

## OCENA PRZYDATNOŚCI KALKULATORÓW BIOGAZOWNI PRZY PLANOWANIU BUDOWY BIOGAZOWNI ROLNICZEJ

*Kazimierz Sławiński, Robert Bujaczek*  
*Katedra Agrotechnologii, Politechnika Koszalińska*

*Tomasz Piskier*  
*Katedra Biologicznych Podstaw Produkcji Rolniczej, Politechnika Koszalińska*

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono ocenę przydatności dostępnych on-line kalkulatorów biogazowni przy planowaniu budowy biogazowni rolniczej. Określono liczbę zdefiniowanych substratów oraz elementy kalkulacji dostępne w kalkulatorach biogazowni. Obliczono uzysk metanu i moc elektryczną projektowanych biogazowni przy założonym dziennym wsadzie 50 ton obornika bydlęcego i 50 ton gnojowicy świńskiej. Wykazano, że kalkulatory biogazowni na ogół nie dysponują opcją doradczą przy doborze substratów i kosustratów. W większości kalkulatorów biogazowni pomijane są koszty pracy obsługi, składowania i wywózki substratów i masy pofermentacyjnej. W kalkulatorach biogazowni na ogół nie ma podanych metod obliczeń, a różnice w uzyskanych wynikach przekraczają 60%. Kalkulatory biogazowni należy traktować wyłącznie jako narzędzie doradcze nie decyzyjne.

**Słowa kluczowe:** biogazownia rolnicza, kalkulator biogazowni, uzysk metanu, elementy kalkulacji

### Wstęp

Biogaz pochodzenia rolniczego uznawany za odnawialne źródło energii, cieszy się coraz większym zainteresowaniem w krajach Unii Europejskiej. Biogazownie rolnicze pozwalają bowiem rozwiązać problemy związane z zagospodarowaniem odpadów organicznych, umożliwiając przy tym pozyskanie energii w układach kogeneracyjnych [Dach i in. 2009; Fugol i Szlachta 2010; Szlachta i Fugol 2009]. Podjęcie decyzji o budowie biogazowni rolniczej powinno być poprzedzone szczegółowymi analizami w zakresie m.in. ilości i jakości dostępnych substratów, analizami w zakresie pozyskania z nich metanu oraz efektywnością ekonomiczną całego przedsięwzięcia [Józwiak 2011; Kosewska i Kamiński 2008; Onisz-Popławska i in. 2003; Pilarski i in. 2011]. W przypadku dużych inwestycji istotnym elementem fazy koncepcyjnej jest opracowanie studium wykonalności. Dla małych biogazowni okazuje się to zazwyczaj zbyt kosztowne i najczęściej podejmują one

decyzje dotyczące opłacalności planowanego przedsięwzięcia w oparciu o dostępne kalkulatory on-line [Myczko 2011].

Celem opracowania jest ocena przydatności dostępnych on-line, niekomercyjnych kalkulatorów biogazowni rolniczych, jako narzędzi wspomagających podjęcie decyzji inwestycyjnych o budowie instalacji do pozyskania biogazu.

## Wyniki

Kalkulatory biogazowni, w założeniach ich twórców, mają stanowić pomocne narzędzie do podjęcia decyzji o rozpoczęciu procesu inwestycyjnego w biogazownię rolniczą. Potencjalny inwestor, na wstępnym etapie decyzyjnym, może posłużyć się dostępnymi on-line kalkulatorami biogazowni. Ma w tym zakresie do wyboru bezpłatne programy znajdujące się na następujących stronach:

1. [www.ioze.pl/kalkulatory/biogazowy](http://www.ioze.pl/kalkulatory/biogazowy) [Kalkulator biogazowy 2012a]
2. [www.biogazienergia.pl/kalkulator-efektywnosci](http://www.biogazienergia.pl/kalkulator-efektywnosci) [Kalkulator efektywności energetycznej biogazowni 2011]
3. [www.mae.com.pl/kalkulator-biogazowy.html](http://www.mae.com.pl/kalkulator-biogazowy.html) [Kalkulator biogazowy 2012b]
4. [www.biogaz.com.pl/index.php/kalkulator-biogazowy](http://www.biogaz.com.pl/index.php/kalkulator-biogazowy) [Kalkulator biogazowy 2012c]
5. [www.ekolab.up.poznan.pl/biogaz.html](http://www.ekolab.up.poznan.pl/biogaz.html) [Biogaz 2012]
6. <http://www.bioenergyfarm.eu/pl/platforma/narzedzia/biogazownie-rolnicze/kalkulator-biogazowni-rolniczych> [Biogazownie rolnicze 2012].

Analiza przedsięwzięcia inwestycyjnego, przeprowadzana w oparciu o kalkulatory biogazowni, powinna składać się z czterech etapów. W pierwszym z nich należy określić i dobrać substraty. Drugi powinien zawierać parametry funkcjonowania biogazowni, efekty procesu fermentacji oraz wielkość produkcji energii elektrycznej i ciepła. Trzeci etap ma umożliwić wprowadzenie jednostkowych cen kosztów oraz przychodów, zdefiniowanie parametrów sieci ciepłowniczej oraz wprowadzenie wartości dofinansowania zewnętrznego, zmniejszającego koszty całkowite budowy instalacji. Krok czwarty powinien być przejrzystą prezentacją wyników symulacji finansowej.

Każdy potencjalny inwestor, na wstępnym etapie decyzyjnym, powinien określić rodzaj i ilość biomasy, którą dysponuje oraz ustalić jej potencjał energetyczny [Myczko 2011]. Komponowanie mieszaniny fermentacyjnej wymaga szczegółowej wiedzy o każdym substracie i interakcjach zachodzących pomiędzy nimi. Opiera się na kalkulacjach parametrów ważnych dla prawidłowego obciążenia ładunkiem materii organicznej, jak również bilansowaniu chemicznych parametrów procesu, które mogą zmieniać się w każdej kolejnej porcji dokarmiającej fermentator [Myczko 2011].

Wymienione powyżej kalkulatory, zdecydowanie różnią się pomiędzy sobą liczbą zdefiniowanych substratów (tabela 1). Najskromniejszą bazą danych, (jedynie 10 substratów o określonym potencjale energetycznym), dysponuje program udostępniony przez BIOGAZZENERIS [Kalkulator biogazowy 2012c]. Nie dysponuje on również opcją umożliwiającą dodawanie własnego substratu. Największa baza substratów (131), została udostępniona w kalkulatorze opracowanym przez BIOGAZIENERGIA [Kalkulator efektywności energetycznej biogazowni 2011].

Ocena przydatności kalkulatorów...

Tabela 1. Liczba zdefiniowanych substratów oraz elementy kalkulacji dostępne w kalkulatorach biogazowni  
 Table 1. The number of defined substrates and calculation components available in biogas calculators

Wyszczególnienie	Kalkulator biogazowni					
	1	2	3	4	5	6
Liczba substratów	31	131	104	10	22	23
Możliwość dodania własnego substratu	-	-	+	-	+	-
Mieszanie substratów	+	+	+	+	+	+
Doradztwo w doborze substratów	+	-	-	-	-	-
Informacje o konieczności rozcieńczenia substratów	+	-	+	+	-	-
Moc układu kogeneracyjnego	+	+	+	+	+	+
Roczna produkcja energii elektrycznej	+	+	+	+	+	+
Roczna produkcja energii cieplnej	+	+	+	+	+	+
Nadwyżka energii elektrycznej na sprzedaż	+	-	+	-	-	+
Nadwyżka energii cieplnej na sprzedaż	+	-	+	-	-	+
Efekty procesu fermentacji	+	+	+	+	+	+
Efekty środowiskowe	+	+	-	-	-	-
Przychody ze sprzedaży energii elektrycznej	+	+	+	-	+	+
Przychody ze sprzedaży certyfikatu pochodzenia	+	+	+	-	+	+
Przychody ze sprzedaży energii cieplnej	+	+	+	-	-	+
Przychody z utylizacji odpadów poubojowych	+	-	-	-	-	-
Roczne przychody z działania biogazowni	+	+	+	-	+	+
Roczne przychody ze sprzedaży masy pofermentacyjnej jako nawozu	-	-	+	-	+	-
Roczne koszty eksploatacji biogazowni	+	-	+	-	+	+
Koszty inwestycyjne sieci ciepłowniczej	+	-	-	-	-	+
Koszty przechowywania kosustratów	-	-	-	-	-	+
Powierzchnia pod biogazownię (m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	+
Koszty wywozu masy pofermentacyjnej	-	-	-	-	-	+
Koszty personelu obsługi	-	-	-	-	-	+
Możliwość zdefiniowania okresu amortyzacji	-	-	-	-	+	-
Możliwość zdefiniowania kosztu substratu	+	-	-	-	+	+
Możliwość zdefiniowania kosztów budowy biogazowni	-	-	-	-	+	-
Możliwość ujęcia dotacji w kosztach budowy biogazowni	-	-	+	-	+	+
Czas zwrotu kosztów	+	-	+	-	+	+

1. [www.ioze.pl/kalkulatory/biogazowy](http://www.ioze.pl/kalkulatory/biogazowy) [Kalkulator biogazowy 2012a]

2. [www.biogazenergia.pl/kalkulator-efektywnosci](http://www.biogazenergia.pl/kalkulator-efektywnosci) [Kalkulator efektywności energetycznej biogazowni 2011]

3. [www.mae.com.pl/kalkulator-biogazowy.html](http://www.mae.com.pl/kalkulator-biogazowy.html) [Kalkulator biogazowy 2012b]

4. [www.biogaz.com.pl/index.php/kalkulator-biogazowy](http://www.biogaz.com.pl/index.php/kalkulator-biogazowy) [Kalkulator biogazowy 2012c]

5. [www.ekolab.up.poznan.pl/biogaz.html](http://www.ekolab.up.poznan.pl/biogaz.html) [Biogaz 2012]

6. <http://www.bioenergyfarm.eu/pl/platforma/narzedzia/biogazownie-rolnicze/kalkulator-biogazowni-rolniczych> [Biogazownie rolnicze 2012].

Źródło: opracowanie własne

Kalkulator ten jest jednak nastawiony wyłącznie na określenie efektywności energetycznej biogazowni, ujmując w sposób szczątkowy zagadnienia związane z ekonomiką inwestycji. Z tego względu jest narzędziem mało przydatnym do podjęcia decyzji o opłacalności budowy i funkcjonowaniu biogazowni rolniczej. Rozbudowaną bazą substratów (104) dysponuje program zamieszczony na stronach Mazowieckiej Agencji Energetycznej [Kalkulator biogazowy 2012b]. Jego niewątpliwą zaletą jest również możliwość dodawania własnych substratów o określonych przez użytkownika parametrach. Taka opcja jest również dostępna w programie opracowanym przez Laboratorium Eko-technologii [Biogaz 2012].

Kalkulator ten dysponuje jednak bazą jedynie 22 substratów. Właściwy dobór substratów oraz ich proporcji jest najważniejszym elementem na etapie planowania biogazowni. Łatwo jest tu popełnić błąd, dobierając biomasę o niewłaściwym stosunku C/N, co na etapie funkcjonowania instalacji do jej zgazowania będzie skutkowało małą jej efektywnością biochemiczną a w konsekwencji energetyczną i ekonomiczną. Jeśli ta relacja jest za wysoka (dużo C i mało N), nie może dojść do całkowitej przemiany węgla, co ogranicza produkcję metanu. Przy nadmiarze azotu, może dojść do powstania amoniaku ( $\text{NH}_3$ ), ograniczającego rozwój bakterii. Niewątpliwie najlepszym z omawianych kalkulatorów, w zakresie doradztwa przy doborze mieszanki biomasy do zgazowania, jest kalkulator zamieszczony na portalu IOZE [Kalkulator biogazowy 2012a]. Pomimo bazy danych zawierającej jedynie 31 substratów, umożliwia on optymalny dobór mieszanki substratów, informując przy tym o jej uwodnieniu oraz o stosunku C/N. Sygnalizuje on również ewentualną konieczność higienizacji substratów.

Wszystkie z analizowanych kalkulatorów biogazowni prezentują efekty procesów biochemicznych, będących następstwem biofermentacji dobranych wcześniej rodzajów i ilości substratów. Dla potencjalnego inwestora szczególne znaczenie ma jednak efektywność ekonomiczna przedsięwzięcia.

Najbardziej rozbudowanymi możliwościami kalkulowania aspektów ekonomicznych projektowanej biogazowni dysponuje Anaerobic Digestion Profit Calculator. Jest on udostępniony, po zalogowaniu się, w wersji spolszczonej przez BioEnergyFarm [Biogazownie rolnicze 2012]. Program ten jako jedyny z omawianych aplikacji umożliwia uwzględnienie w kalkulacji kosztów przechowywania kosubstratów, powierzchni zajętej pod biogazownię, wywozu masy pofermentacyjnej oraz kosztów personelu obsługującego. Niewątpliwą zaletą tego kalkulatora jest również możliwość skalkulowania kosztów inwestycyjnych sieci ciepłowniczej (taka opcja jest również w kalkulatorze 1).

Przy poprawnym skalkulowaniu efektywności finansowej biogazowni należy również uwzględnić dotacje do kosztów budowy gdyż mają one wymierny wpływ na czas zwrotu inwestycji. Taką możliwość dają kalkulatory opracowane przez MAE [Kalkulator biogazowy 2012b], EKOLAB [Biogaz 2012] i Anaerobic Digestion Profit Calculator [Biogazownie rolnicze 2012].

Aby określić porównywalność wyników prezentowanych przez analizowane kalkulatory, do każdego z nich wprowadzono takie same dane wejściowe (dzienny wsad w ilości 50 ton obornika bydlęcego i 50 ton gnojowicy świńskiej). Uzyskane wyniki odniesiono do średnich wartości obliczeń przeprowadzonych w oparciu o metodę tabelaryczną [Myczek, Kołodziejczyk 2011]. Jak wskazują dane zamieszczone w tabeli 2, według metody tabelarycznej z przyjętych do obliczeń substratów można uzyskać blisko 817 000 m<sup>3</sup> metanu rocznie a moc zainstalowanego agregatu powinna wynosić 371 kW. W oparciu o takie

same dane wejściowe, według analizowanych kalkulatorów można uzyskać od 683 280 m<sup>3</sup> (kalkulator ekolab) do 1 123 612 m<sup>3</sup> metanu rocznie (bioenergyfarm).

Tabela 2. Uzysk metanu i moc elektryczna projektowanych biogazowni przy założonym dziennym wsadzie 50 ton obornika bydłęcego i 50 ton gnojowicy świńskiej

Table 2. The methane yield and electrical power of the projected biogas plants at a given charge of 50 tons of cattle manure and 50 tons of pig manure

Kalkulator biogazowni	Uzysk metanu [m <sup>3</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	Moc elektryczna [kW]
1	844918	397
2	1 097000	465
3	1 097701	440
4	813950	350
5	683280	317 <sup>1</sup>
6	1 123612	645 <sup>1</sup>
Myczko, Kołodziejczyk (2011)	816 687	371

<sup>1</sup>In calculators no. 5 and 6 electric and thermal power were not presented separately

*Źródło: opracowanie własne*

Tak duża (przeszło 60%) różnica w efektywności biochemicznej może wynikać z przyjętego przez twórców kalkulatorów różnego okresu przebywania substratów w komorze fermentacyjnej (ten okres można określić jedynie w kalkulatorze opracowanym przez EKOLAB) oraz odmiennego definiowania potencjału energetycznego substratów. Dysproporcje mogą wynikać również z przyjętych w założeniach różnych wartości sprawności instalacji. Następstwem tego są duże różnice, w sugerowanym przez programy doborze mocy układu agregatu.

## Wnioski

1. Przedstawione kalkulatory biogazowni nie dysponują opcją doradczą przy doborze substratów i kosubstratów. Wyjątkiem jest kalkulator IOZE.
2. W większości kalkulatorów biogazowni pomijane są koszty pracy obsługi, składowania i wywózki substratów i masy pofermentacyjnej,
3. Kalkulatory opracowane przez BIOGAZIENERGIA oraz Mazowiecką Agencję Energetyczną posiadają najbardziej rozbudowane bazy substratów, dysponują jednak ograniczonym modułem ekonomicznym.
4. Najbardziej rozbudowany moduł ekonomiczny znajduje się w kalkulatorze BioEnergy-Farm, dysponuje on jednak ubogą bazą substratów a prezentowane efekty procesów biochemicznych i prognozowana moc energetyczna różni się od wyników obliczeń uzyskanych metodą tabelaryczną,
5. W kalkulatorach biogazowni na ogół nie ma podanych metod obliczeń a różnice w uzyskanych wynikach przekraczają 60%,
6. Kalkulatory biogazowni należy traktować wyłącznie jako narzędzie doradcze nie decyzyjne.

## Bibliografia

- Dach J., Zbytek Z., Pilarski K., Adamski M.** (2009): Badania efektywności wykorzystania odpadów z produkcji biopaliw jako substratu w biogazowni. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna*, 6, 7-8.
- Fugol M., Szlachta J.** (2010): Zasadność używania kiszonki z kukurydzy i gnojowicy świńskiej do produkcji biogazu. *Inżynieria Rolnicza*, 1(119), 169-174.
- Jóźwiak M.** (red.). (2011): *Ekonomika biogazowni, nakłady inwestycyjne, koszty, strumienie dochodów. Biogazownie rolnicze – mity i fakty.* FDPA. Warszawa, 67-77.
- Kosewska K., Kamiński J.R.** (2008): Analiza ekonomiczna budowy i eksploatacji biogazowni rolniczych w Polsce. *Inżynieria Rolnicza*, 1(99), 189-194.
- Myczek A.** (2011): Dobór substratów do biogazowni. *Biogazownie rolnicze – mity i fakty.* FDPA, Warszawa, 37-44.
- Myczek A.** (red.). (2011): *Budowa i eksploatacja biogazowni rolniczych. Poradnik dla inwestorów zainteresowanych budową biogazowni rolniczych.* Instytut Technologiczno-Przyrodniczy. Warszawa–Poznań, ISBN 978-83-62416-23-3.
- Myczek A. i Kołodziejczyk T.** Metody szacowania wydajności substratów i mieszanin fermentacyjnych. W: *Poradnik dla inwestorów zainteresowanych budową biogazowni rolniczych.* ITP. Warszawa, 24-32.
- Oniszk-Popławska A., Zownik M., Wiśniewski G.** (2003): *Produkcja i Wykorzystanie Biogazu Rolniczego.* EC BREC/IBMER, Gdańsk-Warszawa, ISBN 83-86264-91-8.
- Pilarski K., Dach J., Janczak D., Zbytek Z.** (2011): Wpływ odległości transportowej na wydajność pracy agregatów i koszty zagospodarowania pofermentu z biogazowni rolniczej 1 MWel. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, Vol. 56, 1, 109-113.
- Szlachta J., Fugol M.** (2009): Analiza możliwości produkcji biogazu na bazie gnojowicy oraz kiszonki z kukurydzy. *Inżynieria Rolnicza*, 5(114). 275-208.
- Kalkulator biogazowy (on-line), (2012a): IOZE, Energetyka biogazowa, [dostęp 22-05-2012], Dostępny w Internecie: <http://ioze.pl/kalkulatory/biogazowy>
- Kalkulator efektywności energetycznej biogazowni (on-line), (2011): Biogazenergia, [dostęp 22-05-2012], Dostępny w Internecie: <http://www.biogazenergia.pl/kalkulator-efektywnosci>
- Kalkulator biogazowy (on-line), (2012b): Mazowiecka Agencja Energetyczna Sp. z o. o., Warszawa, [dostęp 22-05-2012], Dostępny w Internecie: <http://www.mae.com.pl/kalkulator-biogazowy.html>
- Kalkulator biogazowy (on-line), (2012c): Biogaz Zeneris, Sp. z o. o., Warszawa, [dostęp 22-05-2012], Dostępny w Internecie: <http://www.biogaz.com.pl/index.php/kalkulator-biogazowy>
- Biogaz (on-line), (2010): Laboratorium Eko-technologie, Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań, [dostęp 22-05-2012], Dostępny w Internecie: <http://www.biogaz.com.pl/index.php/kalkulator-biogazowy>
- Biogazownie rolnicze (on-line), (2012): BioEnergy Farm, Cornelissen Consulting Services B.V. Deventer, [dostęp 22-05-2012], Dostępny w Internecie: <http://www.bioenergyfarm.eu/pl/platforma/narzedzia/biogazownie-rolnicze/kalkulator-biogazowni-rolniczych>

## **ASSESSMENT OF THE USEFULNESS OF BIOGAS CALCULATORS WHEN PLANNING THE CONSTRUCTION OF AGRICULTURAL BIOGAS PLANTS**

**Abstract.** The paper presents an assessment of the usefulness of on-line biogas calculators when planning the construction of agricultural biogas plants. The number of defined substrates and calculation components available in biogas calculators were determined. The methane yield and electrical power of the designed biogas plants were calculated at a given charge of 50 tons of cattle manure and 50 tons of pig manure. It was proved that biogas calculators generally do not have the advisory option in the selection of substrates and co-substrates. Most biogas calculators disregard the labor costs and costs of storage and disposal of substrates and the mass remained after fermentation. The biogas calculators usually do not present the methods of calculation, and the differences in the obtained results exceed 60%. The biogas calculators should be treated only as an advisory not decisive tool.

**Key words:** Biogas plants, biogas calculators, methane yield, elements of calculation

**Adres do korespondencji:**

Kazimierz Sławiński; e-mail: [agromarketing@poczta.onet.pl](mailto:agromarketing@poczta.onet.pl)  
Katedra Agrotechnologii  
Politechnika Koszalińska  
ul. Raławicka 15-17  
75-620 Koszalin