

ANALIZA WPŁYWU DESTABILIZACJI WYBRANYCH PARAMETRÓW PRACY KOMORY FERMENTACYJNEJ BIOGAZOWNI ROLNICZEJ NA EFEKTYWNOŚĆ PRODUKCJI BIOGAZU

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu zmiany zawartości materii suchej substratu w komorze biogazowni rolniczej na proces wytwarzania biogazu. Celem pośrednim było wskazanie wartości granicznych wybranych parametrów fizykochemicznych procesu sterowania wytwarzaniem biogazu. Obserwowano zmiany parametru LKT/OWN (ilorazu stężenia lotnych kwasów tłuszczowych do parametru zasadowości), zawartości suchej materii oraz suchej materii organicznej w odniesieniu do stężeń wytwarzanych gazów. Wykorzystano w badaniach mieszankę gnojowicy świńskiej i kiszonki kukurydzy. Testy wykonano przy wykorzystaniu eksperymentalnej komory fermentacyjnej o pojemności 2300 m³. Badania pozwoliły na określenie granicznych parametrów pracy komory fermentacyjnej. Skutki destabilizacji złoża biologicznego w komorze fermentacyjnej biogazowni rolniczej mogą być niwelowane już po okresie 24 do 48 godzin bez utraty ciągłości produkcji biogazu.

Słowa kluczowe: biogaz, sterowanie procesem, fermentacja, destabilizacja

Wprowadzenie

Wytwarzanie biogazu w komorach biogazowni rolniczych wymaga przestrzegania zaleceń technologicznych [9]. Celem sterowania procesem przetwarzania materii organicznej na biogaz jest wytworzenie swoistej równowagi między procesami wytwarzania paliwa gazowego a optymalnym wykorzystaniem zgromadzonego surowca biologicznego [2, 6]. W przeciwnym wypadku można wyróżnić sytuacje skrajne. Zwiększenie dawkowania substratu oraz przyspieszona wymiany złoża biologicznego sprzyja niedostatecznej mineralizacji substratu. Przyczynia się to do generowania strat w postaci niedostatecznego wykorzystania substancji pokarmowych zawartych w fermentującej pulpie [7]. Ograniczenia częstotliwości skarmiania lub mniejsza i niedostateczna zawartość substancji pokarmowych powoduje obniżenie produkcji biogazu oraz prowadzi ostatecznie do jej zahamowania. Sytuacja wahań wielkości dawek substancji pokarmowych zależy od czynników technicznych oraz parametrów fizykochemicznych samego substratu. Proces odmierzenia dawek materiału roślinnego powiązany jest z procesem jego mieszania z substancją ciekłą w układzie pompowym. Innym sposobem przemieszczania materiału roślinnego do komory fermentacyjnej jest mieszanie z fermentującą pulpą. Ten sposób zawiera w sobie proces szczepienia. W obu przypadkach specyfika pracy pomp ślimakowych oraz stołu dozującego substrat stały doprowadza z czasem do trwałych zmian zawartości masy suchej substancji w dozowanej mieszance. Zmiany te mogą sięgać dobowo w zakresie różnic dawek substratów ciekłych 5 do 7%.

Cel i zakres badań

W wyniku obserwacji trybów pracy komór fermentacyjnych sformułowano cel badań. Głównym celem badań było określenie efektu destabilizacji parametru zawartości materii suchej w fermentującej pulpie w zakresie produkcji biogazu i stężenia metanu. Celem pośrednim pracy było określenie zmian wartości parametru ilorazu stężenia lotnych kwasów tłuszczowych i zasadowości ogólnej oraz parametrów

zawartości materii suchej i suchej materii organicznej podczas zwiększania stopnia obciążenia komory fermentacyjnej materiałem biologicznym [13]. Sformułowano tezę iż skutki przeciążenia biologicznego złoża można zniwelować w krótkim czasie (do 48 godzin) bez niebezpieczeństwa utraty ciągłości produkcji biogazu.

Przebieg i metodyka badań biogazowych

Badania przeprowadzono w oparciu o zbiornik fermentacyjny systemu BD Agro firmy Big Dutchman, cylindryczny z 3 mieszadłami śrubowymi o maksymalnej pojemności napełniania 2300 m³. Zbiornik fermentacyjny wyposażony jest w autonomiczny układ ogrzewania. Zbiornik przystosowano do pracy w układzie kaskadowym z możliwością recyrkulacji wsadu. Do określenia zmian masy suchej substancji oraz zawartości materii organicznej wykorzystano metodę suszarkowo-wagową oraz termicznej mineralizacji [9]. Pomiar odczynu (pH) oraz przewodności wykonano metodą elektrometryczną [10]. Pomiar stężenia lotnych kwasów tłuszczowych [mg CH₃COOH·dm⁻³] wykonano według modyfikowanej metodyki krajowej [11, 12]. Badania stężenia gazów składowych biogazu (CH₄, CO₂, H₂S, NH₃, O₂) wykonano przy wykorzystaniu przenośnego mikroprocesorowego systemu monitorującego GasHunter firmy Alter S.A.

Wyniki badań

Sterowanie procesem biogazowym wymaga realizacji założeń optymalnego wykorzystania objętości czynnej komory fermentacyjnej [5]. Obsługa biogazowni ma do dyspozycji wskaźnik hydraulicznego czasu retencji oraz współczynnik biologicznego obciążenia złoża [1]. Oprócz tego dysponuje narzędziem diagnostycznym mającym na celu wychwycenie niekorzystnych zmian spowodowanych przekarmieniem lub przegłodzeniem złoża bakteryjnego [3, 8]. W ramach realizacji celu pracy wykonano próbę destabilizacji złoża bakteryjnego dla uchwycenia granicznych wartości wybranych parametrów sterowania pracą komory fermentacyjnej. Jako substratu ciekłego użyto gnojowicy świńskiej o zawartości masy suchej substancji 4,43%.

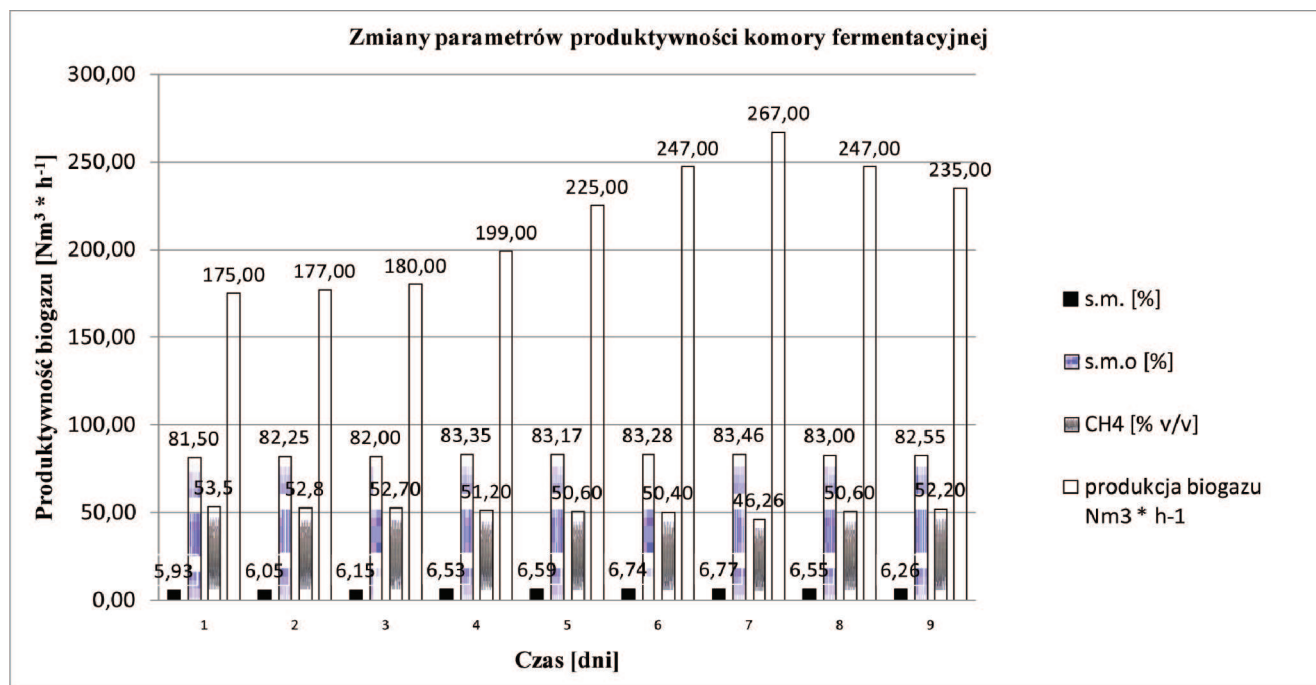
Głównym substratem była kiszonka kukurydzy jednoroczna o zawartości masy suchej substancji 47%. Parametrem wyjściowym do badań była pulpa fermentująca o zawartości masy suchej substancji 5,26%, i stopniu mineralizacji wyrażonym poziomem zawartości suchej masy organicznej na poziomie 79,3%.

Proces dociążania komory prowadzono przez okres 7 cykli dobowych wykorzystując zmianę trybu dostarczania oraz różnicowanie, ograniczanie dostarczanej objętości gnojowicy

do komory [4]. Wykorzystano system skarmiania substratem stałym z pominięciem jednoczesnego pompowania gnojowicy w trybie zautomatyzowanym.

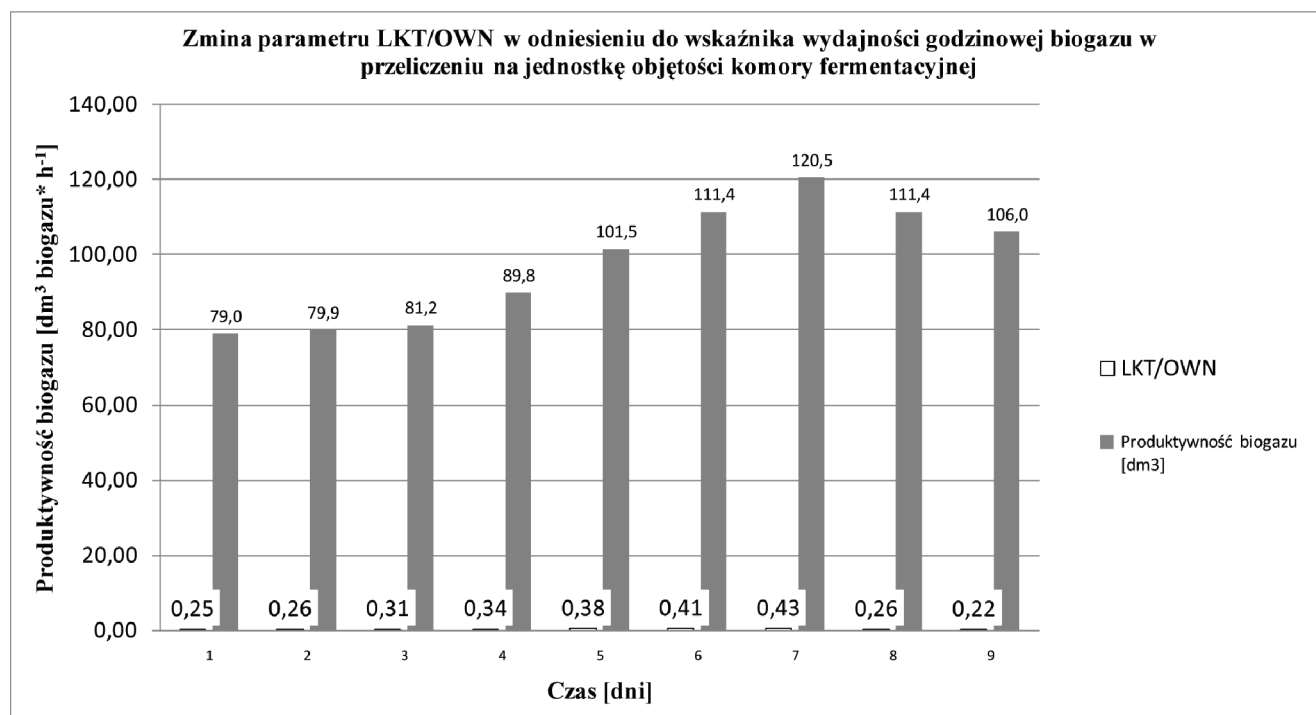
Dawki gnojowicy zmniejszano cyklicznie z 35 m³ (pierwszego dnia badań) do zaledwie 5 m³ na dobę (siódmego dnia badań). Do podtrzymania procesu wytwarzania biogazu wykorzystano system recykulacji pulpy pofermentacyjnej.

W okresie zwiększania zawartości materii suchej zaobserwowano stopniowo wzrost wartości wskaźnika



Rys. 1. Wpływ zmiany analizowanych parametrów fizykochemicznych na wydajność produkcji biogazu podczas zwiększania stopnia obciążenia biologicznego komory fermentacyjnej

Fig.1. Influence of changes in analyzed physico-chemical parameters on productivity of biogas while increasing the degree of overloading of fermentation chamber



Rys. 2. Wizualizacja zmian parametru wydajności objętościowej komory fermentacyjnej w odniesieniu do zmian parametru LKT/OWN

Fig. 2. Visualization of changes for the parameter of volumetric yield of fermentation chamber in relation to parameter of changes FOS/TAC

LKT/OWN oraz produktywności biogazowej. Przy przekroczeniu wartości wskaźnika na poziomie 0,43 zaobserwowano spadek stężenia metanu do poziomu 46 % v/v co uznano za wartość graniczną z punktu widzenia wymagań jednostki kogeneracyjnej.

W wyniku przeprowadzonych prób uzyskano przebieg charakterystyki wydajnościowej produkcji biogazu (rys. 1) oraz charakterystykę zmian parametru LKT/OWN dla sytuacji przeciążenia złoża z punktu widzenia zawartości materii suchej (rys. 2).

W okresie 24 h godzin po uzyskaniu spadku stężenia metanu w wytwarzanym biogazie zmniejszono dawkowanie godzinowe materiału roślinnego do komory o 75%. Nie zwiększono dawkowania gnojowicy świńskiej. Uzyskano efekt poprawy stężenia metanu w produkowanym biogazie. Zanotowano spadek dobowej produkcji biogazu do 111,4 dm³ w przeliczeniu na 1 m³ objętości komory fermentacyjnej.

Od pierwszego dnia badań obserwowano cykliczne zwiększanie się stężenia siarkowodoru w produkowanym biogazie od wartości 115 ppm (pierwszego dnia badań) do 250 ppm (siódmego dnia badań). Zmniejszenie poziomu zawartości suchej materii ograniczyło stężenie wytwarzanego siarkowodoru do poziomu 146 ppm po 24 godzinach pracy komory z ograniczonym dozowaniem materiału roślinnego.

Podsumowanie i wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Proces obciążania komory fermentacyjnej materiałem organicznym dobrze wizualizują zmiany parametru LKT/OWN. Mimo to uzyskiwane wartości współczynnika należy interpretować dla indywidualnych parametrów wykorzystywanych substratów, szczególnie gnojowicy.
2. Obserwacja zmian parametru pozwala na podjęcie działań wyprzedzających niekorzystne skutki przekarmienia złoża.
3. Przeciążenie materiałem biologicznym pracującego złoża bakteryjnego może zostać szybko zniwelowane bez negatywnych skutków dla efektywności objętościowej procesu i stężenia metanu.

Bibliografia

[1] Braun R.: Biogas - Methangärung organischer Abfallstoffe. Springer Verlag, Wien, 1982.

- [2] Dach J., Zbytek Z., Pilarski K., Adamski M.: Badania efektywności wykorzystania odpadów z produkcji biopaliw jako substratu w biogazowni. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna, 2009, 6, 7-9.
- [3] DIN 38414 S 8. Niemiecka znormalizowana metoda badań wody, ścieków i osadów. Osady i sedimenty (grupa S). Określenie charakterystyki fermentacji (S. 8). DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, 2012.
- [4] Gelegenis J., Georgakakish D., Angelidakic I., Mavris V.: Optimization of biogas production by co-digesting whey with diluted poultry manure. Renewable Energy, 2007, vol. 32, 2147-2160.
- [5] Jędrzak A.: Biologiczne przetwarzanie odpadów. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2007.
- [6] KTBL-Heft 84 2009: Schwachstellen an Biogasanlagen verstehen und vermeiden. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt, Druckerei Lokay, Reinheim, 56 s.
- [7] Myczko A., Myczko R., Kołodziejczyk T., Golimowska R., Lenarczyk J., Janas Z., Kliber A., Karłowski J., Dolska M.: Budowa i eksploatacja biogazowni rolniczych. Warszawa-Poznań, 2011.
- [8] Pilarski K., Adamski M.: Perspektywy wytwarzania biogazu przy uwzględnieniu mechanizmów reakcji w zakresie analizy ilościowej i jakościowej procesów fermentacji. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2009, vol. 54(2), 81-86.
- [9] Polskie Normy. PN-75/C-04616/01. Wydawnictwo Normalizacyjne. Warszawa. Oznaczanie suchej masy osadu i substancji organicznych. Woda i ścieki. Badania specjalne osadów. Oznaczanie zawartości wody, suchej masy, substancji organicznych i substancji mineralnych w osadach ściekowych.
- [10] Polskie Normy. PN-90 C-04540/01. Wydawnictwo Normalizacyjne. Warszawa. Woda i ścieki. Badania pH, kwasowości i zasadowości. Oznaczanie pH wód i ścieków o przewodności elektrolitycznej właściwej 10 μS/cm i powyżej metodą elektrometryczną.
- [11] Polskie Normy. PN-75/C-04616/04. Wydawnictwo Normalizacyjne. Warszawa. Oznaczenie lotnych kwasów tłuszczowych.
- [12] Polskie Normy. PN-74/C-04540/00. Wydawnictwo Normalizacyjne. Warszawa. Oznaczenie zasadowości.
- [13] Wiese J., Koenig R.: Prozessbegleitende Fermentüberwachung auf Biogasanlagen, DVGW - Energie Wasser- Praxis, 2006, 9.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF DESTABILIZATION OF SELECTED OPERATION PARAMETERS OF THE DIGESTER ON THE EFFICIENCY OF BIOGAS PRODUCTION

Summary

The aim of the study was to determine the effect of changes in dry matter content of the substrate in the chamber of agricultural biogas plant on biogas production process. An indirect goal was to identify the limits of selected physico-chemical parameters of the control process of the biogas production.. Changes in parameter VFA / AOC (the ratio of volatile fatty acids concentration parameter in relation to alkalinity parameter), the content of dry matter and dry organic matter in relation to the concentrations of produced gases were observed. Mix of pig slurry and silage corn were used in the research. The tests were performed using the experimental digester with a capacity of 2300 m³. The research allowed to determine the limits of operating parameters of digester. The effects of destabilization of the biological deposit of agricultural biogas digester can be leveled after a period of 24 to 48 hours without loss of continuity of biogas production.

Key words: biogas, biogas yield, control process, destabilization