

**Władysław ROGIŃSKI**

Katedra Budownictwa Wiejskiego SGGW

**Ewa JASIŃSKA**

WBiMRPW w Płocku, Zakład Inżynierii Sanitarnej i Ochrony Środowiska

## Badanie procesów biologicznych przerabiania słomy żytniej i gnojowicy na kompost

### Wstęp

Gnojowica jest cennym nawozem organicznym, zawiera znaczne ilości azotu, fosforu, potasu oraz wiele makro- i mikroelementów. Jest mieszaniną kału, moczu i resztek nie strawionych pasz (tab. 1). Gęstość jej zależy od sposobu splawiania odchodów zwierzęcych z pomieszczeń bezściółkowych i utrzymania higieny w budynkach. Ze względu na właściwości fizykochemiczne, zapachowe oraz zawartość bakterii chorobotwórczych, gnojowica

jest materiałem trudnym do przechowywania i do zagospodarowania. Nieprzemysłana gospodarka gnojowicą może prowadzić do skażenia gleby.

Przy chowie bezściółkowym w splawianej wodą gnojowicy nie występują procesy termiczne, co powoduje przeżywanie w niej wielu drobnoustrojów, także patogennych, i różnych larw pasożytów. W źle przechowywanej gnojowicy, przy niekontrolowanej fermentacji, powstają produkty o szkodliwym działaniu ubocznym (Nebiker 1973). Przy chowie ściółkowym, w dobrze

TABELA 1. Charakterystyka jakościowa gnojowicy pochodzącej z ferm trzody chlewnej (Mazur, Maćkowiak 1978)

Wskaźnik zanieczyszczeń	Zakres zmienności	Wartości średnie
BZT <sub>5</sub> [mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ]	8000:24000	16,000
ChZT [mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ]	13000:25000	22,500
Gęstość [kg/m <sup>3</sup> ]	0,9:1,4	1,03
Odczyn pH	—	7,0
Zawartość suchej masy [%]	0,85:11,4	4,3
Zawartość substancji organicznych [%]	0,6:9,2	3,00
Zawartość popiołu [%]	0,2:2,4	1,2
azot amonowy N <sub>NH<sub>4</sub></sub> [%]	—	0,34
azot ogólny N <sub>og</sub> [%]	0,12:0,67	0,3
azot azotanowy N <sub>NO<sub>3</sub></sub> [%]	—	0,02
Zawartość fosforu P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02:0,5	0,11
Zawartość potasu K <sub>2</sub> O	0,01:0,5	0,17
C:N (dla n = 1)	4,8:8,4-1,0	6,8:1,0

składowanym oborniku, w wyniku termofilnych procesów i rozkładu biomasy dochodzi do biotermicznego odkażenia. Kombinowane stosowanie słomy z gnojowicą w formie kompostu jest najkorzystniejszą formą nawożenia organicznego, gdyż następuje biotermiczne odkażenie gnojowicy, a część azotu rozpuszczonego w gnojowicy zostaje okresowo unieruchomiona i nie podlega wymywaniu w głąb gleby (Kutera 1977).

Sama gnojowica jest nawozem organicznym o dużej zawartości substancji nawozowych, posiada jednak niezbyt korzystny stosunek C do N; P; K (Ratyński 1974). Słoma (tab. 2) stanowi o strukturze kompostu i zdolnościach sorpcyjnych soli mineralnych. Zawarte w niej substancje organiczne ulegają wolnemu rozkładowi biochemicznemu w czasie kompostowania. Procesy te są kontynuowane w glebie, przyczyniając się w znacznym stopniu do wzbogacenia jej w próchnicę.

W słomie żytniej w warunkach naturalnych występują śladowe składniki mikroelementów (mg/kg s.m.) — fluor 9, mangan 50, cynk 30, żelazo 100, bor 2, kadm 0,05, ołów 2, arsen 0,1, nikiel 0,5.

Celem podjętych badań było ustalenie przydatności słomy żytniej i gnojowicy do produkcji kompostu w warunkach sztucz-

nych. Wyniki tych badań posłużą do wdrożenia nowej technologii utylizacji gnojowicy przy wykorzystaniu słomy.

Zakresem pracy objęto badania procesów kompostowania w komorach zamkniętych w możliwie optymalnych warunkach. W procesie kompostowania mierzono:

- czas trwania procesu,
- temperaturę powietrza i masy kompostowej,
- odczyn pH mieszaniny,
- objętość dodawanego powietrza,
- wilgotność surowego kompostu,
- stosunek C:N.

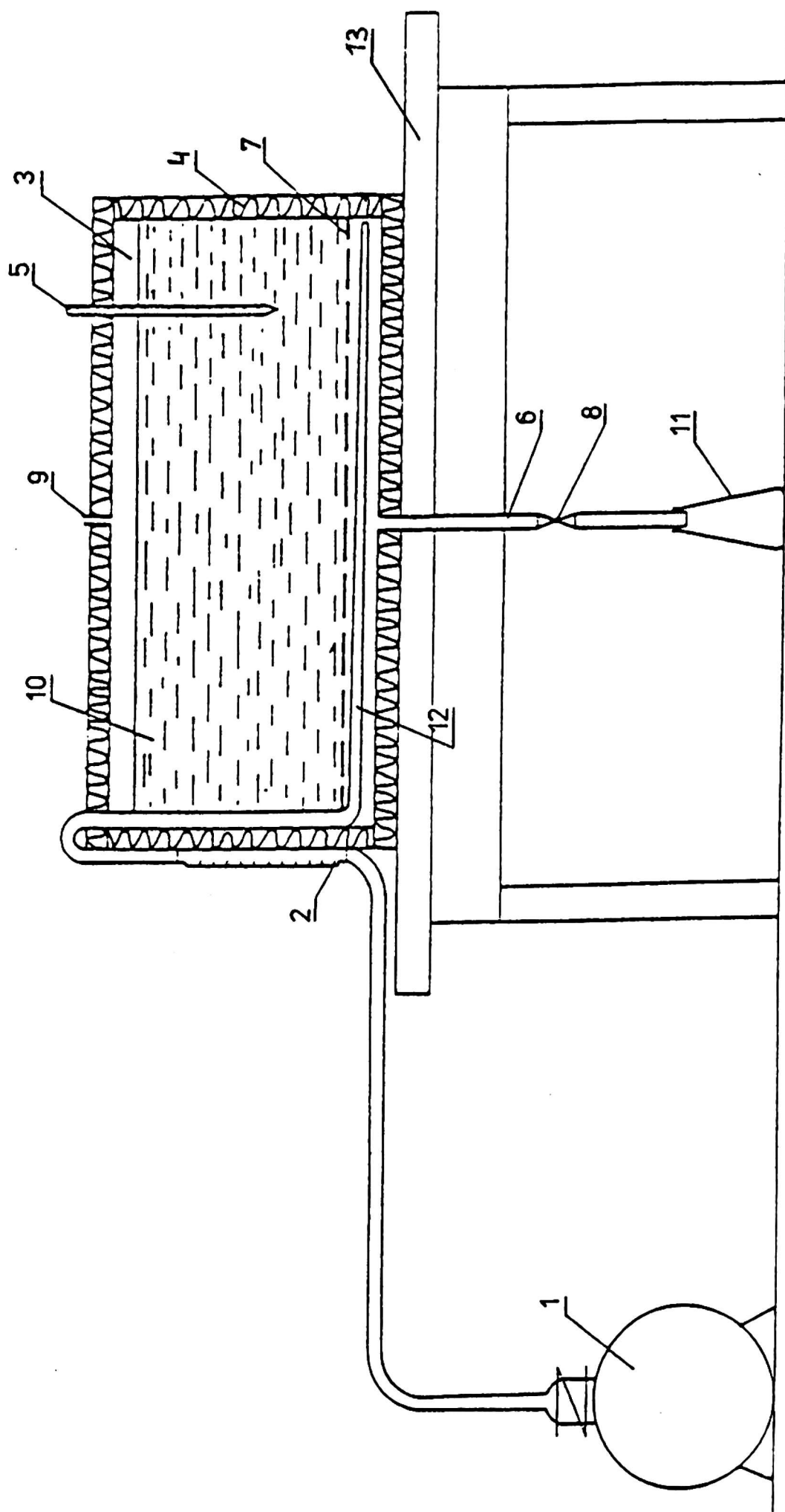
### Metodyka badań

Badania procesów wytwarzania kompostu ze słomy żytniej i gnojowicy wykonano na Politechnice Warszawskiej w Płocku (rys. 1). Gnojowica użyta do badań miała duże uwodnienie (tab. 3). Wielkość cząsteczek nie strawionej paszy oraz kału wahała się w granicach od 0,5 do 30 mm.

Do badań słoma żytnia była dobrze wysuszona, pochodziła z gospodarstwa oddalonego 20 km od Płocka, nie była więc zanieczyszczona bezpośrednio przez przemysł. Gnojowica i słoma użyte do kolejnych serii doświadczenia były pobierane z tych samych miejsc. Gnojowicę w poszcze-

TABELA 2. Skład chemiczny słomy ozimej [%] wg "Poradnika papiernika" (Kempa 1983)

Składnik	Słoma żytnia ozima
celuloza	54,0
pozostałe węglowodany i substancje pektynowe	25,7
substancje białkowe i zawierające azot	1,5
łuszcze i woski	1,3
popiół	3,2
woda	14,3
<b>Skład słomy żytniej w warunkach naturalnych [%]</b>	
azot	0,6
fosfor	0,1
potas	0,3
wapń	0,05
magnez	0,07
sód	0,02
siarka	0,1



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego; 1 — sprężarka, 2 — rotametr, 3 — zamknięta komora kompostowa  $V = 40\text{ l}$ , 4 — ocieplenie, 5 — termometr, 6 — odpływ odcieku, 7 — ruszt, 8 — zawór odcinający, 9 — odpowietrzenie, 10 — zagęszczona masa kompostowana, 11 — zlewka  $V = 2\text{ l}$ , 12 — przewód powietrzny, 13 — stół

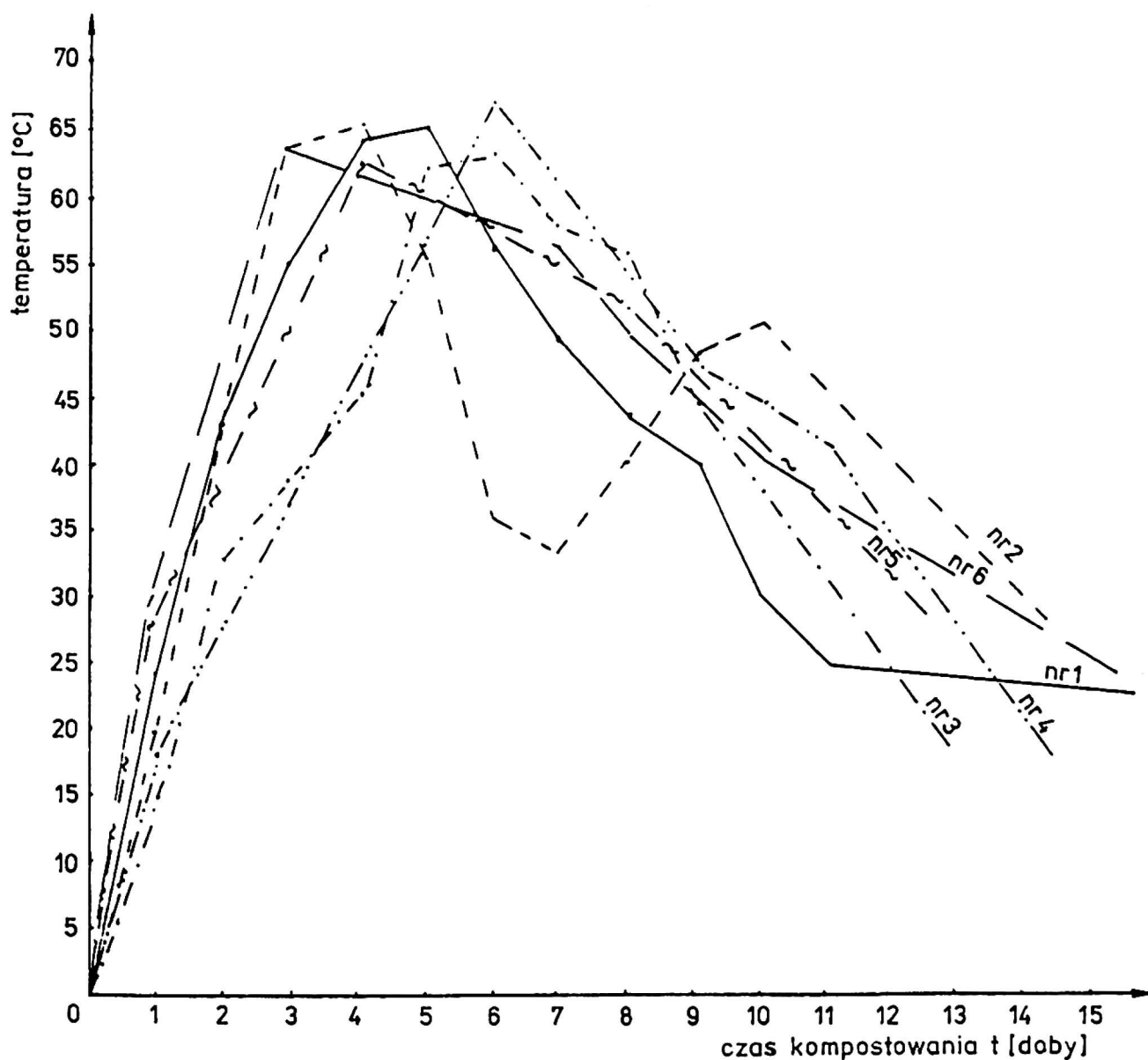
TABELA 3. Program badań procesów kompostowania słomy żytniej i gnojowicy od trzody chlewnej

Seria badań	Skład masy kompostowej		Charakterystyka							słoma żytnia		
	gnojowica	słoma żytnia	gnojowica	[I]	[kg]	BZT <sub>5</sub> [mg O <sub>2</sub> / dm <sup>3</sup> ]	odeczyn pH	sucha masa [mg/dm <sup>3</sup> ]	N <sub>og.</sub> [mg/dm <sup>3</sup> ]		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [mg/dm <sup>3</sup> ]	K <sub>2</sub> O [mg/dm <sup>3</sup> ]
Nr 1 10-27.04.93	11	5,9	7041	7,0	14310	2389	2500	2200	800	długość 2-2,5 cm wilgotność 6%		
	masa zagęszczona g = 427 kg/m <sup>3</sup>											
Nr 2 27.04-11.05.93	10	4,6	7112	7,1	14560	2384	2300	2200	809	długość 2-2,5 cm wilgotność 6%		
	masa zagęszczona g = 410 kg/m <sup>3</sup>											
Nr 3 11-30.10.93	12	6	7300	7,8	14860	2843	2500	2700	1040	długość 2-2,5 cm wilgotność 6%		
	masa zagęszczona g = 406 kg/m <sup>3</sup>											
Nr 4 2-15.11.93	11	5,4	7350	7,9	14780	2875	2500	2690	1049	długość 2-2,5 cm wilgotność 6%		
	masa zagęszczona g = 415 kg/m <sup>3</sup>											
Nr 5 7-14.12.93	11	5,6	7240	7,8	14680	2823	2480	2710	980	długość 2-2,5 cm wilgotność 6%		
	masa zagęszczona g = 401 kg/m <sup>3</sup>											
Nr 6 1-18.02.94	11	5,7	7290	7,6	14810	2798	2469	2689	991	długość 2-2,5 cm wilgotność 6%		
	masa zagęszczona g = 405 kg/m <sup>3</sup>											

Gnojowica z siewką była wstępnie wymieszana, napowietrzana, polewana i ubijana w trakcie kompostowania

gólnych próbach mieszano z siewką w różnych proporcjach (tab. 3). Słomę odpowiednio pocięto (tab. 3), zalewano gnojowicą i mieszano, następnie odpowiednio zagęszczano i komorę zakrywano. Po stwierdzeniu zainicjowania procesu termi-

cznego masę kompostowaną napowietrzano. W momencie gdy temperatura w przyźmie zaczynała się obniżać, masę przerzucono. Proces ten powtarzano do chwili, gdy po przerzuceniu masy nie następował wzrost temperatury (rys. 2).



Nr wykresu	Wilgotność masy komp. [%]	Napowietrzanie [dm <sup>3</sup> /g <sub>s.m.</sub> ]	Zagęszczenie słomy [kg/m <sup>3</sup> ]
1	79,8	0,1	427
2	79	0,1	410
3	79,2	0,1	406
4	78,9	0,1	415
5	80	0,1	401
6	79,6	0,1	405

Rys. 2. Przebieg temperatury w czasie kompostowania dla warunków podanych w tabeli 3

TABELA 4. Przebieg procesu kompostowania słomy żytniej i gnojowicy od trzody chlewnej od 3–6 dnia

Składnik	Czas trwania procesu							
	seria nr 1 10-27.04.93	seria nr 2 27.04-11.05.93	seria nr 3 11-30.10.93	seria nr 4 2-15.11.93	seria nr 5 7-14.12.93	seria nr 6 1-18.02.94		
	zakres zmien- ności	wartości średnie	zakres zmien- ności	wartości średnie	zakres zmien- ności	wartości średnie	zakres zmien- ności	wartości średnie
pH	7,9-8,1	8,0	7,6-8,0	7,8	7,4-7,8	7,6	7,4-7,8	7,6
Temperatura [°C]	55-65	62	38-62	61	50-65	61	49-64	63
Wilgotność [%]	79,4- -80,2	79,8	78,8- -79,2	79,0	78,6- -80,2	78,9	79,5- -80,5	80,0
Ilość powietrza [dm <sup>3</sup> g <sub>s</sub> .h <sup>-3</sup> ]	0,096- -0,102	0,1	0,096- -0,102	0,1	0,096- -0,102	0,1	0,096- -0,102	0,1
Sucha masa org. [g/kg]	93,75- -95,69	94,72	93,75- -95,96	94,81	94,56- -96,04	95,3	94,02- -95,96	94,99
Temperatura otoczenia [°C]	17-19	18	17-19	18	17-19	18	17-19	18
Sucha masa [g/kg]	198-206	202	201-225	213	205-213	209	200-208	204
							201-213	207

Nadmiar gnojowicy nie wchłonięty przez słomę odprowadzany był z komory do zlewki. Po zakończeniu procesów termicznych w komorze (tab. 4) odciek wykorzystano do utrzymania odpowiedniej wilgociny masy kompostowej. W masie kompostowanej badano: temperaturę, wilgotność, suchą masę, odczyn i ilość dostarczonego powietrza.

Gnojowica dodawana do kompostu miała za zadanie dostarczenie odpowiedniej ilości wilgoci, substancji pokarmowych, takich jak azot, fosfor, potas, a przy podwyższonej temperaturze ulegała termicznemu odkażaniu. Słoma żytnia i gnojowica w procesie kompostowania w komorze zmieniały się w kompost. Analizy fizykochemiczne gnojowicy prowadzono zgodnie z normami krajowymi i resortowymi, a oznaczenia fizykochemiczne wykonano metodami według polskich norm. Uzyskane wyniki zebrano i opracowano do celów statystycznych zgodnie z ogólnie przyjętymi metodami.

## Wyniki

Z analizy przeprowadzonych badań (tab. 4) wynika, że wstępne kompostowanie słomy z gnojowicą w zamkniętej komorze kompostowej zmienia te odpady w surowiec, który po okresie dojrzewania (8–12 tygodni) jest cennym nawozem organicznym. W procesie wstępnego kompostowania temperatura w przyzmy podniosła się do 65°C (tab. 4), co wskazuje, że nastąpiło odkażenie surowców i jednocześnie został przyspieszony rozkład substancji organicznej w komorze. Za wstępne kompostowanie przyjęto czas ustalenia się procesu termicznego, który trwa średnio około 4 dni.

W trakcie kompostowania wstępnego odczyn masy przerabianej (tab. 4) był zasadowy, wynikał on z przemian azotu zawartego w dużej ilości w gnojowicy. W badaniach skoncentrowano się na przebiegu w czasie 14 dni procesu termicznego w

przyzmy kompostowej. Jak to wynika z rysunku 2, maksymalna wartość temperatury w przyzmy wynosiła 63°C. Po 14 dniach kompostowania w warunkach optymalnych rozkład substancji organicznej wynika z charakterystyki materiału, jakim jest słoma zawierająca celulozy i ligniny, które są trudno rozkładalne. Analizując sposób przygotowania masy do kompostowania, można stwierdzić, że aby uzyskać temperaturę odpowiednio wysoką — rzędu 55–65°C, która zapewnia pasteryzację materiału kompostowanego, należy masę słomy zagęścić przez ubicie do około 400 kg/m<sup>3</sup>. Powoduje to małe straty ciepła i jednocześnie szybki wzrost temperatury. Ubita masa kompostowa wymaga ciągłego napowietrzania, żeby zachodził proces rozkładu węglowodanów i związany z tym wzrost temperatury. Przy napowietrzaniu rzędu 0,09–0,12 dm<sup>3</sup>/g<sub>s.m.</sub> · h mineralizacja rozkładalnej substancji organicznej powodowała wzrost temperatury do 65°C po 3 dniach kompostowania, przy wilgotności masy kompostowanej około 78%. Wilgotność ta jest korzystna, ponieważ wykorzystana jest chłonność słomy rzędu 257% i nie wpływa jeszcze ujemnie na przebieg procesu (tab. 4).

Gnojowica, która nie została wchłonięta przez sieczkę, odciekła z przyzmy i miała podwyższoną temperaturę. Temperatura odcieku wynosiła 60°C, przy temperaturze w przyzmy 65°C, toteż nastąpiło jej całkowite odkażenie. Odciek charakteryzował się zmniejszeniem BZT<sub>5</sub> w porównaniu z gnojowicą użytą do kompostowania o 19,45%, zawartość suchej masy również uległa zmniejszeniu o 52,2%, ilość amoniaku w odcieku zredukowana została o 63%, odczyn odcieku był lekko zasadowy. Te dane świadczą o przydatności odcieku do nawadniania pól uprawnych bez obawy skażenia środowiska przyrodniczego. Charakterystyka odcieku (tab. 5) pozwala na nawadnianie pól w odpowiednich dawkach, za pomocą deszczowni, bez obawy zatykania dysz zraszaczy.

TABELA 5. Charakterystyka odcieku w czasie kompostowania słomy żytniej i gnojowicy od trzody chlewnej

Oznaczenia	Zakres zmian	Wartości średnie
BZT <sub>5</sub> [mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ]	5520–5822	5671
Odczyn pH	7,9–8,3	8,1
Sucha masa [mg/dm <sup>3</sup> ]	6693–6987	6840
NH <sub>4</sub> [mg NNH <sub>4</sub> /dm <sup>3</sup> ]	501–525,2	513,1

## Wnioski

Przeprowadzone badania nad efektywnością kompostowania słomy pociętej na sieczkę i gnojowicy pozwoliły na zapoznanie się z dynamiką procesu kompostowania wstępnego, jak i zjawiskiem termicznego odkażania substratów. Dały one również możliwość opracowania optymalnych warunków prowadzenia procesu i pozwoliły na wyjałowienie odcieku. W następstwie przeprowadzonych badań laboratoryjnych i uzyskanych wyników można sformułować następujące wnioski:

1. W toku badań udowodniono słuszność postawionej tezy, że gnojowicę i sieczkę ze słomy można wspólnie kompostować, gdzie w wyniku procesów termicznych cała masa kompostowana ulega wyjałowieniu. Znajdujące się w gnojowicy chorobotwórcze drobnoustroje giną, bowiem podwyższona temperatura działa jak podczas pasteryzacji.

2. W celu uzyskania optymalnych warunków prowadzenia procesu wskazane jest cięcie słomy na sieczkę, na kawałki o długości maksymalnej 25 mm, oraz wstępne mieszanie sieczki z gnojowicą, pozwala to uzyskać wysoką wilgotność słomy potrzebną do szybkiego prowadzenia wstępnego kompostowania.

3. Optymalne prowadzenie procesu wstępnego kompostowania jest możliwe po zagęszczeniu pociętej masy około 400 kg/m<sup>3</sup>, utrzymaniu wilgotności w granicach 78% i doprowadzeniu powietrza w ilości od 0,09 do 0,12 dm<sup>3</sup>/g<sub>s.m.</sub>·h.

4. Po 3–6 dni kompostowania w komorze zamkniętej sucha masa organaiczna uległa obniżeniu o 1,94%, co świadczy o tym, że uzyskany kompost wymaga dal-

szego dojrzewania w otwartych przyzmacz jeszcze od 8 do 12 tygodni.

5. Odciek uzyskiwany w procesie wstępnego kompostowania jest wyjałowiony. W porównaniu do gnojowicy nie oczyszczonej w odcieku zawartość suchej masy jest mniejsza o ponad 50%, a amoniaku — o 60%, co wskazuje, że jest to dobry surowiec do nawadniania pól, jak również eliminuje kłopoty wynikające z magazynowania i rozprowadzania gnojowicy na pola w porównaniu z surową gnojowicą.

## Literatura

- RATYŃSKI K. 1974: *Ocena możliwości rolniczego wykorzystania gnojowicy*. Zielona Góra.
- MAZUR T., MAĆKOWIAK Cz. 1978: *Nawożenie gnojowicą*. PWRiL.
- KUTERA J. 1977: *Wykorzystanie odchodów zwierzęcych z ferm dla celów rolniczych*. Budownictwo rolnicze, 10; 9–10.
- NEBIKER H. 1973: *Nowa metoda przygotowania nawozu płynnego*. E. T. H. Sissach. Szwajcaria. Tłum. z niem. IMER XLVII, 254.
- KEMPA E. 1983: *Gospodarka odpadami miejskimi*. PWN.

## Summary

The paper presents results on composting a rye straw with a slurry of pigs. Subject to tests was duration of the process, level of pH, volume of air input, water content of raw compost material. As a result the assumption was proved that the chopped straw is possible to be composted in slurry so that by way of heating process that whole material is made free of bacteria, thus the research points to the good quality of the compost in question.

### Authors' address:

W. Rogiński  
Warsaw Agricultural University  
ul. Nowoursynowska 166  
02-766 Warszawa  
E. Jasińska  
WBiMRPW  
Zakład Inżynierii Sanitarnej i Ochrony Środowiska  
Płock