



Zadanie współfinansowane ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

mgr Beata Biega¹
Zakład Geologii Stosowanej i Geochemii
Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska
Uniwersytet Wrocławski

FERMENTACJA METANOWA – CZYLI JAK I Z CZEGO POWSTAJE BIOGAZ W BIOGAZOWNI.

Według Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) obserwowane zmiany klimatu mają związek z działalnością człowieka. W czwartym raporcie przygotowanym przez IPCC stwierdzono, bowiem, iż ocieplenie klimatu stanowi konsekwencję emisji gazów cieplarnianych do atmosfery [Mikłaszewski, 2011; IPCC, 2000]. Pogarszający się stan środowiska oraz wzrastający popyt na energię, który w chwili obecnej w 88% jest zaspakajany przez produkcje energii z paliw kopalnych, wymusza konieczność rozwijania nowych przyjaznych środowisku technologii, oraz poszukiwanie alternatywnych źródeł energii. Dane International Energy Agency [IEA, 2006] wskazują jednoznacznie na dalszy wzrost zapotrzebowania na energię. Według prognoz zwiększeniu ulegnie również zawartość gazów cieplarnianych w atmosferze, a dominującym zanieczyszczeniem będzie CO₂ pochodzące ze spalania paliw kopalnych.

Dwutlenek węgla to jeden z gazów cieplarnianych, który według wielu uczonych wskazywany jest, jako przyczyna globalnego ocieplenia klimatu. Tworzy się między innymi w wyniku erupcji wulkanicznych, procesów postwulkanicznych – ekshalacyjnych, spalania biomasy i paliw kopalnych, jak również na skutek wycinki lasów, jako konsekwencja zmniejszania powierzchni zadrzewionej [Migaszewski, 2007]. Zdecydowanie o wiele groźniejszym gazem jest jednak metan, który to co prawda należy do śladowych składników atmosfery a obecna jego zawartość kształtuje się na poziomie około 1,7 ppm [Climate Change, 2001], w porównaniu z CO₂ przyczynia się on około 30 krotnie bardziej do wzrostu temperatury na Ziemi [Dickinson i Ciceron, 1986]. Kluczowym elementem w zakresie polityki energetycznej jest, więc podjęcie działań zmierzających do przeciwdziałania ocieplaniu się klimatu oraz zmianom klimatycznym. Szczególnie istotne wyzwanie stanowi zaś konieczność zredukowania zawartości gazów

¹ Stypendystka projektu „Przedsiębiorczy doktorant – inwestycja w innowacyjny rozwój regionu” współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



Zadanie współfinansowane ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

cieplarnianych do wartości poniżej połowy poziomu z roku 1990 [IPCC 2000], jak też rozwijanie nowych przyjaznych środowisku technologii produkcji energii. Od wielu lat międzynarodowe organizacje podejmują różnorodne działania na tej płaszczyźnie. W 1992 r. podczas Szczytu Ziemi w Rio de Janeiro szczególną uwagę zwrócono na problem globalnych zmian klimatu oraz skutki ludzkich działań intensyfikujących efekt cieplarniany [Kundzewicz, 2008]. Przyjęta wówczas *Ramowa Konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu* wprowadziła ogólne postanowienia i wezwanie do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Niniejszy dokument został ratyfikowany przez Polskę w sierpniu 2002 r. W 2003 roku natomiast nasz kraj przyjął *Politykę klimatyczną*, która to nałożyła na Polskę obowiązek 40% redukcji gazów cieplarnianych w okresie 1988 – 2020. Protokół z Kioto uchodzi za pionierski dokument w aspekcie redukcji emisji gazów cieplarnianych, gdyż zawierał konkretne zobowiązania implementowane do uregulowań prawnych przez kraje ratyfikujące. Stworzył też podwaliny do ogłoszenie wielu dyrektyw Unii Europejskiej, w tym Dyrektywy 2003/87/WE ustanawiającej system handlu emisjami gazów cieplarnianych [Mikłaszewski, 2011].

Jako, że zasadniczy cel *Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu*, stanowi osiągnięcie stabilizacji stężeń gazów cieplarnianych w powietrzu na poziomie, który zapobiegłby groźnej ingerencji antropogenicznej w system klimatyczny, konieczne jest zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych na świecie przynajmniej o 50 % do roku 2050 w stosunku do poziomów z roku 1990. By sprostać tym założeniom w 2009 roku Unia Europejska przyjęła w dokumencie pn. *Decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2009/406/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie wysiłków podjętych przez państwa członkowskie, zmierzających do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w celu realizacji do roku 2020 zobowiązań Wspólnoty dotyczących redukcji emisji gazów cieplarnianych*. Ma on przyczyniać się do respektowania zobowiązania Unii Europejskiej w zakresie 20% redukcji emisji gazów cieplarnianych do 2020 r. w porównaniu z poziomami z 1990 r. Istotnym jest również fakt, iż dla każdego z państw członkowskich Unii określano nieco inne cele redukcji emisji i środki monitorowania w zakresie ich osiągnięcia.

O szczególnym nacisku kładzionym obecnie ze strony Unii Europejskiej na ograniczenie wykorzystania konwencjonalnych źródeł energii oraz na promowanie i wspieranie rozwoju odnawialnych źródeł energii, świadczą kierunki jej działań w zakresie rozwoju polityki energetycznej. Zgodnie z zapisami zawartymi w *Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych* konieczne jest, zarówno kontrolowanie zużycia energii, jak i zwiększenie stosowania energii z odnawialnych źródeł



Zadanie współfinansowane ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego wraz z jej oszczędnością oraz zwiększoną efektywnością energetyczną. Przyjęty przez Unię Europejską plan działań w zakresie OZE zakłada, bowiem iż w roku 2020 udział odnawialnych źródeł w całkowitej produkcji energii będzie wynosił co najmniej 20%.

Warto również zwrócić uwagę na fakt, iż największe rezerwy konwencjonalnych paliw takich, jak ropa naftowa czy gaz są skoncentrowane w niestabilnych politycznie regionach, co nie gwarantuje bezpiecznej ich dystrybucji. Z tego punktu widzenia dywersyfikacja źródeł energii jest, więc jak najbardziej zasadna. Istotną rolę odegrać może w tym aspekcie produkcja biogazu z odpadów, pozostałości poprodukcyjnych i biomasy z upraw energetycznych. W chwili obecnej branża biogazowa przeżywa prężny rozwój, zarówno w Europie, jak i pozostałych częściach świata. Zdecydowanym liderem są jednak Niemcy, gdzie pod koniec 2008 roku funkcjonowało około 4000 biogazowni rolniczych [Weiland, 2009].

Szacuje się, że w ciągu kilku dekad, bioenergetyka będzie główną osią rozwoju OZE, stanowiącą jednocześnie doskonałą alternatywę dla paliw kopalnych. Sukces produkcji biogazu wiąże się przede wszystkim z dostępnością substratów, stosunkowo niskimi kosztami inwestycyjnymi pozyskania 1kW energii odnawialnej, wynoszącymi około 14 tyś. PLN, szerokimi możliwościami wykorzystania biogazu do produkcji ciepła, pary, elektryczności, wodoru oraz jako paliwo do pojazdów. Różnorodność substratów wykorzystywanych w biogazowniach (rośliny z upraw energetycznych, trawy, liście, odpady zwierzęce, odpady z warzyw i owoców, algi) – sprawia, iż sam proces fermentacji metanowej może być wykorzystany w prawie w każdym miejscu na świecie [Walczak, 2010; Weiland, 2009]. Tak, więc wśród najważniejszych zalet produkcji biogazu wskazać należy możliwość wykorzystania wszystkich typów biomasy jak i brak negatywnych oddziaływań dla środowiska [Busch, 2009].

Na czym polega proces fermentacji metanowej i jakie czynniki go kontrolują? Proces fermentacji metanowej jest niczym innym jak beztlenową degradacją substancji organicznych, zachodzącą przy udziale rozmaitych konsorcjów mikrobiologicznych. Charakteryzuje się on różnym tempem rozkładu poddawanych fermentacji substratów, a także różną ilością powstającego biogazu. To skład chemiczny poddawanych fermentacji substratów, temperatura, a także czas zatrzymania substratów w komorze fermentacyjnej determinuje ilość i skład biogazu. Mimo, iż największe objętości biogazu otrzymać można w wyniku fermentacji tłuszczów, to nie są one jednak najbardziej pożądanym składnikiem wsadów fermentacyjnych ze względu na ich długi okres rozkładu. Najszybszym przebiegiem procesu produkcji biogazu charakteryzują się surowce zasobne w polisacharydy [Pająk, 2010]. Bardzo dobrym składem charakteryzują się odpady pochodzące z produkcji zwierzęcej, takie jak gnojowica, obornik czy też pomiot



Zadanie współfinansowane ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

z produkcji drobiu [Głaszczka, 2010]. Zdecydowanie mniej pożądanym surowcem do produkcji biogazu są odpady o dużej zawartości ligniny, w przypadku, których limitującym etapem jest szybkość fermentacji jest hydroliza surowca. Według Eastman [1981] hydroliza polimerów trudno rozpuszczalnych, takich jak celuloza, ligniny, a także podatnych na rozkład tłuszczów, białek i węglowodanów, stanowi etap limitujący szybkość fermentacji. Średnio około 50% substancji organicznych poddawanych fermentacji zostaje rozłożonych. Generalnie każdy rodzaj biomasy może być użyty jako substrat do produkcji biogazu, pod warunkiem, że zawiera węglowodany, białka, tłuszcze, celulozę, hemicelulozę jako główny komponent. Dawniej fermentacja metanowa związana była głównie z unieszkodliwianiem odpadów takich jak, obornik zwierzęcy czy też osady pościekowe z oczyszczalni ścieków. Obecnie wiele z biogazowni rolniczych poddaje fermentacji odchody świń, krów, drobiu z dodatkowym kosubstratem w celu zwiększenia zawartości materii organicznej i osiągnięcia wyższej gazodochodowości. Typowymi kosubstratami są pozostałości ze żniw, jak na przykład liście buraków cukrowych, odpady organiczne z rolnictwa, resztki żywności, zbierane bioodpady komunalne z gospodarstw domowych i upraw energetycznych. Biogazodochodowość poszczególnych substratów różni się znacznie i zależy od źródła ich pochodzenia, zawartości substancji organicznej, składu. Wszystkie substraty do produkcji biogazu powinny być wolne od patogenów i innych organizmów [Weiland, 2010; Jędrczak, 2007].

Niewątpliwie, jakość poddawanego fermentacji wsadu ma istotne znaczenie dla procesu metanogenezy i jego efektywności. Wynika to z tego, iż bakterie, które uczestniczą w fermentacji wymagają określonych substancji, zarówno pokarmowych, jak też i tych, które posłużą, jako substrat do produkcji metanu. Szczególnie istotny w przypadku wsadu fermentacyjnego jest stosunek Węgla do azotu (C:N). Optymalne rezultaty podczas fermentacji uzyskuje się, gdy stosunek C:N mieści się w zakresie od 10:1 do 25:1, a stosunek N:P:S=, 7:1:1. Jeśli natomiast stosunek C:N jest zbyt wysoki następuje spadek produkcji gazu. Obserwuje się wówczas nadmierne pobieranie azotu przez metanogeny do zaspokojenia potrzeb białkowych. Z kolei zbyt niski stosunek C:N skutkuje uwalnianiem azotu w postaci amoniaku i podwyższaniem pH środowiska [Jędrczak, 2007]. Według Margla [2004] fermentacja gnojowicy powoduje wzrost zawartości azotu amonowego w osadzie średnio o 20%, natomiast w przypadku ścieków mleczarskich o 54%, zaś ścieków komunalnych o 56%. Problem toksyczności amoniaku występuje głównie podczas fermentowania surowców zasobnych w białka. Szczególnie duże stężenia amoniaku w fermentacie pojawiają się w procesach termofilowej fermentacji odchodów z hodowli świń, bydła oraz drobiu [Jędrczak, 2007].



Zadanie współfinansowane ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Możliwość wzrostu mikroorganizmów w komorze fermentacyjnej determinowana jest nie tylko, jakością substratu, ale również dostępnością rozpuszczalnych form potasu, sodu, żelaza, magnezu oraz wapnia. Istotne znaczenie ma także zawartość pierwiastków śladowych takich jak: molibden, mangan, miedź, cynk, kobalt, nikiel, selen czy też wolfram. Najczęściej stosowane w biogazowniach substraty charakteryzują się zazwyczaj odpowiednią zawartością makro i mikroelementów, stąd też suplementacja wsadów fermentacyjnych nie jest konieczna. Zawartość niektórych kationów w zależności od stężenia może mieć działanie przyspieszające lub hamujące proces fermentacji. Kationy takie jak wapń, magnez, potas, sód w niskich stężeniach mają działanie stymulujące proces, natomiast w wysokich toksyczne [Jędrzak, 2007].

Jako, że mikroorganizmy biorące udział w fermentacji są niezwykle wrażliwe na substancje chemiczne, które mogą pochodzić bądź z surowców dostarczanych bezpośrednio lub też powstawać w trakcie trwania fermentacji jako produkt pośredni, to bardzo ważnym aspektem jest stały monitoring procesu realizowany między innymi poprzez stałe śledzenie parametrów fizyko – chemicznych oraz analizy składu chemicznego substratów poddawanych fermentacji jak i samego fermentatu. Często bowiem brak odpowiedniej kontroli skutkuje wyraźnym zmniejszeniem ilości powstającego biogazu, a nawet całkowitym zahamowaniem procesu fermentacji [Jędrzak, 2007].

Warto, więc podkreślić, iż właściwy dobór substratu oraz technologii w oparciu, o którą realizowany będzie proces fermentacji metanowej, są zagadnieniami kluczowymi dla każdej biogazowni, tak samo jak ciągły monitoring procesu.

Literatura

1. Busch, G., Großmann, J., Sieber, M., Burkhardt, M., 2009. A new sound technology for Biogas from solid waste and biomass. *Water Air Soil Pollut: Focus* 9:89-97;
2. Cicerone, R. J.; Oremland, R. S., 1988. *Biogeochemical aspects of atmospheric methane*, *Global Biogeochemical Cycles*, 2: 299-327;
3. Eastman J. A., Ferguson J. F., 1981. *Solubility of particulate organic carbon during the acid phase of anaerobic digestion*. *J. Wat. Poll. Control. Fed.*, 53: 352-366
4. Głaszczka A., Wardal W. J., Romaniuk W., Domasiewicz T., 2010. *Biogazownie rolnicze*. MULTICO Oficyna Wydawnicza, Warszawa, s. 6 – 36;
5. IEA, 2006. *World Energy Outlook*, International Energy Agency, Paris
6. IPCC, 2000. *Special report on emission scenarios*, Intergovernmental Panel on Climate Change; s.3 – 21;
7. Jędrzak A., 2007. *Biologiczne przetwarzanie odpadów*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, s. 80 – 113;



Zadanie współfinansowane ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

8. Kundzewicz Z. W., Kowalczak P., 2008. Zmiany klimatu i ich skutki, Wydawnictwo Kurpisz S. A., Poznań, s. 12;
9. Margel L., 2004. *Prognozowanie procesu fermentacji metanowej mieszaniny osadów ściekowych i gnojowicy*. Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok, s. 3- 130;
10. Mikłaszewski A., 2011. Uwarunkowania rozwoju gospodarki niskoemisyjnej a zobowiązania UE i Polski w zakresie ochrony klimatu [w] *Gospodarka niskoemisyjna szansą dla środowiska*, Polski Klub Ekologiczny, Wrocław, s. 7-18;
11. Migaszewski Z. M., Gałuszka A., 2007. Podstawy geochemii środowiska, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa, s. 348 – 351;
12. Pająk T., 2010. *Substraty do produkcji biogazu rolniczego* [w] *Biogazownie rolnicze*, Kraków, s. 120 – 135;
13. Walczak J., 2010. *Rodzaje korzyści z produkcji biogazu rolniczego* [w] *Biogazownie rolnicze*, Państwowy Instytut Badawczy, Kraków, s. 7 – 28;
14. Weiland P., 2010. Biogas production: current state and perspectives, *Appl Microbiol Biotechnol*, 85: 849 – 860;