

Anna GROSSER, Tomasz KAMIZELA, Ewa NECZAJ

Politechnika Częstochowska, Instytut Inżynierii Środowiska  
ul. Brzeźnicka 60a, 42-242 Częstochowa

## Oczyszczanie ścieków z produkcji płyt pilśniowych wspomagane polem ultradźwiękowym w reaktorze SBR

Przedstawiono wyniki badań nad możliwością oczyszczania mieszaniny ścieków syntetycznych o składzie odpowiadającym ściekom bytowo-gospodarczym i ścieków z produkcji płyt pilśniowych w reaktorze typu SBR. Dokonano oceny efektywności procesu na podstawie stopnia obniżenia wartości ChZT dla danych parametrów procesowych: czas zatrzymania  $t_z$  (2, 4, 6, 8 d), udział objętościowy ścieków przemysłowych w mieszaninie (5, 7, 9%), amplituda oraz czas nadźwiękawiania ścieków przemysłowych (22,4  $\mu\text{m}$  i 12 min oraz 48,8  $\mu\text{m}$  i 4 min).

Badania były prowadzone w 4 reaktorach pracujących w 24-godzinnym cyklu pracy, złożonym z następujących faz procesowych: napełniania i mieszania, reakcji - mieszania i napowietrzania, mieszania, sedymentacji i dekantacji oraz przestoju. Wykonane w ramach pracy badania potwierdziły możliwość zastosowania pola ultradźwiękowego do współocyszczania mieszaniny ścieków z produkcji płyt pilśniowych i ścieków syntetycznych. Efektywność oczyszczania ścieków wyrażona obniżeniem wartości ChZT rosła wraz ze wzrostem czasu przetrzymania ścieków w reaktorze  $t_z$  lub obniżaniem obciążenia reaktorów ładunkiem zanieczyszczeń oraz zmniejszaniem udziału ścieków przemysłowych w mieszaninie doprowadzanej do reaktora. Na efektywność oczyszczania miały wpływ parametry pola ultradźwiękowego. We wszystkich reaktorach odnotowano przy zastosowaniu do kondycjonowania pola o amplitudzie 22,4  $\mu\text{m}$  i czasie ekspozycji 12 min poprawę jakości ścieków oczyszczonych oraz obniżenie wartości wskaźnika ChZT ścieków surowych w porównaniu do wyników uzyskanych dla amplitudy drgań 48,8  $\mu\text{m}$ .

Słowa kluczowe: reaktor SBR, ścieki z produkcji płyt pilśniowych, ultradźwięki, ChZT

### Wstęp

Idea sekwencyjnych biologicznych reaktorów sięga początku XX wieku, kiedy Arden, Lockett and Fowlern opracowali i wdrożyli w oczyszczalni ścieków w Manchesterze koncepcję zwaną „*fill and draw*”. Polegała ona na tym, że surowe ścieki były wprowadzane do zbiornika, w którym poddawane były następującym po sobie fazom: napowietrzania, sedymentacji oraz dekantacji. Pomimo wysokiej efektywności oczyszczania problemy techniczne i operacyjne sprawiły, że dopiero w 1970 roku wraz z rozwojem nowych technologii w zakresie kontroli procesu oraz wyposażenia na bazie ww. koncepcji opracowano systemy SBR [1, 2].

Cechą charakterystyczną systemów SBR, odróżniającą je od układów przepływowych, jest to, że procesy biologicznego oczyszczania i oddzielenia osadu od oczyszczonych ścieków realizowane są w jednym zbiorniku, przy czym zwiercia-

dło ścieków zmienia swój poziom podczas pracy reaktora, a oczyszczone ścieki odprowadzane są okresowo w krótkim odstępie czasu [3-7]. Poza tym w reaktorach porcjowych, w których zachodzi usuwanie związków biogenych, warunki anoksyiczne poprzedzają beztlenowe [8].

W ostatnich latach wzrosło zainteresowanie systemami SBR z uwagi na coraz bardziej rygorystyczne normy dotyczące jakości ścieków oczyszczonych, a co za tym idzie wymaganiami wysoko efektywnego oczyszczania przy niskich kosztach eksploatacyjnych. Sprawia to, że reaktory SBR stały się obecnie bardzo popularną metodą oczyszczania ścieków komunalnych oraz przemysłowych m.in. w USA, Chinach oraz Europie zarówno w oczyszczalniach o małej przepustowości, jak i zasilanych znacznie większą objętością ścieków [8, 9].

Za zastosowaniem sekwencyjnych reaktorów w procesach oczyszczania różnych rodzajów ścieków przemawia ich duża elastyczność pracy, łatwość dostosowania parametrów procesowych do zmiennego składu ścieków oraz możliwość symultanicznego usuwania związków biogenych i utleniania substancji organicznych. Badania wykazały, że mikroorganizmy tworzące osad czynny w reaktorze porcjowym w porównaniu do drobnoustrojów w klasycznej metodzie osadu czynnego szybciej się adaptują oraz charakteryzują się większą odpornością na niekorzystne warunki środowiskowe [2, 8, 10].

Jedną z gałęzi przemysłu, w której mogą znaleźć zastosowanie reaktory SBR, jest przemysł papierniczy. Negatywne oddziaływanie ścieków z tej gałęzi gospodarki na środowisko związane jest z wysokim ładunkiem substancji organicznych i z wysokim obciążeniem ścieków ładunkiem organicznym, a także obecnością toksycznych oraz odpornych na rozkład substancji. Wszystkie te czynniki oraz nierównomierny skład jakościowy i ilościowy ścieków (zależny od zakładu) przemawiają za zastosowaniem do oczyszczania reaktorów SBR [11, 12].

Celem badań było określenie możliwości zastosowania sekwencyjnego reaktora porcjowego do oczyszczania mieszaniny ścieków bytowo-gospodarczych i przemysłowych (uprzednio nadźwiekawianych) pochodzących z produkcji płyt pilśniowych. W ramach badań dokonano oceny efektywności obniżenia wartości ChZT w ściekach przy różnych parametrach procesowych, takich jak:

- czas zatrzymania ścieków w reaktorze,
- udział objętościowy ścieków przemysłowych w mieszaninie,
- amplituda oraz czas nadźwiekawiania ścieków przemysłowych.

## 1. Materiały i metody badań

Laboratoryjnym modelem SBR był szklany zbiornik w kształcie walca o średnicy 14,5 cm, wysokości 27,5 cm oraz pojemności 3 dm<sup>3</sup>. Pojemność czynna wynosiła 2,5 dm<sup>3</sup>. Napowietrzanie ścieków realizowane było z użyciem pompki akwarystycznej, natomiast zawartość reaktora mieszano mieszadłem magnetycznym.

Substratem do badań była mieszanina ścieków syntetycznych i przemysłowych z produkcji płyt pilśniowych. Ścieki syntetyczne przygotowywane były z wody wodociągowej po dodaniu odpowiedniej ilości składników, co wykonano zgodnie

z normą PN-72/C-04550/09 (tab. 1). Ścieki przemysłowe, których charakterystykę jakościową przedstawiono w tabeli 2, pobierane były ze zbiornika wyrównawczego w oczyszczalni ścieków Konieczpolskich Zakładów Płyt Pilśniowych.

Tabela 1

## Skład ścieków syntetycznych

Wskaźnik	Jednostka	Wartość
Pepton kazeinowy	g/dm <sup>3</sup>	0,156
Bulion suchy	g/dm <sup>3</sup>	0,105
Chlorek amonu	g/dm <sup>3</sup>	0,020
Chlorek sodu	g/dm <sup>3</sup>	0,007
Chlorek wapnia	g/dm <sup>3</sup>	0,0075
Siarczan magnezu	g/dm <sup>3</sup>	0,002
Fosforan potasu jednozasadowy	g/dm <sup>3</sup>	0,020
Fosforan potasu dwuzasadowy	g/dm <sup>3</sup>	0,050

Tabela 2

## Ogólna charakterystyka jakościowa ścieków przemysłowych

Wskaźnik	Jednostka	Wartość
ChZT <sub>Cr</sub>	mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	29000
BZT <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	10728
Azot amonowy	mgN-NH <sub>4</sub> /dm <sup>3</sup>	39,6
Azot azotanowy	mgN-NO <sub>3</sub> /dm <sup>3</sup>	10,2
Azot ogólny	mgN/dm <sup>3</sup>	168,5
Fosfor ogólny	mgP/dm <sup>3</sup>	34,5

Badania procesowe poprzedzone były wypracowaniem biocenozy osadu czynnego reaktora SBR. Zaszczepem był osad czynny pobrany z komory napowietrzania w oczyszczalni w Konieczpolu. Hodowla oraz adaptacja osadu czynnego były prowadzone do ustalenia stałych warunków. Po tym czasie reaktory były zasilane mieszaniną ścieków z 5% udziałem ścieków przemysłowych. Proces oczyszczania prowadzono dla WO = 12 d, a kontrola wieku osadu polegała na usuwaniu raz na dobę w fazie przestoju określonej objętości osadu nadmiernego. Badania prowadzono w 4 reaktorach o różnym czasie zatrzymania ścieków  $t_z$  wynoszącym odpowiednio 2, 4, 6 oraz 8 dób, pracujących w 24-godzinny cykl pracy (tab. 3).

Tabela 3

## Układ pracy reaktora SBR podczas trwania poszczególnych faz procesowych

Faza	24 godzinny cykl pracy	
Napełnianie i mieszanie	2h	
Mieszanie i napowietrzanie	18h	
Mieszanie		2h
Sedymentacja i dekantacja		1,5h →
Martwa		0,5h →

W tabeli 4 przedstawiono ilości ścieków wymienianych w ciągu doby w poszczególnych reaktorach przy różnym czasie zatrzymania. Objętość ścieków odprowadzana z reaktora została pomniejszona o objętość osadu nadmiernego odprowadzanego raz na dobę w fazie przestoju.

Tabela 4

**Wymiana ścieków w reaktorach o różnym czasie zatrzymania**

	Czas zatrzymania ścieków $t_z$ , d			
	2	4	6	8
Objętość ścieków, $\text{dm}^3$	1,250	0,625	0,420	0,315

Reaktory były zasilane mieszaniną, której kolejno 5, 7 i 9% udział stanowiły ścieki z produkcji płyt pilśniowych. Ścieki przemysłowe przed zmieszaniem ze ściekami syntetycznymi były poddawane procesowi nadźwiękawiania. Sonochemiczne przygotowanie ścieków przemysłowych prowadzone było z zastosowaniem dezintegratora SONICS VIBROCELL. W tabeli 5 przedstawiono warunki sonifikacji ścieków przemysłowych dla badanych procentowych udziałów ścieków przemysłowych w mieszaninie doprowadzanej do reaktora.

Tabela 5

**Warunki sonifikacji dla badanych procentowych udziałów ścieków przemysłowych w mieszaninie doprowadzanej do reaktora**

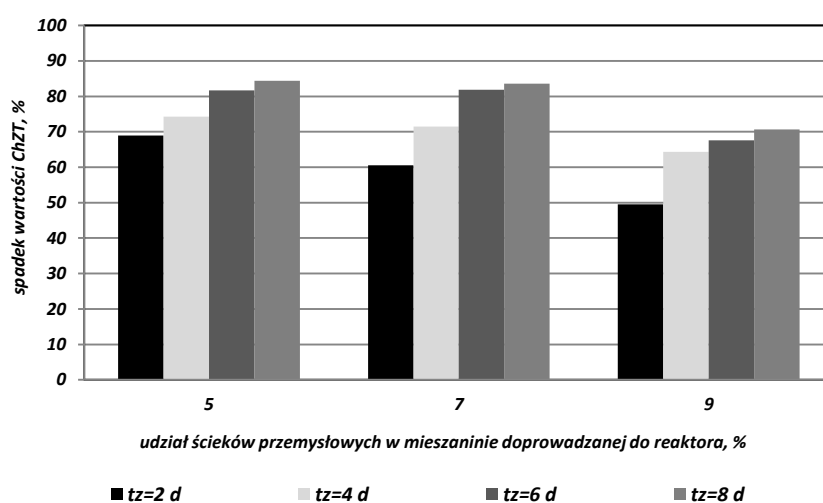
Udział ścieków przemysłowych %	Warunki sonifikacji (amplituda drgań oraz czas ekspozycji)
5	48,8 $\mu\text{m}$ , 4 min
7	48,8 $\mu\text{m}$ , 4 min
9	48,8 $\mu\text{m}$ , 4 min
9	24,4 $\mu\text{m}$ , 12 min

W ramach badań wykonano zgodnie z metodyką podaną przez Hermanowicza i innych [13] następujące oznaczenia: sucha masa, pozostałość po prażeniu, straty przy prażeniu. Oznaczenie ChZT wykonano metodą dwuchromianową, kolorymetryczną, przy użyciu spektrofotometru Hach Dr 4000.

## 2. Wyniki badań

W pierwszym etapie badań oceniono wpływ parametrów procesowych na efektywność oczyszczania dla mieszaniny, w której ścieki przemysłowe przed wprowadzeniem do reaktora SBR poddawane były działaniu pola ultradźwiękowego o amplitudzie 48,8  $\mu\text{m}$  w czasie 4 min. Na rysunku 1 przedstawiono zależność stopnia obniżenia wartości ChZT od czasu zatrzymania ścieków w reaktorze, natomiast w tabeli 6 zestawiono wartości wskaźników w zależności od udziału objętościowego ścieków przemysłowych w dozowanej mieszaninie i czasu ich zatrzymania.

Analizując zmiany wartości ChZT w ściekach (rys. 1), stwierdzono, że efektywność oczyszczania rośnie wraz z wydłużaniem hydraulicznego czasu zatrzymania ścieków w reaktorze, czyli wraz ze zmniejszeniem ilości ścieków wprowadzanych w ciągu doby do reaktora. Przy  $t_z = 8$  d sprawność oczyszczania (w zależności od udziału ścieków przemysłowych w mieszaninie) wynosiła od 70,6 do 84,3%, a dla  $t_z = 2$  d stopień obniżenia ChZT był na poziomie od 49,5 do 68,9%. Jednocześnie mniejsze ilości ścieków wprowadzane do reaktora powodują zmniejszanie się zawartość osadu czynnego, co wynika bezpośrednio z niższego ładunku zanieczyszczeń doprowadzanego do reaktora. W reaktorze, w którym  $t_z$  wynosił 2 d, średnie stężenie suchej masy osadu czynnego w zależności od procentowego udziału ścieków przemysłowych wynosiło od 2,8 do 3,4 g/dm<sup>3</sup>, natomiast w SBR o  $t_z = 8$  d stężenie suchej masy było niższe, na poziomie od 1,77 do 2,13 g/dm<sup>3</sup>.



Rys. 1. Zmiany stopnia usuwania związków organicznych wyrażone jako spadek ChZT w reaktorach o różnych czasach zatrzymania w zależności od udziału ścieków przemysłowych w mieszaninie doprowadzanej do reaktora (ścieki przemysłowe preparowane w polu ultradźwiękowym o amplitudzie 48,8  $\mu\text{m}$ )

Wraz ze wzrostem objętościowego udziału ścieków przemysłowych obserwowano pogorszenie się jakości ścieków oczyszczonych. Przy 7% udziale ścieków przemysłowych w porównaniu do 5% udziału odnotowano średni wzrost ChZT w kolejnych reaktorach (od  $t_z = 2$  d do  $t_z = 8$  d) odpowiednio o około 261, 139, 64 oraz 41 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Po zwiększeniu udziału procentowego ścieków przemysłowych w mieszaninie doprowadzanej do reaktora odnotowano średni wzrost ChZT ścieków w SBR-ach kolejno o około 413, 330, 377 oraz 328 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Jednocześnie ze wzrostem udziału objętościowego ścieków w mieszaninie obserwowano wzrost stężenia suchej masy osadu czynnego, obciążenia komory ładunkiem zanieczyszczeń oraz obciążenia substratowego osadu. Wszystkie wymienione zmiany były następstwem zwiększenia ładunku zanieczyszczeń w ściekach doprowadzanych do reaktorów.

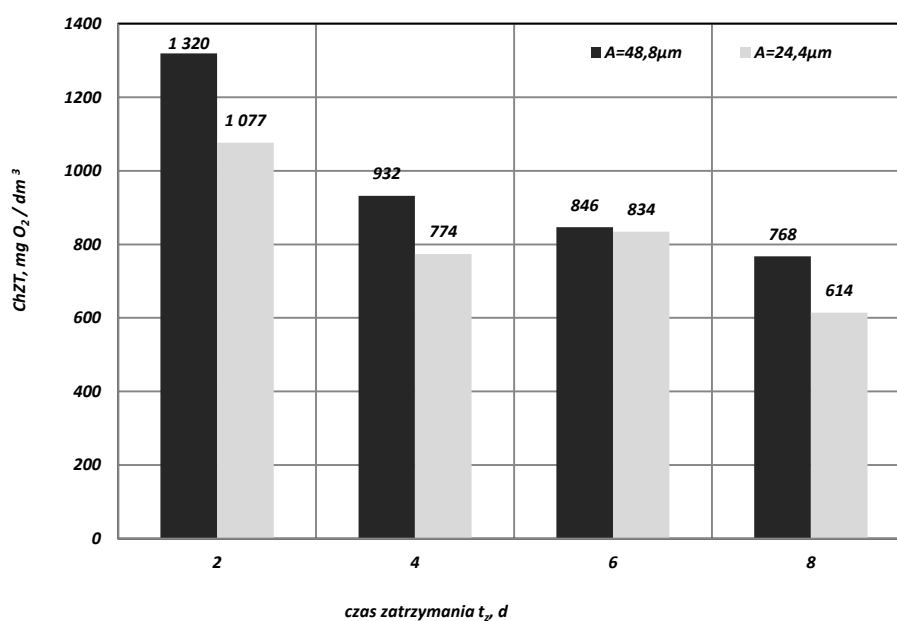
Tabela 6

**Zestawienie zmian wartości wybranych wskaźników w zależności od udziału objętościowego ścieków w mieszaninie doprowadzanej do reaktora oraz hydraulicznego czasu ich zatrzymania**

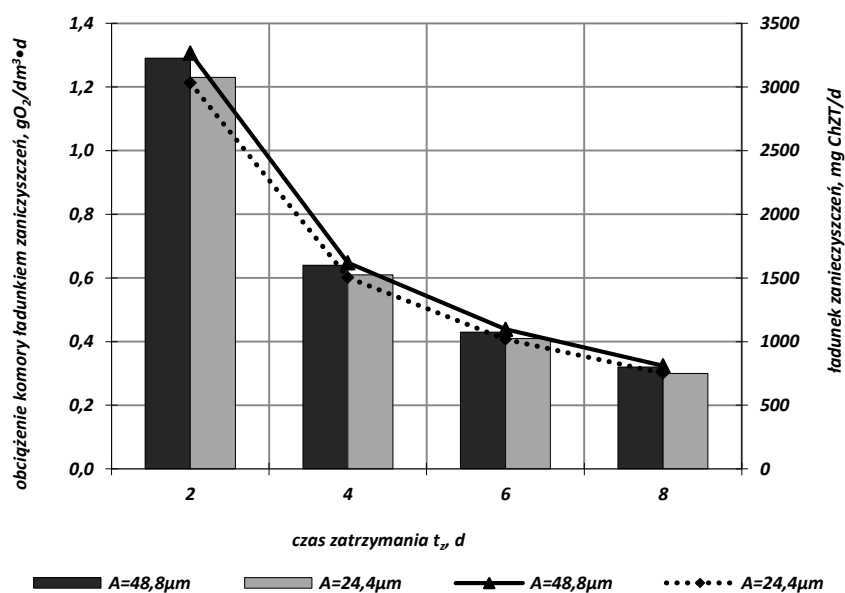
Udział objętościowy ścieków przemysłowych	5%				7%				9%			
	Czas zatrzymania ścieków $t_z$				Czas zatrzymania ścieków $t_z$				Czas zatrzymania ścieków $t_z$			
	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8
Wskaźnik												
ChZT $\text{mgO}_2/\text{dm}^3$ ścieki surowe	1645 ± 80				2121 ± 95				2614 ± 72			
ChZT $\text{mgO}_2/\text{dm}^3$ ścieki oczyszczone	511 ± 14	423 ± 36	301 ± 21	257 ± 54	837 ± 35	604 ± 25	385 ± 21	348 ± 13	1320 ± 67	932 ± 18	846 ± 50	768 ± 28
Ładunek $\text{mgChZT/d}$	2057 ± 49	1020 ± 24	691 ± 16	510 ± 12	2651 ± 20	1315 ± 10	891 ± 7	658 ± 5	3268 ± 66	1621 ± 33	1098 ± 22	810 ± 16
Obciążenie komory ładunkiem zanieczyszczeń $\text{gO}_2 / \text{dm}^3 \cdot \text{d}^*$	0,84 ± 0,02	0,42 ± 0,01	0,28 ± 0,007	0,21 ± 0,005	1,0 ± 0,008	0,52 ± 0,004	0,35 ± 0,003	0,26 ± 0,002	1,29 ± 0,026	0,64 ± 0,013	0,43 ± 0,009	0,32 ± 0,007
Obciążenie osadu ładunkiem zanieczyszczeń $\text{gO}_2/\text{g s.m.o.} \cdot \text{d}^*$	0,33 ± 0,009	0,20 ± 0,006	0,16 ± 0,004	0,14 ± 0,006	0,37 ± 0,011	0,23 ± 0,01	0,18 ± 0,009	0,17 ± 0,01	0,42 ± 0,013	0,25 ± 0,011	0,21 ± 0,01	0,18 ± 0,008
Sucha masa osadu $\text{g}/\text{dm}^3^*$	2,87 ± 0,05	2,41 ± 0,04	2,05 ± 0,06	1,77 ± 0,03	3,26 ± 0,08	2,63 ± 0,07	2,22 ± 0,07	1,92 ± 0,09	3,42 ± 0,08	2,88 ± 0,08	2,40 ± 0,07	2,13 ± 0,09

\* wartość średnia i odchylenie standardowe

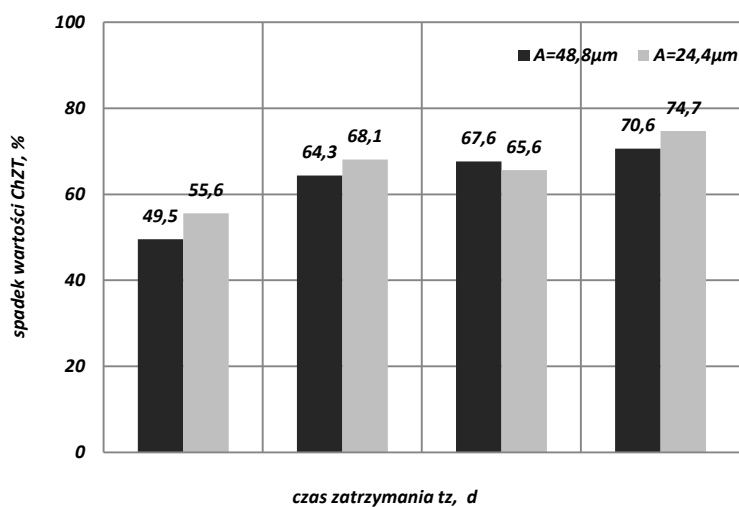
Kolejnym etapem badań było ustalenie wpływu zmiany warunków sonifikacji ścieków przemysłowych na efektywność oczyszczania wraz ze zmianami stężenia osadu czynnego. Porównania dokonano dla 9% udziału ścieków przemysłowych w mieszanie doprowadzanej do reaktora. Zmiana warunków sonochemicznego preparowania ścieków z produkcji płyt pilśniowych polegała na obniżeniu amplitudy drgań do  $24,4 \mu\text{m}$  oraz wydłużeniu czasu ekspozycji do 12 minut. Analizując zmiany wybranych wartości wskaźników przy 9% udziale ścieków przemysłowych dla różnych warunków ich preparowania, stwierdzono, że we wszystkich reaktorach (od  $t_z = 2 \text{ d}$  do  $t_z = 8 \text{ d}$ ) po zmianie sposobu preparowania ścieków przemysłowych odnotowano w porównaniu do wcześniej analizowanych warunków sonifikacji poprawę jakości ścieków oczyszczonych odpowiednio o około 243, 158, 12 oraz  $154 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$  (rys. 2). Zmiana warunków dezintegracji surowych ścieków przemysłowych polem ultradźwiękowym powodowała obniżenie wartości wskaźnika ChZT ścieków średnio o około  $124 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ . Efektem obniżenia ładunku zanieczyszczeń organicznych mieszanki doprowadzanej do kolejnych reaktorów było obniżenie obciążenia reaktorów ładunkiem zanieczyszczeń (rys. 3). Wynikiem omówionych powyżej zmian wskaźnika ChZT była poprawa efektywności procesu oczyszczania w reaktorach o czasie zatrzymania wynoszącym 2, 4 oraz 8 d (rys. 4).



Rys. 2. Porównanie jakości ścieków oczyszczonych w reaktorach o różnym czasie zatrzymania w ostatnim dniu procesu przy 9% udziale ścieków w mieszanki dla różnych warunków sonifikacji



Rys. 3. Porównanie zmian ładunku zanieczyszczeń oraz obciążenia ładunkiem zanieczyszczeń w reaktorach o różnym czasie zatrzymania dla różnych warunków sonifikacji

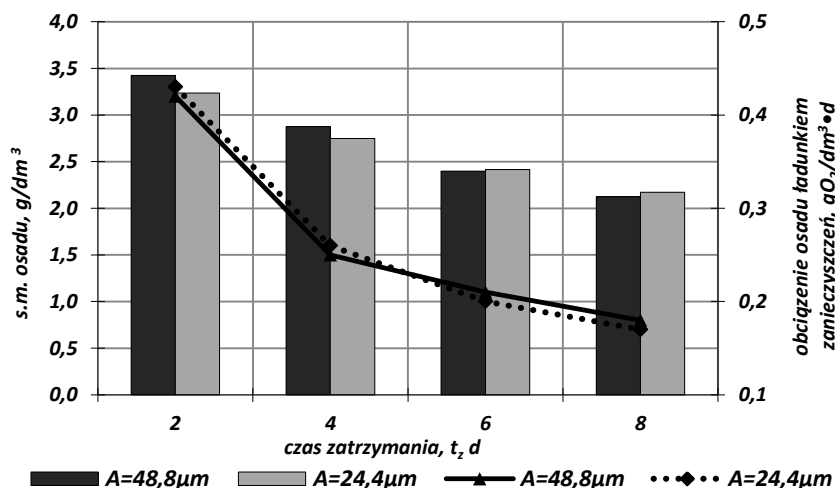


Rys. 4. Porównanie stopnia usuwania związków organicznych (ChZT) przy 9% udziale ścieków przemysłowych dla różnych warunków ich sonifikacji

W reaktorach o czasie zatrzymania 2 i 4 d odnotowano, że po zmianie parametrów pola UD następowało obniżenie stężenia suchej masy osadu odpowiednio z 3,43 do 3,23 oraz z 2,88 do 2,75 g/dm<sup>3</sup>. W pozostałych reaktorach stwierdzono wzrost stężenia suchej masy odpowiednio z 2,40 do 2,41 (t<sub>z</sub> = 6 d) oraz z 2,13 do



2,17 g/dm<sup>3</sup> ( $t_z = 8$  d). Zmiany stężenia osadu czynnego w poszczególnych reaktorach znajdują odzwierciedlenie w zmianach obciążenia substratowego osadu czynnego (rys. 5).



Rys. 5. Porównanie zmian suchej masy osadu oraz obciążenia substratowego w reaktorach o różnym czasie zatrzymania przy różnych parametrach sonifikacji ścieków przemysłowych

## Wnioski

Na podstawie analizy wyników badań sformułowano następujące wnioski:

1. Badania przeprowadzone w reaktorze SBR potwierdziły możliwość zastosowania pola ultradźwiękowego do wspomaganie procesu współoczyszczania ścieków z produkcji płyt pilśniowych ze ściekami syntetycznymi, których skład odpowiada ściekom bytowo-gospodarczym.
2. Wraz ze zwiększaniem procentowego udziału ścieków przemysłowych w mieszaninie poddawanej oczyszczaniu obserwowano obniżenie efektywności procesu ocenianego na podstawie stopnia obniżenia wartości ChZT.
3. Czas zatrzymania ścieków w reaktorze SBR wpływa na efektywność usuwania związków organicznych oraz na stężenie suchej masy osadu. Wraz z obniżeniem czasu zatrzymania ścieków i podwyższeniem wartości obciążenia reaktorów ładunkiem zanieczyszczeń spadkowi ulega stopień usuwania zanieczyszczeń organicznych, a stężenie suchej masy osadu wzrasta.
4. Na efektywność oczyszczania mają wpływ parametry pola ultradźwiękowego. Korzystniej jest prowadzić proces kondycjonowania ścieków przemysłowych w polu ultradźwiękowym o amplitudzie 22,4  $\mu m$  i czasie ekspozycji 12 min. Dla tych parametrów pola UD w porównaniu do wyników uzyskanych dla amplitudy drgań 48,8  $\mu m$  odnotowano poprawę jakości ścieków oczyszczonych oraz obniżenie wartości wskaźnika ChZT ścieków surowych.

*Praca naukowa finansowana ze środków na naukę jako projekt badawczy BG 401/403/2007/R.*

## Literatura

- [1] EPA, Wastewater Technology Fact Sheet Sequencing Batch Reactors, EPA 832-F-99-073, Office of Water, Waszyngton 1999.
- [2] Mahvi A.H., Sequencing batch reactors: a promising technology in wastewater treatment, *I.J. Environ. Health Sci. Eng.* 2008, 5, 2, 79-90.
- [3] Heidrich Z., Witkowski A., Urządzenia do oczyszczania ścieków - projektowanie przykłady obliczeń, Wyd. Seidel-Przywecki Sp. z o.o., Warszawa 2005.
- [4] Podedworna J., Zintegrowane usuwanie azotu i fosforu w reaktorze SBR z długotrwałym dawkowaniem ścieków przez selektor, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002.
- [5] Heidrich Z. (red.), *Gospodarka wodno-ściekowa*, Wyd. Verlag Dashofer, Warszawa 2005.
- [6] Klimiuk E., Lępkowska M., *Biotechnologia w ochronie środowiska*, WN PWN, Warszawa 2003.
- [7] Mańczak M., Podział reaktorów okresowego działania - SBR, *Przegląd Komunalny* 2004, 7, 35-38.
- [8] Al-Rekabi W.S., Qiang H., Qiang W.W., Review on sequencing batch reactors, *Pakistan Journal of Nutrition* 2007, 6, 11-19.
- [9] Piaskowski K., Wpływ parametrów procesowych na usuwanie związków biogenych w laboratoryjnym reaktorze typu SBR, *Rocznik Ochrony Środowiska* 2003, 5, 221-237.
- [10] Farabegoli G., Carucci A., Majone M., Rolle E., Biological treatment of tannery wastewater in the presence of chromium, *Journal of Environmental Management* 2004, 71, 345-349.
- [11] Pokhrel D., Viraraghavan T., Treatment of pulp and paper mill wastewater - a review, *Science of the Total Environment* 2004, 333, 37-58.
- [12] Fernández J.M., Omill F., Méndez R., Lema J.M., Anaerobic treatment of fibreboard manufacturing wastewaters in a pilot scale hybrid USBF reactor, *Water Res.* 2001, 35, 17, 4150-4158.
- [13] Hermanowicz W. i in., *Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków*, Wyd. Arkady, Warszawa 1999.

### **Treatment of Wastewater from the Fibreboard Production Enhanced with Ultrasound Sonification in the SBR Reactor**

The paper presents the results of research on co-treatment of fibreboard industry wastewater mixed with synthetic wastewater. The experiment was made in a SBR reactor. Process efficiency has been estimated basing on COD (Chemical Oxygen Demand) changes with the following process parameters: retention time (2, 4, 6, and 8 d), industrial wastewater participation in the wastewater mixture (5, 7, and 9%), industrial sewage sonification time and amplitude (24.4  $\mu\text{m}$ , 12 min, and 48.8  $\mu\text{m}$ , 4 min).

During the first stage of the research the influence of process parameters on the COD removal was studied. Industrial wastewater was prepared by means of ultrasonic field with amplitude of 48.8  $\mu\text{m}$  for 4 minutes. The analysis of changes of COD removal in sewage indicated the effectiveness treatment increase, resulting from lengthened sewage retention time in the reactor. It was also observed that the increase of industrial sewage volume fraction in the wastewater mixture resulted in the decrease of organic compound removal effectiveness and lowering of the treated sewage quality.

At the next stage of research the influence of industrial sewage sonification condition on treatment effectiveness was examined. The comparison was carried out for a wastewater mixture with 9% (v/v) of industrial sewage content. The vibration amplitude was dropped from 48.8 to 24.4  $\mu\text{m}$ , and the exposition time was lengthened from 4 to 12 minutes. After conditioning with a 22.4  $\mu\text{m}$  ultrasonic field amplitude through 12 min the increase of the

treated sewage quality was observed. In comparison to the results achieved with a 48.8  $\mu\text{m}$  amplitude ultrasound field, the decrease of COD value was noted. It was also observed that the change of conditions of sonification with an ultrasound field of raw industrial sewage resulted in the decrease of sewage COD index by 124  $\text{mgO}_2/\text{dm}^3$ .

**Keywords:** sequencing batch reactor (SBR), COD removal, fibreboard wastewaters, wastewater treatment