

w roku 2005 w krajach Unii Europejskiej 45% osadów ściekowych będzie zagospodarowywanych przyrodniczo, 38% wykorzystywać się będzie energetycznie, a tylko 17% kierowanych będzie na wysypiska [Kołodziej i in. 1997, Siuta, Wasiak 1998, Maćkowiak 1999].

W Polsce od wielu lat prowadzone są intensywne prace nad przyrodniczym użytkowaniem osadów ściekowych [Papuziński 2000]. Podstawowym warunkiem wykorzystania komunalnych osadów ściekowych na cele nieprzemysłowe jest ustabilizowanie ich poprzez suszenie, obróbkę biologiczną, chemiczną lub termiczną. Muszą również zawierać składniki w ilościach nieprzekraczających normy [Dz. U. Nr 100 poz. 1085 2001].

Celem pracy była ocena możliwości rolniczego wykorzystania osadu ściekowego z Miejskiej Oczyszczalni Ścieków w Lubartowie na podstawie zawartości w nich podstawowych makropierwiastków i metali ciężkich (Cu, Cr, Cd, Ni, Pb, Hg, Mg, Ca, N, P, K) oraz obecności mikroorganizmów chorobotwórczych (pałeczki *Salmonella*, *Toxocara* spp., *Ascaris* sp., *Trichuris* spp.).

METODY

Do badań użyto osadów ściekowych pochodzących z Oczyszczalni Ścieków w Lubartowie, która oczyszcza głównie ścieki komunalne. Osad ściekowy poddawany jest stabilizacji tlenowej w wyniku przedłużonego napowietrzania i kierowany do zagęszczacza. Zagęszczony osad kierowany jest do odwodnienia mechanicznego z dodatkiem środków wspomagających proces (polielektrolitów). Po odwodnieniu osad jest poddawany higienizacji za pomocą pyłów dymnicowych i usuwany z terenu Oczyszczalni w celu utylizacji. Próbkę osadów zmineralizowano za pomocą mineralizatora mikrofalowego na gorąco w temperaturze 210°C w systemie ciśnieniowym z użyciem stężonego HNO₃. W pobranych próbkach osadów oznaczono zawartość metali ciężkich: Cu, Cr, Cd, Ni, Pb, Zn, Hg oraz makroelementów: N, P, K, Ca, Mg. Zastosowano metody badawcze: pH w H₂O – potencjometryczna; zawartość suchej masy, substancja organiczna, popiół surowy – wagowa; N-całkowity w tym N-NH₄ – destylacyjna; P – spektrofotometryczna; K – spektrometria emisji płomieniowej; Ca, Mg – spektrometria absorpcji atomowej; Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg – spektrometria emisji plazmowej.

WYNIKI

Osad z 2001 roku zawierał znaczące zawartości azotu, fosforu, wapnia, manganu i substancji organicznej (tab. 1). Szczególnie dużo zawierał azotu i fos-

foru. W porównaniu z obornikiem osad zawierał blisko pięć razy więcej fosforu, trzy razy więcej azotu i półtora razy więcej wapnia. Natomiast zawartość magnezu i substancji organicznej w osadzie była zbliżona do zawartości w oborniku (tab. 2). Zawartość potasu w osadzie była prawie sześć razy mniejsza niż w oborniku. Niska zawartość potasu w osadach ściekowych jest spowodowana bardzo dobrą rozpuszczalnością związków potasu [Gorlach, Gambuś 1998; Skorbiłowicz 2002b]. Zawartości jonów metali ciężkich w osadzie były niższe niż wartości stawiane osadom przeznaczonym do wykorzystania rolniczego [Gorlach 1993; Jackowska, Głuszcz 2000; Skorbiłowicz 2002a].

Tabela 1 Skład chemiczny osadów
Table 1. Chemical composition of sewage sludge

Składnik Element	Rok Year	
	2001	2002
	zawartość w % s.m. content in % dm	
N-całkowity Nitrogen total	5,63	6,06
N-NH ₄	0,04	0,22
P	2,54	2,52
K	0,39	0,37
Ca	2,28	1,98
Mg	0,33	0,53
Substancja organiczna Organic matter	66,9	69,0
Popiół całkowity Ash total	33,11	31,0
Sucha masa Dry matter	12,8	12,0

Tabela 2. Zawartość podstawowych składników w oborniku, g kg⁻¹ s.m.
Table 2. Content of general components in manure, g kg⁻¹ of DM

Azot Nitrogen N	Fosfor Phosphorus P	Potas Potassium K	Wapń Calcium Ca	Magnez Magnesium Mg	Substancja organiczna Organic matter
20,0	5,24	23,23	14,29	4,8	880,0

Osad z 2002 roku w porównaniu z obornikiem zawierał prawie sześć razy więcej fosforu, trzy razy więcej azotu i 1,4 razy więcej wapnia. Natomiast magnezu i substancji organicznej prawie tyle, co obornik, a potasu sześciokrotnie mniej. W porównaniu z osadami z roku 2001 w osadach z 2002 roku było znacznie mniej wapnia, prawie tyle samo fosforu i potasu, natomiast więcej azotu ogólnego, azotu amonowego i magnezu. Osad w 2002 roku cechował się niskimi zawartościami jonów metali ciężkich, zdecydowanie poniżej dopuszczalnych norm do wykorzystania rolniczego. Zawartość kadmu i niklu w osadzie

z 2002 r. była na zbliżonym poziomie do roku 2001. Zawartości pozostałych jonów metali były niższe, w tym rtęci o 70%, chromu i ołowiu o 50%, a cynku o około 18%.

W obu latach badań w osadach nie stwierdzono pałeczek z rodzaju *Salmonella* ani jaj pasożytów przewodu pokarmowego.

Niska zawartość jonów metali ciężkich w osadach ściekowych jest odzwierciedleniem niskiej zawartości tych jonów w ściekach. Oczyszczalnia Ścieków w Lubartowie oczyszcza głównie ścieki komunalne. Brak jaj pasożytów, a tym samym spełnienie podstawowych wskaźników sanitarnych w osadach jest efektem wprowadzenia higienizacji osadów za pomocą pyłów dymnicowych, pochodzących z elektrowni Bełchatów [Kołodziej i in. 1997; Maćkowiak 1999; Wiśniewski i in. 2002].

Osady ściekowe wykazują na ogół zróżnicowane właściwości i skład, co stwarza problemy z ich właściwym zagospodarowaniem. Osady z lat 2001 i 2002 miały zbliżony skład. Rolnicza utylizacja osadów wiąże się przede wszystkim z ich zasobnością w materię organiczną i składniki pokarmowe. Stwarza to realne perspektywy poprawy bilansu próchnicy w glebach polskich z jednej strony oraz bilansu nawozowego z drugiej. Z ekonomicznego i ekologicznego punktu widzenia ważnym parametrem osadów jest ich uwodnienie, a więc i zawartość suchej masy, która wynosiła około 12%. Z ekologicznego punktu widzenia ważny jest nie tylko azot organiczny w osadach, lecz i jego forma amonowa, bezpośrednio dostępna dla roślin [Gorlach, Gambuś 1998; Czekala 1999; Skorbiłowicz 2002a]. Drugim po azocie pierwiastkiem biogenym jest fosfor. Mając na uwadze znaczenie fosforu dla roślin i jego obieg w przyrodzie, zwraca się coraz częściej uwagę na konieczność wtórnego włączenia tego pierwiastka zawartego w osadach do obiegu w produkcji żywności [Czekala 1999; Skorbiłowicz 2002b].

Z analizy chemicznej osadów wynika, że należy je traktować również jako znaczące źródło wapnia i magnezu. Najbardziej deficytowym składnikiem osadów jest potas, z tego względu stosując osady należy stosować dodatkowe nawożenie tym składnikiem.

Tabela 3. Zawartość metali ciężkich
Table 3. Heavy metal contents

Rok Year	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg
			mg kg ⁻¹	s.m. mg kg ⁻¹	of d.m.		
1999	3,39	66,4	57,3	43,4	33,1	492,0	0,00
2000	7,98	29,6	56,2	24,6	76,3	396,0	0,00
2001	6,70	24,1	66,3	28,6	95,0	429,6	0,00
2002	2,19	19,2	62,7	21,0	30,3	574,0	0,66
2003	2,57	99,6	48,2	37,4	23,8	232,0	0,76

Przedstawione wyniki dowodzą, że osady pochodzące z Oczyszczalni Ścieków w Lubartowie nie odbiegają swoim składem i właściwościami w zasadniczym stopniu od osadów pochodzących z oczyszczalni komunalnych z innych regionów kraju [Gorlach 1993; Baran 1997; Czekąła 1999; Jackowska, Głaszcz 2000]. Wykazano, że badane osady w zdecydowanej większości wykazywały się dużą wartością nawozową, porównywalną z obornikiem, lub nawet przekraczającą jego wartość nawozową. Osady spełniają wymogi sanitarne i dotyczące zawartości metali ciężkich, powinny więc być wykorzystane rolniczo. Mogą być alternatywnym źródłem materii organicznej i niektórych składników pokarmowych oraz doskonałym substratem do tworzenia próchnicy glebowej [Kołodziej i in. 1997; Maćkowiak 1999; Mazur 1999; Szulc, Rutkowska 2002; Wiśniewski i in. 2002]. Osady bogate w substancję organiczną, wzbogacone w wapń i magnez, mogą być bardzo dobrym nawozem mineralno-organicznym o właściwościach odkwaszających, dlatego powinny być wykorzystywane wyłącznie do celów rolniczych w dawkach dobranych stosownie do składu gleby.

WNIOSKI

1. Osady powstające w procesie oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych w Lubartowie zawierały jony metali ciężkich (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg) w ilościach nieprzekraczających norm pozwalających na wykorzystanie ich w rolnictwie.
2. Osady były bardzo bogate w pierwiastki biogenne – azot i fosfor. Można je traktować również jako znaczące źródło wapnia i magnezu.
3. W osadach nie występowały mikroorganizmy chorobotwórcze, istotne przy ich sanitarnym kwalifikowaniu.
4. Osady z Oczyszczalni Ścieków w Lubartowie posiadają dużą wartość nawozową i mogą być wykorzystywane w rolnictwie do celów nawozowych.

PIŚMIENNICTWO

- Baran S. 1997. Przyrodnicze wykorzystanie osadów ściekowych. *Ekoprofit* 6, 13–16.
- Czekąła J. 1999. Osady ściekowe źródłem materii organicznej i składników pokarmowych. *Folia Univ. Agric. Stetin., Agricultura*, 200, 77, 33–38.
- Gorlach E. 1993. Poziom zawartości metali ciężkich w glebie jako wskaźnik możliwości użycia odpadów w produkcji roślinnej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 409, 20–30.
- Gorlach E., Gambuś F. 1998. Evaluation of sewage sludges as fertilizer in experiment. *Acta Agr. et Silv., Ser. Agr.* 36, 9–21.

- Jackowska I., Głazcz U. 2000. Zawartość i łatwo rozpuszczalne formy metali w osadzie pościekowym. *Biul. Magnezol.* 5, 159–163.
- Kołodziej M., Mazur S., Wisz H. 1997. Skład chemiczny osadów ściekowych – ograniczenia i możliwości ich utylizacji. II Konf. Nauk.-Techn. „Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych”. Wyd. Ekoinżynieria, Lublin, 177–180.
- Maćkowiak Cz. 1999. Rolnicze wykorzystanie osadów ściekowych. *Biul. Informacyjny. Wyd. IUNG Puławy*, 10, 14–17.
- Mazur T. 1999. Rozważania o wartości nawozowej osadów ściekowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 437, 13–22.
- Papuziński J. 2000. Polityka ekologiczna III Rzeczypospolitej. Wyd. Uczelniane Akademii Bydgoskiej, 255–270.
- Siuta J., Wasiak G. 1998. Gospodarka odpadami – wytwarzanie, właściwości i gospodarka osadami ściekowymi w Polsce na tle zachodniej Europy i USA. *Ekoinżynieria* 18, 9–15.
- Skorbiłowicz E. 2002a. Charakterystyka osadów ściekowych z wybranych oczyszczalni województwa podlaskiego pod względem zawartości metali ciężkich. *Acta Agroph.* 73, 277–283.
- Skorbiłowicz E. 2002b. Ocena osadów ściekowych z niektórych oczyszczalni województwa podlaskiego pod względem zawartości substancji nawozowych. *Acta Agroph.* 73, 297–305.
- Szulc W., Rutkowska B. 2002. Ocena możliwości wykorzystania w rolnictwie osadu ściekowego z miejskiej oczyszczalni ścieków. *Acta Agroph.* 70, 317–323.
- Wiśniewski S., Dembska G., Gryniewicz M. 2002. Uwarunkowania wykorzystania ustabilizowanych osadów ściekowych z małych oczyszczalni ścieków na cele nieprzemysłowe. *Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów. Wyd. Graf Katowice*, 36, 5, 86–93.