

ZAWARTOŚĆ MIKROELEMENTÓW W OSADACH ŚCIEKOWYCH Z WYBRANYCH OCZYSZCZALNI WOJEWÓDZTWA DOLNOŚLĄSKIEGO

Zofia Spiak, Grzegorz Kulczycki

Katedra Żywienia Roślin, Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Wstęp

Zatwierdzony w 2003 roku KRAJOWY PROGRAM OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW KOMUNALNYCH [2003] przewiduje do 2015 r. rozbudowę i modernizację 904 oczyszczalni oraz budowę 259 nowych oczyszczalni komunalnych. Prognozuje się, że w 2015 r. powstanie w oczyszczalniach komunalnych 642,4 tys. ton s.m. osadów ustabilizowanych, co stanowi wzrost ogólnej ilości osadów wymagających zagospodarowania o 61,8% w porównaniu do ilości wytworzonych osadów w 2001 r. Jak wykazują wyniki badań wielu autorów, osady ściekowe mogą być również cennym źródłem szeregu składników pokarmowych zarówno makro-, jak i mikroelementów oraz substancji organicznej [ROSZYK i in. 1987]. Substancja organiczna ze źródeł niekonwencjonalnych między innymi z osadów ściekowych może poprawić bilans substancji organicznej dla gleb Polski, który uległ w ostatnich latach znacznemu pogorszeniu [MAĆKOWIAK 2000].

Stosowanie osadów do nawożenia gleb może być jednak ograniczone z uwagi na znaczną zmienność składu chemicznego oraz występowanie metali ciężkich w nadmiernych ilościach [ROSZYK i in. 1987; KALEMBASA, DESKA 1992]. Wykorzystanie osadów w rolnictwie jest możliwe, o czym świadczą funkcjonujące już uregulowania prawne, m.in. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 w sprawie komunalnych osadów ściekowych.

Celem badań była ocena składu chemicznego osadów z 9 oczyszczalni ścieków, zlokalizowanych na Dolnym Śląsku, pod kątem ich wykorzystania do nawożenia gleb. Niniejsza praca zawiera wyniki badań dotyczące zawartości mikroelementów w badanych osadach.

Materiały i metody

Badania składu chemicznego osadów ściekowych przeprowadzono w latach 2002–2003. Osady pochodziły z dziewięciu oczyszczalni ścieków wyszczególnionych w tabeli 1. Z analizowanych oczyszczalni siedem przetwarzało ścieki komunalne, jedna ścieki mieszane (komunalne i przemysłowe) i jedna ścieki z zakładu farmaceutycznego. W większości oczyszczalni stosowano do oczyszczania ścieków

metodę mechaniczno-biologiczną, jedynie w Malczycach i Wrocławiu-Galenie metodę biologiczną. Próby osadów pobrano w listopadzie 2002 roku i marcu 2003 roku z różnych miejsc, gdzie osady były składowane. Probę średnią (1–2 kg) stanowiły osady pobrane z kilku miejsc przyzmy, które dokładnie wymieszano.

W próbach tych po uprzednim przygotowaniu w laboratorium oznaczono ogólnie stosowanymi metodami zawartość suchej masy, materii organicznej, odczyn oraz zawartość wybranych mikroelementów. Koncentrację mikroelementów oznaczono mineralizując osad na sucho, a uzyskany popiół traktowano rozcieńczonym kwasem azotowym i w tak przygotowanym roztworze oznaczono mikroprzewodność metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej.

Wyniki i dyskusja

Odczyn badanych osadów oznaczony w wodzie wynosił średnio pH 6,7 z wahaniami od 5,1 do 8,4, natomiast odczyn w 1 mol $\text{KCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ wynosił średnio pH 6,4 z wahaniami od 5,0 do 7,0 (tab. 1). Współczynniki zmienności dla odczynu osadów były niskie, dla pH w H_2O określono jako 12,5%, a dla 1 mol $\cdot \text{dm}^{-3}$ chlorku potasu wynosił 9,2%. Roszyk i in. [1987] badając skład chemiczny osadów południowo-zachodniej Polski stwierdzili, że większość z nich posiadała odczyn od lekko kwaśnego do zasadowego oraz nie stwierdzono, aby odczyn zależny był od pochodzenia osadu. MAĆKOWIAK [2000] w osadach z 29 oczyszczalni określił pH w przedziałach od 5,8 do 8,7, w tym 66% danych mieściło się w przedziale pH 6,5–7,5.

Tabela 1; Table 1

Odczyn oraz zawartość suchej masy i substancji organicznej
w analizowanych osadach ściekowych

Reaction, dry matter and organic matter contents in analysed sewage sludges

Miejscowość Place	Rodzaj osadu Type of sludge	pH _{H₂O}	pH _{KCl}	Sucha masa (%) Dry matter (%)	Substancja orga- niczna (% s.m.) Organic matter (% DM)
Brzeg Dolny	osad wtórny; derivative sludge	5,1	5,0	1,8	50,9
Malczyce	osad odwodniony; dehydrated sludge	6,9	6,4	25,6	55,3
Mirków	osad odwodniony; dehydrated sludge	6,7	6,6	13,6	72,2
Piotrowice	osad z poletka osadowego sludge from drying bed	6,7	6,6	44,2	52,2
Radoszyce	osad odwodniony; dehydrated sludge	8,4	7,0	18,3	63,0
Smardzów	osad z sedimentacji (laguny) sludge from sedimentation (lagoon)	6,4	5,9	20,7	67,8
Środa Śląska	osad po prasie; sludge after press	6,7	6,6	22,8	65,2
Wołów	osad wtórny; derivative sludge	6,7	6,5	9,4	52,1
Wrocław	osad z poletka osadowego sludge from drying bed	6,9	6,6	29,5	25,7
Średnio; Average		6,7	6,4	20,7	56,0
Wahania; Range		5,1–8,4	5,0–7,0	1,8–44,2	25,7–72,2
Współczynnik zmienności; Variation coefficient		12,5	9,2	59,3	24,5

Różne technologie wydzielania osadu i ich odwadniania powodowały, że badane osady różniły się zawartością suchej masy. W analizowanych osadach ściekowych stwierdzono średnio 20,7% suchej masy z wahaniami od 1,8 do 44,2% i przy współczynniku zmienności 59,3%. W osadach komunalnych Olsztyna MAZUR i WOJTAS [1993] oznaczyli średnio 17,95 suchej masy z wahaniami od 10,8 do 44,5%. MAĆKOWIAK [1999] określił średnio 20,1% s.m. z wahaniami od 3,4 do 38,6%. W osadach ściekowych oczyszczalni w Lubartowie JACKOWSKA i OLESIEJUK [2004] oznaczyły w 2001 roku 12,8% s.m., a w 2002 12,0% s.m.

Zawartość materii organicznej w pobranych osadach wahała się od 25,7 do 72,2% i wynosiła średnio 56%, przy współczynniku zmienności 24,5%. ROSZYK i in. [1987] oznaczyli średnio 51,9% substancji organicznej, GAMBUŚ i WIECZOREK [2003] oceniając wartość nawozową osadów z Krzeszowic określili w nich 39,7%, a z Niepołomic 53,7% substancji organicznej. MAĆKOWIAK [2000] w osadach z oczyszczalni komunalnych średnio stwierdza 50,6% materii organicznej. GAMBUŚ, GORLACH [1998] w osadach ściekowych z województwa krakowskiego w latach 1995–1997 w większości analizowanych próbek oznaczyli powyżej 40% materii organicznej.

Zawartość miedzi w pobranych osadach ściekowych oscylowała w przedziałach 37–280 mg·kg⁻¹ i średnio wyniosła 143 mg·kg⁻¹ (tab. 2). Zbliżone zawartości Cu (146 mg·kg⁻¹) w osadach z oczyszczalni województwa krakowskiego wykazali GAMBUŚ i in. [1996]. MAZUR i WOJTAS [1993] określili średnio 198 mg Cu·kg⁻¹ dla osadów ściekowych miasta Olsztyna, natomiast KALEMBASA i DESKA [1992] podają, że w większości osadów oczyszczalni pochodzących z województwa siedleckiego zawartość Cu mieściła się w przedziałach 70–80 mg·kg⁻¹.

Tabela 2; Table 2

Zawartość miedzi, cynku, manganu i żelaza w analizowanych osadach ściekowych
Contents of copper, zinc, manganese and iron in analysed sewage sludges

Miejscowość Place	Rodzaj osadu Type of sludge	Zawartość mikroelementów (mg·kg ⁻¹) Micronutrient contents (mg·kg ⁻¹)			
		Cu	Zn	Mn	Fe
Brzeg Dolny	osad wtórny; derivative sludge	37	1066	27	186
Malczyce	osad odwodniony; dehydrated sludge	125	1630	96	540
Mirków	osad odwodniony; dehydrated sludge	280	1687	146	6730
Piotrowice	osad z poletka osadowego sludge from drying bed	195	2060	205	1412
Radoszyce	osad odwodniony; dehydrated sludge	61	1078	174	747
Smardzów	osad z sedymentacji (laguny) sludge from sedimentation (lagoon)	170	962	181	7130
Środa Śląska	osad po prasie; sludge after press	97	1091	241	104
Wołów	osad wtórny; derivative sludge	144	704	1535	1517
Wrocław	osad z poletka osadowego sludge from drying bed	175	1588	222	1494
Średnio; Average		143	1318	314	2329
Wahania; Range		37–280	704–2060	27–1535	186–7130
Współczynnik zmienności; Variation coefficient		52	33	147	114

Średnia zawartość cynku w badanych osadach wynosiła 1318 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nieco wyższą średnią zawartość cynku (1504 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) oszacował MAĆKOWIAK [1999] dla osadów z 29 oczyszczalni ścieków komunalnych, natomiast znacznie wyższą (2343 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) stwierdzili GAMBUŚ i in. [1996] w osadach woj. krakowskiego. ROSZYK i in. [1987] wskazuje na dużą zmienność koncentracji cynku w osadach południowo-zachodniej Polski.

Ilość manganu w badanych osadach kształtowała się w przedziałach od 27 do 1 535 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ze średnią zawartością 314 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. ROSZYK i in. [1987] oznaczyli średnio 340 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Mn, MAĆKOWIAK [2000] 325 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Mn, natomiast KALEMBA-SA i DESKA [1992] oszacowali średnio 93 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Mn. Średnia zawartość żelaza w wybranych osadach oczyszczalni województwa dolnośląskiego wynosiła 2329 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. ROSZYK i in. [1987] podkreślają, że zawartość Fe kształtowała się niezależnie od pochodzenia osadu i średnio wynosiła 13300 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, HANEKLAUS i in. [1996] dla osadów z oczyszczalni północno-wschodniej Polski uzyskali średnio 16100 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Fe.

Tabela 3; Table 3

Ilość mikroelementów wprowadzonych do gleby
wraz z dawką 10 t s.m. osadu ściekowego $\cdot\text{ha}^{-1}$

Amount of micronutrients introduced to soil with dose 10 t DM sewage sludge $\cdot\text{ha}^{-1}$

Miejscowość Place	Cu		Zn		Mn		Fe	
	($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby; soil)	($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby; soil)	($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby; soil)	($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby; soil)
Brzeg Dolny	0,37	0,12	10,66	3,55	0,27	0,09	1,86	0,62
Malczyce	1,25	0,42	16,30	5,43	0,96	0,32	5,40	1,80
Mirków	2,80	0,93	16,87	5,62	1,46	0,49	67,30	22,43
Piotrowice	1,95	0,65	20,60	6,87	2,05	0,68	14,12	4,71
Radoszyce	0,61	0,20	10,78	3,59	1,74	0,58	7,47	2,49
Smardzów	1,70	0,57	9,62	3,21	1,81	0,60	71,30	23,77
Środa Śląska	0,97	0,32	10,91	3,64	2,41	0,80	1,04	0,35
Wołów	1,44	0,48	7,04	2,35	15,35	5,12	15,17	5,06
Wrocław	1,75	0,58	15,88	5,29	2,22	0,74	14,94	4,98
Średnio; Average	1,43	0,48	13,18	4,39	3,14	1,05	23,29	7,76

W tabeli 3 zestawiono ilości omawianych mikroelementów wprowadzone wraz z dopuszczalną dawką osadu ściekowego do stosowania w rolnictwie. Dawka 10 t s.m. analizowanego osadu ściekowego $\cdot\text{ha}^{-1}$ pozwala na wzbogacenie gleby średnio o 0,48 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Cu, 4,39 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Zn, 1,05 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Mn i 7,76 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Fe.

Wnioski

1. Badane osady pochodzące z wybranych oczyszczalni ścieków województwa dolnośląskiego charakteryzowały się zróżnicowanym odczynem oraz wysoką zawartością substancji organicznej.

2. Osady ściekowe z analizowanych oczyszczalni różniły się zawartością mikroelementów. Średnie koncentracje mikroelementów w badanych osadach wynosiły 143 mg Cu·kg⁻¹, 1318 mg Zn·kg⁻¹, 2329 mg Fe·kg⁻¹ i 314 mg Mn·kg⁻¹.
3. Osady ściekowe oczyszczalni ścieków zlokalizowanych na Dolnym Śląsku mogą stanowić cenne źródło niezbędnych mikroelementów dla roślin wzbo-
gając znaczenie ich zawartość w glebie.

Literatura

- GAMBUŚ F., GORLACH E. 1998. *Chemical composition of sludges from sewage treatment plant of the Cracow Province as criterion of their usage*. Acta Agri. et Silv., Ser. Agr. 36: 9–21.
- GAMBUŚ F., GORLACH E., GRABOWSKI M., WIECZOREK J. 1996. *Porównanie zawartości metali ciężkich w osadach ściekowych z oczyszczalni województwa krakowskiego*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 437: 175–180.
- GAMBUŚ F., WIECZOREK J. 2003. *Ocena wartości nawozowej wybranych osadów z oczyszczalni ścieków komunalnych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 493: 759–766.
- HANEKLAUS S., HARMS H., KLASA A., NOWAK A.G., SCHNUG E., WIERZBOWSKA J. 1996. *Zawartość niektórych makro- i mikroelementów w osadach z oczyszczalni ścieków północno-wschodniej Polski oraz dużych aglomeracji miejskich*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 437: 185–190.
- JACKOWSKA I., OLESIEJUK A. 2004. *Ocena przydatności osadów ściekowych z Oczyszczalni Ścieków w Lubartowie do rolniczego wykorzystania*. Annales UMCS, Sec. E, 59(2): 1001–1006.
- KALEMBASA S., DESKA J. 1992. *Zawartość mikroelementów w osadach ściekowych*. Materiały VII Sympozjum „Mikroelementy w rolnictwie”. Wrocław, 16–17 IX 1992: 436–439.
- KRAJOWY PROGRAM OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW KOMUNALNYCH 2003. *Ministerstwo Środowiska*. Warszawa, grudzień 2003: 46 ss.
- MAĆKOWIAK Cz. 1999. *Rolnicze wykorzystanie osadów ściekowych*. Biuletyn Informacyjny IUNG 10: 14–17.
- MAĆKOWIAK Cz. 2000. *Skład chemiczny osadów ściekowych i odpadów przemysłu spożywczego o znaczeniu nawozowym*. Nawozy i Nawożenie, R. II, 3(4) 3a: 131–149.
- MAZUR T., WOJTAS A. 1993. *Charakterystyka chemiczno-rolnicza osadów ściekowych miasta Olsztyna*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 409: 9–12.
- ROSZYK E., ROSZYK S., SPIAK Z. 1987. *Wartość nawozowa osadów ściekowych z niektórych oczyszczalni południowo-zachodniej Polski. Część I. Skład chemiczny osadów*. Roczn. Glebozn. 38(3): 93–102.
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA 2002. *W sprawie komunalnych osadów ściekowych z dnia 1 sierpnia 2002 r.* Dz.U. Nr 134, poz. 1140.

Słowa kluczowe: osady ściekowe, substancja organiczna, miedź, cynk, mangan, żelazo, wartość nawozowa osadów

Streszczenie

W osadach komunalnych pobranych z wybranych dziewięciu oczyszczalni ścieków województwa dolnośląskiego oznaczono odczyn, suchą masę, zawartość substancji organicznej oraz koncentrację miedzi, cynku, manganu i żelaza. Odczyn badanych osadów oznaczony w wodzie wynosił średnio 6,7 pH. W analizowanych osadach ściekowych stwierdzono średnio 20,7% suchej masy. Z wyjątkiem jednego z badanych osadów pozostałe osady charakteryzowały się wysoką zawartością substancji organicznej (powyżej 50%). Osady ściekowe z analizowanych oczyszczalni różniły się zawartością mikroelementów. Średnie koncentracje mikroelementów w badanych osadach wynosiły 143 mg Cu·kg⁻¹, 1318 mg Zn·kg⁻¹, 2329 mg Fe·kg⁻¹ i 314 mg Mn·kg⁻¹.

CONTENTS OF MICRONUTRIENTS IN SEWAGE SLUDGES FROM SELECTED SEWAGE TREATMENT PLANTS OF THE LOWER SILESIA PROVINCE

Zofia Spiak, Grzegorz Kulczycki

Department of Plant Nutrition, Agricultural University, Wrocław

Key words: sewage sludge, organic matter, copper, zinc, manganese, iron, fertilization value of sludges

Summary

Municipal sewage sludges taken from nine selected sewage treatment plants of the Lower Silesia Province were analysed for reaction, dry matter, organic matter and copper, zinc, manganese and iron contents. The reaction (determined in water) of sewage sludge was equal 6.7 pH on average, dry matter content reached 20.7%. All analysed sludges, except of one, were characterized by high organic matter content (above 50%). Sewage sludges from examined sewage treatment plants differed in micronutrients' concentration; the average contents were as follows: 143 mg Cu·kg⁻¹, 1318 mg Zn·kg⁻¹, 2329 mg Fe·kg⁻¹, 314 mg Mn·kg⁻¹.

Prof. dr hab. **Zofia Spiak**
Katedra Żywnienia Roślin
Akademia Rolnicza
ul. Grunwaldzka 53
50-375 WROCLAW
e-mail: spiak@ozi.ar.wroc.pl