

**JANINA KANIUCZAK¹, EDMUND HAJDUK¹,
JUSTYNA ZAMORSKA², MAŁGORZATA ILEK¹**

¹ Katedra Gleboznawstwa, Chemii Środowiska i Hydrologii,
Wydział Biologiczno-Rolniczy Uniwersytetu Rzeszowskiego
e-mail: jkaniucz@univ.rzeszow.pl

² Zakład Oczyszczania i Ochrony Wód, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Rzeszowskiej

**CHARAKTERYSTYKA OSADÓW ŚCIEKOWYCH
POD WZGLĘDEM PRZYDATNOŚCI
DO PRZYRODNICZEGO WYKORZYSTANIA**

*W badanych osadach ściekowych z oczyszczalni ścieków typu „Lemna” stwierdzono podwyższony poziom cynku ($>2500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) oraz zawartość żywych jaj nicieni *Ascaris lumbricoides*. Ze względu na to, wykorzystanie badanych osadów ściekowych nie jest możliwe, ani w rolnictwie ani w rekultywacji na cele rolne i nierolne. Osady te można wykorzystać jedynie do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu oraz do uprawy roślin nieprzeznaczonych do spożycia i produkcji pasz (np. uprawa roślin na cele energetyczne). Duża zmienność zawartości metali ciężkich w przebadanych osadach wskazuje na konieczność szczegółowego badania każdej partii osadu.*

Słowa kluczowe: osady ściekowe, wartość nawozowa, metale ciężkie, ocena sanitarna

I. WSTĘP

Osady ściekowe można traktować jako pełnowartościowy nawóz organiczny bogaty w azot, fosfor, mikroelementy oraz łatwo rozkładalną, uwalniającą w procesie mineralizacji składniki odżywcze, substancję organiczną [2,13]. Nawożenie osadami ściekowymi, szczególnie w dawkach wyższych przyczynia się do zwiększenia zasobów próchnicy w glebie, jak też poprawienia jej jakości. Ma to istotne znaczenie w Polsce, gdzie notuje się ostry deficyt nawozów naturalnych, a w użytkowaniu rolniczym dominują gleby lekkie, ubogie w próchnicę. Zwiększenie zawartości substancji organicznej w glebach poprawia ich zdolności sorpcyjne, co przekłada się na wskaźniki produkcyjne. Jednocześnie następuje ograniczanie wymywania składników, w tym metali ciężkich, do wód gruntowych [1]. Potraktowanie osadów ściekowych jako nawozów organicznych uznawane jest za jeden z najbardziej uzasadnionych sposobów ich utylizacji, mający wpływ na poprawę bilansu substancji organicznej w glebie [18].

Osady ściekowe różnią się pod względem wartości nawozowej, mając działanie podobne do nawozów mineralnych, a niekiedy zbliżone do obornika [5]. Wprowadzenie do gleb nawet dużych jednorazowych dawek, nie powoduje przenawożenia podłoża, ponieważ zawarty w osadzie azot występuje głównie w formie organicznej [13].

* *Pracę recenzowała:* prof. dr hab. Anna Wójcikowska-Kapusta, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Składniki pokarmowe zawarte w osadach ściekowych pozwalają na wykorzystanie ich jako cennego surowca do użytkowania i rekultywacji terenów zdegradowanych.

Zastosowanie osadów w rekultywacji przynosi podwójne korzyści, z jednej strony zagospodarowane są osady ściekowe, a z drugiej przywraca się do użytkowania tereny przekształcone działalnością człowieka lub nie użytkowane [1,3,7]. Wykorzystując bardzo dobre właściwości glebotwórcze osadów ściekowych, można stosować je zarówno do rekultywacji gruntów przeznaczonych do rolniczego, jak i nierolniczego użytkowania. Osady przeznaczone do rekultywacji powinny być ustabilizowane i powinny odpowiadać normom dotyczącym zawartości metali ciężkich oraz warunkom sanitarno-higienicznym [1,2,7,9,14]. Do rekultywacji gruntów mogą być użyte osady ściekowe o konsystencji płynnej, mazistej i ziemistej, z wyjątkiem wprowadzania na skarpy postaci płynnej i mazistej [9].

Poszukując taniego, a jednocześnie bezpiecznego sposobu zagospodarowania osadów ściekowych, zwrócono uwagę na możliwość powiązania w jednej technologii wykorzystania osadów i produkcji roślin energetycznych na glebach odłogowanych, o niskiej wartości użytkowej [7]. Zastosowanie osadów ściekowych do rekultywacji odłogowanej gleby piaszczystej wpłynęło istotnie na wydajność biomasy wybranych klonów wierzby energetycznej [8]. Wykazano również wzrost plonów ziarna i słomy jęczmienia jarego, bulw ziemniaków oraz słomy mieszanki zbożowej i pszenżyta, uprawianych na glebie lekkiej, w wyniku użyźnienia jej osadami ściekowymi [17].

Celem pracy było określenie przydatności osadów ściekowych z biologicznej oczyszczalni ścieków w Nowej Wsi do przyrodniczego zagospodarowania.

II. METODYKA BADAŃ

Badane próbki osadów ściekowych pochodziły z oczyszczalni ścieków typu „Lemna” zlokalizowanej w miejscowości Nowa Wieś, Gmina Trzebowniko, które w 2006 roku pobrano do analiz. Analizowano 12 próbek osadów ściekowych, pobranych z trzech głębokości, w trzech powtórzeniach.

W osadzie określono jego podstawowe właściwości fizykochemiczne, chemiczne, mikrobiologiczne i parazytologiczne, zgodnie z wymogami Rozporządzenia Ministra Środowiska [14]:

- a) zawartość suchej masy w temperaturze 105 °C,
- b) substancję organiczną z ubytku na wadze po wyżarzeniu w temperaturze 600 °C,
- c) odczyn (pH) w H₂O i w 1 M KCl, potencjometrycznie,
- d) azot oznaczono metodą Kjeldahla w zestawie automatycznym Kiej-Foss automatic 16210,
- e) fosfor ogólny oznaczono kolorymetrycznie metodą wanado-molibdenową,
- f) ogólną zawartość sodu oznaczono metodą emisyjną po mineralizacji materiału w mieszaninie HNO₃:HClO₄:H₂SO₄, przy zachowaniu proporcji 20:5:1, w zestawie „Tecator”,
- g) metale śladowe (Mn, Cu, Zn, Ni, Co, Cr, Cd, Pb), metodą AAS, przy czym pierwiastki Cd, Co, Pb i Ni oznaczono po uprzednim zagęszczeniu w fazie organicznej ketonu metyloizobutylowego (MIBK), a rtęć metodą generacji wodorków.
- h) obecność bakterii chorobotwórczych z rodzaju *Salmonella* przeprowadzono metodą hodowli na podłożach namnażających i różnicująco-selektywnych oraz potwierdzano wyniki badaniem biochemicznym z zastosowaniem testów API20E,
- i) żywe jaja pasożytów jelitowych izolowano poprzez wstrząsanie, płukanie z zastosowaniem wirowania oraz flotację, a następnie wykonanie obserwacji mikroskopowych,
- j) oznaczenia ogólnej liczby bakterii mezofilnych, sporowych, termofilnych, miano bakterii *Coli*, *Clostridium perfringens* za [12].

III. WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Właściwości fizykochemiczne osadów ściekowych przedstawiono w tabeli 1. Osady te charakteryzowały się bardzo silnym uwodnieniem. Zawartość w nich substancji organicznej świadczy o średnim stopniu zmineralizowania związków organicznych, wykazując przy tym znaczne wahania jej zawartości. W osadach pochodzących z 29 oczyszczalni, stwierdzono również znaczne wahania zawartości substancji organicznej, które kształtowały się w zakresie: 268,8-791,4 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{s. m}$) [10]. Natomiast w osadach ściekowych z Olsztyna zawartość substancji organicznej mieściła się w węższym zakresie: 413-609 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{s. m}$) [11].

Tabela 1 - Table 1

Właściwości fizykochemiczne osadów ściekowych z Nowej Wsi
Physicochemical properties of sewage sludges from Nowa – Wies village

Parametr <i>Parameter</i>	Sucha masa (%) <i>Dry matter</i>	Materia organiczna <i>Organic mater</i> [$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$]	pH (H ₂ O)	pH (KCl)
Średnia / <i>Mean</i>	12,6	460	-	-
Zakres / <i>Range</i>	10,0-13,4	211-608	6,10-6,95	5,96-6,68
Współczynnik zmienności <i>Coefficient of variation</i> [%]	13,5	32,4	-	-

Analizowane osady ściekowe wykazywały odczyn lekko kwaśny i obojętny. Wartości pH kompostowanych osadów były odwrotnie proporcjonalne do czasu ich kompostowania. Osady po 3 miesiącach kompostowania osiągnęły pH 8,1 a po 15 miesiącach pH 7,3 [15].

Zawartość azotu w badanych osadach wahała się w przedziale od 8,3-46,1 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{s.m.}$), a fosforu w przedziale od 5,0-29,6 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{s.m.}$), (tab. 2). Wartości te były nieco niższe w porównaniu z wynikami oznaczonymi w suchej masie rzęsy wodnej pobranej z oczyszczalni ścieków [16]. Zawartość sodu w osadach wahała się w przedziale od 0,41-0,92 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{s.m.}$) i była nieco większa w porównaniu do zawartości tego pierwiastka w komunalnych osadach ściekowych miasta Olsztyna [11].

Tabela 2 - Table 2

Zawartość makroelementów w badanych osadach ściekowych ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{s.m.}$)
Content of macroelements of investigated sewage sludge ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{DM}$)

Parametr / <i>Parameter</i>	N	P	Na
Średnia / <i>Mean</i>	30,2	18,8	0,64
Zakres / <i>Range</i>	8,3-46,1	5,0-29,6	0,41-0,92
Współczynnik zmienności <i>Coefficient of variation</i> [%]	45,2	46,2	15,2

Zawartości metali ciężkich w badanych osadach ściekowych mieściły się w normach określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska [14] w sprawie komunalnych osadów ściekowych, co oznacza, że osady te nadają się do przyrodniczego zagospodarowania. Wyjątek stanowił cynk, którego średnia ilość nie przekroczyła dopuszczalnej zawartości tego składnika dla osadów

stosowanych w rolnictwie, ale kilka próbek osadu zawierało ponad 4000 mg Zn · kg⁻¹ s.m (tab. 3). Największe zróżnicowanie zawartości w badanych osadach wykazywał kadm, cynk, nikiel, kobalt, znacznie mniejsze-chrom, ołów i miedź, a najmniejsze rtęć i mangan. Dużo wyższe zawartości tych pierwiastków stwierdzono w osadach ściekowych pochodzących z Komunalnej Oczyszczalni Ścieków w Olsztynie [11] oraz w oczyszczalniach regionu siedleckiego [6]. Badane osady ściekowe miały korzystniejszy skład pierwiastków biogennych i zawierały mniej metali ciężkich w porównaniu do osadów z Niepołomic i Krzeszowic [4].

Tabela 3 - Table 3

Zawartość metali śladowych w badanych osadach ściekowych (mg · kg⁻¹ s.m)
Content of trace metals of investigated sewage sludge (mg · kg⁻¹ DM)

Metale / Metals	Zakres / Range	Średnia / Mean	Współczynnik zmienności Coefficient of variation [%]
Mn	180-320	212	28,6
Cu	103,6-356	291	40,2
Zn	30,5-4200	2230	96,4
Ni	8,90-50,4	30,1	78,5
Co	0,50-1,89	0,91	72,3
Cr	6,90-78,0	31,0	64,5
Cd	0,005-5,48	2,08	99,6
Pb	5,43-13,21	10,49	54,8
Hg	0,21-0,84	0,62	38,6

Tabela 4 - Table 4

Wyniki analiz mikrobiologicznych i parazytologicznych osadu po procesie odwodnienia
The results of microbiological and parasitology analysis of the sludge after dehydration process

Parametr / Parameter	Jednostka/ Unit	Wynik / Result
Liczba bakterii mezofilnych / Number of mesophilic bacteria	Cfu/1 g s.m.o./ g DM s.	1,5 x 10 ⁹
Liczba bakterii sporowych / Number of bacterial spores	Cfu/1 g s.m.o./ g DM s.	1,3 x 10 ⁶
Liczba bakterii termofilnych / Number of termophilic bacteria	Cfu/1 g s.m.o./g DM s.	1,8 x 10 ⁶
Udział spor w ogólnej liczbie bakterii / The participation of bacterial spores in number of bacteria	%	0,087
Miano Coli / Coil titre	-	10 ⁻⁵
Miano Clostridium perfringens / Clostridium perfringens titre	-	10 ⁻⁴
Obecność bakterii z rodzaju Salmonella The present bacteria type of Salmonella	w 10 g osadu in 10g sludge	obecne/ present
Obecność jaj Ascaris lumbricoides / The present eggs of Ascaris lumbricoides	w 1 kg s.m.o. in 1kg DM s.	136
Obecność jaj Trichuris trichiura / The present egg of Trichuris trichiura	w 1 kg s.m.o. in 1kg DM s.	120

Wszystkie osady ściekowe charakteryzują się bardzo dużą zmiennością składu chemicznego, stąd wynika konieczność badania każdej partii osadów przed ich ewentualnym wykorzystaniem do nawożenia [1,5,6]. Przekroczenie w osadzie ściekowym, dopuszczalnej zawartości co najmniej jednego pierwiastka z grupy metali ciężkich, eliminuje go z rolniczego wykorzystania [15].

Wyniki badań parametrów mikrobiologicznych i parazytologicznych osadów ściekowych z oczyszczalni ścieków w Nowej Wsi wskazują, że osady te po procesie odwodnienia charakteryzowały się wysoką liczebnością bakterii mezofilnych, przy dość niskiej liczebności bakterii sporowych i termofilnych. Niski udział form sporowych świadczył o intensywnej mineralizacji badanego osadu.

W analizowanych osadach stwierdzono obecność bakterii bezwzględnie chorobotwórczych należących do rodzaju *Salmonella*. Zawierały one również dość dużą liczbę bakterii z grupy *Coli* i *Clostridium*. Duża liczba jelitowych pałeczek okrężnicy świadczy o potencjalnym zagrożeniu sanitarnym.

Na podwyższony stopień zagrożenia sanitarnego badanych osadów bezpośredni wpływ miała obecność zapłodnionych i niezapłodnionych jaj pasożytów, należących do rodzaju *Ascaris lumbricoides* i *Trichuris trichura*, których liczba w jednym kilogramie osadu zagęszczonego wynosiła maksymalnie, odpowiednio: 136 i 120 (tab. 4).

IV. WNIOSKI

1. Osady ściekowe z oczyszczalni ścieków typu „Lemna”, zawierały duże ilości materii organicznej i miały korzystny skład nawozowy. Jedynie zawartość cynku przekraczała dopuszczalne normy przy stosowaniu osadów w rolnictwie oraz w rekultywacji na cele rolne.
2. Pod względem zawartości metali ciężkich (Pb, Cd, Ni, Cu, Cr i Hg) osady te spełniały dopuszczalne normy do ich zastosowania w rolnictwie oraz do rekultywacji gruntów na cele rolne.
3. Parametry mikrobiologiczne badanych osadów były niekorzystne, szczególnie zawartość żywych jaj nicieni *Ascaris lumbricoides*, co eliminuje je z rolniczego wykorzystania.
4. Osady ściekowe pochodzące z oczyszczalni ścieków w Nowej Wsi można jedynie było wykorzystać w uprawie roślin przeznaczonych do produkcji kompostu lub do uprawy roślin na cele energetyczne.

V. LITERATURA

1. Baran S.: Zasoby i gospodarka odpadami organicznymi w Polsce. [W:] Wybrane aspekty zagospodarowania odpadów organicznych a produkcja biomasy wierzby energetycznej. s. 17-40. (red.) Kaniuczak J., Kostecka J., Niemiec W. Rzeszów. 2005.
2. Baran S., Turski R.: Wybrane zagadnienia z utylizacji i unieszkodliwiania odpadów. s. 247-261. AR Lublin. 1999.
3. Bęś A., Rogalski L., Błaszczok A.: Wpływ osadu ściekowego na zawartość substancji organicznej i stosunek C:N w rekultywowanych utworach glebowych. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 506. s. 39-46. 2005.
4. Filipek-Mazur B.: Przydatność osadów organicznych z biologicznej oczyszczalni ścieków garbarskich po separacji chromu do celów nawozowych. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 421a. s. 77-84. 1995.

5. Gambuś F., Wieczorek J.: Ocena wartości nawozowej wybranych osadów z oczyszczalni ścieków komunalnych. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 493. s. 759-766. 2003.
6. Kalembsa S., Zych Z., Szymaniuk J., Zalewski W.: Skład chemiczny osadów ściekowych z oczyszczalni w Sokołowie Podlaskim i Siedlcach w aspekcie ich rolniczego wykorzystania. Arch. Ochr. Środ. 1/2. s. 73-82. 1987.
7. Kaniuczak J., Niemiec W., Właśniewski S., Zamorska J., Jasiński T., Hajduk E.: Wybrane właściwości osadów ściekowych zastosowanych do agromelioracji odłogu piaszczystego. [W:] Wybrane aspekty zagospodarowania odpadów organicznych a produkcja biomasy wierzby energetycznej. (red.) Kaniuczak J., Kostecka J., Niemiec W. Rzeszów. s. 63-76. 2005.
8. Kaniuczak J., Błażej J., Niemiec W., Jasiński T., Hajduk E., Puchalski Cz., Właśniewski S.: Produkcyjność biomasy wierzby energetycznej uprawianej w cyklu 1-rocznym na agromeliorowanej glebie piaszczystej. [W:] Wybrane aspekty zagospodarowania odpadów organicznych a produkcja biomasy wierzby energetycznej. (red.) Kaniuczak J., Kostecka J., Niemiec W. Rzeszów. s.171-177. 2005.
9. Krzywy E., Iżewska A.: Gospodarka ściekami i osadami ściekowymi. AR w Szczecinie. s. 50-100. 2004.
10. Maćkowiak Cz.: Wartość nawozowa osadów ściekowych. s. 135-145. Inżynieria Ekologiczna 3. 2001.
11. Mazur T., Wojtas A.: Charakterystyka chemiczno-rolnicza osadów ściekowych miasta Olsztyna. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 409. s. 9-12. 1993.
12. Olańczuk-Neyman K.: Laboratorium z biologii środowiska. Politechnika Gdańska. 1998.
13. Rosik-Dulewska Cz.: Podstawy gospodarki odpadami. PWN Warszawa. s. 211-237. 2002.
14. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych. Dz. U. nr 134. poz. 1139 i 1140. 2002.
15. Suchy M. (red.): Gospodarka osadami ściekowymi. Sem. Krajowe PIOŚ. Warszawa. 1997.
16. Woźniak L., Zawora P.: Charakterystyka podstawowych parametrów ścieków z oczyszczalni typu „Lemna” oraz perspektywa ich wykorzystania. Fol. Univ. Agric. Stetin. 200. Agricultura (77). s. 399-404. 1999.
17. Wójcikowska-Kapusta A., Baran S., Krzywy J.: Wpływ nawożenia gleby lekkiej osadem ściekowym na wysokość plonów roślin uprawnych i zawartość w nich cynku. Acta Agrophysica. Lublin. s. 339-347. 2002.
18. Żukowska G., Flis-Bujak M., Baran S.: Wpływ nawożenia osadem ściekowym na substancje organiczną gleby lekkiej pod uprawą wikliny. Acta Agrophysica. Lublin. s. 357-367. 2002.

CHARACTERISTIC OF INVESTIGATED SEWAGE SLUDGE ON SCORE USABILITY TO NATURAL UTILIZATION

Summary

Elevated levels of zinc (>2500 mg · kg⁻¹), as well as the presence of live eggs of nematodes, Ascaris Lumbricoides, were discovered in tested sewage sludge from wastewater treatment plant of the Lemna type. Because of this, the tested sludge cannot be utilized - either in agriculture or in land reclamation for agricultural or non- agricultural purposes. this sludge may only be used for growing of plants to be used for compost production and for growing plants that will not be used for consumption or production of fodder (e.g. only for plants for energy generation).

High variability of the contents of heavy metals in tested sludge indicates the necessity to test in detail each batch of the sludge.

Key words: sewage sludge, value for fertilizing, heavy metals, sanitary assessment