

Wykorzystanie biogazu jako biopaliwa do zasilania pojazdów mechanicznych

JEL: Q01 DOI: 10.24136/atest.2019.154

Data zgłoszenia: 05.04.2019 Data akceptacji: 26.06.2019

Bezpieczeństwo energetyczne, kończące się zasoby kopalnych źródeł energii, wzrost cen konwencjonalnych paliw, jak również uzależnienie od paliw importowanych, mają wpływ na konieczność poszukiwania nowych źródeł energii. Jednym z odpowiednich rozwiązań tego problemu jest wdrożenie biogazu jako odnawialnego paliwa dla transportu. Biogaz jest zwykle wykorzystany do wytwarzania energii cieplnej lub elektrycznej, po spełnieniu określonych wymagań jakościowych może jednak być stosowany również jako biopaliwo do zasilania pojazdów mechanicznych. W artykule przedstawiono aktualny stan rozwoju przemysłu biogazowego w Polsce i określono korzyści i perspektywy jego rozwoju.

Słowa kluczowe: biogaz, ekologia, odnawialne źródła energii.

Wstęp

Nieodłączną częścią działalności człowieka jest wytwarzanie wielkiej ilości odpadów oraz ścieków powstających w produkcji rolnej i przemysłowej, w zakładach usługowych, czy wreszcie w każdym gospodarstwie domowym. Odpad w postaci obornika, w wyniku fermentacji uwalnia biogaz, który można zaliczyć do odnawialnych źródeł energii. Ponadto jest on niewyczerpalnym źródłem z powodu ciągłej produkcji odpadów organicznych. Dlatego też naturalnym wydaje się, aby wykorzystać i zagospodarować tę darmową energię. Biogaz składa się głównie z metanu i dwutlenku węgla, może zawierać niewielkie ilości siarkowodoru, wody oraz siloksanów. Metan, wodór oraz tlenek węgla mogą ulec spaleniowi lub utlenieniu wydzielając energię, co pozwala na wykorzystanie biogazu jako paliwa w pojazdach mechanicznych. Może być również wszechstronnie wykorzystywany do ogrzewania, także do gotowania oraz w generatorach prądu.

W artykule zwrócono uwagę na biogaz jako paliwo bardzo perspektywiczne i o dużym potencjale energetycznym, które do niedawna kojarzone było głównie jako uzupełniające źródło energii elektrycznej i cieplnej wytwarzanej w instalacjach zlokalizowanych na składowiskach odpadów lub przy oczyszczalniach ścieków. Od kilku lat sytuacja ta ulega systematycznej zmianie dzięki budowie kolejnych biogazowni opartych głównie na odpadach rolniczych. Jak dotąd nie powstała jednak żadna przemysłowa instalacja produkująca biogaz na cele transportowe, jako zamiennik CNG, a właśnie taki kierunek wydaje się w długim okresie korzystny. Biometan, czyli biogaz o wysokiej zawartości metanu, uznawany jest za znakomity substytut gazu ziemnego. Takie zastosowanie biogazu jest już bardzo dobrze znane w wielu krajach, m.in. w Szwecji, Niemczech czy Austrii [1]. Stosowanie biometanu w transporcie pozwala na rozszerzenie tradycyjnych zalet paliwa metanowego dotyczących głównie ograniczenia emisji zanieczyszczeń (w tym stałych w porównaniu do paliw tradycyjnych), o takie elementy jak odnawialność, różnorodność i dostępność substratów lub możliwość zagospodarowania kłopotliwych odpadów.

1. Podział i klasyfikacja biopaliw

W Europie oraz w USA biopaliwa płynne definiowane są jako ciekłe i gazowe paliwa do silników spalinowych, otrzymywane z biomasy. Zgodnie z obowiązującą dyrektywą europejską (2009/28/WE), biomasa oznacza „ulegającą biodegradacji część produktów, odpadów lub pozostałości pochodzenia biologicznego z rolnictwa (łącznie z substancjami roślinnymi i zwierzęcymi), leśnictwa i związanych działów przemysłu, w tym rybołówstwa i akwakultury, a także ulegające biodegradacji część odpadów przemysłowych i miejskich.

Podstawowym podziałem biopaliw jest zatem ich podział ze względu na stan skupienia [2].

1. Biopaliwa ciekłe:

- bioetanol otrzymywany z biomasy i/lub z biodegradowalnych frakcji odpadowych, możliwy do zastosowania jako biopaliwo E5, zawierający 5 % etanolu i 95 % benzyny silnikowej oraz jako E85, zawierający 85 % etanolu i 15 % benzyny;
- biodiesel zawierający estry metylowe (PME, RME, FAME) otrzymane z olejów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego lub odpadowych (np. posmażalnicych) tłuszczów i olejów, spełniające wymagania odpowiednich norm na oleje napędowe B5, zawierający 5 % estrów i 95 % naftowego oleju napędowego, B30, odpowiednio 30 % i 70 % oraz B100, stanowiący czyste estry o właściwościach zgodnych z odpowiednimi normami;
- biometanol jako paliwo lub komponent paliwowy otrzymywany z biomasy;
- bio-ETBE, eter etylo tert-butyloowy otrzymywany z bioetanolu, jako dodatek przeciwstukowy do benzyn podwyższający ich liczbę oktanową, stosowany w ilości 47 %;
- bio-MTBE, eter metylo tert-butyloowy otrzymywany z biometanolu, o tym samym przeznaczeniu jak Bio-ETBE, stosowany w ilości 36 %;
- BtL, jako ciekłe frakcje i ich mieszaniny otrzymywane z biomasy, mogące stanowić biopaliwa lub komponenty paliwowe;
- czyste oleje roślinne, otrzymywane z procesów toczenia, ekstrakcji podobnych procesów, łącznie z rafinacją, z wyłączeniem modyfikacji ich składu metodami chemicznymi, mogące stanowić biopaliwa spełniające wymogi ochrony środowiska, do odpowiednich typów silników.

2. Biopaliwa gazowe:

- bio-DME, eter dimetyloowy otrzymywany z biomasy do bezpośredniego stosowania jako biopaliwo do silników o zapłonie samoczynnym;
- biogaz, jako biopaliwo otrzymywane z biomasy i/lub biodegradowalnych frakcji odpadowych, odpowiednio oczyszczony tak, aby odpowiadał jakości gazowi naturalnemu;
- biowodór, jako biopaliwo otrzymywane z biomasy lub biodegradowalnych frakcji odpadowych.

3. Inne paliwa z odnawialnych źródeł energii, jako nie wymienione powyżej biopaliwa, otrzymywane ze źródeł definiowanych Dy-

rektywą 2001/77/EC, które mogą być zastosowane do napędu w środkach transportu.

W tabeli 1 przedstawiono porównanie parametrów paliwowych wybranych biopaliw.

Tab. 1 Porównanie parametrów paliwowych wybranych biopaliw [3]

Parametr	Olej napędowy	Olej rzepakowy	RME	Benzyzna	Bioetanol	Metan
Gęstość, kg/dm ³	0,84	0,92	0,88	0,76	0,79	0,72
Wartość opałowa						
przy 20°C, MJ/kg	42,7	37,6	37,1	42,7	26,8	50
MJ/dm ³	35,87	34,59	32,65	32,45	21,17	-
MJ/m ²	-	-	-	-	-	36
Liczba cetanowa	50	40	56	-	-	-
Liczba oktanowa	-	-	-	92	>100	130
Ekwiwalent	1,00	0,96	0,91	1,00	0,65	1,40

Stosowanie biokomponentów w paliwach jest istotnym elementem zrównoważonego rozwoju oraz pozytywnie wpływa na stan środowiska przez redukcję emisji dwutlenku węgla i innych zanieczyszczeń. W ostatnim czasie aspekty ekologiczne związane z wykorzystaniem biopaliw są implementowane w prawodawstwie, co stymuluje rozwój tego rynku. Nie do pominięcia są również aspekty ekonomiczne, takie jak generowanie dodatkowych miejsc pracy przez sektor biopaliwowy czy poprawa bilansu pasz białkowych, które powstają w łańcuchu wytwarzania biopaliw. W opozycji do tych pozytywnych aspektów stawia się kwestie społeczne wynikające z wykorzystywania surowców żywnościowych do produkcji biopaliw, które obecnie stanowią większość [4]. To powoduje dążenie do rozwoju biopaliw kolejnych generacji, przy produkcji których wykorzystuje się in. algi. Rozwój sektora biopaliw jest związany z licznymi wyzwaniem o charakterze regulacyjnym, ekonomicznym, technologicznym i środowiskowym.

2. Produkcja biogazu

Biogaz jest produktem fermentacji beztlenowej związków pochodzenia organicznego zawierających skrobię, białka, celulozę i inne węglowodany. Występują one w odpadach komunalnych pochodzenia biologicznego, w ściekach komunalnych i przemyśle rolno – spożywczym oraz w zwierzęcych odchodach. Fermentacja metanowa jest procesem zachodzącym z udziałem mikroorganizmów, podczas którego w warunkach beztlenowych elementy organiczne zmieniają się w metan i dwutlenek węgla. Biogaz, główny produkt fermentacji metanowej, składa się z metanu (60-70 %), dwutlenku węgla (30-40 %), amoniaku, azotu, tlenku węgla i siarkowodoru (<1 %) [5]. Substancje organiczne, które nie ulegają fermentacji oraz biomasa są określane pofermentatem, który wykorzystuje się jako nawóz. Fermentacja metanowa jest możliwa dzięki mikroorganizmom należącym do trzech głównych grup troficznych. Są to:

- bakterie heterotroficzne zdolne do hydrolizy związków wielocząsteczkowych oraz fermentujące produkty hydrolizy do małych cząsteczkowych kwasów organicznych i alkoholi;
- bakterie acetogenne, wykorzystujące jako substraty krótkołańcuchowe kwasy (propionowy i masłowy), niektóre długołańcuchowe kwasy tłuszczowe i inne substancje organiczne oraz pro-

tony jako akceptory elektronów. Produktami tej fazy są kwas octowy oraz H₂ i CO₂;

- metanogeny wytwarzające metan z kwasu octowego lub H₂ i CO₂.

Oprócz wymienionych, w procesach fermentacji funkcjonuje również wiele innych grup metabolicznych, z których do najważniejszych należy zaliczyć:

- bakterie homoacetogenne wytwarzające kwas octowy z H₂ i CO₂;
 - bakterie redukujące siarkę.
- Wspólną cechą charakterystyczną bakterii, biorących udział w procesach fermentacji jest stosunkowo długi czas reprodukcji oraz duża wrażliwość na niższe wymienione zmiany środowiskowe:
- brak dostępu powietrza atmosferycznego i światła,
 - odpowiednia i stała dla danego rodzaju bakterii temperatura otoczenia,
 - odpowiednia wilgotność, odczyn i niewielka toksyczność otoczenia.

Zmiana chociażby jednego z wymienionych czynników powoduje zwolnienie lub w skrajnych przypadkach całkowite zahamowanie aktywności bakterii. W konsekwencji może nastąpić całkowite zaniknięcie produkcji, czyli tzw. zakiśnięcie biomasy. Proces powstania biogazu wymaga określonych warunków i dla zapewnienia odpowiedniej wydajności produkcji, powinny one być dokładnie ustalone i przestrzegane, a sam proces zoptymalizowany pod kątem właściwości pozyskanych substratów. Warunki takie są możliwe do spełnienia bez ingerencji ludzkiej, np. na składowiskach odpadów komunalnych.

3. Biogaz a odpady komunalne

Odpady komunalne są to odpady powstające w gospodarstwach domowych, a także odpady nie zawierające odpadów niebezpiecznych, pochodzące od innych wytwórców odpadów, które ze względu na swój charakter lub skład są podobne do odpadów powstających w gospodarstwach domowych. W przypadku odpadów komunalnych najlepszym składnikiem do przetwarzania na biogaz są odpady organiczne ulegające biodegradacji, pochodzące z selektywnej zbiórki w gospodarstwach domowych. Odpady zmieszane również poddawane są fermentacji po wcześniejszym ich sortowaniu na frakcje granulometryczne, tj. [6-9]:

- przesiew: frakcja 0-20 mm, umieszczana na składowisku odpadów,
- biofrakcja: frakcja 20-80 mm, poddawana biologicznej stabilizacji beztlenowej, następnie stabilizowana tlenowo,
- odsiew: frakcja wysokokaloryczna > 80 mm, poddawana wysortowaniu papieru i tektury oraz innych surowców w celu recyklingu.

Poprzez rozdrabnianie odpady uzyskują odpowiednią ziarnistość, co powoduje ich lepszą podatność na rozkład biologiczny. Tak przygotowane odpady poddaje się kolejno fermentacji jedną z metod: mokrych: BTA, WASSA, ENTEC, LINDE, ArrowBio, lub suchych: DRANCO, KOMPOGAS, VALORGA, podczas której powstaje biogaz [10-13].

W tablicy 2 przedstawiono składniki trzech rodzajów gazu wysypiskowego: I – przy naturalnym wypływie gazu ze złoża; II – przy odsysaniu i dobrym uszczelnieniu hałdy; III – przy odsysaniu ze źle uszczelnionej hałdy odpadów komunalnych

Tab. 2 Skład biogazu z hałdy odpadów komunalnych [5]

Składnik	I	II	II
	% objętościowy		
Metan	65-68	50-45	45-25
Dwutlenek węgla CO ₂	34-38	45-35	35-20
Azot	0	4-16	16-45
Tlen	0	1-4	4-10
Para wodna	1-1,4	1-1,4	1-1,4
	mg/m ³		
Związki siarki	200	150	<150
Związki chloru	100	50	<50
Związki fluoru	20	25	<25
Halogenopochodne węglowodorów alifatycznych	50	25	<25
Halogenopochodne węglowodorów aromatycznych	5-100	5-50	<50
Metale ciężkie	0-5	0-3	<3

Z kolei w tabeli 3 przedstawiono wydajność biogazu dla poszczególnych systemów przetwarzania odpadów komunalnych na biogaz.

Tab. 3. Wydajność biogazu uzyskana w zakładach przetwarzających różnego typu opady komunalne [5]

Rodzaj technologii	Rodzaj surowca	Wydajność biogazu (m ³ /Mg)
BTA	bioodpady	110-130
Waasa	bioodpady odpady zmieszane	100-150 42
Linde (metoda mokra):		
2°, termofilowa	bioodpady	87-125
2°, mezofilowa	odpady zmieszane	87
1°, mezofilowa	bioodpady i odpady przemysłowe (27%) + organiczne odpady stałe (73%)	40
Dranco	bioodpady	80-160
Kompogas	bioodpady	100-150
Valorga	odpady zmieszane	115-155
	odpady zmieszane (80%) + bioodpady (15%) + osady ściekowe (5%)	129
	odpady zmieszane (61%) + bioodpady (39%)	110-120

Surowcem do produkcji biogazu rolniczego są rośliny, które powinny dawać odpowiedni plon suchej masy z jednostkowej powierzchni upraw, posiadać składniki organiczne ulegające biodegradacji oraz być łatwe w magazynowaniu. W Europie najpowszechniej uprawianą rośliną do produkcji biogazu jest kukurydza. Do przetwarzania na biogaz nadają się również trawy z upraw polowych, sorgo, rośliny okopowe (głównie buraki cukrowe oraz pastewne) oraz bulwy topinamburu. W tabeli 4 przedstawiono wydajność metanu z poszczególnych rodzajów roślin.

Tab. 4. Wydajność metanu z biomasy roślinnej wybranych roślin [6]

Roślina	Wydajność roślin (t/ha)	Wydajność CH ₄ (m ³ /t s.m.o.)	Wydajność CH ₄ (m ³ /ha)
Kukurydza (całe rośliny)	9 - 30	397 - 618	3 573 - 18 540
Pszonica (ziarno)	3,6 - 11,75	384 - 426	1 382 - 5 005
Owies (ziarno)	4,1 - 12,4	250 - 365	1 025 - 4 526
Sorgo	8,25	295 - 372	2 360 - 9 300
Trawy	12 - 14	298 - 467	3 576 - 6 538
Kostrzewa trzcinowa	1,1 - 6,0a	336	-
Tymotka	1,5 - 3,8a	335	-
Kupkówka	9,2	550	-
Trawa trawnikowa	10 - 17	550	-
Koniczyna czerwona	5 - 19	300 - 350	1 500 - 6 650
Konopie	8 - 16	355 - 409	2 840 - 6 544
Len	5,5 - 12,5	212	1 166 - 2 650
Pokrzywa	5,6 - 10	120 - 420	672 - 4 200

Żylica	7,4 - 15	390 - 410	2 886 - 6 150
Stonecznik	6 - 8	154 - 400	929 - 3 200
Stonecznik (lodygi i liście)	-	252	-
Rzepak	2,5 - 7,8	250 - 340	600 - 2 652
Karczoch	9 - 16	300 - 370	2 700 - 5 920
Ziemiaki	10,7 - 50	276 - 400	2 953 - 20 000
Burak cukrowy	3 - 16	236 - 381	708 - 6 096
Burak pastewny	8 - 34	401 - 500	3 208 - 17 000

Produktem wykorzystywanym do produkcji biogazu, po biomacie roślinnej, są odpady z chowu zwierząt. W procesie fermentacji może być wykorzystywany obornik i gnojowica. Jednak w Polsce obornik bydlęcy i świński znajduje zastosowanie prawie wyłącznie jako nawóz organiczny. W tabeli 5 przedstawiono charakterystykę chemiczną gnojowicy bydlęcej i świńskiej.

Tab. 5 Charakterystyka chemiczna gnojowicy bydlęcej i świńskiej [5]

Parametr	Jednostka	Gnojownica bydlęca		Gnojownica świńska	
		wartość średnia	zakres	wartość średnia	Zakres
Sucha masa	g.s.m./dm ³	122,5	98,1 - 156,4	223,4	95,5 - 292,2
Sucha masa organiczna	g.s.m.o./kg s.m.	895,2	796,8 - 939,1	848,7	803,5 - 912,1
Azot amonowy	g. N-NH ₄ /kg s.m.	7,4	0,91 - 25,7	12,6	5,0 - 46,1
Azot ogólny	g N/kg s.m.	27,9	11,9 - 51,4	43,3	29,3 - 70,1
Lotne kwasy tłuszczowe	g/kg s.m.o.	35,8	11,2 - 82,5	72,0	62,6 - 80,0
Białko	g/kg s.m.o.	150,1	76,1 - 201,6	229,2	175,7 - 299,5
Tłuszcze	g/kg s.m.o.	68,6	53,7 - 80,8	137,1	110,6 - 170,7
Cukry rozkładalne	g/kg s.m.o.	433,9	318,8 - 555,6	347,1	285,4 - 393,0
Cukry nierozkładalne	g/kg s.m.o.	190,7	155,4 - 252,2	165,6	112,1 - 206,9
Lignina	g/kg s.m.o.	120,9	74,7 - 176,9	49,0	43,3 - 61,0
Włókno surowe	g/kg s.m.o.	269,5	209,5 - 369,0	180,1	128,2 - 223,5

Biogaz składa się głównie z metanu i dwutlenku węgla, ale zawiera również azot, tlen, parę wodną oraz wiele innych związków traktowanych jako zanieczyszczenia. Ich rodzaj i zawartość poszczególnych składników zależy od rodzaju substratów i warunków procesu fermentacji. Bez względu na to, czy przeznaczeniem wytworzonego biogazu jest produkcja energii elektrycznej czy biometanu, konieczne jest jego wstępne oczyszczenie, przynajmniej dla usunięcia pary wodnej i siarkowodoru oraz innych zanieczyszczeń, szczególnie mogących powodować korozję. W zależności od zastosowanego procesu oczyszczania, może być konieczny dodatkowy etap odsiarczania. Aby otrzymać biometan o jakości porównywalnej z wysokometanowym gazem ziemnym, konieczne jest dodatkowo uszlachetnienie (wzbogacenie) biogazu, co sprowadza się przede wszystkim do usunięcia dwutlenku węgla. Jest to proces najbardziej wymagający pod względem technologii i najdroższy. Na rynku jest wiele technologii uszlachetniania biogazu do biometanu. W Europie najczęściej stosowana jest: adsorpcja zmiennociśnieniowa PSA oraz płuczki wodne. Żadna z obecnie dostępnych technologii nie jest idealna, każda ma wady i zalety; dlatego wybór metody oczyszczania biogazu należy poprzedzić szczegółową analizą [4-15]. Biogaz może być uszlachetniony do jakości wysokometanowego gazu ziemnego, niskometanowego gazu ziemnego, gazu wymiennego, albo gazu zamiennego. Różnica pomiędzy gazem wymiennym a gazem zamiennym polega na tym, że ten pierwszy można mieszać z gazem ziemnym w dowolnej proporcji (mają takie same

parametry), natomiast gaz zamienny może być dodawany tylko w ograniczonej ilości. Aby podwyższyć wartość kaloryczną biometanu niekiedy dodaje się do niego gaz LPG (*Liquefied petroleum gas*). Nie będzie możliwe szerokie wykorzystanie biogazu jako paliwa dla celów transportowych w Polsce, dopóki rynek nie zaproponuje tanich i skutecznych układów do oczyszczania i wzbogacania biogazu wytwarzanego w instalacjach różnych mocy. Obecna forma projektu Ustawy o Odnawialnych Źródłach Energii wyraźnie preferuje budowę mikro i małych instalacji (w tym biogazowni). Największe zapotrzebowanie na tanie układy uszlachetniania może więc dotyczyć mniejszych źródeł biogazu.

Oprócz włączania biogazu do sieci gazowej istnieje również możliwość wykorzystania go lokalnie do zasilania floty pojazdów. W tym wypadku jedną z opcji jest produkcja biometanu, czyli gazu o jakości CNG i wykorzystania go jako samodzielnego lub dodatkowego zasilania lokalnej stacji tankowania pojazdów. Inne możliwe rozwiązanie, to produkcja biogazu o podwyższonej zawartości metanu (ale niższej niż biometanu włączanego do sieci), np. poprzez mieszanie z gazem ziemnym, a następnie zastosowanie takiej mieszanki do zasilania pojazdów, specjalnie do tego celu przygotowanych. To ostatnie rozwiązanie jest możliwe w przypadku podmiotów, które produkują biogaz, a jednocześnie są właścicielami floty pojazdów [1]. Paliwo gazowe, takie jak biometan jest realną alternatywą dla konwencjonalnych paliw ciekłych – benzyny lub oleju napędowego. Względy ekologiczne i ekonomiczne przemawiają za tym, aby biometan był powszechnie stosowanym paliwem pojazdów. Prawdziwe jest znaczne ograniczenie toksyczności spalin, głównie dwutlenku węgla. Spalanie biogazu zachodzi przy ujemnym bilansie dwutlenku węgla. Pojazdy zasilane biometanem w porównaniu z tymi, napędzanymi benzyną emitują nawet do 90 % mniej tlenu węgla, 80 % mniej węglowodorów – podstawowego czynnika odpowiedzialnego za smog oraz 50-80 % mniej tlenków azotu. Również wydzielanie związków siarki i sadzy jest dużo niższe, co powoduje ich ograniczoną emisję do środowiska i poprawę mikroklimatu w dużych aglomeracjach miejskich.

4. Całkowity potencjał biogazu

Zgodnie ze Strategią Europa 2020 Polska ma obowiązek użycia 15-procentowego udziału OZE w całkowitym zużyciu energii do 2020 r. Biogazownie mogą pomóc w realizacji tego celu. Według danych Urzędu Regulacji Energetyki, w Polsce funkcjonują 303 biogazownie (stan z 30 września 2016 r.). W porównaniu z 2015 r. ich liczba wzrosła o 36. Największy przyrost odnotowano w przypadku biogazowni rolniczych, gdyż w ciągu roku powstało 26 tego typu instalacji. Ogólna liczba biogazowni rolniczych wynosiła 93, co stanowi 31% wszystkich biogazowni w Polsce. Biogazownie wytwarzające energię z biogazu z oczyszczalni ścieków stanowiły 35 % i były dominującym typem biogazowni (106 instalacji). Na drugim miejscu pod względem liczby instalacji znajdowały się elektrownie wytwarzające energię z biogazu pochodzącego ze składowisk odpadów (33 % - 100 biogazowni). Biogazownie generujące energię z biogazu mieszanego stanowiły 1% wszystkich biogazowni i występowały pojedynczo w czterech województwach - śląskim, zachodniopomorskim, lubelskim i dolnośląskim. Największą liczbę instalacji odnotowano w województwach: mazowieckim (38), śląskim (35) i dolnośląskim (29). Biogazownie znajdujące się w tych regionach cechowały się również największą mocą w Polsce (ponad 20 MW w każdym z województw). Dominującym typem elektrowni biogazowych były instalacje wykorzystujące biogaz pochodzący ze składowisk odpadów. W województwie śląskim dużym udziałem cechowały się biogazownie zasilane surowcem z oczyszczalni ścieków. Z kolei najmniej biogazowni działało w województwach: świętokrzyskim (4), opolskim (7) i lubuskim (8), a ich moc zainstalo-

wana należała do najmniejszych w kraju (maks. 4,3 MW w woj. lubuskim). Dominującym typem elektrowni biogazowej w tych województwach były instalacje wykorzystujące biogaz pochodzący z oczyszczalni ścieków. Biogazownie mają szansę stać się korzystnym rozwiązaniem dla energetyki odnawialnej. Stabilne prawo i wsparcie inwestycji biogazowych przyniesie korzyści w zakresie oszczędzania zasobów paliw kopalnych i będzie sprzyjać zapewnieniu bezpieczeństwa energetycznego kraju.

5. Korzyści z zastosowania biopaliw w transporcie

Podstawową korzyścią wynikającą z zastosowania biometanu jako paliwa w transporcie są walory środowiskowe. Podobnie jak w przypadku CNG, spalaniu biometanu towarzyszy ograniczona emisja zanieczyszczeń, w tym tlenu węgla, tlenków azotu, a przede wszystkim cząstek stałych. Pojazdy zasilane biometanem są w stanie bez problemu spełnić wymagania normy EURO 6 w zakresie zanieczyszczeń. Ma to szczególne znaczenie dla ruchu w miastach, zagrożonego powstawaniem smogu. Dodatkowo biogaz jest paliwem odnawialnym: emitowany dwutlenek węgla został wcześniej zaabsorbowany ze środowiska. Kolejnym bardzo istotnym aspektem wykorzystania biometanu w transporcie, jest możliwość jego produkcji z krajowych substratów, praktycznie na terenie całego kraju. Jeżeli wziąć pod uwagę możliwość wykorzystania do tego celu również odpadów, w tym trudnych do zagospodarowania, okaże się, że trudno znaleźć inne odnawiane paliwo o tylu zaletach. Za wykorzystanie biometanu do celów transportowych przemawiają również zmiany w prawodawstwie UE. Biopaliwa mają być zwolnione z jednej z dwóch składowych akcyzy związanej z emisją CO₂ [1].

Silniki zasilane biometanem charakteryzują się również mniejszą emisją hałasu, spowodowaną łagodniejszym przebiegiem procesu spalania. Jak wynika z doświadczeń niemieckich czy szwedzkich, biogaz (CBG) jest paliwem tańszym od benzyny lub oleju napędowego. W warunkach polskich jego cena powinna kształtować się na poziomie cen gazu ziemnego (CNG). Zasilanie pojazdu biometanem, podobnie jak CNG, gwarantuje większe bezpieczeństwo w czasie jego użytkowania oraz podczas wypadku, gdyż istnieje niewielkie ryzyko uszkodzenia zbiornika paliwa, z powodu jego dużej wytrzymałości (zbiornik ciśnieniowy).

Podsumowanie

Biometan może okazać się już w niedalekiej przyszłości jednym z najlepszych odnawialnych źródeł energii oraz efektywnym paliwem alternatywnym w transporcie. W Polsce, na chwilę obecną, biogaz jest postrzegany jako nowy i budzący wiele wątpliwości substytut paliw konwencjonalnych, a nie jako źródło przynoszące szereg korzyści środowiskowych i ekonomicznych. Dlatego też duży nacisk kładzie się na poprawę naszej wiedzy w tym temacie. Już w 2020 roku Polska ma produkować co najmniej 3 mld m³ biogazu - takie są założenia programu przygotowanego w ministerstwie rolnictwa. Ekspertki przekonują, że Polska posiada wiele niewykorzystanych odpadów powstałych w rolnictwie i przetwórstwie rolno-spożywczym, które zamiast trafiać na wysypiska lub do utylizacji, powinny być źródłem biogazu. Możliwość zastosowania do produkcji biogazu wielu substratów oraz unijne i krajowe wsparcie dla tego typu inwestycji powoduje, że Polska ma szansę stać się dużym producentem biogazu.

Ponadto, po analizie problemu można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Stosowanie biopaliw wpływa korzystnie na środowisko, ponieważ ogranicza wykorzystywanie naturalnych zasobów paliw kopalnianych oraz przyczynia się do zmniejszenia efektu cieplarnianego.

2. Produkcja biogazu wysypiskowego pozwala na zagospodarowanie odpadów komunalnych, co eliminuje zagrożenia dla mieszkańców i środowiska związane z wydzielaniem się toksycznych gazów, jednocześnie przynosząc korzyści ekonomiczne z produkcji paliw.
3. Produkcja biogazu rolniczego pozwala wykorzystać odpady przemysłu rolno-spożywczego oraz wytwarzany przez gospodarstwa rolne obornik i odpady roślinne do produkcji zarówno ekologicznego paliwa, jak i nawozów naturalnych. Dzięki temu można zapobiec zagrożeniu przedostawania się biogazu do atmosfery, co przyczynia się do zmniejszania efektu cieplarnianego oraz powstawania niekontrolowanych pożarów spowodowanych wypalaniem odpadów przez rolników.
4. W procesie produkcji biogazu rolniczego, wykorzystując mniejszą ilość substratów (obornika i odpadów roślinnych), można wyprodukować o około 50 % więcej produktu finalnego, niż podczas produkcji biogazu wysypiskowego, ze względu na skład biochemiczny substratów, a co za tym idzie prostszy i bardziej opłacalny ekonomicznie sposób ich fermentacji.
5. Ze względu na konieczność wcześniejszego przygotowania odpadów komunalnych do procesu fermentacji oraz ich dużej selekcji, produkcja biogazu wysypiskowego jest zarówno mniej wydajna, jak i mniej opłacalna od produkcji biogazu rolniczego.
8. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne (t. j. Dz. U. z 2017 r. poz. 220 z 06.02.2017 r.).
9. Ralla M., Mierzwa D. Surowce do produkcji biopaliw. Strona internetowa: www.ekonomik.opole.pl/EkoAktywni/prezentacje
10. Megiel E., Krogul A. Otrzymywanie i badanie biopaliw. Strona internetowa: http://www.chem.uw.edu.pl/people/AMyslinski/Litwin/cw30_teoria.pdf.
11. Buraczewski G., Bartoszek B. Biogaz – wytwarzanie i wykorzystanie. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1990.
12. Błażejowski W., Gąsior P., Kaleta J., Kułczyński M. Magazynowanie biogazu oraz wykorzystanie jako paliwa do silnika spalinowego. Wrocław: Politechnika Wrocławska, 2014.
13. Curkowski A., Mroczkowski P., Oniszcz – Popławska A., Wiśniewski G. Mazowiecka Agencja Energetyczna Sp. z o.o. Biogaz rolniczy – produkcja i wykorzystanie.
14. Gostomczyk W., Efektywność substratów do produkcji biogazu. Strona internetowa: <https://www.imp.gda.pl/bf2016/BF2012/prezentacje/p141>
15. Czarska H. Biogaz paliwem z przyszłością. Strona internetowa: <http://biogazowniakropokroku.pl/biogaz-paliwem-z-przyszloscia>

Bibliografia:

1. Pomykała R, Paulina Łyk P. Biogaz z odpadów (bio)paliwem dla transportu – bariery i perspektyw, CHEMIK, 67, 5, 454–461, 2013.
2. Bajdor K., Biernat K. Biopaliwa jako alternatywne nośniki energii w silnikach spalinowych, klasyfikacja i perspektywy rozwoju, Archiwum Motoryzacji, 1, pp. 5-19, 2011.
3. Dyrektywa 2003/30/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 8 maja 2003 r. w sprawie wspierania użycia w transporcie biopaliw lub innych paliw odnawialnych (Dz. Urz. UE L 123 z 17.05.2003 r.).
4. Lewandowski W., Ryms M. Biopaliwa – proekologiczne źródła energii. Warszawa: Wydawnictwo WNT, 2013.
5. Klimiuk E., Pawłowska M., Pokój T. Biopaliwa – Technologie dla zrównoważonego rozwoju. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2012.
6. Praca zbiorowa pod red. Głodek E. Pozyskiwanie i energetyczne wykorzystanie biogazu rolniczego. Opole: Wydawnictwo Instytut Śląski Sp. z o.o., 2007.
7. Praca zbiorowa pod red. W. Podkówki. Biogaz rolniczy – odnawialne źródło energii. Teoria i praktyczne zastosowania. Warszawa: Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, 2012.

The use of biogas as a biofuel for powering biogas, ecology, renewable Energy sources

Energy security, ending resources of fossil energy sources, increase in conventional fuel prices, as well as dependence on imported fuels, have an impact on the need to search for new energy sources. One of the appropriate solutions to this problem is the implementation of biogas as a renewable fuel for transport. Biogas is usually used to generate heat or electricity, but after meeting certain quality requirements, it can also be used as a biofuel for powering mechanical vehicles. The article presents the current state of development of the biogas industry in Poland and defined the prospects for its development.

Keywords: biogas, ecology, renewable energy sources

Autorzy:

Dr inż. **Mariusz Niekurzak** – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Zarządzania, mniekurz@zarz.agh.edu.pl

Dr inż. **Ewa Kubińska-Jabcoń** – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Zarządzania, ejabcon@gmail.com