

KONCEPCJA BUDOWY BIOREAKTORA DO KOMPOSTOWANIA BIOMASY – STANOWISKO BADAWCZE

Piotr Sołowiej

Katedra Elektrotechniki i Energetyki, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. Badania procesu kompostowania w warunkach polowych są znacznie utrudnione przede wszystkim ze względu na czynniki atmosferyczne. Wymagają one także zaangażowania znacznych środków technicznych jak i dużych nakładów pracy w celu uzyskania wiarygodnych i reprezentatywnych wyników. W związku z tym w KEiE UWM zaprojektowano i wykonano bioreaktor do badań przebiegu procesów zachodzących w kompostowanej biomase ze szczególnym uwzględnieniem procesów energetycznych i emisji gazów. Rezultaty przeprowadzonych badań będą podstawą do zbudowania modelu opisującego dynamikę przemian energetycznych zachodzących w kompostowanym materiale. Powinno to pozwolić na uzyskanie wskazówek umożliwiających przeprowadzenie optymalizacji procesu kompostowania biomasy pod kątem pozyskiwania energii cieplnej oraz kontroli emisji gazów.

Słowa kluczowe: kompostowanie, bioreaktor, energia cieplna, biomasa.

Wstęp

Utylizację odpadów pochodzenia biologicznego można przeprowadzić wieloma metodami (między innymi: spalanie, fermentacja metanowa, kompostowanie). Wybór metody utylizacji uzależniony jest zwłaszcza od składu, pochodzenia, stopnia zanieczyszczenia odpadów. W przypadku stosowania metody kompostowania należy zwrócić szczególną uwagę na prawidłowy przebieg całego procesu ze względu na możliwość wydzielania się niepożądanych emisji gazowych zawierających np. metan, amoniak, siarkowodór.

Prawidłowe prowadzenie procesu kompostowania wymaga utrzymania temperatury w określonych granicach zależności od rodzaju fermentacji. Optymalny zakres temperatury z punktu widzenia szybkości procesu, dla fermentacji mezofilowej, obejmuje zakres 30-35°C, a dla fermentacji termofilowej 52-55°C. Szybkość fermentacji determinuje czas jej trwania [Imhoff i Imhoff 1996].

W przypadku fermentacji mezofilowej należy zastosować specjalne szczelne konstrukcje w celu wychwycenia metanu. Fermentacja termofilowa jest sposobem na najszybsze przeprowadzenie biodegradacji odpadów biologicznych, pozwalającym także na ich higienizację. Powstały także koncepcje utylizacji odpadów biologicznych w procesie termofilowym z jednoczesnym odzyskiwaniem części energii cieplnej powstającej w tym procesie [Sołowiej 2007a]. Praktyczne zastosowanie koncepcji przedstawionej w tym artykule zostało przedstawione na przykładzie zastosowania pryzmy kompostu jako niskotemperatu-

rowego źródła ciepła do podgrzewania gleby w tunelu foliowym w celu przyspieszenia wegetacji sałaty w okresie wczesnowiosennym [Sołowiej 2007b]. Ze względu na dużą złożoność zjawisk jakie tu zachodzą, odbieranie ciepła z procesu kompostowania musi odbywać się w sposób ściśle kontrolowany. Kontrola ta wymaga gruntownego poznania dynamiki i zależności w przemianach energetycznych i biologicznych zachodzących w procesie kompostowania.

Problematyką przemian zachodzących w procesie kompostowania zajmował się [Kaiser 1995], przedstawiając w swoim opracowaniu między innymi równanie bilansu energii cieplnej. Model przemian termodynamicznych w omawianym procesie uwzględniający masę materiału biologicznego podlegającego biodegradacji opisał także w swoim przeglądzie Mason [Mason 2005].

Generalnie opisywane i modelowane przemiany energetyczne dotyczyły całej masy kompostu, nie wnikając w powstawanie, transport czy przemieszczanie się energii cieplnej w objętości kompostowanego materiału.

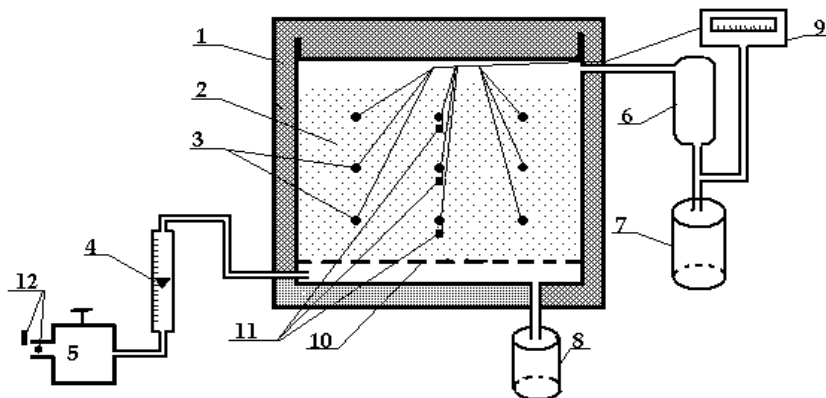
Cel i zakres pracy

Głównym celem przedstawianej pracy było opracowanie koncepcji i zbudowanie stanowiska badawczego pozwalającego na prowadzenie badań przemian energetycznych zachodzących w procesie kompostowania różnego rodzaju odpadów pochodzenia biologicznego, z jednoczesną kontrolą emisji wybranych gazów.

W Katedrze Elektrotechniki i Energetyki Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie zbudowano stanowisko badawcze w postaci adiabatycznego bioreaktora do badań procesów tlenowego i beztlenowego kompostowania biodegradowalnych odpadów, z automatyczną rejestracją wszystkich niezbędnych wielkości fizycznych. Przy budowie skorzystano z uprzejmości i doświadczenia pracowników Instytutu Maszyn Rolniczych Akademii Rolniczej w Poznaniu, gdzie badania nad kompostowaniem rozmaitego materiału biologicznego prowadzone są od kilku lat. Opracowano tam między innymi bioreaktor do badań procesów rozkładu materiałów organicznych [Dach i in. 2003] pozwalający na zbadanie procesu kompostowania pod względem aeracji [Dach i in. 2005] oraz określenia większości produktów wyjściowych. Została także podjęta próba modelowania pola temperatur wewnątrz komory bioreaktora za pomocą technik neuronowych [Olszewski i in. 2005].

Budowane stanowisko zostało odpowiednio dostosowane do prowadzenia wszechstronnych badań – zarówno pod względem konstrukcyjnym jak i wyposażenia w czujniki i rejestratory. Odpowiednie rozmieszczenie czujników temperatury i ciśnienia pozwolą na wyznaczenie współczynnika przepuszczalności badanej masy kompostu i zamodelowanie dynamiki wytwarzania oraz transportu ciepła, a co za tym idzie aktywności bakterii termofilnych a także stopnia biodegradacji biomasy kompostu.

Odpowiednio zaprojektowany, wykonany i wyposażony w specjalnie zbudowaną aparaturę kontrolno-pomiarową bioreaktor powinien dostarczyć informacji pozwalających na stwierdzenie, czy kompostowanie odpadów biologicznych może być źródłem energii cieplnej i w jakim stopniu. Uzyskane dane powinny też być pomocne w stworzeniu przestrzennego modelu powstawania i transportu ciepła, który pozwoli na lepsze zrozumienie zjawisk i zależności biologiczno-energetycznych zachodzących w procesie kompostowania.



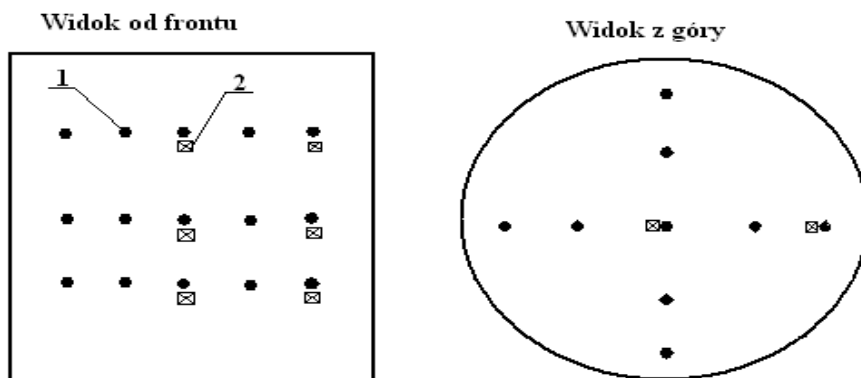
Rys. 1. Schemat budowy bioreaktora. 1 – obudowa, 2 – kompostowana biomasa, 3 – czujniki temperatury, 4 – przepływomierz, 5 – pompa powietrza, 6 – chłodnica powietrza, 7 – naczynie na skropliny, 8 – naczynie na odcieki, 9 – rejestrator (komputer), 10 – perforowane dno, 11 – czujniki ciśnienia, 12 – czujniki wilgotności i temperatury powietrza wejściowego

Fig. 1. Bioreactor construction diagram: 1 – housing, 2 – composted biomass, 3 – temperature sensors, 4 – flowmeter, 5 – air pump, 6 – air cooler, 7 – vessel for condensate, 8 – vessel for effluent, 9 – recorder (computer), 10 – perforated bottom, 11 – pressure sensors, 12 – sensors of inlet air humidity and temperature

Opis budowy bioreaktora

Schematyczną budowę bioreaktora przedstawiono na rys 1. Obudowę stanowi pojemnik PCV o pojemności 200 dm³, izolowany warstwą wełny mineralnej o grubości 100 mm. Odpowiednio perforowane dno bioreaktora zapewnia równomierny rozkład przepływającego przez biomasę powietrza tłoczonego przez regulowaną pompę powietrza o maksymalnym wydatku 0,33 dm³·s⁻¹. Rejestrowane komputerowo są: temperatura i wilgotność powietrza wejściowego, temperatura i wilgotność powietrza wyjściowego, temperatury z systemu czujników umieszczonych w kompostowanej biomacie, wartości ciśnień z czujników umieszczonych w kompostowanej biomacie, ilość przepływającego przez bioreaktor powietrza. W sposób ciągły rejestrowana jest na wyjściu zawartość tlenu, dwutlenku węgla i węglowodorów dzięki zastosowaniu analizatora VARIO Plus. Spisywane są także ilości odcieków i wody skroplonej w chłodnicy na wyjściu.

Bioreaktor został uszczelniony tak, że całe wtłaczane powietrze przepływa przez kompostowaną biomasę a następnie przez system czujników na wyjściu, co powinno zapewnić zachowanie kontroli nad przebiegającym procesem oraz uwiarygodnić otrzymane wyniki. Cały system pomiarowo-rejestacyjny został zaprojektowany i wykonany przez autora pracy. Pierwsze badania przeprowadzone na wykonanym stanowisku wykazały poprawność działania systemu zasilającego bioreaktor, jak i systemu pomiarowo-rejestującego.



Rys. 2. Schemat rozmieszczenia czujników w bioreaktorze. 1 – czujnik temperatury; 2 – czujnik ciśnienia

Fig. 2. Layout of sensors in a bioreactor: 1 – temperature sensor; 2 – pressure sensor

Podsumowanie

Odpowiednie rozmieszczenie czujników temperatury i ciśnienia (rys. 2.) powinno dać pełen obraz energetycznych przemian zachodzących w kompostowanej biomase. Powinno także pozwolić na wyznaczenie współczynnika przepuszczalności badanej masy kompostu i zamodelowanie dynamiki wytwarzania ciepła, a co za tym idzie aktywności bakterii termofilnych oraz stopnia biodegradacji biomasy kompostu. Proces modelowania będzie wspomagany oprogramowaniem CFD firmy Fluent.

Programy CFD (Computational Fluid Dynamics) pozwalają uzyskać niezbędne informacje o przepływie płynu (rozkład pola prędkości, pole ciśnienia), ruchu ciepła (pole temperatury) i masy (w tym reakcje chemiczne). Osiąga się to poprzez numeryczne rozwiązanie równań opisujących wymianę pędu, bilansu energii i masy. Jest dostępnych kilka numerycznych metod, które umożliwiają rozwiązanie wspomnianych równań. Są to:

- metoda elementu skończonego,
- metoda objętości skończonej.

Uzyskane wyniki badań laboratoryjnych zostaną wykorzystane także przy budowie modelu symulacyjnego implementowanego w programie Matlab, jak również mogą stanowić podstawę do budowy modelu z wykorzystaniem sieci neuronowych.

Sporządzenie dobrego modelu przemian energetycznych zachodzących w procesie kompostowania powinno przyczynić się do przybliżenia charakteru przemian w badanym procesie. Powinno to pozwolić na uzyskanie wskazówek umożliwiających przeprowadzenie optymalizacji procesu kompostowania pod kątem pozyskiwania energii cieplnej oraz kontroli emisji gazów.

Bibliografia

- Dach J., Jędrus A., Adamski M., Kowalik I., Zbytek Z.** 2003. Bioreaktor do badań procesów rozkładu materiałów organicznych. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. Vol. 48(4). s. 74-77.
- Dach J., Niżewski P., Jędrus A., Boniecki P.** 2007. Badania wpływu aeracji na dynamikę procesu kompostowania osadów ściekowych w bioreaktorze. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. Vol. 52(1). s. 68-72.
- Olszewski T., Dach J., Jędrus A.** 2005. Modelowanie procesu kompostowania nawozów naturalnych w aspekcie generowania ciepła. *Journal of Research and Applications In Agricultural Engineering*. Vol. 50(2). s. 40-42.
- Imhoff K., Imhoff R.K.** 1996. *Kanalizacja miast i oczyszczanie ścieków*. Poradnik. Oficyna Wydawnicza Projprzem-EKO, Bydgoszcz 1996. ISBN 83-906015-0-8.
- Kaiser J.** 1996. Modelling composting as a microbial ecosystem: a simulation approach. *Ecological Modelling* 91. s. 25-37.
- Sołowiej P.** 2007a. Konceptualizacja zastosowania pryzmy kompostu jako niskotemperaturowego źródła ciepła w produkcji warzyw. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 6(94). s. 241-246.
- Sołowiej P.** 2007b. Przykład wykorzystania pryzmy kompostu jako niskotemperaturowego źródła ciepła. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 8(96). s. 247-253.

THE CONCEPT FOR BUILDING A BIOREACTOR FOR BIOMASS COMPOSTING – TEST STAND

Abstract. Testing of the composting process in field conditions is made difficult to a large extent due to atmospheric factors. The tests also require involvement of considerable technical measures and large amounts of work in order to obtain reliable and representative results. In connection with that the researchers at the KEiE UWM [Department of Electrical and Power Engineering at the University of Warmia and Mazury] designed and manufactured a bioreactor allowing to examine progress of processes taking place in composted biomass with particular consideration of power engineering processes and emission of gases. The results of completed research will provide grounds to build a model describing dynamics of energy conversion processes occurring in composted material. This should allow to obtain guidelines making it possible to optimise biomass composting process paying special attention to thermal energy acquisition and gases emission control.

Key words: composting, bioreactor, thermal energy, biomass

Adres do korespondencji:

Piotr Sołowiej; e-mail: pit@uwm.edu.pl
Katedra Elektrotechniki i Energetyki
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
ul. Oczapowskiego 11
10-736 Olsztyn