

mgr inż. Małgorzata Fugol¹, mgr Piotr Chrobak²

¹ Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

² CEDRES, Centrum Ekorozwoju i Gospodarki Odnawialnymi Źródłami Energii

Biogaz do celów energetycznych można pozyskiwać w trzech typach instalacji: w biogazowniach rolniczych, w komorach fermentacyjnych osadów ściekowych w komunalnych oczyszczalniach ścieków oraz instalacjach odgazowania składowisk komunalnych [Grzesik 2005]. Wydajność instalacji biogazowej oraz jakość biogazu rolniczego są zależne od wielu czynników, w tym przede wszystkim od: rodzaju surowców wsadowych, stopnia ich przefermentowania, temperatury w jakiej przebiega proces fermentacji, obróbki mechanicznej (mieszanie), czy też czasu trwania procesu [www₁].

Biogaz rolniczy posiada duże zaplecze bazy surowcowej, z której może być pozyskiwany. W jej skład wchodzi bioodpady pochodzenia zwierzęcego oraz produkty i bioodpady pochodzenia roślinnego. Mogą one mieć także pochodzenie nie tylko rolnicze, ale także miejskie i przemysłowe.

Substraty rolnicze do produkcji biogazu to m.in.:

- odchody zwierzęce (gnojowica, gnojówka, obornik, pomiot kurzy),
- biomasa z plantacji energetycznych (gatunki roślin, które uzyskują duże przyrosty masy w relatywnie krótkim okresie czasu),
- biomasa uprawiana na glebach gorszej jakości lub na glebach zanieczyszczonych,
- odpady z produkcji roślinnej (m. in. słoma, odpady zbożowe np. gorszej jakości ziarno, odpady pasz, odpady drzewne).

Substraty komunalne do produkcji biogazu to m.in.:

- frakcja organiczna odpadów miejskich (m.in. odpady kuchenne pochodzenia roślinnego),
- odpady zielone pochodzące z pielęgnacji terenów zielonych, odpady ogrodnicze, odpady z placów i targowisk,
- odpady wytwarzane w gospodarce komunalnej (osad ściekowe).

Substraty przemysłowe do produkcji biogazu to m.in. odpady z przemysłu przetwórczego [Oniszk-Popławska 2003]:

- spożywczego,
- mleczarskiego (serwatka),
- cukrowniczego,
- mięsnego,
- farmaceutycznego,
- kosmetycznego,
- biochemicznego,
- papierniczego.

Podstawowym substratem rolniczym pochodzenia zwierzęcego do produkcji biogazu jest gnojowica (mieszanka kału i moczu wraz z wodą). Trzeba wiedzieć, że potencjał produkcji biogazu jest tym większy, im mniejsze jest rozcieńczenie gnojowicy. Gnojówka (mocz) oraz obornik (odchody ze ściółką) mają mniejsze zastosowanie w produkcji biogazu ze względu na niską zawartość suchej masy (w przypadku gnojówki) oraz ze względu na fakt, że obornik jest stałą substancją i wymaga innego podawania do komory fermentacyjnej [Oniszk-Popławska 2003]. Z wyżej wymienionych substratów otrzymuje się małą wydajność biogazu (tab.1).

Tabela 1. Przykładowy potencjał produkcji biogazu z różnych odchodów zwierzęcych [Oniszk-Popławska 2003]:

Parametr	Jednostka	Bydło		Trzoda		Drób
		Obornik	Gnojowica	Obornik	Gnojowica	Odchody
s.m	t s.m./t odpadów	0,23	0,1	0,2	0,07	0,15
s.m.o.	t s.m.o./t s.m.	0,80	0,8	0,9	0,82	0,76
s.m.o./SD	kg s.m.o./SD/d	3,0-5,4		2,5-4,0		5,5-10
Produkcja biogazu	m ³ /t s. m. o.	175-520 Średnio: 347		220-637 Średnio: 428		327-722 Średnio: 524
Produkcja biogazu	m ³ /SD/d	1,5-2,9	0,56-1,5	0,6-1,25		3,5-4,0

Tabela 2. Przykładowy potencjał produkcji biogazu z różnych odpadów organicznych [Oniszk-Popławska 2003]:

Rodzaj substratu	Zawartość s. m./t	Zawartość t s. m. o./t s.m.	Produkcja metanu m ³ /t s. m. o.
Osad pościekowy	0,05	0,8	63
Pomyje	0,018	0,98	250
Osady poflotacyjne z rzeźni	0,14	0,9	700
Kukurydza	0,3	0,94	410
Korzenie buraków	0,23	0,88	425
Liście buraków	0,16	0,79	450
Ziemniaki	0,22	0,92	418
Liście ziemniaków	0,25	0,79	550
Pulpa ziemniaczana	0,13	0,9	250
Zawartość żwaczy	0,14	0,88	195
Jelita i zołądki	0,16	0,82	300
Tkanka tłuszczowa	0,37	0,84	700
Krew	0,097	0,95	410
Odpady z owoców	0,6	0,3	400
Pulpa jabłeczna	0,03	0,94	330
Wysłodziny browarniane	0,018	0,85	380
Melasa	0,8	0,95	300
Pozostałości warzyw	0,2	0,95	300
Słoma	0,87	0,87	450
Słoma kukurydzy	0,86	0,72	650
Tłuszcz	0,36	0,84	700
Trawa	0,12	0,9	600
Kiszonka	0,54	0,82	500
Odpady organiczne komunalne	0,57	0,5	400
Odpady kuchenne	0,23	0,86	600

Z powyżej przedstawionych danych wynika, że odchody zwierzęce posiadają niewielki potencjał produkcyjny biogazu w porównaniu z odpadami i produktami organicznymi. Jednak mieszając materiał pochodzenia zwierzęcego z tym pochodzenia roślinnego lub innym materiałem opadowym zwiększa się efektywność ekonomiczna procesu, dzięki zwiększonej produkcji biogazu. Warto dodać, że obecność odchodów zwierzęcych, a szczególnie gnojowicy korzystnie wpływa na proces fermentacji (jego stabilność).

- Tak więc biogaz rolniczy można pozyskiwać na bazie trzech metod [Szlachta 1999]:
- jednorodnej, która bazuje na odchodach zwierzęcych (gnojowica, obornik i gnojówka),
 - opartej wyłącznie na szeroko pojętej biomase w postaci produktu jak i odpadu rolniczego,
 - mieszanej, która jednocześnie wykorzystuje odchody zwierzęce oraz bioodpady pochodzenia rolniczego przede wszystkim ale także pochodzące z innych źródeł (w tym odpady organiczne miejskie i przemysłowe).

Korzystne warunki klimatyczne i glebowe województwa dolnośląskiego sprawiają, że prowadzona jest tu głównie uprawa roślin, zaś hodowla zwierząt ma mniejszą skalę niż w innych częściach kraju. Rejon ten posiada sprzyjające warunki produkowania biogazu rolniczego w oparciu o metodę jednorodną jak i mieszaną. Na przykładzie powiatu strzelińskiego, jako przykładu rolniczego powiatu Dolnego Śląska zostanie przedstawiony potencjał energetyczny możliwy do wykorzystania do produkcji biogazu.

Powiat strzeliński jest położony na Dolnym Śląsku, na Równinie Wrocławskiej wchodzącej w skład Niziny Śląskiej. Tworzą go dwie gminy miejsko-wiejskie: Strzelin i Wiązów oraz trzy gminy wiejskie: Borów, Kondratowice i Przeworno. Liczba ludności powiatu szacowana jest na ok. 44 tys.

Na opisywanym obszarze dominuje rolnictwo. Użytki rolne w woj. dolnośląskim stanowią przeciętnie ok. 58% ogólnej powierzchni i jest to wartość niższa niż dla całego kraju (59,6%). Natomiast w powiecie strzelińskim użytki rolne stanowią prawie 82%, w tym grunty orne to ok. 75% (dane GUS). Odłogi i ugory zajmują 972 ha, co stanowi zaledwie 2,4% gruntów ornych ogółem [Potencjał dolnego śląska 2006]. Poniżej w tabeli przedstawiono strukturę zagospodarowania terenów w powiecie strzelińskim.

Tabela 3. Struktura zagospodarowania terenów w powiecie strzelińskim [Kunysz 2007]

Teren	Powierzchnia [ha]	Struktura [%]
Grunty orne	45 267	73%
Sady	742	1%
Łąki	2 736	4%
Pastwiska	2 279	4%
Lasy i grunty leśne	5 353	9%
Użytki kopalne	116	0%
Tereny zabudowane i zurbanizowane	4 293	7%
Wody	795	1%
Nieużytki	229	0%
Pozostałe tereny	417	1%
RAZEM	62 227	100%

Największą powierzchnię, ponad 45 tys. ha, zajmują grunty orne, na których uprawiane są zboża i różne rośliny energetyczne (w szczególności rzepak i kukurydza). Pozyskiwana słoma może posłużyć jako wsad do biogazowni. Plon słomy jest największy ze zbóż, łącznie ponad 0,5 mln ton rocznie. Plon słomy z kukurydzy wynosi ponad 0,2 mln ton, a z rzepaku ponad 0,1 mln ton rocznie. Zasoby plonów na cele energetyczne stanowią ok. 34,5% ogólnych plonów słomy, tj. prawie 0,3 mln ton.

Tabela 4. Plony słomy i zasoby słomy na cele energetyczne [Kunysz 2007]

Kategoria	Plony słomy [Mg]	Zasoby na cele energetyczne [Mg]
Zboża	549 053	120 792
Kukurydza	208 124	104 062
Rzepak	102 410	71 687
RAZEM	859 587	296 541

Wśród ogólnych kalkulacji dotyczącej zasobów surowcowych w powiecie strzelińskim mniejszą wagę stanowią odchody zwierząt gospodarskich. Hodowla jest słabiej rozwinięta niż rolnictwo na terenie powiatu strzelińskiego. Ilość sztuk bydła w powiecie szacowana jest na ok. 2,8 tys., a ilość sztuk trzody na ok. 650 sztuk. Kalkulując ilość zwierząt w dużych jednostkach przeliczeniowych ilość bydła w powiecie szacowana jest na ok. 1,4 tys. DJP, a ilość trzody na 215 DJP.

Tabela 5. Wybrana biomasa z hodowli w powiecie strzelińskim [Kunysz 2007]

	Ilość zwierząt		Ilość obornika	Ilość gnojowicy
	sztuk	DJP	Mg	m ³
Bydło	2816	1408	16896	32666
Trzoda	646	215	861	1787
RAZEM	3462	1623	17757	34453

Z przedstawionych szacunkowych ilości zwierząt hodowlanych wynika, iż teoretycznie możliwy do wykorzystania surowiec to ok. 17,8 tys. ton obornika oraz ok. 34,5 tys. ton gnojowicy zwierzęcej rocznie, przy czym udział odchodów bydłowych stanowi 95,1% w przypadku obornika oraz 94,8% w przypadku gnojowicy.

Oprócz standardowych odpadów rolniczych z upraw i hodowli, należy rozpatrzyć możliwość wykorzystania innych odpadów na cele energetyczne. Na ilości odpadów w ramach poszczególnych kategorii wpływ ma struktura i skala m.in. przemysłu rolno-spożywczego, czy załadunku i gospodarki komunalnej. Na terenie powiatu strzelińskiego funkcjonują duże przedsiębiorstwa przetwarzające produkty rolne i odprowadzające w znacznych ilościach odpady organiczne podatne do wykorzystania na cele energetyczne.

Tabela 6. Ilość wybranych odpadów organicznych w powiecie strzelińskim [Kunysz 2007]

Nazwa odpadu	Ilość [Mg/rok]
Odpadowa masa roślinna	10 220
Osady z oczyszczania i mycia buraków	50 000
Inne niewymienione odpady (kod odpadu 02 04 99)	18
Szlamy z mycia, oczyszczania, obierania, odwirowywania i oddzielania surowców	31 500
Surowce i produkty nie nadające się do spożycia i przetwórstwa	10
Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków	4000
Wytłoki, osady i inne odpady z przetwórstwa produktów roślinnych	21 800
Nieprzydatne do wykorzystania tłuszcze spożywcze	75
Inne niewymienione odpady (kod odpadu 02 04 99)	4
Odpady z pasz roślinnych	20
Komunalne osady ściekowe	4000
RAZEM	121 647

Największą masę stanowią odpady miejscowej cukrowni z oczyszczania i mycia buraków, tj. 50 tys. ton rocznie. Drugim pod względem ilości odpadem, tj. 31,5 tys. ton, są szlamy z mycia, oczyszczania, obierania, odwirowywania i oddzielania surowców. 21,8 tys. ton stanowią wytloki, osady i inne odpady z przetwórstwa produktów roślinnych. Łącznie roczna ilość wybranych odpadów na potrzeby energetyczne szacowana jest na ok. 122 tys. ton.

Inwentaryzując powiatowe zasoby surowcowe dla biogazowni można oszacować rząd wielkości poszczególnych rodzajów odpadów i stwierdzić zasadność ich wykorzystania do fermentacji niskotemperaturowej. Na przykładzie Strzelina można zaproponować konstrukcję biogazowni rolniczo-przemysłowej, ze względu na:

1. odchody zwierzęce podatne do utylizacji,
2. duży potencjał odpadów rolnych,
3. duża ilość odpadów przemysłu rolno-spożywczego.

Jednakże prawidłowe oszacowanie możliwości wykorzystania bazy surowcowej musi opierać się z jednej strony na oszacowaniu potencjału energetycznego surowców, a z drugiej strony na oszacowaniu wielkości bazy.

Szacowana roczna ilość otrzymanego biogazu i metanu z odchodów pochodzenia zwierzęcego i odpadów pochodzenia roślinnego w powiecie strzelińskim:

W gospodarstwach nastawionych na produkcję zwierzęcą powstają znaczne ilości odpadów, które mogą być wykorzystane do produkcji biogazu (o średniej wartości energetycznej ok. 23 MJ/m³) i tak:

- z 1 m³ płynnych odchodów można uzyskać średnio 2 m³ biogazu,
- z 1 m³ obornika – 30 m³ biogazu, [Szlachta 2008].

▪ **Bydło**

Zakładając średnią produkcję biogazu na poziomie 347 m³/t s. m. o. (tabela 1) można oszacować, że z 16 896 Mg pozyskanego obornika w skali roku (tabela 5) można otrzymać 5,86 mln m³ biogazu, a w tym ok. 3,22 mln m³ metanu (zakładając, że zawartość metanu w biogazie to 55%).

Zakładając, że w skali roku pozyska się 32 666 m³ (tabela 5) gnojowicy można oszacować, że otrzyma się 65 332 m³ biogazu, a w tym 35 932 m³ metanu (zakładając, że zawartość metanu w biogazie to 55%).

▪ **Trzoda**

Zakładając średnią produkcję biogazu na poziomie 428 m³/t s. m. o. (tabela 1) można oszacować, że z 861 Mg pozyskanego obornika w skali roku (tabela 5) można otrzymać 368 508 m³ biogazu, a w tym 2,026 mln m³ metanu (zakładając, że zawartość metanu w biogazie to 55%).

Zakładając, że w skali roku pozyska się 1 787 m³ gnojowicy (tabela 5) można oszacować, że otrzyma się 983 m³ biogazu, a w tym 540 m³ metanu (zakładając, że zawartość metanu w biogazie to 55%).

Szacowana ilość energii elektrycznej i ciepłej możliwa do wyprodukowania z biogazu pochodzącego z odchodów zwierzęcych w powiecie strzelińskim:

Zakłada się, że 1 m³ biogazu pozwala na wyprodukowanie około:

- 2,1 kWh energii elektrycznej (przy założonej sprawności układu 33%),
- 19 MJ ciepła (przy założonej sprawności układu 85%),

w skojarzonym wytwarzaniu energii elektrycznej i ciepła: 2,1 kWh energii elektrycznej i 10,4 MJ ciepła [Szlachta 2008].

▪ **Bydło**

Można oszacować, że z 5 928 244 m³ biogazu (zaokrąglając do 5,928 mln m³) uzyskamy ok. 12,2 tys. MWh energii elektrycznej albo ok. 113,3 tys. GJ ciepła.

▪ **Trzoda**

Można oszacować, że z 369 491 m³ biogazu (zaokrąglając do 369 tys. m³) uzyskamy ok. 761,8 MWh energii elektrycznej albo ok. 7,1 tys. GJ ciepła.

Szacowana ilość biogazu możliwa do wyprodukowania ze słomy w powiecie strzelińskim:

Zakładając średnią produkcję biogazu ze słomy na poziomie 450 m³ /t s. m. o. (tabela2) można oszacować, że z 0,3 mln ton słomy ogółem możliwej do wykorzystania na cele energetyczne można otrzymać 135 mln m³ biogazu, a w tym 74,25 mln m³ metanu (zakładając, że zawartość metanu w biogazie to 55%).

Można szacować, że z 135 mln m³ biogazu uzyskamy ok. 243 tys. MWh energii elektrycznej albo ok. 2,25 mln GJ ciepła.

Szacowana ilość biogazu możliwa do wyprodukowania z niektórych odpadów organicznych w powiecie strzelińskim:

▪ **Osady z oczyszczania i mycia buraków**

Zakładając średnią produkcję biogazu na poziomie 300 m³ /t s. m. o. można oszacować, że z 50 tys. ton osadów z oczyszczania i mycia buraków można otrzymać 15 mln m³ biogazu, a w tym ok. 8,25 mln m³ metanu (zakładając, że zawartość metanu w biogazie to 55%).

Można szacować, że z 15 mln m³ biogazu uzyskamy ok. 27 tys. MWh energii elektrycznej albo ok. 250 tys. GJ ciepła.

▪ **Szlamy z mycia, oczyszczania, obierania, odwirowywania i oddzielania surowców**

Zakładając średnią produkcję biogazu na poziomie 350 m³ /t s. m. o. można oszacować, że z 31,5 tys. ton szlamów z mycia, oczyszczania, obierania, odwirowywania i oddzielania surowców można otrzymać ok. 11 mln m³ biogazu, a w tym ok. 6 mln m³ metanu (zakładając, że zawartość metanu w biogazie to 55%).

Można szacować, że z 11 mln m³ biogazu uzyskamy ok. 19,8 tys. MWh energii elektrycznej albo ok. 184 tys. GJ ciepła.

▪ **Wytłoki, osady i inne odpady z przetwórstwa produktów roślinnych**

Zakładając średnią produkcję biogazu na poziomie 400 m³ /t s. m. o. można oszacować, że z 21,8 tys. ton wytłoków, osadów i innych odpadów z przetwórstwa produktów

roślinnych można otrzymać ok. 8,7 mln m³ biogazu, a w tym ok. 4,8 mln m³ metanu (zakładając, że zawartość metanu w biogazie to 55%).

Można szacować, że z 8,7 mln m³ biogazu uzyskamy 15,7 tys. MWh energii elektrycznej i 145 tys. GJ ciepła.

Oszacowanie masy roślin energetycznych możliwej do uzyskania z podjęcia uprawy części nieużytków:

Przyjmując, że wykorzysta się pod uprawę roślin energetycznych 50% nieużytków w powiecie (tj. 486 ha) oraz, że z 1 hektara nieużytków plony wyniosą 10 ton suchej masy to plon biomasy energetycznej z nieużytków w powiecie strzelińskim może wynieść 4860 ton. Przy kaloryczności suchej biomasy rzędu co najmniej 17 GJ / Mg (55% udziału metanu w produkowanym biogazie), wartość energetyczna biomasy rosnącej na nieużytkach wynieść może ok. 6,6 tys. MWh albo ok. 61,3 tys. GJ energii cieplnej rocznie.

Tabela 7. Szacowana ilość biogazu oraz energii elektrycznej i cieplnej możliwej do uzyskania z niektórych surowców możliwych do wykorzystania na terenie powiatu strzelińskiego

Surowiec	Ilość biogazu [tys. m ³]	Ilość energii elektrycznej [tys. MWh]	Ilość energii cieplnej [tys. GJ]
Odchody (bydło)	5928	12,2	113,3
Odchody (trzoda)	369	0,8	7,1
Słoma	135000	243,0	2253,1
Osady z oczyszczania i mycia buraków	15000	27,0	250,3
Szlamy	11000	19,8	183,6
Wytłoki i inne	8700	15,7	145,2
Potencjalne uprawy roślin energetycznych	3673	6,6	61,3
RAZEM	179671	325,0	3014,0

Przytoczone rozważania wykazują, że dla gospodarstw w powiecie strzelińskim zajmujących się chowem zwierząt gospodarskich (bydło, trzoda, drób) i posiadających możliwość uprawy, istnieją realne przesłanki zabezpieczenia odpowiedniej ilości odpadów rolniczych pochodzenia zwierzęcego i substratów stałych, pozwalające na wyprodukowanie znacznej ilości energii cieplnej i elektrycznej. Inwentaryzacja katalogu innych odpadów organicznych wykazała znaczny potencjał energetyczny frakcji rzadziej uznawanych za atrakcyjne. Szacuje się, iż na podstawie przytoczonych danych w powiecie strzelińskim można uzyskać nawet do 180 mln m³ biogazu, którego energia może zostać przekształcona w ok. 325 tys. MWh energii elektrycznej albo w ok. 3 mln GJ energii cieplnej rocznie.

Literatura:

1. Dane GUS,
2. Grzesik K.: 2005r, „Wykorzystanie biogazu jako źródła energii”,
3. Chrobak P., Sygit M., „Biogazownie rolnicze – podstawowe parametry techniczno-ekonomiczne”, Materiały konferencyjne, Strzelin 21.10.2008 r.,

4. Kunysz M. 2007 (1), „Zasoby biomas i odpadów organicznych w powiecie strzelińskim, Materiały konferencyjne „Biogazownie-spalenie biomasy”, Strzelin 15.11.2007 r.,
5. Oniszk-Popławska A., Zowsik M., Wiśniewski G. 2003, „Produkcja i wykorzystanie biogazu rolniczego”, EC BREC, Warszawa,
6. Opracowanie: „Potencjał Dolnego Śląska w zakresie rozwoju alternatywnych źródeł energii”, DCZT / SYGMA Wrocław 2006 r.,
7. Szlachta J. i inni 1999, „Niekonwencjonalne źródła energii”, Wydawnictwo AR Wrocław,
8. Szlachta J. 2006, „Możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii w rolnictwie i na wsi”,
9. www.ozee.kape.gov.pl/__PL/index.php?option=com_content&task=view&id=57&Itemid=152&limit=1&limitstart=2