

# Wpływ obciążenia osadu ładunkiem zanieczyszczeń organicznych na wzrost wybranych grup bakterii podczas procesu oczyszczania odcieków ze składowiska odpadów w SBR<sup>1</sup>

*Mirosław Szyłak-Szydłowski, Anna Grabińska-Loniewska  
Politechnika Warszawska*

## 1. Wprowadzenie

Zagadnienie rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń mikrobiologicznych w powietrzu i wodach powierzchniowych w pobliżu biologicznych oczyszczalni odcieków pochodzących ze składowisk odpadów innych niż obojętne i niebezpieczne (określane skrótowo jako komunalne) nie jest do chwili obecnej w pełni poznane. Nie koresponduje to z wagą problemu wobec faktu, iż ten sposób zagospodarowania odpadów dotyczy aż 64,86% powstających odpadów organicznych, szacowanych w krajach WE na 2 500 mln ton rocznie (Skalmowski, 2001). Dotychczasowe badania w tej dziedzinie zmierzały do wytypowania wskaźników mikrobiologicznych wpływu składowisk odpadów na powietrze, określenia stopnia jego zanieczyszczenia pod względem mikrobiologicznym w otoczeniu składowisk oraz zasięgu ich oddziaływania (Kulig, 1983, 2004; Litwin i Pawłowska, 1979; Wieczorek, 1998, Traczewska i Karpińska-Smulikowska, 2000). Problem skażenia wód podziemnych związkami chemicznymi zawartymi w odciekach składowiskowych omawiany był między innymi przez Szymańskiego (1995). Brak danych literaturowych odnośnie bakteriologii procesu biologicznego oczyszczania odcieków, z uwzględnieniem dynamiki ich usuwania w tym procesie i akumulacji w kłaczkach osadu czynnego wybranych grup bakterii biorących udział w biodegradacji zanieczyszczeń

---

<sup>1</sup> Praca była częściowo finansowana przez KBN/MNiI Grantem Promotorskim Nr 2 P04G 008 28.

organicznych i będących wskaźnikami zanieczyszczenia pod względem sanitarnym, motywował autorów niniejszej pracy do podjęcia badań w tym zakresie. Badania te stanowiły także podstawę do oszacowania ewentualnego wpływu na stan sanitarny środowiska odcieków odpływających z SBR i powstającego w procesie oczyszczania nadmiernego osadu czynnego.

## 2. Cel i zakres badań

Celem badań bakteriologicznych było określenie wpływu obciążenia osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń organicznych ( $B_x$ ) na rozwój w nim wybranych grup bakterii będących wskaźnikami stopnia rozkładu związków organicznych i zanieczyszczenia pod względem sanitarnym. Założeniem tych badań było ustalenie zakresu  $B_x$ , przy którym zachodzi eliminacja tych bakterii z odcieków połączona z ich akumulacją w kłaczkach osadu oraz oszacowanie stopnia zagrożenia sanitarnego dla środowiska przy jego ewentualnym wykorzystaniu do celów rolniczych. Wskaźnikami stopnia rozkładu zanieczyszczeń organicznych występujących w odciekach, była ogólna liczba heterotroficznych bakterii psychrofilnych (HBP) i bakterii sporowych (BS), a zanieczyszczenia pod względem sanitarnym: bakterie mezofilne (BM), bakterie z rodziny *Enterobacteriaceae*, termotolerancyjne bakterie grupy coli (TBGC) oraz *Clostridium perfringens*.

## 3. Materiał i metody badań

### Próbki odcieków i osadu czynnego

Do badań stosowano odcieki odprowadzane systemem drenażowym do studni zbiorczej znajdującej się przy składowisku odpadów innych niż obojętne i niebezpieczne tzw. komunalnych zlokalizowanym w południowo-wschodniej części miasta Otwocka. Składowisko funkcjonuje od 1998 r., a planowane zakończenie eksploatacji przewidywane jest na rok 2012. Deponowane są na nim odpady komunalne w ilości powyżej 20 Mg/d. Podłoże izolowane jest geomembraną HDPE ogr. 2mm. Odpady składowane są na działkach o miąższości 1,5÷2 m, natomiast warstwy izolacyjne charakteryzują się miąższością 0,15 m. Na terenie składowiska prowadzony jest monitoring wód odciekowych oraz ilości wytworzonego gazu składowiskowego, a także stanu zanieczyszczenia wód powierzchniowych i podziemnych w pobliżu składowiska. Odcieki te charakteryzowało ChZT w wielkości 3080 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, zawartość ogólnego węgla organicznego 1254 mg C/dm<sup>3</sup>, BZT<sub>5</sub>/ChZT – 0,181, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 160 mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/dm<sup>3</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/Cl<sup>-</sup> – 0,074, 0,163 mg Cu/dm<sup>3</sup>, 2,065 mg Zn/dm<sup>3</sup>, 0,207 mg Pb/dm<sup>3</sup>, 0,017 mg Cd/dm<sup>3</sup>, 0,216 mg Cr/dm<sup>3</sup>, 0,003 mg Hg/dm<sup>3</sup>, przewodność właściwa 19,5 mS/cm i odczyn 7,5 (cyt. za Grabińska-Loniewska, 2007).

Proces oczyszczania odcieków w mieszaninie ze ściekami komunalnymi przy różnym ich udziale procentowym, prowadzono w SBR o pojemności roboczej  $6,9 \text{ dm}^3$  wyposażonym w mieszadło oraz system napowietrzania drobnopęcherzykowego, zapewniający stężenie tlenu w wielkości  $2 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ . Jako zaszczerpienie reaktora zastosowano osad czynny z oczyszczalni ścieków komunalnych w Piasecznie pod Warszawą. Stężenie osadu w reaktorze utrzymywane było w zakresie  $3\div 4 \text{ g}/\text{dm}^3$ . W osadzie tym zawartość zawieszin lotnych wynosiła średnio 67%, a mineralnych 33%. Proces prowadzono przy obciążeniu osadu ( $B_x$ ) w zakresie  $0,23\div 1,64 \text{ mg ChZT}/\text{mg d}$ , uzyskiwanym przez zwiększenie procentowego udziału odcieków (1, 3, 5, 10, 20 i 30%) w mieszaninie ze ściekami syntetycznymi przygotowanymi zgodnie z recepturą podaną przez Klimiuk i Wojnowską-Baryła (1996) (dalej nazywanej umownie ściekami). Układ pracował w systemie trzech 8 godzinnych cykli na dobę. Każdy z nich składał się z 45 minutowej fazy napełniania, 30 minutowej fazy mieszania, 2 godzinnej i 10 minutowej fazy napowietrzania, 45 minutowej fazy mieszania, 1 godzinnej i 50 minutowej fazy napowietrzania, 1 godzinnej i 30 minutowej fazy sedymentacji i 30 minutowej fazy dekantacji (w tym dekantacja 25 minut i 5 minut fazy martwej). Reaktor pracował w temperaturze pokojowej ( $20\div 22^\circ\text{C}$ ) przez 9 miesięcy. Badania bakteriologiczne w zakresie podanym niżej, przeprowadzono po dwutygodniowym okresie prowadzenia procesu po zmianie wielkości  $B_x$ .

### **Badania bakteriologiczne**

Liczbę HBP, BS, BM, TBGC i *Cl. perfringens* oznaczano zgodnie z metodyką podaną w podręczniku Grabińskiej-Łoniewskiej (1999), a ogólną liczbę bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* w publikacji Grabińskiej-Łoniewskiej (2007). Posiewy próbek ścieków dozowanych i odpływających z reaktora wykonywano z próbek naturalnych, a osadu czynnego – z próbek rozdrobnionych w dezintegratorze ultradźwiękowym MD20, przy amplitudzie =  $20 \mu\text{m}$  w ciągu 40 sekund.

### **Podawanie wyników**

Liczebność BBP, BS i BM w próbkach ścieków dopływających i odpływających z reaktora podawano w przeliczeniu na jtk/ml, a w osadzie czynnym w przeliczeniu na jtk/mg sm. Liczbę *Cl. perfringens* w próbce 100 ml, z uwagi na zastosowanie w etapie wstępnym podłoża namnażającego, oznaczano z wykorzystaniem rozkładu Poissona. Opisuje on wyniki eksperymentów polegających na zliczaniu zdarzeń występujących losowo, ale z określoną przeciętnie częstością. Pozwala określić prawdopodobieństwo wystąpienia wyniku ujemnego (nieobecności bakterii) i obliczenie liczebności bakterii w próbce.

Prawdopodobieństwo wystąpienia wyniku zerowego (braku bakterii) oblicza się z zależności:

$$P_{(0)} = \frac{1}{e^{\mu}}$$

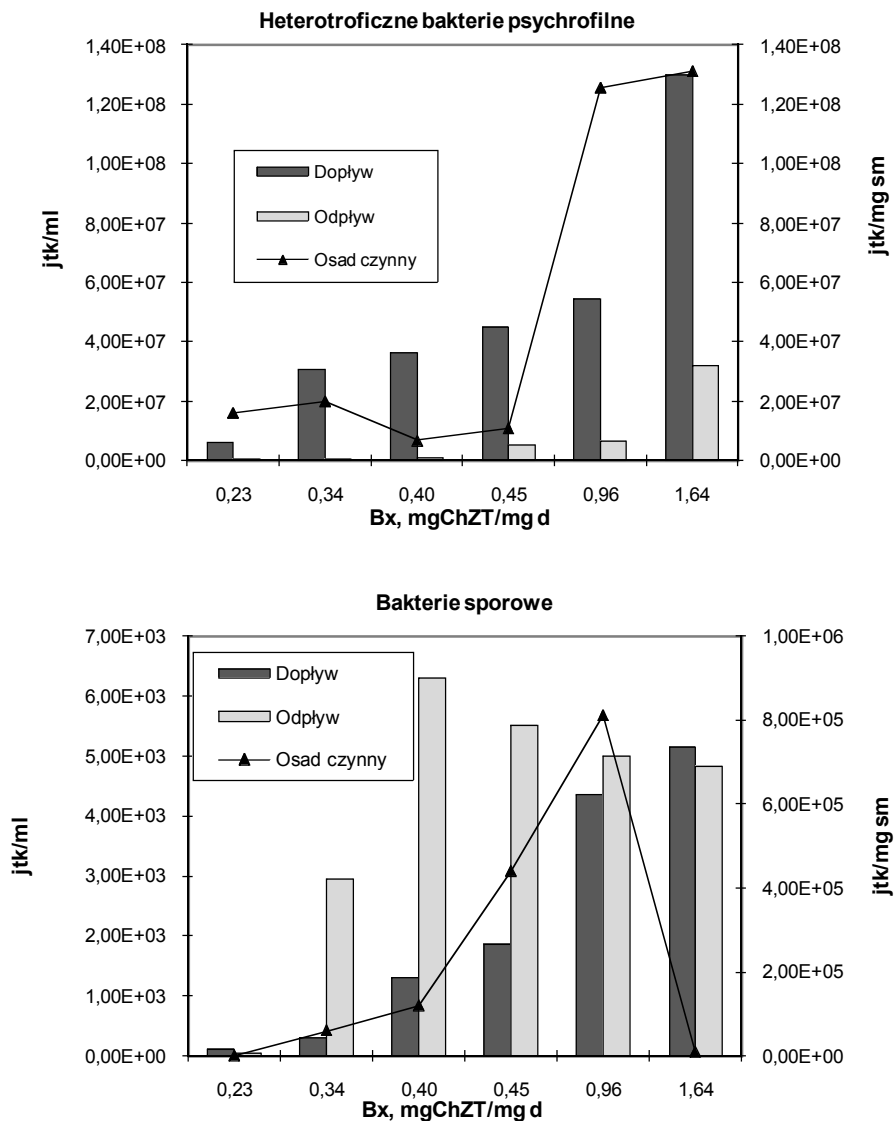
Wariancja charakteryzuje stopień rozproszenia (zmienności) wyników.

#### 4. Wyniki badań i dyskusja

Proces oczyszczania odcieków prowadzony w ramach pracy Szyłak-Szydłowski (2008) wykazał, że przy przyjętym reżimie technologicznym pracy SBR uzyskać można 74÷71% efektywność usuwania zanieczyszczeń wyrażonych w ChZT (stężenie w dopływie, odpowiednio, 632÷1059 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>) przy Bx w zakresie, odpowiednio, 0,23÷0,45 mg ChZT/mg·d. Azot amonowy w stężeniu do 292 mg N-NH<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup> usuwany był w 99%÷97% przy Bx w zakresie 0,23÷0,96 mg ChZT/mg d. Jednocześnie zachodził proces symultanicznej denitryfikacji obrazowany 93% efektywnością usuwania N<sub>og</sub>. Osad czynny wykazywał cechy osadu wpracowanego do oczyszczania odcieków przy Bx w zakresie 0,23÷0,45 mg ChZT/mg d. Jego biocenozę stanowiły bakterie zooglealne i nitkowate, pierwotniaki *Mastigota* nd., *Diffflugia* nd., *Aspidisca* sp., *Lionotus* sp., *Oxytricha* sp., *Opercularia* sp., *Tokophrya* sp. i wrotki. Przy wartościach krytycznych Bx (0,96÷1,64 mg ChZT/mg d), przy których gwałtownie spadła efektywność podczyszczania odcieków, biocenozę osadu stanowiły jedynie bakterie zooglealne i nitkowate, grzyby strzępkowe oraz *Mastigota* nd. i *Opercularia* sp (Szyłak-Szydłowski i Grabińska-Łoniewska, 2008).

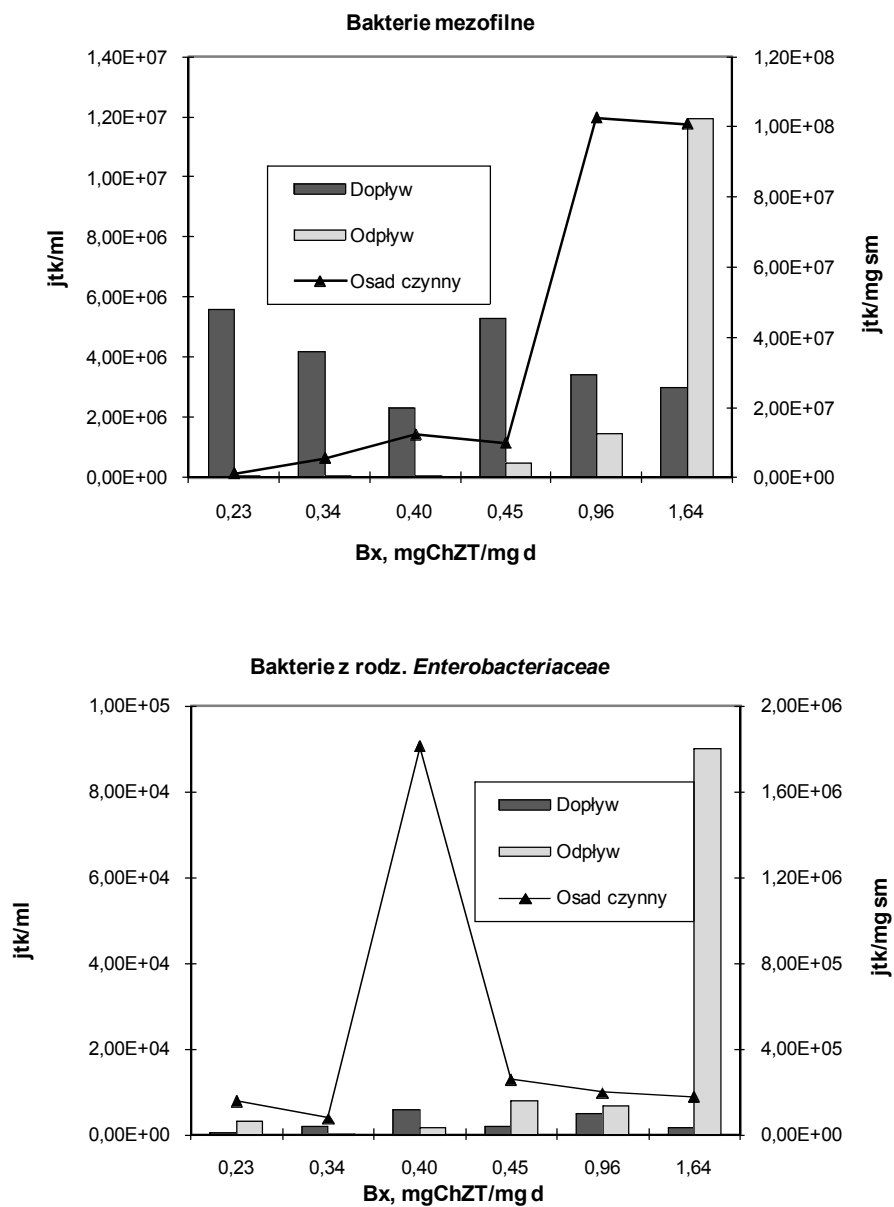
Przeprowadzone badania ścieków dopływających i odpływających z reaktora oraz osadu czynnego zaadaptowanego do procesu oczyszczania wykazały, iż głównymi zanieczyszczeniami bakteriologicznymi odcieków dodawanych do syntetycznych ścieków bytowych były heterotroficzne bakterie psychrofilne (HBP) i bakterie mezofilne (BM). Przy 1% dodatku odcieków do ścieków syntetycznych ich liczebność wynosiła, odpowiednio, 63·10<sup>5</sup> i 56·10<sup>5</sup> jtk/ml. Mniej licznie w odciekach występowały bakterie sporowe (BS) (107 jtk/ml) i bakterie z rodziny *Enterobacteriaceae* (650 jtk/ml). Najmniej liczną grupę bakterii stanowiły termotolerancyjne bakterie grupy coli (TBGC) (23 jtk/100 ml) i *Cl. perfringens* (185 jtk/100 ml). Podobne zależności pomiędzy liczebnością oznaczanych grup bakterii jak w odciekach, stwierdzono w osadzie czynnym zaadaptowanym do ich oczyszczania (średnio, HBP – 135·10<sup>5</sup> jtk/mg sm, BM – 72·10<sup>5</sup> jtk/mg sm, BS – 29·10<sup>4</sup> jtk/mg sm, bakterie z rodziny *Enterobacteriaceae* – 18·10<sup>4</sup> jtk/mg sm, TBGC – 50 jtk/mg sm i *Cl. perfringens* – 22 jtk/mg sm).

Wpływ Bx na dynamikę usuwania badanych grup bakterii w procesie oczyszczania odcieków i ich akumulację w osadzie czynnym scharakteryzowano poniżej (rys. 1).

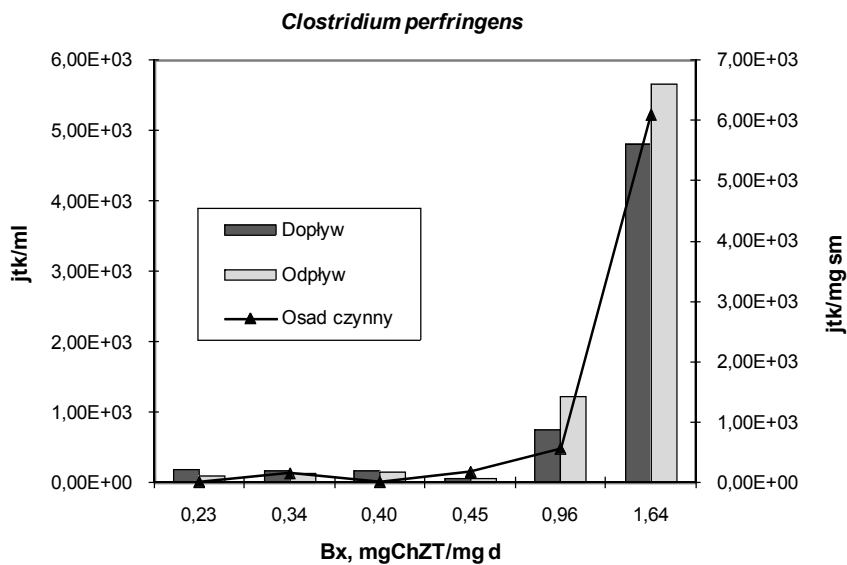
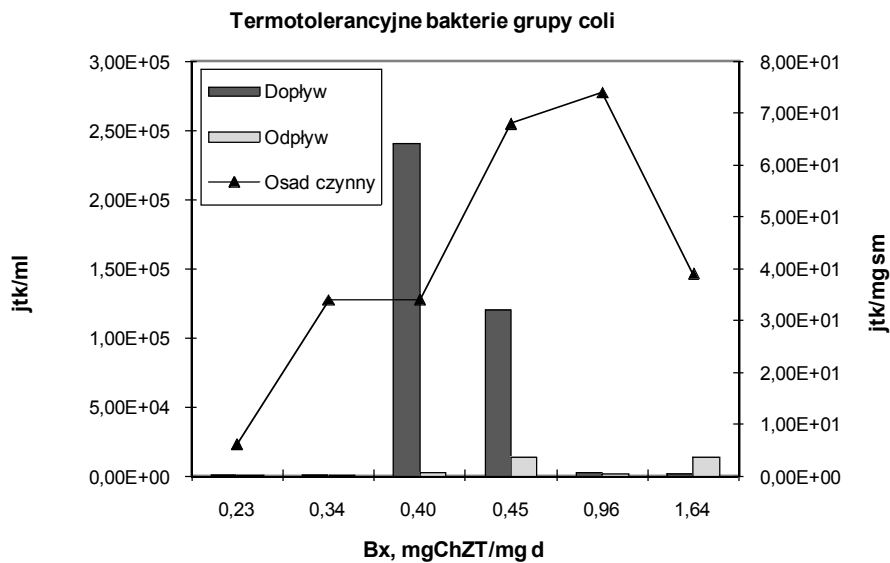


**Rys. 1.** Liczebność różnych grup bakterii w dopływie, odpływie, i osadzie czynnym podczas procesu podczyszczania odcieków prowadzonym w reaktorze SBR w zależności od obciążenia osadu ładunkiem zanieczyszczeń ( $B_x$ )

**Fig. 1.** Number of different groups of bacteria in influent, effluent and activated sludge during leachates pretreatment in SBR depending on sludge loading with contaminants ( $B_x$ )



Rys. 1. c.d.  
Fig. 1. cont.



Rys. 1. c.d.  
Fig. 1. cont.

### Heterotroficzne bakterie psychrofilne (HBP)

Liczebność HBP w odpływie do reaktora wzrastała wraz ze zwiększaniem  $B_x$ , od średniej wartości  $63 \cdot 10^5$  jtk/ml przy  $B_x = 0,23$  mg ChZT/mg d do  $1\,300 \cdot 10^5$  jtk/ml, kiedy  $B_x$  wynosiło 1,64 mg ChZT/mg d.

Sukcesywne zwiększanie się ilości tych bakterii z  $18 \cdot 10^4 \div 78 \cdot 10^4$  jtk/ml wraz ze wzrostem  $B_x$  odnotowano również w odpływie z reaktora SBR, przy czym wysokoefektywną ich eliminację uzyskano przy  $B_x$  w zakresie  $0,23 \div 0,40$  mg ChZT/mg d (97÷98%). Nieznaczne pogorszenie stopnia ich usuwania (88%) odnotowano po zwiększeniu  $B_x$  do  $0,45 \div 0,96$  mg ChZT/mg d, przez zwiększenie udziału odcieków w mieszaninie ze ściekami syntetycznymi do 10 i 20%. Liczba HBP w odpływie zwiększyła się do  $515 \cdot 10^4 \div 654 \cdot 10^4$  jtk/ml. Dalsze pogorszenie efektywności eliminacji tych bakterii do 74% stwierdzono przy  $B_x = 1,64$  mg ChZT/mg d, przy którym ich liczba w odpływie wzrosła prawie pięciokrotnie, ( $3\,200 \cdot 10^4$  jtk/ml).

Z analizy ilości HBP w osadzie czynnym wynika, iż jej wzrost o  $39 \cdot 10^5$  jtk/mg sm nastąpił przy zwiększeniu  $B_x$  z 0,23 do 0,34 mg ChZT/mg d. Nieznaczny spadek do  $68 \cdot 10^5$  i  $110 \cdot 10^5$  jtk/mg sm stwierdzono przy  $B_x$ , odpowiednio 0,40 i 0,45 mg ChZT/mg d. Średnio, przy zakresie  $B_x$  wynoszącym  $0,23 \div 0,45$  mg ChZT/mg d liczebność omawianej grupy bakterii w osadzie czynnym wynosiła  $135 \cdot 10^5$  jtk/mg sm. Gwałtowny wzrost akumulacji komórek tych bakterii w osadzie czynnym nastąpił po zwiększeniu udziału odcieków w mieszaninie ze ściekami bytowymi do 20% ( $B_x = 0,96$  mg ChZT/mg d). Liczba HBP wzrosła wówczas ponad dziesięciokrotnie, do  $1\,257 \cdot 10^5$  jtk/mg sm. Przy  $B_x = 1,64$  mg ChZT/mg d nastąpiło wymywanie komórek tych bakterii z osadu czynnego, obrazowane wydatnym zwiększeniem ich ilości w odpływie.

### Bakterie sporowe (BS)

Analiza liczebności BS w ściekach dozowanych do reaktora wykazała sukcesywny wzrost ich ilości wraz ze wzrostem  $B_x$  z 0,23 do 1,64 mg ChZT/mg d w przedziale  $107 \div 5\,150$  jtk/ml.

Eliminację tych bakterii wynoszącą 49% stwierdzono jedynie przy  $B_x = 0,23$  mg ChZT/mg d. Począwszy od  $B_x = 0,34$  mg ChZT/mg d aż do  $B_x = 1,64$  mg ChZT/mg d liczebność tych bakterii w odpływie gwałtownie wzrosła, utrzymując się w zbliżonym zakresie, a.m.  $2\,955 \div 6\,300$  jtk/ml (średnio,  $4\,913$  jtk/ml). Zatem w przypadku tej grupy bakterii wymywanie z osadu czynnego nastąpiło już przy  $B_x = 0,34$  mg ChZT/mg d. Przy tym obciążeniu, które uznać można za „krytyczne”, nastąpiła także akumulacja tych bakterii w kłaczkach osadu. Przy zakresie  $B_x = 0,34 \div 1,64$  mg ChZT/mg d, BS występowały w liczbie wynoszącej średnio  $29 \cdot 10^4$  jtk/mg sm. Gwałtowne obniżenie ich liczby w osadzie do  $1 \cdot 10^4$  jtk/mg sm stwierdzono przy  $B_x = 1,64$  mg ChZT/mg d.



### **Bakterie mezofilne (BM)**

Liczebność BM w dopływie do reaktora była na ogół stała, będąc w zakresie  $23 \cdot 10^5 \div 56 \cdot 10^5$  jtk/ml, niezależnie od ilości dodawanych odcieków ( $1 \div 30\%$ ) do ścieków syntetycznych, a tym samym od wielkości stosowanego  $B_x$ . Fakt ten można wytłumaczyć zmienną ilością tej grupy bakterii w naturalnych odciekach.

W ściekach odpływających z SBR liczebność BM przy obciążeniu osadu ładunkiem zanieczyszczeń w przedziale  $0,23 \div 0,40$  mg ChZT/mg d była stabilna (średnio ok.  $5 \cdot 10^4$  jtk/ml), jak również utrzymywała się duża skuteczność ich usuwania w procesie oczyszczania odcieków ( $98 \div 99\%$ ). Po zwiększeniu  $B_x$  do  $0,45$  mg ChZT/mg d odnotowano wzrost liczebności BM w odpływie, który stwierdzono również dla wartości  $B_x = 0,96 \div 1,64$  mg ChZT/mg d. Pogorszyła się skuteczność ich usuwania: przy wartościach  $B_x = 0,45$  wynosiła ona  $90\%$ , ale po zwiększeniu  $B_x$  do  $0,96$  mg ChZT/mg d spadła do  $55\%$ , zaś przy  $B_x = 1,64$  mg ChZT/mg d ilość tych bakterii w ściekach odpływających z reaktora była blisko czterokrotnie wyższa, niż w mieszaninie dopływającej do SBR. Podobnie, jak w przypadku bakterii psychrofilnych, przy tej wartości obciążenia rozpoczęło się wymywanie komórek z osadu.

Badania liczebności BM w osadzie czynnym wykazały jej wzrost przy zakresie  $B_x = 0,23 \div 0,40$  mg ChZT/mg d z  $12 \cdot 10^5$  do  $123 \cdot 10^5$  jtk/mg sm, podczas gdy przy  $B_x = 0,45$  mg ChZT/mg d nastąpiło nieznaczne zmniejszenie ich ilości do  $98 \cdot 10^5$  jtk/mg sm. Przy omawianym zakresie  $B_x$  wynoszącym  $0,23 \div 0,45$  mg ChZT/mg d liczebność tych bakterii w osadzie wynosiła średnio  $72 \cdot 10^5$  jtk/mg sm. Zwiększenie obciążenia osadu ładunkiem zanieczyszczeń do  $0,96$  i  $1,64$  mg ChZT/mg d spowodowało znaczny, ponad dziesięciokrotny wzrost ich akumulacji w osadzie, do, odpowiednio,  $1\,025 \cdot 10^5$  i  $1\,008 \cdot 10^5$  jtk/mg sm.

### **Bakterie z rodziny Enterobacteriaceae**

Liczba bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* w dopływie do reaktora przy  $B_x$  wynoszącym  $0,23$  mg ChZT/mg d, była niewielka i nie przekraczała  $650$  jtk/ml. Przy zwiększaniu procentowego udziału odcieków w mieszaninie z syntetycznymi ściekami bytowymi w zakresie  $3 \div 30\%$ , co odpowiadało  $B_x$ , odpowiednio,  $0,34 \div 1,64$  mg ChZT/mg d, ilość tych bakterii wahała się od  $1\,950$  do  $6\,000$  jtk/ml. Wartości te nie korespondowały z procentowym udziałem odcieków w mieszaninie ze ściekami syntetycznymi, co należy łączyć ze zmienną ilością tych bakterii w odciekach naturalnych.

Badania ścieków odpływających z reaktora wykazały, że ilość omawianej grupy bakterii przy zakresie  $B_x = 0,23 \div 0,34$  mg ChZT/mg d była rzędu  $250 \div 310$  jtk/ml, co dawało  $52 \div 86\%$  skuteczność ich usuwania ze ścieków.

Zwiększenie wartości  $B_x$  do 0,40 mg ChZT/mg d skutkowało wzrostem liczebności omawianej grupy bakterii w odpływie do 1 605 jtk/ml, bez wyraźnego wpływu na skuteczność ich usuwania w procesie oczyszczania. Począwszy od  $B_x=0,45$  mg ChZT/mg d zaobserwowano gwałtowne wymywanie tych bakterii z osadu przejawiające się wielokrotnie wyższymi ich ilościami w odpływie aniżeli w ściekach dopływających.

W osadzie czynnym liczba bakterii tej grupy była na ogół wyrównana (wyjątek stanowiło  $B_x=0,40$  mg ChZT/mg d), mieszcząc się w zakresie  $8 \cdot 10^4 \div 26 \cdot 10^4$  jtk/mg sm (średnio  $18 \cdot 10^4$  jtk/mg sm), niezależnie od opisanych wyżej fluktuacji ilości w odpływie i związanej z tym skuteczności usuwania w procesie podczyszczania.

### Termotolerancyjne bakterie grupy coli (TBGC)

Liczba TTBGC w dopływie do reaktora wzrastała w przedziale wartości  $B_x=0,23 \div 0,40$  mg ChZT/mg d, od 23 NPL/100 ml do 240 000 NPL/100 ml, po przekroczeniu której ilość tych mikroorganizmów zaczęła spadać aż do wartości 1 320 NPL/100 ml przy  $B_x=1,64$  mg ChZT/mg d. Fluktuacje liczby tej grupy bakterii w dopływie do SBR należy wiązać podobnie jak w przypadku bakterii mezofilnych i z rodziny *Enterobacteriaceae* ze zmienną ich ilością w naturalnych odciekach.

Analiza liczebności TBGC w odpływie wykazała zwiększenie się ich ilości od 23 NPL/100 ml przy  $B_x=0,23$  mg ChZT/mg d do 13 200 NPL/100 ml, którą odnotowano dla  $B_x=0,45$  mg ChZT/mg d. Po dodaniu 20% odcieków do mieszaniny ze ściekami bytowymi ( $B_x=0,96$  mg ChZT/mg d) ilość tych bakterii spadła do 1 510 NPL/100 ml. Przy  $B_x=0,40 \div 0,45$  mg ChZT/mg d, efektywność ich usuwania wynosiła  $99 \div 90\%$ , a przy  $B_x=0,96$  mg ChZT/mg d nie przekraczała 74%. Zwiększenie  $B_x$  do 1,64 mg ChZT/mg d skutkowało wzrostem ilości tych bakterii w odpływie z reaktora do 13 200 NPL/100 ml, co świadczyło o wymywaniu ich z kłaczek osadu.

Zatem, można przyjąć, iż podczas trwania procesu oczyszczania odcieków w reaktorze SBR zachodziła kumulacja TBGC w kłaczkach osadu czynnego do wartości obciążenia osadu ładunkiem zanieczyszczeń wynoszącej 0,96 mg ChZT/mg d. Przy badanym zakresie  $B_x$  liczebność tych bakterii w kłaczkach osadu wynosiła na ogół 50 jtk/mg sm.

### *Clostridium perfringens*.

Liczba bakterii *Cl. perfringens* w ściekach dopływających do reaktora wahała się w przedziale 160 ÷ 185 jtk/100 ml dla  $B_x=0,23 \div 0,45$  mg ChZT/mg d. Ilość ta wzrosła po dodaniu 20% udziału odcieków w mieszaninie ze ściekami

bytowymi ( $B_x=0,96$  mg ChZT/mg d) do 750 jtk/100 ml, zaś kiedy  $B_x$  miało wartość 1,64 mg ChZT/mg d, zwiększyła się aż do 4 800 jtk/100 ml. Podobną tendencję stwierdzono w ściekach odpływających z SBR – przy  $B_x=0,23\div 0,45$  mg ChZT/mg d ilość tych bakterii wahała się w przedziale 165÷145 jtk/100 ml i wzrosła do 1 220 jtk/100 ml i 5 650 jtk/100 ml przy  $B_x$ , odpowiednio, 0,96 i 1,64 mg ChZT/mg d. Usuwanie *Cl. perfringens* w 48÷17% stwierdzono przy  $B_x$  wynoszącym, odpowiednio, 0,23÷0,40 mg ChZT/mg d. Przy  $B_x=0,45$  mg ChZT/mg d, ilość tych bakterii w dopływie i odpływie z SBR była taka sama, zatem nie zachodziło ich usuwanie w procesie oczyszczania. Wymywanie tych bakterii z kłaczków osadu stwierdzono przy  $B_x=0,96$  i 1,64 mg ChZT/mg d.

Analiza zawartości tych bakterii w osadzie czynnym wykazała, że dla  $B_x=0,23\div 0,40$  mg ChZT/mg d ich ilość była średnio 20 jtk/mg sm. Po zwiększeniu  $B_x$  do 0,45 mg ChZT/mg d wzrosła do 187 jtk/mg sm, natomiast zwiększenie wartości  $B_x$  do 0,96 mg ChZT/mg d skutkowało zwiększeniem ilości *Cl. perfringens* w osadzie do 574 jtk/mg sm, a do 1,64 mg ChZT/mg d aż do 6 090 jtk/mg sm.

## 5. Wnioski

Z analizy uzyskanych wyników badań liczebności bakterii w ściekach dopływających i odpływających z reaktora wynika, że skuteczność ich usuwania w procesie oczyszczania przy różnych wartościach  $B_x$  kształtowała się odmiennie w odniesieniu do poszczególnych ich grup. HBP i BM usuwane były w 90÷99% w procesie prowadzonym przy  $B_x=0,23\div 0,40$  mg ChZT/mg d, a TBGC przy 0,40÷0,45 mg ChZT/mg d. Przeprowadzony proces oczyszczania odcieków cechowała znacznie mniejsza skuteczność usuwania bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* (52÷59% przy  $B_x=0,23\div 0,40$  mg ChZT/mg d), *Cl. perfringens* (48÷17% przy  $B_x=0,23\div 0,40$  mg ChZT/mg d), a szczególnie BS (49% przy  $B_x=0,23$  mg ChZT/mg d).

W odniesieniu do różnych grup bakterii różnicowana była także dynamika ich akumulacji w kłaczkach osadu czynnego oraz wymywania z kłaczków do odpływu. I tak, w przypadku:

- HBP i BM zwiększona akumulacja w kłaczkach osadu miała miejsce przy  $B_x=0,96\div 1,64$  mg ChZT/mg d, a wymywanie przy  $B_x=1,64$  mg ChZT/mg d;
- BS – szybka akumulacja w kłaczkach połączona z ich wymywaniem do odpływu następowała już przy  $B_x=0,34$  mg ChZT/mg d;
- bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* j.w. przy  $B_x=0,40$  mg ChZT/mg d, wymywanie szczególnie intensywne przy  $B_x=1,64$  mg ChZT/mg d;

- TBGC – akumulacja w kłaczkach osadu wzrastała sukcesywnie ze zwiększeniem wartości  $Bx$ , przy czym wymywanie z kłaczków osadu następowało szczególnie intensywnie przy  $Bx=1,64$  mg ChZT/mg d;
- *Cl. perfringens* – zwiększona akumulacja komórek w kłaczkach osadu, jak i ich wymywanie z osadu przy  $Bx=0,96 \div 1,64$  mg ChZT/mg d.

Zaobserwowane zmiany w dynamice akumulacji bakterii w osadzie i ich wymywania z osadu nie można interpretować zależnościami pomiędzy  $\mu$  (specyficzna szybkość wzrostu mikroorganizmów) i  $D$  (stopień rozcieńczenia wyrażony w  $Q/V$ , czyli równoważny obciążeniu hydraulicznemu reaktora), bowiem zwiększenie wartości  $Bx$  w niniejszej pracy uzyskiwano nie przez zwiększenie wartości  $D$ , lecz przez zwiększanie procentowego udziału odcieków w mieszaninie. Należy je wiązać raczej ze specyfiką wzrostu tych mikroorganizmów takimi jak wytwarzanie substancji polimerycznych w ścianie komórkowej, zdolność do agregacji komórek bądź z wpływem zmieniających się w reaktorze warunków abiotycznych na wzrost (nagromadzenie metali ciężkich oraz substancji trudno rozkładalnych, w tym węglowodorów). Koresponduje to z obserwowanym zniknięciem mikrofauny osadu przy  $Bx = 0,96$  mg ChZT/mg d (Szyłak-Szydłowski i Grabińska-Łoniewska, w druku). Porównanie uzyskanych wyników badań bakteriologicznych z danymi innych autorów jest niemożliwe, z uwagi na ich brak w literaturze fachowej.

Przeprowadzone badania pozwalają wnioskować, że zarówno odcieki odpływające z SBR jak i nadmierny osad czynny powstający w procesie oczyszczania, pod względem liczebności badanych grup bakterii nie stanowi zagrożenia sanitarnego dla środowiska. Pełne rozeznanie w tym względzie może być jednak uczynione dopiero po wykonaniu badań nad występowaniem i liczebnością w tych biotopach gatunków bakterii i grzybów mikroskopowych chorobotwórczych dla zwierząt ciepłokrwistych i człowieka.

## Literatura

1. **Grabińska-Łoniewska A. (Red.):** *Ćwiczenia laboratoryjne z mikrobiologii ogólnej*. Oficyna Wydawnicza PW ISBN 83-7207-136-5, Warszawa 1999.
2. **Grabińska-Łoniewska A., Kulig A., Pajor E., Skalmowski A., Rzemek W., Szyłak-Szydłowski M.:** *Physico-chemical and microbiological characteristics of leachates from Polish municipal landfills*. Env. Eng., Dudzińska and Pawłowski (Eds) Taylor and Francis Group. London 2007.

3. **Grabińska-Loniewska A., Kulig A., Pajor E., Skalmowski A., Rzemek W., Szyłak-Szydłowski M.:** *Charakterystyka fizykochemiczna i mikrobiologiczna odcieków z różnych składowisk odpadów innych niż obojętne i niebezpieczne.* Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, II Kongres Inżynierii Środowiska, materiały, tom 2, Lublin 2005.
4. **Grabińska-Loniewska A., Wardzyńska G., Pajor E., Korsak D., Boryń K.:** *Transmission of specific groups of bacteria through water distribution system.* Polish J. Microbiol. 2007.
5. **Klimiuk E., Wojnowska-Baryła J.:** *The influence of hydraulic retention time on the effectiveness of phosphate compound removal in the Phoredox System.* Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie. Olsztyn 1996.
6. **Kulig A.:** *Emisja zanieczyszczeń mikrobiologicznych w obiektach gospodarki komunalnej.* Materiały Naukowe Seminariów Instytutu Inżynierii Środowiska PW. Warszawa 1983.
7. **Kulig A.:** *Metody pomiarowo-obliczeniowe w ocenach oddziaływania na środowisko obiektów gospodarki komunalnej.* Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2004.
8. **Litwin B., Pawłowska L.:** *Wpływ wysypisk na środowisko w świetle badań Instytutu Kształtowania Środowiska.* Materiały Seminarium PZITS nr 242, nt. "Unieszkodliwianie odpadów metodą wysypisk sanitarnych". Warszawa-Lublin 1979.
9. **Skalmowski K.:** *Kompostowanie odpadów komunalnych, modele rozwiązań technologicznych.* Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Inżynieria Środowiska z 39, Oficyna PW. Warszawa 2001.
10. **Szymański K.:** *Ocena zanieczyszczenia wód podziemnych.* Monografia Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Koszalińska nr 53. Koszalin 1995.
11. **Szyłak-Szydłowski M.:** *Efektywność usuwania wybranych grup mikroorganizmów chorobotwórczych i potencjalnie chorobotwórczych w procesie oczyszczania odcieków ze składowiska odpadów w mieszaninie ze ściekami komunalnymi.* Prace Naukowe PW. Inżynieria Środowiska. Oficyna Wyd. PW. Warszawa 2008.
12. **Szyłak-Szydłowski M., Grabińska-Loniewska A., Reynaerts M., Skrzypiec M.:** *Wpływ obciążenia osadu czynnego na efektywność podczyszczania odcieków w reaktorze SBR,* Zeszyty Naukowe Wydziału BiŚ Politechniki Koszalińskiej Kompleksowe i szczegółowe problemy inżynierii środowiska, Koszalin. Wydawnictwa Uczelniane Politechniki Koszalińskiej. Koszalin 2007.
13. **Szyłak-Szydłowski M., Grabińska-Loniewska A.:** *Formation of the activated sludge biocenosis during landfill leachate pre-treatment in SBR.* Archives Env. Protection 2008, in press.
14. **Traczewska T.M., Karpińska-Smulikowska J.:** *Wpływ wysypiska odpadów komunalnych na jakość mikrobiologiczną powietrza.* Ochrona Środowiska 2000
15. **Wieczorek A.:** *Emisje towarzyszące kompostowaniu.* Ochrona powietrza i problemy odpadów 1998.

## Influence of Sludge Loading with Contaminants on the Growth of Selected Groups of Bacteria During Landfill Leachate Pretreatment in SBR

### Abstract

Assessment of the influence of activated sludge loading with organic contaminants ( $Bx$ ) on the development in it of selected groups of bacteria, which are indexes of decomposition degree of organic compounds and sanitary contamination, was the aim of conducted biological investigations. Determination of  $Bx$  range, in which elimination from leachate of those bacteria connected with their accumulation in flocules of activated sludge takes place as well as estimation of level of sanitary threat for the environment when it is used in agriculture were aims of these investigations. Indexes of degree of organic contaminants decomposition occurring in leachates were: general number of heterotrophic psychrophilic bacteria (HBP) and sporeforming bacteria (BS), and sanitary contamination were: mesophilic bacteria (BM), bacteria from *Enterobacteriaceae* family, thermotolerant bacteria of cola group (TBGC) and *Clostridium perfringens*.

Leachate used in investigations were piped off with drainage system to cumulative well located near landfill of wastes other than inert and dangerous, so-called municipal situated in the south-east part of Otwock city. Landfill functions from 1998 and the planned end of exploitation is anticipated in the year 2012. Municipal wastes in the quantity over 20 Mg per day are deposited in it.

Dominating group of bacteria both in leachates and activated sludge adapted to their pretreatment constituted heterotrophic psychrophilic (HPB) and mesophilic bacteria (MB). Less numerous were sporeforming bacteria (BS) and the bacteria from the class *Enterobacteriaceae*. The greatly lower numbers of thermotolerant coliform bacteria (TCB) and *Cl. perfringens* were stated. Among the studied groups of bacteria – HPB, BM, TCB and bacteria from class *Enterobacteriaceae* showed the most stable growth in activated sludge. The washing out of these bacteria occurred at the maximal studied  $Bx = 1.64 \text{ mgCOD mg}^{-1} \text{ d}^{-1}$ . Less stable growth characterized *Cl. perfringens* (washing out at  $Bx = 0.96 \text{ mgCOD mg}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ). Fast washing out of SB ( $Bx = 0.34 \text{ mgCOD mg}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) took place. The number of these groups of bacteria in activated sludge and effluent from SBR don't constitute a sanitary impedence for environment.

Conducted investigations allow to state, that both leachates outflowing from SBR as well as excessive activated sludge coming into being in the process of treatment, taking into consideration size of investigated bacteria groups does not make up sanitary threat for the environment. However full distinguishing in this issue may be made just after executing investigations on occurrence and size in those biotopes of bacteria and microscopic fungi pathogenic for warm-blooded animals and human.