

Agnieszka Chojecka, Bożenna Jakimiak, Marta Podgórska, Ewa Röhm-Rodowald

ZNACZENIE OCZYSZCZANIA BIOLOGICZNEGO W KONTROLI STANU SANITARNO-EPIDEMIOLOGICZNEGO ŚRODOWISKA

THE WASTEWATER TREATMENT SIGNIFICANCE IN THE CONTROL SANITARIAN AND EPIDEMIOLOGICAL STATE OF ENVIRONMENT

Zakład Zwalczania Skażeń Biologicznych
Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny

STRESZCZENIE

Ścieki komunalne stanowią jedno z zagrożeń biologicznych sprzyjających rozprzestrzenianiu się organizmów patogennych groźnych dla zdrowia ludzi i zwierząt. Oczyszczalnie biologiczne pełnią znaczącą funkcję w ograniczeniu transmisji tych organizmów poprzez zastosowanie odpowiednich technologii oraz metod ich usuwania i inaktywacji na kolejnych etapach oczyszczania ścieków. Prawidłowe funkcjonowanie oczyszczalni biologicznych jest jednym z czynników gwarantujących bezpieczeństwo sanitarno-epidemiologiczne środowiska naturalnego.

Słowa kluczowe: ścieki komunalne, organizmy chorobotwórcze, oczyszczanie biologiczne

ABSTRACT

The municipal wastewater consist of organic, inorganic and biological contaminations. The most of human and animals pathogens are found in municipal wastewater responsible for water-borne and water-washed diseases. Wastewater biological treatment is effective methods to reduce the transmission route of this pathogens. Different kind of methods (microfiltration/coagulation) and technology (aerobic/anaerobic stabilization) treated municipal wastewater, secondary effluent, primary and excess sludge are used to inactivation viruses, bacteria and protozoan. Chemical disinfection with CaO significantly affects inactivation of helminthes eggs during the hygienization of sludge. However the efficiency of pathogens disinfection particularly depend on contact time and concentration of disinfectants.

Key words: municipal wastewater, pathogenic organism, biological treatment

WSTĘP

Oczyszczalnie biologiczne pełnią niezwykle ważną rolę w ochronie wód powierzchniowych przed zanieczyszczeniami chemicznymi i biologicznymi. Oprócz usuwania zanieczyszczeń biogennych ważnym zadaniem oczyszczalni biologicznych jest unieszkodliwianie chorobotwórczych dla ludzi i zwierząt organizmów, a przez to zapewnianie biobezpieczeństwa w środowisku naturalnym.

Znane są liczne metody i technologie w procesie oczyszczania biologicznego, które umożliwiają skuteczną eliminację i inaktywację organizmów patogennych z oczyszczanych ścieków i osadów pościekowych.

ŚCIEKI KOMUNALNE JAKO ZANIECZYSZCZENIE BIOLOGICZNE

Istnieje wiele groźnych dla człowieka chorób, których zarówno etiologia jak i rozprzestrzenianie jest związane z wodą. Są one powodowane przez zanieczyszczoną wodę jak również przez brak odpowiednich warunków sanitarnych i właściwej higieny (1). Choroby te stanowią istotny problem zarówno w krajach rozwiniętych jak i krajach rozwijających się, w których nie istnieje uporządkowana gospodarka ściekowa (2).

Wody zużyte jakimi są nieoczyszczone ścieki, usuwane bezpośrednio do środowiska naturalnego, zakłócają jego równowagę biologiczną oraz stanowią groźne dla zdrowia człowieka skażenie biologiczne.

Do powszechnie powstających ścieków należy zaliczyć ścieki komunalne, które są stale wytwarzane

przez człowieka w czasie zaspakajania jego potrzeb sanitarnych i gospodarczych. Zawierają one w swoim składzie zarówno zanieczyszczenia natury chemicznej, głównie związki organiczne, jak i natury biologicznej – organizmy patogenne (3). Ilość powstających ścieków komunalnych uzależniona jest od zużycia wody przypadającej na jednego mieszkańca i w związku z tym wzrasta ona wraz z rosnącą liczbą ludności, jak również wysokim standardem życia w krajach rozwiniętych (4).

Ograniczanie negatywnego wpływu ścieków komunalnych na środowisko, a co za tym idzie na stan zdrowia ludności wiąże się z propagowaniem i rozwojem uporządkowanej gospodarki ściekowej poprzez kanalizację obszarów zurbanizowanych oraz budowę oczyszczalni biologicznych. (5).

ŹRÓDŁA TRANSMISJI WYBRANYCH ORGANIZMÓW PATOGENNYCH O ZNACZENIU EPIDEMIOLOGICZNYM

Drogą transmisji większości groźnych dla człowieka organizmów patogennych o znaczeniu epidemiologicznym jest między innymi woda zanieczyszczona kałem ludzi i zwierząt, nieoczyszczone i oczyszczone ścieki komunalne lub nieprawidłowo zagospodarowane osady pościekowe (6). Organizmy patogenne odpowiedzialne za wywoływanie chorób przenoszonych drogą pokarmową występują zarówno wśród bakterii, pierwotniaków jak i wirusów. Rozprzestrzenianie tych mikroorganizmów może być również spowodowane przez niedobór wody, koniecznej do przestrzegania higieny osobistej lub spożywaniem zakażonej żywności (2). Do skażenia żywności przyczynia się również nieprawidłowo prowadzona gospodarka rolna, między innymi irygacja pól uprawnych nieoczyszczonymi ściekami lub ich użyźnianie osadami ściekowymi, które nie zostały poddane procesowi kompostowania (6, 7). W krajach rozwijających się rezerwuarem endemicznych organizmów patogennych mogą być także wody stojące jak to ma miejsce np. w filariozie. (1, 2). Środowisko wodne może być również rezerwuarem bakterii z rodzaju *Legionella* sp.. Źle utrzymane systemy grzewcze i klimatyzacyjne mogą być skolonizowane przez te bakterie, zwłaszcza przez wysoce chorobotwórcze *Legionella pneumophila* (8).

Obecnie do najgroźniejszych czynników chorobotwórczych przenoszonych przez zanieczyszczoną wodę zalicza się enterokrwotoczny szczep *Escherichia coli* O157:H7, *Vibrio cholerae* oraz *Helicobacter pylori* i *Mycobacterium avium* complex (9). Do czynników etiologicznych będących stosunkowo często przyczyną zakażeń żołądkowo-jelitowych, przenoszonych przez

wodę należą również bakterie z rodzaju *Campylobacter*, *Yersinia*, *Salmonella* i *Shigella*.

W ostatnim dziesięcioleciu ubiegłego wieku *Escherichia coli* O157:H7 i *Vibrio cholerae* były najczęściej stwierdzanym czynnikiem etiologicznym epidemii wywołanych zanieczyszczoną wodą. Rozwój zaawansowanych technik biologii molekularnej (między innymi zastosowanie techniki PCR) pozwolił na odkrycie związku pomiędzy tego typu epidemiami, a bakteriami, których dotychczas nie uważano za czynnik etiologiczny chorób epidemicznych. Obecnie *Helicobacter pylori* i *Mycobacterium avium* complex są uważane za istotny czynnik ryzyka w zakażeniach, w których drogą transmisji jest woda zanieczyszczona kałem ludzi i zwierząt. Często tego typu masowe zachorowania są związane ze statusem socjoekonomicznym społeczeństw. W przypadku *Helicobacter pylori* stwierdzono, że źródłem zakażeń między innymi może być woda pobierana z ujęć zewnętrznych lub woda miejska nie spełniająca odpowiednich standardów. W krajach rozwijających się ok. 80%, a w krajach rozwiniętych od 40 do 50% osób dorosłych jest zakażonych *Helicobacter pylori* (10).

Mycobacterium avium complex (MAC) jest natomiast bakterią najczęściej izolowaną z wody oraz systemów wodociągowych w Stanach Zjednoczonych, odpowiedzialną za atypowe zakażenia prątkami u chorych z AIDS i innych pacjentów z obniżoną odpornością. Kompleks MAC wywołuje również schorzenia przewodu pokarmowego (11, 12).

Podobne objawy chorobowe występują u ludzi po spożyciu wody zawierającej oocysty lub formy podobne do spor wytwarzane przez pasożytnicze pierwotniaki. Infekcja *Cryptosporidium* sp. w populacji ludzkiej waha się od 0,6 do 20% i zależy od zasięgu geograficznego. Największą chorobotwórczość zaobserwowano w populacjach zamieszkujących Azję, Australię, Afrykę, Amerykę Południową, natomiast w USA i Wielkiej Brytanii *Cryptosporidium* sp. zostało opisane jako najczęstsza przyczyna chorób związanych z zanieczyszczoną wodą (11). Zarówno w przypadku zakażeń *Cryptosporidium* sp. jak i *Cyclospora* sp. obecność oocyst wykrywanych w wodach powierzchniowych zależała od dopływu ścieków komunalnych. Stwierdzono, że zakażenia *Cryptosporidium* sp. są ściśle związane z wodą zanieczyszczoną kałem ludzi i zwierząt, natomiast drogą rozprzestrzeniania *Cyclospora* sp. były częściej produkty żywnościowe zanieczyszczone w wyniku nawadniania pól uprawnych ściekami komunalnymi (13).

W latach dziewięćdziesiątych XX wieku w Stanach Zjednoczonych zwrócono uwagę na występowanie w wodach powierzchniowych pasożytniczych pierwotniaków wytwarzających podobne do spor formy przetrwalne określane jako mikrosporidia. Odkryto około 13 gatunków zdolnych do zakażenia człowieka, uważanych dotychczas za wyłączne pasożyty owadów,

skorupiaków i ryb. Mikrosporidia rozwijają się w jeli-
tach i wywołują biegunki o charakterze przewlekłym.
Do pierwotniaków wytwarzających mikrosporidia
odpowiedzialnych za schorzenia żołądkowo – jelitowe
u ludzi zalicza się między innymi *Entrocytozoon bie-
neusi*, *Encephalitozoon intestinalis*. Tego typu pasożyty
były izolowane ze ścieków, wód powierzchniowych i
podziemnych. Najczęściej izolowany *Entrocytozoon
bieneusi* był wydalany do ścieków komunalnych przez
zarażone osobniki (14).

W ściekach komunalnych bardzo często spotykane
są wirusy z rodzaju *Enterovirus*, których najczęstszą
drogą zakażenia jest droga pokarmowa. Wirusy te
namnażają się w komórkach jelit i w układzie chłonnym
jelit i są wydalane wraz z kałem. Do zakażenia
dochodzi najczęściej po spożyciu skażonej wody lub
pokarmów (15).

Ze względu na transmisję organizmów patogen-
nych za pośrednictwem wody, jej zasoby naturalne jak
również urządzenia wodno-kanalizacyjne transportu-
jące zarówno wodę przeznaczoną do spożycia oraz
wody zużyte powinny podlegać szczególnej dbałości
i ochronie.

ROLA OCZYSZCZALNI W REDUKCJI ORGANIZMÓW PATOGENNYCH W PROCESIE BIOLOGICZNEGO OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW

Do najbardziej rozpowszechnionych oczysz-
czalni biologicznych zalicza się te, które pracują w
systemie wykorzystującym osad czynny w procesie
oczyszczania ścieków. Są one najczęściej przystoso-
wane do oczyszczania ścieków komunalnych bądź
ścieków miejskich czyli mieszanych komunalnych i
przemysłowych. Ścieki tego typu, szczególnie ścieki
komunalne są rezerwuarem organizmów patogennych
o różnym pochodzeniu. Redukcja organizmów pa-
togennych w procesie oczyszczania zależy zarówno
od rodzaju organizmu patogennego jak i zastoso-
wanej technologii oczyszczania oraz dodatkowych
sposobów dezynfekcji ścieków oczyszczonych,
a także powstających w procesie oczyszczania osadów
pierwotnych i nadmiernych.

Istnieje wiele prac na temat metod redukcji organi-
zmów patogennych (bakterii, wirusów, pierwotniaków,
oraz jaj pasożytów żołądkowo-jelitowych) w procesie
fizyko-chemicznego i biologicznego oczyszczania ście-
ków (16, 17, 18, 19). W badaniach dotyczących redukcji
bakterii wskaźnikowych z rodziny *Enterobacteriaceae*,
paciorkowców kałowych oraz enterowirusów i oocyst
Cryptosporidium sp. zaobserwowano, że redukcja tych
mikroorganizmów w oczyszczalniach fizyko-chemicz-
nych była niższa niż w oczyszczalniach posiadających

również etap biologiczny. Przy czym enterowirusy
były obecne w podobnej liczbie zarówno w ściekach
oczyszczonych jak i nieoczyszczonych (16).

Ze względu na niewielkie rozmiary wirusów ich
usuwanie w procesie oczyszczania ścieków jak również
w procesach uzdatniania wody przeznaczonej do spoży-
cia jest znacznie utrudnione. Najczęściej stosowanymi
metodami usuwania wirusów jest koagulacja i/lub
mikrofiltracja w reaktorach membranowych (17, 20).
Wykazano, że usuwanie wirusów w procesie mikrofil-
tracji stwierdzane w przypadku wirusów polio obec-
nych w oczyszczonych ściekach było bardzo wydajne
i wynosiło 99%, co znacznie podnosiło jakość odpływu
uzyskiwanego w procesie oczyszczania biologiczne-
go. Procesy koagulacji natomiast przyczyniają się do
bardziej efektywnego usuwania wirusów poprzez ich
pułapkowanie przez koagulant (np. tlenek aluminium)
i tworzenie większych cząstek, co ułatwia ich usuwanie
w procesie mikrofiltracji (21, 22). Związki odpowie-
dzialne za procesy koagulacji mogą przyczyniać się do
inaktywacji wirusów.

Przeprowadzono badania dotyczące skuteczności
usuwania i inaktywacji enterowirusów w procesie
koagulacji z wykorzystaniem bakteriofagów, któ-
rych obecność w środowisku wodnym i w procesach
oczyszczania ścieków wykazywała silną korelację z
występowaniem takich wirusów jak wirus *Hepatitis A*
i wirusy polio. Wykorzystano w nich F- specyficzne
RNA bakteriofagi takie jak Q β i MS 2 jako organizmy
zastępcze w badaniach na procesami usuwania i inak-
tywacji patogennych enterowirusów występujących
w ściekach. W badaniach tych zaobserwowano, że róż-
nice w wydajności usuwania bakteriofagów wynikały
nie tyle z różnic w ich pułapkowaniu, co z wrażliwości
bakteriofagów na tlenek aluminium (22).

Unieszkodliwianie organizmów patogennych
w osadach powstałych w procesie oczyszczania bio-
logicznego odbywa się poprzez ich stabilizację w wa-
runkach tlenowych jak i beztlenowych (4). Stabilizacja
osadów ma na celu przede wszystkim usunięcie z nich
łatworozkładalnych związków organicznych. Zwykle z
takim sposobem obróbki osadów wiąże się ich odwad-
nianie i higienizacja. Stabilizacja osadów w warunkach
tlenowych polega na przedłużonym ich napowietrzaniu,
co powoduje samorzutny proces utlenienia materii
organicznej. Po procesie stabilizacji tlenowej zwykle
stosuje się higienizację takich osadów z zastosowaniem
tlenku wapnia (23).

Higienizacja osadów pościekowych jest konieczna
szczególnie w przypadku ich wykorzystania rolniczego.
Ma ona na celu inaktywację zawartych w osadach pato-
gennych bakterii, wirusów i jaj pasożytów żołądkowo-
jelitowych. W osadach pościekowych za szczególnie
niebezpieczne uważa się pałeczki *Salmonella* sp. oraz
jaja *Ascaris* sp., *Trichuris* sp. i *Toxocara* sp.. Obok

termicznych metod higienizacji takich jak: kompostowanie czy pasteryzacja osadów pościekowych istnieje możliwość ich higienizacji w oparciu o zastosowanie preparatów wapniowych. Najczęściej stosowanym środkiem dezynfekcyjnym jest wapno palone (4, 23). Jego skuteczność wobec organizmów patogennych związana jest z podwyższeniem temperatury i pH ($\text{pH} > 12,5$) osadów pościekowych. Decydująca jest także dawka zastosowanego preparatu, zawartość suchej masy osadu oraz czas działania (23). Badania dotyczące wapnowania osadów wykazały, że zabieg ten oddziałuje higienizująco, znacznie skuteczniej, na zawarte w osadach bakterie niż na jaja pasożytów żołądkowo-jelitowych. W osadach poddanych różnym stężeniom wapna palonego zaobserwowano, że do całkowitej eliminacji pałeczek *E. coli* dochodziło przy 20% stężeniu CaO już po 1 godzinie od zastosowania. Niższe stężenia CaO (5%; 10%) nie zapewniały pełnej ich eliminacji, jednakże redukcja tych mikroorganizmów była znacząca i przy stężeniu 10% już po 6 godzinach od rozpoczęcia eksperymentu wynosiła 6 log (23). Metoda higienizacji 20% CaO była również skuteczna w przypadku paciorkowców kałowych oraz zastosowanej jako szczep wzorcowy pałeczki *Salmonella senftenberg* W₇₇₅ (24). W przypadku jaj *Ascaris suum* skuteczną likwidację zaobserwowano przy stężeniu 20% po 6 godzinach od dodania preparatu. Wykazano również, że szybko i pełną higienizację osadów pościekowych uzyskuje się stosując wysokie dawki wapna palonego, co jest szczególnie istotne w inaktywacji jaj pasożytów wykazujących zwykle wysoką chemooporność (18). Optymalizacja procesów higienizacji osadów pościekowych jest niezwykle ważna ze względów sanitarno-higienicznych. Procesy higienizacji osadów, przyczyniają się bowiem do ograniczenia transmisji organizmów patogennych do gleby i wód gruntowych, a przez to do poprawy bezpieczeństwa środowiska (18, 23).

Unieszkodliwianie osadów pościekowych przeznaczonych na potrzeby rolnicze często przeprowadza się w procesie kompostowania. W procesie tym dochodzi do inaktywacji organizmów patogennych pod wpływem temperatury, która w warunkach tlenowego rozkładu materii organicznej przez termofilne grzyby i bakterie dochodzi do 70°C. Osady przeznaczone na potrzeby rolnicze i do rekultywacji gruntów nie powinny zawierać bakterii z rodzaju *Salmonella*. Liczba żywych jaj pasożytów jelitowych *Ascaris* sp. *Trichuris* sp. *Toxocara* sp. w kg suchej masy osadów ściekowych stosowanych w rolnictwie nie może być większa od 10, a przy rekultywacji gruntów nie powinna przekraczać 300 (4). Procesy kompostowania zostały ujęte w technologii higienizacyjne, które pozwalają kontrolować skuteczność i przebieg procesu kompostowania (19). Szczególnie trudna wydaje się inaktywacja jaj pasożytów jelitowych, gdyż są one odporne na niekorzyst-

ne warunki środowiskowe w tym także na wysoką temperaturę. Eliminacja żywych jaj *Ascaris suum* jest uzależniona od równomiernego rozkładu temperatury w kompostowanej biomacie (19). W badaniach wykazano, że skuteczna inaktywacja pasożytów zachodziła tylko w warunkach termofilnych.

Do usuwania chorobotwórczych dla ludzi i zwierząt bakterii i pasożytów dochodzi także w procesach stabilizacji beztlenowej osadów pościekowych. Procesy fermentacji metanowej zachodzą w różnych przedziałach temperatur stąd można wyróżnić fermentację psychrofilną (4°C-30°C), mezofilną (31°C-40°C) i termofilną (50°C-65°C). Stwierdzono, że najskuteczniejszą redukcję patogenów uzyskuje się w procesach fermentacji termofilnej (25). W przypadku pasożytów (jaja helmitów, oocysty i cysty pierwotniaków) usuwanie i inaktywacja zależy od parametrów w jakich przeprowadzana jest stabilizacja osadów pościekowych. W przypadku fermentacji mezofilnej dopiero po 20 dniach uzyskuje się 50% inaktywację jaj helmitów, inaktywację wyższą niż 90% po 6 miesiącach. W przypadku cyst pierwotniaków prawie 100% inaktywację uzyskiwano po 18-24 godzinach. Zaobserwowano również, że prowadzenie stabilizacji osadów w osadnikach Imhoffa lub reaktorach UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) może sprzyjać przeżywaniu pierwotniaków (26). Inaktywacja jaj helmitów i cyst pierwotniaków w oczyszczonych ściekach może odbywać się na drodze filtracji i następnie dezynfekcji przez chlorowanie, ozonowanie czy też dezynfekcję promieniami UV (27). Stwierdzono jednak, że formy te są stosunkowo odporne na inaktywację na drodze tego typu dezynfekcji, a skuteczność tych procesów zależy od rodzaju pasożytów, czasu kontaktu i dawki środka dezynfekcyjnego.

PODSUMOWANIE

1. Nieoczyszczone ścieki komunalne stanowią niebezpieczne dla bytowania ludzi i zwierząt skażenie biologiczne.
2. W nieoczyszczonych i oczyszczonych ściekach komunalnych, a także w osadach pierwotnych i nadmiernych powstających w procesie oczyszczania biologicznego występują organizmy patogene powodujące choroby o zasięgu epidemicznym.
3. Skuteczne usuwanie i inaktywacja organizmów chorobotwórczych oraz doskonalenie metod usuwania patogenów w procesie oczyszczania biologicznego jest aktualnym zadaniem oczyszczalni biologicznych.

PIŚMIENNICTWO

1. WHO/UNICEF. Water Supply and Sanitation Collaborative Council. The Global Water Supply and sanitation Assessment 2000 Report. Geneva. World Health Orga-

- nization/ New York: United Nations Children's Fund, 2000: 1-5.
2. Prüss A, Kay D, Fewtrell L i in. Estimating the burden of disease from water, sanitation and hygiene at a global level. *Environ Health Perspect* 2002; 110: 537-542.
 3. Chabaud S, Andres Y, Lakel A. Bacterial removal in septic effluent: influent of biofilm and protozoa. *Water Res* 2006; 40: 3109-3114.
 4. Łomotowski J, Szpindor A. Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków. Wydawnictwo „Arkady”, Warszawa 2002; 11: 386-394.
 5. Gale P. Developing risk assessments of waterborne microbial contaminations. W: *The handbook of water and wastewater microbiology*. Academic Press 2003; 16: 264-280.
 6. Mara D, Horan N. *The handbook of water and wastewater microbiology*. Academic Press 2003; 15: 241-261.
 7. Aitken MD, Sobsey MD, Van Abel NA i in. Inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 during thermophilic anaerobic digestion of manure from dairy cattle. *Water Res* 2007; 41: 1659-1666.
 8. Cooper IR, White J, Mahenthiralingam E i in. Long-term persistence of a single *Legionella pneumophila* strain possessing the mip gene in a municipal shower despite repeated cycles of chlorination. *Journal of Hospital Infection* 2008; 70: 154-159.
 9. Mara DD, Feachem RGA. Unitary environmental classification of water and excreta-related communicable diseases. W: *The handbook of water and wastewater microbiology*. Academic Press 2003; 11: 185-192.
 10. Taylor SA, Blaser MJ. The epidemiology of *Helicobacter pylori* infection. *Epidemiol Rev* 1991; 13: 42-58.
 11. Huffman DE, Quinter-Betacourt W, Rose J. Emerging waterborne pathogens. *The handbook of water and wastewater microbiology*. Academic Press 2003; 12: 195-208.
 12. Zaremba ML, Borowski J. *Mikrobiologia lekarska dla studentów medycyny*. Wydanie II. Wydawnictwo Lekarskie PZWL. Warszawa 1997; 3: 354-357.
 13. Rose JB, Slifko TR. *Giardia*, *Cryptosporidium* and *Cyclospora* and their impact on foods: A revive. *J Food Protect* 1999; 62: 1059-1070.
 14. Dowd S, Gerba C, Pepper I. Confirmation of the human-pathogenic microsporidia *Enterocytozoon bienersi*, *Encephalitozoon intestinalis* and *Vittaforma corneae* in water. *Appl Environ Microbiol* 1998; 64:3332-3335.
 15. Kańtoch M. *Wirusologia lekarska*. Wydanie I. Wydawnictwo Lekarskie PZWL. Warszawa 1998; 28: 356 – 370.
 16. Payment P, Plante R, Cejka P. Removal of indicator bacteria, human enteric viruses, *Giardia* cysts, and *Cryptosporidium* oocysts at large wastewater primary treatment facility. *Can J Microbiol* 2001; 47(3): 188-193.
 17. Aronio R, Dlugy Ch, Arkhangelsky E i in. Removal of viruses from surface water and secondary effluents by sand filtration. *Water Res* 2009; 43: 87-96.
 18. Gantzer C, Gaspard P, Glavez L i in. Monitoring of bacterial and parasitological contamination during various treatment of sludge. *Water Res* 2001; 35: 3763-3770.
 19. Szala B, Paluszak Z. Wpływ procesu kompostowania bioodpadów w kontenerowej technologii Kneer na inaktywację jaj glist *Ascaris suum*. *Medycyna Wet* 2008; 64(3): 361-364.
 20. Teunis PFM, Rutjes SA, Westrell T i in. Characterization of drinking water treatment for virus risk assessment. *Water Res* 2009; 43: 395-404.
 21. Nasser A, Weinberg, D, Dinoor, N i in. Removal of hepatitis A virus (HAV), poliovirus and MS2 coliphage by coagulation and high rate filtration. *Water Sci Technol* 1995; 31 (5-6): 63-68.
 22. Shirasaki N, Matsushita Y, Matsui T i in. Comparison of behaviors of two surrogates for pathogenic waterborne viruses, bacteriophages Q β and MS2, during the aluminum coagulation process. *Water Res* 2009; 43: 605-612.
 23. Paluszak Z, Bazeli M, Hermann J i in. Mikrobiologiczne badania osadów pościekowych higienizowanych tlenkiem wapnia. *Medycyna Wet* 2006; 62(12): 1427-1430.
 24. Paluszak Z, Bauza-Kaszewska J, Ligocka A. Przeżywalność pałeczek *Salmonella senftenberg* W₇₇₅ w osadach pościekowych poddanych procesowi kompostowania. *Medycyna Wet* 2003; 59: 239-242.
 25. Ledakowicz S, Krzystek L. Wykorzystanie fermentacji metanowej w utylizacji odpadów przemysłu rolno-spożywczego. *Biotechnologia* 2005; (3) 70: 165-183.
 26. Stott R. Fate and behaviour of parasites in wastewater treatment system. W: *The handbook of water and wastewater microbiology*. Academic Press 2003; 31: 491-521.
 27. Li D, Craik SA, Smith DW i in. The assessment of particle association and UV disinfection of wastewater using indigenous spore-forming bacteria. *Water Res* 2009; 43: 481-489.

Otrzymano: 7.05.2009 r.

Zakwalifikowano do druku: 10.06.2009 r.

Adres do korespondencji:

mgr Agnieszka Chojecka

Zakład Zwalczenia Skażeń Biologicznych

ul. Chocimska 24, 00-791 Warszawa

e-mail: achojecka@pzh.gov.pl