

## ZASADNOŚĆ UŻYWANIA KISZONKI Z KUKURYDZY I GNOJOWICY ŚWIŃSKIEJ DO PRODUKCJI BIOGAZU

Małgorzata Fugol, Józef Szlachta

*Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

*Zakład Chemii i Technologii Paliw, Politechnika Wroclawska*

**Streszczenie.** W pracy dokonano analizy zasadności używania kiszonki z kukurydzy jako substratu do produkcji biogazu na tle innych, dostępnych substratów pochodzenia rolniczego. Zawarto także symulację produkcji biogazu w oparciu o kiszonkę z kukurydzy.

**Słowa kluczowe:** kukurydza, kiszonka, biogaz

### Wstęp

Produkcja biogazu na bazie gnojowicy jest mało efektywna, gdyż surowiec ten jest ubogi w związki, które podczas fermentacji przechodzą w biogaz (gnojowica zawiera zaledwie ok. 8% s. m.), dlatego też biogazownie rolnicze wykorzystują prócz odchodów zwierzęcych rośliny o wysokim potencjale produkcyjnym biomasy. W zasadzie każdy rodzaj biomasy roślinnej, pomijając rośliny zdrewniałe, może być wykorzystany w procesie produkcji biogazu. To, co decyduje o wyborze konkretnego gatunku, to względy ekonomiczne i ekologiczne jego uprawy.

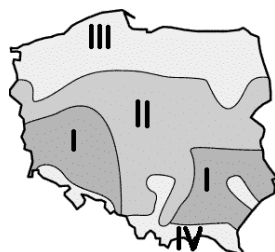
W ostatnim okresie w dynamicznie powstających biogazowniach rolniczych kiszonka z kukurydzy stała się podstawowym substratem do pozyskiwania biogazu w instalacjach bazujących na gnojowicy i substracie stałym.

### Charakterystyka kukurydzy jako substratu do produkcji biogazu

Od strony uprawowej kukurydzę charakteryzuje wysoki potencjał plonowania (fotosynteza typu C4). Realne możliwości plonowania kukurydzy sięgają 15 ton ziarna lub 25 ton suchej masy całych roślin z 1 hektara. Zaważyła na tym także znajomość technologii jej uprawy, powszechna dostępność maszyn i urządzeń do jej produkcji. W porównaniu z innymi roślinami (miskantus, sorgo), które słusznie pretendują do zajęcia miejsca kukurydzy, jednakże kukurydza ma w Polsce tę przewagę, że ma odpowiednie odmiany i opanowaną technologię produkcji. Ponadto roślina ta może być przeznaczona do produkcji biogazu w postaci kiszonki z całych roślin, co zapewnia otrzymanie dużej ilości biogazu [Podkówka 2006].

Po zbiorze kolb kukurydzy na ziarno, pozostaje na polu masa w postaci łodyg i liści, które stanowią materiał do produkcji biogazu. Ilość metanu uzyskana z nich stanowi ok. 50% wydajności metanu możliwej do uzyskania z całych roślin kukurydzy. Kukurydza

charakteryzuje się także korzystnymi cechami na poziomie gospodarstwa, gdyż dobrze znosi uproszczenia uprawowe, można ją uprawiać na różnych stanowiskach, w monokulturze oraz w zmianowaniach o dużym udziale zbóż, dobrze znosi suche okresy.

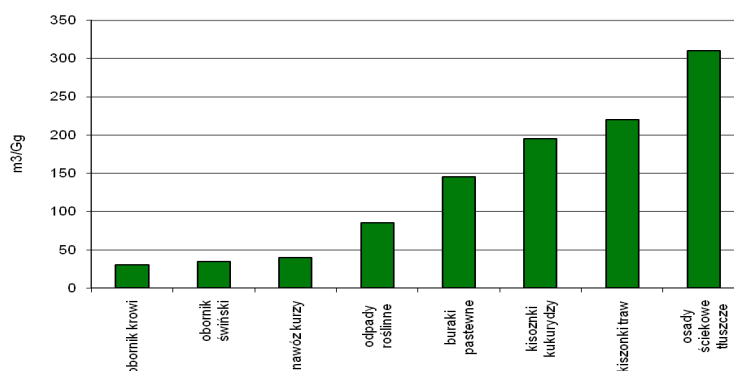


Rejony upraw kukurydzy:  
 I - na kiszonkę i ziarno,  
 II - na ryzyko na ziarno,  
 III - na kiszonkę ryzyko,  
 IV - tylko na kiszonkę.

Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Rejony upraw kukurydzy w Polsce  
 Fig. 1. Corn cultivation areas in Poland

Ze względu na olbrzymi areał użytków rolnych oraz powierzchnię odłogów i ugorów Polska posiada ogromne możliwości przeznaczenia części tych obszarów na celowe uprawy roślin energetycznych wykorzystywanych do produkcji biogazu. Szacuje się, że możliwości uprawy kukurydzy w Polsce wynoszą około 2,0 mln ha, tj. trzykrotnie więcej od aktualnej powierzchni zasiewów. Za uprawą kukurydzy przemawia także niewielka ilość zanieczyszczeń mineralnych w kiszonce, dzięki czemu unika się problemów z piaskiem, który gromadziłby się w zbiornikach fermentacyjnych. kukurydza stosunkowo łatwo się zakisza, bezproblemowo przechowuje i posiada wysoką wydajność energetyczną (ilość wytwarzanego biogazu do kosztu wytworzenia biomasy) w porównaniu z innymi substratami.



Źródło: <http://www.agroenergetyka.pl/?a=article&id=35>

Rys. 2. Średnia wydajność biogazu otrzymanego z tony rolniczych odpadów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego  
 Fig. 2. Average productivity of biogas obtained from one metric ton of agricultural waste of plant and animal origin

## Zasadność używania kiszonki...

Tabela 1. Wydajność biogazu z kukurydzy w porównaniu z innymi roślinami

Table 1. Productivity of corn biogas compared to other plants

Gatunek	Masa plonu [t·ha <sup>-1</sup> ]	Wydajność biogazu [m <sup>3</sup> ·t <sup>-1</sup> ]	Wydajność biogazu [m <sup>3</sup> ·ha <sup>-1</sup> ]
Zielonka z kukurydzy	50	175	8750
Kiszonka z kukurydzy	45	200	9000
Buraki pastewne	80	80	6400
CCM kukurydza	13	450	5850
GPS pszenica	30	175	5250
Ziemniaki	40	110	4400
Trawa łąkowa	40	95	3800
Ziarno pszenicy	6	600	3600

Źródło: Michalski 2002

Tabela 2. Wydajność biogazu z wybranych kiszonek

Table 2. Productivity of biogas derived from selected ensilages

Gatunek	s.m.	s.m.o.	Uzysk biogazu	
			[m <sup>3</sup> ·t s.m. <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·t s.m.o. <sup>-1</sup> ]
Kiszonka z kukurydzy	20-35	85-95	170-200	450-700
Kiszonka z trawy	25-50	70-95	170-200	550-620
Zyto (GPS)	30-35	92-98	170-220	550-680

Źródło: Podkówa 2007

## Cel pracy

Celem pracy była analiza zasadności stosowania kiszonki z kukurydzy w mieszaninie z gnojowicą świńską dla potencjalnej gminy, gdzie biogazownia stanowi podstawowe źródło energii w układzie kogeneracyjnym..

## Materiał i metodyka badań

W typowych biogazowniach rolniczych najczęściej stosuje się wsad w układzie 70% kiszonki z kukurydzy i 30% gnojowicy. W przypadku biogazowni w analizowanej gminie, ze względu na strukturę upraw, proporcje te są inne w wynoszą 40% kiszonki oraz 60% gnojowicy. Poszukiwanie wariantów z obniżonym udziałem kiszonki z kukurydzy ma także uzasadnienie w tym, że wzrastająca liczba biogazowni rolniczych może powodować wzrost ceny kiszonki z kukurydzy jako substratu biogazowego. Planowana ilość biomasy przewidzianej jako wsad do biogazowni w analizowanej gminie 65 000 ton/ro, przy czym udział kiszonki wynosi 26000ton/rok zaś udział gnojowicy wynosi 39000 ton/rok. Do obliczeń symulacyjnych wydajności biogazu przyjęto dane zamieszczone w tabeli 3.

Tabela 3. Ilość biogazu pozyskiwana z kiszonki z kukurydzy i z gnojowicy świńskiej  
 Table 3. Biogas volume obtained from corn ensilage and fermented liquid manure ensilage

Substrat	s.m. [%]	s.m.o. [%]	NH <sub>4</sub> % s.m.]	Wydajność biogazu		Zawartość CH <sub>4</sub> [% obj.]
				[m <sup>3</sup> ·t <sup>-1</sup> s.m.]	[m <sup>3</sup> ·t <sup>-1</sup> smo]	
Kiszonka kukurydzy	20-35	85-95	0,15-0,3	170-220	450-700	50-55
Gnojowica świńska	8	75-86	3-17	20-36	300-700	60-70

Źródło: <http://www.ieo.pl/pl/raporty.html>

## Wyniki badań

Obliczenie wielkości produkcji biogazu z kiszonki kukurydzianej i gnojowicy świńskiej jako kosubstratów wykonano w oparciu o wydajności pozyskiwanego biogazu (tab.3). Ponadto do obliczeń symulacyjnych przyjęto, że wydajność z 1t s.m.o w przypadku kukurydzy wynosi 670 m<sup>3</sup>·t<sup>-1</sup>, a w przypadku gnojowicy świńskiej 500 m<sup>3</sup>·t<sup>-1</sup>.

Posługując się ogólną postacią wzoru do wyliczenia ilości pozyskiwanego biogazu z danego substratu:

- produkcja biogazu (m<sup>3</sup>/t) = s.m. · s.m.o. · produktywność biogazu (m<sup>3</sup>) z 1t s.m.o
- produkcja biogazu z kukurydzy (m<sup>3</sup>·t<sup>-1</sup>) = 0,35 x 0,95 x 670 = ~ 220 m<sup>3</sup> biogazu
- produkcja biogazu z gnojowicy (m<sup>3</sup>·t<sup>-1</sup>) = 0,08 x 0,86 x 450 = ~ 32 m<sup>3</sup> biogazu

Biorąc pod uwagę, iż wsad gnojowicy świńskiej wynosi 39 000 t·rok<sup>-1</sup>, a kukurydzy 26 000 t·rok<sup>-1</sup> to roczna produkcja biogazu z tych substratów wyniesie:

$$39\ 000 \times 32\ \text{m}^3 = \sim 1\ 248\ 000\ \text{m}^3$$

$$26\ 000 \times 220\ \text{m}^3 = \sim 5\ 720\ 000\ \text{m}^3$$

W świetle dokonanych obliczeń można przyjąć, że w analizowanej gminie, o ograniczonej możliwości uprawy kukurydzy pastewnej, roczna produkcja biogazu w gminnej biogazowni wyniesie ok. 6 968 000 m<sup>3</sup>. Przyjmując wartość opałową pozyskanego biogazu w przedziale od 23-27 MJ·m<sup>-3</sup>, można przyjąć, że pozyskana ilość biogazu pozwala wyprodukować ok. 5,3-5,5 kWh energii, z czego ok. 40% energii elektrycznej (2,1 kWh), 45% energii cieplnej (2,4 kWh), a 0,8 kWh wynoszą straty poniesione w procesie wytwarzania energii.

A więc każdy 1 m<sup>3</sup> biogazu rolniczego w efekcie pozwala zasilić 21 żarówek 100-watowych przez godzinę. Wyprodukowany w tak dużej ilości biogaz pozwala na zainstalowanie 2 modułów kogeneracyjnych o mocy 2 MWh pracujących przez ok. 8 tys. godz. Jak już wcześniej wspomniano moduły o wydajności energii elektrycznej, dzięki wystarczającej ilości paliwa w postaci biogazu będzie pracował 24h na dobę, co daje 8760 h w skali roku, pomniejszone jednak o przerwy w dostawie gazu, awarie i naprawy. Dlatego przyjęto, iż agregat ten pracował będzie przez ok. 8000 h rocznie. Stąd można stwierdzić, iż roczna produkcja prądu w przybliżeniu wyniesie:

$$2\ \text{MWh} \times 8000\ \text{h} \cdot \text{rok}^{-1} = \sim 16\ 000\ \text{MWh}$$

Energia elektryczna wyprodukowana w analizowanej gminie wykorzystana zostanie do zaspokojenia potrzeb pobliskiej fermy trzody chlewnej, wytworni pasz (głównie do procesu suszenia zboża). Pozostała część prądu zaspokoi w pełni potrzeby mieszkańców wsi.

## Podsumowanie i wnioski

Wykorzystanie substratu w postaci mieszanki gnojowicy z kiszonką z kukurydzy zapewnia uzyskanie znacznej ilości biogazu, możliwość utylizacji gnojowicy oraz zapewni produkcję znacznej ilości „zielonej energii elektrycznej i cieplnej” w układach kogeneracyjnych. W gospodarstwie rolnym użycie kiszonki z kukurydzy do produkcji biogazu sprawia, że koferment posiada stabilną jakość, możliwe jest planowanie zapasów dla zaopatrzenia biogazowni, rolnik może uzyskać dopłaty do hektara za przeznaczenie produkcji na cele energetyczne. W rolnictwie polskim istnieje duży potencjał produkcji biogazu w biogazowniach rolniczych bazujących na stosowaniu mieszanki kiszonki z kukurydzy z gnojowicą. Należy wziąć pod uwagę specyfikę każdej gminy, na terenie której powstanie biogazownia, pod względem ograniczonej możliwości uprawy kukurydzy, gdyż zaważy to na doborze odpowiedniego stosunku substratów wsadowych.

W świetle dokonanej analizy można stwierdzić, że:

1. Wydajność biogazu z kiszonki z kukurydzy waha się w granicach  $170-220 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1} \text{ s. m.}$ , natomiast wydajność gnojowicy to  $20-36 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1} \text{ s. m.}$ . Zawartość metanu w kiszonce z kukurydzy wynosi 50-55%, a w gnojowicy świńskiej 60-70%.
2. Ze względu na mniejszą dostępność w analizowanej gminie kiszonki z kukurydzy, stosunek kosubstratów wsadowych gnojowicy i kiszonki z kukurydzy wynosi nietypowo 3:2. Przy powyższym stosunku substratów możliwość rocznej produkcji biogazu wynosi ok.  $7\,000\,000 \text{ m}^3$ . Dla pozyskanej ilości biogazu o wartości opałowej  $25 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$  można wyprodukować około 5,3-5,5 kWh energii, a roczna produkcja prądu może wynieść ok. 16 000 MWh

*Praca wykonana w ramach projektu nr POIG.01.01.02-00-016/08*

## Bibliografia

- Jaskółka-Grylewicz D.** 2005. Wysokie napięcie w biogazowni. Top Agrar . Nr 4. s. 9-11.
- Michalski T.** 2002. Kukurydza źródłem surowca dla różnych gałęzi przemysłu. Wieś Jutra. Nr 6 (47). s. 13-15.
- Platek W.** 2007. Biomasa w energetyce rozproszonej – biogazownie rolnicze. Czysta Energia. Nr 1/2007. s. 35-38.
- Podkówka W.** 2007. Biopaliwa dziś i jutro. Przegląd Hodowlany. Nr 9. s. 21-25.
- Podkówka W.** 2008. Wartość biogazowa substratu-zasady obliczania na podstawie składu chemicznego. Kukurydza. Nr 1(32). s. 46-50.
- Misiaczyk B.** 2007. Biogaz rolniczy. Dostępny w internecie:  
<http://agroenergetyka.pl/?a=article&id=35>
- Curkowski A., Mroczkowski P., Oniszk-Popławska A., Wiśniewski G.** 2009. "Biogaz rolniczy - produkcja i wykorzystanie." Mazowiecka Agencja Energetyczna, Warszawa. Dostępny w Internecie:  
<http://www.ieo.pl/pl/raporty.html>

## **THE REASON FOR USING CORN AND FERMENTED LIQUID MANURE ENSILAGE FOR BIOGAS PRODUCTION**

**Abstract.** The work presents analysis of reasons for using corn ensilage as a substrate for biogas production compared to other available substrates of agricultural origin. Moreover, it contains biogas production simulation based on corn ensilage.

**Key words:** corn, ensilage, biogas

**Adres do korespondencji:**

Małgorzata Fugol; e-mail: [malgorzatafugol@up.wroc.pl](mailto:malgorzatafugol@up.wroc.pl)  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
ul. Chelmońskiego 37/41  
51-630 Wrocław