.

BIBLIOGRAFIA

- Kaca E. *Infrastruktura wodno-ściekowa na wsi w świetle publikacji GUS*. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie nr 1, 2006, s. 31–34.
- Krzanowski S., Miernik W. *Unieszkodliwianie małych ilości ścieków metodami niekonwencjonalnymi na obszarach wiejskich*. Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych nr 474, 2001, s. 139–146.
- Kaczor G., Satora S. *Problem wód przypadkowych w wiejskich systemach kanalizacyjnych województwa małopolskiego*. Inżynieria Rolnicza 3(45), tom II, 2003, s. 35–46.
- Pawełek J., Kaczor G., Zygmunt E. *Wybrane zagadnienia oczyszczania ścieków na terenach wiejskich województwa krakowskiego*. Mat. V Konf. Nauk. „Infrastruktura techniczna wsi-ku integracji europejskiej”, Szczucin, 19-21 październik 1998, s. 201–212.

Rak J., Wieczysty A. *Funkcjonowanie systemu oczyszczalnia ścieków odbiornik w świetle teorii niezawodności*. IX Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna z cyklu „Problemy gospodarki wodno-ściekowej w regionach rolniczo-przemysłowych”, Rajgród, czerwiec, 1997, s. 16–24.

Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzeniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dz.U. Nr 137, poz. 98.

Dr inż. Włodzimierz Miernik
Akademia Rolnicza w Krakowie
Zakład Gospodarki Wodnej i Ochrony Wód
30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 24/28
tel. (012) 662-40-50 e-mail: wmiernik@ar.krakow.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Stanisław Kopeć*