

# Ewelina Podeszwa, Krzysztof Biernat

---

## Biogaz jako alternatywny nośnik energii

---

Studia Ecologiae et Bioethicae 12/2, 135-154

---

2014

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej [bazhum.muzhp.pl](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach  
dozwolonego użytku.

**EWELINA PODESZWA<sup>1</sup>**

NAVITAS Zakład Ekspertyz

**KRZYSZTOF BIERNAT<sup>2</sup>**

Instytut Ekologii i Bioetyki, UKSW

## **Biogaz jako alternatywny nośnik energii**

**Słowa kluczowe:** biogazownia, biogaz, biometan, nośnik energii, paliwo

**Key word:** biogas plants, biogas, biomethane, source of energy, energy source, fuel

### **SUMMARY**

#### **Biogas as an alternative energy source**

The advantages of biogas, apart from being just an alternative energy source, are its various possibilities of conversion. Chemical energy can be converted into biogas for heat, electricity and chemical energy of other compounds. Therefore, there are numerous opportunities for using energy from biogas. Some of them are used in stationary installations. Another application is as a fuel for vehicle engines by burning biomethane.

### **Wprowadzenie**

Biogaz jako płynny nośnik energii, stanowić może istotną alternatywę dla dotychczas podstawowych nośników konwencjonalnych, jak

<sup>1</sup> Adres: NAVITAS Zakład Ekspertyz; ul. Borowskiego 2, 03-475 Warszawa. Adres e-mail: email: ewelina@navitas.waw.pl.

<sup>2</sup> Adres: Instytut Ekologii i Bioetyki; Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie; ul. Wóycickiego 1/3, b. 19, 01-938 Warszawa. Adres e-mail: k.biernat@uksw.edu.pl.

węgiel kamienny, ropa naftowa, czy gaz ziemny. Ponadto wytwarzanie biogazu może wiązać się z dodatnim efektem środowiskowym. Do produkcji biogazu stosowane są bowiem produkty odpadowe z różnych gałęzi przemysłu i rolnictwa, m.in. odpady rolno-spożywcze, czy zwierzęce wymagające odpowiedniego zagospodarowania lub niejednokrotnie kosztownej utylizacji. Dodatkowo substraty do produkcji biogazu odznaczają się zazwyczaj znaczną uciążliwością dla środowiska, w postaci np. oddawanego do powietrza atmosferycznego metanu, będącego gazem cieplarnianym, emisji odorów pochodzących z procesów składowania i rolniczego wykorzystania gnojowicy, czy też w postaci licznych patogenów zawartych w odchodach zwierzęcych. Oprócz pozytywnych skutków o charakterze zapobiegawczym, w efekcie pracy biogazowni uzyskuje się substancję pofermentacyjną będącą dobrym nawozem pod uprawę roślin. Substancja ta jest bogata w łatwo przyswajalne składniki biogenne, które nie powodują zakwaszania gleby, jak w przypadku surowej gnojowicy. Stosowanie nawozu pochodzącego z procesu fermentacji metanowej minimalizuje także emisję azotu do atmosfery, pod postacią amoniaku, jak też dezaktywuje zdolność kiełkowania chwastów. Warto także zauważyć, że substancja pofermentacyjna, po uprzednim zagęszczeniu może także zostać wykorzystana do produkcji pelet przeznaczanych na cele grzewcze.

Kolejną zaletą energii pochodzącej z biogazu są szerokie możliwości jej konwersji. Energia chemiczna biogazu może być przekształcana na energię cieplną, energię elektryczną oraz energię chemiczną innych związków. Dzięki temu liczne są także możliwości wykorzystania energii powstającej z biogazu. Jedne z nich to zastosowania stacjonarne, czyli wszelkie nieprzemieszczające się instalacje wykorzystujące odpowiednio przekształcony biogaz. Innym zastosowaniem jest możliwość zasilania silników pojazdów samochodowych, biometanem uzyskanym z procesów odpowiedniego oczyszczenia biogazu. Procesy te, podwyższając koszty przygotowania biometanu jako paliwa alternatywnego, wymagają będą opracowania metod zagospodarowania odpadowego ditlenku węgla pozostającego po wydzieleniu biometanu.

## **1. Biogaz jako paliwo w zastosowaniach stacjonarnych**

Energia cieplna biogazu może być uzyskiwana w specjalnie przystosowanych do tego urządzeniach spalających zarówno bezpośrednio przy funkcjonującej instalacji biogazowni, jak i w innym docelowym miejscu jej wykorzystania. W pierwszym przypadku energia cieplna musiałaby zostać zużyta na potrzeby własne biogazowni, tj. przede wszystkim do ogrzania fermentatora lub innych elementów instalacji ciepłowniczej własnej i zewnętrznej. Takie wykorzystanie biogazu nie jest jednak opłacalne z uwagi na brak zapotrzebowania biogazowni na tak dużą ilość energii cieplnej, bardzo wysokie koszty związane z transportem ciepła oraz najczęstsze znaczne oddalenie potencjalnych odbiorców ciepła od miejsca jego wytwarzania. Alternatywą jest jeszcze tańszy i łatwiejszy transport nieprzetworzonego biogazu i jego konwersja w miejscu zapotrzebowania, tj. na palnikach, w kotłach przedsiębiorstw przemysłowych lub w domowych kotłach grzewczych.

Od strony technicznej samo spalanie biogazu w celu wytwarzania energii cieplnej nie stwarza problemów. Należy jedynie dokonać niewielkiego dostosowania palników do wykorzystywania biogazu. Dotyczy to głównie wymiany metali kolorowych oraz gorszej jakości stopów stali, z uwagi na zawartość w biogazie siarkowodoru, powodującego korozję. Wśród palników, stosowanych do spalania biogazu można wyróżnić palniki atmosferyczne oraz palniki nadmuchowe. Urządzenia atmosferyczne pobierają z otoczenia poprzez zasysanie powietrze potrzebne do spalania. Wymagane ciśnienie gazu wynosi około 8 mbar i często wytwarzane jest przez instalację biogazu. W przypadku palników nadmuchowych, powietrze doprowadzane jest przy pomocy dmuchawy. Wymagane ciśnienie palnika wynosi co najmniej 15 mbar. W celu wytworzenia odpowiedniego ciśnienia gazu konieczne jest przy określonych warunkach wykorzystanie sprężarki gazu. Dodatkowo przy zastosowaniu odpowiednich palników możliwe jest mieszanie biogazu z innymi paliwami (Scholwin et al. 2006: 155).

Mimo, że konwersja biogazu na energię cieplną charakteryzuje się wysoką sprawnością, wynoszącą ok. 80 %, to obecnie nie jest to naj-

popularniejszy sposób wykorzystania energii biogazu. Jest to związane z wymienionymi wyżej trudnościami oraz aktualnymi koncepcjami w zakresie wykorzystania ciepła.

Atrakcyjną alternatywą dla transportu biogazu i spalania go w miejscu docelowego wykorzystania ciepła, jest konwersja biogazu na energię elektryczną. Sposób ten odznacza się jeszcze niższymi kosztami związanymi z przesyłem, pomijając koszty przyłączenia instalacji do sieci. Budowa ciepłociągu jest bowiem znacznie droższa niż budowa linii elektroenergetycznej (Lewandowski 2007: 368). Ponadto możliwości konwersji w tym przypadku są znacznie szersze niż w przypadku wytwarzania samej energii cieplnej. Powszechnym sposobem uzyskania energii elektrycznej jest spalanie biogazu w silniku spalinowym, napędzającym generator prądowórczy. Wykorzystywane są silniki o zapłonie iskrowym oraz samoczynnym. Inne sposoby, o mniejszym zastosowaniu, często znajdujące się na etapie badań, to napędzanie turbiny lub mikroturbiny gazowej biogazem spalonym w kotle, bezpośrednia konwersja w ogniowach paliwowych oraz spalanie w silnikach Stirlinga.

Jako konwertery stosowane są przede wszystkim silniki wysokopreżne, działające zgodnie z obiegiem Diesla. W praktyce użytkowane są często silniki pochodzące z ciągników siodłowych i ciężarówek. Zazwyczaj wymagają one jednak modyfikacji, wynikających z niedostosowania ich do zasilania gazem. Biogaz przed doprowadzeniem do komory spalania oleju, mieszany jest z powietrzem przy pomocy mieszalnika gazu. Do zapłonu jest natomiast konieczne dodatkowe paliwo w postaci oleju napędowego, oleju opałowego lub alternatywnie biodiesla czy oleju roślinnego. Udział oleju służącego do zapłonu ustalany jest zazwyczaj na poziomie 10% doprowadzanego paliwa. W sytuacji braku biogazu silniki o zapłonie samoczynnym mogą być napędzane czystym olejem napędowym. Przedstawienie silnika na paliwa zastępcze jest bezproblemowe i może być konieczne do rozruchu instalacji biogazu w celu uzyskania odpowiedniego ciepła dla przebiegu procesu (Scholwin et al. 2006: 135-137).

Mniej popularne, lecz także znajdujące zastosowanie przy produkcji energii elektrycznej z biogazu to silniki o obiegu Otto i zmodyfikowany

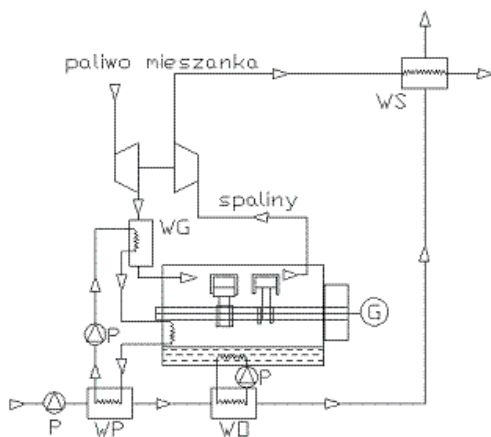
silnik Diesla. Silnik Otto to czterosurowa odmiana silnika o zapłonie iskrowym, posiadająca odmianę gazową. Z uwagi na minimalizację emisji tlenków azotu silniki te stosowane są jako ubogomieszankowe z dużym nadmiarem powietrza. Takie użytkowanie sprzyja mniejszemu spalaniu paliwa, co prowadzi do obniżenia mocy silnika. Podwyższenie mocy następuje w wyniku doładowania silników turbosprężarką napędzaną gazami spalinowymi. Wymagania dla silników gazowych Otto względem zawartości metanu w biogazie są niskie i wynoszą około 45 % (v/v). Przy wartościach niższych te silniki wyłączają się samoczynnie. Silniki Otto stosowane są przy mocach do około 100 kW energii elektrycznej (kW<sub>el</sub>), natomiast powyżej tej mocy elektrycznej wykorzystuje się przerobione agregaty Diesla wyposażane w świece zapłonowe. W sytuacji braku biogazu, gazowe silniki Otto mogą być również napędzane innymi rodzajami gazu jak np. gazem ziemnym. Może to być przydatne w rozruchu instalacji biogazu, aby przy pomocy ciepła odlotowego uzyskać ciepło konieczne dla całego procesu. Obok odcinka regulowanego przepływu biogazu musi zostać zainstalowany dodatkowy odcinek na gaz zastępczy (Scholwin et al. 2006: 133-135).

Z uwagi na fakt, że podczas produkcji energii elektrycznej powstaje także ciepło, w praktyce rzadko stosuje się instalacje do produkcji wyłącznie energii elektrycznej. Aby zapobiec stratom energetycznym w postaci niewychwytywanego ciepła, buduje się dziś tzw. układy kogeneracyjne – *Combined Heat and Power* (CHP), służące do jednoczesnego wytwarzania mocy oraz ciepła. W tym celu wykorzystywane są elektrociepłownie blokowe wyposażone w silniki spalinowe połączone z generatorem. Warto dodać, że możliwe jest także wdrożenie układu trigeneracyjnego, służącego do skojarzonej produkcji prądu, ciepła oraz chłodu. Podczas sprzężenia mocy, ciepła i chłodu uzyskiwane jest zimno z ciepła. Przekształcenie to odbywa się podczas tak zwanego procesu sorpcyjnego, w którym wyróżnia się procesy adsorpcji i absorpcji zimna.

Poza instalacją do produkcji energii elektrycznej moduł CHP zaopatrzony jest w system wymienników ciepła do odzyskiwania energii

cieplnej z obiegu spalin, chłodniczego oraz smarującego, z urządzeń hydraulicznych do podziału ciepła oraz urządzeń sterujących i przełączających do podziału energii elektrycznej oraz sterowania elektrociepłownią. Podobnie jak w przypadku układów do produkcji wyłącznie energii cieplnej, w elektrociepłowniach wykorzystujących biogaz stosowane są najczęściej silniki samoczynne, ale także gazowe silniki Otto i zmodyfikowane silniki Diesla. Użytkuje się także turbiny lub mikro-turbiny gazowe, ogniwa paliwowe oraz silniki Stirlinga (Scholwin et al. 2006: 133). Dodatkowym modułem wykorzystującym ciepło odpadowe spalin jest silnik o obiegu Rankina (Web-03).

Podstawowe zasady działania silników działających w oparciu o zasadę Diesla oraz obieg Otta w przypadku modułów CHP są takie same jak w przypadku układów rozdzielonych.

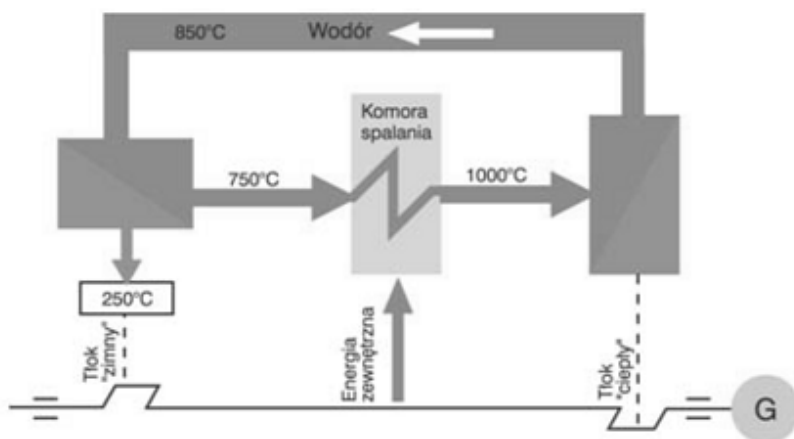


Rys. 1. Schemat działania układu kogeneracyjnego z silnikiem spalinowym w obiegu Otta (wymiennik sprężanego biogazu WG, wymiennik płaszcza silnika WP, wymiennik oleju WO, wymiennik spalin WS), (Web-04).

W zakresie odzysku ciepła, w układzie kogeneracyjnym z silnikiem gazowym opartym na obiegu Otta wykorzystywane są wymienniki sprężanego biogazu, płaszcza silnika, oleju oraz wymiennik spalin. Tego typu instalacje stosowane są najczęściej do produkcji gorącej wody lub

pary nasyconej (Web-03). Schemat działania układu CHP z silnikiem Otto przestawia rys. 1.

W odróżnieniu od silników spalinowych, w których odbywa się spalanie wewnętrzne, silniki Stirlinga bazują na spalaniu zewnętrznym. Schemat działania układu kogeneracyjnego z silnikiem Stirlinga ukazany został na rys. 2.



Rys. 2. Schemat działania układu kogeneracyjnego z silnikiem Stirlinga, (Web-03).

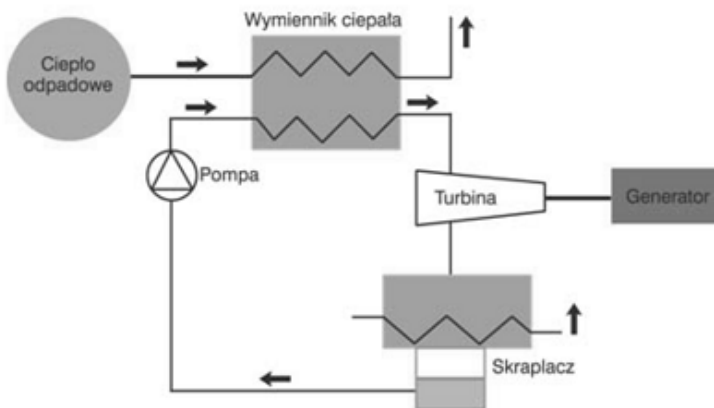
Odmienne od silników spalinowych, tłok nie jest napędzany wskutek rozprężania gazów spalinowych pochodzących z wewnętrznego spalania mieszanki, lecz poprzez ekspansję zamkniętego gazu, który rozpręża się dzięki doprowadzeniu energii z zewnętrznego źródła ciepła. Dzięki wyizolowaniu źródła ciepła od własnej wytwarzanej w silniku energii, wymagane ciepło może pochodzić z różnych źródeł energetycznych, także palnika gazowego zasilanego biogazem. W wyniku zajścia procesu spalania powstaje ciepło, które odbierane jest przez tłok roboczy i zewnętrzny wymiennik ciepła.

W związku z ciągłym spalaniem, silniki Stirlinga odznaczają się niską emisją substancji szkodliwych oraz niskimi nakładami na konserwację. Temperatury spalin mieszczą się w zakresie (250...3000)°C.



Z uwagi na spalanie zewnętrzne nie stawia się wysokich wymagań co do jakości biogazu. Możliwe jest zatem zastosowanie również gazów o niskiej zawartości metanu. Ponadto silnik Stirlinga nie ma rozrządu, nie korzysta ze spalania wybuchowego i nie ma wydechu, z czym wiąże się brak źródeł hałasu. Silnik Stirlinga jest niemal niesłyszalny. Jego wadą są natomiast niskie obroty. Kompensowane jest to jednak możliwością dokładnej kontroli procesu spalania paliwa, znacznie lepszej, niż w przypadku silnika tłokowego, co umożliwi utrzymanie niskiej toksyczności spalin (Web-03). Silniki Stirlinga obecnie nie posiadają szerokiego zastosowania, jednak z uwagi na liczne ich atuty są realną przyszłością w zakresie produkcji energii z biogazu, także w układzie kogeneracyjnym.

Inną możliwością przy skojarzonej produkcji ciepła oraz prądu jest zastosowanie silnika Rankina. Umożliwia on wykorzystanie energii odpadowej, w postaci pary, spalin czy wody o temperaturze powyżej  $1000^{\circ}\text{C}$ . Silnik pracuje zgodnie z tradycyjnym obiegiem Rankina, choć czynnikiem roboczym jest medium organiczne o niskiej temperaturze wrzenia. Schemat pracy silnika Rankina w układzie kogeneracyjnym przedstawia rys. 3.

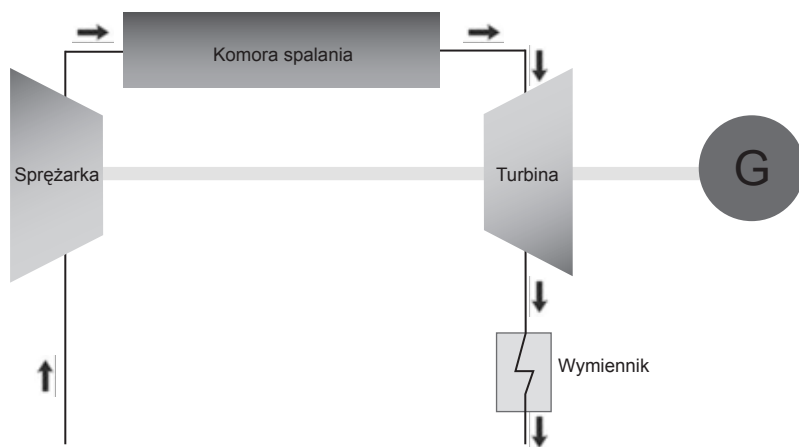


Rys. 3. Schemat działania układu kogeneracyjnego z silnikiem Rankina, (Web-03).

W pierwszym etapie cyklu ciepło w postaci pary ulega rozprężeniu w turbinie. Następnie rozprężona para zostaje skroplona w skraplaczu, przy jednoczesnym odprowadzeniu ciepła. W kolejnym etapie kondensat pompowany jest w pompie, by następnie ulec podgrzaniu oraz odparowaniu i rozpocząć cykl od nowa.

Zaletą tego silnika jest zerowa emisja spalin oraz wykorzystanie spalania zewnętrznego, jak w przypadku silnika Stirlinga (Web-03).

Zarówno w układach skojarzonych, jak i rozdzielonych możliwe jest zastosowanie mikroturbin. Są to stacjonarne turbozespoły gazowe o niewielkiej mocy elektrycznej rzędu (25...500) kW. Zbudowane są ze sprężarki, turbiny promieniowej oraz regeneracyjnego podgrzewacza powietrza zintegrowanego z całym układem (Web-04). Szczegółowy przebieg procesu uzyskiwania energii elektrycznej oraz ciepłej przedstawia rys. 4.



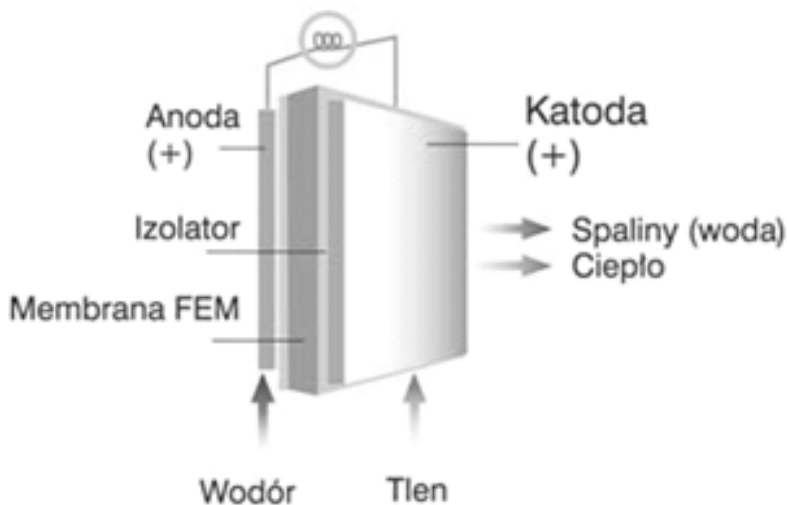
Rys. 4. Schemat działania układu kogeneracyjnego z mikroturbiną. (Web-03).

Z uwagi na to, że w komorze spalania mikroturbiny panuje nadciśnienie rzędu kilku barów, przed wprowadzeniem do niej biogazu konieczne jest podniesienie jego ciśnienia przy pomocy sprężarki. Biogaz musi zostać także oczyszczony i osuszony, aby nie uszkodził mikrotur-

biny. W mikroturbinach gazowych spalany jest biogaz o zawartości metanu od 35 % do 100 %. W wyniku ciągłego spalania z nadmiarem powietrza i niskimi ciśnieniami w komorze spalania, mikroturbiny charakteryzują się wyraźnie mniejszą wartością emisji spalin w stosunku do silników. Odzyskane ciepło posiada względnie wysokie temperatury oraz transportowane jest wyłącznie przez spaliny. Ponadto mikroturbiny posiadają niewielką liczbę elementów ruchomych i wirujących, co przekłada się na niskie emisje hałasu. Także niewielkie gabaryty oraz prosty montaż i konserwacja są dużym atutem tego modułu kogeneracyjnego. Wymienione zalety mikroturbin gazowych decydują o szerokich możliwościach w zasilaniu energią niewielkich obiektów, jak biura, mieszkania czy domki jednorodzinne. Są podstawą do budowy małych systemów elektryczno – chłodniczo - grzewczych, tzw. „*Building Cooling Heat and Power*” (BCHP) (Web-04).

Mało rozpowszechnionym dziś jeszcze sposobem produkcji energii z biogazu są ogniwa paliwowe. Wynika to przede wszystkim z bardzo wysokich kosztów inwestycyjnych, które kształtują się na poziomie ok. 12 000 euro/kW. Przewyższa to zdecydowanie koszty związane z instalacjami napędzanymi silnikiem.

Ogniwa paliwowe służące do konwersji biogazu działają na zasadzie porównywalnej z odwróconą elektrolizą wody. W elektrolizie dzięki doprowadzeniu energii elektrycznej następuje rozbicie molekuly wody na cząsteczkę wodoru ( $H_2$ ) oraz cząsteczkę tlenu ( $O_2$ ). W ogniwie paliwowym natomiast  $H_2$  oraz  $O_2$  reagują, wydzielając energię elektryczną i ciepło do wody (Scholwin 2006: 151-152).



Rys. 5. Schemat działania układu kogeneracyjnego z ogniwem paliwowym, (Web-03).

Do przebiegu reakcji elektrochemicznej w ogniwie paliwowym niezbędne jest dostarczenie tlenu oraz wodoru, co zostało zilustrowane na rys. 5. Tak jak źródłem wodoru do ogniw paliwowych stosowanych w transporcie jest metanol, tak w przypadku ogniw paliwowych w zastosowaniach stacjonarnych źródło stanowi metan lub tlenek węgla. Biogaz przed podaniem do ogniw paliwowych poddawany jest uzdatnianiu oraz koncentracji metanu poprzez przemywanie gazu wodą lub na drodze odwróconej adsorpcji ciśnieniowej na sitach molekularnych. Następnie w procesie katalitycznego zgazowania parowego z metanu pozyskiwany jest wodór.

W zależności od zastosowanych elektrolitów wyróżnia się trzy typy ogniw paliwowych:

- niskotemperaturowe ogniwa paliwowe (AFC);
- średiotemperaturowe ogniwa paliwowe (PAFC);
- wysokotemperaturowe ogniwa paliwowe (MCFC, SOFC).

Najbardziej rozwiniętym ogniwem paliwowym jest *Acid Fuel Cell Phosphoric* (PAFC). Ma niższą sprawność elektryczną, jednakże jest

mniej wrażliwe na ditlenek i tlenek węgla. Ogniwu *Molten Carbonate Fuel Cell* (MCFC) zasilane jest roztopionym płynnym karbonem i jest niewrażliwe na tlenek węgla oraz toleruje stężenie ditlenku węgla do 40% udziału objętościowego. Z uwagi na swoją temperaturę prac, znajdującą się w zakresie (600...7000) °C, transformacja metanu w wodór zachodzi we wnętrzu ogniwa. Ciepło ogniwa może być wykorzystane dodatkowo w turbinach. Ogniwu *Solid Oxid Fuel Cell* (SOFC), pracuje w zakresie temperatur (750...10000) °C. Posiada wysoką sprawność elektryczną i także może tu zachodzić przejście metanu w wodór wewnątrz ogniwa. Ponadto ogniwo to wykazuje niską wrażliwość na siarkę, co stanowi zaletę w przypadku wykorzystania biogazu. Dobór ogniwa zależy od sposobu wykorzystania ciepła i dyspozycyjności klas dostępnych mocy.

Istnieje także możliwość zastosowania ogniw paliwowych w hybrydowych układach skojarzonych zintegrowanych np. z turbinami oraz mikroturbinami gazowymi, silnikami tłokowymi czy turbinami parowymi. Maksymalny poziom sprawności takich układów to obecnie 55%, a w przyszłości nawet 70%. W układach hybrydowych wykorzystywane są najczęściej ogniwa wysokotemperaturowe, tzn. SOFC oraz MCFC (Scholwin 2006: 151-152).

Aktualnie w różnych stacjach pilotażowych prowadzone są prace zmierzające do obniżenia kosztów inwestycyjnych oraz rozwiązywania istniejących obecnie problemów technicznych związanych ze stosowaniem ogniw paliwowych.

Zestawiając wszystkie przeanalizowane tu urządzenia służące konwersji biogazu na energię elektryczną i ciepłą w zastosowaniach stacjonarnych należy zauważyć, że najwyższą sprawność ogólną mogą osiągać silniki gazowe, tj. (70...90) %, przy sprawności elektrycznej wynoszącej (25...43) %. Także wysoką sprawność ogólną wykazują silniki Rankina – (81...88) %, jednak przy jednoczesnej stosunkowo niskiej sprawności elektrycznej na poziomie (12...19) %. Porównywalną wydajność ogólną mają silniki Stirlinga oraz mikroturbiny – (65...85) %. Sprawność elektryczna dla nich to (30...40) %. Najniższą sprawność

ogólną posiadają jak dotychczas ogniwa paliwowe, która wynosi około 45% (Web-03).

Biorąc pod uwagę dostępne dziś możliwości związane z wykorzystaniem energii chemicznej zawartej w biogazie, zdecydowanie największą optymalnością oraz najmniejszymi stratami charakteryzuje się pozyskiwanie z niej energii elektrycznej oraz cieplnej (ewentualnie także zimna) w skojarzeniu. Podział produkowanej energii na energię elektryczną oraz ciepłą ułatwia zagospodarowanie powstałych uzysków. Poziom wytworzonego ciepła często pozwala na całkowite jego wykorzystanie na potrzeby instalacji biogazowni. Energia elektryczna, jako łatwiejsza i tańsza w transporcie może natomiast z sukcesem trafić do odbiorców zewnętrznych.

Należy wspomnieć także o możliwości wykorzystania surowego biogazu jako substytutu gazu ziemnego. Jest to istotna alternatywa dla przetwarzania biogazu w inne nośniki energii, jak ciepło, czy prąd. Jednak warunkiem takiego zastosowania jest uzdatnienie biogazu do jakości gazu ziemnego, czyli do tzw. biometanu. Aby osiągnąć wymagane parametry, biogaz musi zostać oczyszczony z siarkowodoru oraz osuszony. Ponadto należy oddzielić metan i ditlenek węgla. Jak już wspomniano wcześniej, często z uwagi na zachowanie właściwej jakości urządzeń, biogaz wymaga oczyszczenia także przy przekształcaniu go w energię elektryczną i ciepłą.

Szczególnie pożądanym sposobem zagospodarowania uzdatnionego biogazu jest wtłoczenie go do sieci gazu ziemnego. Zapewniłoby to całkowicie opłacalność instalacji biogazowni. W takim przypadku poza właściwym oczyszczeniem i osuszeniem, konieczne jest podwyższenie ciśnienia biogazu do ciśnienia panującego w sieci, a także przetransportowanie biogazu rurami do właściwego punktu oddania gazu do sieci. O ile przekazywanie wyprodukowanego biogazu do sieci dystrybucyjnej gazu ziemnego jest niewątpliwie szczególnie korzystne, to w Polsce w dalszym ciągu związane z licznymi problemami natury prawn-administracyjnej, jak też ograniczone z uwagi na nierozbudowaną infrastrukturę w tym zakresie. Ponadto biogaz przekazywany do

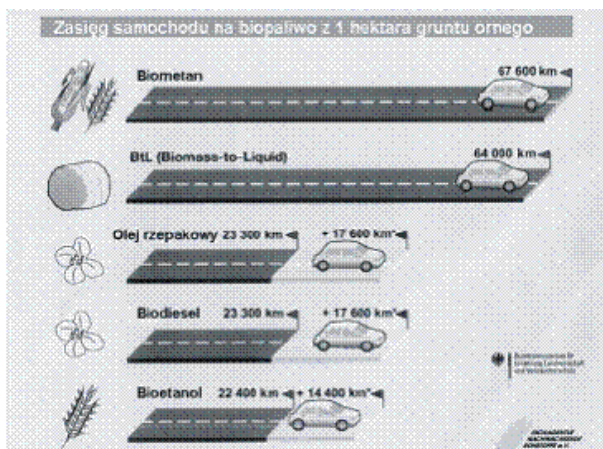
sieci gazowej wciąż nie posiada ceny gwarantowanej, a jego wartość podlega negocjacjom indywidualnym. Przewagę w tej kwestii posiadają układy kogeneracyjne, dla których cena gwarantowana „zielonej energii” to 198,90 PLN/MWh. Problem stanowią także wysokie koszty związane z uszlachetnieniem biogazu do jakości gazu ziemnego, które są dużo bardziej restrykcyjne niż w przypadku układów kogeneracyjnych. Jednak jak dowodzą zestawienia zysków wynikających ze sprzedaży biometanu do sieci dystrybucyjnej oraz ekwiwalentnej ilości energii elektrycznej, korzystniejszy scenariusz dotyczy wtłaczania biogazu do sieci gazowej (Web-01).

## 2. Biometan jako paliwo w transporcie

Surowy, nieprzekonwertowany biogaz oprócz zasilenia sieci gazu ziemnego może być stosowany także do napędzania silników pojazdów samochodowych. Podobnie jak w przypadku wtłoczenia do sieci, biogaz uprzednio musi zostać poddany uzdatnieniu, w celu podwyższenia zawartości metanu oraz wyeliminowaniu substancji szkodliwych dla silników, takich jak ditlenek węgla, siarkowodór czy para wodna. Ponadto biogaz posiada dużą objętość, w związku z czym na niesprężonym biogazie nie byłoby możliwe pokonanie dużej odległości. Z tego względu biogaz przechowywany jest z tyłu samochodu w zbiornikach ciśnieniowych gazu przy ciśnieniu około 200 bar. Oczyszczony i sprężony biogaz może zostać wykorzystany w silnikach na sprężony gaz ziemny *Compressed Natural Gas* (CNG).

Stworzenie alternatywy dla wykorzystywanych dziś paliw ropopochodnych wydaje się być szczególnie istotne z uwagi na wyczerpujące się zasoby tego konwencjonalnego surowca. Jak przedstawiają eksperci z branży paliwowej w 2006 r. osiągnięto szczyt wydobywania ropy naftowej, a uwzględniając światowy trend wzrostu zużycia paliw, oznacza to, że pozostała połowa złóż zostanie wyeksploatowana do ok. 2050 r. Coraz większy deficyt ropy naftowej odzwierciedlają także rosnące ceny paliw na stacjach benzynowych.

Z ograniczeniem eksploatacji surowców nieodnawialnych na rzecz wykorzystania biometanu jako paliwa samochodowego wiąże się znaczny dodatni efekt środowiskowy. Biometan jest paliwem „odnawialnym”, przez co jego spalanie nie wpływa na globalne zwiększenie ilości ditlenku węgla w atmosferze. W celu zmniejszenia zjawiska efektu cieplarnianego, powinien on być utylizowany lub gromadzony i wykorzystywany gospodarczo, gdyż jego potencjał cieplarniany jest 21 razy większy niż ditlenku węgla, uznawanego za główne źródło wzrostu temperatury na Ziemi. Ponadto silniki zasilane biometanem emitują mniejszą ilość zanieczyszczeń szkodliwych dla zdrowia ludzi niż silniki zasilane olejem napędowym. Jest to spowodowane całkowitym spalaniem się metanu. Biometan posiada też wyższą wartość opałową (55,5 MJ/kg), niż benzyna (43-45 MJ/kg), olej napędowy (43 MJ/kg) czy LPG (50,4 MJ/kg). Jednostki zasilane biometanem charakteryzują się dodatkowo mniejszą emisją hałasu, spowodowaną łagodniejszym przebiegiem procesu spalania (transport niskosumowy) (Web-05). Jeszcze jedną zaletą biometanu, jako paliwa dla środków transportu są możliwe do osiągnięcia przebiegi w przeliczeniu na hektar uprawy celowej. Porównanie w tym zakresie biometanu i innych paliw ilustruje rys. 6.



Rys. 6. Zasięg samochodu na biopaliwo z 1 hektara gruntu ornego, (Ney 2007: 325).



Zgodnie z rys. 6., wykorzystanie 1 ha gruntu na produkcję biomasy, z której można otrzymać biometan, umożliwić może przejechanie największej ilości kilometrów na tym paliwie. Pozostałe paliwa, takie jak olej rzepakowy, biodiesel, bioetanol, czy paliwo otrzymywane z biomasy Biomass to Liquid (BtL) dają możliwość uzyskania przebiegów nawet trzykrotnie mniejszych (Ney 2007: 324-325).

Rozpowszechnienie biometanu jako paliwa transportowego oraz ograniczenie spalania ropy naftowej jest także ważne z punktu widzenia spełnienia założeń polityki energetycznej kraju. Zakłada ona, że do 2020 r. udział odnawialnych źródeł energii (OZE) w finalnym bilansie energetycznym ma osiągnąć poziom co najmniej 15 %, a udział biopaliw 10 %. Obostrzenia te, jak zapowiada *Polityka energetyczna Polski do 2030 roku*, w kolejnych latach będą coraz większe (Ministerstwo Gospodarki 2009). Główną trudnością w stosowaniu biometanu jako paliwa do środków transportu jest brak stacji tankowania CNG. Rozwiązanie tego problemu w przyszłości przyczyni się do obniżenia kosztów jednostkowych zasilania pojazdów biometanem.

Z uwagi na konieczność stworzenia odpowiedniej infrastruktury, pierwszym kierunkiem wykorzystania taboru samochodowego z napędem na biometan jest komunikacja miejska. Wynika to ze stosunkowo niewielkiego terenu, na którym operują służby miejskie oraz związanej z tym łatwości tankowania pojazdów. Początki takiego zastosowania biometanu sięgają lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku. Wówczas w Szwecji ruszyły prace mające doprowadzić do przestawienia miejskiej floty autobusowej na paliwo z biogazu. Jako pierwsze powstawały instalacje finansowane przez miasta i mające jako główny cel w zapewnienie paliwa dla środków transportu publicznego lub pojazdów komunalnych. Rozwój rynku paliw gazowych spowodował wzrost udziału prywatnych inwestorów, jednakże sektor komunalny i publiczny nadal odgrywa istotną rolę w budowie i eksploatacji nowych instalacji uszlachetniających biogaz i stacji CNG. Dzisiaj poza transportem miejskim na biometanie jeżdżą także liczne samochody osobowe i ciężarówki, a do 2025 r. cały transport miejski Sztokholmu ma być oparty wyłącznie na paliwach nie-

kopalnych. Jeszcze wcześniej, bo w roku 2020 cel ten mają zamiar osiągnąć Norwedzy na ulicach Oslo (Ney 2007: 324-325). Za krajami skandynawskimi idą w ślad inne kraje europejskie, takie jak Niemcy, Szwajcaria oraz Włochy. Aktualnie prowadzone są także prace nad wdrożeniem technologii zasilania silników samochodowych biometanem w krajach nadbałtyckich. W celu realizacji tej idei powstał europejski projekt „Baltic Biogas Bus”, skupiający 8 państw Regionu Morza Bałtyckiego tj. Estonię, Finlandię, Litwę, Łotwę, Niemcy, Norwegię, Szwecję oraz Polskę. Koordynatorem projektu jest szwedzki Stockholm Public Transport, natomiast instytucją reprezentująca Polskę jest Instytut Transportu Samochodowego (ITS) w Warszawie. Autorzy projektu postawili przed sobą 3 cele. Po pierwsze, promowanie i upowszechnianie w państwach Regionu Morza Bałtyckiego idei wykorzystania biometanu do zasilania silników autobusów komunikacji miejskiej. Po drugie, zwiększenie udziału biometanu jako paliwa do napędu silników w autobusach komunikacji miejskiej, a tym samym redukcja emisji ditlenku węgla w skali regionu oraz w poszczególnych państwach. Po trzecie, promocja wprowadzania autobusów z silnikami zasilanymi biometanem do komunikacji w miastach w aspekcie zmniejszania negatywnych skutków oddziaływania autobusów komunikacji miejskiej na środowisko naturalne człowieka. Do szczegółowych celów ITS należy przede wszystkim wsparcie polskich miast w przygotowaniu strategii stosowania biometanu do zasilania silników autobusów komunikacji miejskiej. W tym celu w ramach projektu opracowywane jest studium wykonalności zasilania biometanem zbiorników autobusów komunikacji miejskiej na nowej pilotażowej stacji w Rzeszowie. Ponadto zadaniem Polski jest oszacowanie potencjału biogazu (biometanu) oraz istniejącej i planowanej infrastruktury gazowej w krajach Regionu Morza Bałtyckiego, uczestniczących w projekcie, jak też dokonanie pomiaru emisji zanieczyszczeń spalin z autobusów komunikacji miejskiej zasilanych biometanem w rzeczywistych warunkach ruchu drogowego. Uzupełnieniem projektu w Polsce jest działalność popularyzatorska, m.in. poprzez organizację konferencji międzynarodowych i seminariów lokalnych (Web-02).

Innym, już zakończonym programem mającym na celu promocję biogazu, jako paliwa transportowego jest Projekt „GasHighWay”. Miał on na celu popularyzację pojazdów napędzanych gazem, w tym poza biometanem, także sprężonym gazem ziemnym. W zakres projektu wchodziło także wspieranie produkcji i uszlachetniania biogazu do zastosowania jako paliwo, a także promowanie najlepszych praktyk i dostępnych technologii stosowania paliw gazowych w pojazdach, rozwoju sieci tankowania, dystrybucji i produkcji. Długoterminowym natomiast celem było propagowanie tworzenia sieci stacji paliw z możliwością tankowania biometanu i gazu ziemnego obejmującej Europę od północy w Finlandii i Szwecji do południa we Włoszech. Projekt trwał od maja 2009 r. do maja 2012 r. i w Polsce koordynowany był przez Przemysłowy Instytut Motoryzacji oraz Agencję Rozwoju Regionalnego S.A. w Bielsku-Białej (Web-02).

Od 1 maja 2009 r. funkcjonuje Projekt „BIOMASTER”, stworzony w ramach programu Inteligentna Energia dla Europy. Ma on na celu wspieranie wytwarzania, wzbogacania, dystrybucji i wykorzystania biometanu jako paliwa dla pojazdów, wraz ze stworzeniem regionalnej sieci interesariuszy. Projekt posiada 17 partnerów skupionych w czterech regionach: Małopolska (Polska), Norfolk County (Wielka Brytania), Skåne Region (Szwecja), i Trentino (Włochy). Do szczegółowych celów projektu należy stworzenie 4 regionalnych sieci, jednej w każdym regionie i czterech dodatkowych sieci regionalnych w każdym kraju partnerskim. Dodatkowo planuje się sieci w 5 krajach innych niż kraje partnerskie. Aby osiągnąć powyższe zamierzenia planuje się stworzenie szczegółowych ocen wsadu i planów działania dla produkcji i uszlachetniania biogazu, strategii dotyczących zarządzania produktami resztkowymi oraz promowania biometanu jako paliwa w pojazdach. Wśród widocznych wspólnych efektów projektu w krajach partnerskich jest stworzenie 12 nowych biogazowni, 4 punktów włączania biometanu do sieci gazowej, 30 pojazdów napędzanych biometanem oraz 54 nowych stacji tankowania biogazu. Zakończenie projektu planowane jest na 30 kwietnia 2014 r. (Web-06).

## Wnioski

Obecna różnorodność zastosowań energii pochodzących z biogazu oraz duży potencjał produkcyjny tego gazu sprzyja rozwojowi sektora biogazowego w Polsce. Dodatkowym bodźcem do tworzenia nowych instalacji w kraju jest dokument przygotowany przez Ministerstwo Gospodarki w porozumieniu z Ministerstwem Rolnictwa i Rozwoju Wsi, który zakłada, że do roku 2020 w każdej gminie ma powstać co najmniej jedna biogazownia rolnicza, a więc ok. 2500 nowych instalacji (Ministerstwo Gospodarki 2010: 3). Niewątpliwie poza skojarzoną produkcją energii elektrycznej i ciepłej, przyszłością w zastosowaniu biogazu jest napędzanie silników pojazdów samochodowych. Cechy biometanu pozwalają sądzić, że może on stać się środkiem do poprawy czystości powietrza, szczególnie w zanieczyszczonych rejonach miast i na ulicach o dużym natężeniu ruchu drogowego.

## Bibliografia

### Literatura:

- Biernat K., Grzelak P., Gis W., Żółtowski A., 2013, *The Study on Wider Range of Biogas Production Options and Experiences*, Copyright of Motor Transport Institute, Warszawa.
- Biernat K., Gis W., Grzelak P., 2013, *Baltic Sea Region Biogas Infrastructure Overview — Existing and Planned*, Copyright by Motor Transport Institute, Warszawa.
- Lewandowski W. M., 2007, *Proekologiczne odnawialne źródła energii*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Ministerstwo Gospodarki, 2010, *Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce w latach 2010–2020*, Warszawa.
- Ministerstwo Gospodarki, 2009, *Polityka energetyczna Polski do 2030 roku*, Warszawa.
- Ney R., 2007, *Polityka energetyczna*, tom 10, zeszyt specjalny 2.

Scholwin H. et al., 2006, *Biogaz. Produkcja, wykorzystywanie*, Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, Niemcy.

**Witryny internetowe:**

- (Web-01) Smerkowska B., *Ekonomiczne aspekty wytwarzania biogazu w celu wprowadzenia do sieci gazowej*, <<http://www.kape.gov.pl/new/docs/PIMOT%20-%20B.Smerkowska.pdf>>, dostęp: 02.09.2012.
- (Web-02) Gis W., *Europejski projekt Baltic Biogas Bus* <<http://cng.auto.pl/pliki/2010.04%20GasHighWay%20InfoDay/6%20ITS%20-%20BBB%20-%20W%20Gis.pdf>>, dostęp 5.09.2012.
- (Web-03) <[http://peosa.pl/energia\\_odnawialna,biogaz,9.html](http://peosa.pl/energia_odnawialna,biogaz,9.html)>, dostęp: 01.09.2012.
- (Web-04) <<http://www.bbizeneris.pl/pl/rynek/biogaz/biogaz-w-systemach-kogeneracyjnych.html>>, dostęp: 01.09.2012.
- (Web-05) <<http://www.motofakty.pl/arttykul/biogaz-paliwem-przyszlosci.html>>, dostęp: 5.09.2012.
- (Web-06) Pomykała R., *Biometan jako paliwo w środkach transportu, projekt „Biomaster”*, <[http://www.biomaster-project.eu/docs/Krak\\_w\\_Wrzesie\\_ae\\_Pomyka\\_a.pdf](http://www.biomaster-project.eu/docs/Krak_w_Wrzesie_ae_Pomyka_a.pdf)>, dostęp 5.09.2012.