

## Przełład technologii produkcji biogazu (część trzecia)

mgr inż., Dipl.-Ing. Olaf Kujawski (LimnoTec GmbH, Hille)

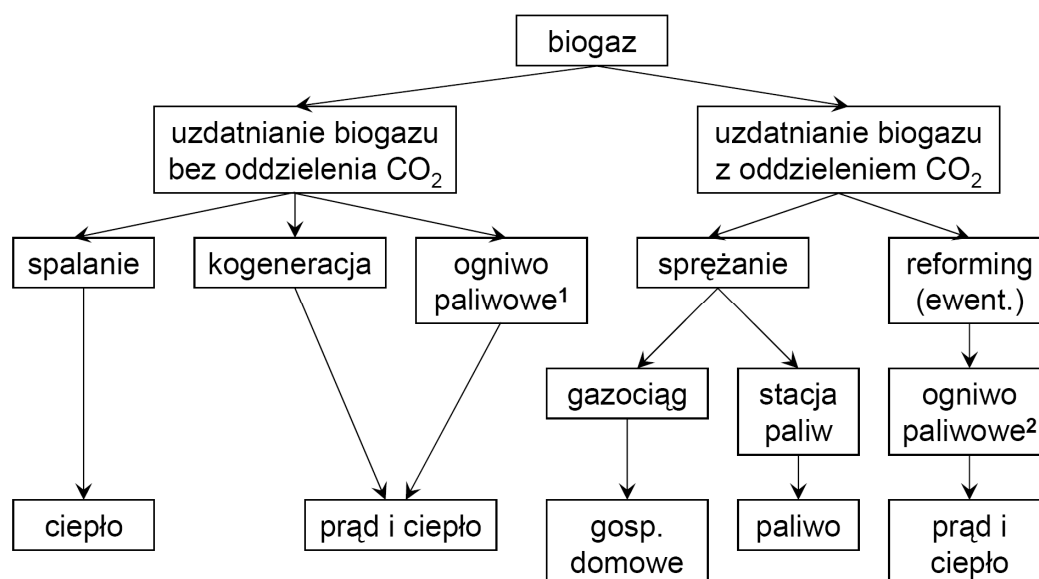
Niniejszy artykuł opisuje w szczególności obecnie najczęściej stosowane technologie magazynowania, uzdatniania oraz energetycznego wykorzystywania biogazu jak również technologię przetwarzania pozostałości pofermentacyjnej.

### Magazynowanie biogazu

Biogaz jest gromadzony oraz buforowany w bezciśnieniowych zbiornikach umieszczonych na większości biogazowni nad komorami fermentacji. Rzadziej do tego celu, ze względów finansowych, stosuje się zewnętrzne zbiorniki. Ciśnienie w zbiornikach biogazu tylko nieznacznie różni się od ciśnienia atmosferycznego ( $\pm 5$  mbar) natomiast ich łączna objętość wystarcza na parę godzin pracy instalacji. W zależności od pory roku, temperatura biogazu wynosi od kilkunastu do około 40 °C. Z uwagi na bezpieczeństwo eksploatacji, zbiorniki biogazu muszą być wyposażone w system pomiaru ich napełnienia oraz urządzenia zabezpieczające przed nad- lub podciśnieniem.

### Jak można wykorzystać biogaz?

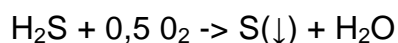
Biogaz jest mieszaniną różnych gazów: metanu (50 – 75 % obj.), dwutlenku węgla (25 – 50 % obj.), pary wodnej (2 – 7 % obj.), siarkowodoru (20 – 20.000 ppm), azotu (< 2 % obj.), wodoru (< 1 % obj.) oraz tlenu (< 1 % obj.). Związki niepożądane w biogazie to przede wszystkim siarkowodor oraz para wodna oraz w przypadku niektórych technologii energetycznego wykorzystania biogazu dwutlenek węgla. W zależności od sposobu jego wykorzystania biogaz musi zostać odpowiednio przetworzony lub uzdatniony (rys 1).



Rys 1 metody uzdatniania i wykorzystania biogazu [1] (1 - ogniwa paliwowe typów SOFC, MCFC; 2 – ogniwa paliwowe typów PAFC, PEMFC)

### Odsiarczanie i osuszanie biogazu

Proces odsiarczania może być realizowany przy użyciu metody biologicznego utleniania siarki lub na drodze fizyko-chemicznej przy zastosowaniu specjalnych urządzeń i związków chemicznych. Zwykle metoda biologiczna stanowi pierwszy etap odsiarczania. Najczęściej stosowany wariant tej technologii polega na wdmuchiwanie tlenu lub powietrza atmosferycznego do zbiorników biogazu. Odsiarczanie biologiczne może być również realizowane w reaktorach zewnętrznych. Technologia ta polega na uzyskaniu w biogazie stosunkowo niskiego stężenia tlenu (około 1%). W takich warunkach rozwijają się bakterie utleniające siarkę z postaci H<sub>2</sub>S do siarki atomowej zgodnie z reakcją:



Odsiarczanie chemiczne można realizować zarówno w reaktorze biologicznym lub w specjalnie do tego celu skonstruowanej kolumnie (reaktor zewnętrzny). W obu przypadkach siarkę z biogazu usuwa się za pomocą zastosowania związków chemicznych takich jak chlorki żelaza III i II, wodorotlenek sodu oraz wodorotlenek żelaza. Odsiarczanie biogazu można również przeprowadzać na drodze adsorpcji przy wykorzystaniu węgla aktywnego.

Odsiarczanie pełni bardzo ważną rolę ze względu na korozyjne właściwości związków siarki. Dlatego w biogazie, zgodnie z zaleceniami producentów kogeneratorów, nie powinno być więcej niż 200 – 300 ppm H<sub>2</sub>S. Odsiarczanie biologiczne jest stosunkowo tanie jednak nie gwarantuje odpowiednio niskich stężeń H<sub>2</sub>S w każdym przypadku. W wypadku zastosowania substratów o wysokiej zawartości siarki (np. gnojowicy świńskiej lub rzepaku) istnieje konieczność wykorzystania droższych lecz skuteczniejszych metod odsiarczania fizyko-chemicznego.

Zawartość pary wodnej w biogazie powoduje znaczne obniżenie jego wartości opałowej. 1 m<sup>3</sup> biogazu w temperaturze 35 °C zawiera około 40 g wody. Biogaz można „osuszyć” poprzez obniżenie jego temperatury lub/oraz przez podwyższenie jego ciśnienia. W wyniku zmiany tych parametrów para wodna kondensuje. Proces ten ma miejsce już w przewodach biogazu natomiast jego zintensyfikowanie jest możliwe poprzez zastosowanie instalacji osuszania biogazu wyposażonych w sprężarki oraz chłodziarki biogazu.

Po odsiarczeniu oraz osuszeniu biogaz nadaje się do bezpośredniego wykorzystania w piecach, silnikach kogeneratorów oraz niektórych typach ogniw paliwowych (typy: SOFC i MCFC). Pozostałe technologie energetycznego wykorzystania biogazu wymagają jednak jego dalszego uzdatniania w celu usunięcia lub zminimalizowania ilości CO<sub>2</sub> czyli inaczej mówiąc wzbogacenia biogazu.

## Produkcja energii

Zdecydowanie najczęściej stosowaną technologią produkcji energii z biogazu jest kogeneracja, czyli równoczesna produkcja energii elektrycznej i ciepłej w tak zwanym kogeneratorze (fot. 1). Składa się on z silnika gazowego przetwarzającego energię chemiczną biogazu na mechaniczną oraz generatora energii elektrycznej. Ciepło wytwarzane przez kogenerator jest ujmowane w procesie jego chłodzenia. W zależności od zastosowanego silnika wyróżnia się dwa typy kogeneratorów: ze zmodyfikowanymi silnikami diesla oraz z gazowymi silnikami tłokowymi Otto. Pierwszy rodzaj kogeneratora wymaga ciągłego dostarczania małej ilości paliwa (np. diesel, biodiesel, olej roślinny). Jego zaletą jest nieprzerwana praca nawet przy niskim stężeniu metanu w biogazie, natomiast jego wadą jest konieczność zastosowania dodatkowego paliwa. Drugi rodzaj kogeneratora, z gazowym silnikiem tłokowym jest obecnie dużo częściej stosowany przede wszystkim z powodów ekologicznych (brak dodatkowego paliwa). Jego niewątpliwą zaletą jest konstrukcja zaprojektowana do spalania biogazu jednak wadą niska efektywność przy niskim stężeniu metanu. Łączna sprawność wytwarzania energii w procesie kogeneracji wynosi około 85%. Efektywność wytwarzania energii elektrycznej waha się, w zależności od producenta i wielkości kogeneratora, w granicach od 33 – 45 % [1]. Obecnie najczęściej buduje się biogazownie o mocy w przedziale od 500 do 1.500 kW<sub>el</sub>. Elektrociepłownie tej wielkości idealnie nadają się do zastosowania w ramach tak zwanej energetyki rozproszonej. Przy takim sposobie wytwarzania i dostarczania energii, z uwagi na stosunkowo niewielkie odległości od wytwórcy do odbiorcy straty na przesyłach są znacznie niższe niż w wypadku energetyki konwencjonalnej. Kogeneracja biogazu jest więc bardzo efektywnym sposobem wytwarzania oraz dostarczania do odbiorcy końcowego energii elektrycznej i ciepła.



Fot 1 Kogenerator (archiwum autora)

Biogaz można również przetwarzać na energię elektryczną i ciepło w ogniach paliwowych, silnikach sterlinga oraz mikro turbinach gazowych. Wysokie koszty

inwestycyjne jak na razie hamują zastosowanie tego typu technologii na biogazowniach.

### Usuwanie CO<sub>2</sub> z biogazu. Produkcja biometanu

Zgodnie z [2] i [3] jedną z dwóch najbardziej rozpowszechnionych metod usuwania CO<sub>2</sub> z biogazu w Europie jest absorpcja chemiczna za pomocą technologii płuczki wodnej. Proces opiera się na różnej zdolności do rozpuszczania gazów w wodzie. Gazy takie jak CO<sub>2</sub> (dwutlenek węgla) oraz H<sub>2</sub>S (siarkowodór) jak i NH<sub>3</sub> (amoniak) łatwiej ulegają absorpcji niż polarne hydrofobowe węglowodory (np. CH<sub>4</sub> – metan). Drugą co do częstości zastosowania w Europie technologią jest adsorpcja przy zmiennym ciśnieniu (*eng. PSA - Pressure Swing Adsorption*). CO<sub>2</sub> ulega adsorpcji na węglu aktywnym, sitach molekularnych (zeolitach) oraz porowatych polimerach w warunkach wysokiego ciśnienia oraz niskiej temperatury. Obydwie metody pozwalają na produkcję biometanu o czystej zawartości metanu na poziomie 98 – 99 %.

Rzadko stosowane w praktyce rozwiązania do usuwania CO<sub>2</sub> z biogazu to technologia Selexo, absorpcja chemiczna za pomocą Etanolaminy, filtracja membranowa oraz technologia niskich temperatur.

Wszystkie wymienione powyżej technologie charakteryzują się stosunkowo wysokimi kosztami inwestycyjnymi oraz eksploatacyjnymi, dlatego też usuwanie CO<sub>2</sub> z biogazu znalazło dotychczas swoje zastosowanie jedynie na kilkunastu biogazowniach w Szwecji, Niemczech i Austrii. Coraz dynamiczniejszy postęp w tej dziedzinie i rosnące ceny kopalnych nośników energii pozwalają jednak mieć nadzieję, że już w niedalekiej przyszłości technologie te będą powszechniej stosowane. Po usunięciu CO<sub>2</sub> w biogazie zawartość metanu dorównuje gazowi ziemnemu. Gaz po takim procesie można wprowadzić zatem do sieci, wykorzystać jako paliwo oraz do produkcji ciepła i energii elektrycznej w ogniwach typów PAFC, PEMFC.

### Obróbka, składowanie i wykorzystanie pozostałości pofermentacyjnej

Pozostałości pofermentacyjne znakomicie nadają się jako nawóz dla rolnictwa, ponieważ posiadają wysokie zawartości pierwiastków biogennych takich jak azot (N), fosfor (P) oraz potas (K). W zależności od wyboru technologii wyróżnia się płynne oraz stałe pozostałości pofermentacyjne.

Pozostałości płynne mogą być składowane w zbiornikach otwartych lub przykrych dachami gazoszczelnymi, poddane procesowi separacji na frakcje o wysokiej suchej pozostałości i frakcję o niskiej suchej pozostałości lub odwadniane.

Pozostałości pofermentacyjne nie mogą być zgodnie z polskim prawem [4] od 31.11 do 01.03 wykorzystywane do nawożenia pól. Obiekty biogazowni muszą być zatem wyposażone w zbiorniki o odpowiedniej pojemności. Pokrycie tych zbiorników magazynowych może powodować dodatkowe uzyski biogazu.

Płynne pozostałości pofermentacyjne posiadające suchą pozostałość na poziomie powyżej 6 - 8 % można podawać procesowi rozdzielania na frakcje. W wyniku rozdziału przy użyciu stosunkowo prostych technik separacji (np. prasa śrubowa, fot 2) możliwe jest uzyskanie pozostałości o wartości około 20% suchej masy (fot. 3) oraz płynnej pozostałości o około 3 – 5 % suchej masy. Proces ten pozwala zatem

zaoszczędzić pojemność zbiorników magazynowych oraz koszty transportu przetworzonej pozostałości fermentacyjnej.



Fot. 2 Prasa śrubowa (archiwum firmy LimnoTec)



Fot 3 Odseparowana pozostałość pofermentacyjna o wartości 20 % suchej pozostałości (archiwum firmy LimnoTec)

Odwadnianie pozostałości można realizować poprzez zastosowanie wirówek, procesów membranowych oraz suszenia przy wykorzystaniu ciepła produkowanego

na biogazowni. W wyniku odwadniania z pozostałości fermentacyjnej można wytwarzać nawóz granulowany.

### Podsumowanie

Biogaz jest produktem fermentacji metanowej. Dalsze energetyczne wykorzystanie tego surowca determinuje sposób jego przygotowania oraz konieczne kroki jego uzdatniania. Pozostałości pofermentacyjne to nie tylko odpad ale również wysokowartościowy produkt biogazowni, który z powodzeniem może konkurować z nawozami sztucznymi. Jego odpowiednia obróbka może przyczynić się do oszczędności kosztów inwestycyjnych oraz eksploatacyjnych.

### Literatura

1. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (2007): Faustzahlen für Biogas, Herausgeber: KTBL und Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)
2. Beil M., Hoffstede U. (2009): Biomethan als Fahrzeugkraftstoff – Praxiserfahrungen aus Europa.
3. KTBL (2009): Die Landwirtschaft als Energieerzeuger, Darmstadt
4. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 16 kwietnia 2008 r. w sprawie szczegółowego sposobu stosowania nawozów oraz prowadzenia szkoleń z zakresu ich stosowania, Dz.U. 2008 nr 80 poz. 479