

Marian Podstawka

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

## UWARUNKOWANIA PRODUKCJI AGROENERGII

### THE DETERMINANTS OF AGRO-ENERGY PRODUCTION

**Słowa kluczowe:** biogaz rolniczy, metan, energia elektryczna, nawóz postfermentacyjny, bioelektrownia, agroenergia, uwarunkowania prawne, technologiczne, ekonomiczne

*Key words:* agricultural biogas, methane, electricity, post-fermentation fertilizer, Biokraftwerk, agro energy, legal considerations, technological considerations, economic considerations

**Abstrakt.** Celem badań było przedstawienie uwarunkowań prawnych, technologicznych i ekonomicznych dla biogazowni rolniczych, wykorzystujących biogaz pozyskiwany z resztek roślinnych, odchodów zwierzęcych i odpadów przemysłu rolno-spożywczego. Nie ma przeszkód prawnych i organizacyjnych dla rozwoju bioelektrowni rolniczych, natomiast pewnym problemem są koszty związane z budową bioelektrowni. Zgodnie z regulacjami krajowymi w tej sprawie przewiduje się 50-proc. dofinansowanie dla tego rodzaju inwestycji. Warto podkreślić, że koszty budowy małych bioelektrowni mogą zwrócić się po kilku latach. Budowa tego rodzaju obiektów ma wielkie znaczenie dla dywersyfikacji i wzrostu dochodów rolnych i dla zmniejszania zanieczyszczenia środowiska. Istotne znaczenie ma także produkcja nawozów dla rolnictwa w postaci pozostałości pofermentacyjnej biomasy.

### Wstęp

Rozwijające się dynamicznie gospodarki w wielu współczesnych krajach wymagają energii, której źródła, pochodzące z tradycyjnych surowców wyczerpują się. Oprócz tego użycie ich przyczynia się do wzrostu zanieczyszczenia środowiska. W tej sytuacji szczególne znaczenie ma produkcja energii i ciepła z odnawialnych produktów pochodzenia rolniczego. Tym bardziej, że istnieją określone uregulowania prawne dotyczące produkcji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii (OZE). Polska zobowiązała się, że do 2020 r. udział odnawialnych źródeł energii w końcowym zużyciu energii brutto wzrośnie do 15%. Znaczna część (12,8%) zapotrzebowania na energię elektryczną ma pochodzić z biogazu. Największe nadzieje wiąże się z biogazem produkowanym z produktów pochodzenia rolniczego i przetwórstwa rolno-spożywczego. Rządowy projekt programu „Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce” zakłada, że powstanie w każdej gminie przynajmniej jedna biogazownia. Zważywszy, że aktualnie funkcjonuje 10 biogazowni w Polsce oraz, że powstanie ich jeszcze 2468, nakreślony przez rząd plan należy ocenić jako bardzo ambitny.

### Uwarunkowania technologiczne produkcji biogazu rolniczego

Biogaz rolniczy powstaje w wyniku rozkładania materii organicznej przez bakterie w warunkach beztlenowych. Powstający w tych warunkach biogaz charakteryzuje się składem chemicznym przedstawionym w tabeli 1. Najważniejszym jakościowym i ilościowym składnikiem energetycznym biogazu jest metan. Drugim co do ilości jest dwutlenek węgla, który po emisji do atmosfery zostanie ponownie zaabsorbowany przez rośliny. W ten sposób bilans emisji dwutlenku węgla jest zerowy.

Początkiem procesu produkcji agroenergii jest produkcja biogazu rolniczego. W praktyce do tego celu wykorzystuje się różną kombinację substratów. W Austrii, gdzie działa prawie 400 biogazowni rolniczych składnikami tych substratów są [Wiśniewski i in. 2008]:

Tabela 1. Struktura biogazu  
Table 1. The biogas composition

| Rodzaj gazu/Gas type              | Symbol chemiczny/<br>Chemical symbol | Udział/<br>Share [%] |
|-----------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| Metan/Methane                     | CH <sub>4</sub>                      | 52-85                |
| Dwutlenek węgla/Carbon dioxide    | CO <sub>2</sub>                      | 14-48                |
| Siarcezek wodoru/Hydrogen sulfide | H <sub>2</sub> S                     | 0-5                  |
| Wodór/Hydrogen                    | H <sub>2</sub>                       | 0-5                  |
| Tlenek węgla/Carbon monoxide      | CO                                   | 0,21                 |
| Azot/Nitrogen (azote)             | N                                    | 0,6-7,5              |
| Tlen/Oxygen                       | O <sub>2</sub>                       | 0-1                  |

Źródło/Source: Steppa 1998

- kiszonka z kukurydzy – 45%,
- odchody zwierzęce – 31%,
- pozostałe rośliny – 18%,
- odpady organiczne – 6%.

Substraty wykorzystywane w procesie produkcji biogazu odgrywają istotną rolę, ponieważ od jego jakości zależy ekonomiczna opłacalność biogazowni. Przykładowo, z 1 tony odchodów zwierzęcych można pozyskać ok. 40-90 m<sup>3</sup> biogazu, ze zbóż – 170-220 m<sup>3</sup>, a z odpadów z ubojni – 250-480 m<sup>3</sup>. [Uzasadnienie... 2008].

Dotychczasowe wyniki szacowania efektów produkcyjnych metanu z kukurydzy pozwalają na ustalenie, iż z 1 ha tej uprawy można wyprodukować:

$$VM = Pu \times Q \times M$$

gdzie:

$VM$  – liczba m<sup>3</sup> metanu,

$Pu$  – powierzchnia uprawy kukurydzy,

$Q$  – zbiór suchej masy kukurydzy w tonach z 1 ha uprawy,

$M$  – produkcja metanu z 1 tony suchej masy.

W związku z tym z 1 ha uprawy kukurydzy wyprodukować można:

$$VM = 1,00 \times 1,9 \times 650 \text{ m}^3 = 1235 \text{ m}^3 \text{ metanu.}$$

Z uwagi na kaloryczność 1 m<sup>3</sup> metanu wynoszącą 9,17 kWh oraz sprawność silników elektrycznych (38%), według danych EC BREC IEO zastosowanych w „kalkulatorze biogazowym” opracowanym dla Mazowieckiej Agencji Energetycznej, z 1 ha uprawy kukurydzy można wyprodukować energii elektrycznej:

$$IE = OM \times KM \times SS$$

gdzie:

$IE$  – ilość energii elektrycznej,

$VM$  – liczba m<sup>3</sup> metanu,

$KM$  – kaloryczność metanu w kWh,

$SS$  – sprawność silników elektrycznych,

a zatem:

$$IE = 1235 \text{ m}^3 \times 9,17 \text{ kWh} \times 0,38\% = 4303 \text{ kWh} \text{ energii elektrycznej.}$$

## Uwarunkowania prawne produkcji biogazu rolniczego

Ramy prawne dotyczące produkcji biogazu rolniczego dotyczą trzech szczebli: unijnego, krajowego i gminnego. Aktem o charakterze wiążącym kraje członkowskie UE o doniosłym znaczeniu jest Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania energii ze źródeł odnawialnych. Zgodnie z nią przyjęto dla całej UE osiągnięcie 20-proc. udziału energii z odnawialnych źródeł w końcowym zużyciu energii brutto do 2020 r. Dyrektywa ta zobowiązała państwa do stworzenia krajowych planów działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych. Krajowe plany powinny zawierać założenia co do każdego z rodzajów odnawialnych źródeł energii, w tym także z udziałem biogazu. W realizacji przyjętego celu do 2020 r. Polska wywiązała się ze zobowiązań i 13 lipca 2010 r. przyjęła Program Rozwoju Biogazowni Rolniczych w Polsce w latach 2010-2020 [Kierunki rozwoju... 2010]. W dokumencie oszacowano potencjał biogazu w Polsce na ok. 1,7 mld m<sup>3</sup>, co przy zużyciu ok 14 mld m<sup>3</sup> gazu ziemnego rocznie dawałoby ok. 10-proc. pokrycie krajowego zapotrzebowania na gaz. Przedstawiono koszty budowy jednej biogazowni rolniczej na około 10-15 mln zł oraz zapewniono wsparcie na poziomie 50% kwalifikowanych kosztów inwestycji. Środki te pochodzić będą z Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko z działania 9.1. „Wysokosprawne wytwarzanie energii”, działania 10.3. „Rozwój przemysłu dla odnawialnych źródeł energii”, Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz z Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich, działania 121. „Modernizacja gospodarstw rolnych”, działania 123. „Zwiększenie wartości dodanej podstawowej produkcji rolnej i leśnej”, działania 313. „Tworzenie i rozwój mikroprzedsiębiorstw”, działania 321. „Podstawowe usługi dla gospodarki i ludności wiejskiej”.

Odpowiednie regulacje dotyczące energii ze źródeł odnawialnych zawarte są w dokumencie Polityka energetyczna Polski do 2030 r. [Polityka energetyczna... 2009]. Zgodnie z tym dokumentem biogaz rolniczy uznany został za paliwo gazowe oraz wprowadzono jego definicję. Według niej biogaz rolniczy jest efektem procesu fermentacji metanowej surowców rolniczych, produktów ubocznych rolnictwa, płynnych i stałych odchodów zwierzęcych, produktów ubocznych przemysłu rolno-spożywczego i biomasy leśnej.

Na operatorów systemu dystrybucyjnego gazu nałożono obowiązek odbioru biogazu rolniczego o odpowiednich parametrach jakościowych. Sprzedawcy energii elektrycznej zobowiązani zostali do zakupu energii elektrycznej wytworzonej z odnawialnych źródeł. Zakup energii elektrycznej z tych źródeł odbywać się będzie po średniej cenie sprzedaży energii elektrycznej w poprzednim roku kalendarzowym. Prezes Urzędu Regulacji Energetyki (URE) wydaje świadectwa pochodzenia energii elektrycznej wytwarzanej z odnawialnych źródeł (tzw. zielone certyfikaty), których obowiązek umarzania nałożono na przedsiębiorstwa energetyczne. Tym samym stworzono popyt na energię pochodzącą z biogazowni rolniczych. Cena tych certyfikatów kształtowana jest przez rynek. W przypadku niewykupienia odpowiedniej ilości zielonych certyfikatów, podmioty zobowiązane do ich umarzania mogą uiścić opłatę zastępczą. W 2010 r. określono ją w wysokości 267,95 zł/MW. Od 1 stycznia 2011 r. zgodnie z art. 90 prawa energetycznego, obowiązują tzw. brązowe certyfikaty jako świadectwa pochodzenia biogazu rolniczego. Przyznawane są one za wytworzenie, uszlachetnienie, a następnie wprowadzenie tego paliwa do sieci dystrybucji gazu. Ich obrót także reguluje rynek.

Warto wspomnieć o innych regulacjach dotyczących producentów biogazu rolniczego. Umożliwiono wytwórcom biogazu rolniczego zastąpienie koncesji na wytworzenie energii jedynie wpisem do rejestru przedsiębiorstw energetycznych. Zwolniono te przedsiębiorstwa z podatku akcyzowego.

Biogazownie rolnicze są przedsiębiorstwami o zasięgu lokalnym. W zasadzie wszystkie decyzje o ich lokalizacji podejmowane są na szczeblu gminy. Podstawowym aktem prawnym mającym znaczenie dla lokalizacji biogazowni jest miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego. Jest to dokument wiążący dla inwestora. Należy zauważyć, że w wielu gminach, zwłaszcza wiejskich brak jest aktualnych planów zagospodarowania przestrzennego. Wówczas wydawane są w odniesieniu do konkretnej nieruchomości decyzje o warunkach zabudowy. Winny być one zgodne z gminnym planem zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe. Zgodnie z prawem energetycznym na każdą gminę nałożono obowiązek przygotowania takiego planu. Inwestycji biogazowej towarzyszy oprócz zgodności z tymi planami uzyskanie decyzji administracyjnych, takich jak: pozwolenie na budowę, wpis do rejestru przedsiębiorstw energetycznych zajmujących się wytwarzaniem biogazu rolniczego prowadzonego przez Agencję Rynku Rolnego.

## Uwarunkowania ekonomiczne produkcji agroenergii

W tabeli 2 podano wartość nakładów inwestycyjnych na budowę biogazowni rolniczych istniejących w Polsce. Do dalszej analizy przyjęto biogazownię wybudowaną w Kujankach, której koszt budowy wyniósł 4 mln zł. Przyjmując, że inwestor otrzyma 50% dofinansowanie kosztów kwalifikacyjnych, rzeczywisty koszt budowy takiej biogazowni wynosił będzie 2 mln zł. Do symulacyjnej analizy przyjęto biogazownię zlokalizowaną na terenie gospodarstwa rolnego mającego 100 szt. bydła i powierzchnię 200 ha użytków rolnych, z tego 100 ha będzie wykorzystywane do produkcji biogazu. Nakłady inwestycyjne związane z budową biogazowni związane będą z komorą fermentacyjną, z systemem odprowadzania biogazu, z układem kogeneracyjnym do produkcji energii elektrycznej i ciepła. Natomiast zbiorniki magazynujące gnojowicę, kiszonkę i obornik nie wymagają nakładów, ponieważ założono, że już istnieją w gospodarstwie. Dla produkcji metanu przyjęto, iż będzie on otrzymywany z kiszonki z kukurydzy i z gnojowicy. Produkcję metanu i energii elektrycznej przedstawiono w tabeli 3. Z otrzymanej ilości metanu można będzie wyprodukować:

$$IE = VM \times Hv \times ne \times t$$

gdzie:

*IE* – energia elektryczna,

*VM* – metan w  $m^3$ ,

*Hv* – kaloryczność metanu,

*ne* – sprawność elektryczna,

*t* – dostępność silnika,

a więc:

$$IE = 471500 (m^3) \times 9,17 (kWh/m^3) \times 0,38 \times 0,91 = 1495 (MWh) \text{ energii elektrycznej}$$

Sprzedając tę energię uzyskujemy kwotę:

$$1495 (MWh) \times 330,07 (zł/MWh) = 493 454 \text{ zł}$$

Dodatkowe przychody osiągnie inwestor ze sprzedaży zielonych i brązowych certyfikatów. Z tytułu sprzedaży zielonych certyfikatów inwestor może uzyskać kwotę:  $1495 (MWh) \times 286,00 (zł/MWh) = 427 570 \text{ zł}$  oraz ze sprzedaży brązowych certyfikatów kwotę  $1495 (MWh) \times 123,74 (zł/MWh) = 184 991 \text{ zł}$ . Łącznie przychody wynoszą 1 106 015 zł (tab. 4).

**Tabela 2. Nakłady inwestycyjne na wybudowanie istniejących biogazowni rolniczych**  
**Table 2. Conostruction expenditures on the existing agricultural biogas plants**

| Wyszczególnienie/<br>Plant charcateristic  | Miejsce funkcjonowania biogazowi/Biogas plant operation site |             |         |         |          |        |           |
|--|--|-------------|---------|---------|----------|--------|-----------|
|  | Pawłów   | Płaszczycza | Kujanki | Koczala | Liszkowo | Naclaw | Umichówek |
| Rok budowy/<br>Year of construction  | 2005   | 2008        | 2008    | 2009    | 2009     | 2010   | 2010      |
| <b>Wsad/Load [t]</b>   |  |             |         |         |          |        |           |
| – gnojowica/slurry   | 19 000   | 18 500      | 12 000  | 55 000  |          |        |           |
| – kiszonka kukurydzy/<br>corn silage   | 7300   | 3700        |         | 25 000  |          |        |           |
| – odpady/waste   | 3000   | 1500        |         |         | 21 600   |        |           |
| – wywar z destylacji/<br>distillery by-products  |  |             |         |         | 99 000   |        |           |
| Produkcja biogazu [mln <sup>3</sup> /rok]/<br>Biogas production [mln <sup>3</sup> /year] | 3,4  | 2,3         |         | 7,8     |          |        |           |
| Moc silnika/Engine power [kWe]   | 940  | 625         | 330     | 2126    | 2100     | 625    | 1063      |
| Produkcja energii/<br>Energy production [MWh]  | 8000   | 5300        | 2600    | 18 000  | 18 000   | 5300   | 9000      |
| Produkcja ciepła/<br>Heat production [MWh]   | 8300   | 5900        | 2800    | 19 500  | 20 400   | 5900   | 9400      |
| Nakłady inwestycyjne [mln zł]/<br>Capital expenditures [mln PLN]                         | 8,0  | 7,5         | 4,0     | 16,5    | 28,0     | 8,0    | 12,5      |

Źródło/Source: Derski 2010

**Tabela 3. Produkcja metanu i energii elektrycznej w analizowanym gospodarstwie**  
**Table 3. Methane and electricity production in the analyzed farm**

| Rodzaj substratu i energii/Substrate and energy types | Produkcja biogazu [t/rok]/Quantity [tonnes per year] | Ilość biogazu/Biogas volume [m <sup>3</sup> ] | Wydajność metanu/Methane yield        | Uzysk metanu/Methane production [m <sup>3</sup> ] |
|---|--|---|---------------------------------------|---|
| Gnojowica/Slurry                                      | 1800   | 73 000  | 65%                                   | 47 450  |
| Kiszonka/Silage                                       | 4500   | 900 000                                       | 317,56 m <sup>3</sup> /t. s.m./t d.m. | 524 050   |
| Razem/Total   | 6300   | 973 000                                       | x                                     | 471 500   |

Źródło: opracowanie własne  
 Source: own study

Od uzyskanej kwoty z tytułu sprzedaży energii należy odjąć koszty zakupu kiszonki. Wynoszą one: 4500 t x 80 zł/t = 360 000 zł, co daje kwotę 746 015 zł przychodu netto.

$$T_z = \frac{N}{P}$$

gdzie:

$T_z$  – czas zwrotu,

$N$  – nakłady inwestycyjne,

$P$  – przychód roczny.

$$T_z = \frac{2\,000\,000}{746\,015} = 2,7$$

Biorąc pod uwagę koszt budowy biogazowni wynoszących 2 mln zł, okres zwrotu z inwestycji wynosić będzie niespełna 3 lata.

**Tabela 4. Przychody z biogazowni rolniczej**  
**Table 4. The revenues from agricultural biogas plant**

| Rodzaj przychodu/Revenue type   | Kwota [zł]/Amount [PLN] |
|---|-------------------------|
| Z tytułu sprzedaży energii elektrycznej/<br>Electricity sales         | 493 454                 |
| Z tytułu sprzedaży zielonych certyfikatów/<br>Green certificate sales | 427 570                 |
| Z tytułu sprzedaży brązowych certyfikatów/Bronze certificate sales    | 184 991                 |
| Razem/Total   | 1 106 015               |

Źródło: opracowanie własne  
 Source: own study

## Podsumowanie

W związku z Dyrektywą Unii Europejskiej Nr 2009/28/WE z 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych oraz rządowym „Programem rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce w latach 2010-2020 otwierają się szanse produkcji rolniczej energii elektrycznej i ciepłej. Przedstawiono uwarunkowania technologiczne, prawne i ekonomiczne produkcji agroenergii. W zasadzie nie ma przeszkód prawnych i organizacyjnych dla rozwoju bioelektrowni rolniczych. Pewnym problemem są koszty związane z budową bioelektrowni. Jednak zgodnie z regulacjami krajowymi w tej sprawie przewiduje się 50-proc. dofinansowanie dla tego rodzaju inwestycji. Warto podkreślić, że koszty budowy małych bioelektrowni mogą zwrócić się po kilku latach. Budowa tego rodzaju obiektów ma wielkie znaczenie dla dywersyfikacji i wzrostu dochodów rolniczych i dla zmniejszania zanieczyszczenia środowiska. Istotne znaczenie ma także produkcja nawozów dla rolnictwa w postaci pozostałości pofermentacyjnej biomasy.

## Literatura

- Dane EC BREC IEO zastosowane w „kalkulatorze biogazowym” opracowanym dla Mazowieckiej Agencji Energetycznej.
- Derski B.** 2010: Biogazownie rolnicze na Dolnym Śląsku. Praca dyplomowa Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Wrocław.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych. Dz.Urz. UE L 140, t. 52 z dnia 05.06.2009 r.
- Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce w latach 2010-2020. 2010: Ministerstwo Gospodarki, Warszawa.
- Polityka energetyczna Polski do 2030 r. Załącznik nr 2. 2009: Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię do 2030 r. Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, 12.
- Stepa M.** 1998: Biogazownie rolnicze, Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, Warszawa.
- Uzasadnienie do sprawozdania w sprawie zrównoważonego rolnictwa i biogazu z 7 lutego 2008 r. Dz.U. UE Z C66 z 2008.03.12.
- Wiśniewski G., A. Oniszk-Popławska A., Sulina P.** 2008: Kierunki rozwoju technologii biogazu rolniczego w UE i Polsce. EC.BREC-IEO, Poznań.

## Summary

*The paper presents technological, legal and economic conditions of agro energy production. In principle, there is no legal and organizational obstacles to the development of agricultural bio-energy plants.*

*The problem is the bio-energy plant construction cost. In accordance with the relevant national regulations a 50% funding for this type of investment is provided. It is worth noting that the small bio-energy plant construction costs can be recovered a few years. The construction of such facilities is vital to diversify and increase farm income and to reduce the environmental pollution. For agriculture, it is also important that the residue of digested biomass can be used as fertilizer.*

### Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Marian Podstawka  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
Wydział Nauk Ekonomicznych  
Katedra Polityki Europejskiej, Finansów Publicznych i Marketingu  
ul. Nowoursynowska 166  
02-787 Warszawa  
tel. (22) 593 40 77  
e-mail: marian\_podstawka@sggw.pl