

SUBSTRATY DLA BIOGAZOWNI ROLNICZYCH

1. Wstęp

Program budowy biogazowni rolniczych opracowany przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi zakłada, że do 2013r. produkcja biogazu osiągnie poziom 1 mld m³ rocznie, zaś do 2020r. wartość ta ulegnie podwojeniu. Potencjał energetyczny rolnictwa, docelowo wskazuje na możliwości pozyskania substratów, niezbędnych do wytworzenia 5-6 mld m³ biogazu rocznie, o czystości gazu ziemnego wysokometanowego. Zakłada się wykorzystanie w pierwszej kolejności produktów ubocznych rolnictwa, płynnych i stałych odchodów zwierzęcych oraz produktów ubocznych i pozostałości przy wytwarzaniu żywności w zakładach rolno-spożywczych. W sektorze przetwórstwa mięsnego rocznie produkuje się około 661 tys. ton odpadów oraz około 377 tys. ton z przetwórstwa owoców i warzyw, które są dobrym substratem dla biogazowni. Polskie rolnictwo produkuje rocznie 80750 tys. ton obornika i około 35 mln m³ gnojowicy z czego około 30% może być wykorzystana do produkcji biogazu. Z trwałych użytków zielonych można pozyskać około 2300 tys. ton biomasy traw do wykorzystania energetycznego, bez szkody dla produkcji pasz i wytworzyć 1,1 do 1,7 mld m³ biogazu. Wiele łąk jest koszonych tylko jeden lub maksymalnie dwa razy w roku. Trójkośne użytkowanie jest najbardziej efektywne, jednak trzeci pokos jest niewykorzystywany paszowo, a może być źródłem biomasy. Źródłem substratu dla biogazowni mogą być odpady powstające podczas pielęgnacji terenów zieleni ogólnodostępnej i osiedlowej. Zbierana biomasa z tych terenów jest najczęściej palona, przyczyniając się do emisji gazów i pyłów.

Przewiduje się uprawę roślin z przeznaczeniem na substraty dla biogazowni rolniczych. Istnieje możliwość docelowo na ten cel przeznaczyć około 700 tys. ha, co nie zakłóci zabezpieczenia krajowych potrzeb żywnościowych. Gatunek, który zdominował rynek biogazu rolniczego, to kukurydza. Jednak oparcie produkcji biogazu rolniczego na kiszonce z kukurydzy, może spowodować konflikt, z obawy o bezpieczeństwo żywnościowe.

Zasadniczym elementem programu jest optymalizacja systemu prawno-administracyjnego w zakresie budowania biogazowni rolniczych w Polsce oraz wskazanie możliwości współfinansowania tego typu instalacji ze środków publicznych, zarówno krajowych jak i Unii Europejskiej, dostępnych w ramach krajowych i regionalnych programów operacyjnych.

Biogazownie rolnicze powinny odegrać ważną rolę w utylizacji produktów ubocznych rolnictwa i pozostałości z przemysłu rolno-spożywczego przyczyniając się wydatnie do ochrony środowiska naturalnego. Biogazownie rolnicze mogą być przedmiotem inwestowania zarówno dla podmiotów z branży energetycznej oraz dla specjalnie powołanych spółek zainteresowanych inwestowaniem w energetykę, jak również, a może przede wszystkim, stanowić dodatkowe źródło dochodów dla gospodarstw rolnych oraz zakładów przemysłu rolno-spożywczego zwłaszcza tych mających problem z utylizacją odpadów produkcyjnych. Inwestorem mogą być również samorządy lokalne zainteresowane rozwiązaniem problemów utylizacji odpadów oraz problemów zaopatrzenia w energię.

2. Biogaz rolniczy

Biogaz powstaje w procesie beztlenowej fermentacji odpadów organicznych, podczas której substancje organiczne rozkładane są przez bakterie na związki proste. Gaz ten stanowi mieszaninę metanu (40-85 %), dwutlenku węgla (30-55 %) i innych gazów w ilościach śladowych powstających w kontrolowanych procesach beztlenowego rozkładu biomasy.

Tabela 1. Porównanie wartości opałowej biogazu z innymi nośnikami energii

Rodzaj paliwa	Wartość opałowa	Przelicznik stosunku do 1 m ³ biogazu o wartości opałowej 26 MJ /m ³
Biogaz	20 – 26 MJ /m ³	1 m ³
Gaz ziemny	33,5 MJ /m ³	0,77 m ³
Olej napędowy	41,9 MJ /l	0,62 m ³
Węgiel kamienny	32,4 MJ /kg	1,1 kg
Biopaliwo z rzepaku	36,5 MJ /kg	0,70 kg
Etanol	29,6 MJ /kg	0,85 kg
Drewno opałowe	13,38* MJ /kg	2 kg

* wartość opałowa drewna zależy od wilgotności – waha się od 8 do 18 MJ

Źródło: (J. Szlachta 1999) Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

W przyrodzie w zależności od miejsca powstawania wyróżniamy biogaz:

- błotny lub bagienny
- składowiskowy
- oczyszczalni ścieków
- rolniczy

Podział ten jest umowny, jednak precyzuje miejsce jego powstawania i jakiego substratu użyto do jego produkcji. Instalacja do wytwarzania biogazu w zakładzie rolnym wymaga innej technologii oraz innego wyposażenia technicznego, niż biogazownie na składowisku odpadów czy też wykorzystujące osady ściekowe.

W biogazowniach rolniczych jako surowiec do produkcji biogazu można wykorzystywać:

- odpady z produkcji spożywczej (odpady warzyw, wytkoki owoców, odpady tłuszczu i serów, odpady z produkcji żelatyny i skrobi, wywar pogorzelniany, wysłodziny browarniane),
- odpady z produkcji zwierzęcej (gnojowica, obornik, suche odchody),
- odpady poubojowe kategorii K2 i K3,
- odpady z produkcji roślinnej (odpady zbożowe, odpady z pasz),
- rośliny energetyczne z upraw celowych (zboża, w tym kukurydza, rośliny okopowe, rzepak, lucerna).

W biogazowni rolniczej, organiczne substraty są wykorzystywane do pozyskiwania energii i wytwarzania naturalnego nawozu ekologicznego, stosowanego do nawożenia pól, jak również w ogrodnictwie i kwiaciarstwie. Beztlenowa zamiana gnojowicy i innych substratów odpadowych na biogaz, pomimo wysokich nakładów na budowę instalacji, pozwala na uzyskiwanie znacznych ilości wysokokalorycznego biogazu i naturalnego nawozu o lepszych właściwościach nawozowych niż gnojowica czy obornik. Nawóz pofermentacyjny z biogazowni rolniczych charakteryzuje się wysoką zawartością zmineralizowanego azotu, fosforu i potasu oraz niską agresywnością. Ponadto, w wyniku fermentacji ulegają zniszczeniu składniki organiczne, takie jak: jaja i zarodniki pasożytów, chwastów, a także bakterii fekalnych. Powyższe cechy sprawiają, że materiał pofermentacyjny doskonale nadaje się do zastosowania, jako pełnowartościowy nawóz do nawożenia upraw polowych. Takie wykorzystanie masy pofermentacyjnej z biogazowni rolniczych jest najbardziej racjonalne.

Na rysunku 1 przedstawiono przykładowy schemat funkcjonowania biogazowni rolniczej w gospodarstwie rolnym.

Rys.1

Efektywność procesu fermentacji metanowej należy rozpatrywać z punktu widzenia:

- ochrony środowiska,
- produkcji energii,
- produkcji bionawozu ekologicznego.

Podstawową zaletą biogazu rolniczego jest jego uniwersalność, w porównaniu z innymi źródłami energii odnawialnej. Może on być wykorzystywany:

- do wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej,
- po oczyszczeniu – jako paliwo do silników spalinowych,
- po oczyszczeniu – włączany do sieci gazowniczej.

Do produkcji biogazu można wykorzystywać biomasę różnego pochodzenia, a w szczególności produkty uboczne i odpady powstające przy wytwarzaniu żywności z surowców roślinnych i zwierzęcych, które są uciążliwe dla środowiska i wymagają właściwej technologii składowania i utylizacji. Wielu przedsiębiorstwom prawidłowe zagospodarowanie produktów ubocznych i odpadów stwarza wiele problemów, bowiem obecne przepisy prawne są rygorystyczne w zakresie utylizacji. Przetwarzanie produktów ubocznych i odpadowych na biogaz ma istotne znaczenie dla ochrony środowiska, przy jednoczesnym pozyskiwaniu energii. Ekonomicznie takie biogazownie są najbardziej opłacalne.

Tabela 2. Charakterystyka wybranych roślin oraz wybranych produktów ubocznych pod kątem uzysku biogazu.

Podłoże	Zawartość suchej masy (%)	Zawartość suchej masy organicznej (%)	Uzysk biogazu (m ³ /t s.m.o.)	Zawartość metanu CH ₄ (% obj.)
Naturalne nawozy				
gnojowica bydła	8-11	75-82	200-500	60
gnojowica świń	ok. 7	75-86	300-700	60-70
obornik bydła	ok. 25	68-76	210-300	60
obornik świń	20-25	75-80	270-450	60
obornik kurzy	ok. 32	63-80	250-450	60
Rośliny				
kiszonka kukurydzy	20-35	85-95	450-700	50-55
żyto	30-35	92-98	550-680	ok. 55
kiszonki traw	25-50	70-95	550-620	54-55
Produkty uboczne pochodzące z przemysłu rolniczego				
wysłodziny browarniane	20-25	70-80	580-750	59-60
wywar zbożowy	6-8	83-88	430-700	58-65
wywar ziemniaczany	6-7	85-95	400-700	58-65
wytłoki owocowe	25-45	90-95	590-660	65-70
Inne substraty do biogazowni				
odpady sklepowe	5-20	80-90	400-600	60-65
treść żołądkowa	12-15	75-86	250-450	60-70
Trawy				
skoszona trawa	ok.12	83-92	550-680	55-65

Źródło: Land Technik Weiher Stephen H.Mitterleitner (*Latocha 2009*)

3. Lokalizacja i wielkość biogazowni rolniczej

Rozpatrując budowę biogazowni, należy rozpocząć od określenia rodzaju wsadu, jego ilości i jakości oraz sprecyzować jego dostępność, tzn. czy będzie on dostarczany przez cały rok czy okresowo. Najczęściej biogazownie rolnicze wykorzystują gnojowice lub wywar gorzelniany oraz kiszonki. Dostępność wymienionych substratów ma decydujący wpływ na lokalizację biogazowni rolniczej. Transport substratów o dużej zawartości wody jest kosztowny i obniża efektywność produkcji energii. Szczególnie dotyczy to gnojowicy. Jej transport z obory do biogazowni przy pomocy beczkowozów w większości wypadków jest nieopłacalny. Słusznym rozwiązaniem jest budowa biogazowni w sąsiedztwie fermy, tak by można było gnojowice podawać rurociągiem.

Lokalizacja i wielkość biogazowni rolniczej powinna wynikać z:

- optymalnego wykorzystania istniejących zabudowań i infrastruktury;
- bliskości gospodarstw zwierzęcych produkujących gnojowicę i inne substraty;
- możliwości pozyskania dodatkowych substratów;
- możliwości sprzedaży energii elektrycznej;
- możliwości zagospodarowania energii cieplnej;
- zagospodarowania substancji pofermentacyjnej.

Instalacja biogazowa o mocy 1-2 MWel jest inwestycją dużą pod względem zaopatrzenia w substraty, natomiast niewielka dla energetyki zawodowej. Rolnicy są zainteresowani instalacjami znacznie mniejszymi o mocy 0,3- ,6 MWel. Wynika to z faktu, że biogazownie powinny powstawać tylko w dużych gospodarstwach z obsadą zwierząt przynajmniej 100 DJP, utrzymujących zwierzęta w systemie wolnostanowiskowym.

4. Ilość substratów

Wyznacznikiem wielkości biogazowni rolniczej, czyli określenie jej mocy wynika z dostępności gnojowicy lub innego substratu odpadowego i kiszonki. Z ilości zapotrzebowania na gnojowicę, ustala się potrzebną ilość kiszonki. Szczególnie przydatna jest kiszonka z całych roślin kukurydzy o zawartości 28-35% suchej masy. Przeciętna dobowo produkcja gnojowicy w przeliczeniu na DJP wynosi 55 dcm^3 . W przypadku bydła 182 dni jakie zwierzęta przebywają w oborze $\times 55 \text{ dcm}^3/\text{dobę}$ daje to około $10 \text{ m}^3/\text{DJP}$ gnojowicy. Jeżeli zwierzęta przebywają cały rok w budynkach inwentarskich to ich roczna produkcja gnojowicy wynosi $20 \text{ m}^3/\text{DJP}$. Istotnym elementem jest zawartość suchej masy w mieszaninie (wsadzie) składowym w komorze fermentacyjnej. Przyjmuje się zawartość suchej masy na poziomie 11-15 %, co wynika z możliwości jej pneumatycznego transportu, jak również możliwości mieszania. Zawartość suchej masy w gnojowicy i kiszonce jest zmienna, dlatego w mieszaninie ilościowy udział poszczególnych substratów ulega zmianie. Przyjmując zawartość suchej masy 7% w gnojowicy i 30% w kiszonce, by uzyskać zawartość suchej masy na pożądanym poziomie, należy do 22 m^3 gnojowicy dodać 6 ton kiszonki z kukurydzy o zawartości 30% suchej masy. W mieszaninie zawartość suchej masy będzie na poziomie 11,9 % ($22 \times 0,07 = 1,54$; $6 \times 0,30 = 1,8$; $1,54 + 1,8 = 3,34$; $28 = 11,9\%$). Gospodarstwo dysponujące fermą, która utrzymuje 410 DJP (trzoda chlewna), rocznie produkuje 8200 m^3 gnojowicy o zawartości 7 % suchej masy. Na 8200 m^3 gnojowicy należy dysponować 2236 t kiszonki z kukurydzy o zawartości 30% suchej masy. Uzyskuje się 11,9 % suchej masy w całej mieszaninie. Aby uzyskać wymaganą ilość kiszonki, uwzględniając straty przy zbiorze i kiszniu 12 %, należy wyprodukować 2504 ton zielonki. Przy plonie 45 t/ha należy przeznaczyć 56 ha powierzchni na uprawę kukurydzy na biogaz. Biogazownia to duże wyzwanie logistyczne i surowcowe. Tabela 3 przedstawia zapotrzebowanie na kiszonkę i powierzchnię areалу pod jej uprawę w zależności od zainstalowanego kogeneratora

Tabela 3. Zapotrzebowanie na kiszonkę i minimalny areal uprawy w zależności od zainstalowanej mocy kogeneratora

Zainstalowana moc	Zapotrzebowanie na biogaz	Kiszona stanowi 100 % substratu				Minimalny areal pod uprawę kiszonki
		<i>Minimalne zapotrzebowanie na kiszonkę</i>				
	m^3	ton/ rok	ton /m-c	ton/ tydzień	ton/ doba	ha
1 MW	3650000	21000	1750	420,00	60,00	440
500 kWe	1825000	10500	875	210,00	30,00	220
300 kWe	1095000	6300	525	126,00	18,00	132
200 kWe	730000	4200	350	84,00	12,00	88
100 kWe	365000	2100	175	42,00	6,00	44
50 kWe	182500	1050	87,5	21,00	3,00	22
30 kWe	110606	636	53,0	12,73	1,82	13,3
20 kWe	73000	420	35,0	8,40	1,20	8,8
10 kWe	36500	210	17,5	4,20	0,60	4,4
5 kWe	18250	105	8,8	2,10	0,30	2,2

Źródło: MRiRW (K.Żmuda)

5. Biomasa z upraw polowych i użytków zielonych

Przy uprawie roślin z przeznaczeniem do produkcji biogazu obowiązują te same zasady, jak przy uprawie na cele żywnościowe, paszowe czy dla przetwórstwa rolno-spożywczego. Podstawowym kryterium doboru roślin do produkcji biogazu jest wydajność suchej masy z jednostki powierzchni, zawartość łatwo fermentujących składników i łatwość magazynowania po zbiorze świeżej masy. Plon suchej masy (dt/ha), po uwzględnieniu strat przy zbiorze i zakonserwowaniu przez zakiszenie, który należy osiągnąć, by produkcja biogazu była opłacalna powinien wynosić:

- 80-165 – kukurydza o zawartości 32 % suchej masy
- 85-115 – całe rośliny zbożowe zbierana w fazie dojrzałości mleczonej ziarna,
- 60-100 – trawy z uprawy polowej, koniczyna z trawami,
- 40-90 – porost z użytków zielonych,
- 50-85 – ziarno zboża.

W EU Niemcy najbardziej rozwinęli instalacje biogazowe. Aktualnie działa ponad cztery tysiące biogazowni i ich liczba ciągle rośnie. Niemieckie biogazownie rolnicze wykorzystują rośliny uprawiane specjalnie na biogaz, gnojowicę i produkty uboczne z przetwórstwa roślin na żywność. Przyjmując łączną ilość substratów zamienianych na biogaz za 100 %, to 45 % przypada na energetyczne surowce roślinne, 24 % na gnojowicę i 15 % na roślinne produkty odpadowe. Pozostałe surowce są wykorzystywane jako dodatki uzupełniające. W Niemczech, przyjmując liczbę biogazowni za 100 %, udział procentowy biogazowni stosujących poszczególne energetyczne surowce, przedstawia się następująco:

- 97% - kiszonka z całych roślin kukurydzy,
- 50% - ziarno zboża, głównie pszenicy i pszenżyta
- 49% - kiszonka całych roślin zbożowych,
- 35% - kiszonka z traw
- 8% - zielonka z traw
- 3% - ziarno z kukurydzy
- 1% - inne surowce - kiszonka słonecznika, buraki, siano, słoma, wywar gorzelniany, ziemniaki.

W kraju tym 93% biogazowni rolniczych wykorzystuje gnojowicę w mieszaninie z kiszonkami i innymi surowcami. Gnojowica bydłęca jest stosowana w około 75 % biogazowni, natomiast świńska tylko w 39 %. Wykorzystuje się tylko te rośliny, które od kwietnia do końca października produkują dużo biomasy. Z upraw polowych do produkcji zielonki w warunkach polskich zaleca się następujące rośliny: kukurydzę zboża w czystym siewie, mieszki zbożowe, mieszanki zbożowo-strączkowe, słonecznik, topinambur (słonecznik bulwiasty), trawy, lucerna, koniczyna, mieszanki lucerny lub koniczyny z trawami, liście buraków cukrowych, inne, które lokalnie mogą mieć zastosowanie. Wartościowe są zielonki z trawników miejskich, pól golfowych, stadionów, lotnisk. Popularnym źródłem materii organicznej jest rzęsa wodna oraz glony.

Przemiany biochemiczne zachodzące w procesie fermentacji metanowej są podobne do przemian mających miejsce w przewodzie pokarmowym przeżuwacza, np. krowy. W przewodzie pokarmowym, a szczególnie w żwaczu zachodzi proces fermentacji, w wyniku której powstaje metan. Dlatego biogazownie często przyrównuje się do betonowej krowy. W skład mikroflory żwacza krowy wchodzi bakterie metanowe, które dziennie mogą produkować do 150 litrów metanu od sztuki. Dlatego właściwe przygotowanie substratów do „karmienia” biogazowni jest bardzo istotne. Idealnym substratem do produkcji biogazu są kiszonki. Kiszzenie zielonek jest powszechnie stosowane jako metoda zabezpieczenia pasz dla bydła. Należy podkreślić, że technologia produkcji kiszzonek jest dokładnie rozpracowana, stąd kiszonki są w większości

podstawowymi substratami w biogazowniach rolniczych. Kiszonki można sporządzać z kukurydzy, sorga, runi łąkowej, traw z uprawy polowej, całych roślin zbożowych oraz liści buraczanych. Dobrym substratem dla biogazowni są rośliny okopowe. Ziemniaki, buraki cukrowe, buraki pastewne o podwyższonej zawartości suchej masy – 15-20%, bulwy topinamburu są wartościowym substratem, ze względu na zawartość cukru lub skrobi, które są łatwo fermentowane. Jako substrat można wykorzystać również produkty uboczne i odpady z przemysłu rolno-spożywczego: wywar gorzelniany, młóto, wysłodki buraczane, pulpa ziemniaczana, wytloki z owoców powstające przy produkcji soków, pestki z jabłek, melasa buraczana, tłuszcz posmażalniczy, tłuszcze odpadowe, odpady z rzeźni – krew, treści przewodu pokarmowego, zwłaszcza przeżuwaczy (żwaczka), otręby i odpady przy czyszczeniu ziarna, odpady młyna, śruty poekstrakcyjne, makuchy, maślanka, serwatka, gliceryna powstająca przy produkcji estrów metylowych (biodisla), olejów roślinnych, obierki ziemniaczane i odpady ziemniaków, pozostałości z zakładów zbiorowego żywienia (stołówki), odpady owoców, warzyw, kawy, kakao, herbaty, ziół, tytoniu i wielu innych. Szczególnej troski wymagają odpady z przemysłu mięsnego. Odpady zaliczane do kategorii I wymagają bezwarunkowej utylizacji w spalarni. Odpady kategorii II i III mogą zostać przefermentowane na metan i substancję pofermentacyjną po uprzedniej obróbce termicznej z zachowaniem dodatkowych warunków. W przypadku odpadów kategorii II, powinny być poddane procesowi sterylizacji, czyli obróbce termicznej poprzez działanie nasyconej pary wodnej o ciśnieniu 3 bar i temperaturze 133°C przez co najmniej 20 minut. Odpady kategorii III poddaje się procesowi pasteryzacji, który polega na higienizacji w temperaturze 70°C przez co najmniej 60 minut.

6. Dobre praktyki w budowie biogazowni rolniczych

Dobrym przykładem do wykorzystania jest biogazownia w Skrzatuszu koło Piły. Jako substrat wykorzystywane są odpady z gorzelnii, która znajduje się opodal biogazowni. Dodatkowo jako substrat dowożone są produkty uboczne przetwórstwa owoców i odpady poubojowe z pobliskich zakładów w Pile. Moc kogeneratora wynosi 525 kW. Biogaz-Zeneris to firma, która wybudowała biogazownię. Firma ta jako pierwsza bada laboratoryjnie substancję pofermentacyjną pod względem nawozowym i szkodliwości dla środowiska. Jest to doskonały przykład do naśladowania w budowie biogazowni w Polsce. Odpowiednio dobrana wielkość biogazowni do lokalnych warunków i wykorzystanie produktów ubocznych z przetwórstwa rolno-spożywczego, które są dużym zagrożeniem dla środowiska to kierunek jaki powinien być przyjęty w naszym kraju. Jak wykazują symulacje takie biogazownie są najbardziej opłacalne ekonomicznie.



Biogazownia w Skarztuszu z gorzelnią



Kogenerators o mocy 525 kW



Pomieszczenie do uzdatniania odpadów poubojowych kat II i III



Laguna na substancję pofermentacyjną z membraną wyłapującą resztki metanu

Literatura:

- Z. Podkówa, W. Podkówa 2010: Substraty dla biogazowni rolniczych, Agro Serwis
L. Janowicz 2008: Biogazownie rolnicze Broszura Wydawnictwo KPODR Minikowo
L. Latocha 2010: Materiały ze szkolenia „Odnawialne źródła energii dla domu i biznesu”
J. Szlachta 2008: Biogaz rolniczy Broszura Wydawnictwo KPODR Minikowo
K. Żmuda 2010: Materiały z konferencji „Odnawialne źródła energii dla domu i biznesu”
„Czysta energia” miesięcznik 2010 r.