

JACEK DACH

*Akademia Rolnicza w Poznaniu*

ZBYSZEK ZBYTEK

*Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu*

## ZASADY PRAWIDŁOWEGO KOMPOSTOWANIA OBORNIKA W GOSPODARSTWACH ROLNYCH

### 1. Wstęp

Jednym z największych problemów w zakresie ochrony środowiska w działalności rolniczej jest gospodarka nawozami naturalnymi, a zwłaszcza ich składowanie oraz stosowanie na polu. Ustawa o nawozach i nawożeniu z dnia 26 lipca 2000 r. (jak również kolejne nowelizacje zmian ustawy z 2004 i 2007 r.) oraz rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 1 czerwca 2001 r. w sprawie szczegółowego sposobu stosowania nawozów oraz prowadzenia szkoleń z zakresu ich stosowania (Dz. U. Nr 60, poz. 616) w znaczący sposób wpłynęły w ostatnich latach na zmiany w sposobie gospodarowania nawozami pochodzenia odzwierzęcego w Polsce. Zmiany te dotyczyły przede wszystkim sposobów i warunków przechowywania nawozów, a także terminów i warunków ich stosowania. W przypadku obornika, rolnicy zostali zmuszeni powyższymi aktami prawnymi do budowy przed rokiem 2008 płyt gnojowych bez możliwości zastosowania alternatywnych metod zagospodarowania obornika, jak np. jego kompostowanie bezpośrednio na powierzchni gleby [Zbytek i in., 2004a]. Ten fakt, jak również brak możliwości składowania czasowego obornika w przyzmach polowych przed rozrzuconiem nawozu po polu narażał polskich rolników na bardzo duże i zupełnie niepotrzebne wydatki. Dopiero najnowsza ustawa, która obowiązuje od 15 listopada 2007 r. znosi obowiązek budowy płyt gnojowych dla mniejszych gospodarstw, jednocześnie jednak nie daje dużym gospodarstwom możliwości kompostowania obornika z zastosowaniem aeratorów bezpośrednio na powierzchni gleby. Tymczasem wzorem krajów zachodnich, to przede wszystkim duże gospodarstwa wprowa-

dzają u siebie technologie kompostowania obornika, bowiem wtedy korzyści ekonomiczne z tego tytułu są największe [Dach i in., 2004, Zbytek i in., 2004a].

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie wyników kompleksowych badań dotyczących kompostowania obornika w technologii tlenowej, porównania jej z tradycyjną beztlenową technologią w aspekcie kosztów, oddziaływania na środowisko i jakości uzyskanych nawozów. Wykazana zostanie również znacząca różnica w prawnej sytuacji polskich rolników i ich zagranicznych odpowiedników, którzy nie są poddani działaniu tak surowego i narażającego na niepotrzebne wydatki inwestycyjne prawa w zakresie zagospodarowania obornika.

## 2. Metody badań

Prezentowane wyniki uzyskane zostały w ramach badań prowadzonych w latach 1994-2005 r. we współpracy Instytutu Inżynierii Rolniczej (IIR) AR w Poznaniu, Institute Nationale de la Recherche Agronomique (INRA) w Rennes (Francja), Ecole Nationale Supérieure Agronomique oraz Przemysłowego Instytutu Maszyn Rolniczych (PIMR) w Poznaniu, w ramach następujących projektów badawczych:

- Le compostage des fumiers bovins: mise au point d'un retourneur d'andains et de la technique de compostage (Kompostowanie obornika: opracowanie aeratora przyzm i technologii kompostowania) 1994 r.
- La gestion du fumier bovin a la ferme: pertes gaseuses d'azot et cinétique de mineralization (Zagospodarowanie obornikiem na fermie: straty gazowe azotu i szybkość mineralizacji) 1996-1997 r.
- Opracowanie, budowa i badania prototypu aeratora przyzm materiałów organicznych, 2001-2002 r.
- Emisje gazowe w różnych technologiach zagospodarowania obornika (2001-2003 r.).

Metodyka badań została opracowana we współpracy powyższych instytucji i obejmowała analizę zmian właściwości fizycznych i chemicznych (masa, gęstość, objętość, pH, przewodność, materię organiczną i popiół, azot ogólny, amonowy, C/N, PWK), oraz mikrobiologicznych (ogólna liczba bakterii i grzybów mezo i termofilnych). Wykonywano pomiary emisji gazowych ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) z obornika składowanego beztlenowo i kompostowanego (z zastosowaniem tunelu aerodynamicznego i w warunkach laboratoryjnych na 2-komorowym bioreaktorze) oraz po rozrzuconiu nawozów na polu (z zastosowaniem tunelów Lockyer'a). Dokonywano testów na kiełkowanie nasion chwastów wg standardowych metod przyjętych w INRA Rennes oraz AR w Poznaniu (badania wschodów na szalkach Petriego, próby po 100 nasion). Wskaźniki eksploatacyjne pracy maszyn wyliczono wg Polskiej Normy, zaś obliczenia kosztów eksploatacji przeprowadzono wg

standardowej metodyki opracowanej w IBMER. Szczegółowa metodyka opisywana była w szeregu publikacji w latach 1994-2005 [Dach, 1994; Dach, Zbytek, 2004; Zbytek i in., 2004a; Dach, 2005].

### 3. Definicja kompostowania

Kompostowanie jest naturalnym procesem rozkładu materii organicznej, dokonywanym przez mikroorganizmy przy dostępie tlenu, prowadzące do uzyskania wartościowego nawozu o wysokiej zawartości próchnicy [Mustin 1987, Dach 2000]. Podstawowa różnica pomiędzy tradycyjną technologią przechowywania obornika w przyzmach a jego kompostowaniem wyraża się przede wszystkim w dostępie tlenu do wnętrza materiału. Najważniejszym parametrem tradycyjnego przechowywania obornika jest ugniecenie przyzmy po jej uformowaniu w celu ograniczenia emisji amoniaku, jak też niedopuszczenie do zagrzanania się materiału. Wówczas bowiem w warunkach beztlenowych i podwyższonej temperatury następuje bardzo silny wzrost emisji podtlenku azotu i metanu, gazów działających wielokrotnie mocniej na efekt cieplarniany niż dwutlenek węgla [Amon i in. 1999]. Ideą kompostowania jest natomiast utrzymywanie warunków tlenowych we wnętrzu obornika przez cały okres trwania procesu. Dzięki temu następuje bardzo silny wzrost temperatury dający efekt pasteryzacji kompostowanego materiału (zniszczenia nasion chwastów, jaj i larw pasożytów, bakterii chorobotwórczych), zminimalizowana jest emisja  $\text{CH}_4$  i  $\text{N}_2\text{O}$ , a także bardzo szybko następuje transformacja większości azotu amonowego w formę organiczną [Acsci-Biorex 1989, Dach, 1994, Morvan i in., 1999, Łowiński i in., 2006].

Należy też podkreślić, że padające czasem stwierdzenia jakoby kompostowanie było tożsame z metodą „fermentacji gorącej” opracowanej przez Krantza w początkach XX w. mijają się z prawdą. W tamtej bowiem technologii obornik był luźno układany warstwami 30-40 cm, które po zagrzaniu się do 50-60°C były ugniatane, po czym przykrywane kolejną warstwą, aż do osiągnięcia wysokości kopca 4-5 m. Tymczasem ugniatanie obornika jest niedopuszczalne w czasie kompostowania bowiem ogranicza niezbędny dopływ tlenu.

## 4. Wyniki badań

### 4.1. Kompostowanie a składowanie beztlenowe - wady i zalety

Kompostowanie obornika przebiegające w wysokiej temperaturze w czasie trwania fazy termofilnej bardzo różni się przebiegiem zmian fizycznych, chemicznych i biologicznych od tradycyjnego, beztlenowego składowania obornika. Nagrzewający się do nawet 75°C materiał bardzo szybko się rozkłada, co powoduje spadek objętości przyzmy nawet o 70-75% [Acsci-Biorex 1989; Dach, 1994;

Dach, 2000]. Z kolei w wyniku odparowywania wody masa przymy zmniejsza się średnio o połowę, a w przypadku braku opadów nawet o 60-70%. Badania robione w latach 90. we współpracy Instytutu Inżynierii Rolniczej AR w Poznaniu i INRA w Rennes (Francja) dowiodły, że w czasie fazy termofilnej nawet opady 220 mm deszczu w okresie 3 tygodni nie zahamowują procesu kompostowania [Dach, 1994]. Z kolei badania kompostowania w okresie zimowym dowiodły, że nawet przy pogodzie do  $-10^{\circ}\text{C}$  wewnątrz przymy utrzymuje temperaturę powyżej  $60^{\circ}\text{C}$ , co czyni tę metodę możliwą w użytkowaniu całorocznym [Dach, Zbytek, 2004]. Jedynym zagrożeniem jest wtedy całkowite przysypanie przymy śniegiem i odcięcie dostępu powietrza. Oczywiście faza termofilna, wskutek większych strat ciepła, jest w warunkach zimowych krótsza o 1-3 tygodnie, niż w warunkach letnich, gdzie dochodzi nawet do 8 tygodni.

Trzeba podkreślić, że straty masy kompostowanego obornika to przede wszystkim odparowywana woda oraz dodatkowo dwutlenek węgla z rozkładanej słomy. Na początku (2-4 dni po pierwszym napowietrzeniu) występują także straty w wyniku emisji amoniaku, ale z reguły nie przekraczają one 8-10% ogólnej zawartości azotu, ponieważ reszta amoniaku jest zamieniana przez bakterie w azot organiczny, stanowiący budulec białka ich komórek. To sprawia, że w odróżnieniu od zwykłego obornika, z kompostu nie występuje już emisja amoniaku, więc może być stosowany na polu nie tylko bez natychmiastowego przyorania, ale nawet pogłównie czy na trwałych użytkach zielonych przy skróconym okresie karencji w stosunku do zwykłego obornika [Petit i in., 1990; Dach, 1994].

W wyniku zwiększenia zawartości suchej masy oraz wzrostu kompleksu sorpcyjnego kompost jest odporny na wymywanie składników mineralnych [Austin, 1989; Dach, 1994]. Badania wykazały, że w ciągu pierwszych 7 tygodni wzrost PWK<sup>1</sup> w kompostowanym materiale osiąga 250-290%, zaś w przypadku tradycyjnie przechowywanego obornika pozostaje on na zbliżonym poziomie [Dach, 2000]. Dzięki temu kompost może być przechowywany przez długi czas bezpośrednio na powierzchni gleby bez ryzyka jej zatrucia [Petit i in., 1990]. Z reguły nie występuje potrzeba ścielenia słomy pod przymę obornika przeznaczonego do kompostowania, jak to twierdzi Kwaśnicki [Kwaśnicki i in., 2007]. Badania wykazały bowiem, że typowy obornik o średniej zawartości słomy i wilgotności co najmniej 25% nie generuje odcieków w czasie fazy termofilnej nawet przy intensywnych opadach rzędu 220 mm w ciągu 3 tygodni [Dach, 1994]. Stąd tworzenie dodatkowej warstwy słomy w takim przypadku niepotrzebnie zwiększa koszty technologii i robocizny.

Kompost posiada przyjemny zapach ściółki leśnej i brunatny kolor ziemi ogrodniczej (posiadając znacznie większą od niej zawartość próchnicy). Bardzo wysoka wartość nawozowa kompostu wynikająca ze znacznie podwyższonej za-

<sup>1</sup> PWK – pojemność wymienna gleby względem kationów.

wartości suchej masy powoduje, że powinien on być stosowany w dawce 15 t/ha, co jest równoważne 30-35 t obornika [Petit i in., 1990; Drieux, 1994].

Taki kompost jest czysty pod względem sanitarnym, co jest przede wszystkim zasługą wysokiej temperatury w czasie pierwszych 2-4 tygodni kompostowania. Doświadczenia pod kątem przeżywalności nasion chwastów w kompostowanym oborniku prowadzone w AR w Poznaniu i INRA Rennes wykazały, że w przypadku wystąpienia fazy termofilnej żaden z testowanych gatunków nasion nie wykazywał zdolności kiełkowania [Dach, 1994; Dach 2000; Łowiński i in., 2006]. Tymczasem w badaniach prowadzonych przez pracowników Katedry Uprawy Roli i Roślin AR Poznań stwierdzono, że jeden kilogram obornika może zawierać średnio 8-13 nasion chwastów zdolnych do kiełkowania, a istnieją doniesienia amerykańskie, które wskazują, że wielkość ta może być jeszcze znacznie wyższa. Oznacza to, że stosowana przez rolników dawka 30-40 ton obornika na hektar może być źródłem wprowadzenia nawet do 0,5 mln nasion chwastów. Pasteryzacja obornika w procesie

kompostowania może być więc niezwykle ważnym elementem w ograniczeniu ilości chwastów, a tym samym stosowanych pestycydów w rolnictwie. Ten aspekt jest szczególnie ważny w rolnictwie ekologicznym. Należy bowiem pamiętać, iż zabronione jest tam stosowanie chemicznych środków ochrony roślin, zaś podstawowym stosowanym nawozem jest obornik. Dlatego tak ważne jest wyeliminowanie w czasie nawożenia możliwości wtórnego zakażenia pola chwastami. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, iż efekt ten można uzyskać właśnie przez kompostowanie obornika.

W badaniach kanadyjskich, gdzie również uzyskano potwierdzenie efektu fitosanitarnego kompostowania obornika [Asci-Biorex 1989; Petit i in. 1990] stwierdzono, że podstawowym czynnikiem niszczącym zdolność nasion do kiełkowania była wysoka temperatura w czasie kompostowania. Zgadza się to z wynikami uzyskanymi przez Dacha [Dach, 1994] oraz Łowińskiego i in. [Łowiński i in., 2006], którzy jednocześnie z nasionami umieszczonymi w kompostowanych pryzmach umieścili próby kontrolne w suszarkach o temperaturze regulowanej zgodnie z temperaturę nagrzewania się pryzm. W obu przypadkach uzyskano całkowity zanik zdolności do kiełkowania nasion po 4 dniach przebywania w temperaturze powyżej 60°C (temperatura typowa dla fazy termofilnej kompostowania obornika).

Według niektórych autorów [Asci-Biorex 1989] kompostowanie prowadzi również do rozkładu pestycydów i antybiotyków zawartych w oborniku. W warunkach intensywnej hodowli i prewencyjnego stosowania antybiotyków w paszach dla zwierząt, następuje wraz z odchodami przenoszenie się antybiotyków do środowiska. Mikroorganizmy mające w tych warunkach kontakt z antybiotykami nabierają na nie odporności co sprawia, że stosowane antybiotyki są coraz mniej skuteczne. Stąd też fakt, iż antybiotyki zawarte w odchodach zwierzęcych

są rozkładane w czasie fazy termofilnej, jest bardzo istotnym czynnikiem w walce z drobnoustrojami chorobotwórczymi i przemawia na korzyść wprowadzenia wręcz obowiązku termofilnego kompostowania obornika na fermach z intensywną hodowlą zwierzęcą.

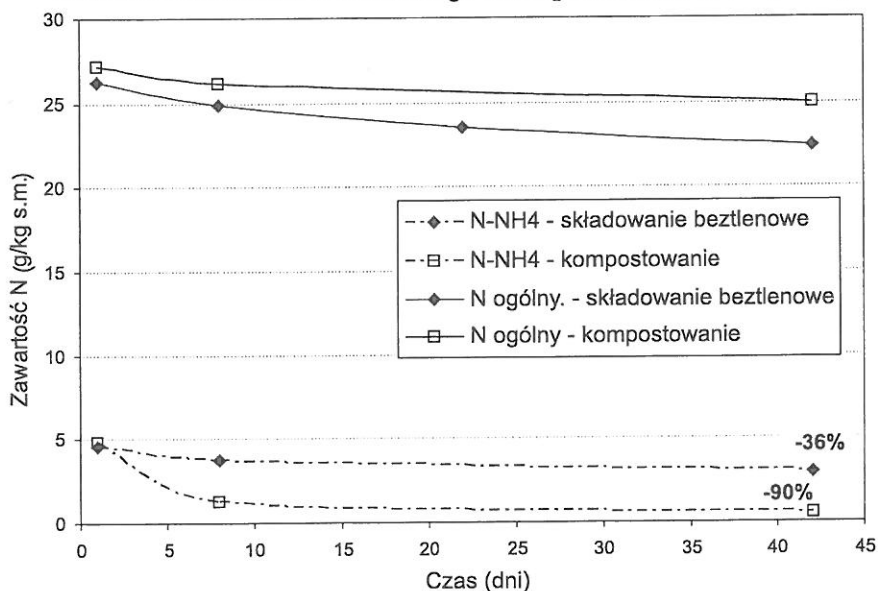
#### **4.2. Problem emisji amoniaku w czasie składowania beztlenowego i kompostowania obornika**

Podstawowym błędem w ocenie technologii kompostowania oraz tradycyjnej metody zagospodarowania obornika jest uwzględnianie emisji gazowych jedynie na etapie składowania lub kompostowania przyz. Tymczasem, dla obiektywnej i całościowej oceny niezbędne jest porównanie emisji z obornika składowanego beztlenowo i kompostowanego w całej technologii, począwszy od wyprowadzenia obornika z budynku inwentarskiego, aż do jego wprowadzenia do gleby. Ta idea była tematem badań w projekcie KBN Emisje gazowe w różnych technologiach zagospodarowania obornika (2001-2003), w którym po raz pierwszy w kraju przeprowadzono kompleksowe badania emisji ze składowanego, kompostowanego i rozrzuconego na polu obornika [Dach, Zbytek 2004]. Do badań emisji z przyz użyto tunelu aerodynamicznego, a do emisji z nawożonego pola zastosowano tunele Lockyer'a [Dach, 2005]. Dodatkowo, w doświadczeniach zastosowano adiabacyjny bioreaktor (bez wymiany ciepła z otoczeniem) do modelowania zmian fizyko-chemicznych oraz emisji gazowych z kompostowanego i składowanego beztlenowo obornika.

W wyniku badań stwierdzono, iż w czasie kompostowania obornika straty azotu ogólnego w wyniku emisji amoniaku są średnio nieco wyższe (11,9%) niż w przypadku beztlenowego przechowywania obornika (9,7%). Wyniki te zbieżne są z ze stratami amoniaku z kompostowanego obornika (11,6%) uzyskanymi przez Sommera [Sommer, 2001]. Jednakże Amon i in. [Amon i in., 1999] uzyskali znacznie wyższe straty azotu w wyniku emisji amoniaku w czasie kompostowania z ręcznym przerzucaniem przyz. Oznacza to, iż tylko szybki przejazd aeratorem przez przyz pozwala na redukcję emisji amoniaku, zaś mało wydajne i powolne napowietrzanie obornika oraz wystawianie jego małych porcji na dłuższy kontakt z otoczeniem (jak to ma miejsce przy przerzucaniu ręcznym) może być powodem zwiększenia emisji  $\text{NH}_3$ .

Rysunek 1

Zmiany zawartości azotu całkowitego i amonowego w oborniku w czasie składowania beztlenowego i kompostowania [Dach, 2000]



Źródło: Wyniki badań własnych.

Należy też podkreślić, że o ile emisja amoniaku z kompostowanego obornika szybko zanika w ciągu kilku pierwszych dni po wykonaniu pierwszej aeracji, to w składowanym beztlenowo oborniku utrzymuje się, choć na niewielkim poziomie, przez cały okres przechowywania. Dodatkowo badania emisji wykonane w czasie rozrzutu obornika i kompostu na polu wykazały, iż rozrzucany kompost nie emituje już amoniaku, co jest związane z bardzo niską zawartością N-NH<sub>4</sub> w kompostowanym oborniku [Amon i in., 1999, Dach 2000]. Tymczasem w badaniach polowych stwierdzono, iż obornik przechowywany w warunkach beztlenowych w trakcie nawożenia nim pola tracił w wyniku emisji amoniaku od 5% azotu ogólnego (wynik uzyskany w listopadzie przy bezwietrznej i mglistej pogodzie) do 51% (wynik z badań w okresie czerwca i lipca).

#### 4.3. Praktyczna realizacja kompostowania

Dawniej w krajach Europy Zachodniej i USA na szerszą skalę stosowały tę technologię głównie gospodarstwa ekologiczne, używając do napowietrzania obornika rozrzutników [Dach, Sęk, 1998]. Obornik ładowany był na rozrzutnik i po wymieszaniu przez adapter formowana była przyzma. Ze względu na dużą pracochłonność ten sposób nie mógł być jednak zastosowany w większych gospodarstwach, dlatego w latach 90. pojawiły się na rynku ciągnikowe aeratory przyzm.

Typowy aerator posiada ramę w kształcie odwróconej i spłaszczonej litery U, w której zamontowano bęben (niekiedy dwa), napędzany przez WOM ciągnika. W czasie jazdy aerator wjeżdża w przyzmę, zaś obracający się bęben powoduje wymieszanie obornika pozostawiając za sobą napowietrzony i jednorodny materiał.

Na podstawie przeprowadzonych wieloletnich doświadczeń [Dach, 1994; 2000] stwierdzono, że proces waloryzacji każdego z badanych rodzajów obornika (a także innych stałych nawozów organicznych) można generalnie podzielić na dwa etapy: formowania przyzm odpadu lub mieszanek odpadów przeznaczonych do kompostowania oraz właściwego procesu kompostowania (rysunek 2). Formowanie przyzm jest niezwykle ważnym elementem całego procesu, ponieważ w trakcie badań niejednokrotnie stwierdzono, że nieodpowiednie wymiary przyzm bądź (w przypadku stosowania różnych materiałów), a także złe wymieszanie poszczególnych warstw przyzmy może wpłynąć na niekorzystny przebieg procesów oksydacji, a w wyjątkowych wypadkach wręcz go zahamować. Do formowania należy użyć przyczep wywrotek. W przypadku, kiedy do transportu obornika będzie zastosowany rozrzutnik to formowanie przyzmy jest jednocześnie pierwszym napowietrzeniem materiału i rozpoczyna proces kompostowania. Wówczas, kiedy stosuje się aerator to dla ułatwienia jego pracy warto przed napowietrzeniem przyzmy wyrównać jej brzegi, stosując do tego celu ładowarkę lub ładowacz czołowy. Wymiary przyzm (przekrój) powinny być na tyle duże, aby stosunek powierzchni do objętości był wystarczający do utrzymania na odpowiednio wysokim poziomie temperatury w czasie kompostowania w warunkach jesienno-zimowych, a przy tym zapewniał odpowiednią wymianę i rozprowadzenie powietrza we wnętrzu. Optymalny przekrój zależy od rodzaju materiału nadającego porowatą strukturę przyzmi i zwiększa się wraz z udziałem takich składników jak słoma, kora drzewna i inne duże części organiczne. Dla przyzm obornika nisko i średniosłomiastego (zawartość słomy poniżej 6 kg/SD/dziennie) lub mieszanek różnych odpadów z decydującym udziałem obornika szerokość przyzmy u podstawy powinna wynosić od 2 do 3-3,5 m, zaś wysokość początkowa od 1,2 do 1,5 m [Zbytek, Dach, 2006].

Ponieważ z definicji kompostowania wynika, że proces ten jest mikrobiologicznym rozkładem materii organicznej prowadzonej w warunkach tlenowych. Dla jego zapoczątkowania niezbędne jest napowietrzenie przyzmy. Napowietrzenie powoduje natychmiastowe zapoczątkowanie rozkładu tlenowego kompostowanej masy, dla którego charakterystyczny jest bardzo intensywny rozwój mikroorganizmów i wywołany w jego wyniku wzrost temperatury do ponad 60-70°C w ciągu 2-3 dni. Wskutek zapadania się napowietrzonych przyzmy utrudniającego wymianę gazową i dużej konsumpcji tlenu przez mikroorganizmy szybko tworzą się we wnętrzu warunki beztlenowe, które spowalniają kompostowanie. Dlatego po ok. 5-14 dniach od uformowania przyzmy należy wykonać drugie napowietrzanie gdyż po pierwsze przyzma zapada się odcinając dostęp powietrza do wnętrza, po

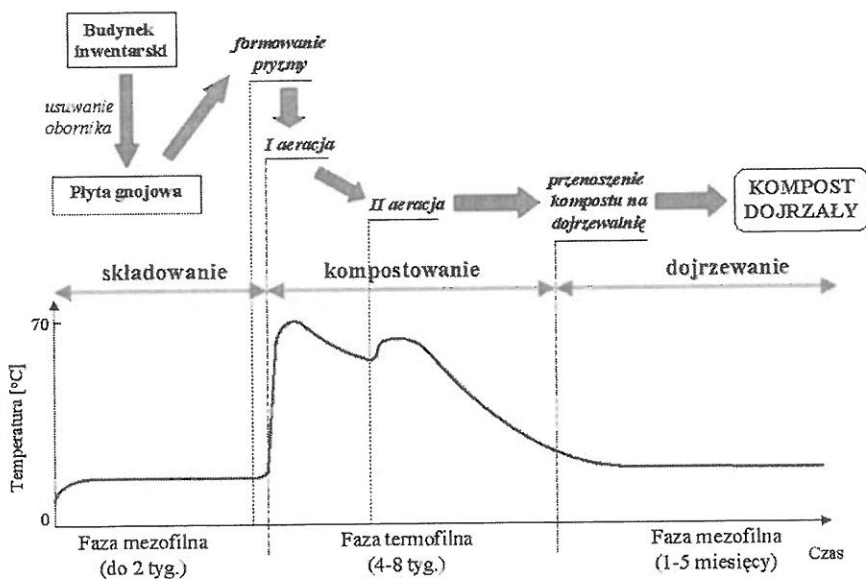
drugie zaś słabiej nagrzewająca się wierzchnia warstwa pryzmy musi być wymieszana z gorącym materiałem w wnętrzu. To napowietrzanie zapewnione jest dzięki uzwojeniu ślimakowemu na bębnie roboczym, które wciąga boczne warstwy wypychając na zewnątrz środek. Z tego też powodu, jeśli chce się uzyskać jednorodny materiał w całości poddany efektowi pasteryzacji, nie powinno się używać bębnow łopatkowych, które co prawda przerzucają materiał do tyłu i go napowietrzają, ale nie powodują jego cyrkulacji i wtłoczenia warstw powierzchniowych do wnętrza.

Kolejne napowietrzanie należy wykonać w przypadku wystąpienia zjawisk utrudniających wymianę gazową w pryzmie. Ma to miejsce w czasie niekorzystnych warunków pogodowych (silne opady, niska temperatura) albo, gdy kompostowany obornik jest zbyt wilgotny (powyżej 75%) i zawiera zbyt mało słomy (poniżej 3 kg słomy/SD/dzień). Oba te czynniki powodują bowiem przyspieszone osiadanie pryzmy, pogorszenie jej porowatości co w konsekwencji prowadzi do postania warunków beztlenowych w materiale i zahamowania kompostowania [Dach, 2000].

Po kilku tygodniach kompostowania otrzymuje się wartościowy nawóz (tzw. młody kompost) o charakterystycznym brunatnym kolorze, bez nieprzyjemnego zapachu i o małej wilgotności. Jego dalsze dojrzewanie może trwać kilka miesięcy i prowadzi do otrzymania wskutek silnych procesów humifikacyjnych nawozu o bardzo wysokiej zawartości próchnicy [Austin, 1987; Petit i in., 1990].

Rysunek 2

Schemat typowej technologii kompostowania obornika z podziałem na fazy



#### 4.4. Koszty kompostowania i tradycyjnej technologii zagospodarowania obornika

##### 4.4.1. Koszt płyty gnojowej

Ustawa o nawozach i nawożeniu z 2000 r. oraz kolejna z 2004 nakładały na wszystkich rolników obowiązek budowy płyt gnojowych w 3,5 m<sup>2</sup> płyty na 1 DJP i zbiornika 2,5 m<sup>3</sup> na gnojówkę i wodę gnojową. Płyta gnojowa oraz zbiornik musiały być zlokalizowane zgodnie z istniejącymi przepisami i wymogami prawa budowlanego. Prawidłowo wykonana płyta musi posiadać odpowiednie, twarde podłoże (np. utwardzoną betonem podsypkę piaskową) dla zabezpieczenia jej przed uszkodzeniami w wyniku przejazdu ciężkimi maszynami. Z kolei dla ochrony przed ewentualnymi przeciekami powinna mieć możliwość odprowadzania wycieków z obornika, które poprzez system rur są kierowane do zbiornika.

Ustawa o nawozach i nawożeniu z 2000 i 2004 r. zmusiła polskich hodowców do poniesienia znaczących kosztów inwestycyjnych. W obliczeniach prowadzonych we współpracy IIR AR, PIMR i IBMER [Zbytek i in., 2004a] stwierdzono, że koszt wybudowania płyty gnojowej dla typowego gospodarstwa o produkcji rocznej 1200 tuczników wyniesie 102.300 zł. Był to koszt wybudowania płyty gnojowej o 300 m<sup>2</sup> powierzchni oraz zbiornika 210 m<sup>3</sup>. Taka powierzchnia płyty wystarczyła na składowanie obornika od 85 DJP. Do obliczeń przyjęto jednak ówczesne ceny rynkowe, które w 2004 r. kształtowały się na poziomie średnio 145 zł za 1 m<sup>2</sup> płyty plus koszty instalacji na gnojówkę. W obecnej sytuacji rynkowej, po bardzo silnym wzroście cen materiałów i robocizny w latach 2006-2007, koszt ten przy optymistycznych założeniach osiąga ponad 200 tys. zł. Wykonanie płyty o powierzchni 300 m<sup>2</sup> ze zbiornikiem we własnym zakresie było znacznie tańsze, bowiem koszt wyrównania i utwardzenia terenu, zakupu cementu i żwiru zamykał się wówczas w kwocie ok. 55 tys. zł [Zbytek i in., 2004a].

Obecnie, wraz z uchwaleniem w 2007 r. kolejnej, trzeciej już wersji ustawy o nawozach i nawożeniu, która znosi obowiązek budowy płyt gnojowych dla mniejszych gospodarstw, ustawodawstwo krajowe upodabnia się wreszcie do zagranicznego. Bowiem już w latach 90. prawo francuskie, brytyjskie czy belgijskie pozwalało na składowanie i kompostowanie obornika bezpośrednio na powierzchni gleby. Jednak w dalszym ciągu krajowe gospodarstwa posiadające więcej niż 2000 tuczników lub 750 macior zmuszone są do budowy płyt gnojowych bez alternatywy w postaci kompostowania obornika bezpośrednio na powierzchni gleby. Przyjmując, iż 1 tucznik o wadze 70 kg odpowiada 0,14 DJP, wówczas przy stanie średniorocznym 2000 tuczników będzie to liczba 280 DJP. Takie stado wg nowych przepisów wymaga wybudowania płyty gnojowej o powierzchni 980 m<sup>2</sup>, co jest równoznaczne z poniesieniem kosztów blisko 0,5 mln zł<sup>2</sup>. Tymczasem zakup ae-

2 Przy cenie za 1 m<sup>2</sup> płyty równej 500 zł, średnie ceny w Polsce w 2007 r., to ok. 400-600 zł.

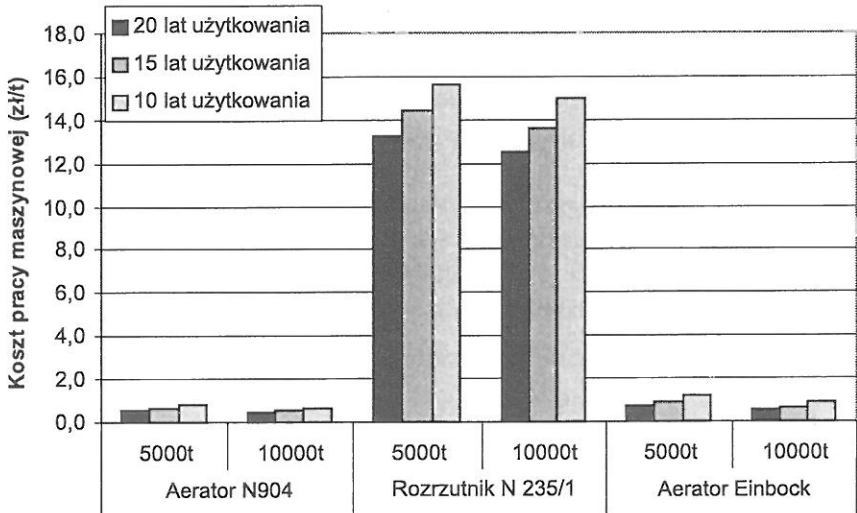
ratora jest rozwiązaniem 10-krotnie tańszym od budowy płyty, która w dodatku jest inwestycją trwale zajmującą teren. Koszt usunięcia prawidłowo zbudowanej płyty jest bardzo wysoki.

Tymczasem w większości krajów Europy Zachodniej nie jest wymagane posiadanie płyty gnojowej do kompostowania obornika. Przykładowo duże gospodarstwa francuskie zamiast inwestować w płyty dokonują zakupu aeratora lub zlecają kompostowanie obornika usługowym firmom albo kółkom rolniczym (średnia cena za przerobienie 1 mb. przyzmy to ok. 1 euro) [Zbytek i in., 2004b]. Brak w najnowszej ustawie o nawozach i nawożeniu jasnej alternatywy dla płyt gnojowych w postaci możliwości kompostowania obornika na gruncie jest bardzo poważnym mankamentem. W praktyce, w Polsce możliwe jest obecnie legalne kompostowanie obornika na gruncie, lecz wymaga ono przejścia skomplikowanej drogi prawnej celem uzyskania niezbędnych pozwoleń.

#### 4.4.2. Koszt mechanizacji kompostowania

Dla właściwego oszacowaniu kosztów kompostowania należy założyć, że do napowietrzenia będzie użyty aerator. Możliwe jest również napowietrzanie obornika rozrzutnikiem, ale jego koszt jest znacznie wyższy [Dach i in., 2002b]. Porównując koszty pracy maszynowej, czyli inaczej przekompostowania 1 tony obornika z zastosowaniem typowego rozrzutnika obornika N235/1, prostego aeratora austriackiego firmy Einbock oraz krajowego aeratora N904 (zbudowanego w ramach projektu celowego KBN we współpracy IIR AR i PIMR Poznań w latach 2001-2002) widać wyraźnie, iż cena uzyskanego kompostu bardzo zależy od typu zastosowanej maszyny (rysunek 3). Wynika to stąd, iż wydajność pracy rozrzutnika jest kilkanaście razy mniejsza niż aeratora. Obornik trzeba bowiem załadować na skrzynię rozrzutnika i przepuścić go przez adapter wąskopasmowy lub średniopasmowy z ogranicznikami zrobionymi np. z blachy. Po uformowaniu się przyzmy do wysokości 1,3-1,5 m rozrzutnik przesuwają się do przodu o 1-2 m i formuje dalszy fragment przyzmy. Jest to więc bardzo wolny przesuw liniowy maszyny nie przekraczający kilkunastu czy dwudziestu kilku m/h, podczas gdy prędkość poruszania się aeratora w przyzmy to 250-450 m/h. Dlatego już w 2003 r. koszt kompostowania 1 tony obornika przy pomocy rozrzutnika N 235/1 załadowywanego ładowaczem czołowym Tur 4 wynosił ok. 12-16 zł. Podawany zaś przez Kwaśnickiego [Kwaśnicki i in., 2007] koszt kompostowania przy zastosowaniu rozrzutnika i ładowacza cyklop (mniej wydajnego niż Tur) 1,2 zł/t jest całkowicie nierealny i wielokrotnie zaniżony. Dlatego należy przyjąć, iż kompostowanie obornika z zastosowaniem rozrzutnika, ze względu na bardzo wysokie koszty może być wykonywane tylko w najmniejszych gospodarstwach.

Koszt wykonania pracy maszynowej dla rozrzutnika i aeratorów, ceny maszyn i paliw z 2003 r. [Dach i in., 2003b]



Źródło: Wyniki badań własnych.

Wydajność aeratora jest bardzo wysoka (do 300-400 t/h), natomiast jego wykorzystanie roczne jest bardzo niskie (20-40 godzin). Z tego względu absolutnie nie opłaca się zakup aeratora samodzielnie przez małe czy średnie gospodarstwo, gdyż minimalna ilość obornika przekompostowanego rocznie musiałaby wynosić co najmniej 2-4 tys. ton [Zbytek i in., 2004b]. Taką masę można jednak uzyskać kupując aerator wspólnie w grupie gospodarstw. W ten sposób cena aeratora (obecnie ok. 34 tys. zł netto za krajowy egzemplarz) zostałaby podzielona, zaś aerator byłby transportowany między gospodarstwami.

Koszt przekompostowania 1 tony obornika zależy od ilości przejazdów przez przymę (zazwyczaj wystarczą dwie aeracje), od ceny aeratora i paliwa. Przyjmując, że aerator zostałaby kupiony przez grupę pięciu gospodarstw, z których każde produkuje 60 ton obornika miesięcznie, koszt przekompostowania 1 tony obornika wynosi nieco ponad 50 groszy (ceny maszyn i paliwa z 2004 r.). Z obliczeń wynika, że przy 20-letnim okresie użytkowania aeratora całościowy koszt kompostowania wyprodukowanego obornika (przy dwukrotnym napowietrzaniu każdej przymy) wynosi nieco ponad 13 tys. zł (tabela 1). W 2004 r. była to kwota blisko 8 razy niższa niż koszt wybudowania płyty gnojowej [Zbytek i in., 2004a]. Obecnie przy bardzo silnym wzroście ceny budowy płyt gnojowych ta dysproporcja jeszcze się powiększyła.

Tabela 1

Parametry eksploatacyjne i ekonomiczne wykorzystania aeratora  
[Zbytek i in., 2004a]

Parametr	Wartość
Prędkość przejazdu przez pryzmę: – I aeracja ( $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ ) – II aeracja ( $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ )	0,35 0,40
Wydajność – I aeracja ( $\text{Mg} \cdot \text{h}^{-1}$ ) – II aeracja ( $\text{Mg} \cdot \text{h}^{-1}$ )	300 320
Czas dodatkowy - przygotowanie do pracy (h)	0,3
Czas wykorzystania w roku dla 5 gospodarstw (h)	39
Okres amortyzacji (lata)	20
Koszt pracy maszynowej ( $\text{zł} \cdot \text{Mg}^{-1}$ )	0,51
Łączny koszt przekompostowania 25920 Mg obornika* w okresie 20 lat (zł); ceny z roku 2004	13219

\* 60 Mg obornika w I aeracji + 48 Mg w II aeracji x 12 miesięcy x 20 lat.

Źródło: Wyniki badań własnych.

#### 4.4.3. Koszt transportu oraz rozrzutu obornika i kompostu

Obornik przechowywany na płycie zachowuje generalnie swoją masę i wilgotność, a nawet w niekorzystnych warunkach pogodowych może jeszcze je zwiększyć chłonąc opady. Z kolei w trakcie kompostowania obserwuje się bardzo silne nagrzewanie się obornika, co powoduje szybkie odparowywanie wody i rozkład słomy. Z tego powodu masa pryzm zmniejsza się o 40-70%. Daje to bardzo duże oszczędności przy transporcie kompostu na pole, tym większe, im większa jest masa transportowanego nawozu i im dalej jest położone pole, na którym nawóz ma zostać rozrzucony. W warunkach francuskich przykładowo oszczędności na transporcie są tak duże, że wielkoobszarowe gospodarstwa produkujące 5-10 tys. ton obornika rocznie uzyskują z ciągu kilku lat oszczędności na transporcie przewyższające cenę nowego aeratora. Ponieważ kompost ma bardzo dobrą, jednorodną strukturę, powinien on być rozrzucony rozrzutnikiem szerokopasmowym. Jednocześnie mniejsza dawka kompostu (15 t/ha), której wartość nawozowa odpowiada 30-35 t/ha obornika pozwala na wykonanie dwukrotnie dłuższego przejazdu roboczego rozrzutnika o takiej samej ładowności, co zwiększa wydajność i pozwala na obniżenie kosztów.

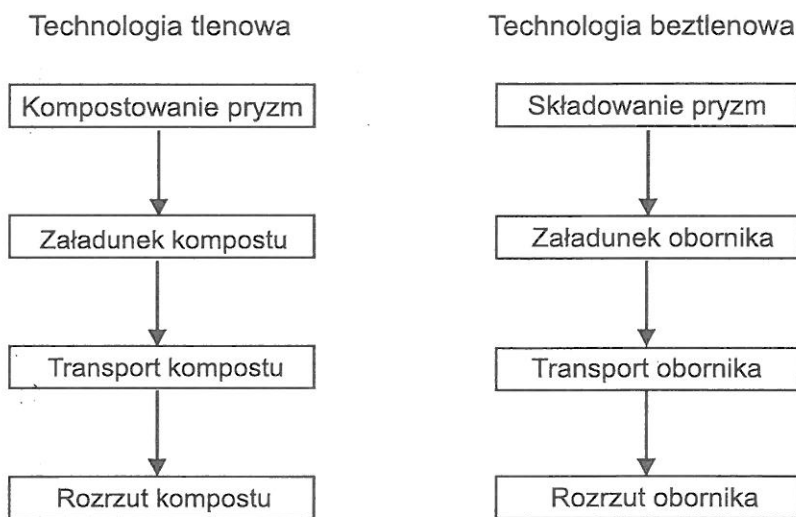
Biorąc powyższe fakty pod uwagę, w IIR AR w Poznaniu podjęto w 2006 r. badania nad porównaniem kosztów nawożenia obornikiem tradycyjnie składowanym w beztlenowych pryzmach oraz kompostowanym z zastosowaniem aeratora N904. Obie technologie analizowano wg schematu przedstawionego na rysunku 4. W obliczeniach uwzględniono takie maszyny jak:

- transport i rozrzut obornika: Ursus 1224 + rozrzutnik Tytan 14 (z adapterem bębnowym, szerokość pracy 8 m);
- transport i rozrzut kompostu: Ursus 1224 + rozrzutnik Tytan 14 (z adapterem talerzowym, szerokość pracy 20 m);
- załadunek obornika/kompostu: Ursus 4512 + Tur 4;
- kompostowanie obornika: Aerator N904 + Ursus 4512.

Wszystkie obliczenia kosztów oparte były na standardowej metodyce obliczenia kosztów eksploatacji maszyn opracowanej przez IBMER, przy 20-letnim okresie amortyzacji maszyn.

Rysunek 4

### Schemat analizowanych technologii



Źródło: Wyniki badań własnych.

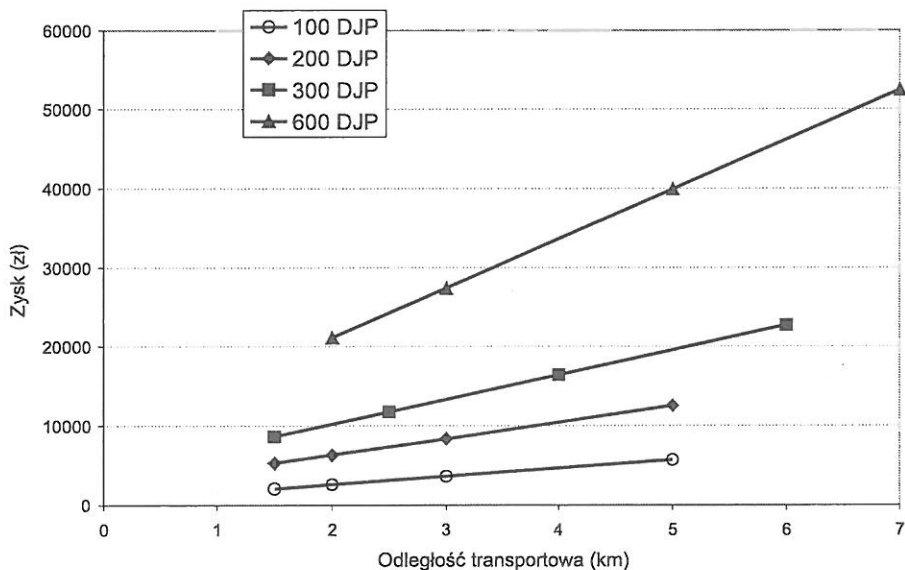
Podstawowe założenia do wyliczeń całkowitych kosztów obu technologii były następujące:

- gospodarstwa o różnych wielkościach produkcji zwierzęcej (100, 200, 300 i 600 DJP).
- produkcja obornika: 45 kg/dzień od 1 sztuki (DJP), co daje odpowiednio 1640, 3280, 4920 i 9840 ton rocznie.
- koszt technologii tlenowej powiększony będzie o koszty kompostowania obornika ciągnikowym aeratorem pryzm.
- masa wywożonego kompostu jest o 50% mniejsza niż obornika (straty masy głównie wskutek odparowania wody w czasie kompostowania).
- stosowana dawka kompostu (15 t/ha) odpowiada nawozowo 30 t/ha obornika.

W wyniku obliczeń stwierdzono, że na koszty obu technologii największy wpływ ma odległość transportowa, na którą był wywożony obornik lub uzyskany na jego bazie kompost. Dla każdego z analizowanych gospodarstw technologia kompostowania była bardziej opłacalna niż tradycyjne składowanie beztlenowe, nawet po doliczeniu dodatkowego kosztu związanego z zakupem i eksploatacją aeratora (rysunek 5). Wyraźnie też widać, iż wraz ze wzrostem ilości produkowanego obornika oraz odległością transportową rośnie zysk z wdrożenia kompostowania. W przypadku największego gospodarstwa i średniej odległości transportowej 7 km roczny zysk jest wyższy niż koszt najtańszego krajowego aeratora.

Rysunek 5

Zestawienie poziomu rocznego zysku przy wdrożeniu technologii kompostowania obornika, w zależności od wielkości stada i średniej odległości wywożenia nawozu na pole



Źródło: Wyniki badań własnych.

W analizie tej powinien być jeszcze ujęty jeden, niezwykle istotny aspekt. W technologii tradycyjnej nie uwzględniono tu bowiem kosztów budowy płyty, a jak wcześniej wspomniano, gospodarstwa produkujące trzodę powyżej 280 DJP powinny posiadać wg nowej ustawy płyty gnojowe (podobnie jak duże fermy drobiu). Dlatego do kosztów technologii tradycyjnej w analizowanych gospodarstwach należy doliczyć koszt ok. 0,5 mln zł przy hodowli 300 DJP i blisko 1 mln zł dla 600 DJP. Przy założeniu możliwości ominięcia budowy płyty i kompostowania bezpośrednio na gruncie, w przypadku tych dwóch gospodarstw, w zakładanym

20-letnim okresie porównawczym roczny zysk wzrośnie o 25 tys. zł (300 DJP) lub 50 tys. zł (600 DJP). Ta kwota obrazuje również uprzywilejowanie zachodnioeuropejskich rolników, którym (w przeciwieństwie do polskich) normy prawne nie stawiają istotnych ograniczeń w kompostowaniu obornika poza płytami gnojowymi, a nawet technologia ta cieszy się poparciem organizacji rolniczych i administracji rządowej ze względu na swe walory ekologiczne.

#### 4.4.4. Koszt traconego amoniaku

W projekcie badawczym KBN realizowanym w latach 2001-2003 w Instytucie Inżynierii Rolniczej AR zmierzono wielkość strat amoniaku w czasie kompostowania i składowania beztlenowego obornika oraz podczas nawożenia na polu obornikiem i kompostem, a później przeliczono te straty na konkretne wartości wyrażone w złotych [Dach, Zbytek, 2004]. Stwierdzono, że w technologii tlenowej straty amoniaku w czasie kompostowania występują tylko w pierwszych dniach po i napowietrzeniu i sięgają średnio 11,9 % (poniżej 8% w przypadku okrycia przyzmy specjalnymi materiałami), za to zupełnie nie występują w czasie nawożenia kompostem na polu. Z kolei w przypadku tradycyjnej technologii średnie straty amoniaku ze składowych przyzmy wyniosły 9,7%, zaś w czasie nawożenia wynoszą od niecałych 10% w przypadku typowo jesiennej pogody do ponad 50% w warunkach letnich. Po przeliczeniu wielkości strat amoniaku dla gospodarstwa produkującego obornik ze 100DJP i przy cenie 1 kg azotu 1,6 zł (średnia z CAN 27 dla 2003 roku) stwierdzono, że rocznie takie gospodarstwo traci 1246 zł w wyniku emisji amoniaku w przypadku, gdy stosuje tlenową technologię zagospodarowania obornika. W przypadku technologii beztlenowej jest to kwota od 3888 do 5941 zł. Ta rozpiętość kosztów zależy głównie od warunków pogodowych w czasie nawożenia. W czasie bezwietrznej i wilgotnej pogoda straty związane z emisją amoniaku są mniejsza, wynoszą około 4000 zł.

## 5. Wnioski

1. Kompostowanie obornika pozwala na uzyskanie wartościowego i czystego fitosanitarnie nawozu przy mniejszym zagrożeniu dla środowiska niż tradycyjne przechowywanie obornika w beztlenowych przyzmych.
2. Całkowita emisja amoniaku w technologii tlenowej jest niższa niż w technologii tradycyjnej, bowiem jedyne straty amoniaku w czasie kompostowania występują tylko w pierwszych dniach po początkowym napowietrzeniu przyzmy. Dodatkowo tradycyjna technologia jest źródłem dużej emisji metanu i podtlenku azotu, a więc gazów silnie wpływających na efekt cieplarniany.
3. Koszt kompostowania z zastosowaniem rozrzutnika obornika jest tak wysoki, że to rozwiązanie może być stosowane jedynie w małych gospodarstwach o niewielkiej miesięcznej produkcji obornika. W większych fermach konieczne jest stosowanie aeratora.

4. Utrata masy w czasie kompostowania wskutek odparowania wody i rozkładu słomy pozwala na bardzo duże oszczędności w czasie transportu kompostu na pole. Dzięki temu dla średnich i dużych gospodarstw technologia tlenowa będzie w każdym wariancie bardziej opłacalna w porównaniu do technologii tradycyjnej.
5. Należy koniecznie podjąć działania mające na celu uproszczenie możliwości kompostowania obornika bezpośrednio na gruncie, zwłaszcza w największych gospodarstwach, które wg ustawy o nawozach i nawożeniu z 2007 r. będą zmuszone w najbliższych latach do wybudowania wielkopowierzchniowych płyt gnojowych. Bardzo duże środki finansowe na budowę tych płyt mogą pogorszyć znacząco konkurencyjność tych gospodarstw w porównaniu z farmerami z Europy Zachodniej lub USA, gdzie powszechnie stosuje się kompostowanie bez płyty gnojowej

#### LITERATURA

1. Amon B., Amon T., Boxberger J. and Pollinger A. (1999): Emissions of  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{CH}_4$  from composted and anaerobically stored farmyard manure. 8th International Conference on Management Strategies for Organic Waste Use in Agriculture, Rennes, France, 26-29 May 1998, pp. 209-216.
2. ACSI-BIOREX INC. (1989): Le compostage du fumier á la ferme, étude de faisabilité technico-économique et évaluation des impacts agronomiques et environnementaux. Ed. Centre Develop. Agrobiol. Québec-St. Elizabeth, ss. 274.
3. Dach J. (1994): Le compostage des fumiers bovins: mise au point d'un retourneur d'andains et de la technique de compostage. Résultats d'essai. Memoire de CESA, ENSAR. s 87.
4. Dach J., Sęk T., (1998): Porównanie przebiegu procesu kompostowania obornika z użyciem aeratora przyzm i roztrzásacza obornika. Zeszyty Probl. Postępów Nauk Roln. z. 454, 379-385.
5. Dach J., (2000): Technologia kompostowania obornika metodą napowietrzania przyzm. Rozprawa doktorska. IMR AR, Poznań, ss. 87.
6. Dach J., Przybył J., Zbytek Z., (2002b): Ekonomiczna ocena kosztów zmechanizowania technologii produkcji kompostu przy zastosowaniu aeratora lub rozrzutnika, Journal of research and applications in agricultural engineering, vol. 47 nr 1, str. 74-77.
7. Dach J.; Kowalik I.; Zbytek Z., (2003b): Koszty technologii kompostowania odpadów organicznych w przyzmach z zastosowaniem różnych maszyn. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, vol. 48 nr 2, str. 49-51.
8. Dach J., Jędrus A., Kin K., Zbytek Z., (2004a): Wpływ intensywności napowietrzania na przebieg procesu kompostowania obornika w bioreaktorze. Journal of Research and Applications in Agricultural Eng., vol 49 (1): 40-43.
9. Dach, J., Zbytek, Z. (2004): Emisje gazowe w różnych technologiach zagospodarowania obornika. Raport końcowy z realizacji projektu badawczego 6 PO6R 047 21. s. 80.

10. Dach J. (2005): Polish experience with ammonia emission abatement for straw-based manure. In: "Emissions from European agriculture". Wageningen Academic Publishers, 295-303.
11. Kwaśnicki R., Ślusarski R., (2007): Kompostowanie metodą tlenową w gospodarstwie rolnym – metodyka i organizacja wdrażania, upowszechniania i szkolenia w Polsce w latach 1994-2006. Zagadnienia Doradztwa Rolniczego nr 1, 89-104.
12. Łowiński Ł., Dach J., Piechota T., (2006): Wpływ kompostowania obornika na zniszczenie nasion chwastów. Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Monografia Tom 3, Wyd. PIMR, 93-98.
13. Morvan T., Dach J., Cellier P., (1999): Preliminary study of ammonia losses during the composting of farmyard manure, using closed dynamic chambers. Ramiran 98, 8th International Conference on Management Strategies for Organic Waste Use in Agriculture. Vol. 2, Cemagref Editions: 261-265.
14. Mustin M., (1987): Le compost, gestion de la matiere organique. Edition Francois Dubuse-Paris, p. 954.
15. Petit J.; Jobin P.; Lafrance D., (1990): La gestion de materies organiaues. Centre Develop. Agrobiol.; St. Elizabeth, Quebec, s. 120.
16. Sommer S.G., (2001): Effect of composting on nutrient loss and nitrogen availability of cattle deep litter. European Journal of Agronomy 1, 4 123-133.
17. Zbytek Z., Dach J., Nawrocki L., (2004a): Porównanie kosztów eksploatacji płyty obornikowej i ciągnikowego aeratora przyz w różnych technologiach zagospodarowania obornika świńskiego. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, nr 4/2004, 68-81.
18. Zbytek Z. Dach J. Kowalik I., (2004b): Ekonomiczne aspekty zagospodarowania obornika w różnych technologiach stosowanych w gospodarstwach ekologicznych. Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. PIMR Monografia, str. 81-87.
19. Zbytek Z., Dach J., (2006): Maszyny do kompostowania materiałów organicznych. Nawozy i nawożenie – Fertilizers and Fertilization. IUNG Puławy. 4/2006, 80-90.

JACEK DACH, ZBYSZEK ZBYTEK

## ZASADY PRAWIDŁOWEGO KOMPOSTOWANIA OBORNIKA W GOSPODARSTWACH ROLNYCH

### STRESZCZENIE

Kompostowanie obornika jest technologią, która dynamicznie rozwija się w wielu krajach Europy Zachodniej i Ameryce. Dzięki zaletom, które zostały odkryte w trakcie licznych badań, technologia ta jest popierana przez różne organizacje rolnicze oraz instytucje rządowe.

W pracy przedstawiono wyniki wieloletnich badań kompostowania obornika prowadzonych od 1994 r., we współpracy z AR w Poznaniu, INRA Rennes oraz PIMR. Określono zasady prawidłowego kompostowania, zwłaszcza parametry początkowe przyz obornika. Przedstawiono porównanie przebiegu oraz efektów kompostowania obornika

z tradycyjnym, beztlenowym przechowywaniem tego nawozu w przyzmac. Poruszono problem emisji amoniaku w ujęciu całościowym, od momentu formowania przyzmac aż do aplikacji obornika lub kompostu na polu. Dokonano również oceny ekonomicznej technologii tlenowej i beztlenowej. Stwierdzono, iż kompostowanie obornika z zastosowaniem rozrzutnika jest metodą bardzo mało wydajną, a w konsekwencji kosztowną. Dlatego nie powinna być ona polecana do średnich i dużych gospodarstw, gdzie preferowane musi być użycie aeratora ciągnikowego. Koszty nawożenia kompostem i obornikiem są związane ze średnią odległością transportową z gospodarstwa na pole. W miarę wzrostu tej odległości oraz masy wywożonego nawozu, zwiększa się w gospodarstwie zysk z wdrożenia technologii tlenowej. W przypadku największych gospodarstw roczny zysk może być większy niż cena zakupu prostego aeratora ciągnikowego.

JACEK DACH, ZBYSZEK ZBYTEK

#### THE RULES OF CORRECT MANURE COMPOSTING PROCESS IN THE FARMS

##### SUMMARY

Manure composting process is a technology dynamically developing both in many West European countries and America. Besides many advantages which were discovered during the numerous research, this technology is promoted by the different agricultural organizations and governmental institutions.

The paper represents the results of long term research on manure composting carried from 1994 r. in the cooperation of Institute of Agricultural Engineering Agricultural University of Poznan, INRA Rennes and PIMR. The principles of correct manure composting were defined, in particular the initial parameters of manure heaps.

The comparison of process and effects of manure composting with traditional anaerobic storage in heaps was represented. Also the issue of ammonia emission in a general frame was touched, since the moment of piles formation till the manure or compost application on the field. An economic estimation of both oxygenic and anaerobic technology was executed. It has been stated that manure composting with usage of spreader is a very low efficient method and in consequence expensive. Therefore should not be recommended for medium and big size farms, where usage of tractor aerator is preferable.

The costs of compost and manure fertilization are related with average transporting distance from farm to field. Along with the increase of this distance and fertilizer mass, grows the farm profit because of the oxygenic technology implementation. In case of the biggest farms the annual profit can be higher than the purchase price of a simple tractor aerator.