

*Piotr Bugajski, Ryszard Ślizowski*

## **OCENA DZIAŁANIA OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW TYPU SBR W STERKOWCU-ZAJAZIE**

### **Streszczenie**

W opracowaniu przedstawiono wyniki badań fizykochemicznych ścieków w latach 2002–2004 w oczyszczalni typu SBR w miejscowości Sterkowiec-Zajazie w powiecie brzeskim, w województwie małopolskim. Oczyszczalnia ścieków została oddana do użytku w roku 2001, a koszt jej budowy wyniósł 3,7 mln PLN. Projektowana przepustowość oczyszczalni wynosi  $Q_{sr.d.}=600 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ , natomiast w trakcie prowadzonych badań do oczyszczalni dopływało około  $150 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ , z czego około 8% ścieków dowiezionych było z wybieralnych dołów gnilnych (szamb). Badania dotyczyły następujących wskaźników zanieczyszczeń: BZT<sub>5</sub>, ChZT i zawiesina ogólna z grupy podstawowej oraz azot amonowy i fosfor ogólny z grupy eutroficznej. Średnia wartość BZT<sub>5</sub> ścieków surowych w okresie badań wyniosła  $401,1 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ , natomiast oczyszczonych  $15,23 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Średnia wielkość ChZT wyniosła dla ścieków surowych  $660,74 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ , a dla ścieków oczyszczonych  $75,43 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Średnia wielkość zawiesiny ogólnej wyniosła dla ścieków surowych  $207,51 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , a w ściekach oczyszczonych  $22,17 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Średnia wartość azotu amonowego w ściekach surowych wyniosła  $161,34 \text{ mgN}_{\text{NH}_4} \cdot \text{dm}^{-3}$ , a w ściekach oczyszczonych  $3,84 \text{ mgN}_{\text{NH}_4} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Dla fosforu ogólnego wartość średnia w ściekach surowych wyniosła  $19,71 \text{ mgPO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$ , a w ściekach oczyszczonych  $4,67 \text{ mgPO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Redukcja wskaźników zarówno z grupy podstawowej, jak i eutroficznej była na wysokim poziomie i wyniosła średnio 96% dla BZT<sub>5</sub>, dla ChZT 85%, dla zawiesiny ogólnej 88%, azotu amonowego 96% i dla fosforu ogólnego 76%. Wielkość poszczególnych wskaźników zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych porównano do wartości dopuszczalnych według obowiązującego Rozporządzenia z dnia 8 lipca 2004 r. W zdecydowanej większości przypadków wielkości poszczególnych parametrów były niższe od dopuszczalnych, co świadczy o prawidłowo zachodzących procesach oczyszczania ścieków w badanej oczyszczalni.

**Słowa kluczowe:** oczyszczanie SBR, ładunek zanieczyszczeń, skuteczność oczyszczania

## WSTĘP

Ostatnie lata w Polsce przyniosły znaczący rozwój systemów odprowadzania i unieszkodliwiania ścieków bytowych na terenach wiejskich [Bugajski 2005]. Znaczny wzrost inwestycji w dziedzinie oczyszczania ścieków był spowodowany głównie dzięki środkom finansowym Unii Europejskiej przekazanym na rozwój terenów wiejskich [Błażejowski 2001]. Budowa kanalizacji jest inwestycją pochłaniającą znaczne koszty, które obecnie w Polsce szacowane są od 100 zł do 200 zł za metr bieżący wykopu wraz z ułożonym przewodem. Są to jedynie koszty szacunkowe, które w niekorzystnych warunkach terenowo-gruntowych mogą znacznie wzrosnąć. Dodatkowym problemem, który często spotyka się w małych systemach kanalizacyjnych jest nierównomierność dopływających ścieków [Bugajski, Ślizowski 2003]. Nierównomierność dotyczy zarówno ładunków zanieczyszczeń, jak i ilości dopływających ścieków. Obecne systemy oczyszczania ścieków oparte głównie na zasadzie osadu czynnego są dość wrażliwe na zmienność składu, jak i ilości dopływających ścieków. Aby zniwelować negatywne skutki nierównomiernego dopływu zaczęto stosować technologię SBR (*Sequencing Batch Reactor.*), która jest modyfikacją klasycznego układu oczyszczalni ścieków z osadem czynnym. Technologia SBR jest mniej wrażliwa na zmienne ilości dopływających ścieków w porównaniu z klasycznym układem oczyszczalni z osadem czynnym. W okresie dużych wahań ilości dopływających ścieków istnieje możliwość włączenia lub wyłączenia dodatkowych reaktorów biologicznych. Każdy reaktor może pracować niezależnie od pozostałych. Badania dotyczyły funkcjonowania oczyszczalni ścieków działającej na podstawie technologii SBR o projektowanej przepustowości  $Q_{\text{sr.d.}}=600 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ . Aktualnie do oczyszczalni dopływa około  $150 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ , z czego około 8% ścieków to ścieki pochodzące z szamb, które dowożone są wozami asenizacyjnymi z terenu gminy [Rudnik 2005].

## CEL I METODYKA BADAŃ

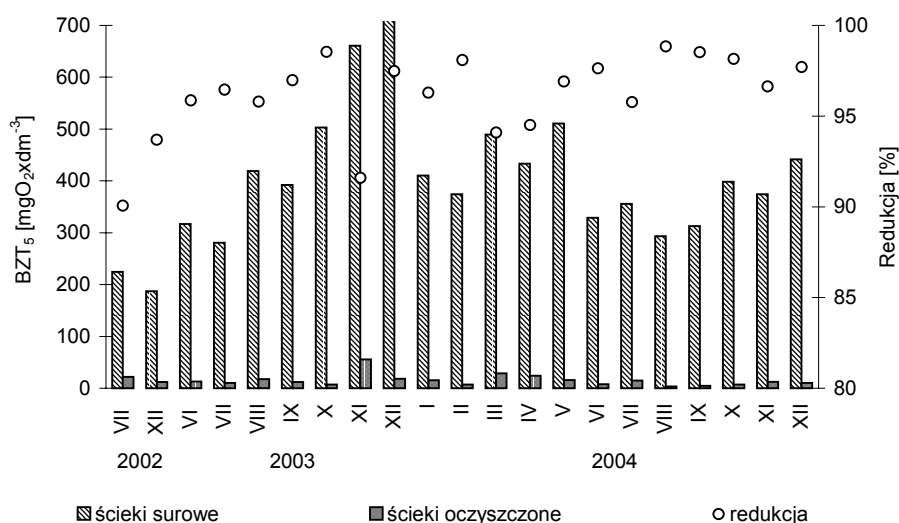
Podstawowym celem badań była ocena sprawności funkcjonowania oczyszczalni ścieków typu SBR w miejscowości Sterkowiec-Zajazie w latach 2002–2004. W tym okresie pobrano w zależności od badanego wskaźnika od 21 do 36 próbek ścieków surowych i oczyszczonych. Poddano analizie wskaźniki z grupy podstawowej: BZT<sub>5</sub>, ChZT, zawiesina ogólna oraz z grupy eutroficznej: azot amonowy oraz fosfor

ogólny. Wyniki analiz fizyko-chemicznych ścieków pobranych na odpływie z oczyszczalni porównano do aktualnie obowiązujących wymagań, zawartych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska, [Rozporządzenie z dn. 8 lipca 2004 r.] dotyczących jakości ścieków oczyszczonych. Określono wielkość redukcji badanych wskaźników w ściekach dopływających i odpływających z oczyszczalni.

### ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Określenie wielkości wskaźników z grupy podstawowej oraz eutroficzej w ściekach dopływających pozwoli na stwierdzenie czy do obiektu badań dopływają wyłącznie ścieki bytowe. Jest to bardzo istotne w procesie oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego. Wielkość redukcji poszczególnych parametrów pozwoli na stwierdzenie, czy zachodzące procesy oczyszczania przebiegają prawidłowo.

W latach 2002–2004 pobrano do analizy 21 próbek ścieków, w których określono wielkość BZT<sub>5</sub> na dopływie oraz odpływie ścieków. W roku 2002 były to 2 analizy, w roku 2003 wykonano 7 analiz, a w roku 2004 wykonano 12 analiz – rysunek 1.



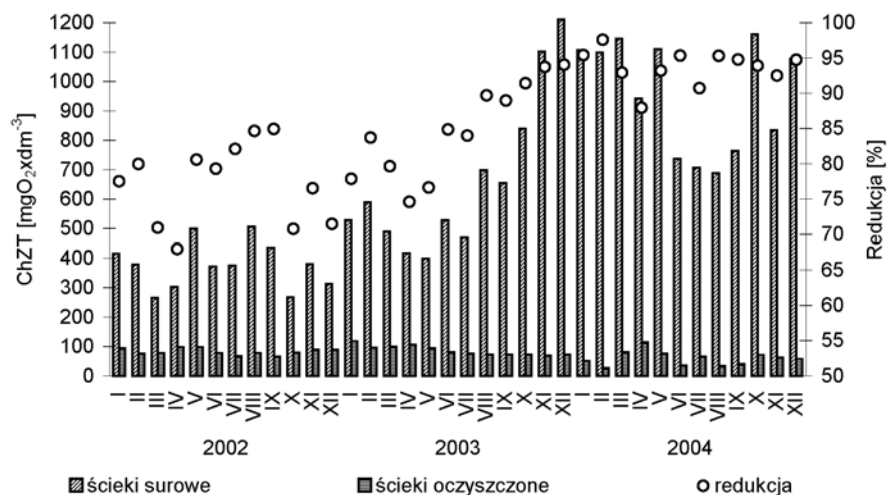
**Rysunek 1.** Wartość BZT<sub>5</sub> w ściekach surowych i oczyszczonych oraz redukcja wskaźnika w latach 2002–2004 w oczyszczalni ścieków typu SBR w miejscowości Sterkowiec-Zajazie

**Figure 1.** Concentrations BOD<sub>5</sub> in raw and clean sewer and reduction index in 2002–2004 years in sewage treatment plant type SBR in Sterkowiec-Zajazie

Wartości BZT<sub>5</sub> w ściekach surowych oscylowały w granicach od 187,2 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup> do 726 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>, natomiast wartość średnia badanego parametru w analizowanych latach wyniosła 401,1 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. W ściekach oczyszczonych wielkości BZT<sub>5</sub> wahały się w granicach od 3,43 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup> do 55,5 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Maksymalna wartość BZT<sub>5</sub> w ściekach oczyszczonych jedynie raz w okresie badań przekroczyła wartość dopuszczalną wynoszącą 40 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>, według Rozporządzenia z dnia 8 lipca 2004. Według załącznika nr 2 wspomnianego Rozporządzenia dopuszczalne są przekroczenia wartości dopuszczalnych w 3 próbkach ścieków odpływających. W związku z czym przekroczenie wartości dopuszczalnej w jednej próbce pobranych ścieków na odpływie nie wpływa negatywnie na ocenę sprawności badanej oczyszczalni. Redukcja BZT<sub>5</sub> w procesie oczyszczania wyniosła średnio ponad 96%, czyli była na wysokim poziomie. Nie stwierdzono wpływu niskich temperatur na redukcję BZT<sub>5</sub>.

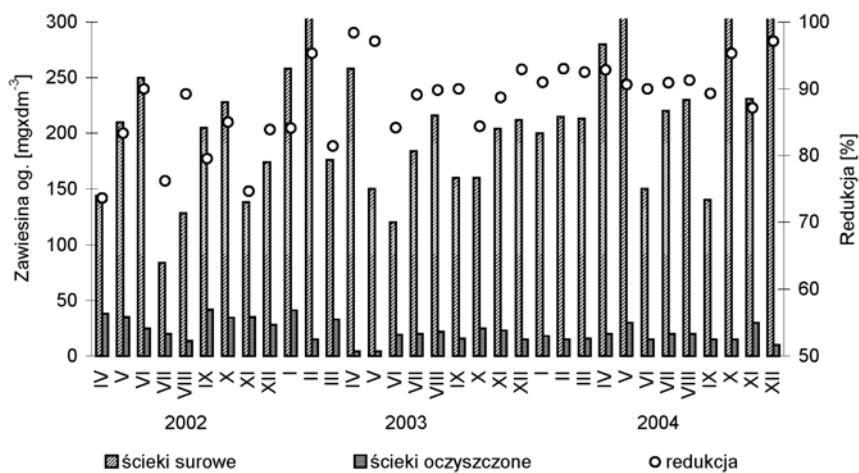
Na rysunku 2 przedstawiono wielkości ChZT w ściekach surowych, oczyszczonych oraz redukcję wskaźnika w 36 próbkach pobranych w okresie od stycznia 2002 do grudnia 2004. Średnia wartość ChZT ścieków surowych w analizowanym okresie wyniosła 660,7 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Jak wynika z rysunku 2 od połowy roku 2003 do końca 2004 widoczny jest wyraźny wzrost tego wskaźnika w ściekach surowych w porównaniu z okresem początkowym badań. Wartości w ściekach oczyszczonych ChZT wahały się od 26,6 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup> do 117,0 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup> (średnia wartość wyniosła 75,4 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>). Należy podkreślić, iż w okresie badań nie stwierdzono przekroczeń wartości dopuszczalnej, która wynosi 150 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Redukcja ChZT była na nieco niższym poziomie niż redukcja BZT<sub>5</sub> i wyniosła średnio w okresie badawczym 85%. Wielkość redukcji kształtowała się na poziomie całkowicie wystarczającym do zredukowania wskaźnika do poziomu wymaganego przez pozwolenie wodno-prawne dla tej oczyszczalni.

Kolejny analizowany wskaźnik z grupy podstawowej to zawiesina ogólna. W trakcie okresu badań przeanalizowano 33 próbki ścieków surowych oraz oczyszczonych – rysunek 3. Wahaniami wielkości zawiesiny ogólnej w ściekach surowych wyniosły od 84 mg·dm<sup>-3</sup> do 350 mg·dm<sup>-3</sup>, natomiast wartość średnia wyniosła 207,5 mg·dm<sup>-3</sup>. Średnia redukcja zawiesiny ogólnej w procesie oczyszczania wyniosła 88%. Redukcja tej wielkości była wystarczająca, aby wielkość zawiesiny ogólnej w ściekach odpływających nie przekraczała dopuszczalnej wartości 40 mg·dm<sup>-3</sup>. Średnia wartość w ściekach odpływających wyniosła 22 mg·dm<sup>-3</sup>. Zarówno w ściekach surowych, jak i oczyszczonych nie zauważono sezonowości redukcji, co pozwala wysunąć wniosek o braku wpływu temperatury otoczenia i samych ścieków na procesy oczyszczania.



**Rysunek 2.** Wartość ChZT w ściekach surowych i oczyszczonych oraz redukcja wskaźnika w latach 2002–2004 w oczyszczalni ścieków typu SBR w miejscowości Sterkowiec-Zajazie

**Figure 2.** Concentrations COD in raw and clean sewer and reduction index in 2002–2004 years in sewage treatment plant type SBR in Sterkowiec-Zajazie

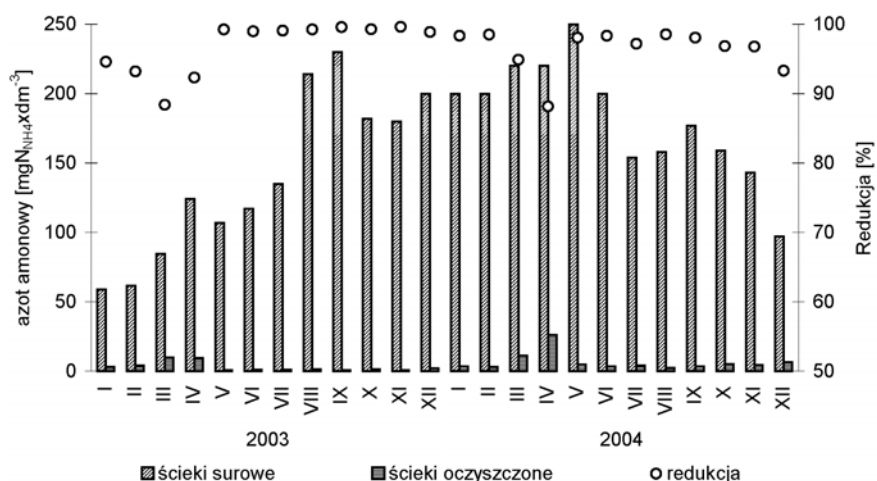


**Rysunek 3.** Wartość zawiesiny ogólnej w ściekach surowych i oczyszczonych oraz redukcja wskaźnika w latach 2002–2004 w oczyszczalni ścieków typu SBR w miejscowości Sterkowiec-Zajazie

**Figure 3.** Concentrations total suspension in raw and clean sewer and reduction index in 2002–2004 years in sewage treatment plant type SBR in Sterkowiec-Zajazie

Uzupełnieniem oceny pracy oczyszczalni jest analiza dwóch wskaźników z grupy eutroficznej: azotu amonowego oraz fosforu ogólnego.

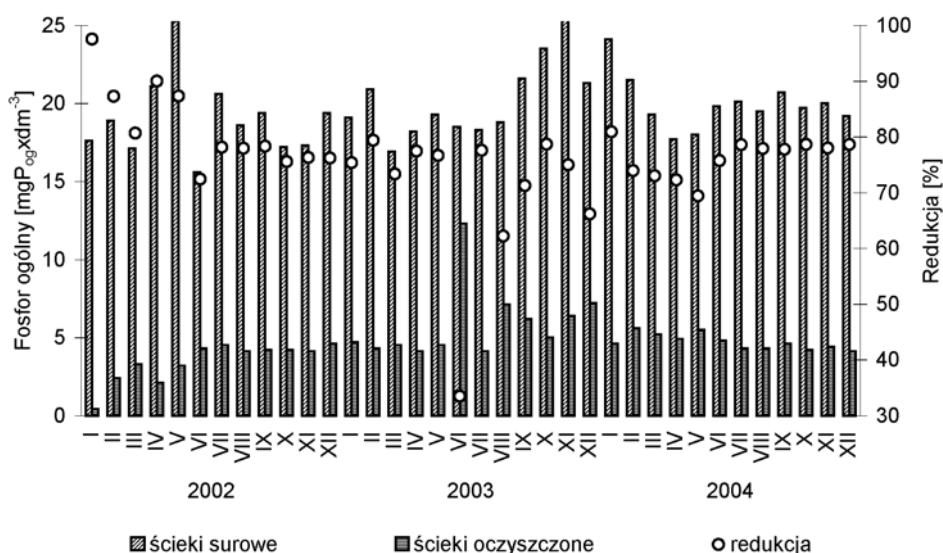
Redukcja azotu amonowego w 24 próbkach ścieków była na wysokim poziomie i wyniosła od 88% do 99,6% – rysunek 4. Średnia redukcja tego biogenu w okresie dwuletnich badań wyniosła 96%. W początkowym okresie roku 2003 wartość azotu amonowego w ściekach surowych wynosiła około  $70 \text{ mgN}_{\text{NH}_4} \cdot \text{dm}^{-3}$ , po tym czasie widoczny jest wzrost wskaźnika do wartości  $240 \text{ mgN}_{\text{NH}_4} \cdot \text{dm}^{-3}$  (marzec–czerwiec roku 2004). Po okresie wzrostu w kolejnych miesiącach 2004 roku widoczny jest ponowny spadek wartości azotu amonowego do poziomu  $75 \text{ mgN}_{\text{NH}_4} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Duża nierównomierność wartości azotu i fosforu w ściekach dopływających może być przyczyną zakłóceń procesów nitryfikacji i denitryfikacji, czyli procesów odpowiedzialnych za usuwanie ze ścieków związków biogenych. W analizowanej oczyszczalni ścieków sytuacja taka nie miała miejsca i w przeciągu dwóch lat wielość azotu amonowego w ściekach odpływających wahała się od  $0,69 \text{ mgN}_{\text{NH}_4} \cdot \text{dm}^{-3}$  do  $26 \text{ mgN}_{\text{NH}_4} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Należy zauważyć, iż wartość maksymalna wystąpiła tylko w jednej badanej próbce w kwietniu 2004 roku. Pozostałe wyniki były na dużo niższym poziomie i wynosiły średnio  $3,84 \text{ mgN}_{\text{NH}_4} \cdot \text{dm}^{-3}$ .



**Rysunek 4.** Wartość azotu amonowego w ściekach surowych i oczyszczonych oraz redukcja wskaźnika w latach 2002–2004 w oczyszczalni ścieków typu SBR w miejscowości Sterkowiec-Zajazie

**Figure 4.** Concentrations total nitrogen in raw and clean sewer and reduction index in 2002–2004 years in sewage treatment plant type SBR in Sterkowiec-Zajazie

Drugim wskaźnikiem eutroficznym poddanym analizie był fosfor ogólny. Wartości fosforu ogólnego w ściekach surowych wskazują na to, że do oczyszczalni dopływają jedynie ścieki bytowe. W okresie badawczym wartości fosforu ogólnego w ściekach surowych wahały się w granicach od  $15,6 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$  do  $25,6 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$  – rysunek 5. Natomiast w ściekach odpływających z oczyszczalni średnia wartość wskaźnika wyniosła  $4,6 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Wartość maksymalna wyniosła  $12,3 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$ , a minimalna wartość to  $0,43 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$ . W okresie badań redukcja analizowanego parametru była na średnim poziomie i wyniosła 76%. W okresie pomiarów tylko w jednym przypadku w czerwcu roku 2003 redukcja spadła do poziomu 33,5%, ale był to przypadek incydentalny niemający wpływu na ocenę redukcji fosforu w procesie jego usuwania.



**Rysunek 5.** Wartość fosforu ogólnego w ściekach surowych i oczyszczonych oraz redukcja wskaźnika w latach 2002–2004 w oczyszczalni ścieków typu SBR w miejscowości Sterkowiec-Zajazie

**Figure 5.** Concentrations total phosphate in raw and clean sewer and reduction index in 2002–2004 years in sewage treatment plant type SBR in Sterkowiec-Zajazie

## WYNIKI I STWIERDZENIA

Na podstawie analizy wyników badań składu ścieków surowych, oczyszczonych oraz redukcji wybranych wskaźników zanieczyszczeń w oczyszczalni typu SBR zlokalizowanej w miejscowości Sterkowiec-Zajazie sformułowano następujące stwierdzenia i wnioski:

1. Redukcja BZT<sub>5</sub> w procesie oczyszczania w latach 2002–2004 wyniosła średnio 96%. Przekroczenie wartości dopuszczalnej wystąpiło w jednym przypadku, co nie ma wpływu na pozytywną ocenę redukcji badanego wskaźnika.

2. Redukcja ChZT wyniosła średnio 85% i nie stwierdzono przekroczeń w ściekach oczyszczonych wartości dopuszczalnych tego wskaźnika w okresie trzyletnich badań.

3. W analizowanej oczyszczalni stwierdzono wysoką redukcję zawiesiny ogólnej wynoszącą średnio 88%. Redukcja na tym poziomie (z wyjątkiem dwóch przypadków analizowanych próbek ścieków) pozwoliła osiągnąć wyniki zgodne z aktualnymi wymaganiami.

4. Redukcja azotu amonowego w badanym okresie wyniosła od 88% do 96%. Wielkości azotu amonowego w ściekach dopływających były na poziomie odpowiadającym typowym ściekom bytowym. Jest to istotne dla prawidłowego przebiegu procesu nitryfikacji i denitryfikacji, czyli procesów odpowiadających za usuwanie azotu ze ścieków.

5. Redukcja drugiego wskaźnika eutroficznego – fosforu ogólnego była na nieco niższym poziomie niż redukcja związków azotu i wyniosła średnio w okresie badawczym 76%. Wielkości fosforu w ściekach dopływających były również na poziomie typowym dla ścieków bytowych.

6. Nie stwierdzono negatywnego wpływu niskich temperatur występujących w okresach zimowych na wielkość redukcji badanych wskaźników zanieczyszczeń.

## BIBLIOGRAFIA

- Błażejewski R. *Przydomowe oczyszczalnie ścieków w Unii Europejskiej*. Materiały konferencyjne – Projektowanie i eksploatacja przydomowych oczyszczalni ścieków. Poznań–Kiekrz 2001.
- Bugajski P. *Wpływ wybranych czynników na efekty oczyszczania ścieków w przydomowych oczyszczalniach z osadem czynnym*. Rozprawa doktorska opracowana w Katedrze Zaopatrzenia Osiedli w Wodę i Kanalizacji Akademii Rolniczej w Krakowie, 2005, maszynopis.
- Bugajski P., Ślizowski R. *Przydomowe kontenerowe oczyszczalnie jako uzupełniający element systemu unieszkodliwiania ścieków w gminie Palecznica*. Zeszyty Naukowe AR w Krakowie, z. 404, 2003.



*Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 lipca 2004 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód i do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dz.U. Nr 168 poz. 1763.*

Rudnik I. *Problemy eksploatacyjne mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków typu SBR na przykładzie oczyszczalni w miejscowości Sterkowiec-Zajazie. Praca magisterska napisana w Katedrze Zaopatrzenia Osiedli w Wodę i Kanalizacji Akademii Rolniczej w Krakowie, 2005.*

dr inż. Piotr Bugajski, prof. dr hab. inż. Ryszard Ślizowski  
Katedra Zaopatrzenia Osiedli w Wodę i Kanalizacji  
Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji  
Akademia Rolnicza w Krakowie  
Al. Mickiewicza 24/28  
30-059 Kraków  
tel. (012) 632-57-88  
pbugajsk@ar.krakow.pl  
rmslizow@cyf-kr.edu.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Stanisław Węglarczyk*

*Piotr Bugajski, Ryszard Ślizowski*

## **ASSESSMENT OF THE WORKING OF SEWAGE TREATMENT PLANT TYPE SBR IN STERKOWIEC-ZAJAZIE**

### **SUMMARY**

In study presented of results research physico-chemical sewage in years 2002–2004 in sewage treatment plant type SBR in place Sterkowiec-Zajazie in province małopolska. The Treatment plant started in 2001 year and expensed of 3,7 million PLN. Design of capacity in treatment plant is  $Q=600 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ , however in during of research to treatment plant in flu about  $150 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ . About 8% sewer was drive tanker car with cesspool. Research concern to count size reduction in percent selects indexes pollution for example:  $\text{BOD}_5$ , COD, total suspension witch primary group and ammonia nitrogen and total phosphates witch eutrophic group. Middle of value  $\text{BOD}_5$  in sewage raw was  $401,1 \text{ mgO}_2\cdot\text{dm}^{-3}$ , however in clean sewer was  $15,23 \text{ mgO}_2\cdot\text{dm}^{-3}$ . Middle of value COD in sewage raw was  $660,74 \text{ mgO}_2\cdot\text{dm}^{-3}$ , however in clean sewer was  $75,43 \text{ mgO}_2\cdot\text{dm}^{-3}$ . Middle of value total suspension in sewage raw was

207,51 mg·dm<sup>-3</sup>, however in clean sewer was 22,17 mg·dm<sup>-3</sup>. Middle of value ammonia nitrogen in sewage raw was 161,34 mgN<sub>NH<sub>4</sub></sub>·dm<sup>-3</sup>, however in clean sewer was 3,84 mgN<sub>NH<sub>4</sub></sub>·dm<sup>-3</sup>. For total phosphates middle of value in raw sewer was 19,71 mgP·dm<sup>-3</sup>, and in clean sewer 4,67 mgP·dm<sup>-3</sup>. Reduction of indexes with primary group and eutrophic group was high. Middle for BOD<sub>5</sub> was 96%, for COD - 85%, for total suspension - 88%, for ammonia nitrogen 96% and for total phosphates – 76%. Size pollution in clean sewer (after sewage treatment plant) compare with current regulation. In most cases indexes in clean sewer was lower then current regulation. This provide of regularity processes in treatment plant.

**Key words:** Sewage treatment plant SBR, load pollutions, efficiency cleaned