

Biogazownie rolnicze - podstawowe parametry techniczno-ekonomiczne.

mgr Piotr Chrobak, dr inż. Maciej Sygit

21.10.2008 Strzelin

Od kilku lat zauważalny jest wzrost zainteresowania układami CHP na biomasę. Wzrost ten wynika z szeregu czynników makroekonomicznych, które wpływają również na sytuację w Polsce. Podstawowym problemem decydującym o rozwoju sytuacji na rynkach paliwowych jest ograniczony dostęp do surowców. Na tej podstawie podejmowane są działania mające na celu zapewnić zrównoważony rozwój, takie jak np. europejska strategia rozwoju energetyki oraz opracowany system zachęt do inwestycji w odnawialne źródła energii. Szczególny nacisk na ochronę środowiska jaki kładzie Komisja Europejska, przejawia się m.in., w zmieniających się uwarunkowaniach prawnych. Polska będąc członkiem Wspólnoty Europejskiej wytycza zbieżne z unijnymi strategiczne kierunki rozwoju i dąży do ujednoczenia prawodawstwa. Skutkiem tego, należy spodziewać się postępujących restrykcji legislacyjnych mających na celu zapewnić bezpieczeństwo ekologiczne i energetyczne. Zgodnie z przepisami obowiązującymi w Unii Europejskiej składowanie odpadów organicznych może odbywać się jedynie w sposób zabezpieczający przed niekontrolowanymi emisjami metanu¹. Gaz wysypiskowy musi być spalany w pochodni lub w instalacjach energetycznych, a odchody zwierzęce fermentowane. Na elementarnym poziomie działalności oznacza to, że np. rolnik nie będzie mógł wylać gnojowicy na pole uprawne, ze względu na emisję gazów uznanych za cieplarniane, ze względu na niebezpieczeństwo skażenia wód gruntowych oraz ze względu na powstający fetor. Antycypując przyszłe potrzeby w zakresie ochrony środowiska należy rozpatrzyć konieczność utylizacji organicznych odpadów rolniczych, hodowlanych, gastronomicznych i przemysłowych oraz odchodów, w szczególności gnojowicy zwierzęcej. Przykładem rozwiązania takiego problemu są biogazownie rolnicze, w których następuje niskotemperaturowa gazyfikacja biomasy, a uzyskiwany biogaz może być spalany w jednostce kogeneracyjnej². Biogazownia rolnicza, służy ekologicznemu zbilansowaniu lokalnej działalności rolniczej poprzez utylizację odpadów organicznych i odchodów.

Mimo ekonomicznych i ekologicznych przesłanek w Polsce nie wykorzystuje się na szerszą skalę rozwiązań, które w podobnych warunkach funkcjonują od lat. W Niemczech rozwój biogazowni rolniczych trwa od ponad dwudziestu lat. Szacuje się, iż w tym kraju funkcjonuje ponad 4000 takich instalacji. Tymczasem w Polsce funkcjonują obecnie trzy biogazownie rolniczo-przemysłowe, a czwarta jest w trakcie budowy. Zakończenie polskiej energetyki rozproszonej opartej na biomasie uwarunkowane jest przede wszystkim:

1. brakiem odpowiednio zgromadzonej, uporządkowanej i przetworzonej wiedzy o istniejących dostępnych i przyszłościowych technologiach produkcji biogazu i przetwarzania biomasy, istniejące informacje są rozproszone, trudne do ocen i porównań,
2. brakiem dostatecznej liczby sprawdzonych nowoczesnych urządzeń i instalacji do produkcji biogazu i przetwarzania biomasy, które byłyby przydatne w małych podmiotach energetycznych produkujących energię w kogeneracji,
3. brakiem typowej, modelowej dokumentacji w postaci koncepcji programowo - przestrzennych, wstępnych studiów wykonalności, ofert dla przedsiębiorców - inwestujących w przyszłe kompleksy agroenergetyczne, producentów urządzeń i instalacji oraz producentów biomasy (rolników),
4. brakiem przykładów funkcjonujących kompleksów agroenergetycznych, które mogłyby być wykorzystane do propagowania idei agroenergetyki w gminach i wśród inwestorów.

¹ Metan uznawany jest za gaz, który wpływa na efekt cieplarniany 23-krotnie bardziej niż dwutlenek węgla

² CHP - Combined Heat and Power

Potencjalny inwestor, który podjąłby się finansowania budowy biogazowni rolniczej w Polsce, musiałby odpowiedzieć sobie na wiele pytań, aby ograniczyć błąd przy szacowaniu efektywności ekonomicznej instalacji. Brak praktycznych przykładów powoduje konieczność odwoływania się do modeli teoretycznych.

W ujęciu modelowym jednostka kogeneracyjna jest systemem techniczno-organizacyjnym, który z zewnątrz rozważany jest jako spójna całość. System ten przekształca strumień wejścia w strumień wyjścia. Pojmując biogazownię rolniczą w ten sposób inwestor nie jest zainteresowany technologią transformacji - interesuje go jedynie formuła, która jest względnie stała. Można stwierdzić, iż przy zadanych parametrach surowca i znanej formule transformacji (np. sprawność konwersji w energię elektryczną) inwestor jest w stanie obliczyć ilość uzyskanej energii. W niniejszym opracowaniu przedstawiono podstawowe parametry techniczno-ekonomiczne budowy (faza nakładów inwestycyjnych) i funkcjonowania (faza eksploatacji) biogazowni rolniczej.

Nakłady inwestycyjne to suma kosztów poniesionych na całość prac projektowych, doradczych, prawnych i budowlanych, jakie należy ponieść celem uruchomienia biogazowni. Koszt budowy biogazowni rolniczej jest kosztem zależnym od dwóch czynników: od elektrycznej mocy zainstalowanej (wprost proporcjonalnie) oraz od odległości instalacji od Głównego Punktu Zasilania (wprost proporcjonalnie). Teraźniejsze oferty cenowe producentów niemieckich określają następujący przedział kosztów w zależności od zainstalowanej mocy: 2800 [€/kW_{el}], w przypadku instalacji rzędu 1 [MW_{el}] oraz 3200 [€/kW_{el}], w przypadku instalacji rzędu 0,5 [MW_{el}]. Z kolei odległość instalacji od Głównego Punktu Zasilania wpływa bezpośrednio na koszty przyłączenia biogazowni do sieci energetycznej. Zgodnie z brzmieniem ustawy³ odnawialne źródło energii, jak i również jednostka kogeneracji o mocy elektrycznej poniżej 5 [MW] ponosi koszt przyłączenia do sieci w wysokości połowy opłaty ustalonej na podstawie rzeczywistych nakładów poniesionych na to przyłączenie. Jakkolwiek, koszty wynikające z nakładów na realizację przyłączenia podmiotów ubiegających się o przyłączenie, które poniosło przedsiębiorstwo energetyczne, w zakresie, w jakim zostały pokryte wpływami z opłat za przyłączenie do sieci, nie wpływają później na wysokość stawek opłat za przesyłanie i dystrybucję energii⁴. Obowiązkowym jest zainstalowanie układu pomiarowo-rozliczeniowego. Jednostki wytwórcze instalują ten układ na koszt własny⁵.

W fazie eksploatacji podmiot uzyskuje przychody z tytułu sprzedaży energii elektrycznej, energii cieplnej oraz praw majątkowych do świadectw pochodzenia⁶ oraz ponosi koszty działalności operacyjnej. Poniżej na rysunku przedstawiono przepływ dóbr w okresie eksploatacji w odniesieniu do biogazowni rolniczej. Strumieniem wejścia jest surowiec w postaci gnojowicy wraz z kiszoną kukurydzą⁷. W wyniku niskotemperaturowego zgazyfikowania biomasy, jednostkę CHP można zasilić biogazem w celu konwersji energii chemicznej w energię elektryczną oraz ciepłą. W przypadku sprzedaży energii elektrycznej do sieci, podmiot nabywa prawa majątkowe do świadectw pochodzenia tytułem wytwarzania zielonej energii. Efektem procesów zachodzących w fermentatorach są pozostałości pofermentacyjne stanowiące doskonały nawóz naturalny.

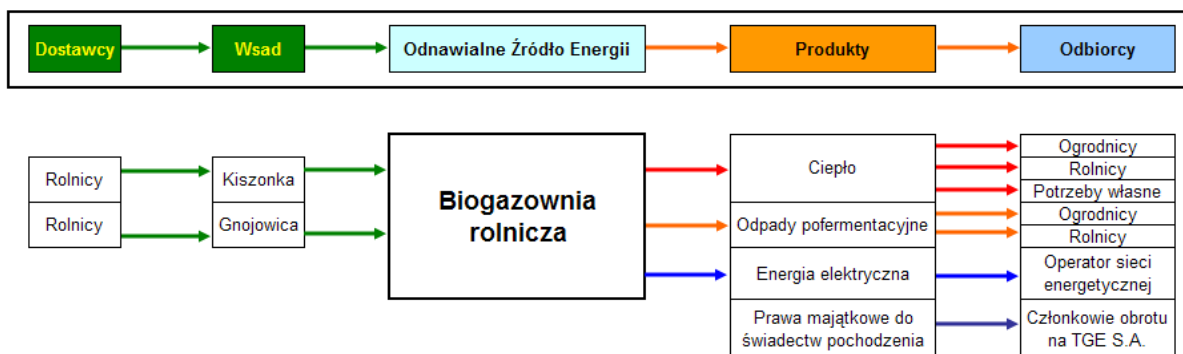
³ art. 7 ust. 8 pkt 3 [1]

⁴ art. 7 ust. 10 [1]

⁵ art. 13 ust. 4 pkt. 2 [2]

⁶ Zgodnie z art. 9e ust. 1 [1], świadectwo pochodzenia jest potwierdzeniem wytworzenia energii w odnawialnym źródle energii. Świadectwo pochodzenia popularnie nazywane jest zielonym certyfikatem

⁷ Katalog surowców jest otwarty, należy pamiętać o utylizacji organicznych odpadów rolniczych, gastronomicznych i przemysłowych



Rysunek 1. Ujęcie cybernetyczne strumienia dóbr w okresie eksploatacji biogazowni rolniczej.
 Źródło: opracowanie własne

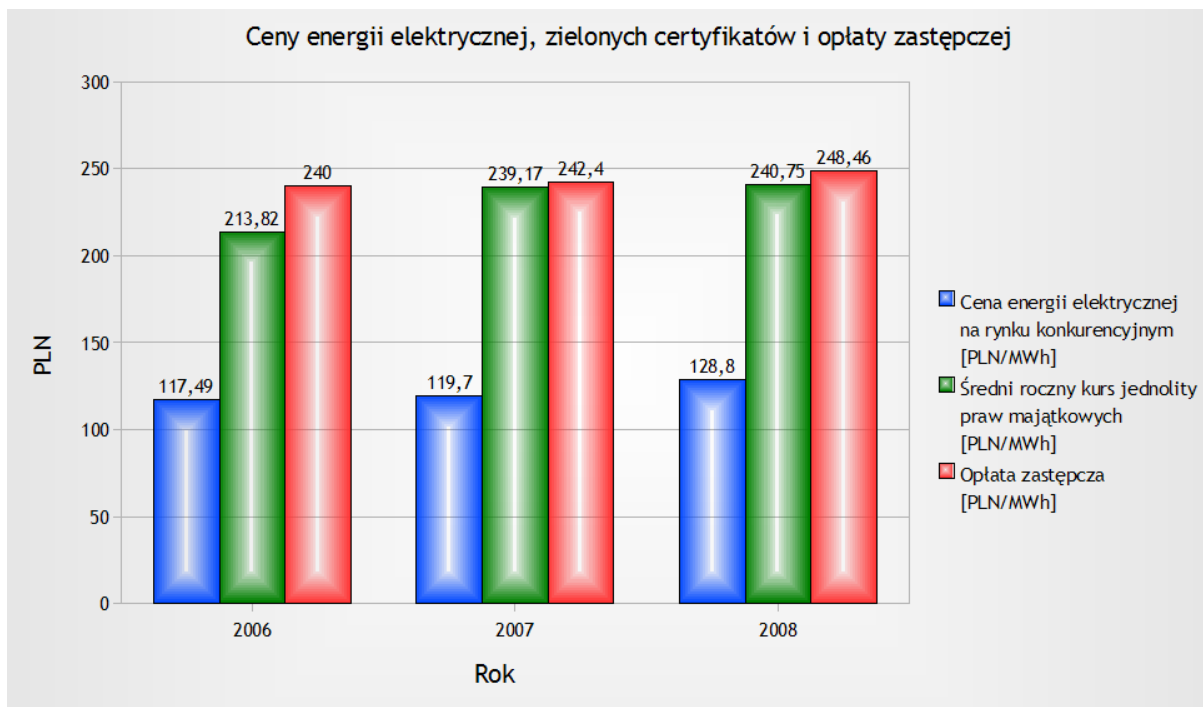
Najistotniejszą kwestią mającą wpływ na efektywność inwestycji są ceny surowca i produktu jako, że formuła, wg której biogazownia transformuje strumień wejścia w strumień wyjścia, pozostaje stała, a koszty eksploatacyjne poza surowcem kształtują się na względnie przewidywalnym poziomie. W strumieniu wejścia wyróżnić należy gnojowicę zwierzęcą, która jest podstawowym⁸ surowcem dla biogazowni rolniczej oraz kiszonkę kukurydzy. Prognozowanie cen biomasy jest sprawą niezwykle trudną w obliczu dokonujących się zmian na rynku globalnym, ale i krajowym. Wpływ na to mają m.in. dotychczas nieunormowane polskie regulacje z zakresu utylizacji gnojowicy, brak strukturyzowanego rynku biomasy na cele energetyczne, czy też nacisk na produkcję biopaliw przez światowych liderów w uprawach roślin energetycznych (U.S.A. i UE). W modelu przyjęto, iż podmiot nie ponosi kosztu zakupu gnojowicy zwierzęcej, z kolei dostawca, oprócz transportu, nie dopłaca za utylizację swoich odpadów - obie strony uzyskują korzyść niepieniężną. Sytuacja taka występuje często w praktyce, ale może ulec zmianie w zależności od obowiązującego ustawodawstwa. Większym problemem jest prognoza cen kiszonki kukurydzy. Obowiązkowy udział biopaliw w bilansie zużycia paliw narzucony przez Komisję Europejską oraz Stany Zjednoczone spowodował gwałtowny wzrost popytu na produkty rolne, a w wyniku zmniejszającej się światowej podaży plonów, nastąpił nagły wzrost ich cen. W Saksonii tona kiszonki kukurydzy w przeciągu dwóch lat wzrosła o ok. 50% w wyniku, czego niemieccy odbiorcy zaczęli nabywać biomasę nawet z terenów Województwa Opolskiego podnosząc drastycznie ceny na terenie południowo-zachodniej Polski. Sytuację komplikuje faktyczny brak rynku surowców na cele energetyczne w tym regionie. W ostatnim czasie ceny kiszonki w środkowo-wschodniej Europie ustabilizowały się na poziomie zapewniającym względne korzyści z funkcjonowania biogazowni rolniczej - gdy ceny kiszonki przekraczały poziom opłacalności, wiele podmiotów niemieckich likwidowało działalność, co zmniejszyło popyt na surowiec. Jednym z kluczowych aspektów decydujących o cenie biomasy jest koszt jej transportu. Opłacalność transportu biomasy jest zagadnieniem odrębnym, należy jednak podkreślić, iż jest to główny czynnik ograniczający moc biogazowni. Bowiem im większa moc biogazowni, tym większe zapotrzebowanie na surowiec, a co za tym idzie zwiększający się koszt transportu biomasy. Natomiast koszt zakupu surowca w Saksonii waha się obecnie w granicach 25 - 35 [€/Mg] kiszonki kukurydzy. Biorąc pod uwagę zdecydowanie większy popyt po stronie niemieckiej i brak biogazowni rolniczych na Dolnym Śląsku, w opracowaniu przyjęto wyjściową cenę tony kiszonki kukurydzy na poziomie [80 PLN/Mg]

W przypadku strumienia wyjścia podmiot uzyskuje przychody z tytułu sprzedaży energii elektrycznej do sieci oraz związanych z nią praw majątkowych do świadectw

⁸ Ważność gnojowicy jako surowca polega nie tylko na możliwości jej utylizacji w biogazowni, ale również na tym, że bez niej, a właściwie bez obecnych w niej różnego rodzaju bakterii i pierwiastków śladowych nie doszłoby do procesów chemicznych, dzięki którym powstaje biogaz.

pochodzenia. W przypadku fizycznej możliwości podmiot może sprzedawać nadwyżki ciepła. Natomiast odpady pofermentacyjne odbierane są przez rolników jako nawóz. Rozliczanie tych odpadów jest analogiczne do rozliczania gnojowicy, rolnik uzyskuje naturalny nawóz, a podmiot pozbywa się pozostałości pofermentacyjnych - obie strony uzyskują korzyść niepieniężną.

Prognozowanie cen energii elektrycznej w Polsce jak i cała przyszłość sektora energetycznego jest jednym z najczęściej poruszanych tematów gospodarczych w kraju. Jednakże w przypadku wytwórcy energii elektrycznej z odnawialnego źródła energii, ceny te są względnie przewidywalne. Wpływ na to ma przede wszystkim system prawny narzucający pewne trendy cenowe.



Rysunek 2. Ceny energii elektrycznej na rynku konkurencyjnym oraz opłaty zastępcze w latach 2006 - 2008 w Polsce.

Źródło: opracowanie własne

Cena energii elektrycznej jaką uzyskuje wytwórca z odnawialnego źródła energii jest równa cenie sprzedaży energii elektrycznej na rynku konkurencyjnym, o której corocznie informuje Prezes Urzędu Regulacji Energetyki działając na podstawie art. 23 ust. 2 pkt 18 ustawy z dnia 10 kwietnia 1997 r. - Prawo energetyczne (Dz. U. z 2003 r. Nr 153, poz. 1504 z późn. zm.). Cena ta wzrosła w 2007 roku o 1,8% w stosunku do 2006r. a w 2008r. wzrosła o 7,6% w stosunku do 2006r.

Natomiast cena opłaty zastępczej ma bezpośredni wpływ na cenę praw majątkowych do świadectw pochodzenia, które można sprzedać. Opłatę zastępczą ponoszą przedsiębiorstwa energetyczne, które nie przedstawiły do umorzenia świadectw pochodzenia odpowiadających wystarczającej ilości energii elektrycznej wynikającej z obowiązku. Zatem przedsiębiorstwo, które nie dysponuje własnym świadectwem pochodzenia może odkupić prawa majątkowe do niego od wytwórcy z odnawialnego źródła energii. Logicznym jest, że przedsiębiorstwo będzie zainteresowane odkupieniem tych praw tylko wtedy, gdy ich cena będzie niższa niż opłata zastępcza - gdyby była wyższa to opłacalnym jest poniesienie kary w postaci opłaty zastępczej. Z kolei wytwórca energii z odnawialnego źródła energii chce sprzedaż prawa majątkowe po jak najwyższej cenie, ale niższej od opłaty zastępczej. Dlatego też cena praw majątkowych do świadectw

pochodzenia jest nieznacznie niższa od opłaty zastępczej w danym roku. Natomiast opłata zastępcza wynika z ustawy Prawo energetyczne i wynosiła 240 [PLN/MWh] w 2006r., 242,40 [PLN/MWh] w 2007r. oraz 248,46 [PLN/MWh] w 2008r. - opłata zastępcza podlega corocznej waloryzacji średniorocznym wskaźnikiem cen towarów i usług. Kurs jednolity praw majątkowych do świadectwa umorzenia odpowiadającego 1 [MWh] energii wyniósł 240,01 [PLN/MWh] w dniu 01 października 2008r., co stanowi 96,6% wartości opłaty zastępczej w 2008 roku.

Innym problemem jest prognozowanie cen energii cieplnej, gdyż w odróżnieniu od energii elektrycznej o cenach decyduje w głównej mierze lokalizacja, lokalny rynek oraz ceny surowców kopalnych. Obecnie indywidualny odbiorca energii cieplnej z sieci miejskiej płaci ok. 40 [PLN/GJ], a koszt energii chemicznej w węglu kamiennym dochodzi obecnie nawet do 28 [PLN/GJ] (700 [PLN/Mg] węgla kamiennego, przy średniej kaloryczności na poziomie 25 [GJ/Mg]). Zatem można stwierdzić, iż konkurencyjną ceną energii ciepłą jest cena niższa niż cena energii chemicznej w surowcu, tj. 25 [PLN/GJ]. Naturalnie zależność ta sprawdza się w warunkach równowagi rynkowej, dlatego też cena energii cieplnej będzie zależeć od lokalnego zapotrzebowania na ciepło i lokalnej podaży ciepła. Dla tego typu analizy poświęcić należy odrębny materiał naukowy, stąd w modelach teoretycznych przyjmuje się pewne uproszczenia. Takim uproszczeniem może być sprzedaż jedynie części wytwarzanego ciepła po ustalonych konkurencyjnych cenach.

Powyżej określono trendy cenowe jakimi charakteryzują się strumienie wejścia i wyjścia. Pozostałe informacje o kosztach również zależą od mocy zainstalowanej w biogazowni - im większa moc tym większe zapotrzebowanie na surowiec i większe koszty działalności, ale jednocześnie większa produkcja energii elektrycznej i cieplnej i co za tym idzie większe przychody ze sprzedaży.

Poniżej, przedstawiono podstawowe koszty działalności operacyjnej będące pochodną mocy zainstalowanej. Koszty eksploatacyjne oprócz kosztów surowca, są kosztami przewidywalnymi, kształtującymi się na stabilnym poziomie, wprost proporcjonalnym do mocy zainstalowanej. Wśród tych kosztów wyróżnić można, takie koszty jak:

- amortyzacja; wartościowo drugi największy po zakupie surowca koszt w rachunku zysków i strat; wynika to po pierwsze z wysokiej wartości majątku trwałego, a także z wysokiej stawki amortyzacyjnej układu CHP i instalacji przygotowujących - prawie 43% wartości środków przyjętych do ewidencji środków trwałych amortyzowanych jest wg stawki 14%;
- zużycie materiałów i energii; wartościowo największy koszt eksploatacyjny, wynikający z kosztów zakupu surowca, a także energii elektrycznej na użytek własny; cena energii elektrycznej na użytek własny jest ceną niższą, aniżeli cena zielonej energii sprzedawanej do sieci, dlatego też opłacalnym jest sprzedaż całości energii do sieci, a następnie zakup energii z sieci na użytek własny;
- usługi obce; wśród usług obcych należy przede wszystkim wyróżnić zmienne i stałe koszty remontów i konserwacji układu CHP, przy czym koszt zmienny zależy od ilości wygenerowanej energii elektrycznej;
- podatki i opłaty; jeśli inwestor posiada grunt poniesie coroczny podatek od nieruchomości, bądź też koszt dzierżawy gruntu;
- wynagrodzenia wraz z narzutami; koszt ten w przypadku biogazowni rolniczej nie jest kosztem istotnym - obecnie instalacje biogazowe są na tyle zaawansowane, iż ich obsługa jest niemalże bezosobowa.

Oprócz kosztów działalności operacyjnej należy przewidzieć koszty finansowe, których wystąpienie związane jest z strukturą finansowania przedsięwzięcia. Obecne programy unijne umożliwiają dofinansowanie projektów polegających na budowie

niektórych rodzajów odnawialnych źródeł energii z funduszy strukturalnych. Możliwe jest również pozyskanie kredytów inwestycyjnych. Dlatego też w przypadku mieszanych struktur finansowania przedsięwzięcia, w której np. inwestor posiada 20-procentowy udział w postaci wkładu własnego, 50% nakładów inwestycyjnych zostanie zrefundowane z dotacji unijnej, a 30% nakładów zostanie pokrytych kredytem komercyjnym, należy liczyć się z kosztami finansowymi. Ponieważ dotacja unijna będzie refundowana, podmiot może podjąć kredyt pomostowy na czas rozliczenia dotacji. W oparciu o taki model finansowania, kosztami finansowymi będą: prowizje od podjętych kredytów (komercyjnego i pomostowego) oraz odsetki od obu kredytów.

W okresie eksploatacji biogazowni rolniczej należy przewidzieć nakłady na odtworzenie majątku. Jest to konieczne ze względu na szybką deprecjację wartości bilansowej jednostki kogeneracyjnej.

Wszystkie wartości winny być dynamicznie ujęte w modelach finansowych, od kosztów surowca i energii elektrycznej po cenę ciepła na rynku lokalnym. W celu swoistej unifikacji prognoz dokonywanych na potrzeby projektów unijnych wykorzystuje się rządowe prognozy wskaźników makroekonomicznych, np. przewidywane koszty surowca i ceny energii rewaloryzowane mogą być o wskaźniki inflacyjne na podstawie Prognozy Makroekonomicznej na lata 2005-2020⁹.

W celu oszacowania efektywności biogazowni należy podać funkcję transformującą strumień wejścia w strumień wyjścia, czyli wektor parametrów, które umożliwią określenie ilości energii elektrycznej i cieplnej uzyskane z energii chemicznej w surowcu.

Tabela 1. Podstawowe parametry techniczne surowców.

Wartość	Jednostka	Opis
35,7	[MJ]	Kaloryczność metanu
55%	%	Udział metanu w biogazie
19,635	[MJ]	Kaloryczność biogazu
200	[m3]	Ilość m3 biogazu z 1 tony kiszonki
47,6	[Mg/ha]	Ilość ton kiszonki uzyskanych z 1 ha areatu
9520	[m3/ha]	Ilość m3 biogazu uzyskanych z 1 ha areatu
2,5	[m3]/szt.	Ilość m3 gnojowicy uzyskanych z odchodów 1 świni rocznie
25	[m3/Mg]	Ilość m3 uzyskanych z tony gnojowicy
38	[m3/szt.]	Ilość m3 biogazu uzyskanych z odchodów 1 świni rocznie

W powyższej tabeli przedstawiono parametry, dzięki którym można oszacować ilość energii chemicznej w biogazie uzyskanej z danej ilości surowca. Ze względu na niską kaloryczność gnojowicy inwestor musi liczyć się z stosowaniem dodatkowej biomasy jaką może być kiszonka kukurydzy - preferowana jest odmiana służąca specjalnie do uzysku biogazu. Przyjmuje się, iż wsad materiałowy jest substratem składającym się w 30% z gnojowicy oraz w 70% z kiszonki kukurydzy.

Układ CHP jest instalacją, która konwertuje energię chemiczną w energię elektryczną z ok. 40% sprawnością. Sprawność konwersji w energię cieplną wynosi ok. 48%. Układ pracuje 8000 godzin rocznie i zużywa ok. 20% wytworzonej energii cieplnej na potrzeby własne.

Najważniejszym aspektem decydującym o efektywności ekonomicznej biogazowni jest cena biomasy i opłacalność transportu biomasy. Innym ważnym aspektem, choć mniej

⁹ „Prognoza makroekonomiczna na lata 2005 - 2020 (DAE, Egip.)” zamieszczona na stronie www.fundusze-strukturalne.gov.pl

rzutującym na efekt ekonomiczny, jest identyfikacja lokalnego zapotrzebowania na ciepło, która przeprowadzana jest dla każdego przypadku indywidualnie.

Podstawowe parametry techniczno-ekonomiczne są punktem wyjścia do bardziej złożonych symulacji, jakie są niezbędnym elementem każdego studium wykonalności budowy i eksploatacji biogazowni rolniczej.

Źródła informacji:

Akty prawne:

[1] - Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. - Prawo energetyczne (Dz. U. z 2003 r. Nr 153, poz. 1504 z późn. zm.);

[2] - Rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy, z dnia 20 grudnia 2004 r. w sprawie szczegółowych warunków przyłączenia podmiotów do sieci elektroenergetycznych, ruchu i eksploatacji tych sieci (Dz. U. z 2005r. Nr 2, poz. 6);

Inne źródła:

„Prognoza makroekonomiczna na lata 2005 - 2020 (DAE, Egip.)” zamieszczona na stronie www.fundusze-strukturalne.gov.pl