

Produkcja i energetyczne wykorzystanie biogazu - przykłady nowoczesnych technologii

Robert Piątek*
rpiatek@nilu.pl

Polityka zrównoważonego rozwoju ukierunkowuje uwagę na oddziaływanie ludzkiej działalności na środowisko naturalne dzisiaj i jej konsekwencje w przyszłości. Przycho-
dzące pokolenia bowiem także mają prawo do korzystania z eksploatowanych dziś zasobów
naturalnych Ziemi. Racjonalne gospodarowanie, zwłaszcza dobrami zasadniczymi, jakimi
są energia i żywność, ma kluczowe znaczenie dla teraźniejszości i dla przyszłości ludzkości.
Stając w obliczu faktów wzrostu liczebności populacji ludzkiej (zwłaszcza w krajach roz-
wijających się), stałego dążenia do poprawy poziomu życia (zwłaszcza w krajach najbar-
dziej rozwiniętych), migracji ludności do miast, wzrostu produkcji rolnej oraz działalności
przemysłowej i transportu trudno nie zauważyć ich skumulowanego i spotęgowanego od-
działywania na ekosystem [4]. Zapotrzebowanie na energię i na żywność będzie wzrastać i
tylko dojrzałe systemowe rozwiązania, wdrażane przede wszystkim lokalnie, w rozprosze-
niu, mogą odnieść sukces w postaci ograniczania negatywnych skutków aktywności ludz-
kiej na otaczające środowisko. Racjonalna gospodarka zaczyna się od procesów racjonalnej
konsumpcji, które stanowią działania najprostsze i najtańsze. Kolejnym etapem jest racjo-
nalne wytwarzanie dóbr w procesach o relatywnie wyższej sprawności i mniejszej generacji
zagrożeń dla środowiska. W tym kontekście znajduje uzasadnienie proces przekształcania
sektora energetycznego zdominowanego przez konwencjonalne technologie oparte głównie
na spalaniu paliw kopalnych poprzez doskonalenie procesów wytwarzania energii elektrycz-
nej i ciepłej w skojarzeniu oraz rozpowszechnianie technologii opartych na odnawialnych
źródłach energii, docelowo zmierzając do popularyzacji technologii wykorzystujących wo-
dór jako zasadniczy nośnik energii. Niewątpliwym katalizatorem tych przekształceń jest
coraz wyraźniejsze widmo wyczerpywania światowych zasobów ropy naftowej i gazu ziem-
nego. Fakt ten z pewnością leży u źródeł opracowań politycznych strategii wsparcia dla
energetyki odnawialnej łącznie z wdrażaniem mechanizmów finansowych wsparcia inwe-
stycji, jak i finansowaniem programów badawczych dla rozwoju technologii.

Biogaz jest nośnikiem energii wytwarzanym z substancji organicznej (biomasy) w pro-
cesie fermentacji beztlenowej. Fizycznie biogaz stanowi roztwór gazowy składający się
głównie z metanu i dwutlenku węgla oraz śladowych ilości zanieczyszczeń takich jak siar-
kowodór i amoniak. W biogazie może występować także wilgoć, cząstki stałe, tlenek węgla,
inne lotne węglowodory oraz śladowe ilości fluorowcowęglowodorów czy lotnych siloksanów
[2, 5]. Skład jakościowy i udziały poszczególnych składników zależą od rodzaju surowca
poddawanego procesowi biodegradacji oraz od sposobu realizacji tego procesu. Wymie-
nione powyżej zanieczyszczenia są zazwyczaj usuwane z biogazu przed jego energetycznym

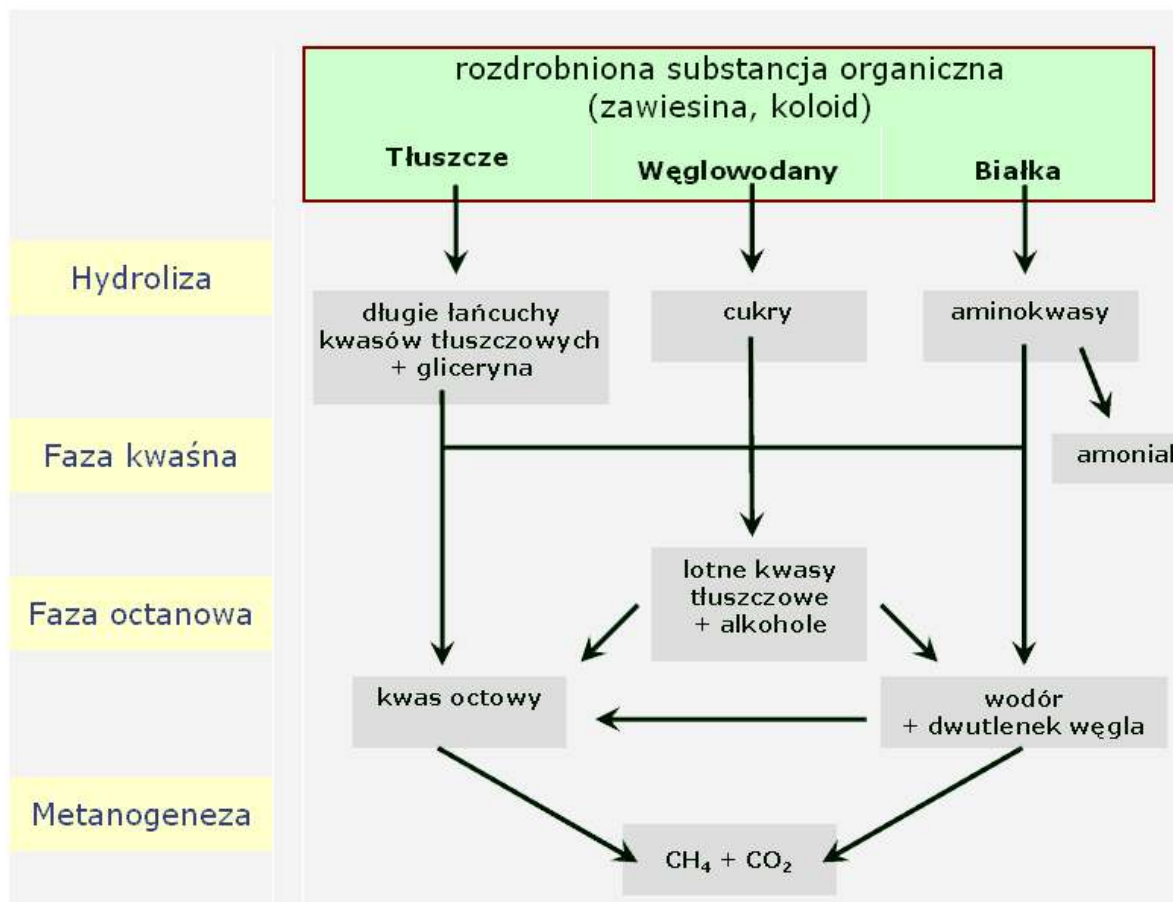
*NILU Polska Sp. z o.o., ul Reymonta 24, 40-029 Katowice

wykorzystaniem. Uzasadniona jest więc najczęściej podawana w literaturze informacja, że biogaz zawiera od 50 do 70% CH₄ i od 30 do 50% CO₂.

Technologie biogazowe są oparte na odnawialnych źródłach energii, ale należy wyraźnie zaznaczyć, że głównym celem ich zastosowania nie jest produkcja energii elektrycznej, lecz potrzeba utylizacji odpadów organicznych. Biogaz może więc być traktowany jako produkt uboczny procesu zagospodarowania odpadów. Fermentacja anaerobowa jest szeroko przetestowanym na świecie i uznanym sposobem utylizacji różnego rodzaju odpadów pochodzenia organicznego, np. stałych odpadów miejskich, odpadów kuchennych, osadów ściekowych, odpadów pochodzenia zwierzęcego (gnojowica, odpady poubojowe itp.), odpadów rolniczych itd. Jest to proces typowo biologiczny przebiegający etapowo, zachodzący w warunkach beztlenowych w odpowiednim zakresie temperatur (ok. 10 - 70°C). Od temperatury procesu w zasadniczy sposób zależy intensywność jego zachodzenia i dominanta poszczególnych szczepów mikroorganizmów go wywołujących. Można więc wyróżnić fermentacje wywoływane przez bakterie psychrofilne (optimum wzrostu: 10 - 20°C), mezofilne (optimum: 27 - 35°C) lub termofilne (optimum: 50 - 60°C). Pierwszym etapem procesu fermentacji beztlenowej jest hydroliza wielkocząsteczkowych związków organicznych do rozpuszczalnych związków prostszych. Po niej następuje faza kwaśna i faza octanowa, w których produkty przejściowe podlegają przemianom do kwasu octowego, wodoru i dwutlenku węgla. Ostatnim etapem jest metanogeneza [1, 3, 5]. Poszczególne fazy procesu zostały przedstawione schematycznie na rys. 1. Produktem procesu jest biogaz oraz stale i ciekłe stabilne odpady pofermentacyjne, które w wyniku dalszych przemian fizykochemicznych mogą zostać przekształcone do produktów użytecznych – kompostu, biometanolu, skroplonego azotu, wody pitnej i in.

Fermentacja anaerobowa jako proces biologiczny zachodzi wszędzie tam gdzie spełnione są warunki dla rozwoju bakterii metanogennych. Fakt ten ma określone skutki środowiskowe - jest bowiem przyczyną znacznej niekontrolowanej emisji do atmosfery metanu i dwutlenku węgla wynikającej np. z nawożenia pól uprawnych obornikiem bądź ze składowania odpadów organicznych. Metan jest gazem o wysokim potencjale cieplarnianym, ok. 21 razy większym niż CO₂. Dodatkowo procesowi zachodzącemu w sposób niekontrolowany towarzyszy znaczna emisja odorantów. Celowa jest więc utylizacja odpadów w instalacjach biogazowych, co umożliwi dodatkowo znaczne zmniejszenie ryzyka rozprzestrzeniania się zagrożeń biologicznych, gdyż większość wirusów i bakterii chorobotwórczych ulega zniszczeniu we wstępnej, termicznej fazie przygotowania surowca, tzw. higienizacji.

Zasadniczo można wyróżnić trzy różne typy instalacji wykorzystujących proces fermentacji beztlenowej do produkcji biogazu: biogazownie rolnicze, fermentacje osadów ściekowych w biologicznych oczyszczalniach ścieków, ujęcia biogazu na składowiskach odpadów. Produkcja biogazu dostarczającego energii na potrzeby własne oczyszczalni ścieków i jednocześnie zapewniająca stabilizację osadów ściekowych jest rozwiązaniem powszechnie stosowanym. Proces jest realizowany najczęściej w ogrzewanych zamkniętych wydzielonych komorach fermentacyjnych (WKF) z mieszaniem osadu [3]. Podczas eksploatacji składowisk odpadów komunalnych biogaz, zwany w tym przypadku gazem wysypiskowym, jest produkowany samoczynnie. Usankcjonowane prawnie względy bezpieczeństwa oraz ochrony środowiska przemawiają za jego wychwytywaniem. Stosowane są zarówno bierne jak i aktywne (z zasysaniem) systemy odgazowania oraz ich kombinacje. Ze względu na bardzo zmienny w czasie skład gazu wysypiskowego bardzo często jest on spalany w pochodni. Zainteresowanie energetycznym wykorzystaniem gazu stale wzrasta. Problemem

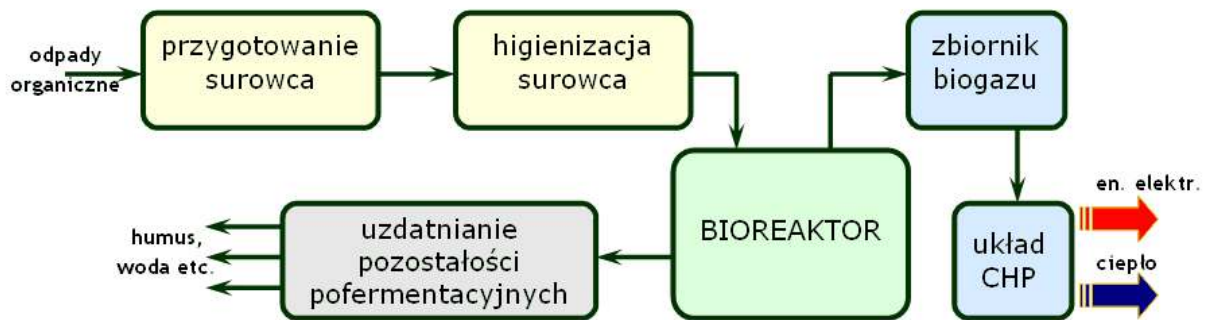


Rysunek 1: Uproszczony schemat procesu fermentacji beztlenowej [5]

jednak jest w tym przypadku kwestia zagospodarowania wytworzonej energii cieplnej – zbyt niskie potrzeby własne składowiska i niekorzystna lokalizacja względem potencjalnych odbiorców. Uniknięty koszt zakupu energii elektrycznej na potrzeby własne z uwzględnieniem sprzedaży nadwyżek energii do sieci często nie bilansuje kosztów inwestycyjnych agregatów prądowłórczych i kosztów ich chłodzenia. W ostatnim czasie w Europie Zachodniej wzrasta zainteresowanie współfermentacją poddanych wstępnej separacji łatwo-degradowalnych frakcji stałych odpadów komunalnych z odpadami rolniczymi, w dużych zcentralizowanych biogazowniach. Skala przedsięwzięcia pozwala na osiągnięcie korzyści ekonomicznych zarówno z utylizacji odpadów jak i z produkcji energii elektrycznej i cieplnej przeznaczonej do sprzedaży do sieci. Dzięki dywersyfikacji surowca łatwiejsze staje się optymalizowanie jego składu oraz zapewnienie ciągłości dostaw.

W cyklu technologicznym typowej biogazowni rolniczej, przedstawionej w uproszczeniu na rys. 2, odpady początkowo zostają poddane wstępnej obróbce mechanicznej wraz z doprowadzeniem wody, w celu uzyskania homogenicznej pulpy o określonej zawartości masy suchej. Tak przygotowany wsad w razie konieczności jest poddawany termicznej higienizacji, a następnie kierowany do bioreaktora, w którym bakterie metanogenne w warunkach beztlenowych produkują biogaz. Proces fermentacji często bywa realizowany dwustopniowo. Przefermentowane osady są osuszane, i albo wykorzystywane bezpośrednio do nawożenia gleby, albo poddawane dalszym przekształceniom dla poprawy ich jakości [1]. Biogaz po usunięciu zanieczyszczeń (w zależności od sposobu utylizacji) jest najczę-

ściej kierowany do urządzeń kogeneracyjnych produkujących energię elektryczną i ciepłą. Czasem jest on poddawany dalszym przemianom chemicznym, w celu uzyskania paliw płynnych, lub fizycznym, aby mógł zostać wprowadzony bezpośrednio do sieci gazu ziemnego [2].

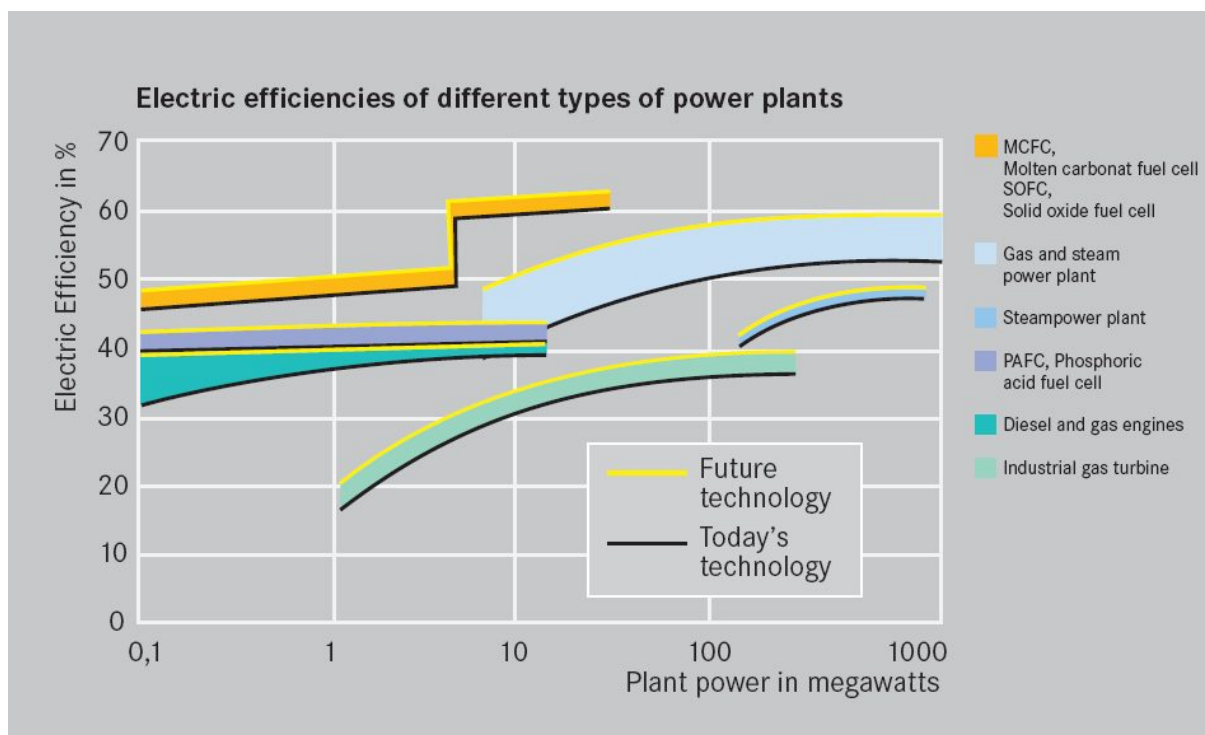


Rysunek 2: Schemat typowej biogazowni rolniczej

Preferowana droga wykorzystania paliwa jest przede wszystkim produkcja energii elektrycznej, która w prosty sposób, z wysoką sprawnością może być zamieniana na dowolną inną postać energii. Najczęściej stosowanym obecnie sposobem utylizacji biogazu są tłokowe silniki spalinowe, w których energia elektryczna jest wytwarzana ze sprawnością mniejszą niż 40%. Intensywnie są rozwijane, choć wciąż jeszcze bardzo drogie inwestycyjnie, ogniwa paliwowe, które dzięki bezpośredniej konwersji energii chemicznej paliwa do energii elektrycznej cechują się bardzo wysoką sprawnością wytwarzania elektryczności, na poziomie 50%. Na rys. 3 przedstawiono porównanie efektywności produkcji energii elektrycznej z wykorzystaniem różnych urządzeń w funkcji zainstalowanej mocy. Wykres ten przedstawia nie tylko obecny stan wiedzy, ale również prognozy rozwoju technologii.

Implementacja instalacji biogazowych rodzi wielorakie pozytywne skutki ekologiczne. Do niewątpliwych korzyści należy m.in. redukcja niekontrolowanej emisji gazów cieplarnianych, dzięki zagospodarowaniu odpadów do produkcji paliwa, oraz redukcja emisji zanieczyszczeń, dzięki wykorzystaniu tego paliwa do produkcji energii (zastępowanie paliw kopalnych). Produkowany w biogazowniach stabilny i wydajny nawóz naturalny zapewnia recykling substancji odżywczych w glebie i zmniejsza zapotrzebowanie na nawozy sztuczne. Rezygnacja z nawożenia obornikiem przyczynia się do zmniejszenia ryzyka rozprzestrzeniania zagrożeń biologicznych oraz zmniejszenia skażenia wód gruntowych i gleby. Nie bez znaczenia jest także fakt znacznej, dochodzącej do 80%, redukcji emisji odorantów. Biogazownie doskonale wpisują się w idee rolnictwa ekologicznego (zrównoważonego) stwarzając możliwość zaspokojenia własnych potrzeb energetycznych (i ewentualnej sprzedaży nadwyżek do sieci) oraz ponownego wykorzystania składników odżywczych do nawożenia gleby przy okazji utylizacji własnych odpadów. Jednocześnie możliwe są do osiągnięcia korzyści ekonomiczne wynikające z wymienionych wyżej oszczędności, z produkcji wysokiej jakości produktów handlowych (energia elektryczna, koncentrat nawozowy), ze świadczenia komercyjnie usługi utylizacji odpadów oraz inne, jak np. ze sprzedaży limitów emisji CO₂. Sukces ekonomiczny jest jednak uwarunkowany skalą przedsięwzięcia, logistyka oraz właściwym wyborem technologii.

Liczne potencjalne korzyści ekologiczne, energetyczne i ekonomiczne z wykorzystania



Rysunek 3: Sprawność wytwarzania energii elektrycznej w różnego rodzaju technologiach energetycznych [5]

beztlenowej biodegradacji zaowocowały wzrostem zainteresowania technologiami tego typu także w Polsce. Główne przeszkody w ich popularyzacji to wysokie koszty inwestycyjne, niekorzystna struktura krajowego rolnictwa, brak znanych przykładów efektywnych ekonomicznie wdrożeń, zbyt małe lub zbyt trudne do pozyskania wsparcie finansowe dla inwestycji oraz dla badań naukowych nad rozwojem istniejących technologii.

Literatura

[1] Al Seadi T., Good practice in quality management of AD residues from biogas production, IEA Bioenergy, Task 24 – Energy from biological conversion of organic waste, 2001

[2] Biogas Upgrading and Utilisation, IEA Bioenergy, Task 24 – Energy from Biological Conversion of Organic Waste, 1999.

[3] Miksch K., Biotechnologia środowiskowa. Część I, Biblioteczka Fundacji Ekologicznej SI-LESIA, tom IX, Katowice 1995.

[4] Pacyna J., Nowe typy zagrożeń dla środowiska naturalnego, Konferencja „Scenariusze przyszłości – co chrześcijanie mają do zrobienia w Europie? Rola Kościoła katolickiego w procesie integracji europejskiej”, Kraków 10-11.09.2004, Wydawnictwo „Wokół nas”, Gliwice 2004.

[5] Trogisch S., Baaske W.E. (eds.), Biogas powered fuel cells. Case studies for their implementation, Publisher Trauner Verlag, Linz 2004.

Referat został opublikowany w materiałach Konferencji Naukowo-Technicznej pt. *Odnawialne źródła energii w województwie śląskim. Zasoby, techniki i technologie oraz systemy wykorzystania OZE*, która odbyła się w Katowicach, 22 kwietnia 2005.