

MONIKA PIOTROWSKA¹, AGNIESZKA WOLNA-MARUWKA²

¹Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gruntów
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

²Katedra Mikrobiologii Ogólnej i Środowiskowej
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

STAN SANITARNY OSADÓW ŚCIEKOWYCH POCHODZĄCYCH Z WYBRANYCH OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW WOJEWÓDZTWA WIELKOPOLSKIEGO

Streszczenie. Praca przedstawia charakterystykę sanitarną osadów ściekowych pobranych z oczyszczalni ścieków zlokalizowanych na terenie województwa wielkopolskiego. Przeanalizowano pod względem sanitarnym osiem osadów, spośród których trzy poddano procesowi wstępnej higienizacji wapnem. Zakres badań osadów ściekowych obejmował analizy mikrobiologiczne i chemiczne. W osadach oznaczano liczebność bakterii z rodzaju *Salmonella*, bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* oraz bakterii *Clostridium perfringens* na wybiórczych podłożach, stosując metodę płytkową Kocha. Z kolei analizy chemiczne obejmowały następujące parametry: suchą masę, odczyn oraz zawartość C i N w próbkach osadów ściekowych. Celem pracy było określenie stopnia skuteczności procesów higienizacyjnych stosowanych w wybranych oczyszczalniach ścieków na podstawie analizy porównawczej stanu mikrobiologicznego osadów ściekowych. Na podstawie wyników badań stwierdzono, że osady ściekowe charakteryzowały się zróżnicowaną zawartością bakterii *C. perfringens* i bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae*, nie zawierały zaś bakterii z rodzaju *Salmonella*. Odczyn analizowanych osadów oscylował w zakresie od 6,9 do 8,42. Uzyskane wyniki badań mikrobiologicznych pozwoliły stwierdzić, że analizowane osady ściekowe spełniały normy ustanowione w Rozporządzeniu Ministra Środowiska (ROZPORZĄDZENIE... 2002), w związku z czym pod względem sanitarnym można je zaklasyfikować do wykorzystania w celach rolniczych.

Słowa kluczowe: osad ściekowy, mikroorganizmy chorobotwórcze, stosunek C:N, sucha masa

Wstęp

Osady ściekowe ze względu na dużą zawartość materii organicznej, makro- i mikro-składników są nawozem coraz częściej stosowanym w nawożeniu terenów rolniczych i leśnych oraz rekultywacji terenów zielonych (KANIUCZAK i IN. 2009). Osady wprowadza-

dzane do wierzchnich warstw gleby są źródłem wielu składników pokarmowych dla roślin, wpływają na procesy glebotwórcze, przyczyniają się do wzmożonej aktywności biologicznej gleby (SZWEDZIAK 2006). Kluczowym problemem wykorzystania osadów ściekowych w celu użyzniania gleby jest ich ocena sanitarna, bowiem obecność mikroorganizmów chorobotwórczych z rodziny *Enterobacteriaceae* i rodzaju *Salmonella* oraz *Clostridium perfringens* jest jednym z decydujących czynników, jakie należy brać pod uwagę w przypadku dalszej procedury postępowania z tego rodzaju odpadem.

Obecność patogenów w osadach ściekowych może stwarzać zagrożenie dla zdrowia ludzi i zwierząt (KŁAPEĆ i IN. 1999, BUDZIŃSKA i IN. 2001). Odpowiedni sposób utylizacji tych osadów może się przyczynić do ograniczenia występowania w nich patogenów lub całkowitej ich eliminacji.

Celem pracy było dokonanie oceny skuteczności procesów higienizacyjnych stosowanych w wybranych oczyszczalniach ścieków na podstawie analizy porównawczej stanu mikrobiologicznego osadów ściekowych.

Material i metody

Badania przeprowadzono w 2009 roku. Przedmiotem badań były próbki osadów ściekowych pobranych z oczyszczalni ścieków zlokalizowanych na terenie województwa wielkopolskiego. Analizowano osiem próbek osadów ściekowych, spośród których trzy: O2, O6 i O7 poddano procesowi wstępnej higienizacji (wapnowaniu) zgodnie z technologią danej oczyszczalni ścieków. Bioodpady poddano analizie chemicznej i mikrobiologicznej (tab. 1, 2, 3).

Zakres analiz składu chemicznego osadów ściekowych obejmował oznaczenie:

- suchej masy – metodą suszarkową w temperaturze 105°C,
- pH_{H₂O} – konduktometrycznie,
- węgla organicznego (oksydometrycznie) – metodą utleniająco-miareczkową z użyciem dichromianu (VI) potasu w środowisku kwaśnym,
- azotu ogólnego – metodą Kjeldahla.

Analizy mikrobiologiczne obejmowały oznaczenia liczebność mikroorganizmów z rodziny *Enterobacteriaceae* i rodzaju *Salmonella* oraz *Clostridium perfringens*. Liczebność jednostek tworzących kolonie (jtk) bakterii wskaźnikowych w próbkach osadów ściekowych oznaczano metodą płytek lanych na podłożach wybiórczych.

Bakterie z rodzaju *Salmonella* oznaczano na wybiórczym podłożu XLT4 firmy Merck, inkubując płytki w temperaturze 37°C przez 24 h (MILLER i TATE 1990). Następnie w celu identyfikacji bakterii z rodzaju *Salmonella* posłużono się testami biochemicznymi firmy Liofilchem. Mikroorganizmy z rodziny *Enterobacteriaceae* hodowano na podłożu Chromocult® Coliform Agar firmy Merck w temperaturze 37°C, a następnie płytki inkubowano przez 24 h (MANAFI i KNEIFEL 1989). Bakterie *C. perfringens* oznaczono metodą płytkową na podłożu TSC firmy Merck i inkubowano w warunkach beztlenowych przez 24 h (HAUSCHILD i HILSHEIMER 1974).

Zastosowane w doświadczeniu analizy statystyczne wykonano za pomocą programu Statistica 8.0.

Wyniki i dyskusja

Objęte badaniami próbki osadów ściekowych charakteryzowały się zróżnicowanym składem chemicznym oraz różnym stopniem zanieczyszczenia organizmami wskaźnikowymi z rodziny *Enterobacteriaceae* i bakteriami *C. perfringens* (tab. 3). W badaniach dotyczących składu chemicznego osadów ściekowych wykazano, że zawartość suchej masy kształtowała się w granicach od 98,00 g·kg⁻¹ (osad O4) do 515,57 g·kg⁻¹ w osadzie poddanym wapnowaniu (O6) (tab. 1). Higienizacja osadów dodatkiem wapna powoduje ich stabilizację, polepsza ich odwadnianie oraz determinuje większą zawartość suchej masy. Również długotrwałe składowanie osadów ściekowych wpływa na stopniowe zwiększanie się suchej masy (KAŹMIERCZUK i KALISZ 1998).

Tabela 1. Właściwości fizyczno-chemiczne osadów ściekowych
Table 1. Psychicochemical properties of sewage sludges

Osad ściekowy	Sucha masa (g·kg ⁻¹)	pH _{H₂O}
O1	261,50 ±15,928	8,06
O2	278,63 ±25,079	8,29
O3	187,80 ±23,263	7,06
O4	98,00 ±1,855	7,86
O5	141,40 ±0,327	6,9
O6	515,57 ±16,541	8,42
O7	222,40 ±1,233	7,34
O8	200,93 ±0,340	8,18

Poddane badaniom osady ściekowe charakteryzowały się silnym stopniem uwodnienia. Stopień uwodnienia osadów ściekowych jest uzależniony w dużej mierze od ich okresu składowania, gdyż przemiany biochemiczne zachodzące w tym czasie nadają im odpowiednią strukturę fizyczną (CIEĆKO i IN. 2001). Najwyższy poziom uwodnienia zanotowano w osadzie O4.

Analizowane osady ściekowe wykazywały pH w zakresie 6,9-8,42 (tab. 1). Najmniejszą wartość zanotowano w osadzie O5, a największą – w osadzie O6 kondycjonowanym domieszką wapna. Zastosowanie wapna w higienizacji osadu ściekowego powoduje reakcję egzotermiczną oraz wzrost pH, silnie ograniczając rozwój większości mikroorganizmów (OLSZEWSKA i IN. 2001).

Skład chemiczny osadów ściekowych był dość zróżnicowany. Mogło to wynikać m.in. z rodzaju oczyszczanych ścieków oraz procesów, jakie zastosowano w trakcie ich oczyszczania i stabilizacji (tab. 2).

Poddane ocenie osady ściekowe wykazywały zróżnicowaną, jednakże dużą zawartość azotu (tab. 2): w granicach od 12,89 g·kg⁻¹ s.m. (O6) do 58,76 g·kg⁻¹ s.m. (O5). Na dużą zawartość azotu w osadach ściekowych zwracają również uwagę KRZANOWSKI i IN. (1995), SINGH i AGRAWAL (2008) oraz CZEKAŁA i IN. (2008). Analogicznie do

Tabela 2. Zawartość węgla i azotu w osadach ściekowych
Table 2. The carbon and nitrogen content in sewage sludges

Osad ściekowy	C (g·kg ⁻¹ s.m.)	N (g·kg ⁻¹ s.m.)	C:N
O1	254,92 ±7,055	27,57 ±0,095	9,25 ±0,267
O2	214,86 ±4,743	25,84 ±0,214	8,32 ±0,223
O3	321,37 ±7,656	38,12 ±1,842	8,45 ±0,404
O4	262,14 ±0,810	43,64 ±0,823	6,01 ±0,109
O5	370,36 ±5,177	58,76 ±2,034	6,31 ±0,172
O6	99,55 ±5,838	12,89 ±0,417	7,74 ±0,621
O7	362,22 ±8,090	45,39 ±0,429	7,98 ±0,119
O8	238,76 ±2,859	37,28 ±1,010	6,41 ±0,239

zawartości azotu kształtowała się zawartość węgla organicznego w analizowanych osadach. Była ona dość zróżnicowana i mieściła się w granicach od 99,55 g·kg⁻¹ (O6) do 370,36 g·kg⁻¹ (O5). Stosunek C:N w analizowanych próbkach oscylował w zakresie od 9,25 (O1) do 6,01 (O4). Kształtowanie się stosunku C:N jest wynikiem właściwości i składu osadów ściekowych (KRZYWY I IN. 2002). Zdaniem CZEKAŁY I IN. (2008) duże ilości azotu powodują zawężanie się stosunku C:N w osadach ściekowych.

W wyniku przeprowadzonych badań mikrobiologicznych w żadnym z poddanych analizie osadów nie wykazano obecności bakterii z rodzaju *Salmonella* (tab. 3). Przyczyną tego były prawdopodobnie zabiegi higienizacyjne stosowane w oczyszczalniach ścieków, skąd osady pochodziły. W związku z tym osady te, zgodnie z obowiązującym

Tabela 3. Liczebność drobnoustrojów w 1 g s.m. osadu (jtk)
Table 3. The number of microorganisms in 1 g of sludge d.m. (cfu)

Osad ściekowy	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Enterobacteriaceae</i>	<i>Salmonella</i>
O1	45,84 × 10 ³ a	1 037,39 × 10 ³ b	0
O2	478,6 × 10 ³ a	305,15 × 10 ³ a	0
O3	71,06 × 10 ³ a	1 634,54 × 10 ³ c	0
O4	27,21 × 10 ³ a	353,56 × 10 ³ a	0
O5	7,542 × 10 ³ ab	16 048,9 × 10 ³ a	0
O6	0	859,38 × 10 ³ a	0
O7	14,70 × 10 ³ ab	12 299,9 × 10 ³ a	0
O8	17,763 × 10 ³ b	12 798,6 × 10 ³ a	0

Średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie na poziomie prawdopodobieństwa $\alpha = 0,05$.

w Polsce stanem prawnym, mogą być wykorzystywane na cele rolnicze. W osadach stwierdzono jednak zróżnicowaną zawartość bakterii *C. perfringens*. Osad O2, mimo wcześniej wykonanego procesu higienizacji wapnem, charakteryzował się bardzo dużą zawartością bakterii *C. perfringens*, największą spośród wszystkich analizowanych osadów. Według PALUSZAKA i IN. (2006) dodatek tlenku wapnia może oddziaływać w sposób zróżnicowany na patogeny w osadach ściekowych. Najmniejszą liczebność *C. perfringens* zanotowano w osadzie O5, a z osadu O6, higienizowanego wapnem, w ogóle nie wyizolowano tych mikroorganizmów. Dodatek wapna do osadów O2 i O6 nie wpłynął w sposób jednakowy na eliminację bakterii *C. perfringens*. Być może przyczyną tego była niewłaściwa dawka wapna, którą należało dobrać zależnie od rodzaju danego osadu ściekowego, jego oczekiwanej stabilizacji oraz wymagań stopnia higienizacji. Osad O6 charakteryzował się największą spośród wszystkich badanych osadów zawartością suchej masy, w związku z czym jego uwodnienie było najmniejsze. Wiadomo, że efekt higienizacji przebiega skuteczniej w osadach o mniejszym uwodnieniu, w związku z tym to najprawdopodobniej proces wapnowania był czynnikiem, który pozytywnie wpłynął na eliminację bakterii *C. perfringens*.

Na podstawie wyników badań mikrobiologicznych stwierdzono ponadto, że analizowane osady ściekowe charakteryzowały się zróżnicowaną liczebnością bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae*. Największą liczbę tych bakterii odnotowano w osadzie O5 ($16048,9 \times 10^3$ jtk w 1 g s.m. osadu), a najmniejszą w osadzie O2 ($305,15 \times 10^3$ jtk w 1 g s.m. osadu) (tab. 3).

Wyniki badań wykazują dość dużą zawartość mikroorganizmów z rodziny *Enterobacteriaceae* w osadach w stosunku do zawartości w nich bakterii *C. perfringens*. Potwierdzają to wyniki badań KŁAPEĆ i IN. (1999), którzy odnotowali, że większość bakterii bytujących w ściekach miejskich należy do rodziny *Enterobacteriaceae*.

Wnioski

1. Przeprowadzona ocena sanitarna osadów ściekowych pobranych z różnych oczyszczalni ścieków na terenie Wielkopolski nie wykazała występowania bakterii z rodzaju *Salmonella*.

2. Poddane analizie osady ściekowe charakteryzowały się dużą zawartością bakterii potencjalnie patogennych z rodziny *Enterobacteriaceae*, a także bakterii *Clostridium perfringens*.

3. Najmniejszą zawartością badanych mikroorganizmów charakteryzował się osad O4, największą zaś – osad O5.

4. Uzyskane wyniki badań mikrobiologicznych pozwalają stwierdzić, że analizowane osady ściekowe spełniały normy ustanowione w Rozporządzeniu Ministra Środowiska (ROZPORZĄDZENIE... 2002), w związku z czym pod względem sanitarnym można je zaklasyfikować do wykorzystania w celach rolniczych.

Literatura

- BUDZIŃSKA K., BERLEĆ K., RZEPczyk B., MICHALSKA M., SZEJNIUK B., 2001. Analiza zachowania się bakterii wskaźnikowych w osadach pochodzących z oczyszczalni ścieków. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 477: 301-306.
- CIEĆKO Z., WYSZKOWSKI M., ROLKA E., 2001. Charakterystyka chemiczna osadów ściekowych z oczyszczalni mleczarskich. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 477: 313-318.
- CZEKAŁA J., FERDYKOWSKI W., ZBYTEK Z., 2008. Ekologiczne zagospodarowanie odpadu z konopi w kompostowaniu osadu ściekowego. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 53, 3: 42-47.
- HAUSCHILD A.H.W., HILSHEIMER R., 1974. Evaluation and modifications of media for enumeration of *Clostridium perfringens*. *Appl. Microbiol.* 27, 1: 78-82.
- KANIUCZAK J., HAJDUK E., ZAMORSKA J., ILEK M., 2009. Charakterystyka osadów ściekowych pod względem przydatności do przyrodniczego wykorzystania. *Zesz. Nauk. PTiE i PTG Oddz. Rzesz.* 11: 89-94.
- KĄŻMIERCZUK M., KALISZ L., 1998. Zmiany stopnia skażenia biologicznego w składowanych osadach ściekowych. *Ochr. Środ. Zasobów Nat.* 15: 51-64.
- KŁAPEĆ T., STROCZYŃSKA-SIKORSKA M., GALIŃSKA E., 1999. Wybrane zagadnienia dotyczące skażeń biologicznych osadów ściekowych przeznaczonych do rolniczego wykorzystania. *Med. Środ.* 2, 1: 23-30.
- KRZANOWSKI S., MIERNIK W., STARZYK K., 1995. Badania właściwości osadów ściekowych z oczyszczalni komunalnych w aspekcie ich przyrodniczego zagospodarowania. *Zesz. Nauk. Inż. Kształ. Środ. Czynnikiem Rozw. Terenów Wiej.* 298, 5: 349-355.
- KRZYWY E., WOŁOSZCZYK CZ., IZEWSKA A., KRZYWY J., 2002. Badania nad możliwością wykorzystania komunalnego osadu ściekowego z dodatkiem różnych komponentów do produkcji kompostów. *Acta Agrophys.* 70, 1: 217-223.
- MANAFI M., KNEIFEL W., 1989. Combined chromogenic-fluorogenic medium for simultaneous detection of total coliforms and *E. coli* in water. *Zentralbl. Hyg.* 189: 225-234.
- MILLER R.G., TATE C.R., 1990. XLT4: a highly selective planting medium for the isolation of *Salmonella*. *Maryland Poultrym.* April: 2-7.
- OLSZEWSKA H., PALUSZAK Z., TRACZYKOWSKI A., 2001. Ocena mikrobiologiczna osadów ściekowych z zakładów mięsnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 477: 451-457.
- PALUSZAK Z., BAZELI M., HERMANN J., BAUZA-KASZEWSKA J., 2006. Mikrobiologiczne badania osadów pościekowych higienizowanych tlenkiem wapnia. *Med. Wet.* 62, 12: 1427-1430.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 roku w sprawie komunalnych osadów ściekowych. 2002. *Dz. U.* 134, poz. 1140.
- SINGH R.P., AGRAWAL M., 2008. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. *Waste Manag.* 28: 347-358.
- SZWEDZIAK K., 2006. Charakterystyka osadów ściekowych i rolnicze wykorzystanie. *Inż. Roln.* 4: 297-302.

THE SANITARY CONDITION OF SEWAGE SLUDGE COLLECTED FROM CHOSEN WASTEWATER TREATMENT PLANTS OF THE WIELKOPOLSKA PROVINCE

Summary. The work presents the sanitary characteristics of sewage sludge samples collected from waste water treatment plants located in the area of the Wielkopolska province. Eight sludge samples were analysed, three of which, in accordance with the technology, were also subject to

hygienization by liming. The scope of the examination covered both microbiological and chemical analyses. The examination was to determine the number of bacteria of the *Salmonella* genus, of the *Enterobacteriaceae* family and the *Clostridium perfringens* bacteria in the collected sludge samples. Microbiological analyses were carried out on selected foundations, by means of the lamellar method. The chemical analyses, on the other hand, included such parameters as: dry matter content, reaction and the content of C and N in the sewage sludge samples. The aim of the work was to determine the effectiveness of hygienization processes employed in selected water treatment plants based on the comparative analysis of the microbiological condition of selected sludge samples. The achieved results proved that the sludge samples were characterised by a diversified content of the *C. perfringens* and *Enterobacteriaceae*. The examination also proved that none of the samples contained bacteria of the *Salmonella* genus. The reaction of the analyses material was characterised by diversified values with the pH oscillating between 6.9 and 8.42. The results of the microbiological examination confirmed the compliance of the analysed sludge with the norms listed in the Resolution of the Minister of the Environment (2002). Therefore, they may be classified as suitable for use for agricultural purposes.

Key words: sewage sludge, pathogenic microorganisms, C:N ratio, dry matter

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Monika Piotrowska, Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gruntów, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Szydlowska 50, 60-656 Poznań, Poland, e-mail: rhoa@interia.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

18.10.2010

Do cytowania – For citation:

Piotrowska M., Wolna-Maruwka A., 2010. Stan sanitarny osadów ściekowych pochodzących z wybranych oczyszczalni ścieków województwa wielkopolskiego. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 6, #92.