

WYBRANE PARAMETRY FIZYKOCHEMICZNE ŚWIEŻYCH I KOMPOSTOWANYCH OSADÓW ŚCIEKOWYCH ORAZ ICH MIESZANIN Z CaO LUB POPIOŁEM Z WĘGLA BRUNATNEGO

Andrzej Wysokiński, Stanisław Kalembasa

Akademia Podlaska w Siedlcach

Streszczenie. Określono wpływ mieszania osadów ściekowych z tlenkiem wapnia lub popiołem z węgla brunatnego oraz kompostowania otrzymanych mieszanin na zawartość w nich suchej masy, substancji organicznej, węgla w związkach organicznych i azotu ogółem oraz na wartość pH. Wartości badanych wskaźników, poza odczynem i suchą masą, były niższe w przypadku mieszanin niż osadów ściekowych bez dodatków, przy czym wyraźniejszy efekt wywierał dodatek CaO niż popiołu z węgla brunatnego. Dodatek CaO silnie także alkalizował osady i powodował większe straty azotu. Kompostowanie przyczyniało się do zmniejszenia zawartości substancji organicznej, węgla w związkach organicznych i azotu ogólnego w osadach i ich mieszaninach z CaO i popiołem. Zmniejszenie tempa mineralizacji substancji organicznej podczas kompostowania było znaczniejsze w przypadku dodatku CaO.

Słowa kluczowe: osady ściekowe, tlenek wapnia, popiół z węgla brunatnego

WSTĘP

W procesie technologicznym oczyszczania ścieków istotnym problemem jest zagospodarowanie powstających osadów ściekowych. Sposób zagospodarowania takich osadów zależy od zawartości w nich substancji organicznej, pierwiastków ważnych z punktu widzenia nawożenia roślin, metali ciężkich oraz szkodliwych i toksycznych związków organicznych i organizmów chorobotwórczych [Siuta i Wasiak 2001]. Osady ściekowe wykorzystywane w rolnictwie powinny mieć ściśle określone parametry [Ustawa... 2001, Rozporządzenie... 2002]. Jeżeli właściwości osadów nie w pełni odpowiadają obowiązującym przepisom, osady poddaje się różnorodnym przekształceniom

na drodze obróbki fizycznej, chemicznej lub biologicznej w celu wyeliminowania lub ograniczenia ich ujemnego wpływu na glebę i rośliny [Kalembasa i Symanowicz 1995, Mazur i in. 1996, Kalembasa i Kalembasa 1997].

Chemiczna obróbka osadów ściekowych polega na ich mieszaniu z reagentami chemicznymi powodującymi zmiany właściwości osadów. Do tej grupy zabiegów zalicza się mieszanie osadów z tlenkiem wapnia [Kalembasa i Kalembasa 1997]. Powstałe mieszaniny zawierają więcej suchej masy niż sam osad, a zawartość ta jest tym większa, im więcej wprowadzono CaO [Kalembasa i Wysokiński 1999a]. Po dodaniu CaO następuje alkalizacja osadów, a w jej wyniku – emisja amoniaku i spadek zawartości azotu w osadach. Straty azotu będące skutkiem silnej alkalizacji osadów prowadzą do zmniejszenia wartości nawozowej mieszaniny [Kalembasa i Kalembasa 1997, Kalembasa i Wysokiński 1999b]. Produkt powstały po dodaniu CaO do osadów ma korzystne, z punktu widzenia transportu, przechowywania i rozprowadzania na powierzchni pola, właściwości fizyczne. Z powodu dużej zawartości wapnia można go jednak stosować wyłącznie na glebach wymagających wapnowania, a ostateczne ustalenie wielkości dawki jest utrudnione. Jeżeli taką mieszaninę traktuje się jako nawóz organiczny, do gleby zostaje wprowadzona nadmierna ilość wapnia, gdy natomiast używa się jej w ilości odpowiadającej potrzebom wapnowania, gleba otrzymuje niewielką ilość pozostałych składników pokarmowych i substancji organicznej [Kalembasa i Kalembasa 1997]. Te niekorzystne właściwości mieszanin osadowo-wapniowych skłaniają do poszukiwania innych środków alkalinizujących osady (substytutów CaO), o mniejszej intensywności oddziaływania.

Przeprowadzone badania porównawcze miały na celu określenie wpływu dodatku CaO lub popiołu z węgla brunatnego oraz kompostowania na wybrane parametry fizykochemiczne osadów ściekowych, takie jak zawartość w nich suchej masy, substancji organicznej, węgla w związkach organicznych i azotu ogółem oraz wartość pH.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach wykorzystano osady ściekowe pochodzące z mechaniczno-biologicznych oczyszczalni ścieków w Siedlcach i Łukowie, powstałe w wyniku oczyszczania ścieków komunalnych z niewielkim udziałem ścieków przemysłowych. Na końcowym etapie wydzielenia i zagęszczania osady ściekowe z Siedlec są stabilizowane w drodze fermentacji metanowej i odwadniane na prasie taśmowej. Stabilizacja osadów ściekowych z Łukowa odbywa się w warunkach tlenowych, a nadmiar wody jest usuwany przez odwirowanie.

Świeże osady ściekowe mieszano z tlenkiem wapnia lub popiołem z węgla brunatnego w stosunku 2:1 w przeliczeniu na suchą masę komponentów. Równolegle w celach porównawczych identycznym zabiegom poddawano obornik bydlęcy. Świeże osady ściekowe, obornik oraz mieszaniny z CaO i z popiołem kompostowano od lutego do maja w pojemnikach z tworzywa sztucznego o pojemności 200 dm³ w temperaturze pokojowej. Popiół pochodził z trzeciego filtra odpylania spalin powstających ze spalania węgla brunatnego w elektrowni Pątnów. Tlenek wapnia odpowiadał klasie czystości cz.d.a.

Z osadów ściekowych, obornika oraz ich mieszanin świeżych i kompostowanych pobrano reprezentatywne próbki, w których oznaczono:

- suchą masę – metodą suszarkowo-wagową w temperaturze 105°C,
- pH w H₂O i 1 mol KCl·dm⁻³ – metodą potencjometryczną,
- substancję organiczną (straty w trakcie prażenia) i mineralną (popiół surowy) – wagowo, po wyprażeniu w temperaturze 600°C [Krzywy i Iżewska 2004],
- węgiel w związkach organicznych (C_{org}) – metodą oksydacyjno-miareczkową [Kalembasa i Kalembasa 1992],
- azot całkowity (N_{og}) – zmodyfikowaną metodą Kjeldahla: po mineralizacji z użyciem stężonego kwasu siarkowego(VI) w obecności mieszaniny selenowej, a następnie oddestylowaniu amoniaku [Kalembasa i in. 1989].

WYNIKI

Osady ściekowe pochodzące z oczyszczalni ścieków w Siedlcach i Łukowie zawierały odpowiednio 220 i 200 g suchej masy w 1 kg świeżej masy (tab. 1). Zawartość suchej masy w badanych osadach była mniejsza niż w oborniku bydlęcym.

Tabela 1. Zawartość suchej masy w świeżych i kompostowanych osadach ściekowych, oborniku i ich mieszaninach z CaO lub popiołem z węgla brunatnego oraz wartość pH tych materiałów
Table 1. Dry matter content of fresh and composted sewage sludges, farmyard manure and their mixtures with CaO or brown coal ash, and pH value of these materials

Materiał organiczny Organic material	Rodzaj dodatku Kind of addition	Zawartość suchej masy Dry matter content g·kg ⁻¹	Zmiany zawartości suchej masy Changes in dry matter content %	pH	
				H ₂ O	1 mol KCl·dm ⁻³
Świeży osad z Siedlec Fresh sludge from Siedlce	bez dodatku without addition	220	–	6,7	6,6
	CaO	329	+49,5*	12,3	12,4
	popiół – ash	306	+39,1*	8,2	8,1
Świeży osad z Łukowa Fresh sludge from Łuków	bez dodatku without addition	200	–	6,3	6,1
	CaO	301	+50,5*	12,3	12,4
	popiół – ash	284	+42,0*	7,7	7,3
Świeży obornik Fresh farmyard manure	bez dodatku without addition	230	–	7,1	6,8
	CaO	333	+44,8*	12,4	12,5
	popiół – ash	315	+37,0*	8,7	8,6
Kompostowany osad z Siedlec Composted sludge from Siedlce	bez dodatku without addition	230	+4,5**	6,8	6,6
	CaO	331	+0,6**	12,3	12,5
	popiół – ash	308	+0,7**	8,1	8,1

Tabela 1 cd. – Table 1 contd

Materiał organiczny Organic material	Rodzaj dodatku Kind of addition	Zawartość suchej masy Dry matter content g · kg ⁻¹	Zmiany zawartości suchej masy Changes in dry matter content %	pH	
				H ₂ O	1 mol KCl · dm ⁻³
Kompostowany osad z Łukowa Composted sludge from Łuków	bez dodatku without addition	212	+6,0**	6,3	6,1
	CaO	313	+4,0**	12,3	12,4
	popiół ash	290	+2,1**	7,7	7,5
Kompostowany obornik Composted farmyard manure	bez dodatku without addition	243	+5,7**	7,2	7,0
	CaO	348	+4,5**	12,5	12,6
	popiół – ash	325	+3,2**	8,3	8,1
Średnia Mean	bez dodatku without addition	223			
	CaO	326	–	–	–
	popiół – ash	305			
NIR _{0,05} dla: – LSD _{0,05} for:					
– rodzaju dodatku – kind of addition		9			
– rodzaju nawozu – kind of fertiliser		9			
– kompostowania – composting process		6			

* w stosunku do materiału bez dodatku – relative to material without addition

** w stosunku do materiału świeżego – relative to fresh material

Mieszanki osadów ściekowych z dodatkami zawierały istotnie więcej suchej masy niż osady bez dodatku (tab. 1). W przypadku mieszanin z popiołem zawartość ta była większa średnio o 40,6%, a w przypadku mieszanin z CaO o 50,0%.

Po trzech miesiącach kompostowania zarówno osady bez dodatków, jak i mieszaniny sporządzone z CaO i popiołem zawierały nieco więcej suchej masy niż przed kompostowaniem – odpowiednio o 5,3, 2,3 i 1,4% więcej (średnie dla osadów z Siedlec i Łukowa; tab. 1).

Osady ściekowe z Siedlec i Łukowa miały odczyn lekko kwaśny, a wartości pH zmierzone w H₂O wynosiły odpowiednio 6,7 i 6,3 (tab. 1).

Po dodaniu CaO nastąpiła alkalizacja osadów do wartości pH 12,3, natomiast po dodaniu popiołu – do wartości 8,2 i 7,7 (tab. 1). Kompostowanie osadów i sporządzonych mieszanin nie wpłynęło na zmianę ich odczynu – wartości pH wodnych roztworów materiałów świeżych i kompostowanych były zbliżone (tab. 1).

Wartości pH osadów świeżych i kompostowanych oraz ich mieszanin z CaO i popiołem, zmierzone w 1 mol · dm⁻³ KCl, były najczęściej o 0,1–0,2 jednostki niższe od wartości pH wodnych roztworów tych materiałów (tab. 1).

Badane osady ściekowe z Siedlec zawierały w 1 kg suchej masy 627 g substancji organicznej oraz 323,6 g węgla w związkach organicznych (C_{org}), natomiast osady z Łukowa – 793 g substancji organicznej i 393,5 g C_{org} (tab. 2).

Tabela 2. Zawartość popiołu surowego, substancji organicznej i węgla w związkach organicznych (C_{org}) w świeżych i kompostowanych osadach ściekowych, oborniku i ich mieszaninach z CaO lub popiołem z węgla brunatnegoTable 2. Raw ash, organic matter and organic carbon (C_{org}) contents of fresh and composted sewage sludges, farmyard manure and their mixtures with CaO or brown coal ash

Materiał organiczny Organic material	Rodzaj dodatku Kind of addition	Zawartość popiołu surowego Raw ash content $g \cdot kg^{-1}$	Zawartość substancji organicznej Organic matter content $g \cdot kg^{-1}$	Zmiany zawartości substancji organicznej Changes in organic matter content %	Zawartość C_{org} content $g \cdot kg^{-1}$	Zmiany zawartości C_{org} Changes in C_{org} content %
Świeży osad z Siedlec Fresh sludge from Siedlce	bez dodatku without addition	373	627	–	323,6	–
	CaO	604	396	-36,8*	213,0	-34,2*
	popiół – ash	583	417	-33,5*	214,6	-33,7*
Świeży osad z Łukowa Fresh sludge from Łuków	bez dodatku without addition	207	793	–	393,5	–
	CaO	511	489	-38,3*	260,7	-33,7*
	popiół – ash	470	530	-33,2*	266,2	-32,4*
Świeży obornik Fresh farmyard manure	bez dodatku without addition	188	812	–	407,1	–
	CaO	503	497	-38,8*	275,5	-32,3*
	popiół – ash	452	548	-32,5*	260,4	-36,0*
Kompostowany osad z Siedlec Composted sludge from Siedlce	bez dodatku without addition	402	598	-4,6**	291,0	-10,1**
	CaO	616	384	-3,0**	207,9	-2,4**
	popiół – ash	601	399	-4,3**	203,6	-5,1**
Kompostowany osad z Łukowa Composted sludge from Łuków	bez dodatku without addition	308	692	-12,7**	297,1	-24,5**
	CaO	553	447	-8,6**	226,7	-13,0**
	popiół – ash	542	458	-13,6**	205,3	-22,9**
Kompostowany obornik Composted farmyard manure	bez dodatku without addition	260	740	-8,9**	346,1	-15,0**
	CaO	564	466	-6,2**	247,4	-10,2**
	popiół – ash	503	497	-9,3**	223,7	-14,1**
Średnia Mean	bez dodatku without addition	290	710	–	342,1	–
	CaO	559	447	–	238,5	–
	popiół – ash	525	475	–	229,0	–
NIR _{0,05} dla: – LSD _{0,05} for:						
– rodzaju dodatku – kind of addition		10	13	–	8,1	–
– rodzaju nawozu – kind of fertiliser		10	13		8,1	
– kompostowania – composting process		7	9		5,5	

* w stosunku do materiału bez dodatku – relative to material without addition

** w stosunku do materiału świeżego – relative to fresh material

Po dodaniu CaO i popiołu do osadów otrzymano mieszaniny o istotnie mniejszej niż w osadach bez dodatku zawartości C_{org} i substancji organicznej, a większej – zawartości popiołu surowego (tab. 2). Wpływ dodatku popiołu był nieco słabszy niż dodatku CaO: mieszaniny osadowo-popiołowe zawierały średnio o 33,1% mniej C_{org} i o 33,4% mniej substancji organicznej w porównaniu z ich ilością w osadach bez dodatku, podczas gdy mieszaniny zawierające CaO – odpowiednio o 34,0 i 37,6% mniej C_{org} i substancji organicznej.

W kompostowanych osadach i ich mieszaninach z CaO i popiołem mniejsza była zawartość C_{org} – o 2,4–24,5% i substancji organicznej – o 3,0–13,6% niż w materiałach świeżych (tab. 2). Większy ubytek C_{org} zanotowano w przypadku osadów stabilizowanych tlenowo niż osadów poddanych fermentacji metanowej.

Osady ściekowe z Siedlec i Łukowa zawierały ponad 2-krotnie więcej azotu niż obornik bydlęcy (tab. 3).

Tabela 3. Zawartość azotu ogólnego (N_{og}) w świeżych i kompostowanych osadach ściekowych, oborniku i ich mieszaninach z CaO lub popiołem z węgla brunatnego

Table 3. Total nitrogen (N_{tot}) content of fresh and composted sewage sludges, farmyard manure and their mixtures with CaO or brown coal ash

Materiał organiczny Organic material	Rodzaj dodatku Kind of addition	Zawartość N_{og} , g · kg ⁻¹ N_{tot} content, g · kg ⁻¹			Zmiany zawartości N_{og} , % Changes in N_{tot} content, %		
		w świeżej masie in fresh matter	w s.m. mieszaniny in d.m. of mixture	w s.m. osadu lub obornika in d.m. of sludge or manure	w świeżej masie in fresh matter	w s.m. mieszaniny in d.m. of mixture	w s.m. osadu lub obornika in d.m. of sludge or manure
Świeży osad z Siedlec Fresh sludge from Siedlce	bez dodatku without addition	10,17	–	46,23	–	–	–
	CaO	8,86	26,93	40,40	-12,9*	-41,7*	-12,6*
	popiół – ash	8,99	29,38	44,07	-11,6*	-36,5*	-4,7*
Świeży osad z Łukowa Fresh sludge from Łuków	bez dodatku without addition	12,21	–	61,05	–	–	–
	CaO	10,98	36,48	54,72	-10,1*	-40,3*	-10,4*
	popiół – ash	11,11	39,12	58,68	-9,0*	-35,9*	-3,9*
Świeży obornik Fresh farmyard manure	bez dodatku without addition	4,87	–	21,17	–	–	–
	CaO	4,17	12,52	18,78	-14,4*	-40,9*	-11,3*
	popiół – ash	4,31	13,68	20,52	-11,5*	-35,4*	-3,1*
Kompostowany osad z Siedlec – Composted sludge from Siedlce	bez dodatku without addition	9,95	–	43,26	-2,2**	–	-6,4**
	CaO	8,74	26,40	39,61	-1,4**	-2,0**	–
	popiół – ash	8,80	28,57	42,86	-2,1**	-2,8**	–
Kompostowany osad z Łukowa – Composted sludge from Łuków	bez dodatku without addition	10,43	–	49,20	-14,6**	–	-19,4**
	CaO	10,02	32,01	48,02	-8,7**	-12,2**	–
	popiół – ash	9,36	32,28	48,41	-15,8**	-17,5**	–

Tabela 3 cd. – Table 3 contd

Materiał organiczny Organic material	Rodzaj dodatku Kind of addition	Zawartość N _{og} , g · kg ⁻¹ N _{tot} content, g · kg ⁻¹			Zmiany zawartości N _{og} , % Changes in N _{tot} content, %		
		w świeżej masie in fresh matter	w s.m. miesza- niny in d.m. of mix- ture	w s.m. osadu lub obornika in d.m. of sludge or manure	w świeżej masie in fresh matter	w s.m. miesza- niny in d.m. of mix- ture	w s.m. osadu lub obornika in d.m. of sludge or manure
Kompostowa- ny obornik Composted farmyard manure	bez dodatku without addition	4,50	–	18,52	-7,6**	–	-12,5**
	CaO	3,87	11,12	16,68	-7,2**	-11,2**	–
	popiół – ash	4,18	12,86	19,29	-3,0**	-6,0**	–
Średnia Mean	bez dodatku without addition	8,69	–	39,91			
	CaO	7,77	24,24	36,37	–	–	–
	popiół – ash	7,79	25,98	38,97			
NIR _{0,05} dla: – LSD _{0,05} for:							
– rodzaju dodatku kind of addition		0,30	2,19	2,78			
– rodzaju nawozu kind of fertiliser		0,30	2,19	2,78	–	–	–
– kompostowania composting process		0,21	1,48	1,89			

* w stosunku do materiału bez dodatku – relative to material without addition

** w stosunku do materiału świeżego – relative to fresh material

Zawartość azotu w mieszaninach z CaO i popiołem była istotnie mniejsza niż w osadach bez dodatków (tab. 3). Mieszaniny osadowo-wapniowe zawierały w suchej masie średnio o 41,0% mniej azotu niż same osady, a mieszaniny osadowo-popiołowe o 36,2% mniej.

Straty azotu w przeliczeniu na suchą masę osadu znajdującego się w mieszaninie, zarejestrowane po dodaniu popiołu do osadów, były niewielkie i nie przekraczały 4,7% (tab. 3). Straty azotu po dodaniu CaO do osadów były ponad 2-krotnie większe – wynosiły średnio 11,5%.

Zmiany zawartości azotu zachodzące podczas kompostowania badanych materiałów były zróżnicowane w zależności od rodzaju osadu i zastosowanego dodatku (tab. 3). Podobnie jak straty węgla, tak i straty azotu były większe w przypadku osadów stabilizowanych tlenowo (19,4% w przeliczeniu na suchą masę) niż osadów po metanowej fermentacji (6,4%). Największe straty azotu podczas kompostowania zaobserwowano w osadach ściekowych bez dodatku, nieco mniejsze w osadach z dodatkiem popiołu, a najmniejsze w mieszaninach osadowo-wapniowych.

DYSKUSJA

Osady ściekowe z Siedlec i Łukowa, na tle osadów badanych przez innych autorów [Gilewska i Przybyła 2001, Czekąła 2002, Krzywy i Iżewska 2004], charakteryzowały się przeciętną zawartością suchej masy. Większa niż w oborniku zawartość wody w osadach ściekowych [Kalembasa i Symanowicz 1995] utrudnia wykorzystywanie tych odpadów w rolnictwie i zmniejsza opłacalność transportu. Aby dodatkowo zwiększyć zawartość suchej masy w osadach poddanych odwodnieniu na prasach lub w wirówkach, dodaje się do nich substancji mineralnych lub organicznych o małej zawartości wody, np. tlenku wapnia, słomy, trocin [Szymański i Janowska 2003]. W przeprowadzonym doświadczeniu po dodaniu CaO otrzymano mieszaniny o nieco większej zawartości suchej masy niż po dodaniu popiołu z węgla brunatnego. Mniejsza zawartość wody w mieszaninach z udziałem tlenku wapnia wynika z jej pochłaniania przez CaO w procesie hydratacji. Teoretycznie 1 kg CaO może przereagować z 0,32 kg wody, tworząc 1,32 kg $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Osady ściekowe najczęściej mają odczyn lekko kwaśny lub obojętny [Maćkowiak 2000, Krzywy i in. 2001, Czekąła 2002]. Wapnowanie powoduje alkalizację osadów do wartości pH wynoszącej ok. 12 [Szymański i Janowska 2003], co ogranicza ich wykorzystanie wyłącznie do gleb o odczynie kwaśnym. Pod tym względem znacznie szersze możliwości zastosowania oferują mieszaniny osadowo-popiołowe mające odczyn lekko zasadowy. Ostateczne ustalenie dawki takich mieszanin, odpowiadającej potrzebom wapnowania oraz nawożenia organicznego gleb, jest znacznie łatwiejsze niż określenie właściwej dawki mieszanin osadowo-wapniowych.

Do cennych składników osadów ściekowych należy substancja organiczna oraz pierwiastki ważne z punktu widzenia odżywiania się roślin (np. azot) – ich zawartość w badanych osadach była wysoka. Według danych z literatury przedmiotu [Maćkowiak 2000, Czekąła 2002], osady ściekowe zawierają najczęściej od 300 do ponad 700 g substancji organicznej w 1 kg suchej masy. O dużej w osadach ściekowych zawartości węgla w związkach organicznych oraz azotu świadczą również wyniki innych badań [Kalembasa i Deska 1992, Kalembasa i in. 1993, Wiater i Dębicki 1993, Kalembasa i Symanowicz 1999, Maćkowiak 2000, Czekąła 2002]. Po dodaniu CaO i popiołu do osadów zmniejszyła się zawartość substancji organicznej, węgla i azotu w materiale. Straty azotu będące skutkiem ulatniania się amoniaku w wyniku alkalizacji osadów były większe w przypadku dodania do nich CaO. Powstawanie dużych strat azotu przy takim sposobie przeróbki osadów wskazuje na możliwość zanieczyszczenia powietrza amoniakiem wokół oczyszczalni ścieków [Kalembasa i Kalembasa 1997]. Wielkość strat azotu będących efektem dodania CaO zależy od ilości zastosowanego dodatku [Kalembasa i Wysokiński 1999a, b].

Podczas kompostowania osadów i ich mieszanin z CaO i popiołem zmniejszyła się w nich zawartość substancji organicznej, węgla w związkach organicznych i azotu. Straty węgla w trakcie przechowywania nawozów organicznych są zjawiskiem powszechnym i potwierdzonym przez innych badaczy [Iglesias-Jimenez i Perez-Garcia 1991, Patorczyk-Pytlik i in. 1999, Ciećko i in. 2001], a ich przyczynę stanowi mineralizacja substancji organicznej i towarzyszące temu procesowi wydzielanie CO_2 . Największy ubytek C_{org} i substancji organicznej nastąpił w trakcie kompostowania osadów stabi-

zowanych tlenowo, nieco mniejszy – obornika, a najmniejszy – osadów po fermentacji metanowej. Wskazuje to na większą podatność na mineralizację substancji organicznej zawartej w osadach tlenowo stabilizowanych niż w oborniku oraz na powolny przebieg mineralizacji substancji organicznej zawartej w osadach poddanych fermentacji metanowej, w których część związków organicznych podatnych na rozkład uległa mineralizacji już podczas tej stabilizacji. Spadek zawartości C_{org} i substancji organicznej w trakcie kompostowania był mniejszy w przypadku mieszanin osadów z CaO i z popiołem niż osadów bez tych dodatków. Odmienne wyniki uzyskali Ciećko i inni [2001], którzy większy ubytek węgla w związkach organicznych stwierdzili przy kompostowaniu osadów zobojętnionych CaO niż osadów bez dodatku. Niewielkie zmniejszenie zawartości substancji organicznej w mieszaninach osadowo-wapniowych, odnotowane podczas przeprowadzonych badań, należy prawdopodobnie łączyć ze zmniejszeniem aktywności mikroorganizmów, spowodowanym silną alkalizacją środowiska.

PODSUMOWANIE

Osady ściekowe pochodzące z oczyszczalni ścieków w Siedlcach i Łukowie charakteryzowały się mniejszą zawartością substancji organicznej i węgla w związkach organicznych oraz ponad 2-krotnie większą zawartością azotu w porównaniu z obornikiem bydłowym.

Dodatek tlenku wapnia do osadów ściekowych silniej niż dodatek popiołu z węgla brunatnego alkalizował te osady oraz powodował znaczniejsze zwiększenie zawartości suchej masy i wystąpienie większych strat azotu.

W trakcie kompostowania osadów ściekowych zmniejszała się w nich zawartość węgla w związkach organicznych i azotu ogólnego. Dodatek do osadów CaO i popiołu z węgla brunatnego powodował spowolnienie tempa mineralizacji substancji organicznej zawartej w osadach, dzięki czemu straty azotu i węgla podczas kompostowania otrzymanych mieszanin były mniejsze od strat w przypadku osadów bez dodatku.

Porównując analizowane właściwości mieszanin osadowo-wapniowych i osadowo-popiołowych można stwierdzić, że z punktu widzenia ich zagospodarowania w rolnictwie do nawożenia roślin korzystniejsze jest dodawanie do osadów ściekowych popiołu z węgla brunatnego niż tlenku wapnia.

PIŚMIENNICTWO

- Ciećko Z., Harnisz M., Najmowicz T., 2001. Dynamika zawartości węgla i azotu w osadach ściekowych podczas ich kompostowania. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 475, 253–262.
- Czekala J., 2002. Wybrane właściwości osadów ściekowych z oczyszczalni regionu Wielkopolski. Cz. I. Odczyn, sucha masa, materia i węgiel organiczny oraz makroskładniki. Acta Agrophys. 70, 75–82.
- Gilewska M., Przybyła Cz., 2001. Wykorzystanie osadów ściekowych w rekultywacji składowisk popiołowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 477, 217–221.
- Iglesias-Jimenez E., Perez-Garcia V., 1992. Composting of domestic refuse and sewage sludge. II. Evolution of carbon and some „humification” indexes. Resour. Conserv. Recycl. 6, 243–257.

- Kalembasa S., Carlson R.N., Kalembasa D., 1989. A new method for the reduction of nitrates in total nitrogen determination according to the Kjeldahl method. *Pol. J. Soil Sci.* 22 (2), 21–26.
- Kalembasa S., Deska J., 1992. Chemical composition of waste-activated sludges of Siedlce region. *Pol. J. Soil Sci.* 25 (2), 141–147.
- Kalembasa S., Kalembasa D., 1992. A quick method for the determination of C/N ratio in mineral soils. *Pol. J. Soil Sci.* 25(1), 41–46.
- Kalembasa S., Kalembasa D., 1997. Wybrane chemiczne i biologiczne metody przeróbki osadów ściekowych. *Biotechnologia* 1 (36), 45–51.
- Kalembasa S., Makowiecki K., Kalembasa D., 1993. Skład chemiczny oraz frakcje azotu i węgla w biohumusach uzyskanych z osadów ściekowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 409, 159–166.
- Kalembasa S., Symanowicz B., 1995. Przetwarzanie osadów pościekowych z użyciem węgla brunatnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 422, 75–85.
- Kalembasa S., Symanowicz B., 1999. Frakcje azotu i węgla w kwaśnych wyciągach z osadów pościekowych i węgla brunatnych. *Fol. Univ. Agric. Stetin., Agricultura* 77, 373–378.
- Kalembasa S., Wysokiński A., 1999a. Using a mixture of ash from brown coal with waste-activated sludges as a possibility of their ecological utilization. *Zesz. Nauk. AR Krak., Sesja Naukowa* 64, 181–187.
- Kalembasa S., Wysokiński A., 1999b. Wpływ dodatku do osadów ściekowych popiołu z węgla brunatnego i CaO na straty azotu z osadów i wartość nawozową mieszaniny. *Fol. Univ. Agric. Stetin., Agricultura* 77, 145–150.
- Krzywy E., Izewska A., 2004. *Gospodarka ściekami i osadami ściekowymi*. Wyd. AR w Szczecinie.
- Krzywy E., Wołoszyk Cz., Izewska A., 2001. Przyswajalność fosforu przez rośliny z kompostów z komunalnych osadów ściekowych. *Pr. Nauk. AE Wroc., Chemia* 888, 107–113.
- Maćkowiak Cz., 2000. Skład chemiczny osadów ściekowych i odpadów przemysłu spożywczego o znaczeniu nawozowym. *Nawozy i Nawożenie* 4 (5), 131–143.
- Mazur K., Filipek-Mazur B., Kopeć M., Rościszewska M., 1996. Skład chemiczny kompostów z osadów i odpadów garbarskich. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 437, 271–276.
- Patorczyk-Pytlik B., Spiak Z., Gediga K., 1999. Ocena możliwości rolniczego wykorzystania osadów ściekowych z zakładów przetwórstwa drobiowego. Cz. I. Wpływ procesu kompostowania na zmiany składu chemicznego osadów przemysłu drobiowego. *Fol. Univ. Agric. Stetin., Agricultura* 77, 311–316.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych z dnia 1 sierpnia 2002 r. *Dz.U.* 2002 nr 134, poz. 1140.
- Siuta J., Wasiak G., 2001. Zasady wykorzystania osadów ściekowych na cele nieprzemysłowe (przyrodnicze). *Inż. Ekol.* 3, 13–42.
- Szymański K., Janowska B., 2003. Formy występowania metali ciężkich w osadach ściekowych. [W:] *Nowe spojrzenie na osady ściekowe – odnawialne źródła energii, cz. I*. Red. G. Malina. Wyd. Polit. Częstoch., 117–129.
- Ustawa o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r. *Dz.U.* 2001 nr 62, poz. 628.
- Wiater J., Dębicki R., 1993. Wpływ substancji organicznych i organiczno-mineralnych na zmiany C-organicznej i azotu w glebach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 409, 65–72.

**SOME PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS
OF FRESH AND COMPOSTED SEWAGE SLUDGES
AND THEIR MIXTURES WITH CaO OR BROWN COAL ASH**

Abstract. The study examined the effects of mixing sewage sludges with calcium oxide or brown coal ash and composting the mixtures on the dry matter, organic matter, organic carbon and total nitrogen contents of the materials and their pH values. The parameters under study, except for pH and dry matter, had lower values for mixtures than for fresh sludges, with the effect being stronger for the addition of CaO than ash. Adding CaO resulted also in a stronger alkalisation of sludges and in greater losses of nitrogen. Composting decreased the organic matter, organic carbon and nitrogen contents both of sludges and their mixtures with CaO and ash. The fall in the rate of organic matter mineralisation in the composting process was larger for the CaO addition.

Key words: sewage sludge, calcium oxide, brown coal ash

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 24.04.2006