

ANITA ZAPAŁOWSKA, TOMASZ GACEK¹

Kolegium Nauk Przyrodniczych, Katedra Bioenergetyki, Analizy Żywności i Mikrobiologii
Uniwersytet Rzeszowski, e-mail: anise@interia.pl

EKONOMICZNE ASPEKTY POZYSKIWANIA I WYKORZYSTANIA BIOGAZU

Biogaz jest wytwarzany w wyniku fermentacji metanowej na składowiskach lub podczas pracy biogazowni. Właściwie zagospodarowany służy do produkcji energii cieplnej i elektrycznej. Uzdatniony i poddany procesowi sprężania, ma zastosowanie jako paliwo transportowe. Ocena efektywności ekonomicznej instalacji biogazowej zależy od stosowanego wsadu oraz możliwości wykorzystania generowanego ciepła. Aspekty ekonomiczne pracy biogazowni określone są przez koszty jej inwestycji, wielkości dofinansowania, koszty pozyskiwanej biomasy, wydajności instalacji oraz ostateczne pozyskanego ciepła wraz z produkcją energii elektrycznej.

Słowa kluczowe: biogaz, biogazownie, efektywność ekonomiczna

I. WSTĘP

Dyrektywa 2003/30/WE definiuje biogaz jako paliwo gazowe produkowane z biomasy i/lub ulegającej biodegradacji części odpadów, które może być oczyszczone do jakości naturalnego gazu, do użycia jako biopaliwo lub gaz drzewny. Według krajowego ustawodawstwa jest to gaz pozyskany z biomasy, w szczególności z instalacji przeróbki odpadów zwierzęcych lub roślinnych, oczyszczalni ścieków oraz składowisk odpadów (Dz.U. Nr 267, poz. 2656, z póź. zm.). Biogaz jest łatwopalnym gazem, składającym się w przybliżeniu z 60% metanu, 30% dwutlenku węgla, 5% wody, resztę stanowią siarkowodór, azot, tlen oraz wodór. Do jego produkcji stosuje się materiał organiczny o pochodzeniu zarówno rolniczym (odchody zwierząt, uprawy energetyczne, odpady z hodowli roślin, ścinki trawy, odpady ogrodnicze, resztki jedzenia) jak i przemysłowym (odpady z przemysłu spożywczego, mleczarskiego, cukrowniczego, farmaceutycznego, biochemicznego, papierniczego i mięsnego). Źródłem biogazu są także ulegające biodegradacji frakcje organiczne odpadów komunalnych. Zgodnie z ustawową definicją, wskazaną w art. 2 pkt 1 Ustawy z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz.U.2015 poz. 478), biogaz jest gazem uzyskanym z biomasy, w szczególności z instalacji przeróbki odpadów zwierzęcych lub roślinnych, oczyszczalni ścieków oraz składowisk odpadów. Chodzi więc również o biogaz wytworzony w wyniku beztlenowej fermentacji substancji stanowiących biomase, których przykładem może być biogaz powstający na składowiskach odpadów, czy w wyniku fermentacji osadów ściekowych [Trupkiewicz i Tarka 2017]. Składowisko odpadów komunalnych jest „bioreaktorem”,

w którym podczas procesów biochemicznych zachodzi przemiana materii organicznej skutkująca wytwarzaniem gazu składowiskowego. Podstawową zaletą biogazu jest jego uniwersalność w porównaniu z innymi źródłami energii odnawialnej; może być wykorzystywany do wywarzania energii elektrycznej, ciepłej lub jako paliwo do silników spalinowych [Ruszkowski 1999, Rusak i Kowalczyk-Juško 2007, Dudek i Zalewska-Bartosz 2010]. Charakteryzuje się znacznie niższą wartością opałową na poziomie 20-26MJ/m³ w porównaniu do oleju napędowego (41,9 MJ/ dm³) czy gazu ziemnego (33,5 MJ/ m³) (tab. 1).

Zawartość metanu zależy od składu fermentowanego materiału wsadowego. Przyjmuje się, że biogaz o zawartości 65% metanu ma zazwyczaj wartość kaloryczną 23 MJ/ m³. Polska jest krajem o bardzo dużym potencjale produkcji biogazu, który został oszacowany na poziomie 6,6 mld m³ przez Instytut Energetyki Odnawialnej [Kuziemska i in. 2014].

Tabela 1- Table 1

Wartość opałowa biogazu oraz porównanie do innych nośników energii / *Calorific value of biogas in comparison to other energy carriers*

Rodzaj paliwa <i>Type of fuel</i>	Wartość opałowa <i>Calorific value</i>	Przelicznik stosunku do 1 m ³ biogazu o wartości opałowej 26 MJ/ m ³ <i>The ratio 1 m³ of biogas with a heating value of 26 MJ/ m³</i>
Biogaz <i>Biogas</i>	20-26 MJ/ m ³	1 m ³
Gaz ziemny <i>Natural gas</i>	33,5 MJ/ m ³	0,77 m ³
Olej napędowy <i>Diesel</i>	41,9 MJ/ dm ³	0,62 m ³
Węgiel kamienny <i>Coal</i>	32,4 MJ/ kg	1,1 kg
Biopaliwo z rzepaku <i>Rapeseed biofuel</i>	36,5 MJ/ kg	0,7 kg
Etanol <i>Ethanol</i>	29,6 MJ/ kg	0,85 kg
Drewno opałowe <i>Firewood</i>	8-18 MJ/ kg	2 kg

Źródło / *Source*: Giniański 2011

Celem pracy było przedstawienie technologii pozyskania i wykorzystania biogazu z uwzględnieniem analizy ekonomicznej wytwarzania energii cieplnej i elektrycznej w biogazowniach rolniczych. W pracy zamieszczono także przykładowe kalkulacje zaopatrzenia w energię cieplną i elektryczną.

II. TECHNOLOGIE POZYSKIWANIA I WYKORZYSTANIA BIOGAZU

Biogaz jest pozyskiwany w wyniku fermentacji metanowej na składowiskach lub podczas pracy biogazowni.

Biogaz składowiskowy powstaje w konsekwencji rozkładu substancji organicznej podczas kolejnych faz:

1. tlenowa, trwająca krótko, do kilku tygodni, do czasu wyczerpania się tlenu zawartego w masie odpadów; rozkład substancji organicznych odbywa się z udziałem mikroorganizmów w procesach tlenowych,

2. beztlenowa, rozpoczyna się z chwilą wyczerpania zapasu tlenu, w tej fazie mikroorganizmy beztlenowe rozkładają substancje organiczne do kwasów organicznych, dwutlenku węgla i wodoru,
3. metanowa niestabilna, następuje od chwili, gdy w produktach przemian zaczyna się intensywnie uwalniać metan oraz dwutlenek węgla,
4. metanowa stabilna, charakteryzuje się ustabilizowaniem składu produktów przemian,
5. wyciszenia, charakteryzuje się zmniejszeniem wydajności metanu aż do zera i znamionuje koniec aktywności biologicznej składowiska.

Do pozyskania biogazu ze składowiska konieczne jest wybudowanie instalacji w skład której wchodzi:

1. elementy odbierające gaz ze złoża odpadów (studnie pionowe i kolektory poziome),
2. kolektory odprowadzające gaz do punktu zbiorczego,
3. stacja zbiorcza (odwadniacze, dmuchawa, aparatura kontrolno- pomiarowa).

Biogazownia jest zespołem urządzeń i budynków, gdzie w ściśle zaprojektowanym łańcuchu technologicznym zachodzi proces fermentacji. W skład jej kompleksowego zagospodarowania wchodzi instalacja gazowa odzysku biogazu, przepompownia biogazu, kotłownia parowa, agregat kogeneracyjny oraz instalacje ciepłownicze wykorzystujące ciepło z agregatów prądotwórczych. Wytwarzany biogaz spalany jest w kotłach w celu odzysku ciepła lub spalany w kogeneratorach w celu wytworzenia prądu elektrycznego. Głównym substratem do produkcji biogazu rolniczego jest gnojowica. Materiał ten służy jako dobry rozcieńczalnik do substratów suchych. Niejednakowe stężenie substancji organicznej zawartej w gnojowicy, spowodowane różnym sposobem karmienia zwierząt, charakteryzuje różne tempo rozkładu i ilość powstałego biogazu. W porównaniu do innych odpadów organicznych, odchody zwierzęce charakteryzują się mniejszym potencjałem produkcyjnym biogazu. Bardzo popularnymi substratami stosowanymi jako wsad są również pozostałości z owoców i warzyw oraz wywar gorzelniany. Są to substraty o wysokim potencjale energetycznym, charakteryzującym się szybkim tempem rozkładu.

Wśród gatunków roślin energetycznych dominuje kukurydza, z której uzyskuje się kiszonkę. Kiszonka i gnojowica to typowy wsad w biogazowniach rolniczych. Stosunek kiszonki do gnojowicy stanowi zwykle 3:1, wysoka wydajność produkcji i stabilność w procesie stanowią dużą zaletę tego procesu. Podstawowym kryterium doboru roślin do produkcji biogazu jest wydajność suchej masy z jednostki powierzchni, zawartość łatwo fermentujących składników i łatwość magazynowania po zbiorze świeżej masy. Plon suchej masy, po uwzględnieniu strat przy zbiorze i zakonserwowaniu przez zakiszanie, który należy osiągnąć, by produkcja biogazu była opłacalna, powinien wynosić: 80-165 (dt/ha) - kukurydza o zawartości 32% suchej masy; 85-115 (dt/ha) - całe rośliny zbożowe zbierana w fazie dojrzałości mleczej ziarna; 60-100 (dt/ha) - trawy z uprawy polowej, koniczyna z trawami; 40-90 (dt/ha) - porost z użytków zielonych; 50-85 (dt/ha) - ziarno zboża [Kuziemska i in. 2014].

Wyróżnia się mezofilną i termofilną technologię produkcji biogazu (w zależności od temperatury, w której prowadzony jest proces), oraz mokrą i suchą fermentację (w zależności od zawartości suchej masy w substracie). Wszystkie technologie składają się z tych samych etapów: składowania i przygotowywania substratów, procesu fermentacji, magazynowania pozostałości pofermentacyjnej oraz uzdatniania i przetwarzania biogazu. Substraty, które zostaną wykorzystane jako wsad, są składowane w zbiorniku wstępnym.

Zbiornik ten może być wykonany z betonu, stali lub tworzyw sztucznych. Odpady organiczne (np. poubojowe), muszą zostać poddane higienizacji i sterylizacji, ponieważ

mogą stanowić źródło patogenów. Substraty tego typu traktowane są wysoką temperaturą: 70°C - 133°C, a także poddawane działaniu wysokiego ciśnienia [Curkowski i in. 2009, 2013]. Rozkład związków organicznych i wytworzenie biogazu ma miejsce w komorze fermentacyjnej. Komora ta składa się z żelbetonu i gazoszczelnego przykrycia, wewnątrz której są umieszczone mieszadła mechaniczne lub hydrauliczne, w celu zapewnienia równomiernego rozkładu temperatury, substancji oraz bakterii biorących udział w fermentacji. Biogaz jest magazynowany w zbiornikach, do których doprowadzany jest za pomocą instalacji gazowej [Jędrzszak 2007].

Biogaz znajduje zastosowanie w produkcji energii elektrycznej i ciepła w kogeneracji. Może być wykorzystywany do celów grzewczych w przemyśle i budownictwie mieszkalnym. Biogaz oczyszczony do jakości gazu ziemnego może być paliwem transportowym. W procesie uzdatniania z biogazu usuwany jest dwutlenek węgla, siarkowodor, amoniak i woda wraz z pozostałymi zanieczyszczeniami, a następnie gaz ten poddawany jest procesowi sprężania, aż do uzyskania ciśnienia 20-25 MPa. Finalnie otrzymany produkt zawiera około 95% metanu.

Obecnie w Polsce istnieje 305 instalacji wykorzystujących biogaz o łącznej mocy zainstalowanej równej 237,613 MW (w tym 95 biogazowni rolniczych o łącznej mocy 101,3 MW). Największa ich liczba znajduje się w województwie mazowieckim – 37 instalacji o łącznej mocy 28,036 MW. Najmniej instalacji, bo zaledwie 4 posiada województwo świętokrzyskie o mocy równej 3,822 MW. Na terenie województwa podkarpackiego istnieje 15 instalacji o mocy zainstalowanej 7,002 MW (tab. 2).

Tabela 2- Table 2

Biogazownie w Polsce (stan na dzień 31 marca 2019) / *Biogas plants in Poland (as of March 31, 2019)*

Województwo <i>Voivodeship</i>	Liczba instalacji <i>Number of installations</i>	Moc zainstalowana [MW] <i>Installed power [MW]</i>
Dolnośląskie	29	21,012
Kujawsko-Pomorskie	18	15,516
Lubelskie	15	14,433
Lubuskie	9	5,122
Łódzkie	13	12,939
Małopolskie	18	10,311
Mazowieckie	37	28,036
Opolskie	7	3,949
Podkarpackie	15	7,002
Podlaskie	15	12,028
Pomorskie	20	24,415
Śląskie	35	22,943
Świętokrzyskie	4	3,822
Warmińsko-Mazurskie	19	14,804
Wielkopolskie	27	24,413
Zachodniopomorskie	24	16,868
Razem/ <i>Total</i>	305	237,613

Źródło / *Source*: Anonim 2019

Ze względu na wielkość mocy wytwórczej następuje podział instalacji biogazowych na mikro (do 40 kW), małe (do 200 kW) i duże (powyżej 200 kW).

III. ANALIZA EKONOMICZNA PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ I CIEPLNEJ

Wykonanie bilansu energetycznego pozwala w efekcie oszacować ilość wyprodukowanej energii elektrycznej i cieplnej. Metodyka oszacowania ilości produkowanego biogazu opisywana jest w wielu publikacjach [Curkowski i in. 2009, Roszkowski 2013, Bacenetti i in. 2014, Załuska i in. 2018]. Bardzo ważna jest jakość energetyczna substratów do zasilania układu kogeneracyjnego, którą ocenia się na podstawie zawartości suchej masy organicznej w suchej masie substratu. Najpowszechniej stosowany substrat, jakim jest kiszonka z kukurydzy, charakteryzuje się dość korzystnym stosunkiem uzysku biogazu i metanu ze świeżej masy, do ceny. W przypadku typowej instalacji opartej o technologię NaWaRo (tj. kiszonki z kukurydzy plus odchody zwierzęce) o mocy 1 MW energii elektrycznej dziennie, należy dostarczyć około 60-70 ton substratu. Oznacza to, że do zasilenia instalacji biogazowej o mocy 1 MW konieczna jest uprawa kukurydzy na powierzchni 400 ha.

Jest wiele argumentów przemawiających za wykorzystaniem kiszonki z kukurydzy na produkcję biogazu:

1. stabilna i dość wysoka produkcja biogazu (180-250 m³/Mg),
2. łatwa technologia uprawy, zbioru i zakiszania kukurydzy,
3. możliwość długotrwałego przechowywania i korzystania z niej o dowolnej porze roku,
4. wielu inwestorów biogazowych posiada własne gospodarstwa, z przeznaczeniem na uprawę kukurydzy,
5. kiszonka ze słomy kukurydzianej jest znacznie tańsza niż z całych roślin, a produkcja biogazu może sięgać nawet 265 m³/tony świeżej masy (około 35-45% wilgotności), co jest wartością zdecydowanie lepszą niż w przypadku typowej kiszonki.

Przy założeniu pozyskiwania z 1 hektara 50 ton kiszonki o zawartości 0,3 suchej masy i zawartości 0,95 suchej masy organicznej w suchej masie, szacuje się, że z 1 tony suchej masy organicznej kukurydzy można uzyskać około 700 m³ biogazu o zawartości metanu na poziomie 54%. Produkcja metanu z 1 ha kukurydzy wynosi więc 5,3 m³ biometanu (10 m³ biogazu). Zakładając, że ¼ obszaru rolniczego kraju przeznaczona jest pod uprawy energetyczne na biogaz (tj. 17 mln ha / 4 = 4,25 mln ha), to średnia roczna produkcja biometanu może wynieść 22,5 mld m³.

Analiza ekonomiczna jest zagadnieniem złożonym, przeprowadzanym najczęściej przez wyspecjalizowane firmy doradcze. Dotyczy ona:

1. analizy nakładów i kosztów inwestycyjnych,
2. zakupu technologii oraz rozruchu obiektu,
3. całkowitych kosztów operacyjnych związanych z zużyciem urządzeń i materiałów, usług, wydatków administracyjnymi, dystrybucji (pozyskania i transportu) substratów.

Ustala się koszty:

1. eksploatacyjne, związane z usługami remontowo- naprawczymi i konserwacyjnymi, amortyzacją,
2. podatki,
3. spłaty kredytu, ubezpieczenia i koszty wynagrodzeń.

Na oszacowanie przychodów składają się przychody ze sprzedaży energii elektrycznej i cieplnej oraz przychody ze sprzedaży kolorowych świadectw.

Projekty biogazowe generują przychody ze sprzedaży towarów i usług, takich jak energia elektryczna, ciepło, czy pulpa pofermentacyjnej na cele nawozowe. Należy uwzględnić ilość substratów do biogazowni, ich stan skupienia oraz zmiany dostępności w ciągu roku. Bliska lokalizacja inwestycji przy zakładach, które zapewnią substraty do fermentacji jest właściwa i uzasadniona. Podpisanie długoterminowych umów na odbiór substratów zapewnia ciągłości dostaw. W tabeli 3 przedstawiony został przybliżony potencjał energetyczny odpadów z przemysłu rolno-spożywczego i kiszonki z kukurydzy oraz możliwy do uzyskania przychód z racji sprzedaży energii elektrycznej oraz wykorzystania ciepła. Procentowy udział metanu w biogazie decyduje o wartości opałowej tego paliwa.

Tabela 3 - Table 3

Potencjał energetyczny odpadów z przemysłu rolno- spożywczego oraz kiszonki z kukurydzy / Waste energy potential from agri-food industry and maize silage

Rodzaj odpadów <i>Type of waste</i>	Wydajność biogazowni [m ³ /Mg św. m] <i>Biogas plant efficiency</i> [m ³ / Mg f.m.]	Zawartość metanu [%] <i>Methane content</i> [%]	Przychód [PLN/Mg] <i>Income</i> [PLN / Mg]
Wywar gorzelniany <i>Distillation</i>	75	55	104,22
Wycierka ziemniaczana <i>Potato puree</i>	130	50	164,23
Wysłodki buraczane <i>Beet pulp</i>	130	50	164,23
Przeterminowana żywność <i>Expired food</i>	120	52	157,66
Serwatka <i>Whey</i>	30	52	39,41
Słoma kukurydziana <i>Corn straw</i>	400	54	545,73
Kiszonka z kukurydzy <i>Maize silage</i>	215	54	293,33

Źródło / Source: Dach i Kozłowski 2018

Odpady z przemysłu rolno- spożywczego mogą stanowić bardzo dobry substrat w procesie fermentacji metanowej. Przychód możliwy do uzyskania z tytułu sprzedaży wyprodukowanej energii elektrycznej i ciepła (liczony przy cenach świadectw pochodzenia energii elektrycznej i ciepła: niebieski 301,15 PLN/ MWh, żółty 120 PLN/ MWh, energia elektryczna 169,57 PLN/ MWh, ciepło 25,00 PLN/GJ) dla 1 Mg substratu może wynosić od 40 PLN/Mg (dla serwatki) do 150 PLN/Mg w przypadku kukurydzy. Konieczne jest uwzględnienie kosztów zakupu danego substratu, które mogą wynieść od 50-100 PLN/Mg dla słomy kukurydzianej do nawet 140 PLN/Mg w przypadku kiszonki z kukurydzy. Lepsze wyniki ekonomiczne (ilość produkowanego metanu w stosunku do ceny zakupu / przyjęcia odpadu) uzyskuje się w przypadku odpadów poubojowych oraz padliny. Substraty te, przy odpowiedniej obróbce wykazują nieoczekiwanie wysoką wydajność biometanową, a uzyskany poferment posiada bardzo wartościowy skład z nawozowego punktu widzenia. Dla producentów energii elektrycznej z instalacji zasilanych biogazem ważne znaczenie ma zagwarantowanie im odbioru i sprzedaży wyprodukowanej przez nich energii, gdyż głównym źródłem dochodu dla biogazowni jest sprzedaż energii elektrycznej.

IV. BIOGAZOWNIA W ODRZECHOWEJ

Instalacja biogazowa w Odrzechowej w procesie fermentacji beztlenowej substratów pochodzenia rolniczego, wytwarza energię cieplną i elektryczną. Produktami fermentacji są biogaz i pozostałość pofermentacyjna, która jest wykorzystywana jako nawóz. W silniku kogeneracyjnym spalany jest biogaz, a poferment wykorzystuje się jako nawóz. Moc elektryczna biogazowni wynosi 500 kW, co pozwala jej na wytworzenie około 4 tysięcy MWh energii elektrycznej w ciągu roku, natomiast moc cieplna wynosi 500 kW. Substratem wykorzystywanym do produkcji biogazu jest gnojowica i obornik z gospodarstwa, odpady i osady z mleczarni z Sanoka, odpady z zakładów przetwórstwa owocowo-warzywnego i cukrowniczego, odpady z pozostałości nie wykorzystanych pasz, kiszzonek, siana oraz resztki pasz ze źłobów z budynków inwentarskich. Proces fermentacji prowadzony jest trzy razy dziennie, za każdym razem do komór fermentacyjnych dodawane jest po 20 ton substratu. W ciągu doby następuje sześć cykli, prowadzone są one co cztery godziny, jednorazowo dostarczane jest około dziesięciu ton substratu. Objętość komór fermentacyjnych wynosi odpowiednio 2400 i 2800 m³. W ciągu roku zużywane jest około 26-27 tys. ton substratu, z czego około 50% stanowi gnojowica i obornik. Wytworzony biogaz zawiera około 50-60% metanu. W ciągu godziny sama biogazownia zużywa 250 m³ biogazu. Biogaz powstający podczas biologicznej konwersji biomasy, w przypadku wysokiej zawartości metanu (na poziomie 40-70%), jest szczególnie atrakcyjnym nośnikiem energetycznym dla modułu CHP (*Combined Heat and Power*). Serwis musi być wykonywany co 2 000 godzin, zaś serwis generalny co 30 000 godzin, więc może być sterowany zdalnie. Wymiennik ciepła zimą zużywa około 70-80% ciepła, natomiast latem 40% wytworzonego ciepła. Po uruchomieniu biogazowni zużycie nawozów sztucznych stosowanych w gospodarstwie zmniejszyło się o 50%. Kolejną zaletą jest zagospodarowanie wyprodukowanego ciepła, które jest nieodłącznym elementem biogazowni. Na terenie biogazowni wytworzone ciepło przeznaczone jest na suszenie sianokiszunki, balotów oraz innych substratów, które wykorzystuje się w gospodarstwie. Suszarnia składa się z czterech wentylatorów oraz rękawa, który doprowadza ciepłe powietrze, dzięki któremu ogrzewane są warsztaty oraz pozostałe budynki. System ten charakteryzuje się niewielkimi stratami ciepła, ponieważ temperatura na wylocie silnika wynosi 92°C, a w suszarni 84-85°C. Instalacja biogazowa została oddana do użytku w lutym 2015 roku, koszt budowy wyniósł 9 milionów złotych, zaś po uruchomieniu 9,5 miliona. W gospodarstwie zostaje zużyte 17% wyprodukowanej energii, a 83% zostaje sprzedane do PGE, stawka wynosi 0,18 zł/kWh.

V. PRZYKŁADOWE OBLICZENIA POTENCJAŁU ZAOPATRZENIA W ENERGIĘ

Kalkulacja potencjału zaopatrzenia w energię przez małą biogazownię (250 kW) zasilaną odpadami rolniczymi w prosty sposób ilustruje potencjał tego rodzaju elektrowni. Możemy przyjąć, że biogazownia pracuje przez 8000 godzin w roku (około 30 dni to prace serwisowe). Roczny czas pracy biogazowni generuje 2 000 000 kWh energii, 2500 kWh to z kolei roczne zużycie energii przez 4-osobowe gospodarstwa domowe. Oznacza to, że mała biogazownia zaspokaja potrzeby 800 gospodarstw rocznie. Jeśli założymy, że przeciętne gospodarstwo zamieszkiwane jest przez 4 osoby- moc małej biogazowni byłaby w stanie zaopatrzyć w energię cieplną 3 200 osób rocznie.

Biogazownia o mocy 1 kW, wystarcza więc do zasilania ponad 12-tysięcznego miasta. Jak podaje Koczorowski [2010], przy założeniu sprawności elektrycznej na poziomie 39% i sprawności cieplnej na poziomie 40%:

- szacowana ilość wyprodukowanego biogazu to 3.648.080 m³/ rok;
- szacowana ilość wyprodukowanego prądu to 7.842.931 kWh/ rok;
- szacowana ilość wyprodukowanego ciepła to 6.864.613 kWh/rok.

VI. PODSUMOWANIE

W Polsce biogaz jest wykorzystywany głównie jako paliwo do wytwarzania energii elektrycznej. Wykorzystanie substratów do biogazowni związane jest z ich ceną, a te z kolei wiążą się z sezonowością produkcji. Dlatego też niezwykle istotne z ekonomicznego punktu widzenia jest wykorzystanie odpadów (najlepiej wytwarzanych jak najbliżej zakładu, wówczas inwestor nie musi ponosić kosztów związanych z zakupem i transportem substratu). Rozwiązanie to pozwala na produkcję energii elektrycznej i ciepła na potrzeby technologiczne zakładu oraz biogazowni a nadwyżki mogą zostać odsprzedane do sieci. Biorąc pod uwagę potencjał produkcji biogazu w skali kraju, rozwój sektora biogazowego jest w stanie doprowadzić do bardzo znaczącej redukcji importu gazu ziemnego (w przypadku produkcji biometanu) lub pojawienia się w sieciach elektroenergetycznych dodatkowej mocy elektrycznej. Rozwój biogazowni rolniczych przyczynia się do powstawania nowych miejsc pracy oraz dywersyfikacji źródeł dochodów rolników. Instalacje biogazu rolniczego wykazują możliwości stabilnej i sterowalnej produkcji, bez względu na warunki atmosferyczne. Uzyskują one wydajność pracy na poziomie przekraczającym 8 tys. godzin rocznie, stanowi to wartość trudną do osiągnięcia przez większość innych rodzajów Odnawialnych Źródeł Energii. W celu zapewnienia opłacalności ekonomicznej, instalacja taka powinna być eksploatowana przez możliwie najdłuższy czas w roku. Przerwy w pracy powinny wynikać jedynie z potrzeby dokonania przeglądów technicznych lub ewentualnych napraw.

BIBLIOGRAFIA

1. Anonim 2019. Urząd Regulacji Energetyki. <https://www.ure.gov.pl/pl/oze/potencjal-krajowy-oze/8108,Instalacje-odnawialnych-zrodel-energii-wg-stanu-na-dzien-31-marca-2019-r.html> (5.12.2019)
2. Bacenetti, J., Negri, M., Lovarelli, D., Garcia, L.R., Fiala, M. 2015. Economic performances of anaerobic digestion plants: effect of maize silage energy density at increasing transport distances. *Biomass and Bioenergy*. 80. 73-84.
3. Curkowski A., Mroczkowski P., Oniszk-Popławska A., Wiśniewski G. 2009. Biogaz rolniczy- produkcja i wykorzystanie. Mazowiecka Agencja Energetyczna Warszawa.
4. Curkowski A., Oniszk-Popławska A. Haładyj A. 2013. Biogazownia – przemysłany wybór. Co powinien wiedzieć każdy obywatel. Fundacja Instytut na rzecz Ekorozwoju. Warszawa.
5. Dach J., Kozłowski K. 2018. Potencjał rozwoju sektora biogazu w Polsce. <https://rynekbiogazu.pl/2018/03/21/potencjal-rozwoju-sektora-biogazu-w-polsce/> (5.12.2019)
6. Dudek J., Zaleska-Bartosz J. 2010. Pozyskiwanie i wykorzystywanie biogazu do celów energetycznych. *Problemy Ekologii*. 1. 13-16.
7. Ginalski Z. 2011. Substraty dla biogazowni rolniczych. Centrum Doradztwa Rolniczego Oddział Radom. Radom.
8. Jędrzak A. 2007. Biologiczne przetwarzanie odpadów. PWN Warszawa.
9. Koczorowski J. 2010. Efektywne wytwarzanie energii i oszczędne gospodarowanie jej zasobami to jedne z najważniejszych wyzwań naszych czasów. *GLOBEenergia* 4. <https://globenergia.pl/budowa-biogazowni/> (5.12.2019)

10. Kuziemska B., Trębicka J., Wieremiej W., Klej P. Pieniak-Lendzion K. 2014. Korzyści i zagrożenia w procesie produkcji biogazu. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. 103. 99-113.
11. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 9 grudnia 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązku zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii (Dz.U. Nr 267, poz. 2656, z póź. zm.).
12. Roszkowski A. 2013. Energia z biomasy- efektywność, sprawność i przydatność energetyczna. Cz.1. Problemy inżynierii rolniczej. 1(79). 97-124.
13. Ruszkowski J. 1999. Odnawialne źródła energii jako alternatywne substytuty konwencjonalnych surowców energetycznych. Wydawnictwo uczelniane Akademii Ekonomicznej im. Karola Adamieckiego w Katowicach. Katowice.
14. Rusak S., Kowalczyk-Juśko A. 2007. Biogazownia rolnicza – warunki eksploatacyjne. Czysta Energia. 9. 22-23.
15. Trupkiewicz M., Tarka M. 2017. Nowe instrumenty wsparcia dla biogazowni rolniczych. Czysta Energia. 9-10.
16. Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz.U.2015 poz. 478).
17. Załuska M., Piekutin J., Magrel L. 2018. Efektywność ekonomiczna i energetyczna funkcjonowania biogazowni w zależności od zastosowanego substratu. Civil en Environmental Engineering. 9. 51-56.

ECONOMIC ASPECTS OF OBTAINING AND USING BIOGAS

Summary

Biogas is produced as a result of methane fermentation in landfills or during operation of a biogas plant. It is used is for the production of heat and electricity. Treated and subjected to a compression process, it is used as a transport fuel. The economic efficiency assessment of a biogas installation depends on the feedstock used and the possibility of using the heat generated. The economic aspects of a biogas plant's operation are determined by its investment costs, co-financing, costs of biomass obtained, installation efficiency and final heat acquired along with electricity production.

Keywords: biogas, biogas plants, economic efficiency

