

**Paulina JELONEK, Ewa NECZAJ**

Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Środowiska i Biotechnologii  
Instytut Inżynierii Środowiska  
ul. Brzeźnicka 60a, 42-200 Częstochowa  
e-mail: enecz@is.pcz.czyst.pl

## Wstępne badania nad podczyszczaniem odcieków składowiskowych metodą Fentona

Proces Fentona to jedna z zaawansowanych metod utleniania, stosowana do oczyszczania wielu różnych rodzajów ścieków. W pracy oceniono możliwość jego zastosowania do oczyszczania odcieków pochodzących ze składowiska odpadów komunalnych. Badania miały na celu dobór najkorzystniejszej dawki reagentów na podstawie stopnia obniżenia ChZT oraz OWO. Ponadto, w ściekach oznaczono następujące wskaźniki: BZT<sub>5</sub>, LKT, azot amonowy oraz zasadowość. W ramach badań oceniono wpływ na stopień usunięcia wymienionych zanieczyszczeń następujących dawek reagentów (siarczan żelaza/nadtlenek wodoru): 1) 0,5/0,75 g/dm<sup>3</sup>, 2) 0,75/1,0 g/dm<sup>3</sup>, 3) 1/1,25 g/dm<sup>3</sup>, 4) 1,25/1,5 g/dm<sup>3</sup>. Proces Fentona realizowano w temperaturze pokojowej 22÷25°C przy pH równym 2,5. Przeprowadzone badania potwierdzają możliwość zastosowania procesu Fentona do oczyszczania odcieków składowiskowych. W porównaniu do odcieków surowych w ściekach oczyszczonych odnotowano 65 i 55% obniżenie się odpowiednio ChZT i OWO. Najwyższą efektywność procesu uzyskano dla najwyższych dawek zastosowanych reagentów. Jednak wciąż wysokie stężenia analizowanych wskaźników wskazują, że proces Fentona można zastosować do wstępnego oczyszczania odcieków składowiskowych, podczas gdy do ich pełnego oczyszczenia konieczne jest wykorzystanie innych procesów fizykochemicznych lub biochemicznych.

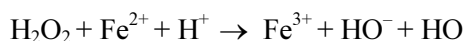
**Słowa kluczowe:** odcieki składowiskowe, proces Fentona

### Wstęp

Rozwój przemysłu, jaki obserwujemy na przełomie ostatnich lat, powoduje generowanie coraz większej ilości odpadów. Najpowszechniejszą metodą unieszkodliwiania odpadów jest wciąż ich składowanie. Składowisko odpadów to obiekt zorganizowanego deponowania odpadów, zlokalizowany i zaprojektowany zgodnie z obowiązującym prawem. Składowanie odpadów odbywa się w miejscach do tego wyznaczonych, w sposób zapewniający ochronę środowiska. Niestety, gromadzenie odpadów na składowiskach, nawet tych, które są prawidłowo zaprojektowane i eksploatowane, stwarza wiele zagrożeń dla środowiska [1]. W roku 2010 w Polsce wytworzonych zostało 10 044 ton odpadów komunalnych, z czego aż 7 639 ton było kierowane na składowiska odpadów, co stanowi ponad 80% ich wytworzonej masy [2]. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 8 stycznia 2013 roku, od 1 stycznia 2016 roku nie można składować odpadów zawierających powyżej 5% suchej masy organicznej [3]. Największym problemem związanym ściśle z eksploatacją składowiska jest powstawanie odcieków oraz konieczność ich

oczyszczania [4]. Odcieki powstają wskutek migracji przez złożę składowiska wód opadowych, wód pochodzących z wilgotności własnej zgromadzonej frakcji stałej. O składzie jakościowym odcieków decydują procesy biochemiczne, które zachodzą w trakcie składowania odpadów. Odcieki charakteryzuje przede wszystkim wysoka zawartość azotu amonowego, chlorków, a także twardość, toksyczność, często także składnikami odcieków są metale ciężkie. Wyszczególniono ponad dwieście substancji, które stanowią zanieczyszczenia organiczne odcieków. Trzydzieści pięć z nich należy do tzw. „priority pollutants”, zanieczyszczeń szczególnie niebezpiecznych [5]. Z upływem czasu w odciekach danego składowiska maleje stężenie łatwo rozkładalnych lotnych kwasów organicznych, a także innych związków niskocząsteczkowych, wzrasta z kolei liczba związków trudno biodegradowalnych - kwasów fulwowych i huminowych [6, 7].

Unieszkodliwianie odcieków jest istotne dla ochrony środowiska, w szczególności wód podziemnych i powierzchniowych, jednocześnie jest ono bardzo utrudnione ze względu na ich skład. Przed wprowadzeniem odcieków składowiskowych do kanalizacji lub do środowiska konieczne jest ich oczyszczenie lub podczyszczenie. Do ich oczyszczenia stosuje się metody fizyczne, chemiczne, fizyczno-chemiczne oraz biologiczne [8]. Wśród metod fizykochemicznych obiecujące wydają się zaawansowane procesy utleniania. Czynnikiem utleniającym w AOP są wolne rodniki, głównie rodniki hydroksylowe. AOP jest skrótem od angielskich słów „Advanced Oxidation Process”, oznaczających zaawansowane lub pogłębione procesy utleniania. Rodniki hydroksylowe mają bardzo wysoki potencjał redox - 2,8 V. Ich charakterystyczną cechą jest szybkie i nieselektywne utlenianie wielu związków organicznych. Zaawansowane procesy utleniania pozwalają na rozkład trudno biodegradowalnych i toksycznych zanieczyszczeń. Jedną z metod pogłębionego utleniania jest reakcja Fentona. Źródłem jonów żelaza(II) jest najczęściej  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . W reakcji stosuje się również 30% nadtlenek wodoru w postaci perhydrolu [9, 10]. Rodniki hydroksylowe w procesie Fentona powstają zgodnie z reakcją:



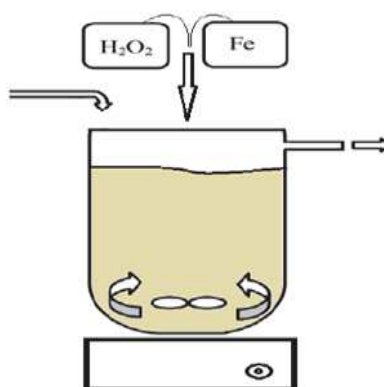
W wyniku reakcji Fentona można uzyskać znaczne zmniejszenie ilorazu  $\text{BZT}_5/\text{ChZT}$ , dzięki czemu odcieki stają się podatne na biodegradację [11]. Duży wpływ na skuteczność oczyszczania odcieków za pomocą procesu Fentona ma wartość odczynu w odciekach wyrażana za pomocą pH oraz dawki reagentów zastosowanych w reakcji. Efektywność oczyszczania odcieków za pomocą procesu Fentona jest zwykle niższa niż w przypadku zastosowania innych procesów AOP. W większości doniesień literaturowych osiągnięto obniżenie wartości wskaźnika ChZT o około 60% [12, 13].

W pracy oceniono możliwość zastosowania procesu Fentona do podczyszczenia odcieków pochodzących ze składowiska odpadów komunalnych. Badania miały na celu dobór najkorzystniejszej dawki reagentów na podstawie stopnia obniżenia ChZT oraz OWO. Wykonano również następujące oznaczenia:  $\text{BZT}_5$ , LKT, azot amonowy oraz zasadowość.

## 1. Materiały i metody

Do badań wykorzystano odcieki pochodzące ze składowiska odpadów komunalnych w Sobuczynie k. Częstochowy. Składowisko to, eksploatowane od 1987 roku, prowadzone jest metodą nadpoziomą - pryzmową. Powierzchnia przeznaczona pod składowisko wynosi 128,4 ha, natomiast strefa ochronna obejmuje obszar 342 ha. Miejskie składowisko odpadów komunalnych w Sobuczynie jest jednym z największych składowisk znajdujących się w województwie śląskim [14].

Próbkę odcieków do badań pobrano ze zbiornika zlokalizowanego na terenie składowiska. Próbka przeznaczona do podczyszczania odcieków za pomocą procesu Fentona została pobrana jednorazowo. Odcieki zaraz po przetransportowaniu ze składowiska poddano najpierw analizom fizyczno-chemicznym, następnie przeprowadzono reakcję Fentona. Odcieki charakteryzowało ciemnobrązowe zabarwienie, specyficzny zapach i  $\text{pH} = 8,22$ . Surowe odcieki poddano analizom i oznaczono: ChZT, BZT<sub>5</sub>, OWO, LKT, zasadowość oraz azot amonowy. Przed analizami surowe odcieki poddano godzinnej sedymentacji, następnie ciecz zdekantowano, odwirowano oraz przesączono przez sącze miękkie. Oznaczenie ChZT wykonano metodą dwuchromianową przy użyciu spektrofotometru HACH DR 4000. Oznaczenie BZT<sub>5</sub> wykonano metodą manometryczną z wykorzystaniem zestawu Oxi-Top. Z kolei do oznaczenia OWO użyto aparatury TOC multi NC Analytik Jena. Stężenie lotnych kwasów tłuszczowych (LKT) oznaczano metodą destylacji bezpośredniej, która zakłada, że tylko 70% kwasów lotnych przechodzi do destylatu. W przeprowadzonym badaniu oznaczono zasadowość ogólną za pomocą metody potencjometrycznej. Azot amonowy oznaczono metodą miareczkową, która polega na oddestylowaniu amoniaku z badanej próbki do odbieralnika z określoną zawartością mianowanego kwasu. Nadmiar kwasu odmiareczkuje się mianowanym roztworem wodorotlenku sodu.



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego do reakcji Fentona

Fig. 1. Schema of laboratory testing stand to the Fenton reaction

Proces Fentona realizowano w temperaturze pokojowej wynoszącej  $22 \pm 25^\circ\text{C}$  przy  $\text{pH}$  równym 2,5, którego wartość skorygowano za pomocą kwasu solnego.

Następnie dodano równocześnie uprzednio przygotowane dawki reagentów, tj. 30% nadtlenu wodoru i siarczan(VI) żelaza(II) siedmiowodniony. Dawki reagentów dobrano na podstawie przeglądu literatury polsko- i anglojęzycznej dotyczącej problematyki oczyszczania odcieków [11, 15, 16]. Poszczególne ilości dozowanych reagentów dotyczą  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  oraz perhydrolu. Kolejnym krokiem było intensywne mieszanie przy pomocy mieszadeł magnetycznych przez 20 minut. Intensywność mieszania wynosiła 700 obrotów/minutę. Czas trwania procesu wynosił 2 godziny [17]. Po zakończeniu reakcji pH odcieków skorygowano do wartości 7,5 roztworem wodorotlenku sodu. pH odcieków zostało skorygowane do wartości neutralnej, gdyż w dalszym etapie badań prowadzone będzie ich biologiczne oczyszczanie. Po godzinnej sedymentacji ciecz zdekantowano, odwirowano oraz przesączono przez sącdek miękki [11]. Czas zatrzymania wynosił 2 h 20 minut, natomiast objętość czynna reaktora -  $1 \text{ dm}^3$ . Uproszczony schemat stanowiska badawczego przedstawiono na rysunku 1. Następnie odcieki poddano analizom fizyczno-chemicznym. Oznaczono: ChZT, BZT<sub>5</sub>, OWO, LKT, azot amonowy, zasadowość.

## 2. Wyniki badań i ich dyskusja

W pierwszym etapie pracy przeprowadzono analizy właściwości fizyczno-chemicznych odcieków surowych. Odcieki ze składowiska odpadów komunalnych w Sobuczynie k. Częstochowy charakteryzowało ciemnobrązowe zabarwienie, specyficzny zapach oraz pH = 8,22. W tabeli przedstawiono wyniki analiz właściwości fizyczno-chemicznych odcieków.

Tabela 1. Charakterystyka odcieków pochodzących ze składowiska odpadów komunalnych w Sobuczynie k. Częstochowy

Table 1. Characteristics of leachate from municipal landfill in Sobuczynia near Czestochowa

Parametr	Jednostka	Średnia
Odczyn	pH	8,22
ChZT	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	1900 ±97,09
BZT <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	192 ±4,55
OWO	mg C/dm <sup>3</sup>	385,5
LKT	mg CHCOOH/dm <sup>3</sup>	274,28 ±19,8
Zasadowość	mg CaCO <sub>3</sub> /dm <sup>3</sup>	2200 ±32,66
Azot amonowy	mg/dm <sup>3</sup>	324,8 ±6,47

W analizowanych odciekach wartość ilorazu BZT<sub>5</sub>/ChZT wyniosła 0,1, co wskazuje, iż odcieki te pochodzą ze składowiska ustabilizowanego. W takim przypadku samo oczyszczanie biologiczne nie byłoby efektywne, gdyż w skład odcieków wchodziły związki trudno biodegradowalne. Ilość ogólnego węgla organicznego wynosiła 385,5 mg C/dm<sup>3</sup>, natomiast zawartość lotnych kwasów tłuszczowych

274,29 mg CHCOOH/dm<sup>3</sup>. Również pH powyżej wartości 7,5 świadczy o tym, że odcieki pochodzą ze składowiska ustabilizowanego, eksploatowanego przez ponad 10 lat.

W kolejnym etapie pracy oczyszczono odcieki za pomocą procesu Fentona oraz oceniono zmiany ich właściwości fizyczno-chemicznych. Podczas badań przyjęto cztery dawki reagentów, które przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Dawki reagentów użytych do oczyszczania odcieków za pomocą procesu Fentona

Table 2. Doses of reagents used for the purification leachate by the process of Fenton

Dawka	FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O g/dm <sup>3</sup>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> g/dm <sup>3</sup>
I	0,5	0,75
II	0,75	1,0
III	1,0	1,25
IV	1,25	1,5

Po zakończeniu reakcji Fentona wykonano w oczyszczonych odciekach szereg analiz, których wyniki przedstawiono w tabeli 3.

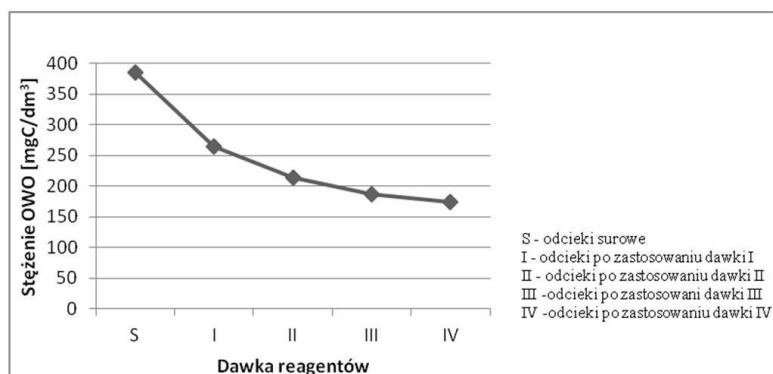
Tabela 3. Właściwości fizyczno-chemiczne odcieków po zastosowaniu reakcji Fentona

Table 3. Physico-chemical properties leachate after applying the Fenton reaction

Parametr	Dawka I	Dawka II	Dawka III	Dawka IV
ChZT, mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	1144 ±19,71	966 ±12,25	828 ±7,44	672 ±12,98
BZT <sub>5</sub> , mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	163 ±3,56	214 ±3,16	208 ±5,88	225 ±4,39
OWO, mg C/dm <sup>3</sup>	264,7	213,4	186,3	173,4
LKT, mg CHCOOH/dm <sup>3</sup>	137,14 ±14	154,28 ±27,99	120 ±14	120 ±14
Zasadowość, mg CaCO <sub>3</sub> /dm <sup>3</sup>	940 ±23,10	540 ±23,09	440 ±46,18	320 ±16,32
Azot amonowy, mg/dm <sup>3</sup>	308 ±4,57	347,2 ±6,46	352,8 ±4,57	352,8 ±6,46

Zaobserwowano znaczne obniżenie stężenia zanieczyszczeń organicznych wyrażonych za pomocą wskaźnika ChZT. Obniżeniu uległa również ilość ogólnego węgla organicznego oraz lotnych kwasów tłuszczowych. Z kolei BZT<sub>5</sub> oraz stężenie azotu amonowego wzrosły. Wzrost BZT<sub>5</sub> mógł być spowodowany przemianą związków chemicznych w biodostępne. Proces Fentona może prowadzić do zmiany struktury chemicznej związków niebiodegradowalnych w bardziej biodegradowalne formy. Procesy pogłębionego utleniania pozwalają na pełną mineralizację do ditlenku węgla i wody wielu związków trudno ulegających biodegradacji. W przypadku niepełnego rozkładu substancji organicznych powstające związki mają prostszą budowę i mniejszą masę cząsteczkową, a przez to są łatwiej przyswajane przez mikroorganizmy w procesach biologicznego oczyszczania ścieków [18]. Na podstawie ilorazu BZT<sub>5</sub>/ChZT, który w przypadku czwartej dawki wynosi 0,33, można

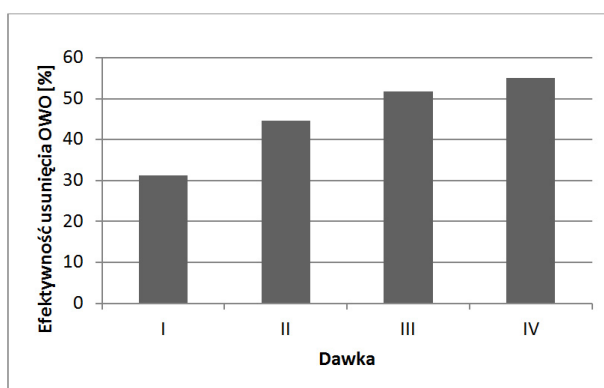
stwierdzić, że wzrosła biodegradowalność odcieków. Zaobserwowano również wzrost stężenia azotu amonowego. Zmniejszyła się także zasadowość odcieków. Stężenie ogólnego węgla organicznego zmalało znacząco już po zastosowaniu pierwszej dawki reagentów, co widać wyraźnie na rysunku 2. W przypadku odcieków surowych stężenie OWO utrzymywało się na poziomie  $385,5 \text{ mg C/dm}^3$ . Po zastosowaniu pierwszej dawki stężenie ogólnego węgla organicznego obniżyło się do  $264,7 \text{ mg C/dm}^3$ . Największą redukcję ilości ogólnego węgla organicznego zaobserwowano po zastosowaniu dawki IV. W tym przypadku zawartość OWO wyniosła  $173,4 \text{ mg C/dm}^3$ .



Rys. 2. Wpływ procesu Fentona na zmianę stężenia OWO w odciekach

Fig. 2. The impact of the Fenton process for the concentration of TOC in the leachate

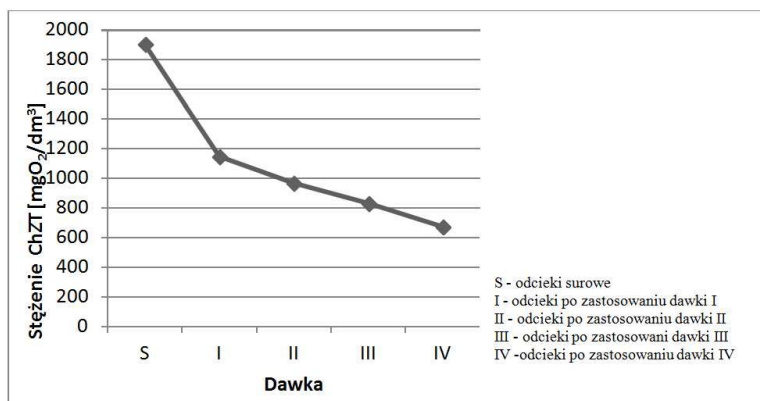
W przypadku pierwszej dawki reagentów można było zaobserwować 31,33% obniżenie stężenia ogólnego węgla organicznego w stosunku do odcieków surowych (rys. 3). Najwyższą efektywność uzyskano dla dawki czwartej, w tym przypadku wartość wskaźnika OWO została zmniejszona o 55,10%.



Rys. 3. Efektywność usuwania OWO z odcieków

Fig. 3. The efficiency of removed TOC from the leachate

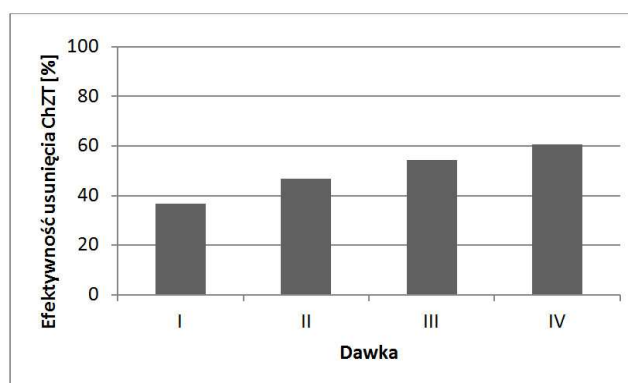
Reakcja Fentona znacząco wpłynęła na zmianę wartości ChZT. W przypadku odcieków surowych wartość tego wskaźnika wynosiła  $1900,04 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ . Na rysunku 4 widać znaczny spadek ilości substancji organicznych już po zastosowaniu pierwszej dawki. Wartość ChZT osiągnęła w tym przypadku poziom  $1144,75 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ . Najefektywniejsza okazała się dawka IV, po zastosowaniu której wartość ChZT wynosiła  $672,64 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ .



Rys. 4. Wpływ procesu Fentona na zmianę wartości ChZT

Fig. 4. The impact of the Fenton process for the change of COD value

Już po zastosowaniu pierwszej dawki reagentów doszło do znacznego obniżenia wartości ChZT (rys. 5). Najwyższą efektywność zaobserwowano jednak po zastosowaniu dawki IV, w którym to przypadku stopień obniżenia wartości omawianego wskaźnika wyniósł 65%.



Rys. 5. Efektywność usunięcia substancji organicznych (ChZT) z odcieków

Fig. 5. The efficiency of removed organic substances from the leachate

Biodegradowalność odcieków można monitorować za pomocą ilorazu  $\text{BZT}_5/\text{ChZT}$ . W przypadku odcieków surowych iloraz ten wynosił 0,1. Wartość ta

świadczy o tym, że są to ścieki trudno biodegradowalne. W przypadku każdej zastosowanej dawki reagentów doszło do wzrostu omawianego parametru, co świadczy o pozytywnym wpływie reakcji Fentona na podatność odcieków na rozkład biochemiczny (rys. 6). Po zastosowaniu dawki czwartej iloraz  $BZT_5/ChZT$  był najwyższy i wyniósł 0,33.

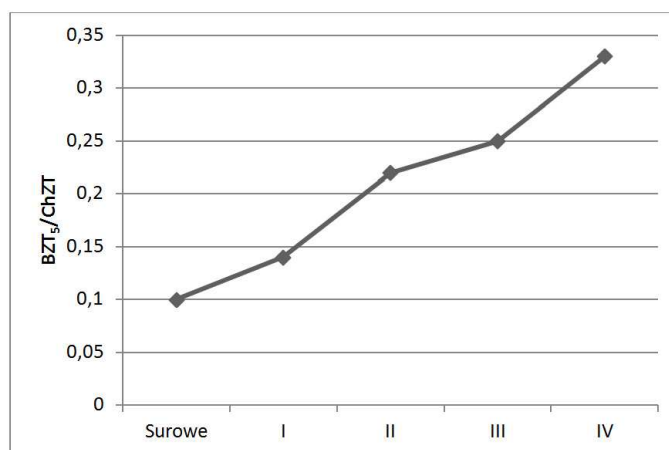


Fig. 6. Zmiana ilorazu  $BZT_5/ChZT$

Fig. 6. Change of quotient  $BOD_5/COD$

Analizując uzyskane wyniki badań, stwierdzono, że najefektywniejszą dawką reagentów reakcji Fentona okazała się dawka czwarta. Po jej zastosowaniu wartość  $ChZT$  została zmniejszona o 65%. Iloraz  $BZT_5/ChZT$  w przypadku odcieków surowych wynosił 0,1, natomiast po oczyszczeniu jego wartość zwiększyła się do 0,33. Podobnie Guo i inni uzyskali 60,8% efektywność usunięcia  $ChZT$ . Natomiast iloraz  $BZT_5/ChZT$  w surowych odciekach miał wartość 0,18, po zastosowaniu reakcji Fentona wynosił 0,38. Hermosilla i inni również badali wpływ reakcji Fentona na zmianę wartości  $ChZT$  [19]. Po oczyszczeniu wartość  $ChZT$  w odciekach została zredukowana do 65%. Z kolei Barbusiński i inni uzyskali 54,6% zmniejszenie się wskaźnika  $ChZT$  [20]. W omawianym przypadku zwiększyła się znacznie biodegradowalność odcieków. Iloraz  $BZT_5/ChZT$  w przypadku odcieków surowych miał wartość 0,05, natomiast po oczyszczeniu zwiększył się do 0,2. Zhang i inni wykazali, iż przy odczynie pH 2,5 reakcja przebiega najefektywniej, a szybkość wytwarzania jonów żelaza(III) była największa [21].

## Podsumowanie

W wyniku reakcji Fentona po zastosowaniu każdej z dawek reagentów uzyskano obniżenie wartości wskaźnika  $ChZT$  oraz stężenia ogólnego węgla organicznego w odciekach składowiskowych. Pogłębione utlenianie to skuteczna metoda obniżająca wartość  $ChZT$ . W porównaniu do odcieków surowych odnotowano 65 i 55%



obniżenie odpowiednio ChZT i OWO w przypadku dawki IV. Stężenie ChZT w przypadku odcieków surowych wynosiło 1900,04 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, natomiast już przy pierwszej dawce odnotowano zmniejszenie stężenia ChZT do wartości 1144,75, przy kolejnych wartości te wynosiły 966,35, 828,71 oraz dla dawki IV - 672,64 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Uzyskano znaczne obniżenie ilości lotnych kwasów tłuszczowych, dla dawki IV ponad 55% oraz zmniejszenie o 85% zasadowości. BZT<sub>5</sub> oraz stężenie azotu amonowego w odciekach oczyszczonych wzrosło. Na podstawie ilorazu BZT<sub>5</sub>/ChZT stwierdzono, iż po zastosowaniu procesu Fentona zwiększyła się biodegradowalność odcieków. Jednak wciąż wysokie stężenia analizowanych wskaźników wskazują, że reakcję Fentona można zastosować do wstępnego oczyszczania odcieków składowiskowych, podczas gdy do ich pełnego oczyszczenia konieczne jest wykorzystanie innych procesów fizykochemicznych lub biochemicznych.

### Podziękowania

*Badania przeprowadzono w ramach BS 401-301/13.*

### Literatura

- [1] Żygadło M. i inni, Strategia gospodarki odpadami komunalnymi, Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Poznań 2001.
- [2] GUS, Ochrona Środowiska, Warszawa 2010.
- [3] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dn. 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu, DzU 2013, poz. 38.
- [4] Długosz J., Wybrane metody oczyszczania odcieków ze składowisk odpadów komunalnych - praca przeglądowa, Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska 2013, 15, 2.
- [5] Renou S., Givaudan J.G., Poulain S., Dirassouyan F., Moulin P., Landfill leachate treatment: Review and opportunity, Journal of Hazardous Materials 2008, 150, 468-493
- [6] Żygadło M., Gospodarka odpadami komunalnymi, Skrypt nr 384, Wyd. Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2002.
- [7] Kurniawan T.A., Lo W., Chan G.Y.S., Radicals-catalysed oxidation reactions for degradation of recalcitrant from landfill leachate, Chemical Engineering Journal 2006, 125, 35-57.
- [8] Rosik-Dulewska C., Podstawy gospodarki odpadami, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2005.
- [9] Neumczyk J., Dmochowska A., Prokurant I., Oczyszczanie odcieków ze składowisk odpadów komunalnych za pomocą wysokoefektywnych metod utleniania i elektrotleniania, Gaz, Woda i Technika Sanitarna 2006, 3, 33.
- [10] Deng Y., Englehardt J.D., Treatment of landfill leachate by the Fenton process, Water Research 2006, 40, 3683.
- [11] Zgajnar Gotvajn A., Zagorc-Koncan J., Cotman M., Fenton's oxidative treatment of municipal landfill leachate as an alternative to biological treatment, Desalination 2011, 275, 269-275.
- [12] Calli B., Mertoglu B., Inanc B., Landfill leachate management in Istanbul: applications and alternatives, Chemosphere 2005, 59, 819.
- [13] Ried A., Mielcke J., Wieland A., The potential use of ozone in municipal wastewater, Ozone: Science & Engineering 2009, 31.

- [14] <http://www.czestochowa.pl/page/294.miejskie-skladowisko-odpadow.html>
- [15] Barbusiński K., Filipek K., Aerobic sludge digestion in the presence of chemical oxidizing agents, Part II. Fenton's reagent, Polish Journal of Environmental Studies 2000, 9, 3, 145-149.
- [16] Krzemieniewski M., Dębowski M., Janczukowicz W., Pesta J., Effect of sludge conditioning by chemical methods with magnetic field application, Polish Journal of Environmental Studies 2003, 12(5), 595-605.
- [17] Piaskowski K., Świdorska-Dąbrowska R., Biologiczne usuwanie specyficznych organicznych zanieczyszczeń przed i po procesie Fentona, Monografia PAN, 58, 1, Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska, III Kongres Inżynierii Środowiska, Lublin 2009.
- [18] Guo J.S., Abbas A.A., Chen Y.P., Liu Z.P., Fang F., Chen P., Treatment of landfill leachate using a combined stripping, Fenton, SBR, and coagulation process, Journal of Hazardous Materials 2010, 178, 699-705.
- [19] Hermosilla D., Cortijo M., Huang C.P., Optimizing the treatment of landfill leachate by conventional Fenton and photo-Fenton processes, Science of the Total Environment 2009, 407, 3473-3481.
- [20] Barbusiński K., Kościelniak H., Majer M., Oczyszczanie wód podziemnych zalegających pod składowiskiem odpadów przemysłowych, V Ogólnopolskie Sympozjum Naukowo-Techniczne Biotechnologia Środowiskowa 1997, 219-225.
- [21] Zhang H., Choi H.J., Huang Ch.P., Optimization of Fenton process for the treatment of landfill leachate, Journal of Hazardous Materials 2005, B125, 166-174.

### Initial Experiments of the Landfill Leachate Pretreatment by Fenton Method

Fenton process is one of the Advanced Oxidation Processes used for the treatment of many different types of sewage. The article rated the possibility of using this process for the treatment of leachate from the municipal landfill. Research aimed at selecting the best dose reagents based on the degree of reduction COD and TOC. Furthermore in sewage was determined following indicators: BOD<sub>5</sub>, VFA, ammonia nitrogen and alkalinity. For this study evaluated effect the following doses of reagents (iron sulphate / hydrogen peroxide) on the degree removal these pollutants: 1) 0.5/0.75 g/dm<sup>3</sup>, 2) 0.75/1.0 g/dm<sup>3</sup>, 3) 1/1.25 g/dm<sup>3</sup>, 4) 1.25/1.5 g/dm<sup>3</sup>. Fenton process was carried out at room temperature 22±25°C at the pH 2.5. The research confirmed possibility of using the Fenton process for the treatment of landfill leachate. In comparison to the raw leachate in the treated wastewater was recorded 65 and 55% reduction respectively the COD and TOC. The highest efficiency of the process were obtained for the highest doses of the reagents. Still, high concentrations of the analyzed indicators show that the Fenton process can be used for the initial purification of landfill leachate, while for their full purification is necessary to use other physico-chemical or biochemical processes.

**Keywords:** landfill leachate, Fenton process