

Zbigniew Mazur, Olga Mokra

## **WARTOŚĆ PRÓCHNICOTWÓRCZA I ZAWARTOŚĆ MAKROSKŁADNIKÓW W OSADACH ŚCIEKOWYCH WOJEWÓDZTWA WARMIŃSKO-MAZURSKIEGO**

**Streszczenie:** W pracy podano wyniki fizykochemicznych badań komunalnych osadów ściekowych z 8 największych oczyszczalni ścieków województwa warmińsko-mazurskiego prowadzonych przez Stację chemiczno-Rolniczą w Olsztynie w latach 2005-2009. Badano zawartość suchej masy, materii organicznej, N og., N-NH<sub>4</sub>, P, Ca i Mg oraz wartość pH w 120 próbkach osadów ścieków komunalnych. Duża zawartość makroskładników, suchej masy (średnio 53,6%), materii organicznej (średnio 645 g·kg<sup>-1</sup> s.m.) i neutralny odczyn predysponują te osady do wykorzystania w rolnictwie.

**Słowa kluczowe:** osady ściekowe, materia organiczna, makroskładniki.

### **WSTĘP**

We współczesnym rolnictwie uzyskanie wysokich plonów roślin uprawnych jest podstawowym zadaniem racjonalnego gospodarowania. Zabezpieczenie gleby w materię organiczną i składniki pokarmowe roślin warunkuje osiągnięcie tego celu. Nawozem niekonwencjonalnym zawierającym znaczące ilości materii organicznej oraz azotu i fosforu są osady ściekowe [1, 5, 7]. Można je stosować po uprzednim uszlachetnieniu polegającym na odwodnieniu, częściej przetworzeniu na kompost. W obu przypadkach o ich wykorzystaniu w rolnictwie decyduje zawartość metali ciężkich, a w niektórych przypadkach również skażeń sanitarnych [10]. Te zagadnienia reguluje Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r.

Niniejsze opracowanie zawiera ocenę agrochemiczną osadów ściekowych pochodzących z oczyszczalni ścieków komunalnych zlokalizowanych na terenie województwa Warmińsko-Mazurskiego. Omówiono w nim wartość próchnicotwórczą osadów ściekowych i zawartość makroskładników nawozowych.

### **MATERIAŁ I METODY**

Próbki osadów ściekowych pobrano (wg polskiej normy PN-EN ISO 5667-13:2004 i PN-ISO 5667-15:2004) w latach 2005-2009 z 8 największych oczyszczalni ścieków komunalnych województwa Warmińsko-Mazurskiego. Z każdej oczyszczalni pobrano minimum po trzy próby laboratoryjne sporządzone

---

Zbigniew MAZUR – Katedra Chemii Środowiska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,  
email: zbigniew.mazur@uwm.edu.pl

Olga MOKRA – Okręgowa Stacja Chemiczno-Rolnicza w Olsztynie, email: omokra@schr.gov.pl

z próbek indywidualnych. Ogółem w ciągu 5 lat wykonano analizy 120 próbek osadów ściekowych. W próbkach oznaczono zawartość suchej masy, azotu ogólnego i amonowego, fosforu, potasu, magnezu i wapnia. Azotu ogólny oznaczono metodą potencjometrycznego miareczkowania podbrominem sodu. Metodą kolorymetryczną oznaczono azot amonowy (z odczynnikiem Nesslera) i fosfor (z molibdenianem amonowym). Wapń oznaczono fotometrem płomieniowym, a magnez metodą adsorpcji atomowej. Makroskładniki oznaczono w materiale zmineralizowanym w kwasie siarkowym, a zawartość materii organicznej z ubytku masy próby w czasie wyżarzania w piecu mufowym w temperaturze 550°C. Wartość próchnicotwórczą osadów ściekowych opracowano na podstawie danych opublikowanych przez Mazura [1996].

## OMÓWIENIE WYNIKÓW

Osady ściekowe z województwa Warmińsko-Mazurskiego charakteryzują się dużym zakresem wahań w zawartości suchej masy, o czym świadczą minimalne i maksymalne jej zawartości (tab. 1). Z danych tej tabeli wynika, że najniższą średnią zawartość suchej masy zawierały osady w 2008 r, a najwyższą w roku 2006.

**Tabela 1.** Zawartość suchej masy, substancji organicznej i  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$

**Table 1.** The content of dry matter and organic matter and value pH

Rok	Sucha masa, %			Substancja organiczna, %			Odczyn $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$		
	średnia	min.	maks.	średnia	min.	maks.	średnia	min.	maks.
2005	22,6	12,0	60,9	62,6	24,9	77,4	7,37	5,60	10,46
2006	27,3	7,8	75,7	63,4	20,4	83,4	6,83	6,22	11,03
2007	19,7	12,4	31,3	63,7	34,5	80,8	7,60	6,76	8,47
2008	18,1	5,5	32,2	69,9	32,4	83,9	7,29	5,36	8,52
2009	23,2	7,6	67,9	62,9	27,0	83,5	7,46	6,02	8,27
Średnio	22,2	9,1	53,6	64,5	27,8	81,8	7,31	5,99	9,35

Na podstawie zawartości suchej masy oblicza się górną dopuszczalną dawkę osadów ściekowych. Dawka ta wynosi 10  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  suchej masy zawierającej średnio 64,5% substancji organicznej, a więc do gleby wprowadza się 6,45  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  tego składnika. Duże różnice wystąpiły między minimalną i maksymalną zawartością substancji organicznej. Maksymalna zawartość jest większa o 2,94 razy od minimalnej (średnie z lat badań).

Zawartość węgla organicznego w osadach ściekowych wynosi średnio 35,5% s.m, a współczynnik humifikacji (czyli ilość C-org. pozostająca w glebie w związkach humusowych) dla osadów ścieków komunalnych i gleb średniej kategorii agronomicznej 25% [7]. Zatem po zastosowaniu 10  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  suchej masy osadu w glebie pozostaje 527,5 kg C-org., co w przeliczeniu na próchnicę wynosi 987  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Składnikiem o dużym znaczeniu produkcyjno-ekologicznym jest azot. Wyniki analiz zawartości N-ogólnego i N-amonowego przedstawiono w tabeli 2. Z danych tej tabeli wynika, że różnice między minimalną i maksymalną zawartością N-og. są

znaczące w poszczególnych latach badań i wynoszą od 39,8 g do 48,7 g N·kg<sup>-1</sup> s.m. W stosunku do zawartości średniej przyjętej za 100% zawartość minimalna wynosi 38,0%, maksymalna 193,4%.

**Tabela 2.** Zawartość azotu ogółem i azotu amonowego w osadach ściekowych

**Table 2.** Total and ammonia nitrogen content in sewage sludge

Rok	Azot ogółem, g·kg <sup>-1</sup> s.m.			Azot amonowy (N-NH <sub>4</sub> ), mg·kg <sup>-1</sup> s.m.		
	średnia	min.	maks.	średnia	min.	maks.
2005	48,7	8,2	71,0	0,6	0,02	0,8
2006	40,1	9,6	59,1	2,4	0,1	5,0
2007	39,8	17,0	61,8	4,7	0,2	10,9
2008	43,2	29,4	54,2	5,6	0,1	13,5
2009	42,1	17,4	61,0	4,8	0,1	9,9
Średnio	42,8	16,3	61,4	3,6	0,1	8,0

Z dawką 10 Mg·ha<sup>-1</sup> suchej masy osadu do gleby wprowadza się 428 kg N ha<sup>-1</sup>. Na podstawie wyników doświadczeń wegetacyjnych ustalono, że średnie wykorzystanie azotu osadów komunalnych przez rośliny uprawiane w zmianowaniu wynosi 50% przy dużych wahaniami odpowiadających 20-65%. Przyjmując, że rośliny pobierają 50% wniesionego do gleby azotu tj 214 kg N, to ilość azotu wystarcza na produkcję ok. 89 jednostek zbożowych pozyskiwanych w ciągu rotacji zmianowania.

Osady ścieków komunalnych zawierają wystarczające ilości fosforu w stosunku do azotu, bowiem stosunek N:P wynosi jak 1,0:0,50 (tab. 3). Stwierdzono duże różnice między minimalną i maksymalną zawartością tego składnika. Najmniejsze ilości zawierały osady w roku 2005 i 2008 a najwięcej w 2006.

**Tabela 3.** Zawartość fosforu, wapnia i magnezu w osadach ściekowych

**Table 3.** P, Ca and Mg content in sewage sludge

Rok	Fosfor (P), g·kg <sup>-1</sup> s.m.			Wapń (Ca), g·kg <sup>-1</sup> s.m.			Magnez (Mg), g·kg <sup>-1</sup> s.m.		
	średnia	min.	maks.	średnia	min.	maks.	średnia	min.	maks.
2005	25,8	12,0	38,9	29,6	4,4	39,0	5,8	1,2	10,0
2006	19,8	4,2	28,5	22,1	4,6	56,6	5,9	1,3	9,0
2007	21,5	5,6	31,9	26,1	6,4	62,8	5,8	1,7	7,5
2008	24,7	8,8	33,8	37,4	20,3	81,7	6,7	3,9	9,8
2009	23,2	7,1	41,6	47,1	23,0	63,3	6,5	2,0	9,6
Średnio	22,9	7,5	34,9	32,5	11,7	60,7	6,1	2,0	9,2

Wykorzystanie fosforu przez rośliny wynosi średnio 30%. Z dawką 10 Mg·ha<sup>-1</sup> suchej masy osadu ściekowego do gleby wprowadza się 211 kg P. Z tej dawki rośliny wykorzystują 63,3 kg P, w glebie pozostaje zatem 147,7 kg P. Fosfor gromadzi się w wierzchniej warstwie gleby i stanowi znaczący udział w zaopatrzeniu roślin uprawianych w następnych latach.

W kształtowaniu żyzności gleb biorą udział wapń i magnez. Ich zawartość w osadach ścieków komunalnych ilustrują dane liczbowe tabeli 3. Rola wapnia i magnezu polega głównie na oddziaływaniu na właściwości fizyczne, a magnezu także jako składnika pokarmowego roślin. W omawianych osadach ściekowych zawartość wapnia jest o 4,78 razy większa niż magnezu. Z dawką  $10 \cdot \text{Mg ha}^{-1}$  suchej masy osadu do gleby wprowadza się 287 kg Ca i 60 kg Mg. Ta ilość magnezu ma szczególne znaczenie w nawożeniu gleb lekkich. Stosowanie osadów ściekowych z reguły nie powoduje zakwaszenia gleb, częściej osady działają odkwaszająco (tab. 1).

## UWAGI KOŃCOWE

Narastająca produkcja osadów ścieków komunalnych zrodziła potrzebę prowadzenia badań z zakresu przyrodniczego i rolniczego ich zagospodarowania. Utylizacja rolnicza to bogate źródło substancji organicznej oraz makro- i mikrośladników niezbędnych dla roślin [1, 6, 8, 10, 13]. Niepożądana jest natomiast ponadnormatywna zawartość metali ciężkich [9]. Stąd osad przeznaczony do nawożenia gleb i roślin musi posiadać paszport składu chemicznego, a niekiedy i wyniki badań sanitarnych.

W ocenie agrochemicznej osadów ściekowych należy podkreślić ich wartość próchnicotwórczą, co wykazano w przeprowadzonych badaniach [2, 4, 12]. W specjalizacji produkcji roślinnej gospodarstw osady ściekowe mogą zapobiec degradacji gleb w skutek mineralizacji próchnicy [3]. Dodać należy, że związki próchniczne z osadów ściekowych spełniają wiele pożytecznych funkcji w środowisku glebowym [2, 14]. Jednocześnie badania plonotwórczego działania osadów ściekowych wykazały dużą ich efektywność [6, 10, 11]. Wprowadzony do gleby azot pokrywa zapotrzebowanie roślin na wyprodukowanie 89 jednostek zbożowych w ciągu jednej rotacji zmianowania 3-polowego.

## LITERATURA

1. Baran S. 2004. Osady ściekowe w gospodarce rolno-środowiskowej. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 499: 15-20.
2. Baran S., Flis-Bujak M., Turski R., Żukowska G. 1993. Przemiany substancji organicznej w glebie lekkiej użyźnionej osadem ściekowym. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 409: 59-64.
3. Gondek K., Filipek-Mazur B. 2003. Zawartość i skład frakcyjny próchnicy w glebie nawożonej osadami ściekowymi. Inżynieria Ekologiczna, 9: 102-111.
4. Czekala J. 2000. Wartość próchnicotwórcza i działanie nawozowe osadu ściekowego. Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis, Ser. Agricultura, 211(84): 75-80.
5. Czekala J. 2004. Wpływ osadu ściekowego na wybrane właściwości chemiczne gleby. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 499: 36-46.
6. Maćkowiak C. 2001. Wartość nawozowa osadów ściekowych. Inż. Ekol., 3: 13-42.
7. Mazur T. 1996. Rozważania o wartości nawozowej osadów ściekowych. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 437: 13-22.

8. Mazur Z., Makarewicz G., Krajewski P., Klaus W. 2006, Agrochemiczna wartość osadów ściekowych z oczyszczalni ścieków w Olecku. Postęp w inżynierii środowiska. Materiały konferencji naukowo-technicznej, Rzeszów-Bystre: 215-218.
9. Rozporządzenie 2010. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r w sprawie komunalnych osadów ściekowych. Dz. U. nr 134 poz.924.
10. Siuta J., Wasiak G. 2001. Zasady wykorzystania osadów ściekowych na cele nieprzemysłowe (przyrodnicze). Inżynieria Ekologiczna, 3: 13-42.
11. Siuta J. 2001. Gospodarka odpadami w środowisku. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 477: 275-285.
12. Stępień W., Szulc W., Mercik S. 2000. Ocena wartości nawozowej surowego i uzdatnionego osadu ściekowego. Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis, Ser. Agricultura 211(84): 465-470.
13. Szulc W., Rutkowska B. 2002. Ocena wykorzystania w rolnictwie osadu ściekowego z miejskiej oczyszczalni ścieków. Acta Agrophysica, 70(1): 317-323.
14. Żukowska G., Flis-Bujak M., Baran S. 2000. Zmiany składu frakcyjnego próchnicy gleby lekkiej nawożonej osadami ściekowymi. Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis, Ser. Agricultura, 211(84): 551-556.

## **HUMUS VALUE AND MACROELEMENTS CONTENTS IN SEWAGE SLUDGE IN THE PROVINCE OF WARMIA AND MAZURY**

**Abstract.** The paper presents the results of physical and chemical analyses of municipal sewage sludge produced at 8 biggest wastewater treatment plants in the Province of Warmia and Mazury (NE Poland), conducted in 2005 - 2009 at the Regional Chemical and Agricultural Station in Olsztyn. The dry matter content, organic matter content, total N, N-NH<sub>4</sub>, P, Ca i Mg, and pH value of sewage sludge were determined in one hundred twenty samples. Due to a high macroelements, organic mater content (645 g·kg<sup>-1</sup> DM on average), dry mater (53.6% on average) and neutral reaction, the analyzed sludge was suitable for agricultural use.

**Key words:** sewage sludge, organic matter, macroelements.