

Dorota Musiał • Monika Zajemska

EKONOMICZNO–EKOLOGICZNY ASPEKT ENERGETYCZNEGO WYKORZYSTANIA BIOGAZU WYSYPISKOWEGO

Dorota Musiał, dr inż. – Politechnika Częstochowska

Monika Zajemska, dr inż. – Politechnika Częstochowska

adres korespondencyjny:

Katedra Pieców Przemysłowych i Ochrony Środowiska,

Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów

ul. A. Krajowej 19, 42-200 Częstochowa

e-mail: musialdt@wp.pl

ECONOMIC – ECOLOGICAL ASPECTS OF ENERGY UTILIZATION OF LANDFILL BIOGAS

SUMMARY: This paper presents the possibility of landfill gas energy use in the process of combustion and co-combustion. Based on the literature and own research, the analysis of energy suitability of biogas in terms of economical and ecological was carried out. Within the laboratory experiment the measurements of the flue gas during co-combustion of biogas with natural gas were performed. The co-combustion method, due to its characteristics, is classified as the primary methods of nitrogen oxides reduction. The proposed technique of co-combustion is advantageous for NO_x reduction, especially in high temperature processes. The synthetic biogas used for testing has similar composition to the landfill gas composition and was a mixture of three components of the following volume shares: CH₄ = 50%, N₂ = 10%, CO₂ = 40%. A laboratory experiment was conducted in a cylindrical quartz chamber. The biogas used in study was introduced into the chamber as an additional fuel, so-called reburning fuel. Conducted experiments have shown that the landfill biogas due to the high calorific value is fully suitable for energy use. In addition, properly performed co-combustion process of landfill gas with conventional fuels, such as natural gas, can substantially affect the reduction of nitrogen oxides emissions.

KEY WORDS: combustion, reburning, landfill biogas, pollution emissions

Wstęp

Powszechnie stosowanym sposobem zagospodarowania i unieszkodliwiania odpadów komunalnych w Polsce jest ich składowanie na wysypiskach odpadów. Składowiska stanowią swego rodzaju bioreaktory, w których następuje rozkład substancji organicznej zawartej w masie odpadów. Wynikiem tych procesów jest wydzielanie się biogazu. Powstający na wysypisku gaz może stanowić realne źródło energii; poza tym ujmowanie i odpowiednie wykorzystanie pozwala ograniczyć jego szkodliwy wpływ na stan środowiska naturalnego. Biogaz uchodzi głównie do atmosfery, a gdy brak jest uszczelnienia wysypiska, także do otaczającego gruntu. Polskie wysypiska nie są jeszcze zbyt dobrze przygotowane pod kątem ujmowania biogazu. Wiele z nich pozbawionych jest nadal odpowiednich instalacji i zabezpieczeń. Na szczęście uregulowania prawne w tym zakresie są coraz bardziej rygorystyczne, z korzyścią dla środowiska naturalnego¹.

Z aktualnych doniesień prasowych wynika, że w Polsce w chwili obecnej funkcjonuje około 800 profesjonalnych składowisk odpadów, natomiast instalacje odgazowania posiada około 170, z czego ponad 90 z nich jest przystosowanych do produkcji z biogazu energii elektrycznej oraz ciepła. W pozostałych składowiskach gaz jest spalany bez pożytku energetycznego. Łączna moc elektryczna instalacji na składowiskach odpadów to około 30 MW. W chwili obecnej kolejnych 11 składowisk przygotowuje się do uruchomienia instalacji pozyskiwania i wykorzystania biogazu (stan na czerwiec 2013 roku)².

Decyzje o energetycznym wykorzystaniu biogazu wysypiskowego podejmuje się w oparciu o szczegółową ocenę produktywności biogazu w określonym horyzoncie czasowym, analizę parametrów fizykochemicznych biogazu, a w szczególności skład chemiczny i związaną z nią wartość opałową. Ponadto, należy przeprowadzić wnikliwą analizę ekonomiczną opłacalności inwestycji³.

Zasadniczym przeznaczeniem biogazu wysypiskowego nadającego się do energetycznego wykorzystania są procesy spalania lub współspalania z paliwami konwencjonalnymi⁴.

¹ R. Arthur, M. F. Baidoo, E. Antwi, *Biogas as a potential renewable energy source: A Ghanaian case study*, „Renewable Energy” 2011 nr 36, s. 1510-1516.

² Naukowcy: 132 megawaty energii z biogazu – kropla w morzu możliwości, www.naukawpolsce.pap.pl [10-06-2013].

³ M. A. Bukowska, W. Szymański, *Monitoring emisji w zakładach termicznej utylizacji odpadów*, „Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska” 2006 nr 3, s. 91-98; B. Igliński, i in., *Agricultural biogas plants In Poland: Investment process, economical and environmental aspects, biogaspotential*, „Renewable and Sustainable Energy Reviews” 2012 nr 16(7), s. 4890-4900; J. Dudek, P. Klimek, *Doświadczenia związane z energetycznym wykorzystaniem biogazu ze składowisk odpadów komunalnych*, „Polityka Energetyczna” 2008 nr 11, s. 25-32.

⁴ A. Beylot, J. Villeneuve, G. Bellenfant, *Life Cycle Assessment of landfill biogas management: Sensitivity to diffuse and combustion air emissions*, „Waste Management” 2013 nr 33, s. 401-411; J. C. Bruno, V. Ortega-López, A. Coronas, *Integration of absorption coling systems into micro gas turbine trigeneration systems using biogas: Case study of a sewage treatment plant*, „Applied Energy” 2009 nr 86, s. 837-847; A. F. Colorado, B. A. Herrera, A. A. Amell, *Performance of*

Energetyczne wykorzystanie biogazu wysypiskowego

Za energetycznym wykorzystaniem biogazu przemawiają nie tylko kwestie ekologiczne i ekonomiczne, ale również prawne. Obowiązek wychwytywania gazu wysypiskowego nałożony przez ustawodawstwo polskie znacząco wpływa na poprawę sytuacji na rynku paliwowym w zakresie wykorzystania odnawialnych nośników energii. Jednakże, ze względu na skład chemiczny, nie każdy gaz wysypiskowy nadaje się do energetycznego wykorzystania. Skład gazu, w zależności od miejsca poboru i czasu wydzielania jest bardzo zróżnicowany (rysunek 1).

Wartość opałowa biogazu wysypiskowego⁵, w zależności od jego składu chemicznego, waha się w zakresie od 17-27 MJ/m³. W skład biogazu wysypiskowego wchodzi min. CH₄, CO₂, N₂ oraz śladowe ilości H₂S, CO czy NH₃ (tabela 1), z czego jedynie metan i gazy z grupą węglowodorową (C_nH_m) mają znaczenie ze względu na przydatność energetyczną⁶.

Skład biogazu jest bardzo zróżnicowany (tabela 1). Różnice te wynikają nie tylko ze specyfiki danego składowiska, ale również zależą od miejsca poboru i głębokości poboru próbki gazu w obrębie jednego składowiska. Przykładowy schemat pozyskiwania gazu z wysypiska odpadów przedstawiono na rysunku 2.

Potencjał techniczny gazu wysypiskowego, przeznaczonego na cele energetyczne, oceniany jest w odniesieniu do większych składowisk komunalnych, czyli takich, na które trafia nie mniej niż 100 tys. ton degradowalnych odpadów w ciągu roku. Realne zasoby gazu wysypiskowego nie przekraczają 30-45% całkowitego potencjału powstającego na składowisku odpadów gazu. W przeliczeniu na m³ zasoby gazu wysypiskowego wynoszą 135-145 milionów m³ /rok, co jest równoważnikiem 5235 TJ energii. Udział pozyskiwanego, gazu wysypiskowego byłby znacznie większy, gdyby nie fakt, że część gazu przedostaje się do atmosfery na skutek braku odpowiedniego systemu uszczelnień składowiska odpadów. Realne zasoby metanu, możliwe do pozyskania, szacowane są na dwukrotnie wyższym poziomie. Poziom ten mógłby zostać osiągnięty, gdyby gospodarka odpadami na składowiskach była prowadzona zgodnie z wymogami norm Unii Europejskiej. Zastosowanie odpowiednich środków takich jak: geomembrany, kontrola odcieków czy system drenażu znacząco ograniczałyby straty metanu uchodzącego do atmosfery⁷.

a Flameless combustion furnace using biogas and natural gas, „Bioresource Technology” 2010 nr 101, s. 2443-2449; G. Piechota, B. Igliński, R. Buczkowski, *Development of measurement techniques for determination main and hazardous components in biogas utilised for energy purposes*, „Energy Conversion and Management” 2013 nr 68, s. 219-226.

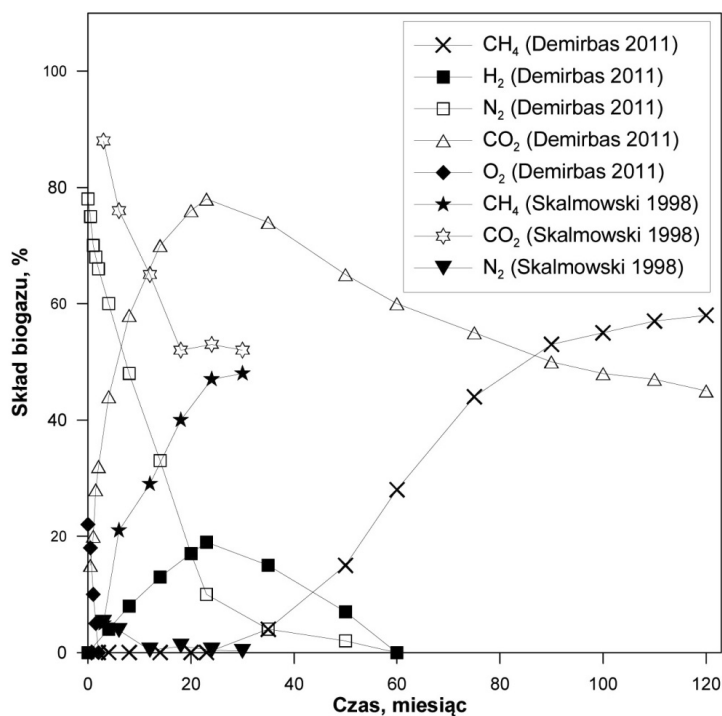
⁵ Poradnik dotyczący sporządzenia i wprowadzenia raportu do Krajowej bazy za 2012 rok, Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, Warszawa 2013.

⁶ A. Grzybek, *Ocena Strategii rozwoju energetyki odnawialnej oraz kierunki rozwoju energetycznego wykorzystania biogazu wraz z propozycją działań*, Ekspertyza sporządzona na potrzeby Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Warszawa 2005.

⁷ *Ekonomiczne i prawne aspekty wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce*, Europejskie Centrum Energii Odnawialnej, Warszawa 2000; S. Stepniak, *Zespoły prądotwórcze napędzane gazem z biomasy wysypisk komunalnych*, „Rynek Instalacyjny” 2009 nr 7-8, s. 91.

Rysunek 1

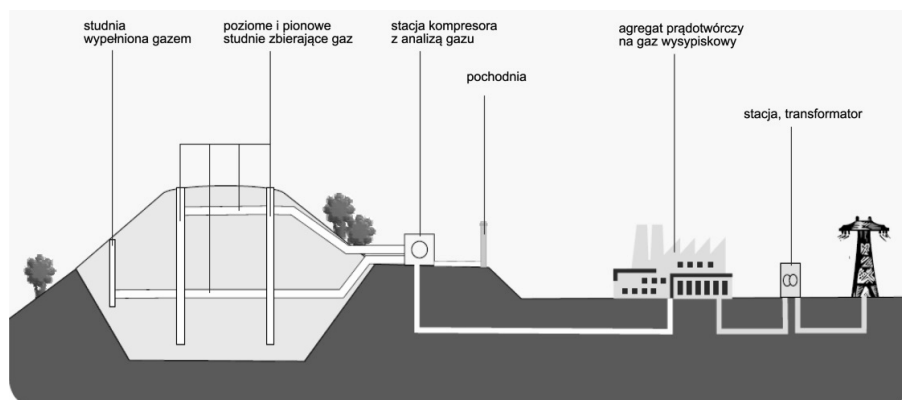
Zależność produkcji składników biogazu od czasu na wysypisku



Źródło: A. Demirbas, *Waste management, waste resource facilities and waste conversion processes*, „Energy Conversion and Management” 2011 nr 52, s. 1280–1287; K. Skalmowski, *Poradnik gospodarowania odpadami*, Verlag Dashofer, Warszawa 1998.

Rysunek 2

Przykładowy schemat pozyskiwania biogazu z wysypiska odpadów komunalnych



Źródło: *Energia z biogazu*, www.giwk.pl [10-06-2013].

Tabela 1
Skład chemiczny gazu wysypiskowego

Składnik	Skład [*]	Skład ^{**}	Skład ^{***}
CH ₄	40-60%	40-75%	60,2%
CO ₂	20-40%	25-40%	31,8%
N ₂	2-20%	0,5-2,5%	7%
O ₂	<1%	0,1-1%	3%
C _n H _{2n+2}	<1%		
H ₂ S	40-100ppm	0,1-0,5%	452,8 mg/Nm ³
NH ₃		0,1-0,5%	15,8 mg/Nm ³
CO		0-0,1%	

* na podstawie: A. Demirbas, *Waste management, waste resource facilities and waste conversion processes*, „Energy Conversion and Management” 2011 nr 52, s. 1280-1287.

** na podstawie: R. Arthur, M. F. Baidoo, E. Antwi, *Biogas as a potential renewable energy source: A Ghanaian case study*, „Renewable Energy” 2011 nr 36, s. 1510-1516.

*** na podstawie: G. Piechota, B. Igliński, R. Buczkowski, *Development of measurement techniques for determining main and hazardous components in biogas utilised for energy purposes*, „Energy Conversion and Management” 2013 nr 68, s. 219-226.

Źródło: opracowanie własne.

Do aktualnych technicznych możliwości wykorzystania energii zawartej w biogazie należą⁸:

- produkcja energii elektrycznej w silnikach iskrowych lub turbinach;
- produkcja energii cieplnej w przystosowanych kotłach gazowych;
- produkcja energii elektrycznej i cieplnej w jednostkach skojarzonych (kogeneracji);
- dostarczanie gazu wysypiskowego do sieci gazowej;
- wykorzystanie gazu jako paliwa do silników tradycyjnych pojazdów;
- wykorzystanie gazu w procesach technologicznych, przykładowo w produkcji metanolu.

⁸ N. Curry, P. Pillay, *Biogas prediction and design of a food waste to energy system for the urban environment*, „Renewable Energy” 2012 nr 41, s. 200-209; A. Demirbas, *Potential applications of renewable energy sources, biomass combustion problems in boiler power systems and combustion related environmental issues*, „Progress in Energy and Combustion Science” 2005 nr 31, s. 171-192; T. Lee, S. Huang, Ch. Chen, *The experimental study on biogas power generation enhanced by using waste heat to preheat inlet Gasek*, „Renewable Energy” 2013 nr 50, s. 342-347; R. Saidur, i in., *A review on biomass as a fuel for boilers*, „Renewable and Sustainable Energy Reviews” 2011 nr 15, s. 2262-2289.

Jednym z poważnych ograniczeń budowy instalacji gazu wysypiskowego są wysokie koszty. Istnieje jednak możliwość uzyskania dofinansowania z Narodowego i wojewódzkich funduszy ochrony środowiska i gospodarki wodnej oraz środków w ramach prowadzonych projektów i programów unijnych⁹.

Analiza ekonomiczno-ekologiczna energetycznego wykorzystania gazu wysypiskowego

Zakres analizy

W ramach analizy oszacowano:

- efekty ekologiczne na podstawie pomiarów stężenia tlenków azotu w procesie współspalania biogazu syntetycznego z gazem ziemnym przy ustalonym stosunku nadmiaru powietrza $\lambda=1.1$,
- efekty ekonomiczne na podstawie przeprowadzonych:
 - obliczeń wartości opałowej gazu wysypiskowego dla różnych składów chemicznych zaczerpniętych z literatury oraz dla biogazu syntetycznego zastosowanego w eksperymencie laboratoryjnym,
 - obliczeń zużycia gazu wysypiskowego dla spalania i współspalania z gazem ziemnym w komorze laboratoryjnej dla różnych wartości stosunku nadmiaru powietrza.

Wartości opałowe gazów obliczono z zależności:

$$Q_w = Q_{w_{CH_4}} \cdot \mu_{CH_4} + Q_{w_{H_2}} \cdot \mu_{H_2} \quad (1)$$

gdzie:

$Q_{w_{CH_4;H_2}}$ – wartość opałowa metanu i wodoru, MJ/m³

$\mu_{CH_4;H_2}$ – udział metanu i wodoru w gazie.

Skład chemiczny użytego w eksperymencie laboratoryjnym gazu ziemnego (Skład1) i biogazu syntetycznego (Skład2) oraz pozostałych gazów wysypiskowych wykorzystanych w obliczeniach (Skład3÷8) zestawiono w tabeli 2.

Schemat stanowiska eksperymentalnego i warunki prowadzonych badań

Badania laboratoryjne mające na celu oszacowanie ekologicznych efektów współspalania gazu wysypiskowego z gazem ziemnym w procesie reburningu przeprowadzono w cylindrycznej komorze kwarcowej o średnicy 0,12 m i długości 3,2 m. Schemat stanowiska przedstawiono na rysunku 3.

⁹ Biogaz Inwestor, www.biogaz.torun.pl [10-06-2013].

Tabela 2
Skład chemiczny analizowanych paliw gazowych

Wyszczególnienie	Skład1	Skład2	Skład3*	Skład4*	Skład5**	Skład6***	Skład7***	Skład8****
CH ₄	96,7	50	55,1	61,7	28,1	25,2	51,0	58,5
CO ₂	0,2	40	32,5	36,1	29,7	17,8	23,0	32,7
O ₂	-	-	1,2	1,1	34,3	48,7	1,0	0,4
H ₂	-	-	-	-	6,2	4,2	-	-
N ₂	2,5	10	-	-	1,7	4,1	-	-
C ₂ H ₆	0,6	-	-	-	-	-	-	-

* Skład gazu składowiskowego – Eko Dolina, www.ekodolina.pl [10-06-2013].

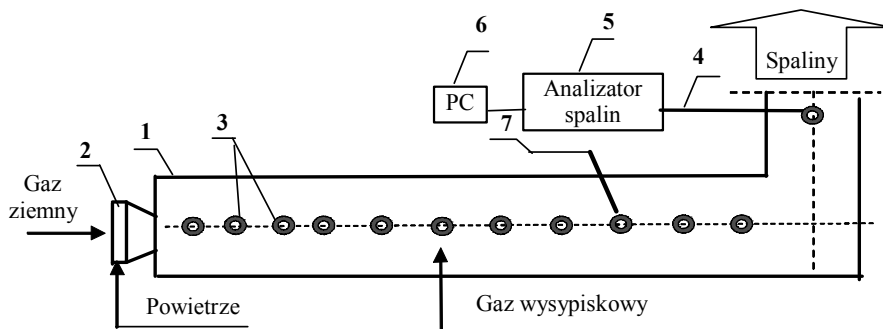
** J. Wereszczak, *Biologiczne metody przedłużania eksploatacji biogazu wysypiskowego w celach energetycznych na przykładzie składowiska odpadów komunalnych*, www.oze.szczecin.pl [10-06-2013].

*** P. Janczarski, *Odgazowanie składowisk odpadów komunalnych – zagrożenia techniczno – technologiczne*, www.kawiusz.hydrologia.net [10-06-2013].

**** J. Dudek, J. Zaleska-Bartosz, *Metody utylizacji gazu wysypiskowego*, www.inig.pl [10-06-2013].

Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 3
Schemat stanowiska eksperymentalnego z komorą kwarcową



1 – komora, 2 – palnik główny, 3 – otwory pomiarowe, 4 – sonda, 5 – analizator spalin TESTO 350, 6 – komputer, 7 – termoelement PtRh-Pt

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 3
Warunki prowadzenia eksperymentu

Wyszczególnienie	Główna strefa spalania	Strefa reburningu	
		biogaz syntetyczny	gaz ziemny
Paliwo	gaz ziemny		
Całkowity strumień powietrza [m^3/h]	29,00	-	
Strumień paliwa [m^3/h]	2,84	0,305÷1,016	0,15÷-0,5
Stosunek nadmiaru powietrza [λ]	1,10	0,91÷0,75	0,89÷ 1,0
Udział paliwa reburningowego w całkowitej ilości ciepła (rb), [%]		5,3÷16	5,30÷16,0

Źródło: opracowanie własne.

Komora laboratoryjna została wykonana z trzech izolowanych materiałami włóknistymi rur kwarcowych o długości 1 m każda i średnicy 0,12 m. Poszczególne segmenty zostały wyposażone w otwory pomiarowe, a w segmencie środkowym wykonano otwory umożliwiające wprowadzenie paliwa reburningowego, którym był gaz wysypiskowy oraz w celach porównawczych gaz ziemny. Na wlocie do komory zainstalowano palnik wirowy, w którym spalano gaz ziemny. Ostatni segment połączono przewodem odprowadzającym spaliny do kanału odciągowego. Całkowita długość komory wraz z przewodem odprowadzającym wynosiła 3,8 m. Skład spalin odlotowych mierzono za pomocą analizatora spalin, a temperaturę za pomocą termoelementu PtRh-Pt.

Warunki prowadzonych eksperymentów zestawiono w tabeli 3.

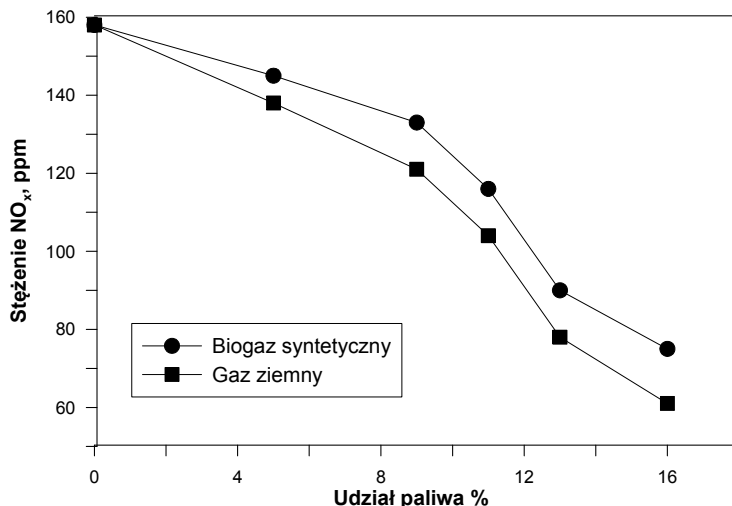
Wyjściowy poziom tlenków azotu NO_x wyniósł 158 ppm.

Wyniki badań i obliczeń

Przeprowadzone w ramach eksperymentu laboratoryjnego pomiary stężenia tlenków azotu wykazały, że współspalanie gazu ziemnego z gazem wysypiskowym może istotnie obniżyć ich koncentrację w spalinach wylotowych (rysunek 4). Uzyskane wyniki pomiarów z zastosowaniem biogazu jako paliwa reburningowego porównano z gazem ziemnym, jednym z najefektywniejszych paliw redukcyjnych.

Uzyskane wyniki eksperymentów z zastosowaniem gazu wysypiskowego jako paliwa reburningowego były bardzo zadawalające. Obniżenie koncentracji tlenków azotu otrzymane podczas współspalania gazu wysypiskowego wyniosło niewiele mniej aniżeli podczas współspalania z gazem ziemnym. Jak wynika z rysunku 4 stężenie NO_x zmniejsza się już o 8% przy zaledwie 5% udziale biogazu. Przy 16% udziale gazu wysypiskowego w stosunku do całkowitej ilości wprowadzanego paliwa koncentracja NO_x obniża się do 75 ppm, co przy wyjściowym stężeniu na poziomie 158 ppm daje ponad 50% redukcję tlenków azotu. Dla współspalania z gazem ziemnym uzyskano wartości niewiele wyższe,

Rysunek 4

Zmiany stężenia NO_x w zależności od udziału gazu ziemnego i biogazu w ogólnej ilości ciepła

Źródła: opracowanie własne.

co wskazuje na bardzo dobre właściwości redukcyjne gazu wysypiskowego. Uzyskane w badaniach efekty ekologiczne gaz wysypiskowy zawdzięcza zaproponowanej technologii współspalania.

Istota procesu reburningu polega bowiem na wprowadzaniu do komory spalania w strefę popłomienną dodatkowego paliwa, którym jest paliwo węglowodorowe, a powstające z jego rozpadu rodniki CH reagując z tlenkami azotu redukują je do azotu molekularnego. Proces ten charakteryzuje się dużą skutecznością przy swej prostocie i stosunkowo niskich nakładach inwestycyjnych. Literatura przedmiotu podaje, że gaz ziemny należy do najskuteczniejszych paliw redukcyjnych¹⁰.

Współspalanie gazu wysypiskowego z innymi paliwami pozytywnie wpływa również na ekonomikę procesu. Jeśli całkowity potencjał gazu ze składowiska nie pozwala na jego samodzielne spalanie lub jego wartość opałowa jest stosunkowo niska, to idealnym rozwiązaniem jest jego współspalanie z innymi paliwami.

Jak wynika z danych zebranych w tabeli 4, przy 5% udziale gazu wysypiskowego w całkowitej ilości ciepła doprowadzanego do procesu, strumień biogazu wynosi $0,305 \text{ m}^3/\text{h}$, natomiast przy 16% udziale $1,016 \text{ m}^3/\text{h}$. Dla porównania,

¹⁰ A. Magdziarz, M. Wilk, M. Zajemska, *Modelling of pollutants concentration from the biomass combustion process*, „Chemical and Process Engineering” 2011 nr 32 (4), 423-433; B. Białecka, *Efektywność ekologiczna i ekonomiczna zastosowania metody reburningu*, „Gospodarka Paliwami i Energią” 2000 nr 4, s. 18-21; M. Zajemska, *Analiza teoretyczno-eksperymentalna wpływu współspalania odpadów drzewnych w formie paliw reburningowych z gazem ziemnym na skład chemiczny spalin*, „Drewno. Prace Naukowe Doniesienia Komunikaty” 2012 nr 188(55), s. 71-86.

Tabela 4

Zestawienie wyników obliczeń wartości opałowej (Q_w) i zużycia gazu wysypiskowego (\dot{V}_g) dla różnych wartości stosunku nadmiaru powietrza, λ

	Skład1	Skład2	Skład3	Skład4	Skład5	Skład6	Skład7	Skład8
Q_w	34,545	17,665	19,467	21,799	10,586	9,349	18,018	20,668
$\lambda=1,05$								
\dot{V}_g	2,97	5,80	5,26	4,70	9,68	10,96	5,69	4,96
$\lambda=1,1$								
\dot{V}_g	2,83	5,54	5,02	4,49	9,24	10,46	5,43	4,73
$\lambda=1,15$								
\dot{V}_g	2,71	5,30	4,81	4,29	8,84	10,01	5,19	4,53
$\lambda=1,2$								
\dot{V}_g	2,59	5,07	4,60	4,11	8,47	9,59	4,98	4,34

Źródło: opracowanie własne.

przy założeniu tych samych udziałów w ciepłe, strumień gazu ziemnego wynosi odpowiednio $0,15 \text{ m}^3/\text{h}$ i $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

Jeśli rozpatrzmy spalanie samego biogazu to jego zapotrzebowanie w procesie spalania jest dużo większe. Ponadto, warto nadmienić że im wyższa wartość opałowa gazu wysypiskowego, tym mniejsze jest jego zużycie w procesie spalania.

W tabeli 5 przedstawiono wyniki obliczeń wartości opałowej i zużycia gazu wysypiskowego podczas spalania bez stosowania reburningu dla różnych składów biogazu oraz różnych warunków prowadzenia procesu (zmienna wartość stosunku nadmiaru powietrza). W obliczeniach założono stały strumień powietrza równy $29 \text{ m}^3/\text{h}$, taki jaki miał miejsce w eksperymencie laboratoryjnym. Dla porównania obliczenia przeprowadzono również dla gazu ziemnego.

Podsumowanie

Jak wynika z zaprezentowanych w niniejszym artykule wyników badań i obliczeń, energetyczne zagospodarowanie biogazu wysypiskowego jest korzystne nie tylko ze względów ekonomicznych, ale przede wszystkim ekologicznych. Jednym ze sposobów wykorzystania biogazu do celów energetycznych jest jego współspalanie z paliwami konwencjonalnymi, przykładowo z gazem ziemnym w procesie stopniowego spalania, tak zwanego reburningu. Zastosowana w badaniach technologia spalania, ze względu na swoją specyfikę, prowadzi do znacznego obniżenia stężenia tlenków azotu w spalinach. Specyfika tej metody opiera się bowiem na reakcji rodników CH_3 , powstających z rozpadu paliwa reburningu z tlenkami azotu, w wyniku której NO redukowane jest do azotu molekular-

nego. Proces ten charakteryzuje się dużą skutecznością przy swej prostocie i stosunkowo niskich nakładach inwestycyjnych. Metoda reburningu może być stosowana w wielu urządzeniach energetycznych, zarówno w energetyce zawodowej, jak i przemysłowej. Jako paliwa reburningowe używane są głównie paliwa konwencjonalne, jednak istnieje wiele przesłanek na zastosowanie również biopaliw, a w szczególności biogazu ze względu na jego właściwości redukcyjne, zbliżone do gazu ziemnego. Osiągnięty w badaniach stopień redukcji tlenków azotu, ze względu na specyfikę procesu reburningu, może być jeszcze wyższy, jeśli biogaz w swoim składzie będzie zawierał więcej metanu.