

ZAWARTOŚĆ GŁÓWNYCH SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH DLA ROŚLIN I METALI CIĘŻKICH W NADKŁADACH I PODKŁADACH MODELU REKULTYWACYJNEGO SKŁADAJĄCEGO SIĘ Z POPIOŁU Z WĘGLA KAMIENNEGO ORAZ KOMUNALNYCH OSADÓW ŚCIEKOWYCH ¹

CZĘŚĆ II

ZAWARTOŚĆ FORM OGÓLNYCH OŁOWIU, KADMU, NIKLU, MIEDZI I CYNKU

Sławomir Stankowski ¹, *Edward Krzywy* ²

¹ Zakład Biometrii i Doświadczalnictwa, Akademia Rolnicza w Szczecinie

² Katedra Chemii Środowiska, Akademia Rolnicza w Szczecinie

Wstęp

Rezultaty niektórych badań wskazują, że w popiołach paleniskowych z węgla kamiennego mogą występować nadmierne ilości metali ciężkich. Ich wymywanie może być trudne gdyż pierwiastki te są unieruchamiane w matrycy glebowo-krzemianowej [MATUSIEWICZ, JANOWICZ 1993]. Według MASŁUSECKIEJ [1988] popioły z węgla kamiennego zawierały 104 mg Pb·kg⁻¹ s.m., 0,3 mg Cd·kg⁻¹ s.m., 93 mg Ni·kg⁻¹ s.m., 122 mg Cu·kg⁻¹ s.m., 248 mg Zn·kg⁻¹ s.m. MELLER i in. [1999] podają, że zawartość metali ciężkich w popiołach z węgla kamiennego z Zespołu Elektrowni „Dolna Odra” S.A. w Nowym Czarnowie wahała się w następujących granicach Pb – 20–60, Cd – 4–5, Ni – 40–68, Cu – 26–60 i Zn – 43–350 mg·kg⁻¹ s.m.

Uważa się, że komunalne osady ściekowe i wyprodukowane z nich komposty mogą być użyte do wzbogacania gleb w masę organiczną i składniki pokarmowe dla roślin [BARAN i in. 1993, 1999; MAZUR 1996; URBANIAK 1997; OLESZKIEWICZ 1998; CZEKAŁA 1999; GAMBUŚ 1999; KALEMBASA, SYMANOWICZ 1999; KRZYWY i in. 2000, 2002; SIUTA 2000; SIUTA, WASIAK 2001]. Niektóre komunalne osady ściekowe mogą zawierać nadmierne koncentracje metali ciężkich oraz ilości drobnoustrojów chorobotwórczych i pasożytów. Z tego też powodu Minister Środowiska wydał Rozporządzenie (Dz. U. 02.134.1140) określające dopuszczalne zawartości metali ciężkich, ilości drobnoustrojów chorobotwórczych i pasożytów, w komunal-

¹ Praca wykonana w ramach grantu KBN 3/PO6S/017/25.

nych osadach ściekowych przeznaczonych do zagospodarowania w rolnictwie i rekultywacji gruntów.

Do tej pory nie opracowano kompleksowej i bezpiecznej dla środowiska metody utylizacji, bądź zagospodarowania popiołów po spalaniu węgla kamiennego, a także komunalnych osadów ściekowych.

Przeprowadzone badania miały na celu określenie zawartości form ogólnych ołowiu, kadmu, niklu, miedzi i cynku.

Materiały i metody

Realizując cel badań na terenie Zespołu Elektrowni „Dolna Odra” S.A. w Nowym Czarnowie wiosną 2003 r., założono doświadczenie polegające na budowie modelu rekultywacyjnego. Warstwa wierzchnia modelu o miąższości 0–40 cm (nadkład) składała się z sześciu różnych wariantów zawierających w swoim składzie masę organiczną i składniki pokarmowe dla roślin. Warstwa dolna o miąższości 40–200 cm (podkład) zawierała trzy różne warianty. Skład rzeczowy nadkładów podano w części I [STANKOWSKI, KRZYWY 2004].

Skład chemiczny kompostów wchodzących w skład nadkładów i podkładów podano w opracowaniu STANKOWSKIEGO i in. [2003].

Jesienią 2003 r., z warstw 0–40 cm nadkładów i 40–80 cm podkładów pobrano próbki, w których oznaczono formy ogólne ołowiu, kadmu, niklu, miedzi i cynku metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) według OSTROWSKIEJ i in. [1991].

Wyniki i dyskusja

W obowiązującym obecnie ustawodawstwie nie ma ściśle określonych norm zawartości form ogólnych metali ciężkich jakie mogą się znajdować w nadkładach i podkładach rekultywacyjnych z udziałem popiołów z węgla kamiennego i komunalnych osadów ściekowych. Z tego też względu do omówienia przydatności badanych nadkładów i podkładów do celów rekultywacyjnych przyjęto liczby graniczne podane w Rozporządzeniu Ministra Środowiska (Dz.U. 02.134.1140) dotyczące zawartości metali ciężkich w komunalnych osadach ściekowych. Liczby te wskazują na możliwość dopuszczenia komunalnych osadów do stosowania w rolnictwie lub rekultywacji gruntów.

Rezultaty badań wskazują, że zawartość form ogólnych kadmu, ołowiu, niklu, miedzi i cynku we wszystkich nadkładach i podkładach na modelu rekultywacyjnym nie przekroczyła norm dopuszczających do stosowania w rolnictwie i rekultywacji gruntów (tab. 1, 2, 3, 4, 5).

Zawartość form ogólnych ołowiu i kadmu w nadkładach i podkładach (tab. 1, 2) wskazują, że odpowiadają one dopuszczalnej zawartości tych pierwiastków w glebach średnich i ciężkich przeznaczonych na użytkowanie rolnicze do których można bez obawy wprowadzić komunalne osady ściekowe.

Zawartość form ogólnych niklu, miedzi i cynku w nadkładach i podkładach (tab. 3, 4, 5) wskazują, że odpowiadają one ilości tych metali ciężkich w glebach lekkich, średnich i ciężkich przeznaczonych do użytkowania rolnicze do których można wprowadzić komunalne osady ściekowe.

Tabela 1; Table 1

Zawartość form ogólnych ołowiu w nadkładach i podkładach przeznaczonych do celów rekultywacyjnych ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)

The content of total lead forms in the upperlies and underlies intended to be used in reclamation ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ DM)

Podkład Underlies	Bez nadkładu. Nadkład stanowił podkład Without the upperlies The upperlay was the underlay	Nadkład; Upperlies					
		I	II	III	IV	V	VI
Warstwa 0–40 cm; The 0–40 cm layer							
Popiół; Coal ash	5,6	36,7	37,7	38,2	39,0	41,2	41,6
Popiół + NPK; Coal ash + NPK	6,0	35,2	38,7	40,2	45,0	39,3	45,0
Piaszek; Sand	6,1	33,6	35,6	36,2	38,3	38,1	–
Srednia; Mean	5,9	35,2	37,3	38,2	40,8	39,5	43,3
Warstwa 40–80 cm; The 40–80 cm layer							
Popiół; Coal ash	5,6	5,7	5,9	5,3	5,2	5,1	5,6
Popiół + NPK; Coal ash + NPK	6,0	6,3	6,5	6,8	6,2	6,3	6,5
Piaszek; Sand	6,1	5,9	6,3	5,7	6,4	6,7	–
Srednia; Mean	5,9	6,0	6,2	5,9	5,9	6,0	6,0

Objaśnienia składu rzeczowego nadkładów w tabeli 1; Explanation of the composition as in Table 1

Tabela 2; Table 2

Zawartość form ogólnych kadmu w nadkładach i podkładach przeznaczonych do celów rekultywacyjnych ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)

The content of total cadmium forms in the upperlies and underlies intended to be used in reclamation ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ DM)

Podkład; Underlies	Bez nadkładu. Nadkład stanowił podkład Without the upperlies. The upperlay was the underlies	Nadkład; Upperlies					
		I	II	III	IV	V	VI
Warstwa 0–40 cm; The 0–40 cm layer							
Popiół; Coal ash	1,40	1,35	1,40	1,42	1,45	1,42	1,39
Popiół + NPK; Coal ash + NPK	1,55	1,37	1,38	1,56	1,59	1,48	1,42
Piaszek; Sand	0,12	1,34	1,37	1,44	1,57	1,56	–
Srednia; Mean	1,02	1,35	1,38	1,47	1,54	1,49	1,40
Warstwa 40–80 cm; The 40–80 cm layer							
Popiół; Coal ash	1,40	1,23	1,28	1,28	1,22	1,20	1,20
Popiół + NPK; Coal ash + NPK	1,55	1,27	1,30	1,33	1,32	1,30	1,27
Piaszek; Sand	0,12	0,10	0,10	0,10	0,11	0,12	–
Srednia; Mean	1,02	1,03	1,02	1,00	1,04	1,00	1,43

Objaśnienia składu rzeczowego nadkładów w tabeli 1; Explanation of the composition as in Table 1.

Najwięcej form ogólnych badanych metali ciężkich zawierały nadkłady o składzie rzeczowym w którym przeważała ilość popiołu z węgla kamiennego oraz kompostów z komunalnych osadów ściekowych. Najmniej form ogólnych metali ciężkich zawierały nadkłady w których występował piasek luźny i kora (tab. 1, 2, 3, 4, 5).

Tabela 3; Table 3

Zawartość form ogólnych niklu w nadkładach i podkładach przeznaczonych do celów rekultywacyjnych (mg·kg⁻¹ s.m.)

The content of total nickel forms in the upperlies and underlies intended to be used in reclamation (mg·kg⁻¹ DM)

Podkład; Underlies	Bez nadkładu. Nadkład stanowił podkład Without the upperlies The upperlay was the underlies	Nadkład; Upperlies					
		I	II	III	IV	V	VI
Warstwa 0–40 cm; The 0–40 cm layer							
Popiół; Coal ash	15,2	18,1	18,4	148,6	18,5	18,8	18,8
Popiół + NPK; Coal ash + NPK	17,2	18,2	18,4	18,3	18,4	18,5	18,6
Piasek; Sand	6,0	18,4	8,2	18,5	18,7	18,3	–
Średnia; Mean	12,8	18,2	18,3	18,5	18,5	18,5	18,7
Warstwa 40–80 cm; The 40–80 cm layer							
Popiół; Coal ash	15,2	15,3	15,4	15,4	15,0	15,3	15,4
Popiół + NPK; Coal ash + NPK	17,2	16,8	17,3	16,9	17,3	17,0	15,0
Piasek; Sand	6,0	6,1	6,2	6,4	6,3	6,0	–
Średnia; Mean	12,8	12,7	12,9	12,9	12,9	12,8	15,5

Objaśnienia składu rzeczowego nadkładów w tabeli 1; Explanation of the composition as in Table 1

Tabela 4; Table 4

Zawartość form ogólnych miedzi w nadkładach i podkładach przeznaczonych do celów rekultywacyjnych (mg·kg⁻¹ s.m.)

The content of total copper forms in the upperlies and underlies intended to be used in reclamation (mg·kg⁻¹ DM)

Podkład; Underlies	Bez nadkładu. Nadkład stanowił podkład Without the upperlies The upperlay was the underlies	Nadkład; Upperlies					
		I	II	III	IV	V	VI
Warstwa 0–40 cm; The 0–40 cm layer							
Popiół; Coal ash	5,00	7,35	7,94	7,06	7,18	7,21	7,52
Popiół + NPK; Coal ash + NPK	5,40	7,74	8,36	7,63	7,52	7,61	7,86
Piasek; Sand	1,25	8,01	8,12	8,22	7,63	8,03	–
Średnia; Mean	3,88	7,70	8,14	7,63	7,44	7,64	7,69
Warstwa 40–80 cm; The 40–80 cm layer							
Popiół; Coal ash	5,03	5,17	5,18	5,34	5,42	5,37	5,21
Popiół + NPK; Coal ash + NPK	5,46	5,65	5,55	5,43	5,63	5,55	5,34
Piasek; Sand	1,22	1,06	1,13	1,26	1,36	1,47	–
Średnia; Mean	3,90	3,96	3,95	4,01	4,13	4,13	5,27

Objaśnienia składu rzeczowego nadkładów w tabeli 1; Explanation of the composition as in Table 1

Nadkłady z reguły zawierały więcej form ogólnych metali ciężkich aniżeli podkłady. Z reguły podkłady z popiołu z węgla kamiennego z dodatkiem nawozów mineralnych (N₆₀ P₇₀ K₁₂₀) zawierały więcej form ogólnych metali ciężkich w porównaniu z pozostałymi podkładami.

Tabela 5; Table 5

Zawartość form ogólnych cynku w nadkładach i podkładach przeznaczonych do celów rekultywacyjnych ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)
The content of total zinc forms in the upperlies and underlies intended to be used in reclamation ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ DM)

Podkład; Underlies	Bez nadkładu. Nadkład stanowił podkład. Without the upperlies The upperlay was the underlay	Nadkład; Upperlies					
		I	II	III	IV	V	VI
Warstwa 0–40 cm; The 0–40 cm layer							
Popiół; Coal ash	50,7	56,5	58,2	60,5	60,9	61,2	61,2
Popiół + NPK; Coal ash + NPK	52,6	66,5	58,9	65,5	70,3	73,2	68,5
Piasek; Sand	9,2	58,1	60,2	58,8	62,3	63,1	–
Średnia; Mean	37,5	60,4	59,1	61,6	64,5	65,8	64,8
Warstwa 40–80 cm; The 40–80 cm layer							
Popiół; Coal ash	50,7	50,9	51,2	50,1	50,2	51,7	50,3
Popiół + NPK; Coal ash + NPK	52,6	53,4	54,4	56,2	55,2	56,3	53,1
Piasek; Sand	9,2	9,2	9,8	10,2	9,3	9,4	–
Średnia; Mean	37,5	37,8	38,5	38,8	38,2	39,1	51,7

Objaśnienia składu rzeczowego nadkładów w tabeli 1; Explanation of the composition as in Table 1

Reasumując można stwierdzić, że zastosowane różne warianty modelu rekultywacyjnego pod względem zawartości w nich metali ciężkich nadają się do upraw roślin energetycznych, a także większości roślin przeznaczonych do rolniczego zagospodarowania. Dane te potwierdzają badania BARANA i in. [1993, 1999], KRZYWEGO i in. [2000, 2002], SIUTY [2000], STANKOWSKIEGO i in. [2003] o możliwości wykorzystania popiołów z węgla kamiennego wraz z komunalnymi osadami ściekowymi i sporządzonych z nich kompostów do celów rekultywacyjnych i uprawy roślin energetycznych i rolniczych.

Wnioski

1. Zawartość form ogólnych ołowiu, kadmu, niklu, miedzi i cynku w nadkładach i podkładach modelu rekultywacyjnego mieściła się w granicach dopuszczających do uprawy roślin energetycznych i rolniczych.
2. Z reguły więcej metali ciężkich zawierały nadkłady aniżeli podkłady. Wiąże się to z dodatkiem do nadkładów komunalnych osadów ściekowych i wytworzonych z nich kompostów.

Literatura

BARAN S., FLIS-BUJAK M., TURSKI R., ŻUKOWSKA G. 1993. *Przemiany substancji organicznej w glebie lekkiej użyźnionej osadem ściekowym*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.

409: 243–250.

BARAN S., SZCZEPANOWSKA I., SAADI L. 1999. *Wpływ użyźnienia osadem ściekowym o różnym stopniu przetworzenia na zawartość form ogólnych, form azotu w glebie lek-kiej*. Fol. Univ. Stetnensis 200, Agricultura 77: 15–20.

CZEKAŁA J., JAKUBUS M., MOCEK A., OWCZARZAK W. 1999. *Możliwości wykorzystania osadów ściekowych i odpadu tytoniowego do produkcji kompostów*. Fol. Univ. Stetnensis 200, Agricultura 77: 45–50.

GAMBUŚ F. 1999. *Skład chemiczny i wartość nawozowa osadów ściekowych z wybranych oczyszczalni regionu krakowskiego*. III Konf. Techn. „Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych”, 9–11 VI 1999 IOŚ: 67–78.

KALEMBASA S., SYMANOWICZ B. 1999. *Wpływ nawożenia mineralnego mieszanin osadów pościekowych z korą i trocinami na plonowanie i skład chemiczny Lolium multiflorum Lam.* Fol. Univ. Stetnensis 200, Agricultura 77: 129–134.

KRZYWY E., WOŁOSZYK CZ., IŻEWSKA A. 2000. *Wartość nawozowa komunalnych osadów ściekowych*. PTIE Oddział Szczeciński: 62 ss.

KRZYWY E., WOŁOSZYK CZ., IŻEWSKA A. 2002. *Produkcja i rolnicze wykorzystanie kompostów z osadu ściekowego z dodatkiem różnych komponentów*. PTIE Oddział Szczeciński: 39 ss.

MACIAK CZ., HRYNKIEWICZ S. 1999. *Rekultywacja rolnicza terenów zdewastowanych z zastosowaniem popiołów elektrownianych*. Opracowanie wykonane na zlecenie Elektrociepłowni Żerań, Warszawa: 58 ss.

MASŁUSECKA M. 1988. *Toksyczność i występowanie pierwiastków lądowych w popiołach lotnych*. Mat. Semin. „EnerGOPOMIAR” 22–23 III 1988: 5–7.

MATUSIEWICZ H., JANOWICZ K. 1993. *Fizyko-chemiczna charakterystyka popiołów lotnych węgla brunatnych elektrowni Konin z II stopnia elektrofiltrów i badania nad ich ługowaniem*. Arch. Ochrony Środ. 3–4: 59–81.

MAZUR T. 1996. *Rozważania o wartości nawozowej osadów ściekowych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 456: 251–256.

MELLER E., NIEDZIEWIECKI E., MELLER E. 1999. *Właściwości popiołów ze spalania w Elektrowni „Dolna Odra” zgromadzonych na składowisku przyzakładowym*. Fol. Univ. Stetinensis 2001, Agricultura 78: 167–178.

SIUTA J. 2000. *Sposoby i obiekty przyrodniczego zagospodarowania osadów ściekowych*. Przegląd Komunalny 1: 9–10.

SIUTA J., WASIAK G. 2001. *Zasady wykorzystania osadów ściekowych na cele nieprzemysłowe (przyrodnicze)*. PTIE 3: 13–42.

STANKOWSKI S., KRZYWY E. 2004. *Zawartość głównych składników pokarmowych dla roślin i metali ciężkich w nakładach i podkładach modelu rekultywacyjnego składającego się z popiołu z węgla kamiennego oraz komunalnych osadów ściekowych*. Cz. I. *Zawartość głównych składników pokarmowych dla roślin*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 499: 315–323.

STANKOWSKI S., KRZYWY E., CZYŻ H., NOWAK A., MACIOROWSKI R., TOMASZEWICZ T., CHUDECKA J., ZIELIŃSKI J., KITCZAK T. 2003. *Badania modelowe nad wykorzystaniem popiołów i odpadów organicznych do rekultywacji terenów zdegradowanych*. X Międzyn. Konf. „Popioły z Energetyki” Warszawa 14–17 X 2003: 315–330.

OLESKIEWICZ J. 1998. *Gospodarka osadami ściekowymi*. Poradnik decydena. LEM

s.c. Kraków: 284 ss.

OSTROWSKA A., GAWLIŃSKI S., SZCZUBIAŁKA Z. 1991. *Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin*. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa: 364 ss.

URBANIAK M. 1997. *Przeróbka i wykorzystanie osadów ze ścieków komunalnych*. PAN Oddział Łódzki: 80 ss.

Słowa kluczowe: model rekultywacji, popioły z węgla kamiennego, komunalny osad ściekowy, zawartość ołowiu, kadmu, niklu, miedzi i cynku

Streszczenie

Do tej pory nie opracowano kompleksowej i bezpiecznej dla środowiska metody utylizacji, bądź zagospodarowania popiołów z węgla kamiennego oraz komunalnych osadów ściekowych. Przeprowadzone badania miały na celu sporządzenie modelu rekultywacyjnego (wiosna 2003) składającego się z nadkładów (miąższość 0–40 cm) i podkładów (miąższość 40–200 cm). Głównymi komponentami nadkładów (6) były popioły z węgla kamiennego oraz komunalne osady ściekowe i wytworzone z nich komposty. Podkłady (3) składały się głównie z popiołów z węgla kamiennego i piasku. Jesienią 2003 r. pobrano próbki z nadkładów i podkładów. W próbkach oznaczono zawartość form ogólnych ołowiu, kadmu, niklu, miedzi i cynku. Rezultaty badań wskazują, że zawartość form ogólnych oznaczonych metali ciężkich w nadkładach i podkładach mieściły się w granicach dopuszczających do uprawy roślin energetycznych i większości roślin rolniczych. Z reguły więcej metali ciężkich zawierały nadkłady w porównaniu z podkładami. Wynika to z dodawania do nadkładów komunalnych osadów ściekowych i wytwarzanych z nich kompostów.

THE CONTENTS OF THE PLANT MAIN NUTRIENTS AND HEAVY METALS IN UPPERLIES AND UNDERLIES OF A RECLAMATION MODEL CONSISTING OF COAL ASH AND MUNICIPAL SEWAGE SLUDGE

PART II

TOTAL FORMS OF LEAD, CADMIUM, NICKEL, COPPER, AND ZINC

Sławomir Stankowski¹, Edward Krzywy²

¹ Department Biometry and Experimental Design,
Agricultural University, Szczecin

² Department of Environmental Chemistry, Agricultural University, Szczecin

Key words: reclamation model, coal ash, municipal sewage sludge, contents of lead, cadmium, nickel, copper, zinc

Summary

Up-to date, no complex and safe for environment method of coal ash and municipal sewage sludge was utilization was worked out. The aim of the studies was to prepare a reclamation model (spring of 2003) consisting of upperlies (thickness of 0–40 cm) and underlies (thickness of 40–200 cm). The main components (6) of the upperlies were coal ash and municipal sewage sludge, as well as composts made from them. The underlies (3) mainly consisted of coal ash and sand. In the autumn of 2003, samples of both the upperlies and underlies were collected. The contents of total forms of lead, cadmium, nickel, copper, and zinc were determined in the samples. The results obtained indicated that the contents of total forms of heavy metals examined in both upperlies and underlies were within the range admitted for cultivation of energetistic plants and most agricultural plants. Generally, more heavy metals were in the upperlies than in the underlies. This resulted from the addition of municipal sewage sludge and composts made from them.

Prof. dr hab. Sławomir **Stankowski**
Katedra Biometrii i Doświadczalnictwa
Akademia Rolnicza
ul. Papieża Pawła VI 3
71-434 SZCZECIN