Biogazownie

Szansą dla rolnictwa i środowiska

„Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie."
Projekt opracowany przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Pomocy Technicznej Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007-2013.
Instytucja Zarządzająca Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007-2013 - Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Praca napisana pod redakcją naukową **prof. dr hab. Anny Grzybek**.

Autorem opracowania jest **dr Alina Kowalczyk-Juśko**.

Wydawca:

Foundation for the Development of Polish Agriculture
Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa

Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa
ul. Gombrowicza 19
01-682 Warszawa
e-mail: fdpa@fdpa.org.pl
telefon + 48 22 864 03 90
faks +48 22 864 03 61
www.fdpa.org.pl

Publikacja przygotowana w ramach Planu działania Sekretariatu Centralnego Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich na lata 2007-2013.

Krajowa Sieć Obszarów Wiejskich

Odwiedź portal KSOW – www.ksow.pl
Zostań Partnerem Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich

Zdjęcie na okładce: Dreamstime.com

NFOŚiGW

ISBN: 978-83-937363-0-0

© Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi
© Fundacja Programów Pomocy dla Rolnictwa FAPA

Biogazownie

Szansą dla rolnictwa i środowiska

„Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie.”
Projekt opracowany przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Pomocy Technicznej Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007-2013
Instytucja Zarządzająca Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007-2013 - Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

SPIS TREŚCI

Od Fundacji 04

Wprowadzenie 05

01 Źródła biogazu 08
1.1. Gaz składowiskowy i biogaz z fermentacji osadów ściekowych 10
1.2. Biogaz rolniczy 12

02 Podstawy procesu fermentacji 13
2.1. Przebieg fermentacji metanowej 13
2.2. Czynniki wpływające na proces fermentacji metanowej oraz inhibitory i stymulatory procesu 14
2.3. Biogaz i jego właściwości 16

03 Surowce do produkcji biogazu 20
3.1. Produkty uboczne 22
3.2. Surowce celowe 27
3.3. Organizacja zaplecza surowcowego 33

04 Budowa instalacji biogazowych 35

05 Technologie produkcji biogazu 40
5.1. Fermentacja sucha i mokra 42
5.2. Podział technologii w zależności od sposobu napełniania komór 43

06 Etapy procesu inwestycyjnego 45
6.1. Wybór lokalizacji 45
6.2. Cykl inwestycyjny budowy biogazowni 51

07 Zagospodarowanie biogazu 56
7.1. Uzdatnianie biogazu 56
7.2. Silniki kogeneracyjne 58
7.3. Wykorzystanie biogazu do napędu pojazdów 60
7.4. Wtłaczanie biometanu do sieci gazowej 60

08 Zagospodarowanie pozostałości pofermentacyjnej 61
8.1. Charakterystyka pozostałości pofermentacyjnej 61
8.2. Zagospodarowanie pozostałości pofermentacyjnej 63

09 Aspekty prawne dotyczące produkcji biogazu 68

10 Oddziaływanie biogazowni na otoczenie 71
10.1. Aspekty społeczne 71
10.2. Aspekty środowiskowe 73
10.3. Aspekty ekonomiczne 76

11 Mikrobiogazownie rolnicze 78

12 Przykłady funkcjonujących biogazowi rolniczych 83

13 Polska mapa biogazowni 86

Podsumowanie 87

OD FUNDACJI

Drodzy Czytelnicy,

Oddajemy w Państwa ręce publikację przygotowaną w ramach projektu „Biogazownie szansą dla rolnictwa i środowiska – ogólnopolska kampania edukacyjno-informacyjna" i realizowanego przez Fundację na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa (FDPA). Jego celem jest kompleksowe i efektywne edukowanie na temat biogazowni: docieranie do inwestorów i rolników z rzetelną informacją nt. zagrożeń, szans i barier oraz łagodzenie obaw, jakie pojawiają się w polskim społeczeństwie związane z tego rodzaju instalacjami.

Projekt jest już piątym przedsięwzięciem nt. odnawialnych źródeł energii oraz zmian klimatu, jaki realizuje nasza organizacja. Działania tego rodzaju wpisują się w cele i nową strategię FDPA, którymi są m.in. wpływ na kształtowanie świadomości mieszkańców wsi w zakresie zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich, promocję racjonalnych działań proekologicznych, upowszechnianie dobrych praktyk w tym zakresie i zapewnienie kompleksowego wsparcia w ich wdrażaniu. Cele te staramy się osiągać poprzez realizację skutecznych kampanii edukacyjno-informacyjnych, organizację szkoleń, konferencji i wydawanie fachowych publikacji.

Mamy nadzieję, że i niniejszy podręcznik przyczyni się do wzrostu świadomości społeczności wiejskich i pokaże szanse, jakie stwarzają Polsce biogazownie w zakresie sposobu na redukcję emisji metanu do atmosfery, zmniejszenie ryzyka zanieczyszczenia wód gruntowych związkami azotu, aktywizacji obszarów wiejskich i podniesienie opłacalności produkcji rolnej, a także rozwój energetyki prosumenckiej.

Został on przygotowany z myślą o przybliżeniu podstaw funkcjonowania biogazowni, wskazaniu szans dla gospodarstw, które mogą wdrożyć tę technologię lub stać się dostawcami substratów dla większych instalacji. Publikacja pokazuje też najważniejsze zasady produkcji i przygotowania surowców dla biogazowni, możliwości wykorzystania pofermentu w rolnictwie, a także powiązania pomiędzy biogazownią i otoczeniem.

Czytelników, którym po lekturze książki nasuną się pytania i wątpliwości, zachęcamy do kontaktu z naszymi konsultantami. Doradcy z WODR i Powiatowych Punktów Konsultacyjnych, których wykaz znajduje się na stronie www.bio-gazownie.edu.pl. chętnie udzielą Państwu indywidualnych porad.

Fundacja na rzecz
Rozwoju Polskiego Rolnictwa

Źródło: www.sxc.hu

WPROWADZENIE

...biogaz rolniczy oznacza paliwo gazowe otrzymywane w procesie fermentacji metanowej surowców rolniczych, produktów ubocznych rolnictwa, płynnych lub stałych odchodów zwierzęcych, produktów ubocznych lub pozostałości z przetwórstwa produktów pochodzenia rolniczego lub biomasy leśnej, z wyłączeniem gazu pozyskanego z surowców pochodzących z oczyszczalni ścieków oraz składowisk odpadów....

Pogłębiające się zmiany klimatu i rosnące zanieczyszczenie środowiska sprawiają, że zwracamy coraz większą uwagę na możliwość wprowadzenia działań ograniczających emisję z niektórych procesów przemysłowych. Energetyka jest działem gospodarki, który szczególnie obciąża środowisko, zwłaszcza, że oparta jest głównie o surowce konwencjonalne (nieodnawialne): węgiel kamienny, ropę naftową i gaz ziemny. Również wiele gałęzi przemysłu, wykorzystując kopaliny, zwiększa emisję gazów cieplarnianych, związków siarki i azotu, a także wytwarza znaczne ilości odpadów stałych. Alternatywą dla spalania paliw kopalnych jest produkcja energii z odnawialnych źródeł: wiatru, wody, słońca, zasobów geotermalnych i biomasy. Właśnie to ostatnie źródło jest dla Polski najbardziej perspektywiczne. Biomasę można pozyskiwać z leśnictwa, rolnictwa i różnych gałęzi przemysłu, przetwarzającego surowce rolnicze i leśne. W zależności od charakteru i składu biomasy może ona być wykorzystana do produkcji paliw stałych (drewno, słoma, suche części nadziemne różnych gatunków roślin przetwarzane na brykiety, pelety i spalane w postaci sprasowanej lub rozdrobnionej), biopaliw płynnych (biodiesel z nasion rzepaku i bioetanol z ziarna zbóż, ziemniaka, buraka, melasy) oraz gazowych (gaz drzewny i biogaz). Szeroki wybór technologii przetwarzania biomasy na energię, jej dostępność i zróżnicowanie stanowią szansę dla gospodarstw rolnych, które mogą stać się ważnymi dostawcami surowców energetycznych i odbiorcami energii z tych źródeł.

Zdjęcie 1. Prace przy budowie biogazowni.

Źródło: Archiwum DODR we Wrocławiu.

Produkcja energii z odnawialnych źródeł to nie tylko wybór wynikający z dbałości o środowisko, ale też obowiązek nałożony przez Unię Europejską w postaci wielu zobowiązań, umów międzynarodowych i wskaźników. Realizacja tych zobowiązań możliwa jest pod warunkiem podjęcia intensywnych działań wdrożeniowych i upowszechniających wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w różnych działach gospodarki, w tym w rolnictwie. Gospodarstwa rolne mogą stać się zarówno producentami surowców energetycznych, wytwórcami energii i jej konsumentami.

Jednym z procesów, wykorzystujących biomasę na cele energetyczne, które mogą znaleźć zastosowanie w gospodarstwach rolnych, jest fermentacja metanowa prowadzona w biogazowniach rolniczych. Efektem tego procesu jest mieszanina gazów, nazywana biogazem.

Dyrektywa 2003/30/WE definiuje biogaz jako „paliwo gazowe produkowane z biomasy i/lub ulegającej biodegradacji części odpadów, które może być oczyszczone do jakości naturalnego gazu, do użycia jako biopaliwo[1], lub gaz drzewny".

1 Biopaliwo – paliwo powstałe z przetwórstwa biomasy — produktów organizmów żywych np. roślinnych, zwierzęcych czy mikroorganizmów.

Wg krajowego ustawodawstwa biogaz to „gaz pozyskany z biomasy, w szczególności z instalacji przeróbki odpadów zwierzęcych lub roślinnych, oczyszczalni ścieków oraz składowisk odpadów." Definicja ta zawarta jest w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 9 grudnia 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązku zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii (Dz. U. Nr 267, poz. 2656, z późn. zm.). Nowelizacja Prawa energetycznego z 2011 r. (Dz. U. Nr 205, poz. 1208) definiuje biogaz rolniczy jako „biogaz rolniczy oznacza paliwo gazowe otrzymywane w procesie fermentacji metanowej surowców rolniczych, produktów ubocznych rolnictwa, płynnych lub stałych odchodów zwierzęcych, produktów ubocznych lub pozostałości z przetwórstwa produktów pochodzenia rolniczego lub biomasy leśnej, z wyłączeniem gazu pozyskanego z surowców pochodzących z oczyszczalni ścieków oraz składowisk odpadów."

Biogazownie spełniają w różnych krajach różne zadania. W krajach Azji, gdzie powstało wiele milionów małych biogazowni, biogaz wykorzystywany jest do oświetlania i gotowania. Biogazownie w USA rozwiązują głównie problemy ochrony środowiska i produkcji energii. W Europie biogazownie rolnicze spełniają rolę czynnika napędzającego rozwój wielu dziedzin gospodarki. W Danii, począwszy od prostej utylizacji gnojowicy, z czasem powstały drogie, zautomatyzowane, najczęściej duże, zbiorcze biogazownie centralne. We Włoszech, Wielkiej Brytanii, Hiszpanii biogazownie spełniają głównie rolę ochrony środowiska. W Austrii zwraca się szczególną uwagę na fermentację odchodów zwierzęcych, upraw energetycznych i poplonów. W Niemczech funkcjonują biogazownie rolnicze o różnej wydajności, a ich liczba pod koniec 2012 r. przekraczała 7 tysięcy. Spełniają one rolę kompleksowych rozwiązań ochrony środowiska i lokalnych rozproszonych źródeł energii.

Duże zainteresowanie produkcją biogazu w niektórych krajach (Niemcy, Austria) sprawia, że w biogazowniach wykorzystuje się coraz więcej substratów, zarówno odpadowych, jak i celowo wytwarzanych, szczególnie w rolnictwie i przemyśle rolno-spożywczym.

Produkcja energii elektrycznej z biogazu w Polsce stanowi niewielki odsetek ogólnej produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawial-

Zdjęcie 2. Biogazownia rolnicza.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk-Juśko.

nych. Według GUS udział biogazu w łącznym pozyskaniu energii ze źródeł odnawialnych wyniósł 1,76% w 2011 r. Do niedawna była to głównie produkcja uzyskiwana z fermentacji osadów ściekowych oraz odzysku gazu wysypiskowego, nie zaś biogazowni rolniczych. Pierwsza z obecnie funkcjonujących w Polsce biogazowni rolniczych została uruchomiona w 2005 r., a do chwili obecnej oddano do użytku 40 takich instalacji. Wcześniejsze wdrożenia technologii fermentacji miały miejsce w latach 80-tych XX wieku, kiedy to wybudowano dziesięć biogazowni, których projekty były opracowane przez Instytut Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie. Problemy ekonomiczne przedsiębiorstw, w których funkcjonowały biogazownie (były to PGR-y) i okres transformacji ustrojowej doprowadziły do ich zamknięcia. Obecny wzrost zainteresowania produkcją biogazu, obserwowany zarówno w rolnictwie, jak i innych gałęziach gospodarki, gdzie powstają substraty nadające się do fermentacji, można traktować jako powrót do technologii, a nie wdrażanie czegoś zupełnie nowego.

Największymi producentami biogazu w Unii Europejskiej są Niemcy (tab. 1). Polska zajmuje 9 miejsce pod względem produkcji biogazu ogółem. Jednak udział biogazu wyprodukowanego w Polsce w biogazowniach rolniczych, stale rośnie. W latach 2005-2006 stanowił on 1% łącznej produkcji biogazu, natomiast w roku 2011 wzrósł do ok. 15%. Pozostała część produkcji przypada na biogazownie funkcjonujące przy oczyszczalniach ścieków i składowiskach odpadów.

Produkcja biogazu budzi w Polsce wiele kontrowersji. Z jednej strony jest to zainteresowanie budową instalacji o różnej skali, w tym mikrobiogazowni, z drugiej zaś są to protesty społeczne.

Tabela 1. Produkcja energii z biogazu w państwach członkowskich UE w latach 2010-2011 (GWh).

Kraje	*2010*			*2011*		
	Energia elektryczna	*Energia elektryczna i cieplna*	*Razem*	*Energia elektryczna*	*Energia elektryczna i cieplna*	*Razem*
Estonia	0	10,2	10,2	0,0	17,0	17,0
Rumunia	0	1,0	1,0	0,0	19,1	19,1
Szwecja	0	36,4	36,4	0,0	33,0	33,0
Litwa	0	31,0	31,0	0,0	37,0	37,0
Luksemburg	0	55,9	55,9	0,0	55,3	55,3
Finlandia	51,5	37,8	89,2	53,6	39,4	93,0
Łotwa	5,9	50,8	56,7	0,0	105,3	105,3
Słowacja	2,0	21,0	22,0	39,0	74,0	113,0
Słowenia	7,2	90,2	97,2	5,7	121,0	126,7
Portugalia	90,0	11,0	101,0	149,0	11,0	160,0
Węgry	75,0	21,0	96,0	128,0	55,0	183,0
Grecja	190,5	31,4	221,9	37,6	161,7	199,3
Irlandia	184,0	22,0	206,0	181,0	22,0	203,0
Dania	1,0	352,0	353,0	1,0	342,0	343,0
Polska	**0,0**	**398,4**	**398,4**	**0,0**	**430,0**	**430,0**
Belgia	149,0	417,0	566,0	158,0	442,0	600,0
Austria	603,0	45,0	648,0	555,0	70,0	625,0
Hiszpania	536,0	117,0	653,0	709,0	166,0	875,0
Czechy	361,0	275,0	636,0	535,0	394,0	929,0
Holandia	82,0	946,0	1028,0	69,0	958,0	1027,0
Francja	756,0	297,0	1053,0	780,0	337,0	1117,0
Włochy	1451,2	602,9	2054,1	1868,5	1536,2	3404,7
Wielka Brytania	5137,0	575,0	5712,0	5098,0	637,0	5735,0
Niemcy	14847,0	1358,0	16205,0	10935,0	8491,0	19426,0
EU	24528,2	5803,0	30331,2	21302,4	14554,1	35856,4

Źródło: EurObserv'ER 2012.

01

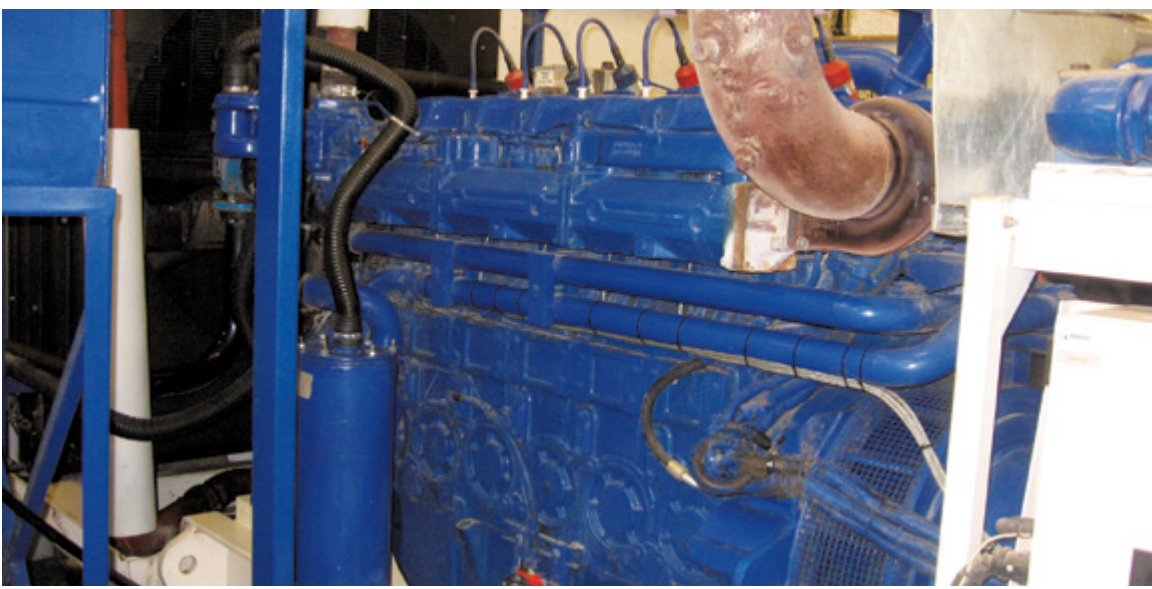
ŹRÓDŁA BIOGAZU

Biogaz jest mieszaniną gazów powszechnie tworzących się w środowisku. Powstaje tam, gdzie materia organiczna (rośliny, szczątki zwierzęce) znajdzie się bez dostępu tlenu, a w sprzyjającej temperaturze i warunkach odpowiedniego uwodnienia. Proces inicjowany jest już w temp. kilku stopni Celsjusza powyżej zera, zaś zawartość wody niezbędna do życia mikroorganizmów wynosi kilkanaście procent. W takich warunkach rozwijają się bakterie, które rozkładają te szczątki, a wskutek rozkładu wydziela się biogaz. Pierwotna nazwa biogazu to gaz błotny lub bagienny, gdyż powstaje na bagnach, w procesie rozkładu materii organicznej zalegającej dna zbiorników wodnych. Wydzielanie gazu błotnego obserwowane jest we wszystkich rejonach świata. Również w Polsce na terenach bagiennych stwierdzić można obecność gazu błotnego, wydzielającego się w postaci pęcherzyków, który ma właściwości palne. W miejscowości Stańczyki na północnych krańcach Mazur w 1926 r. nastąpił wybuch gazu błotnego w jeziorku Tobell, który wyrzucił bryły błota na odległość kilkuset metrów.

Gaz ziemny o dużej zawartości metanu znajduje się w skorupie ziemskiej, skąd pozyskiwany jest jako paliwo konwencjonalne lub wydobywa się podczas erupcji wulkanicznych i pęknięć skorupy. Jest tam zgromadzony w dużych złożach, obficie występujących tylko w niektórych regionach świata, lub też w mniejszych skupiskach skał, nazywanych łupkami, przez co określany jest gazem łupkowym. Gaz ziemny i gaz łupkowy powstały z rozkładu materii organicznej, jednak miało to miejsce przed milionami lat. Gaz ziemny tzw. właściwy, zawiera głównie metan oraz inne węglowodory, a zawartość innych gazów (związków siarki, azotu, węgla) jest niska. Z kolei biogaz rolniczy zawiera zaledwie 50-70% metanu, resztę zaś stanowi dwutlenek węgla i inne gazy.

Biogaz jest mieszaniną gazów powszechnie tworzących się w środowisku.

Zdjęcie 3. Agregat kogeneracyjny na składowisku odpadów.



Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

Aby uzyskać tak czysty metan, jaki występuje w skorupie ziemskiej, niezbędne jest oczyszczanie biogazu za pomocą różnych metod (patrz rozdz. 7.1). Metan powstaje też w przewodach pokarmowych przeżuwaczy (bydła, kóz, owiec), jak i w procesach wywoływanych działalnością człowieka, czyli w źródłach antropogenicznych:

- podczas wydobycia węgla, gazu ziemnego i ropy naftowej,
- w procesach przetwórstwa bogactw naturalnych,
- w procesach związanych z hodowlą zwierząt domowych, w tym w miejscach składowania nawozów naturalnych,
- na polach ryżowych,
- na składowiskach odpadów,
- w oczyszczalniach ścieków.

Oprócz naturalnych i antropogenicznych źródeł, z których metan trafia do atmosfery, produkowany jest on również w procesach sterowanych przez człowieka w celu utylizacji odpadów, bądź też produkcji energii elektrycznej i cieplnej.

Proces fermentacji metanowej jest znany od dawna i wykorzystywany przez człowieka w procesach o różnych stopniach zaawansowania. W biogazowniach wykorzystuje się biomasę, czyli surowiec odnawialny, dlatego otrzymany biogaz traktowany jest jako odnawialne, ekologiczne źródło energii. Podstawowe źródła pozyskiwania biogazu, stosowanego jako odnawialne źródło energii to:

- fermentacja osadu czynnego w komorach fermentacyjnych oczyszczalni ścieków,
- fermentacja organicznych odpadów komunalnych i przemysłowych,
- fermentacja gnojowicy i obornika w gospodarstwach rolnych,
- fermentacja biomasy roślinnej,
- fermentacja wyżej wymienionych substratów w różnych proporcjach.

Proces fermentacji metanowej jest znany od dawna i wykorzystywany przez człowieka w procesach o różnych stopniach zaawansowania.

Zdjęcie 4. Instalacje do odgazowania składowiska.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

1.1. Gaz wysypiskowy i biogaz z fermentacji osadów ściekowych

Jednym ze składników odpadów komunalnych są odpady organiczne, które ulegają procesowi biodegradacji. W odpowiednich warunkach składowania odpadów zachodzą w ich masie procesy beztlenowe, prowadzące do wydzielenia metanu. Sprzyjające warunki dla procesów fermentacji metanowej to: uszczelnienie dna i skarp wysypiska, ugniatanie i przykrywanie warstwy odpadów ziemią lub innym obojętnym materiałem, kontrolowanie wilgotności złoża (drenaż odcieków). Rozkład biodegradowalnej (organicznej) frakcji odpadów składa się z szeregu spontanicznie zachodzących procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych. Najszybciej degradują się odpady żywnościowe, wolniej - zielone ogrodowe, najwolniej - papier, tektura, drewno, odpady włókiennicze. Tworzywa sztuczne, szkło, guma itp. substancje praktycznie nie ulegają biodegradacji.

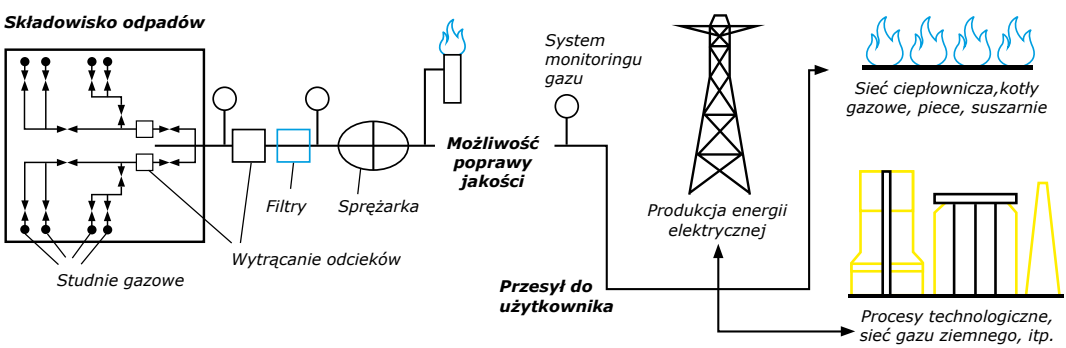
Proces tworzenia się gazu wysypiskowego zależny jest od całego szeregu czynników, takich jak np. skład i gęstość odpadów, wysokość składowania, zawartość wody w odpadach, temperatura powietrza, ciśnienie atmosferyczne i ilość odpadów. Przyjmuje się, że w praktyce z jednej tony odpadów można pozyskać 200-250 m^3 gazu wysypiskowego o zawartości metanu ok. 45-65%.

Powstający biogaz, nie odprowadzany w sposób kontrolowany, stwarza określone zagrożenia: wybuchowe, samozapłonu składowisk, zanieczyszczenia wód gruntowych, zanieczyszczenia powietrza - emisji gazów cieplarnianych i odorów. Dla każdego składowiska odpadów komunalnych powinno być zapewnione odgazowanie, które może odbywać się w sposób pasywny lub aktywny. Końcowym elementem każdego systemu odgazowania jest pochodnia, niezbędna nawet wówczas, gdy gaz wysypiskowy wykorzystywany jest jako paliwo w urządzeniach produkujących energię. Pochodnia spełnia swoje zadanie w sytuacjach awaryjnych lub w okresach, gdy występuje nadmiar produkcji gazu w stosunku do możliwości odbioru energii.

W wyniku trwania procesów mikrobiologicznych z upływem czasu zmniejsza się ilość substancji organicznych w odpadach i tym samym następuje spadek ilości pozyskiwanego metanu oraz opłacalności jego pozyskania i wykorzystania energetycznego.

Instalacje do odgazowania zamkniętego składowiska wykonywane są tylko na dużych obiektach, o głębokości co najmniej 10 m, gromadzące minimum 1 mln ton odpadów. Nowe

Rysunek 1. Schemat wykorzystania gazu wysypiskowego.

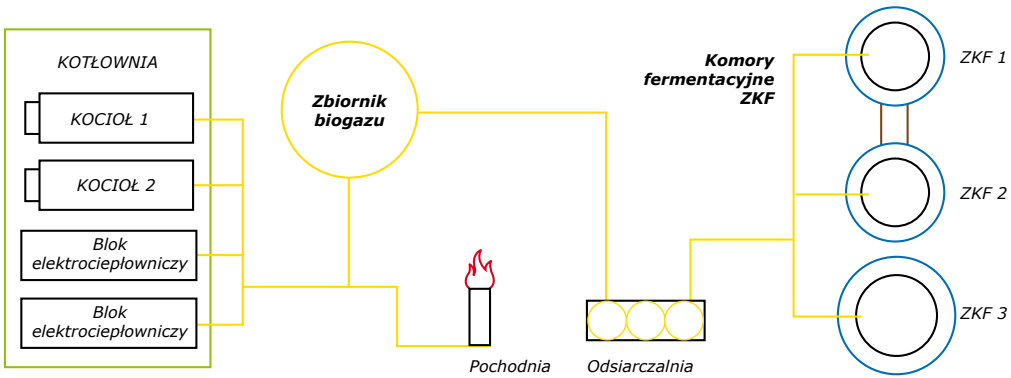


Źródło: Grzesik K., 2005. Wykorzystanie biogazu wysypiskowego. [w:] Zielone Prądy w Edukacji, Polskie Towarzystwo Inżynierii Ekologicznej, Kraków.

składowiska obligatoryjnie są wyposażane w instalacje odgazowujące, zgodnie z przepisami dotyczącymi składowania odpadów.

Biogaz produkowany był w Polsce już przed II wojną światową w procesie fermentacji osadu ściekowego. W większości oczyszczalni zrezygnowano z tego procesu ze względów oszczędnościowych, zaś powrót do tej koncepcji miał miejsce w latach 90-tych XX w. Fermentację osadu czynnego, wytrąconego ze ścieków komunalnych przeprowadza się w zamkniętych komorach fermentacyjnych (ZKF). Osady ściekowe wykazują dużą zmienność składu chemicznego, zależną od właściwości ścieków, technologii oczyszczania i przeróbki osadów. Świeży osad ściekowy jest doprowadzany rurociągiem do ZKF, a przefermentowany szlam usuwany jest przenośnikiem ślimakowym. Biogaz gromadzący się pod pokrywą komory jest odprowadzany do zbiornika w sposób ciągły lub okresowy i po odsiarczeniu może być wykorzystany jako nośnik energii (rys. 2).

Rysunek 2. Schemat instalacji biogazowej w oczyszczalni ścieków w Tychach-Urbanowicach.



Źródło: Bacza T. Energetyczne wykorzystanie biogazu. Regionalne Centrum Gospodarki Wodno-Ściekowej. www.rcgw.pl.

Zdjęcie 5. Instalacja do fermentacji osadu ściekowego przy oczyszczalni w Zamościu.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

Przyjmuje się, że z 1000 m^3 ścieków wpływających do oczyszczalni można uzyskać 100-200 m^3 biogazu. Standardowo z 1 m^3 osadu (4-5% suchej masy) można uzyskać 10-20 m^3 biogazu o zawartości ok. 60% metanu. Do produkcji biogazu najlepiej dostosowane są oczyszczalnie biologiczne, które mają zastosowanie we wszystkich oczyszczalniach ścieków komunalnych oraz w części oczyszczalni przemysłowych. Beztlenowe metody oczyszczania ścieków z energetycznym wykorzystaniem powstającego biogazu można z powodzeniem wdrożyć w różnorodnych zakładach przetwórstwa rolno-spożywczego. Przetworzony osad ściekowy, po jego dalszym odwodnieniu, może być wykorzystany do celów przyrodniczych, rekultywacji obszarów zdegradowanych oraz w rolnictwie jako cenny nawóz zawierający substancje nieorganiczne.

1.2. Biogaz rolniczy

Naturalnym źródłem metanu są odchody zwierzęce: obornik i gnojowica, dlatego odpady te są dobrym surowcem do produkcji biometanu w biogazowniach rolniczych.

Celem funkcjonowania biogazowni rolniczych jest przede wszystkim redukcja emisji metanu i utylizacja odpadów, a równocześnie produkcja biogazu. Do tego procesu wykorzystywane są zarówno biodegradowalne odpady i produkty uboczne z rolnictwa i przetwórstwa rolno-spożywczego, a także biomasa z celowych upraw rolniczych.

Największe możliwości pozyskania biogazu w Polsce mają gospodarstwa specjalizujące się w produkcji zwierzęcej o koncentracji powyżej 100 DJP (duża jednostka przeliczeniowa, dawniej sztuka duża o masie 500 kg). Nie wyklucza to możliwości budowy biogazowni przez grupy producenckie utrzymujące mniejszą liczbę zwierząt w poszczególnych gospodarstwach.

Zdjęcie 6. Komory fermentacyjne (po lewej) i pofermentacyjne (po prawej).

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

Najczęściej wykorzystywanym substratem w biogazowni jest gnojowica, jednak również odchody o większej zawartości suchej masy, jak obornik czy odchody drobiu mogą być poddawane fermentacji beztlenowej. O ile obornik znajduje obecnie w Polsce w całości wykorzystanie w rolnictwie jako nawóz organiczny, o tyle zagospodarowanie odchodów drobiu często nastręcza problemy. Fermy drobiu prowadzące chów bezściółkowy nie potrzebują gruntów do produkcji pasz, nie dysponują więc terenem, na którym mogłyby być stosowane odchody. W tej sytuacji fermentacja jest racjonalnym sposobem utylizacji odchodów i zmniejszenia obciążenia środowiska biogenami.

Poddawanie odchodów zwierząt i ptaków hodowlanych fermentacji beztlenowej w kontekście nawozowego wykorzystania niesie za sobą następujące efekty:

- poprawa warunków nawożenia pól uprawnych w porównaniu z surową gnojowicą,
- zmniejszenie ilości azotu azotanowego na rzecz amonowego,
- zdolność do utrzymania równowagi humusu w glebie,
- zniszczenie nasion chwastów - zmniejszenie zużycia herbicydów,
- eliminacja patogenów dzięki np. procesowi higienizacji,
- ograniczenie zużycia nawozów sztucznych,
- zmniejszenie ryzyka zanieczyszczenia wód gruntowych i powierzchniowych ograniczenie rozprzestrzeniania czynników chorobotwórczych zawartych w odchodach zwierzęcych, takich jak bakterie *Salmonella*, *Escherichia coli*, bakterie tuberkulozy, wirusy pryszczycy itp.,
- redukcja emisji gazów cieplarnianych: podtlenku azotu oraz metanu, wydzielających się podczas przechowywania nawozów naturalnych.

Tereny rolnicze są też miejscem produkcji celowych substratów do produkcji biogazu, czyli biomasy roślinnej. Do produkcji biogazu przydatne są różne gatunki roślin, a najbardziej rozpowszechniona jest kukurydza, z której sporządza się kiszonkę. Również inne rośliny znajdują wykorzystanie w biogazowniach rolniczych.

PODSTAWY PROCESU FERMENTACJI

Wielkocząsteczkowe substancje organiczne tworzące biomasę (węglowodany, białka, tłuszcze) są rozkładane w warunkach beztlenowych przez odpowiednie gatunki i szczepy bakterii do alkoholi lub niższych kwasów organicznych, a następnie na związki proste – głównie metan i dwutlenek węgla. Ten złożony proces biochemiczny określany jest mianem fermentacji metanowej lub beztlenowej.

Przemiany substancji organicznych w komorach fermentacyjnych prowadzą liczne bakterie, wprowadzane tam razem z biomasą, będącą substratem procesu, np. bakterie bytujące w układach pokarmowych zwierząt gospodarskich (z treścią jelitową), biorące udział w zakiszaniu biomasy roślinnej (z kiszonkami), znajdujące się w odchodach zwierząt, osadach ściekowych itp. Trafiają tu również przypadkowo znajdujące się nie zniszczone bakterie, które dostały się np. w raz z pożywieniem człowieka czy zwierząt.

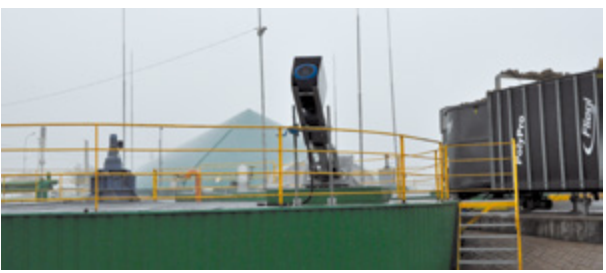
2.1. Przebieg fermentacji metanowej

Fermentacja jest złożonym procesem biochemicznym. Wyróżnia się cztery podstawowe etapy procesu fermentacji (rys. 3), prowadzone przez odpowiednie rodzaje bakterii:

- hydrolizę,
- kwasogenezę (fazę kwaśną),
- acetogenezę (octanogenezę),
- metanogenezę.

Każda kolejna faza polega na rozkładzie związków, z których zbudowane są wykorzystane w procesie substraty, do postaci coraz prostszej, a w końcowym etapie do metanu, dwutlenku węgla i pozostałych związków, czyli biogazu.

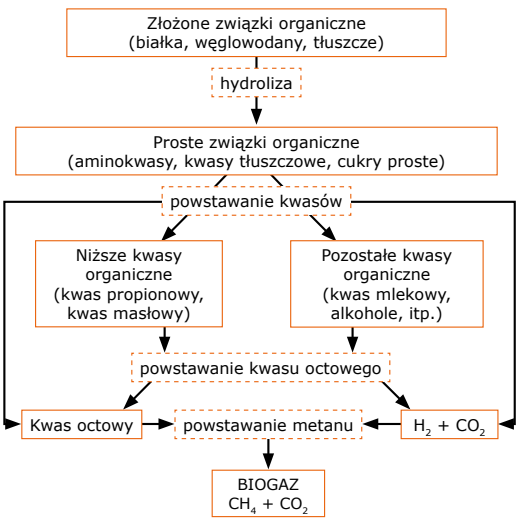
Zdjęcie 7. Biogazownia Klępsk.



Źródło: Archiwum FDPA.

W komorze fermentacyjnej etapy te zachodzą równocześnie, jednak kiedy weźmie się pod uwagę pojedynczą cząstkę biomasy, można prześledzić opisane poniżej przemiany, jako następujące kolejno po sobie procesy rozkładu.

Rysunek 3. Przebieg procesów zachodzących podczas fermentacji metanowej.



Źródło: Opracowanie własne.

2.2. Czynniki wpływające na proces fermentacji metanowej oraz inhibitory i stymulatory procesu

Aby uzyskać dużą wydajność biogazu podczas fermentacji metanowej potrzebne jest stworzenie jak najbardziej korzystnych warunków dla rozwoju mikroorganizmów, które ten proces prowadzą.

Bakterie metanowe, które żyją w odpowiednich warunkach są zdolne do wytworzenia dużej ilości biogazu o korzystnym składzie. Na przebieg procesu fermentacji metanowej wpływa szereg czynników, z których najważniejsze to:

TEMPERATURA, która musi być utrzymana przez cały okres prowadzenia procesu. Fermentacja metanowa może przebiegać w zakresie temperatur 4-70°C, jednak wyróżnia się dwie maksymalne wydajności gazu: pierwszą przy temperaturze 30-37°C (bakterie mezofilne) i drugą przy temperaturze 52-55°C (bakterie termofilne). Termofilne warunki procesu reakcji pozwalają na jego skrócenie, jednak bakterie termofilne są bardziej czułe na zakłócenia i nieregularność dostarczania substratu, co sprawia, że proces ten łatwo ulega zachwianiu. Ponadto utrzymanie temperatury w komorze fermentacyjnej na poziomie ok. 52°C wymaga większych nakładów energii i bardzo starannego zaizolowania komór. Stąd też w warunkach Europy Środkowej najczęściej stosowanym procesem jest fermentacja mezofilna.

Zdjęcie 8. Bioelektrownia Piaski.

Źródło: www.wikanabioenergia.pl

CZAS RETENCJI - okres przetrzymania substratów w komorze fermentacyjnej, jest uzależniony od temperatury, w jakiej przebiega proces fermentacji oraz składu substratów. W warunkach mezofilnych rozkład substancji organicznych trwa od 12 do 36 dni. W podwyższonej temperaturze 52-55°C, w warunkach termofilnych substancje organiczne rozkładają się szybciej i czas retencji jest krótszy: 12 do 14 dni. Zależy on również od rodzaju materiału wsadowego. Substancje organiczne ulegają rozkładowi w różnym tempie i tak najdłuższy czas retencji wymagany jest w przypadku podwyższonej zawartości celulozy, hemiceluluzy, krótszy w przypadku białek i tłuszczy, a najkrótszy dla cukrów. Dla przykładu dla gnojowicy świńskiej wynosi on 10-15 dni.

OBCIĄŻENIE ładunkiem materii organicznej ma zasadniczy wpływ na przebieg procesu fermentacji i ilości wyprodukowanego biogazu. Przy zwiększaniu ładunku do wartości granicznej zwiększa się produkcja biogazu. Po osiągnięciu maksimum produkcja maleje (następuje przeciążenie układu). Konieczne jest więc rozpoznanie optymalnego zakresu obciążenia komory fermentacyjnej. Właściwie realizowana kinetyka fermentacji beztlenowej umożliwia obciążenie komory na poziomie ok. 5 kg s.m.o./m^3 komory/dobę, jednak każda mieszanina kosubstratów wymaga indywidualnego określenia obciążenia substancją organiczną.

ODCZYN - bakterie metanogenne wymagają odczynu obojętnego, tj. pH ok. 7. Odchody zwierzęce mają z reguły odczyn zasadowy. W przypadku szybkiego rozkładu substancji organicznych do niższych kwasów organicznych w pierwszym etapie przemian, obserwuje się obniżenie od-

czynu masy fermentującej do pH 6,2- 6,5. Aby temu zapobiec można dodać wapna bądź świeżej gnojowicy w celu zmiany odczynu.

MIESZANIE BIOMASY jest niezbędne w celu: zapewnienia przebiegu procesu w sposób jednorodny w całej objętości, utrzymania jednorodnej konsystencji, zapobiegania tworzeniu się kożucha. Mieszanie biomasy zwiększa dostęp bakterii do cząstek substancji organicznej, a tym samym przyspiesza proces fermentacji

SUBSTANCJE TOKSYCZNE. Amoniak ma hamujący wpływ na proces fermentacji, również niektóre pierwiastki np. chrom mogą powstrzymać ten proces. Ponieważ w odchodach zwierzęcych występują duże stężenia azotu amonowego zaleca się rozcieńczanie biomasy. Innym sposobem może być dodatek biomasy o wysokiej zawartości węgla (np. słomy) i zwiększenie stosunku C/N w biomasie.

Istnieje wiele związków chemicznych, które mogą działać na bakterie prowadzące fermentację w sposób hamujący (nazywamy je inhibitorami) lub przyspieszający (są to stymulatory). Substancje te mogą dostawać się do komór fermentacyjnych wraz z wprowadzanymi substratami, lub powstawać już w samym procesie fermentacji. Dlatego należy dbać o jakość substratów, znać ich skład chemiczny i podstawy współdziałania poszczególnych grup związków. Należy mieć na uwadze, że silne działanie inhibicyjne niektórych związków może doprowadzić do zahamowania procesu fermentacji w całej komorze, konieczności usunięcia całej jej zawartości, a co za tym idzie – znaczących strat.

Inhibitory procesu

Fermentacja metanowa może zostać zaburzona przez działanie preparatów bakteriobójczych, herbicydów, insektycydów, środków powierzchniowo czynnych. Pozostałości tych preparatów mogą znajdować się na substratach roślinnych, a także cieczach pozostałych np. po myciu maszyn i urządzeń rolniczych. Aby zapobiec zniszczeniu mikroorganizmów w komorze fermentacyjnej należy przestrzegać okresów karencji podczas stosowania środków ochrony roślin, podobnie jak w przypadku wykorzystania roślin na cele paszowe czy spożywcze. Należy też dbać o to, aby do masy substratów nie przedostały się niepożądane preparaty chemiczne.

W komorach fermentacyjnych występują takie substancje jak: metale ciężkie, siarczki, kwasy lotne, amoniak, węglowodory, które w odpowiednich stężeniach mają działanie toksyczne.

Aby uniknąć kumulowania związków o działaniu hamującym ważny jest właściwy dobór substratów oraz stała kontrola przebiegu procesu.

Stymulatory procesu

Jednym z najważniejszych czynników umożliwiających wzrost bakterii metanowych jest obecność cząstek stałych spełniających rolę pokarmu i podłoża do rozwoju mikroorganizmów. W osadach ściekowych, gnojowicy i materiałach roślinnych warunek ten jest spełniony, gdyż zawierają one szereg związków organicznych, tworzących z jednej strony budulec, stanowiący miejsce osadzania się bakterii, z drugiej zaś związki proste, ulegające rozkładowi i stanowiących pożywienie dla mikroorganizmów. W przypadku fermentacji substancji organicznych będących wodnymi roztworami właściwymi, niezbędne jest dodanie osadów lub zastosowanie wypełnienia służącego do zasiedlenia bakterii.

Zdjęcie 9. Biogazownia rolnicza w Uhninie.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

2.3. Biogaz i jego właściwości

Biogaz i jego główny składnik – metan oraz jego właściwości i wartość opałowa, zostały odkryte w 1776 r. przez Alessandro Voltę – włoskiego fizyka, wynalazcę, konstruktora i fizjologa. Metan (CH_4) to najprostszy alifatyczny węglowodór nasycony, główny składnik gazu ziemnego, kopalnianego i błotnego. Stosowany jest jako paliwo, główne źródło wodoru, gazu wodnego, itp., jako surowiec w przemyśle petrochemicznym i innych. Ilość i skład powstającego podczas fermentacji biogazu zależy od rodzaju materiału wsadowego i ilości zawartych w nim związków organicznych.

Według różnych ocen, wpływ metanu na pogłębianie efektu cieplarnianego jest ok. 21-krotnie wyższy w porównaniu z dwutlenkiem węgla.

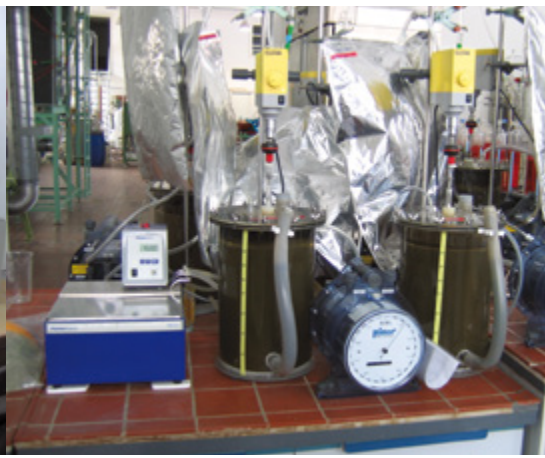
Biogaz składa się z mieszaniny gazów, głównie metanu i dwutlenku węgla (tab. 2). Metan należy do grupy tzw. gazów cieplarnianych (szklarniowych), które wpływają na zmiany klimatu, określane mianem efektu cieplarnianego. Według różnych ocen, wpływ metanu na pogłębianie efektu cieplarnianego jest ok. 21-krotnie wyższy w porównaniu z dwutlenkiem węgla. Mimo podejmowanych działań ograniczenia emisji tego gazu do atmosfery, trudno jest uzyskać wymierny efekt, gdyż istnieje wiele naturalnych źródeł jego powstawania, zaś ok. 25% jego globalnej emisji stanowią zalane wodą pola ryżowe.

Tabela 2. Zawartość poszczególnych składników w biogazie.

Składnik	***Stężenie***
metan	50-75%
dwutlenek węgla	25-45%
woda	2-7%
siarkowodór	20-20000 ppm
azot	≤2%
tlen	≤1%
wodór	≤1%
merkaptany, składniki śladowe	≤1%

Źródło: Oleszkiewicz J., 1999. Eksploatacja składowiska odpadów. Poradnik decydenta. Lem Projekt s.c., Kraków.

Zdjęcie 10. Małe laboratorium do badania wydajności substratów w biogazowni w Uhninie oraz laboratorium biogazu w instytucie badawczym w Niemczech.



Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

Skład biogazu w zależności od kierunku pochodzenia

W zależności od źródła pozyskiwania biogazu może on zawierać szereg substancji, które podczas spalania mogą przyczyniać się do niekontrolowanego wzrostu silnie toksycznych związków chemicznych, takich jak: dioksyny (PCDD - polichlorowane-dibenzo-dioksyny), furany (PCDF - polichlorowane-dibenzo-furany) i organiczne związki siarki.

Biogaz wysypiskowy różni się od innych biogazów zawartością znacznej liczby śladowych substancji organicznych, których do tej pory wykryto około 300. Towarzyszą mu składniki chloroorganiczne, ulatniające się ze składowanych tworzyw sztucznych wskutek ich chemicznej i biologicznej degradacji. Związki PCDD/F mogą powstawać na wysypiskach śmieci w wyniku częściowo beztlenowej fermentacji.

Również biogaz powstający w zamkniętych komorach fermentacyjnych oczyszczalni ścieków charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem składu chemicznego. Proces fermentacji ścieków jest procesem znacznie bardziej zintensyfikowanym od biodegradacji zachodzącej na wysypisku. Podczas fermentacji ścieków zachodzą reakcje chemiczne, w wyniku których następuje znaczący wzrost stężenia dioksyn nawet od 70 do 90%.

Najmniej niepożądanych domieszek występuje w biogazie rolniczym. Wynika to z dość jednolitego składu substratów stosowanych w biogazowniach zagospodarowujących produkty i odpady z rolnictwa (tab. 3).

Tabela 3. Skład biogazu w zależności od pochodzenia.

Składnik	***Symbol***	***Jednostka***	***Źródło biogazu***		
			biogaz rolniczy	***biogaz z oczyszczalni ścieków***	***biogaz wysypiskowy***
Metan	CH_4	%	45-75	57-62	37-67
Dwutlenek węgla	CO_2	%	25-55	33-38	24-40
Siarkowodór	H_2S	ppm	10-30 000	24-8 000	15-427
Tlen	O_2	%	0,01-2,0-2,1	0-0,5	1-5
Azot	N_2	%	0,01-5,0	3,4-8,1	10-25
Inne domieszki: chloroetan dwuchlorofluorometan trójchlorofluorometan chlorotrójfluorometan	 C_2H_3C1 $CC12F_2$ $CC1_3F$ $CC1F_3$	mg/Nm^3	ilości śladowe	ilości śladowe	 4,3 15,6 1,7 1,0

Źródło: Cebula J.: Biogas purification by sorption techniques. ACEE Journal, 2/2009.

Zdjęcie 11. Bioelektrownia w Siedliszczkach k. Piask.

Źródło: Archiwum firmy Wikana Bioenergia.

Właściwości fizyczne

Metan jest gazem bezbarwnym, bez zapachu, lżejszym od powietrza, o temperaturze topnienia -184°C, jego temperatura wrzenia wynosi -165°C, rozpuszczalny jest w alkoholu i eterze, pali się prawie nieświecącym, niebieskawym płomieniem.

Wiele gazów, wśród nich także metan, w pewnych wartościach temperatury i ciśnienia tworzy z wodą stosunkowo trwałe hydraty, które są ciałami stałymi. W temperaturze kilku stopni i pod ciśnieniem, panującym np. w oceanie na głębokości 500 metrów, metan z wodą formują bezbarwne, szkliste bryły z wyglądu przypominające lód. Jeśli temperatura wzrośnie lub ciśnienie zmaleje (albo oba zjawiska wystąpią łącznie), hydrat rozkłada się, wydzielając gazowy metan i wodę. Prowadzone są projekty odzysku metanu z hydratów zalegających w dnach mórz i oceanów, a wyniki dotychczasowych badań pozwalają ocenić tę technologię jako przyszłościową.

Właściwości palne

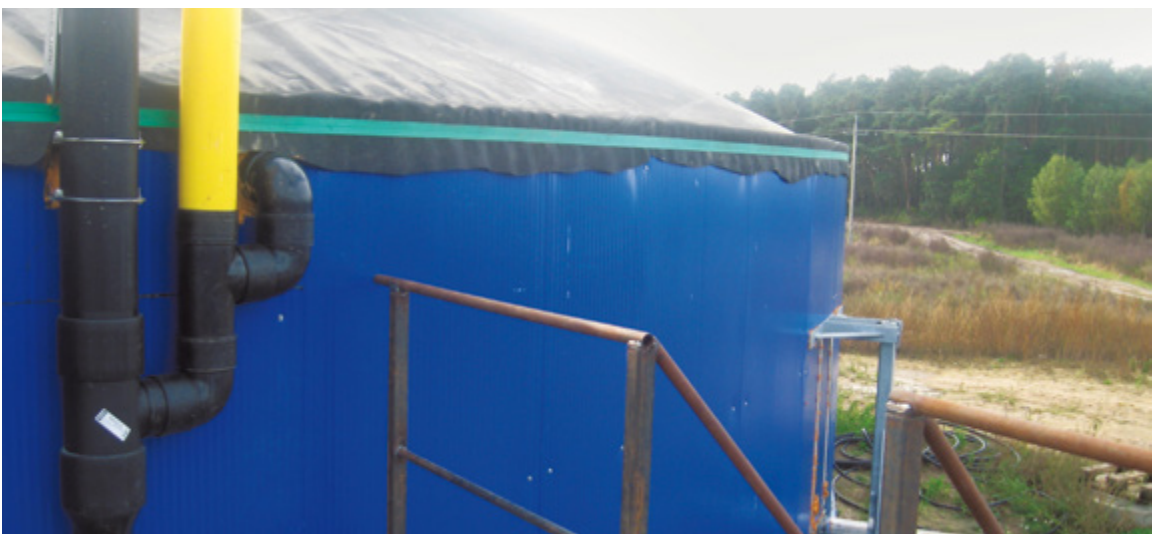
Metan jest gazem palnym. Przy wystarczającym dostępie powietrza metan spala się całkowicie, zaś przy ograniczonym dostępie powietrza spalanie przebiega inaczej, a produktami reakcji mogą być wówczas tlenek węgla lub sadza.

Wartość opałowa czystego metanu wynosi 35,7 MJ/m^3. Wartość energetyczna biogazu waha się w granicach 16,7 do 23 MJ/m^3 i jest ściśle uzależniona od proporcji gazów wchodzących w jego skład, szczególnie od udziału metanu. Średnia wartość opałowa biogazu wynosi ok. 21,54 MJ/m^3. W przypadku oczyszczenia biogazu z CO_2 jego wartość opałowa zwiększa się do ok. 35,5 MJ/m^3. Energia zawarta w 1 m^3 takiego biogazu odpowiada energii zawartej w 0,93 m^3 gazu ziemnego, w 1 dm^3 oleju napędowego, w 1,25 kg węgla lub odpowiada 9,4 kWh energii elektrycznej.

Wybuchowość i właściwości trująco-duszące

Istnieje bardzo małe ryzyko wybuchu biogazu powstającego w biogazowni. Tylko w określonych warunkach metan wykazuje właściwości wybuchowe. Aby proces spalania został zainicjowany muszą być spełnione jednocześnie trzy warunki: substancja palna, energia do zainicjowania zapłonu, tlen do utrzymania procesu spalania. Dodatkowo mieszanina metanu i powietrza musi być w odpowiedniej proporcji wyznaczonej określonymi stężeniami. Jest to dolna i górna granica zapalności (wybuchowości).

Zdjęcie 12. System odbioru biogazu z komory (Kalsk).



Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

Granice wybuchowości są zmienne i zależne od:
- temperatury - w miarę wzrostu temperatury mieszanina staje się bardziej zapalna;
- ciśnienia;
- ilości gazu obojętnego w mieszaninie;
- bodźca termicznego;
- składu - najbardziej niebezpieczną i wybuchową jest taka mieszanina, która ma pewną nadwyżkę łatwozapalnej pary lub gazu, w stosunku do ilości tlenu zawartego w powietrzu;
- miejsca zainicjowania zapłonu i kierunku dalszego rozprzestrzeniania się płomienia;
- stężenia tlenu w mieszaninie.

Przy wykonywaniu wszelkich prac serwisowych i obsługi, a więc podczas wszystkich operacji eksploatacyjnych dotyczących komór fermentacyjnych, pofermentacyjnych, zbiornika gazu i instalacji gazowej niezbędne są pomiary stężeń przy pomocy eksplozymetrów, właściwe procedury i zasady bezpieczeństwa określone w instrukcji eksploatacji biogazowni.

W celu zapewnienia bezpiecznej eksploatacji biogazowni wymagane są odpowiednie procedury. Najważniejsze to:
- kontrola drożności, szczelności i sprawności instalacji (przewodów, zaworów itd.),
- wymiana lub naprawa elementów uszkodzonych, skorodowanych,
- kontrola pracy silnika, kotła i pozostałych urządzeń pomocniczych według instrukcji eksploatacyjno-serwisowych,
- wykonywanie prac niebezpiecznych przez co najmniej dwie osoby,
- kontrola stanu technicznego zbiornika gazowego, komór, przykryć membranowych, mieszadeł, higienizatora itd.,
- prace remontowe lub konserwacyjne w miejscach zagrożonych wybuchem, pożarem lub zatruciem poprzedzone winny być badaniem detektorem gazu na obecność siarkowodoru, metanu,
- oznakowanie pomieszczeń zagrożonych wybuchem wraz ze strefami, przyporządkowanie nazw poszczególnym obiektom i urządzeniom wraz z informacją o zagrożeniach,
- asekuracja pracownika wykonującego pracę wyposażonego w szelki bezpieczeństwa i linkę asekuracyjną oraz w detektor wykrywania gazów niebezpiecznych i szkodliwych dla zdrowia w komorach, studzienkach drenujących przez co najmniej dwie osoby; osoby asekurujące wyposażone w aparaty oddechowe oraz w przenośne urządzenia do wydobycia poszkodowanego,
- wydzielone pomieszczenie na podręczną apteczkę wraz z instrukcją udzielenia pierwszej pomocy, zapewniona łączność telefoniczna,
- znajomość dróg ewakuacyjnych i sposobów ewakuacji wraz ze sposobem prowadzenia akcji ratowniczej i udzielania pierwszej pomocy,
- ukończony kursy BHP I-go stopnia wraz z dodatkowymi kwalifikacjami,
- uprawnienia do obsługi urządzeń energetycznych i cieplno-gazowych,
- przestrzeganie zasad pracy w opróżnionej komorze fermentacyjnej.

Przestrzeganie ww. zasad zabezpiecza nie tylko przed wybuchem biometanu, ale też przed zatruciem. Pracownicy wykonujący prace w poszczególnych strefach zagrożenia powinni być zaopatrzeni w odzież i sprzęt ochronny. Niezbędne jest też ich przeszkolenie w zakresie BHP i posiadanie odpowiednich uprawnień, w zależności od rodzaju wykonywanych prac. Przestrzeganie przepisów uchroni pracowników od zatrucia, a instalacja będzie prawidłowo eksploatowana.

Zdjęcie 13. Na terenie biogazowni należy przestrzegać zasad BHP.

Źródło: Archiwum FDPA.

SUROWCE DO PRODUKCJI BIOGAZU

Biomasa stanowiąca surowiec do produkcji biogazu składa się z trzech podstawowych grup związków organicznych: węglowodanów, białek i tłuszczów. Poza wymienionymi substancjami pokarmowymi do wzrostu mikroorganizmów w komorze fermentacyjnej potrzebne są również rozpuszczalne formy potasu, sodu, żelaza, magnezu i wapnia oraz pierwiastki śladowe, takie jak: molibden, mangan, miedź, cynk, kobalt, nikiel, selen i wolfram. Substraty stosowane najczęściej w biogazowniach, takie jak surowce i odpady z rolnictwa czy osady ściekowe, zawierają odpowiednie ilości wymienionych pierwiastków. W przypadku stosowania substratów silnie jednorodnych, o stałym składzie, niezbędne jest wzbogacanie wsadu mikroelementami w postaci syntetycznej lub wprowadzanie dodatków zawierających pierwiastki, które nie występują w substratach strategicznych.

Skład chemiczny poddawanych fermentacji związków organicznych, obok temperatury procesu i czasu przetrzymania substratów w reaktorze, decyduje o ilości i składzie biogazu.

Z 1kg węglowodanów powstaje średnio 0,42 sm^3 CH_4, z białek 0,47 m^3 CH_4, tłuszczów 0,75 m^3 CH_4. Najwięcej biogazu można uzyskać z rozkładu tłuszczów (tab. 4), jednak związki te charakteryzują się długim czasem rozkładu. Niezmiernie ważny jest więc taki dobór substratów dozowanych do komory, który pozwoli na jak najwyższą wydajność biogazu o możliwie wysokiej zawartości metanu. O doborze substratów do biogazowni decyduje ich dostępność na lokalnym rynku, koszty ich pozyskania (zakupu, transportu), możliwości magazynowania itp.

Tabela 4. Ilość i jakość biogazu otrzymywanego z różnych surowców.

Substrat	*Produkcja biogazu dm^3/kg*	*Zawartość metanu [%]*	*Zawartość CO_2 [%]*
Węglowodany	790	50	50
Tłuszcze	1250	68	32
Białka	700	71	29

Źródło: Cebula J., Latocha L., 2005. Biogazownie rolnicze elementem gospodarczego wykorzystania pozostałości z produkcji rolniczej oraz rozwoju rozproszonej energetyki odnawialnej. Mat. sem. Biogazownie rolnicze elementem gospodarczego wykorzystania biomasy z produkcji rolniczej, ochrony środowiska naturalnego oraz rozwoju rozproszonej energetyki odnawialnej, Mikołów.

Zdjęcie 14. Wycierka ziemniaczana jako substrat dla biogazowni.

Źródło: Archiwum FDPA.

Ogólnie surowce do produkcji biogazu dzielimy na monosubstraty i kosubstraty. Monosubstraty to substancje, które mają zdolność samoczynnej fermentacji, tj. zawierają odpowiedni bilans składników pokarmowych oraz odpowiednią ilość bakterii metanogennych. Do monosubstratów można zaliczyć np. gnojowicę bydła czy osad ściekowy, które są bogate w mikroorganizmy prowadzące fermentację metanową. Kosubstratami określamy te materiały, które dodawane są do komór fermentacyjnych w celu zwiększenia wydajności procesu i zbilansowania obciążenia substancją organiczną. Substraty można scharakteryzować ze względu na cechy funkcyjne i technologiczne, źródło pochodzenia i znaczenie (tab. 5).

Zdjęcie 15. Biogazownia w Skrzatuszu.

Źródło: Archiwum FDPA.

Tabela 5. Podział substratów w zależności od przyjętego kryterium.

Kryterium podziału	***Grupy substratów***	***Cechy***
Ze względu na cechy funkcyjne	rozcieńczające	zawartość s.m. do 8%; funkcja – rozrzedzanie wsadu; przykłady: gnojowica, serwatka, wywar, woda technologiczna
	zagęszczające	zawartość s.m. powyżej 8%; funkcja – dociążenie substancją organiczną; przykłady: kiszonki, odpady z przemysłu spożywczego, wysłodki, słoma
	zwiększające wydajność	dobierane precyzyjnie ze względu na zawartość węglowodanów, tłuszczu, białka; funkcja – poprawa wydajności biogazu, redukcja inhibitorów
	stabilizujące proces	dodawane w małych ilościach substancje chemiczne; funkcja – stabilizacja parametrów biochemicznych wsadu; przykład - mikroelementy
Ze względu na cechy technologiczne	inokulujące	zawierają odpowiednie szczepy bakterii; funkcja – zaszczepianie wsadu; przykłady: treść żwaczy, gnojowica bydła i trzody, fermentujące osady ściekowe
	adhezyjne	duża zawartość celulozy, średnie rozdrobnienie, łatwość unoszenia się w objętości komory; funkcja: tworzenie aglomeratów
	łatwo fermentujące	wydajne, łatwe do kontrolowania; przykłady: kiszonki, odchody, odpady z przemysłu rolno-spożywczego
	trudno fermentujące i niebezpieczne	odpady z rzeźni, odchody drobiu, gliceryna itp.
Ze względu na źródło pochodzenia	z upraw celowych	tradycyjne rośliny rolnicze, dotychczas uprawiane na paszę lub spożycie, np. kiszonka z kukurydzy, żyta, ziarno zbóż, buraki cukrowe i pastewne itp.;
	pozostałości z rolnictwa	rośliny uprawiane jako biomasa na cele energetyczne, np. miskant, ślazowiec, topinambur
	odpady z przemysłu rolno-spożywczego	część roślin i materiały organiczne powstające w produkcji rolniczej i przetwórstwie, np. łęty ziemniaków, liście buraków, nawozy naturalne
	odpady utylizacyjne	odpady sklasyfikowane w Katalogu odpadów, powstające w zakładach przetwarzających produkty pochodzące z rolnictwa, np. wywary, wysłodki, wycierki, melasa
	substraty strategiczne	odpady pochodzące z zakładów przetwarzających produkty pochodzenia zwierzęcego i odpady komunalne
Ze względu na znaczenie	kosubstraty	substraty główne, stanowiące ok. 70% przewidzianej masy substratów, pochodzące z różnych źródeł, o najbardziej przewidywalnym i stabilnym charakterze
	substraty utylizacyjne	substraty dodatkowe, o różnych cechach funkcyjnych i różnym pochodzeniu, mogą ulegać zmianie; mogą pełnić rolę zagęszczającą i zwiększającą wydajność
	substraty utylizacyjne	nie są standardowo wykorzystywane w biogazowniach ale ich zastosowanie może przynieść znaczący efekt; wymagają często dodatkowej obróbki, znacznej wiedzy technologicznej i przestrzegania rygorów stosowania i postępowania z pozostałością pofermentacyjną

Źródło: Myczko A. (red.). 2011. Budowa i eksploatacja biogazowni rolniczych. Poradnik dla inwestorów zainteresowanych budową biogazowni rolniczych. Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach Oddział w Poznaniu.

3.1. Produkty uboczne

Podstawowym substratem wykorzystywanym obecnie w biogazowniach rolniczych jest gnojowica. Ze względu na niskie stężenie substancji organicznych w gnojowicy uzasadnione jest uzupełnianie wsadu różnymi substratami, dostępnymi na lokalnym rynku. Mogą to być odpady z produkcji roślinnej i zwierzęcej, przemysłu spożywczego, a także biomasa z celowych upraw.

Ilość gnojowicy w przemysłowym chowie bydła i trzody chlewnej jest różna i zależy od technologii utrzymania zwierząt, sposobu mycia stanowisk, techniki zgarniania gnojowicy ze stanowisk itp. W zależności od ilości zużytej wody, stężenie substancji zawartych w gnojowicy jest zróżnicowane, może ona zawierać zanieczyszczenia nieorganiczne, takie jak piasek czy drobny żwir.

Zastosowanie kosubstratów umożliwia właściwe obciążenie komory fermentacyjnej, optymalizuje kinetykę procesu fermentacji metanowej poprzez lepszą konfigurację proporcji węgla do azotu, podnosząc jej efektywność i opłacalność ekonomiczną.

Tabela 6. Wydajność biogazu z odchodów zwierząt.

Substrat	***Zawartość suchej masy [%]***	***Zawartość suchej masy organicznej (s.m.o.) [% s.m.]***	***Teoretyczna wydajność biogazu***		
			z 1 kg s.m.o. [dm^3]	z 1 kg świeżej masy [dm^3]	udział metanu [%]
Gnojowica krów	8-11	75-82	200-500	20-30	50-55
Gnojowica cieląt	10-13	80-84	220-560	20-25	50-57
Gnojowica świń	4-7	75-87	300-700	20-35	50-70
Gnojowica owcza	12-16	80-85	180-320	18-30	50-56
Obornik krów	20-26	68-78	210-300	40-55	55-60
Obornik świń	20-25	75-80	270-450	55-65	55-60
Obornik koński	20-40	65-95	280-350	50-60	55-65
Pomiot kurzy świeży	30-32	63-80	250-450	70-90	57-70

Źródło: Myczko A. (red.). 2011. Budowa i eksploatacja biogazowni rolniczych. Poradnik dla inwestorów zainteresowanych budową biogazowni rolniczych. Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach Oddział w Poznaniu.

Zdjęcie 16. Biogazownia w Kalsku wykorzystująca gnojowicę bydła.

Źródło: Archiwum FDPA.

Charakterystyka gnojowicy:
- odczyn pH 6,5-7,9,
- gęstość właściwa 0,9-1,4 g/cm^3 (średnio 1,0 g/cm^3),
- temp. zamarzania - 2°C (zwiększa wówczas objętość o 11-12%),
- przy magazynowaniu ulega rozwarstwieniu (zawartość s.m. w kożuchu wynosi ok. 18%, zaś w części osadowej do 65%),
- zawiera mikroelementy, niezbędne w procesie przemian biochemicznych w komorze fermentacyjnej,
- stosunek C : N w gnojowicy bydlęcej wynosi średnio 6,8 : 1.

Odchody przeżuwaczy mają niższą wydajność biogazu ze względu na to, że w żwaczu zachodzi częściowa fermentacja pasz. Gnojowica ze względu na relatywnie niską zawartość suchej masy dobrze łączy się z kosubstratami o wysokiej zawartości suchej masy. Obornik musi być z reguły rozcieńczany, aby umożliwić przepompowanie; ponadto stały nawóz organiczny musi być jednorodny. Gnojowicę można doprowadzać do biogazowni bezpośrednio (rurociągiem) lub za pośrednictwem zbiornika wstępnego.

Tabela 7. Masa odchodów uzyskanych od różnych gatunków dorosłego drobiu.

Gatunek drobiu	Ilość odchodów na 1 szt. [g/dobę]	Masa 1 m^3 odchodów [kg]	Zawartość wody w odchodach [%]
Brojlery	65	622	68
Indyki	260	600	64
Gęsi	392	750	82
Kaczki	340	730	80

Źródło: Tronina S., Dobrzański Z., 2003, Warunki środowiskowe i dobrostan, oddziaływanie ferm drobiu na środowisko – nowe rozwiązania technologiczne w odchowie brojlerów. Prowadzenie i rozwój gospodarstw specjalizujących się w produkcji drobiu nieśnego i brojlerów. FAPA, MRiRW, s. 138-142, Kielce.

W fermach drobiu powstają znaczne ilości odchodów (tab. 7), które mogą znaleźć wykorzystanie w biogazowniach.

Odchody drobiu charakteryzują się znaczną zawartością suchej masy na poziomie 20-36%. Dlatego niezbędne jest zastosowanie kosubstratów płynnych, które pozwolą na odpowiednie rozcieńczenie wsadu do poziomu poniżej 15% - jest to wartość graniczna dla procesu fermentacji mokrej. Do rozcieńczania odchodów może być zastosowana woda, której część jest następnie zawracana z odcieku do komory fermentacyjnej, co pozwala ograniczyć wykorzystanie czystej wody w celach produkcyjnych. Zamiast wody można też zastosować inne ciecze, jak np. serwatkę, jednak wówczas należy uwzględnić zawartość poszczególnych składników w ciekłym kosubstracie, gdyż mogą one wpływać znacząco na przebieg procesu. Budowa biogazowni przy fermie drobiu pozwala zagospodarować ciepło do ogrzewania budynków inwentarskich.

W odróżnieniu od typowych kosubstratów, jak np. kiszonka z kukurydzy - odchody drobiu nie są łatwym surowcem dla procesu fermentacji metanowej. Najważniejszym utrudnieniem dla efektywnej ich fermentacji jest wysoka zawartość azotu w formie amonowej oraz substancji mineralnych, stanowiących popiół (tab. 8).

Tabela 8. Skład odchodów drobiu w porównaniu do kiszonki kukurydzy.

Surowiec	pH	Sucha masa [%]	Azot amonowy		Materia organiczna [g/kg s.m.]	Popiół	
			[g/kg św.m.]	[g/kg s.m.]		[g/kg s.m.]	[kg/t św.m.]
Kiszonka z kukurydzy	4,014	43,9	0,34	0,77	971	29	13
Obornik kurzak	8,065	32,1	5,31	16,54	711	289	93
Pomiot 6 mies. mieszany	8,87	87,8	7,84	8,93	784	216	190
Obornik drobiowy słomiasty	5,42	53,2	5,00	9,39	890	110	59

Źródło: Dach J., 2009: Możliwości i problemy przy wykorzystaniu pomiotu kurzego do produkcji biogazu. Spotkanie Hodowców Drobiu, Przysiek.

Amoniak w dużym stężeniu jest toksyczny dla bakterii fermentacji metanowej. Problem ten można rozwiązać przez:

- rozcieńczanie dodatkiem innych substancji – wody, kiszonki itp.,
- stosowanie specjalistycznych szczepów bakterii, odpornych na podwyższoną zawartość azotu amonowego.

Znaczny potencjał produkcji biogazu występuje w zakładach przetwarzających produkty pochodzenia rolniczego, takich jak: cukrownie, gorzelnie, browary, czy przetwórstwo owocowo-warzywne.

Odpady mogą mieć różny skład, konsystencję, wartość biogazową. Często odpad o tej samej nazwie, pochodzący z różnych zakładów może się znacząco różnić. Odpady mogą mieć istotny wpływ na efektywność ekonomiczną instalacji ze względu na niski koszt, a czasem nawet można uzyskać dodatkowy przychód z tytułu ich utylizacji.

Biodegradacji ulegają również odpady pochodzące z różnych gałęzi przemysłu, takich jak: przetwórstwo mleka, ziemniaków, owoców i warzyw, produkcja i butelkowanie napojów bezalkoholowych, przemysł mięsny, browarnictwo, gorzelnictwo, produkcja pasz, żelatyny i klejów ze skór i kości zwierzęcych, słodownie, przetwórstwo rybne, produkcja tłuszczów roślinnych i zwierzęcych, cukrownie itp.

Racjonalne zagospodarowanie poszczególnych grup odpadów ulegających biodegradacji powinno odbywać się przede wszystkim poprzez wykorzystanie przyrodnicze po uprzedniej przeróbce w procesach mechaniczno-biologicznych, a także w procesie spalania. Jednym z procesów biologicznych wykorzystania biodegradowalnych surowców odpadowych jest fermentacja me-

Zdjęcie 17. Pochodnie do spalania nadmiaru biogazu.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

tanowa, która pozwala na odzyskanie energii zawartej w odpadach. Podstawowe parametry i wydajność biogazu z wybranych surowców odpadowych przedstawia tabela 9.

Przedsiębiorstwo wykorzystujące produkty uboczne pochodzenia zwierzęcego do produkcji biogazu, musi być wyposażone w:
- urządzenie do pasteryzacji/sterylizacji,
- odpowiednie urządzenie do czyszczenia i dezynfekcji pojazdów i kontenerów, w których transportowane są uboczne produkty zwierzęce nie poddane obróbce.

Odpady przemysłowe różnią się bardzo składem chemicznym, np. zawartością białek, węglowodorów i tłuszczów, co jest istotne w przypadku ich energetycznego wykorzystania w procesie fermentacji metanowej. Zapewnienie odpowiedniego składu substancji odżywczych ma bardzo duże znaczenie w przypadku kierowania odpadów do fermentacji. W zależności od chemicznych i fizycznych właściwości odpadów, produkcja biogazu z przemysłowych odpadów organicznych może wahać się od 0,16 do 0,90 m^3/kg s.m.o., a ostateczny stopień degradacji materii organicznej waha się pomiędzy 20-90%.

Parametry istotne z punktu widzenia produkcji biogazu to:
- zawartość suchej masy (s.m.) [%],
- zawartość suchej masy organicznej (s.m.o.) [% s.m.],
- wydajność CH_4 [m^3/kg s.m.o.].

Tabela 9. Charakterystyka wybranych odpadów z przemysłu rolno-spożywczego.

Miejsce produkcji	***Odpad organiczny***	***Zawartość suchej masy [%]***	***Zawartość subst. org. [% s.m.]***	***Zawartość azotu [% s.m.]***	***Iloraz C:N***	***Produkcja biogazu [m^3/kg s.m.o.]***
Odpady pochodzenia roślinnego						
Zakłady przetwórstwa owocowo-warzywnego	wytłoki jabłczane	12-40	-	1,1-1,2	13-48	0,32
	resztki ziemniaków	13-18	90-96,5	-	28	0,34-0,38
	mączka fasoli, sojowa	-	-	7,2-7,6	4-6	-
	wytłoki owocowe	20-30	90-95	0,9-2,6	20-49	0,38
Browary	młóto	21-23,7	88-95,3	-	-	0,34-0,45
	drożdże piwne	10	91,8	-	-	0,45
Gorzelnie, winiarnie	wywar gorzelniany (żytni)	8	83	-	-	0,38
	wywar gorzelniany (ziemniaczany)	6	85	-	-	0,23
	wytłoki winogronowe	40	80	-	-	0,42
Cukrownie	wysłodki	22	95	-	-	0,18
	melasa	80	85	-	-	0,25
Odpady pochodzenia zwierzęcego						
Rzeźnie	odpady poubojowe	20	80	-	11-21	0,43
	mierzwa	15-20	80-90	1,8	20-30	0,52
	krew odpadowa	22-90	95	13-14	3-3,5	0,40
Zakłady produkcji pasz	resztki karmy zwierzęcej	34	92,5	-	15-150	0,31
	łuski z młyna	84	80	-	-	0,30

Źródło: Określenie wymagań dla kompostowania i innych metod biologicznego przetwarzania odpadów. Pracownie Badawczo-Projektowe „EKOSYSTEM", Zielona Góra 2005.

Kolejnym potencjalnym źródłem surowców do produkcji biogazu są niesegregowane (zmieszane) odpady komunalne. W procesie fermentacji wykorzystywane są trzy frakcje, których charakterystyki przedstawiono w tabeli 10:

- odpady kuchenne ulegające biodegradacji,
- papier i tektura,
- odpady zielone.

Tabela 10. Charakterystyka odpadów komunalnych ulegających biodegradacji.

Parametr	*Jednostka*	*Odpady kuchenne*	*Papier i tektura*	*Odpady zielone*
Zawartość s.m.	[%]	15,6	70,0	20,0
Zawartość s.m.o.	[% s.m.]	86,6	75,0	90,0
Wydajność CH_4	[m^3/kg s.m.o.]	0,28	0,16	0,35

Źródło: Kowalczyk-Juśko A., 2011: Produkcja urośnie jak na drożdżach. Agroenergetyka 2.

Zarówno odpady komunalne, jak i przemysłowe mogą zawierać niepożądane składniki (szkło, tworzywo sztuczne) i substancje (sole, tłuszcze itp.), dlatego powinny być wstępnie sortowane.

Osady ściekowe również stanowią potencjalny surowiec do produkcji biogazu, a ich charakterystyka, ważna z punktu widzenia energetyki, przedstawia się następująco:

- zawartość suchej masy (s.m.) 2,7%
- zawartość suchej masy organicznej (s.m.o.) 88,3% s.m.
- wydajność CH_4 0,35 m^3/kg s.m.o.

Rozwiązania technologiczne produkcji biogazu umożliwiają wspólne wykorzystanie różnych surowców. Technologie wspólnej fermentacji rozwinęły się w niektórych krajach europejskich w oparciu o istniejące instalacje do fermentacji jednorodnych odpadów, takich jak gnojowica czy osady ściekowe. Dodatek odpadów komunalnych ulegających biodegradacji do gnojowicy lub osadów ściekowych zwiększa produkcję biogazu i w konsekwencji obniża koszty eksploatacyjne instalacji. Powiązanie procesów fermentacji osadów w oczyszczalniach ścieków z systemem gospodarki odpadami jest bardzo korzystne, m.in. ze względu na:

- wyższy stopień rozkładu substancji organicznej,
- wyższą produkcję biogazu,
- niższe stężenie substancji szkodliwych, wyższą wartość nawozową niż produkt z fermentacji osadów ściekowych,
- udział odpadów ulegających biodegradacji nie ma negatywnego wpływu na stabilizację osadów.

Surowce przeznaczone do produkcji biogazu nie powinny być spleśniałe i nadgnite. Pleśń ujemnie wpływa na procesy fermentacyjne, hamuje rozwój bakterii metanowych. Zanieczyszczenia takie jak: piasek, kamienie, szkło, metale, kawałki plastiku, powodują szybkie zużycie armatury lub jej uszkodzenie. Obecność metali ciężkich, które pozostają w substancji pofermentacyjnej, może uniemożliwić jej wykorzystanie do nawożenia pól.

Polskie przepisy prawne wyraźnie rozdzielają biogaz i biogaz rolniczy.

Zdjęcie 18. Pryzma zakiszonej sieczki kukurydzianej.

Źródło: Archiwum FDPA.

3.2. Surowce celowe

Surowce roślinne, wykorzystywane jako substrat do produkcji biogazu, nie są jednorodne, co wpływa na intensywność i wydajność procesu fermentacji. Przykładowo łatwo fermentujące węglowodany – cukier, skrobia, zawarte w burakach, ziarnach zbóż, melasie czy w kiszonce z kukurydzy, są szybciej rozkładane w procesie fermentacji, niż siano czy słoma o dużej zawartości ligniny, celulozy, hemicelulozy, pektyn i innych, które są trudno dostępne dla bakterii metanowych. Ważnym jest, by surowiec nie zawierał substancji hamujących proces (inhibitorów).

Przy uprawie roślin z przeznaczeniem do produkcji biogazu, obowiązują te same zasady, jak przy uprawie na cele żywnościowe czy paszowe. 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. Na podstawie wieloletnich badań określono plon suchej masy, po uwzględnieniu strat przy zbiorze i zakonserwowaniu przez zakiszenie, który należy osiągnąć, by produkcja biogazu była opłacalna:

- kukurydza o zawartości 32% suchej masy – 8-16,5 t/ha,
- cała roślina zbożowa (GPS) zbierana w fazie dojrzałości mlecznej ziarna – 8,5-11,5 t/ha,
- trawy z uprawy polowej, koniczyna z trawami – 6-10 t/ha,
- porost z użytków zielonych – 4-9 t/ha,
- ziarno zboża – 5-8,5 t/ha.

Tabela 11. Produkcja biogazu i energii z wybranych surowców roślinnych.

Substrat roślinny		***Plon masy świeżej [dt/ha]***	***Biogaz [m³/ha]***	***Energia [GJ/ha]***
Kukurydza cała roślina		300-500	4050-6750	87-145
Lucerna		250-350	3960-4360	85-94
Żyto		300-400	1620-2025	35-43
Pszenżyto		300	2430	52
Burak cukrowy	korzenie	400-700	10260	220
	liście	300-500	3375	72
Słonecznik		300-500	2430-3240	52-70
Rzepak		200-350	1010-1620	22-37

Źródło: Braun R., 2005. Biogas and bioenergy system developments towards bio-refineries. Trends in a central European context. Baltic Biorefinery Conference, Esbjerg, Denmark.

Z upraw polowych jako substraty do biogazowni zaleca się następujące rośliny: kukurydza, zboża w czystym siewie, mieszanki zbożowe, mieszanki zbożowo – strączkowe, słonecznik, topinambur (słonecznik bulwiasty), trawy, lucerna, koniczyna, mieszanki lucerny lub koniczyny z trawami, liście buraków cukrowych i inne, które występują lokalnie. Wartościowe są zielonki z trawników miejskich, pól golfowych, stadionów, lotnisk. Potencjalnym źródłem materii organicznej jest rzęsa wodna oraz glony.

Rolnicy dysponują wiedzą i doświadczeniem, zapleczem technicznym do uprawy, zbioru i magazynowania biomasy roślinnej pochodzącej z typowych upraw rolniczych, które jedynie zmieniają swoje przeznaczenie.

Zielonka

Zielonka w okresie wegetacyjnym, każdego dnia cechuje się innym składem chemicznym, co wynika z biologicznego rozwoju roślin. Wykorzystując świeżą zielonkę w procesie fermentacji, dostarczamy każdego dnia inny substrat, co ma

Rośliny energetyczne przeznaczane do produkcji biogazu winny spełniać te same wymagania, co biomasa przeznaczona na paszę dla zwierząt, zwłaszcza dla przeżuwaczy. Wynika to z faktu, że proces fermentacji metanowej jest porównywalny z fermentacją, jaka zachodzi w przewodzie pokarmowym przeżuwacza.

wpływ na ilość i skład pozyskiwanego biogazu. Chcąc uzyskać stabilny proces fermentacji, należy zapewnić stabilny wsad surowcowy do komory fermentacyjnej. Cel ten można osiągnąć, zbierając wyprodukowaną zielonkę w optymalnej fazie wegetacji, a następnie konserwując ją przez zakiszenie. W tej postaci można sukcesywnie wykorzystywać ją do produkcji biogazu. Kiszenie zielonek jest powszechnie stosowane jako metoda zabezpieczenia pasz dla bydła.

Kiszonka

W procesie zakiszania zielonek, w warunkach beztlenowych, przy odpowiedniej zawartości cukru, bakterie wytwarzają głównie kwas mlekowy, który jest czynnikiem konserwującym. Oprócz kwasu mlekowego, powstaje również kwas octowy i inne lotne kwasy tłuszczowe (propionowy, mrówkowy, kapronowy, walerianowy) oraz alkohole (etanol, metanol, propanol). Może powstawać kwas masłowy, jeżeli w zakiszanej masie nie zapewnimy warunków beztlenowych i wystąpi niedobór cukru. Produkty fermentacji mlekowej występujące w kiszonce, są wykorzystywane przez bakterie metanowe, jako składniki do produkcji biometanu. Szczególnie dobrze wykorzystywany jest kwas octowy i inne niskocząsteczkowe lotne kwasy tłuszczowe oraz alkohole.

Jakość wyprodukowanych kiszonek ma zasadniczy wpływ na ilość uzyskiwanego metanu. Technologia produkcji kiszonek z przeznaczeniem na biogaz jest analogiczna, jak technologia kiszenia pasz dla bydła. Obowiązują te same zasady, z wyjątkiem długości sieczki. Dla bydła stopień rozdrobnienia zakiszanej zielonki to 15-20, a nawet 30 mm, natomiast dla biogazowni im krótsza sieczka tym lepsza. Zalecana długość sieczki to 4-8 mm. Dokładne rozdrobnienie substratu sprzyja fermentacji metanowej. Substrat dobrze rozdrobniony jest bardziej dostępny dla bakterii, bowiem drobniejsze cząstki cechują się większą powierzchnią, a tym samym jest większe pole działania enzymów wytwarzanych przez bakterie.

Przy zakiszaniu zielonek celowe jest dodawanie preparatów stymulujących proces fermentacji mlekowej i poprawiających tlenową stabilność. Zaleca się dodawanie preparatów mikrobiologicznych, chemicznych (ograniczających działanie bakterii kwasu masłowego i bakterii gnilnych) i stabilizatorów.

Zdjęcie 19. Silos przejazdowy.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

Istnieje kilka sposobów sporządzania kiszonek roślinnych: owijanie folią w baloty, zakiszanie w rękawach lub najczęściej stosowany sposób – zakiszanie w silosach. Każda technologia ma określone wady i zalety. Pierwsze dwa sposoby charakteryzują się małymi stratami surowca, możliwością dozowania dodatków, dowolnością miejsca składowania, jednak ograniczeniem dla ich stosowania są wysokie koszty. Zakiszanie w silosach jest metodą tanią, wymaga jednak przestrzegania reżimów produkcji, mimo to istnieje ryzyko wysychania części odkrytej kiszonki i psucia się większych partii surowca, a metoda ta związana jest z największą uciążliwością zapachową.

Poszczególne surowce roślinne charakteryzują się zróżnicowaną łatwością zakiszania:
- zielonki trudno kiszące się – lucerna, koniczyna, groch, wyka, żyto,
- zielonki średnio kiszące się – trawy, seradela, łubin, mieszanka koniczyny z trawami,
- surowce łatwo kiszące się – kukurydza, sorgo, rzepak, CCM (kiszonka z kolb kukurydzy – *Corn Colb Mix*), słonecznik, liście buraczane, zielonka z owsa i jęczmienia, buraki, ziemniaki parowane, wilgotne ziarno zbóż.

Kiszonki wprowadzają do substratu wodę w ilości 65-70 kg/dt. Ma to istotne znaczenie, bowiem w substracie wymagana jest odpowiednia wilgotność na poziomie 10-20% suchej masy. Konserwowanie zielonek przez suszenie, czyli produkcja siana nie jest zalecana, bowiem wysuszone rośliny są gorzej fermentowane przez bakterie metanowe. Z dużej liczby zielonek, które mogą być wykorzystane do zakiszania, a następnie jako substrat do produkcji biogazu, na uwagę zasługują: kukurydza, rośliny zbożowe i trawy z łąk i upraw polowych.

Zaletą **kukurydzy** jest przystosowanie do różnych warunków, dobre wykorzystanie składników pokarmowych, wysoki potencjał plonowania, odporność na monokulturę, duża wydajność biogazu, szeroki wybór odmian. Agrotechnika kukurydzy do produkcji biogazu powinna być taka sama jak przy produkcji paszowej.

O jakości surowca decydują: staranność przeprowadzenia zbioru, termin zbioru, jakość maszyn. Do zbioru zaleca się wykorzystanie sieczkarni wyposażonej w urządzenie do zgniatania ziarna. Należy dbać o czystość zielonki, gdyż kiszonka nie może zawierać ciał obcych, kamieni, fragmentów metalu itp. Przedostanie

Zdjęcie 20. Po lewej stronie: kiszonka z kukurydzy o złej jakości, widoczne długie włókna. Po prawej stronie: kiszonka z kukurydzy odpowiednio rozdrobniona, o dobrej jakości.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

się takich elementów wraz z kiszonką do instalacji biogazowej może prowadzić do poważnych uszkodzeń przenośników czy mieszadeł.

Przeprowadzając zabiegi ochronne (odchwaszczanie, opryski przeciwko chorobom i szkodnikom) należy ściśle przestrzegać okresów karencji, gdyż wprowadzenie do komory fermentacyjnej substancji biologicznie czynnych z pestycydów może zniszczyć mikroorganizmy i zahamować fermentację.

Zdjęcie 21. Kukurydza i sorgo w uprawie współrzędnej.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

W produkcji kukurydzy na biogaz ważny jest dobór odmiany. Mieszańce wczesne i średniowczesne pozwalają na uprawę kukurydzy w płodozmianie zbożowym, gdzie pełni rolę fitosanitarną, a ponadto pozwalają na siew poplonów i zbóż ozimych dzięki temu, że potrzebują krótszego okresu wegetacji. Cecha ta umożliwia też późniejszy siew (np. w „mix-cropping" z sorgiem). Mieszańce późniejsze (FAO 260 i powyżej) pozwalają rozłożyć w czasie terminy zbioru i efektywnie wykorzystać możliwości techniczne i organizacyjne gospodarstwa. Odmiany biogazowe nieco różnią się składem chemicznym od paszowych, dlatego najkorzystniej jest wybrać odmianę, którą hodowca wskazuje jako biogazową.

Podstawowym kryterium doboru odmian, jest plon suchej masy z jednostki powierzchni, przy wysokiej zawartości cukru i skrobi. Odmiany „stay green" o przedłużonej zieloności, cechują się lepszymi parametrami. Zielone liście i łodyga zawierają mniej frakcji włókna i cechują się lepszą podatnością na rozkład w procesie metanolizy w komorze fermentacyjnej. Odmiana kukurydzy przeznaczona na kiszonkę z całych roślin, jako substrat do produkcji biogazu, winna cechować się następującymi parametrami:

- sucha masa na poziomie 30-35%, nie więcej niż 40%,
- zawartość skrobi na poziomie 30% w suchej masie,
- zielone liście i łodygi.

Optymalny termin zbioru, najbardziej korzystny dla powstawania biometanu, ma miejsce przy zawartości suchej masy 30-35%. W tym okresie wegetacyjnym kukurydza jest w stadium dojrzałości mleczno-woskowej i woskowej ziarna. Cechuje się ona najbardziej korzystnymi proporcjami pomiędzy zawartością białka, tłuszczu, włókna surowego, jak również skrobi i cukru, które są najefektywniej wykorzystywane do produkcji biometanu. Wcześniejszy zbiór jest niewskazany, ze względu na niepełne wykształcenie ziarna i niskie wypełnienie skrobią. Wysoki poziom wilgotności (poniżej 30% suchej masy) w zielonce ma wpływ na koszty transportu zbieranej masy z pola do silosu.

Również wyciekanie soku z kiszonki powoduje większe straty. W tabeli 12 podano zależność między produkcją biogazu a fazą wegetacji roślin kukurydzy zbieranych na kiszonkę.

Tabela 12. Zależność między produkcją biogazu a fazą wegetacji roślin kukurydzy zbieranej na kiszonkę.

Prametr	***Faza wegetacji – dojrzałość ziarna***			
	mleczna	początek woskowej	woskowa	pełna
Sucha masa [%]	21,9	27,8	32,6	40,1
Substancja organiczna [% s.m.]	95,7	94,8	94,7	96,3
Produkcja biogazu [lN/kg s.m.o.]	578	651	642	593
Plon zielonej masy [t/ha]	45	50	55	45
Produkcja biogazu [Nm^3/t św. m.]	121	171	198	229
Produkcja biogazu [Nm^3/ha]	5445	8550	10890	10305
Zawartość metanu w biogazie [%]	51,9	51,9	54,0	54,0

Źródło: Podkówka W., 2006: Kukurydza – substrat do produkcji biogazu. Przegląd Hodowlany, 12, 26-29.

Na cele biogazowe można wykorzystać **trawy z łąk i upraw polowych**. Optymalny termin zbioru zielonki łąkowej z przeznaczeniem na kiszonkę przypada na fazę wykształcenia wiech przez główne trawy wysokie. W tej fazie wegetacji zielonka zawiera 17-22% suchej masy. Dobre efekty uzyskuje się zakiszając porost łąkowy podsuszony do zawartości suchej masy 30-40%. Wyższa zawartość suchej masy nie jest zalecana, bowiem występują trudności z jej zakiszeniem. Długość sieczki powinna wynosić 4-8 mm. Wskazane jest stosowanie konserwantów ułatwiających proces fermentacji mlekowej.

Również trawy z upraw na gruntach ornych mogą być zakiszane, a następnie poddawane fermentacji. Zalecana jest uprawa następujących gatunków traw: rajgras wyniosły, wyczyniec łąkowy, tymotka łąkowa, życica wielokwiatowa, życica trwała, stokłosa bezostna, kostrzewa łąkowa, mietlica biaława. Zielonki należy kosić w fazie wyrzucania wiech lub kło-

Zdjęcie 22. Zasobnik do zadawania substratów do komory fermentacyjnej.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

szenia, przy zawartości suchej masy około 20%, podsuszyć do 30-40% i zakiszać. Szczególnie zalecana jest życica wielokwiatowa, która już w trzeciej dekadzie kwietnia osiąga plon 45 dt s.m./ha, o koncentracji 6,5 MJ/kg s.m.

Cenne kiszonki dla biogazowni można także produkować z **całych roślin zbożowych** (GPS - Ganzpflanzensilage). Mogą to być zboża ozime (pszenica, żyto, pszenżyto) lub jare (jęczmień, owies) w czystym siewie lub w mieszance ze strączkowymi. Zbiór należy przeprowadzić w fazie dojrzałości mlecznej ziarna, co przypada na początek lipca. Zielonki zawierają wówczas około 25% suchej masy. Zakiszają się dobrze, nie należy ich podsuszać. Zboża ozime, a zwłaszcza żyto na glebach słabych, których w Polsce jest dużo, może być cennym substratem do produkcji biogazu. Zaleca się stosowanie sieczkarni wyposażonej w walce zgniatające ziarna, szczególnie przy późniejszym terminie zbioru. Przy korzystnych warunkach pogodowych, optymalny termin zbioru jest krótki.

Nadają się do tego celu również **korzenie i liście buraków**, zwłaszcza półcukrowych i pastewnych ze względu na wysoki plon i znaczącą zawartość węglowodanów; liście i produkty uboczne z przetwórstwa buraka cukrowego (wysłodki, melasa), kiszonka ze słonecznika, żyta, sorga, lucerny oraz kiszonki z mieszanek zbożowo-strączkowych.

Różnicowanie doboru gatunków do uprawy dla biogazowni wynika z różnych przyczyn: konieczność wprowadzania płodozmianu, ograniczenie dopłat do uprawy kukurydzy w monokulturze, specyficzne warunki glebowe, dbałość o różnorodność biologiczną, możliwość uzyskania wyższych plonów niektórych roślin w porównaniu z kukurydzą, dysponowanie dużym obszarem trwałych użytków zielonych i inne.

Wzrost zainteresowania produkcją biogazu powoduje, że firmy nasienne proponują nowe odmiany roślin, zalecane do przetwarzania na biogaz.

Prowadzone są też badania nad wykorzystaniem do produkcji biogazu nowych gatunków roślin, w tym wieloletnich, jak np. topinambur (słonecznik bulwiasty), ślazowiec pensylwański, miskant cukrowy, perz wydłużony i inne. Wiele z tych gatunków charakteryzuje się małymi wymaganiami glebowymi, co pozwoliłoby na zagospodarowanie gleb gorszej jakości.

Zdjęcie 23. Do produkcji biogazu można wykorzystać kiszonkę ze słonecznika i lucerny oraz bulwy topinamburu.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

3.3. Organizacja zaplecza surowcowego

Budowa biogazowni rolniczej jest inwestycją wieloletnią, dlatego wymaga opracowania długoterminowych planów, obejmujących m.in. zapewnienie dostępności substratów do produkcji biogazu. W biogazowni rolnej wykorzystywane powinny być przede wszystkim produkty uboczne powstające w chowie zwierząt gospodarskich lub ptactwa: gnojowica i obornik. W tym przypadku należy przewidzieć wielkość produkcji tych substratów, możliwość ich przechowywania, dostarczania do biogazowni (np. jeżeli ferma zwierząt położona jest w bezpośredniej bliskości biogazowni możliwy jest transport gnojowicy rurociągiem, jeżeli zaś nie – należy rozpatrzyć sposób transportu substratów), wcześniejszego przygotowania itp.

W przypadku dużych gospodarstw, dysponujących odpowiednią powierzchnią gruntów ornych, wystarczy dobrać rośliny do uprawy oraz zapewnić ich odpowiednie przygotowanie (najczęściej do postaci kiszonki). Oprócz biomasy z celowych upraw należy zapoznać się z możliwością pozyskania wysokowydajnych kosubstratów odpadowych (z przetwórstwa produktów rolnych, zakładów tłuszczowych itp.). W przypadku występowania w niedużej odległości tego typu odpadów niezbędne jest ustalenie, jak długo kosubstrat ten będzie dostępny, czy jednostka nie zamierza zaprzestania produkcji, czy nie jest planowana radykalna zmiana charakteru produkcji, która może spowodować zmianę składu substratu itp.

W przypadku braku możliwości produkcji wystarczającej ilości biomasy w gospodarstwie należy rozpatrzyć ewentualność jej zakupu.

Konieczna jest precyzyjna analiza kosztów samego zakupu, jak też miejsca gromadzenia biomasy i odległości od biogazowni, gdyż koszty z tym związane stanowią istotny składnik bilansu ekonomicznego przy większości metod konwersji biomasy na energię.

Zdjęcie 24. Transport substratów do biogazowni w Kalsku.

Źródło: Archiwum FDPA.

Wielkość produkcji biomasy zależy od powierzchni posiadanego gruntu i jego jakości, gatunku rośliny, jaką planujemy uprawiać oraz zastosowanej agrotechniki (nawożenia, ochrony).

Transport substratów i obawa przed brakiem zapewnienia odpowiednich warunków transportu, to najczęstrza przyczyna protestów.

Istnieją również różne opcje pozyskania kosubstratów w gospodarstwach prowadzących specyficzną produkcję, np. w przypadku produkcji biodiesla powstają odpady w postaci frakcji glicerynowej, które w odpowiednich proporcjach nadają się do wykorzystania w biogazowniach.

Istotne jest zapewnienie ciągłości dostaw substratów do biogazowni. Nie może zdarzyć się, że zabraknie substratów, gdyż spowoduje to załamanie procesu fermentacji i zatrzymanie pracy jednostki. Dlatego należy odpowiednio zorganizować dostawy biomasy, planując dzienne zużycie poszczególnych kosubstratów. Część z nich musi być przechowywana w bezpośredniej bliskości biogazowni, aby umożliwić ich dostępność we właściwym czasie. Sposób przechowywania substratów zależy od ich charakteru, np. kiszonki mogą być przechowywane w silosach, a w krótkim okresie czasu na przyczepach lub pryzmach. Z kolei materiały sypkie, jak np. niepełnowartościowe ziarno zbóż, produkty uboczne z przemysłu młynarskiego lub inne o zbliżonej konsystencji – w spichlerzach, silosach, na przyczepach lub w workach (w małych ilościach, wystarczających na zaspokojenie bieżących potrzeb biogazowni).

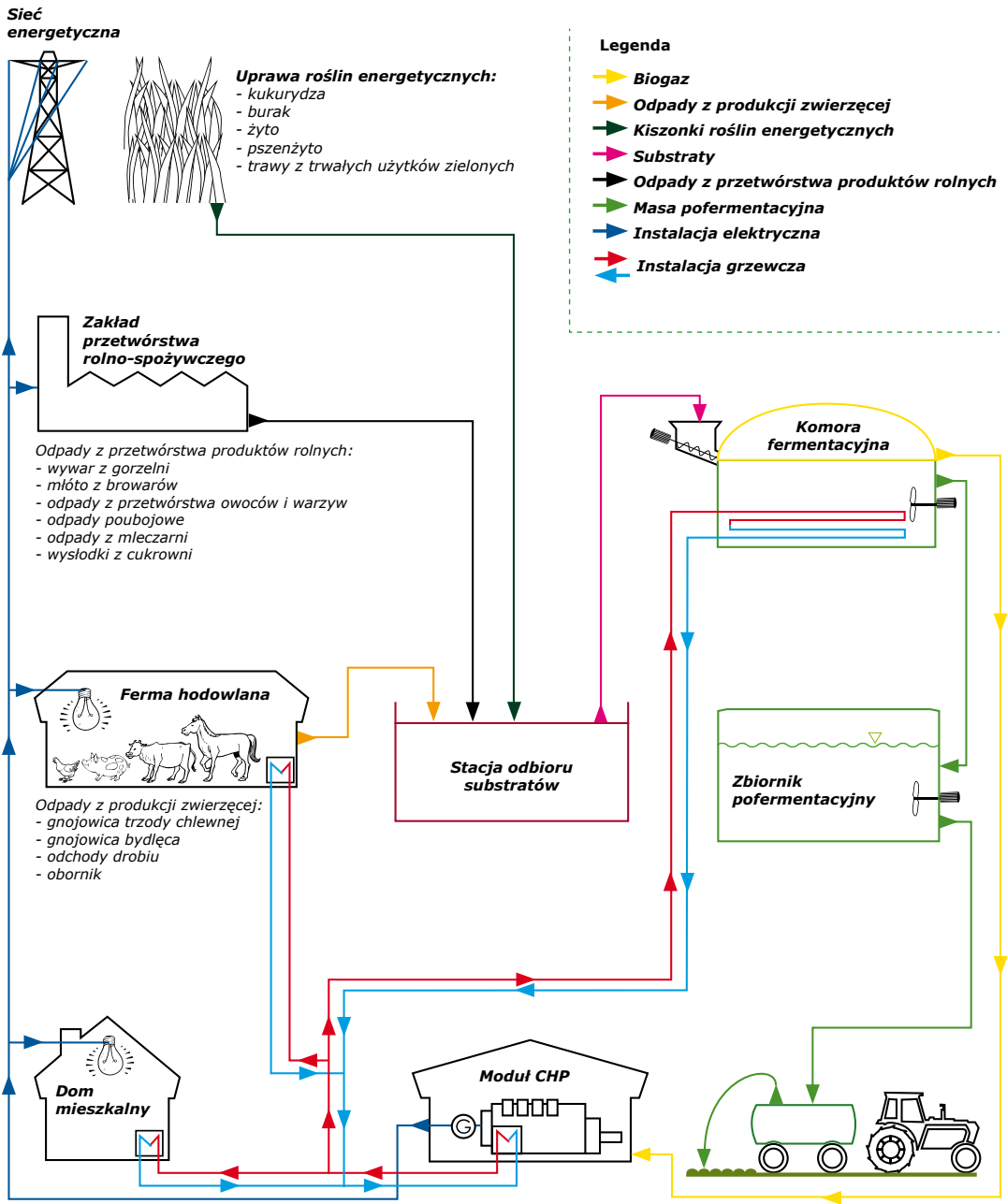
Sposób przechowywania kosubstratów jest związany z możliwością ich dostarczania do biogazowni. Należy przewidzieć, jakie maszyny i urządzenia będą potrzebne do transportu poszczególnych substratów. Szczegółowe rozwiązania logistyczne powinny być konsultowane ze specjalistami z zakresu budowy i eksploatacji biogazowni.

Zdjęcie 25. Przepompowanie substratu płynnego do zbiornika magazynowego.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

BUDOWA INSTALACJI BIOGAZOWYCH

Rysunek 4. Schemat biogazowni.



Źródło: Opracowanie własne.

Typowa biogazownia rolnicza najczęściej składa się ze:

- **zbiorników wstępnych na biomasę** (silosów, kontenerów, zbiorników podziemnych na substraty płynne); niekiedy również hali przyjęć,
- **zbiorników fermentacyjnych**, przykrytych szczelną membraną,
- **zbiorników pofermentacyjnych lub laguny**, w których gromadzi się masę pofermentacyjną,
- **komory higienizacji lub pasteryzacji**, w przypadku wykorzystania w procesie odpadów wymagających obróbki termicznej (np. odpady z rzeźni),
- **opcjonalnie**: różnych urządzeń do przetwarzania pofermentu, np. linii do jego odwadniania, suszenia, konfekcjonowania jako nawóz; kompostowni, gdzie po dodaniu składników zagęszczających (np. rozdrobnionej słomy) poddawany jest stabilizacji tlenowej; urządzeń do brykietowania po wcześniejszym odwodnieniu itp.,
- **układu kogeneracyjnego** (silnik gazowy i generator elektryczny), produkującego energię elektryczną i cieplną, zainstalowanego w budynku technicznym lub w kontenerze.

Zbiorniki na biomasę zależne są od rodzaju, ilości i charakteru substratów. Najczęściej wykorzystywane w biogazowniach kiszonki roślinne wymagają przechowywania w silosach lub rękawach. Wielkość silosów powinna być dobrana do ilości gromadzonych substratów. Najczęściej stosowanym rozwiązaniem są betonowe silosy, zaopatrzone w instalację odbioru odcieków, co zapobiega przedostawaniu się odcieków do gleby i jej zanieczyszczaniu. Silos z kiszonką powinien być szczelnie okryty, aby uchronić zawartość przed wysychaniem, dostępem tlenu czy wody deszczowej. Praktyczne rozwiązanie stanowią silosy przejazdowe, podzielone na kwatery, z których kiszonka wybierana jest stopniowo w miarę zapotrzebowania, bez konieczności odkrywania całej pryzmy. Inne możliwości przechowywania kiszonek to rękawy lub baloty owinięte folią. Rozwiązania te są mniej uciążliwe dla otoczenia (ograniczenie uciążliwości zapachowej), jednak znacznie bardziej kosztowne.

Wykorzystanie substratów płynnych wymaga instalacji zbiornika, do którego można przelewać substrat podczas jego dostarczenia do biogazowni i dozowania w miarę potrzeby do komory fermentacyjnej. Zbiorniki takie mogą być naziemne (np. cysterny) lub podziemne. Położenie biogazowni w bezpośrednim sąsiedztwie instalacji produkującej substrat ciekły (np. blisko gorzelni, mleczarni, fermy zwierząt) umożliwia transport substratu za pomocą rurociągu.

Zdjęcie 26. Stacja przyjęć substratów ciekłych.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

Zdjęcie 27. Instalacja do odbioru odcieków z kiszonki w biogazowni w Piaskach.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

Komory fermentacyjne stanowią „serce" biogazowni, gdyż w nich przebiega właściwy proces fermentacji. **Biogazownia może być wyposażona w jedną lub kilka komór fermentacyjnych, co jest uzależnione od zastosowanych rozwiązań technologicznych.** Komory mogą być betonowe lub stalowe, zaopatrzone w instalację do ogrzewania, muszą być właściwie izolowane, umożliwiające dostęp do wnętrza w przypadku awarii lub konieczności wykonania prac konserwacyjnych czy remontowych. Komory najczęściej budowane są na powierzchni gruntu, rzadziej są częściowo zagłębione. Istnieje też możliwość całkowitego zagłębienia komór w ziemi, co pozwala na lepszą izolację termiczną, jednak utrudnia dostęp do jej wnętrza czy urządzeń pomocniczych. Na zdjęciach (zdj. 28) przedstawiono różne usytuowania komór fermentacyjnych (poziome i pionowe).

Do podstawowych instalacji w biogazowni należy system ogrzewania surowców, zapewniający odpowiednią temperaturę procesu. Materiał wsadowy może być podgrzewany bezpośrednio przez rozcieńczanie gorącą wodą lub parą, bądź też pośrednio - przy wykorzystaniu wymienników ciepła wbudowanych w ściany lub dno komory, o różnej konstrukcji.

Zawartość komory fermentacyjnej nie jest jednorodna. Nie mieszana zawartość komory ulega rozwarstwieniu. Powierzchnia pokryta jest wówczas warstwą zawiesin, a dno zawiera zagęszczony osad. Jest to zjawisko niekorzystne, redukujące szybkość przemian biochemicznych, a więc produkcję biometanu, dlatego zawartość komór musi być mieszana. Niewłaściwe mieszanie powoduje występowanie miejsc przegrzanych i niedogrzanych, miejsc o nierównym stężeniu produktów metabolizmu, tworzenie się kożucha na powierzchni osadu. Celem mieszania jest nie tylko ujednorodnienie składu zawartości komory, ale również ułatwienie odgazowania fermentującego wsadu. Przyjęta technologia mieszania musi zatem spełniać te wymagania za możliwie niską cenę. Na cenę tę składają się: zużycie energii na mieszanie, koszty urządzeń, serwisu, napraw i remontów. Stosowane są róże metody mieszania. Należą do nich:

Zdjęcie 28. Różne usytuowania komór fermentacyjnych.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

Mieszanie pompowe

Do mieszania stosowany jest zewnętrzny układ pomp wymuszający cyrkulację w komorze. Przy tym sposobie mieszania zapotrzebowanie mocy wynosi około 5,5 W/m^3 objętości komory.

Mieszanie przez wtłaczanie gazu

Jest to intensywny sposób mieszania, ale najbardziej energochłonny. Polega na wtłaczaniu poprzez dno komory uzyskanego wcześniej biogazu, który przechodząc przez całą objętość komory miesza jej zawartość, a ponadto pozwala podwyższyć stężenie metanu w biogazie. W tym przypadku zapotrzebowanie mocy wynosi około 10 W/m^3 objętości komory.

Mieszanie z zastosowaniem mieszaczy śrubowych

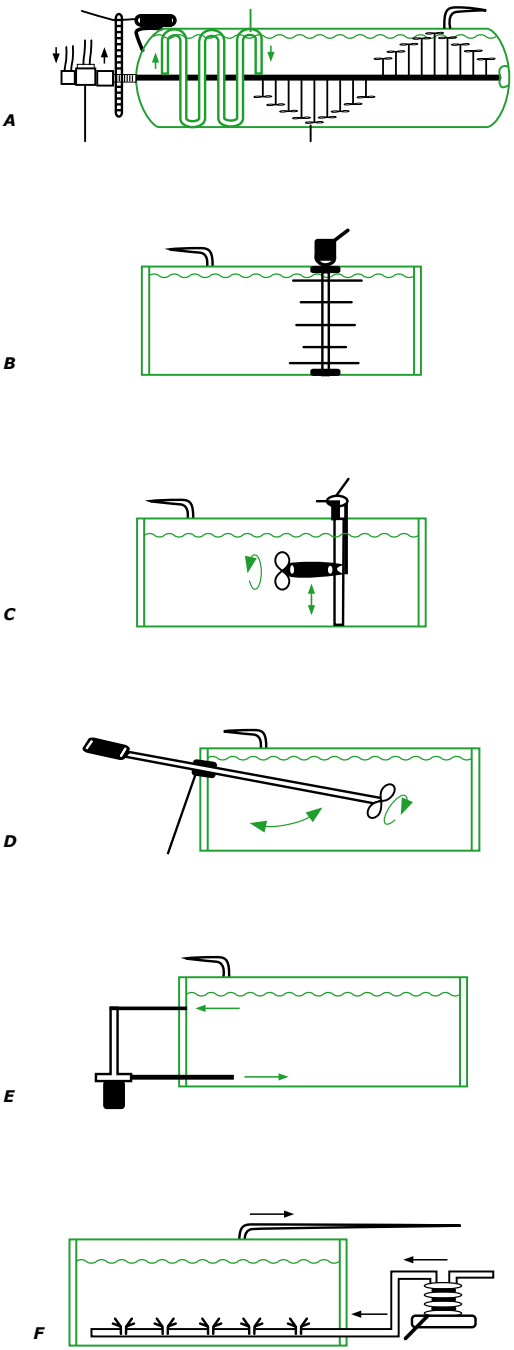
Jest to mieszadło pompujące umieszczone w centralnej rurze transportowej. Dla tego sposobu mieszania zapotrzebowanie mocy wynosi około 4-7 W/m^3 objętości komory.

Mieszanie wolnoobrotowymi śmigłami

Ruch w komorze wymuszany jest zwykle dwoma wolnoobrotowymi śmigłami pracującymi w układzie pionowym. Śmigła o średnicy kilku metrów osadzone są na wspólnym wale, mają prędkość obrotową kilka do kilkunastu obrotów na minutę. Ostatni sposób mieszania uznawany jest za najmniej energochłonny. Zapotrzebowanie mocy wynosi około 1-1,5 W/m^3 objętości komory, a pobór mocy zależy od charakterystyki hydraulicznej śmigieł, ich rozmiaru i prędkości obrotowej. Ważnym jest, aby znaczna część czynności serwisowych mogła być wykonywana bez konieczności opróżniania zbiornika. Istotną sprawą jest również odporność użytych materiałów na korozyjne działanie mieszanego czynnika.

Tworzący się w komorze biogaz musi być z niej odprowadzany za pomocą instalacji gazowej. Najczęściej biogaz zbiera się pod kopułą komory, która tworzy przestrzeń gazową. Kopuły o kształcie półokrągłym lub stożkowym wykonywane są z mocnej membrany. Bardzo ważna jest szczelność tego przykrycia, aby uniemożliwić ulatnianie się biogazu do otoczenia.

Rysunek 5. Typy mieszadeł: A – śrubowe, B – pionowe z wieloma łopatami, C – pionowe z jedną łopatą, D – ukośne, E – hydrauliczne (strumieniowe), F – mieszanie gazem



Źródło: Opracowanie własne.

Wydzielający się w komorze fermentacji biogaz jest magazynowany w specjalnych zbiornikach, które mogą być instalowane bezpośrednio nad komorą fermentacji. Zbierany w nich biogaz pochodzi z bieżącej produkcji. Najczęściej mają kształt dzwonu - tzw. zbiorniki dzwonowe. Innym rozwiązaniem są zbiorniki, które stanowią oddzielne konstrukcje, do nich przesyłany jest biogaz z komory fermentacyjnej i przechowywany jest tam do czasu zapotrzebowania na energię. Ponadto instalacja wyposażona jest w pochodnię do spalania nadwyżek biogazu, urządzenia bezpieczeństwa, tj. mechaniczne, hydrauliczne i elektryczne zabezpieczenia przed nad- i podciśnieniem, oraz licznik gazu do oceny ilości wyprodukowanego biogazu. **Przed wykorzystaniem na cele energetyczne biogaz musi być oczyszczony z substancji niepożądanych.** Jedną z metod redukcji stężenia siarkowodoru jest przepuszczenie przez zbiornik wypełniony rudą darniową. Stosuje się również filtry ze związkami żelaza, węgiel aktywny, wapno gaszone. Nadmiar pary wodnej można usunąć przez zainstalowanie odwadniaczy.

Zdjęcie 29. Wnętrze zbiornika.

Źródło: Archiwum DODR we Wrocławiu.

Zbiornik na przefermentowaną biomasę nazywany jest często komorą wtórnej fermentacji, ponieważ proces fermentacji nierozłożonej części materii organicznej trwa dalej, ale ze znacznie mniejszą wydajnością (np. około 15%). Warunkiem dalszego odzyskania biogazu jest przykrycie zbiornika gazoszczelną powłoką.

Ponadto instalacja jest wyposażona w system automatycznego sterowania, w skład którego wchodzą układy regulacji, pomiaru, zabezpieczeń i monitorowania. Istotne jest, aby wszystkie budowle, maszyny i urządzenia zapewniały bezpieczeństwo funkcjonowania instalacji i minimalizowały jej uciążliwość dla otoczenia.

Zdjęcie 30. System starowania automatycznego w biogazowni.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

TECHNOLOGIE PRODUKCJI BIOGAZU

Przebieg procesu fermentacji metanowej jest dokładnie przebadany. Opracowano szereg rozwiązań technologicznych, które pozwalają na jego przyspieszenie, zwiększenie wydajności i optymalizację w zależności od celu (utylizacja odpadów, produkcja energii), rodzaju substratów (odpady zmieszane, substraty celowe), czy ich szczególnych cech (wilgotność, obecność tkanki zwierzęcej itp.). W Europie funkcjonuje wiele firm, które specjalizują się w budowie biogazowni o specyficznych koncepcjach technologicznych. Rozwiązania te stanowią podstawę do wprowadzenia różnych podziałów technologii produkcji biogazu, w zależności od przyjętego kryterium (tab. 13).

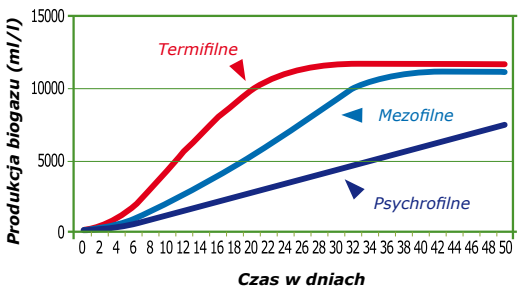
Tabela 13. Podział metod produkcji biogazu.

Kryterium	*Podział*
Temperatura procesu	Proces psychrofilny Proces mezofilny Proces termofilny
Liczba etapów procesu technologicznego	Proces jednostopniowy Proces dwustopniowy Proces dwufazowy
Zawartość substancji suchej we wsadzie	Fermentacja sucha Fermentacja mokra
Tryb napełniania fermentatora	Tryb nieciągły Tryb częściowo ciągły Tryb ciągły

Źródło: Podkówka W., 2012: Biogaz rolniczy – odnawialne źródło energii. Teoria, praktyczne zastosowanie. PWRiL, Warszawa.

Proces psychrofilny, przebiegający w temperaturze kilku do kilkunastu stopni Celsjusza, zachodzi w naturalnych warunkach środowiska (np. na bagnach). Jest on powolny i mało wydajny. Proces mezofilny, prowadzony przez bakterie, których optimum temperaturowe przypada w zakresie 30-37°C, stosowany jest w większości polskich biogazowni. Proces termofilny (52-55°C) jest wprawdzie bardziej wydajny od mezofilnego, jednak trudniej jest utrzymać reżim temperaturowy, szczególnie zimą.

Rysunek 6. Wpływ temperatury na wydajność procesu fermentacji.



Źródło: Grzybek A., 2005: Ocena Strategii rozwoju energetyki odnawialnej oraz kierunki rozwoju energetycznego wykorzystania biogazu wraz z propozycją działań. Ekspertyza. NFOŚ, Warszawa.

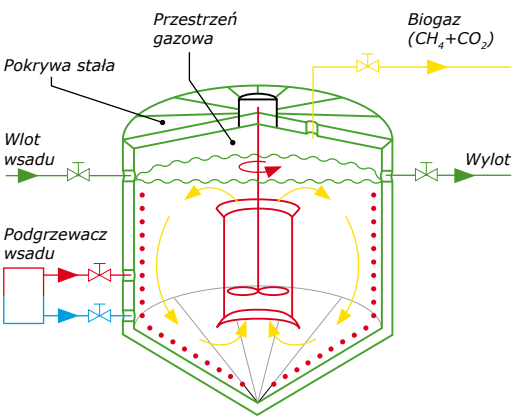
Zdjęcie 31. Lewe zdj. - Składowisko surowca - sieczki kukurydzianej. Prawe zdj. - Prace zbrojarskie płyty fundamentowej zbiornika fermentacyjnego nr 1, po prawej stronie widoczny jest ukończony zbiornik podziemny nr 1B, zbiornik podziemny nr 1A przed wykonaniem płyty stropowej.

Źródło: www.wikanabioenergia.pl

Technologie jednostopniowe

polegają na prowadzeniu całego procesu fermentacyjnego w jednej komorze (w jednym zbiorniku), tzn. poszczególne etapy fermentacji nie są rozdzielone przestrzennie. Czas trwania procesu to z reguły 14-16 dni, przy czym rozkładowi ulega ok. 45% substancji organicznej zawartej w substratach. Czas retencji 70-80 dni pozwala na rozłożenie 70-80% związków organicznych.

Rysunek 7. Jednostopniowa komora fermentacyjna.

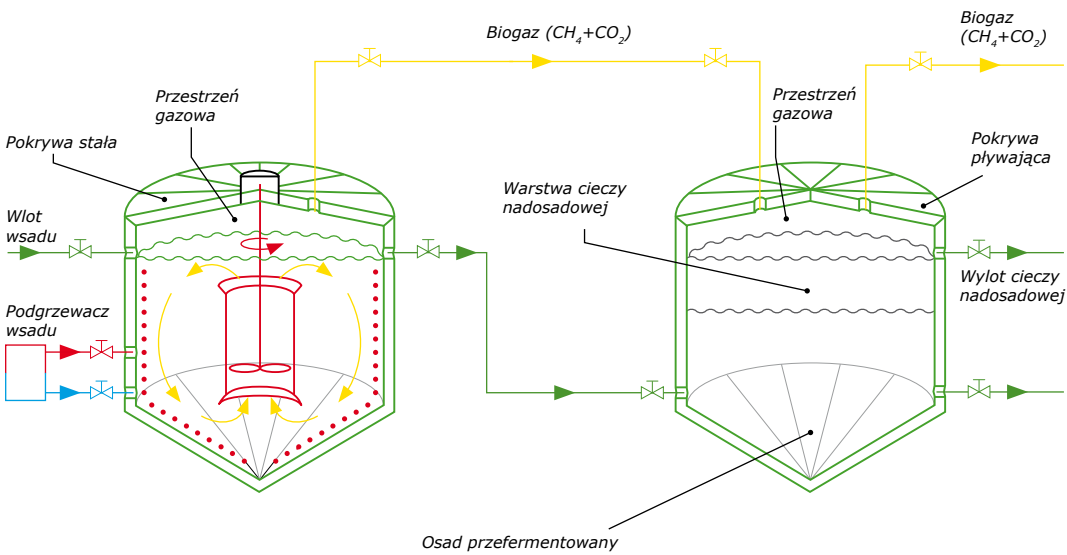


Źródło: Opracowanie własne.

Technologie dwustopniowe

polegają na rozdzieleniu procesu fermentacji na dwa reaktory. W metodzie dwu- lub wielostopniowej stosuje się rozdzielenie poszczególnych faz na różne zbiorniki, np. część procesu technologicznego odbywa się w zbiorniku zewnętrznym. W pierwszym z nich następuje hydroliza i fermentacja kwaśna, w drugim natomiast faza octanogenna i metanogenna. Dzięki temu tworzy się optymalne warunki do rozwoju mikroorganizmów w poszczególnych fazach procesu, co zwiększa stopień rozkładu substancji organicznej do 60-80%, pozwala na wyższą i bardziej stabilną produkcję biogazu oraz skraca czasu trwania fermentacji nawet do 4-6 dni. Technologie dwustopniowe wymagają jednak wyższych nakładów finansowych (dwa reaktory, dodatkowe wymienniki ciepła i pompy) oraz mogą stwarzać większe problemy przy kontroli parametrów procesu. Przyjmuje się, że substraty powinny być przekształcane w procesie dwustopniowym, gdy zawierają dużą ilość łatwo rozkładalnych substancji organicznych. Wykorzystanie dwóch komór fermentacyjnych racjonalne jest również dla prowadzenia w pierwszej z nich fermentacji termofilowej, natomiast w drugiej mezofilowej.

Rysunek 8. Komory fermentacyjne w technologii dwustopniowej.



Źródło: Opracowanie własne.

Technologie dwufazowe opierają się na rozdzieleniu zawiesiny wypływającej z reaktora hydrolizy na fazę ciekłą i stałą. Tylko faza ciekła (zawierająca ok. 70% składników metanogennych) kierowana jest do reaktora metanogenezy. Inny przykład technologii dwufazowych to poddawanie stałego surowca tlenowej hydrolizie, natomiast ścieków powstających w wyniku przemywania surowca, które przejmują organiczne zawiesiny i substancje rozpuszczalne, fermentacji beztlenowej. Metoda ta jest wykorzystana głównie do odpadów łatwo ulegających hydrolizie, np. odpadków kuchennych.

Wiele firm, specjalizujących się w przetwarzaniu wybranych substratów na energię w procesie fermantcji beztlenowej, opracowało własne koncepcje, które stosowane są w konkretnych typach biogazowni. Na rynku krajowym funkcjonuje też wiele przedsiębiorstw, oferujących własne technologie lub pracujące na licencji firm zachodnich.

5.1. Fermentacja sucha i mokra

Substraty poddawane fermentacji metodą mokrą zawierają poniżej 15% s.m. Jest to technologia powszechnie stosowana przy fermentacji osadów ściekowych i gnojowicy. Substraty przeznaczone do procesu powinny mieć konsystencję, pozwalającą na ich pompowanie. Powyżej tej wartości materiał traci możliwość przepompowywania, więc nie należy doprowadzać do takiego stanu. W praktyce prowadzona jest w większości przypadków fermentacja mokra, gdzie zawartość masy suchej jest mniejsza niż 12%.

Zdjęcie 32. Instalacja chłodząca przy biogazowni.

Źródło: Archiwum FDPA.

W zależności od zawartości suchej masy we wsadzie komór fermentacyjnych wyróżnia się fermentację mokrą i suchą. W rzeczywistości obydwa te rodzaje procesów fermentacji zachodzą w środowisku płynnym. Wyznacznikiem tego, czy fermentacja jest mokra, czy sucha, jest procentowa zawartość suchej masy.

Proces fermentacji mokrej wymaga przygotowania substratów strategicznych (głównych), przez ich rozdrobnienie, posortowanie, zakiszenie itp. W drugim etapie zwiększana jest wilgotność, dodawane są kosubstraty rozcieńczające, jak np. gnojowica, wywar z gorzelni, serwatka lub woda procesowa (technologiczna). Po całkowitym wymieszaniu wszystkich składników, rozpoczyna się proces fermentacji beztlenowej w reaktorze. Trzeci etap procesu obejmuje odbieranie, magazynowanie i rozdzielanie składników gazowych oraz ich wykorzystanie energetyczne i zagospodarowanie masy pofermentacyjnej.

W technologiach **suchej fermentacji** przerabiane są substraty o zawartości 20-40% s.m. Technologia ta jest często stosowana w fermentacji wysortowanych odpadów komunalnych.

Jedynym procesem przygotowania wsadu jest usuwanie elementów o średnicy powyżej 40 mm. W przypadku zmieszanych odpadów komunalnych odbywa się to poprzez odsiew na sicie bębnowym, natomiast np. bioodpady segregowane u źródła przechodzą przez rozdrabniarki. Świeży wsad zaszczepiany jest masą bakteryjną przez wymieszanie z osadem przefermentowanym oraz recyrkulację wody procesowej. Przygotowana masa transportowana jest do hermetycznych komór fermentacyjnych. Po napełnieniu komory jest ona zamykana i pozostawiana na czas fermentacji, który najczęściej trwa kilkadziesiąt dni. W tym czasie zawartość komory jest zwilżana za pomocą systemu zraszaczy. Powstający biogaz odbierany jest z komory systemem przewodów gazowych. Po upływie odpowiednio dobranego czasu retencji komora jest otwierana, a jej zawartość usuwana i najczęściej kierowana do stabilizacji tlenowej, czyli kompostowania.

Zdjęcie 33. Instalacja do suchej fermentacji odpadów w technologii Kompogas (Klingnau, Szwajcaria).

Źródło: Krzyśków A, Chybiński S., Krukowska-Szopa I., 2009: Zagospodarowanie bioodpadów w gminie. „Rady na bioodpady – kampania informacyjno-edukacyjna w zakresie zagospodarowania bioodpadów", Legnica, Worcław.

5.2. Podział technologii w zależności od sposobu napełniania komór

Tryb napełniania fermentatora wynika z dostępności substratu i konstrukcji instalacji.

Napełnianie nieciągłe.

W takim trybie napełniania zbiornik fermentacyjny jest całkowicie napełniany świeżym substratem i następnie hermetycznie zamykany. Substrat pozostaje w zbiorniku przez zaplanowany okres, w tym czasie nie uzupełnia się go nowym substratem. W przypadku komór fermentacyjnych o objętości od 500 do 1500 m^3 okres fermentacji wynosi od 40 do 80 dni, w zależności od składu wejściowego substratu. W przypadku dużych pionowych komór o objętości rzędu 1 500 do 5 000 m^3 okres fermentacji wynosi 20 dni. Tak znaczące skrócenie okresu przetrzymywania substratu w komorze możliwe jest dzięki jego stałemu mieszaniu i podgrzewaniu. Należy podkreślić, że czas fermentacji jest różny w zależności od komponentów wsadu. Po upływie przyjętego czasu komorę opróżnia się, pozostawiając na dnie niewielką ilość wsadu dla zaszczepienia nowego procesu i ponownie zapełnia się zbiornik. W tej metodzie zmianie ulega ilość i jakość produkowanego biogazu z upływem czasu, co jest jej zasadniczą wadą.

Zwiększeniu równomierności produkcji biogazu sprzyja zastosowanie metody **napełniania nieciągłego ze zbiornikami wymiennymi**. Metoda ta polega na zastosowaniu dwu zbiorników. Zbiornik pierwszy jest powoli i równomiernie napełniany substratem, gdzie przebiegają dwa pierwsze etapy procesu, podczas gdy zbiornik drugi (główny) jest wypełniony całkowicie i w nim przebiegają kolejne etapy fermentacji. Zapełnienie pierwszego zbiornika następuje w momencie zakończenia fermentacji w zbiorniku głównym, jego zawartość jest usuwana, a na jej miejsce jest przenoszona zawartość zbiornika pierwszego.

Napełnianie częściowo ciągłe (quazi-ciągłe).

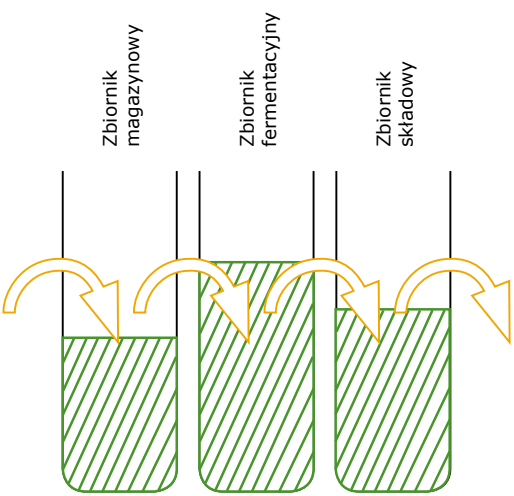
Charakteryzuje się tym, ze przynajmniej jeden raz w ciągu dnia zbiornik fermentatora jest zasilany świeżym ładunkiem substratu. Takie

uzupełnianie fermentatora zwiększa równomierność pozyskiwania gazu, poprawia jego niezmienność oraz pozwala na zagospodarowywanie materiału wsadowego zaraz po jego powstaniu. Jest to szczególnie ważne w przypadku trudności z przechowywaniem materiału wejściowego w dłuższych okresach.

Napełnianie ciągłe.

Ciągłe napełnianie zbiornika głównego powoduje, że proces ma charakter procesu przepływowego. Komora fermentacyjna jest napełniana wielokrotnie w ciągu doby, zwykle od 3 do 5 razy, i taka sama ilość masy pofermentacyjnej jest usuwana do zbiornika. Tak więc, zbiornik fermentacyjny jest cały czas zapełniony wsadem o podobnych lub jednolitych parametrach. Zapewnia to wysoką równomierność produkcji gazu i dobre wykorzystanie pojemności komory. Istnieje jednak niebezpieczeństwo, że część świeżego substratu zostanie od razu zrzucona do zbiornika składowego. Przy metodzie tej bardzo ważna jest skuteczność systemu mieszania wsadu.

Rysunek 9. Schemat napełniania ciągłego i częściowo ciągłego.



Źródło: Podkówka W., Podkówka Z., Kowalczyk-Juśko A., Pasyniuk P. 2012: Biogaz rolniczy odnawialne źródło energii. Teoria, praktyczne zastosowanie. PWRiL, Warszawa.

Pewnym rozszerzeniem koncepcji procesu przepływowego przy napełnianiu ciągłym jest **proces mieszany**. W takim rozwiązaniu zbiornik składowy odpadów pofermentacyjnych jest także fermentatorem. Zbiornik fermentacyjny główny pracuje w cyklu napełniania ciągłego. Zbiornik na masę pofermentacyjną jest również przykryty i pozwala na gromadzenie powstającego tam gazu. Ten zbiornik pracuje metodą napełniania nieciągłego. W procesie mieszanym wzrasta równomierność wytwarzania biogazu i zwiększa się wydajność substratu. Wykorzystywana również jest ta część substratu, która zbyt wcześnie wypływa z głównego zbiornika fermentacyjnego.

Wybór technologii zależy od substratów, dostępnością terenu, powierzchnią gruntu jaką dysponuje biogazownia, typem i liczbą komór itp. Firmy realizujące budowę instalacji uzgadniają jej parametry i dobierają najlepsze rozwiązanie do konkretnej inwestycji. Źle dobrana technologia to przyczyna protestów.

Zdjęcie 34. Zadawanie substratów do biogazowni.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk-Juśko.

ETAPY PROCESU INWESTYCYJNEGO

Budowa biogazowni rolniczej wymaga od inwestora przeprowadzenia wielu prac przygotowawczych. Wiążą się one z przygotowaniem dokumentacji inwestycji, analizą logistyki dostaw surowców i zagospodarowania substratów, opracowaniem koncepcji wykorzystania energii elektrycznej i cieplnej itp.

6.1. Wybór lokalizacji

Przed przystąpieniem do prac planistycznych należy podjąć decyzję dotyczącą wyboru konkretnej lokalizacji inwestycji. Trafny wybór lokalizacji będzie na każdym etapie ułatwiał pracę nad inwestycją, a często wręcz będzie decydował o podjęciu bądź zaniechaniu jej realizacji. Najczęściej podstawę wyboru lokalizacji stanowi dostępność substratów do procesu. W regionach, gdzie występuje niezadowalający stan infrastruktury i duże rozdrobnienie gospodarstw, wyszukanie lokalizacji można zacząć od rozpoznania gospodarstw, dysponujących dużym areałem gruntów, a jednocześnie leżących blisko dróg dojazdowych. Istotnym czynnikiem jest też możliwość włączenia do sieci elektroenergetycznej. Po wstępnym rozpoznaniu obszarów, które mogłyby spełniać wymogi pod względem infrastruktury warto ustalić adresy przedsiębiorców rolnych, którzy dysponują odpowiednio dużym areałem gruntów. Do nich należy zwrócić się z pytaniami dotyczącymi zainteresowania m.in. produkcją substratów. Ze strony przedsiębiorstwa należy zaoferować zawarcie umów na dostawy substratów (najczęściej na minimum 10 lat), czy możliwości zaopatrywania gospodarstwa w masę pofermentacyjną do nawożenia pól uprawnych, w zależności od sposobu zagospodarowania pofermentu.

Zdjęcie 35. Biogazownia Niedoradz.

Źródło: Archiwum FDPA.

Podstawowym produktem, jaki będzie wytwarzać biogazownia rolnicza jest biogaz, wykorzystywany do produkcji energii elektrycznej, lub też wtłaczany do sieci bądź stosowany jako paliwo do pojazdów.

Infrastruktura a lokalizacja biogazowni

Do elementów infrastruktury niezbędnej do budowy i eksploatacji biogazowni należą drogi utwardzone. Dobry dojazd, lub niedaleka odległość od utwardzonej drogi to kolejny przedmiot analizy, jaka powinna być przeprowadzona podczas poszukiwania odpowiedniej lokalizacji. Zwrócić też trzeba uwagę na wielkość i kształt działki oraz jej położenie względem zabudowy mieszkaniowej. Ocena odległości biogazowni od osiedli ludzkich jest niejednoznaczna. Z jednej strony bliskość budynków mieszkalnych zwiększa szanse na zagospodarowanie ciepła odpadowego, a przez to poprawę efektywności ekonomicznej inwestycji oraz obniżenie kosztów ogrzewania budynków, z drugiej jednak może powodować niezadowolenie mieszkańców i stwarza ryzyko oprotestowania budowy biogazowni. Mimo, że np. w Niemczech biogazownie lokalizowane są w bezpośrednim sąsiedztwie zabudowy mieszkaniowej, uwarunkowania polskie zmuszają do poszukiwania lokalizacji jak najdalej odsuniętych od osiedli ludzkich.

W zależności od rozwiązań związanych z zagospodarowaniem biogazu niezbędne jest zapewnienie jego zbytu. W przypadku, gdy biogazownia zaopatrzona jest w urządzenia kogeneracyjne – produktem tym będzie energia elektryczna. Wprawdzie obowiązek zakupu energii wytworzonej w odnawialnych źródłach oraz w kogeneracji istnieje dzięki odpowiedniej konstrukcji przepisów, jednak rozwiązania techniczne mogą nastręczać trudności. Aby była możliwa sprzedaż energii konieczny jest dostęp do sieci elektroenergetycznej. Budowa przyłączy jest kosztowna, a w przypadku większych odległości może okazać się niewykonalna. Oprócz istnienia linii średniego napięcia niezbędne są techniczne możliwości przyłączenia źródła o określonej mocy wytwórczej i uzyskanie warunków przyłączeniowych ustalonych przez lokalnego operatora. Biogazownie, które zamierzają oczyszczać biogaz do jakości gazu ziemnego i wprowadzać go do sieci muszą rozpoznać uwarunkowania infrastruktury z tym związane. Najważniejsza będzie w tym przypadku odległość od sieci gazowej.

Zdjęcie 36. Przyłącza energetyczne biogazowni.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

W biogazowni wyposażonej w kogenerator oprócz energii elektrycznej wytwarzane jest ciepło, którego ilość przewyższa ilość energii elektrycznej. Część ciepła zostaje wykorzystana w procesie technologicznym, głównie do ogrzania komór fermentacyjnych, jednak nadmiar powinien być racjonalnie zagospodarowany. Nie zawsze istnieje możliwość sprzedaży ciepła, jednak podnosi to efektywność ekonomiczną biogazowni, a w niektórych przypadkach może przesądzać o jej opłacalności. Realne możliwości sprzedaży ciepła dla odbiorcy zewnętrznego (zakład, który ma stałe zapotrzebowanie na ciepło, ciepłownia miejska, osiedle mieszkalne itp.) to kolejny punkt, jaki warto ocenić podczas analizy uwarunkowań lokalizacyjnych biogazowni.

Trzecim produktem uzyskiwanym w biogazowni jest masa pofermentacyjna, która przedstawia dużą wartość nawozową. Alternatywnie może też być wykorzystana jako paliwo z biomasy (po wcześniejszym osuszeniu). Niezbędne jest rozpoznanie możliwości zagospodarowania pofermentu w rolnictwie lub jego uzdatniania i sprzedaży.

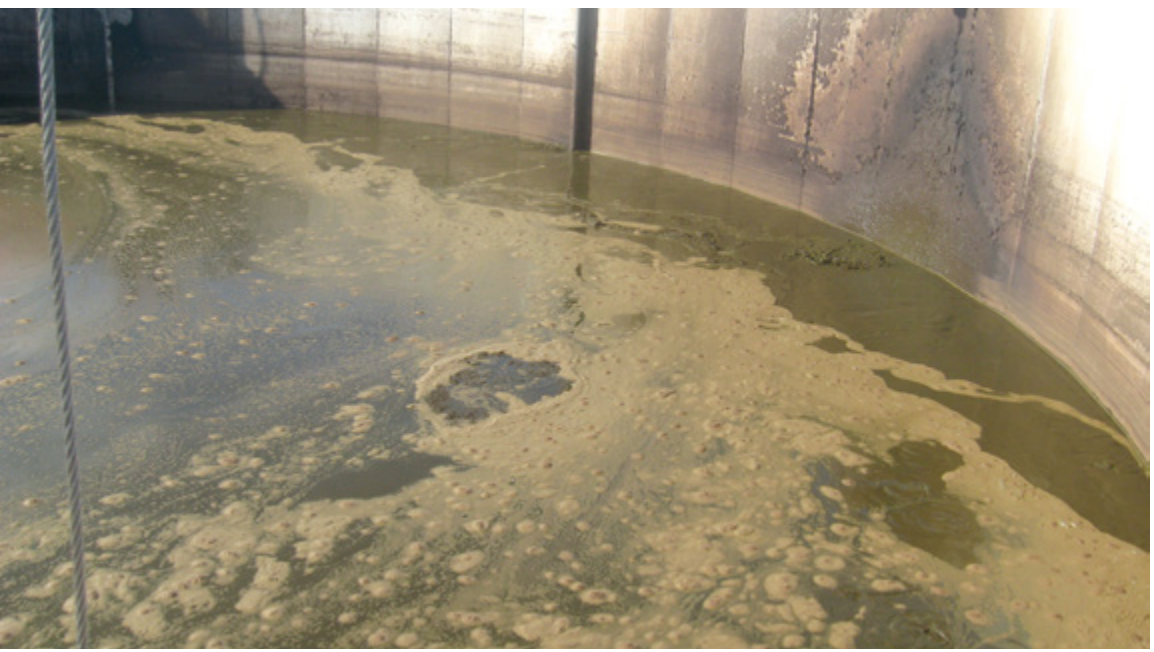
Analiza uwarunkowań środowiskowych i społecznych

Biogazownia powinna być odpowiednio usytuowana w stosunku do obszarów chronionych. Bliskość takich obszarów komplikuje i wydłuża procedurę uzyskania zezwoleń środowiskowych, a w niektórych przypadkach może ją uniemożliwić. Tereny chronione są też ograniczeniem dla rolniczego zagospodarowania masy pofermentacyjnej, traktowanej w polskim ustawodawstwie jako odpad.

Problemem, z jakim ostatnio spotykają się zainteresowani budową biogazowni jest negatywne nastawienie społeczności lokalnej. W wielu przypadkach protesty społeczne zablokowały budowę na różnych etapach procesu inwestycyjnego.

Obawy mieszkańców wynikają najczęściej z niewiedzy, nadmiernej ostrożności, niedoinformowania lub nawet uzyskania błędnych, nierzetelnych informacji.

Zdjęcie 37. Otwarty zbiornik na masę pofermentacyjną.



Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

Wskazane jest zatem, aby przed rozpoczęciem oficjalnych procedur zorganizować spotkanie z mieszkańcami, na którym zostaną oni poinformowani o planach budowy, o korzyściach jakie przyniesie to dla społeczeństwa, o metodach zapobiegania ewentualnym problemom. Równocześnie spotkanie pozwoli rozpoznać nastawienie ludności, podjąć decyzje o ewentualnych sposobach rozwiewania wątpliwości (np. propozycja wyjazdu do funkcjonującej biogazowni).

Rynek substratów

Jednym z najważniejszych zagadnień w procesie wyboru lokalizacji biogazowni jest odległość od źródeł substratów, gdyż pozyskanie i transport wsadu do biogazowni stanowi istotny składnik kosztów przedsięwzięcia. Większość powszechnie wykorzystywanych substratów (gnojowica, wywar z gorzelni, kiszonki roślinne) charakteryzuje się wysoką wilgotnością, dlatego odległość, na którą trzeba je przewozić powinna być jak najkrótsza. Przy odległości większej niż 4 km między polem a biogazownią, na koszty transportu przypada ponad 40% kosztów zbioru kukurydzy na kiszonkę. Oprócz odległości istotna jest gwarancja dostępności substratów w aspekcie średnio- i długookresowym (od kilku do kilkunastu lat).

Najbardziej korzystnym rozwiązaniem jest lokalizacja biogazowni w bezpośredniej bliskości źródła substratów: przy fermie zwierząt (bydła, trzody chlewnej, drobiu), czy też zakładu przetwarzającego produkty rolnicze, gdzie powstaje duża ilość odpadów organicznych (gorzelnia, przetwórnia owoców lub warzyw, cukrownia itp.). Przy takiej ocenie należy wziąć pod uwagę ilość substratów, ich jednolitość, skład chemiczny, zawartość stałej masy, równomierność dostaw w ciągu roku, możliwości magazynowania itp. Stosowanie odpadów z przemysłu rolno-spożywczego daje możliwość pozyskania dodatkowych wpływów z tytułu utylizacji odpadów, co poprawia efektywność ekonomiczną biogazowni.

Istotnym czynnikiem wyboru działki w konkretnej miejscowości jest nastawienie władz lokalnych do takiej inwestycji. Wsparcie władz jest pożądane, gdyż inwestor będzie współpracował z urzędem gminy nie tylko podczas budowy biogazowni, ale też całego okresu jej funkcjonowania. Pozytywne podejście lokalnych władz do inwestycji biogazowni pozwoli na skrócenie czasu oczekiwania na niektóre decyzje, a często przeważy o samej treści decyzji: „za" lub „przeciw".

Zdjęcie 38. Biogazownia w Skrzatuszu (woj. wielkopolskie), w tle widoczna gorzelnia będąca źródłem substratów (wywar).

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

Zapotrzebowanie na biomasę do produkcji biogazu, jest uzależnione od zakładanej wielkości produktu finalnego, którym najczęściej jest energia elektryczna. Ilość wytworzonego prądu elektrycznego, powstałego w wyniku spalania biogazu w agregacie prądotwórczym, jest uzależniona od zawartości biometanu w biogazie i sprawności silnika. Średnio przyjmuje się, że przy sprawności elektrycznej silnika 40%, z 1 m^3 CH_4 uzyskuje się 4 kWh energii elektrycznej.

Najczęściej zapotrzebowanie na biomasę, jak również ilość wytworzonej energii elektrycznej, podaje się w stosunku rocznym lub jednej doby, czy też miesiąca. Surowce roślinne w zależności od struktury fizycznej, wymagają innych zasad magazynowania, jednak ważnym kryterium jest zawartość suchej masy. Ziarna zbóż i nasiona najczęściej składuje się w specjalnych silosach (zbiornikach) lub magazynach, okopowe w kopcach lub przechowalniach, kiszonki w silosach przejazdowych, pryzmach naziemnych lub rękawie foliowym, zaś objętościowe suche w zadaszonych wiatach lub stertach. Należy zwracać uwagę na zawartość suchej masy w ziarnach zbóż, nasionach, słomie i sianie. Nadmiar wilgotności powoduje ich pleśnienie i gnicie, a tym samym nie mogą być stosowane jako substrat do produkcji biogazu. Na podstawie masy objętościowej poszczególnych surowców można ustalić wymaganą objętość magazynową do przechowywania substratów.

Wpływ na pozyskiwanie biomasy roślinnej z upraw polowych i użytków zielonych mają warunki pogodowe, rozkład opadów i temperatury, decydujące o plonie i jego składzie chemicznym. W latach wilgotnych i ciepłych, nadmiar wyprodukowanej biomasy roślinnej należy zmagazynować głównie w postaci kiszonki, która jako rezerwa może być składowana do następnego roku. Celem zminimalizowania ryzyka, należy planować odpowiednie rezerwy, które winny zapewnić minimum miesięczną produkcję (czyli ok. 8,3% rocznego zapotrzebowania). Wskazana jest większa rezerwa, wynosząca 17% rocznego zapotrzebowania, co odpowiada dwumiesięcznej produkcji.

Produkcja biogazu wyłącznie z jednego surowca, jest narażona na duże ryzyko. Z agrotechnicznego punktu widzenia nie ma możliwości wprowadzenia prawidłowego zmianowania. Kukurydza jest dość odporna na uprawę w monokulturze, jednak warunki klimatyczne mogą spowodować ograniczoną produkcję biomasy. Jednym ze sposobów zmniejszenia ryzyka, jest produkcja kiszonek z całych roślin zbożowych, które lepiej wykorzystują zapas wody zimowej. Szczególnie przydatna jest kiszonka sporządzona z pszenicy ozimej, zaś na glebach słabszych - żyta. W okresie jesienno-zimowym i na wiosnę rośliny chronią glebę przed erozją wodną i powietrzną. Rośliny te zbierane są na kiszonkę w czerwcu lub najpóźniej na początku lipca, a stanowisko może być wykorzystane do uprawy po-

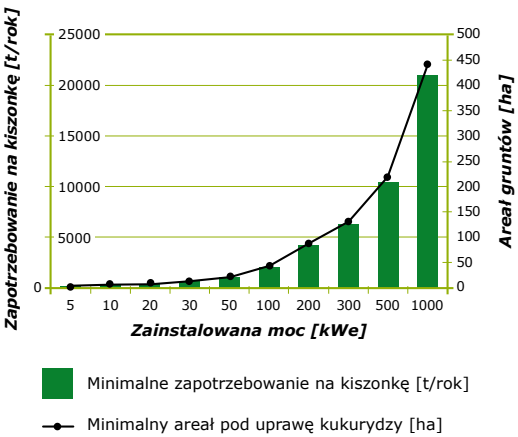
Tabela 14. Roczne zapotrzebowanie substratu, dla biogazowni o określonej zainstalowanej mocy wytwórczej.

Zainstalowana moc	***Zapotrzebowanie na biogaz [m^3]***	***Kiszonka stanowi 100 % substratu***		***Kiszonka z stanowi 70% substratu, pozostałe 30% gnojowica***			
		Zapotrzebowanie na kiszonkę		Zapotrzebowanie na kiszonkę		Zapotrzebowanie na gnojowicę	
		ton	ha	ton	ha	ton	SD
1 MW	3 650 000	21 000	440,0	14 700	308,0	40 556	1 763
500 kWe	1 825 000	10 500	220	7 350	154	20 278	882
300 kWe	1 095 000	6 300	132	4 410	92	12 167	529
200 kWe	730 000	4 200	88	2 940	62	8 111	353
100 kWe	3650 00	2 100	44,0	1 470	30,8	4 056	176
50 kWe	182 500	1 050	22,0	735	15,4	2 028	88
30 kWe	110 606	636	13,3	445	9,3	1 229	53
20 kWe	73 000	420	8,8	294	6,2	811	35
10 kWe	36 500	210	4,4	147	3,1	406	18
5 kWE	18 250	105	2,2	74	1,5	203	9

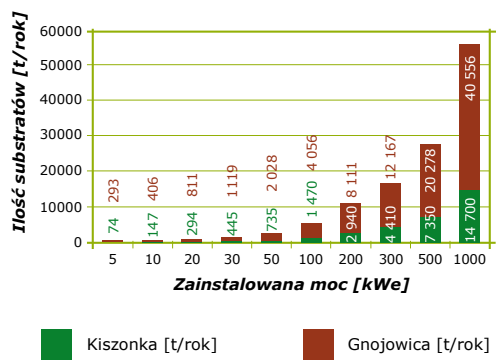
Źródło: E. Czerwiakowska-Bojko: Biogazownie rolnicze w działaniach Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi. MRiRW, Gdańsk 2010.

plonów, które zwiększają produkcję biomasy (sorgo, słonecznik). Również kiszonki z roślin zbożowych jarych w czystym siewie lub w mieszance ze strączkowymi, są cennym surowcem do produkcji biogazu. Zbierane pod koniec czerwca lub na początku lipca, pozwalają racjonalnie wykorzystać pojemność silosów. Ocenia się, że uwzględnienie w doborze roślin dla biogazowni kiszonek z całych roślin zbożowych pozwala zmniejszyć pojemność silosów o 15%.

Rysunek 10. Zapotrzebowane na kiszonkę i minimalny areał uprawy w zależności od zainstalowanej mocy kogeneratora.



Rysunek 11. Zapotrzebowanie na substraty dla biogazowni wykorzystującej kiszonkę (70%) i gnojowicę (30%) w zależności od zainstalowanej mocy kogeneratora.



Źródło rys. 10 i rys. 11: Opracowanie własne na podstawie E. Czerwiakowska-Bojko, MRiRW, Gdańsk 2010.

Zdjęcie 39. Alternatywne gatunki roślin do produkcji biogazu. Kolejno: topinambur, miskant cukrowy, ślazowiec pensylwański.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

6.2. Cykl inwestycyjny budowy biogazowni

Dokumentacja projektu biogazowni

W cyklu inwestycyjnym wyróżnia się dwa etapy:

- przedinwestycyjny,
- inwestycyjny.

W cyklu przedinwestycyjnym wykonuje się najczęściej następujące dokumenty projektowe:

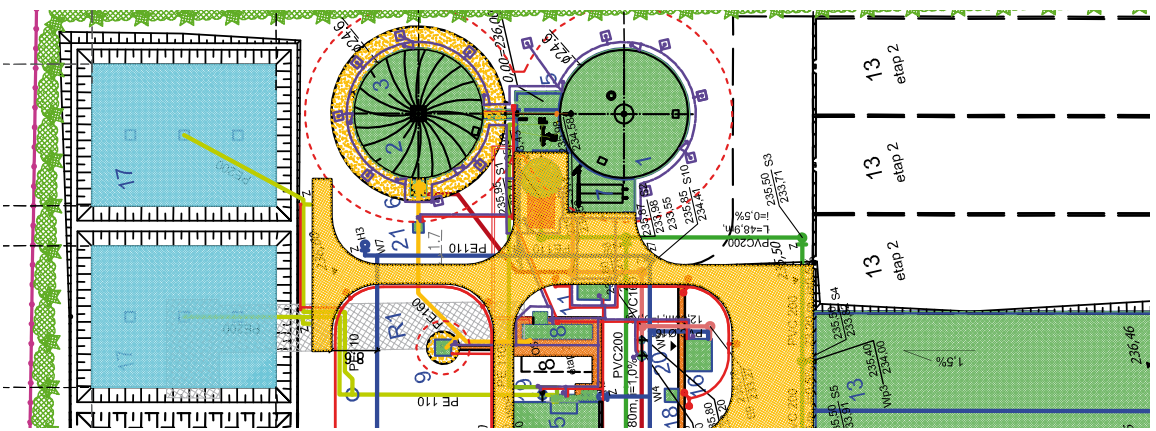
- studium programowo-przestrzenne, inaczej zwane wstępną koncepcją (niezbędne do opracowania wniosku o ustalenia warunków zabudowy i zagospodarowania terenu),
- koncepcja programowo-przestrzenna (KPP) opracowywana z uwzględnieniem wymagań zawartych w decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu, zawiera uściślenie zamierzeń. Zgodnie z „Ustawą o zagospodarowaniu przestrzennym" i mając opracowane rozwiązanie techniczne budowy instalacji np. w postaci KPP, należy wystąpić do władz lokalnych z wnioskiem o wydanie warunków zabudowy i zagospodarowania terenu. Do wniosku zainteresowany obowiązany jest załączyć ocenę oddziaływania na środowisko sporządzoną przez biegłego z listy ministra ochrony środowiska, zasobów naturalnych i leśnictwa, w formie raportu,
- analiza wykonalności – daje pogląd na warunki finansowe zarówno na etapie realizacji jak również, co jest nie mniej istotne w okresie eksploatacji i ewentualnej spłaty zainwestowanych środków. Również instytucje finansujące wymagają tego opracowania,
- projekt podstawowy (uzyskanie pozwolenia na budowę w oparciu o projekt budowlany, uzyskanie wymaganych opinii, uzgodnień i pozwoleń w oparciu o pozostałe elementy projektu podstawowego),
- projekt wykonawczy (jeśli planuje się zlecenie całości prac firmie technologicznej, wówczas projekt wykonawczy nie musi być sporządzany).

Każdy z wymienionych dokumentów różni się zawartością i poziomem szczegółowości.

Projekt podstawowy - zakres dokumentacji, uwzględniający nie tylko wymagania Prawa Budowlanego, ale również wymagania ustaw szczególnych (np. o ochronie i kształtowaniu środowiska, Państwowej Inspekcji Sanitarnej, drogach publicznych itp.), składający się z:

- projektu budowlanego,
- projektu technologicznego,
- pozostałych projektów branżowych,
- analizy uciążliwości dla środowiska,
- zbiorczego zestawienia kosztów,
- założeń realizacji,
- harmonogramu realizacji,
- harmonogramu finansowania,
- opinii i uzgodnień do projektu.

Zdjęcie 40. Przykładowy plan sytuacyjny biogazowni.



Źródło: Archiwum firmy Eko-Trend.

Projekt budowlany nie obejmuje projektu technologicznego, założeń projektu realizacji inwestycji, zestawienia kosztów budowy, zestawienia wyposażenia, harmonogramów itp. Nie jest więc wystarczający do uzyskania niektórych uzgodnień, w szczególności związanych z ochroną środowiska, wymaganiami sanitarno-higienicznymi, przeciwpożarowymi i in.

Projekt wykonawczy obejmuje zakres dokumentacji, umożliwiający prowadzenie budowy, wraz ze szczegółowymi kosztorysami (inwestorskimi i ofertowymi), instrukcjami obsługi i eksploatacji. Zakres opracowywanej dokumentacji i szczegółowość dokumentacji projektowej ustalane są przez inwestora i zamawiającego i zależą od stopnia skomplikowania i typowości przedsięwzięcia. Zagadnieniem centralnym w projektowaniu zakładu przemysłowego jest technologia. Zestawienie poszczególnych operacji i procesów jednostkowych w logiczny ciąg, od surowca do gotowego produktu, daje proces technologiczny. Na podstawie procesu technologicznego projektuje się linię technologiczną, wyznaczając (w wyniku obliczeń i doboru) maszyny i urządzenia, jakie można zastosować. Ich rozmieszczenie decyduje o powierzchni, kubaturze i konstrukcji budynku. Proces technologiczny określa zapotrzebowanie na energię, media, surowce i materiały pomocnicze, określa zatrudnienie (liczbę załogi), wielkość pomieszczeń i urządzeń socjalnych, administracyjnych i technicznych, szkodliwość zakładu dla otoczenia, transport wewnętrzny i zewnętrzny. Wybór właściwej metody technologicznej produkcji rzutuje na wykorzystanie surowca, maszyn, zapotrzebowania na energię i pracę ludzką, wpływa na jakość gotowego produktu, decyduje więc w zasadniczy sposób o wartości projektu, o kosztach i efektywności inwestycji. Tego wyboru dokonuje projektant technolog (w porozumieniu z prowadzącym cały projekt – generalnym projektantem i inwestorem).

Zdjęcie 41. Prace przy budowie biogazowni.

Źródło: Archiwum DODR we Wrocławiu.

Do prac przedprojektowych należą analizy i prognozy, prace studialne, decyzje dotyczące wielkości instalacji – określenie zdolności produkcyjnych, wybór metody produkcji i lokalizacji zakładu. Zaleca się na tym etapie opracowanie koncepcji budowy (rozwiązanie techniczne i spodziewane wyniki finansowe) w formie koncepcji programowo-przestrzennej – KPP, która będzie pomocna i potrzebna przy składaniu wniosku o wydanie warunków zabudowy i zagospodarowania terenu, opracowywaniu raportu oddziaływania na środowisko i w celu uzyskania kredytu w banku.

Projekt wykonawczy powinien zawierać między innymi:

- Projekt technologiczny, a w nim:
  - część ogólna – opisowa,
  - dobór aparatury i urządzeń,
  - schematy przepływowe,
  - rysunki rozmieszczenia urządzeń (rzuty i przekroje),
  - specyfikacja wyposażenia,
  - założenia technologiczne dla poszczególnych branż (budowlanej, elektrycznej, pomiarów i automatyki, energetycznej i gospodarki wodno-ściekowej),
- kosztorys inwestorski sporządzony na podstawie Katalogów Nakładów Rzeczowych,
- projekty rozruchu: urządzeń, instalacji i obiektów.

Projekty wykonawcze powinny precyzować warunki wykonania i odbioru danego rodzaju robót.

Etap realizacji inwestycji dzieli się na następujące fazy:

- wykonawstwo robót budowlanych,
- dostawę i montaż maszyn, urządzeń i wyposażenia,
- rozruch mechaniczny i technologiczny,
- eksploatacja i osiąganie projektowanej zdolności produkcyjnej.

Budowa i uruchomienie instalacji

Budowa biogazowni trwa zazwyczaj kilka miesięcy. Przed oddaniem biogazowni do eksploatacji trzeba przejść szereg kontroli i formalności ze strony m.in. inspekcji nadzoru budowlanego, inspekcji Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska

Zdjęcie 42. Różne rozwiązania technologiczne biogazowni rolniczych.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

oraz Straży Pożarnej i Urzędu Dozoru Technicznego, co związane jest z budową instalacji gazowej. Do dokumentów budowy zalicza się:

- pozwolenie na budowę;
- dokumenty projektowe, w tym: projekt budowlany i projekty wykonawcze;
- dziennik budowy/rozbiórki jest wymaganym dokumentem urzędowym w okresie od przekazania wykonawcy terenu budowy do końca okresu gwarancyjnego;
- dziennik montażu;
- operaty geodezyjne;
- książka obiektu budowlanego;
- książka obmiarów;
- inne: deklaracje zgodności lub certyfikaty zgodności materiałów, orzeczenia o jakości materiałów i kontrolne wyniki badań;
- protokoły odbiorów częściowych i końcowych;
- dokumentacja powykonawcza jest to dokumentacja budowy z naniesionymi zmianami dokonanymi w toku wykonania robót oraz geodezyjnymi pomiarami powykonawczymi.

Przed przystąpieniem do rozruchu biogazowni należy:

- potwierdzić protokołem odbiorczym zakończenie robót budowlanych i montażowych;
- zainstalować urządzenia kontrolno-pomiarowe;
- opracować projekt rozruchu;
- zabezpieczyć stanowiska pracy pod względem bhp i p-poż.;
- zabezpieczyć materiały eksploatacyjne niezbędne do rozruchu;
- sporządzić szczegółową instrukcję obsługi i konserwacji biogazowni.

Rozruch składa się z etapów:

- rozruch mechaniczny „na sucho" – bez podania mediów roboczych, w czasie którego sprawdzana jest kompletność i prawidłowość działania wszystkich urządzenia i instalacji;
- szkolenie stanowiskowe załogi w zakresie BHP, p-poż oraz obsługi biogazowni;
- rozruch hydrauliczny, prowadzony z użyciem medium neutralnego – wody;
- rozruch technologiczny z użyciem właściwego mediu;
- rozruch układu CHP i włączenie do sieci operatora.

Zdjęcie 43. Wyposażenie biogazowni.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

Protokół odbioru ostatecznego robót jest podstawowym dokumentem zatwierdzającym zakończenie budowy biogazowni. Obejmuje on dokumentację powykonawczą. Przed rozpoczęciem użytkowania biogazowni należy też uzyskać pozwolenia emisyjne lub (najczęściej) dokonać zgłoszenia w Starostwie, zgodnie z rozp. Ministra Środowiska z dn. 2 lipca 2010 r. w sprawie instalacji, których eksploatacja wymaga zgłoszenia (Dz. U. Nr 130, poz. 880). Kolejnym jest zezwolenie na prowadzenie działalności w zakresie odzysku lub unieszkodliwiania odpadów i zezwolenie na eksploatację urządzeń technicznych. Jest to dokument wymagany przed uruchomieniem instalacji biogazowej, wydawany przez Urząd Dozoru Technicznego na mocy Ustawy o dozorze technicznym z dnia 21 grudnia 2000 r. (Dz. U. Nr 122, poz. 1321, z późn. zm.) oraz Rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie rodzajów urządzeń technicznych podlegających dozorowi technicznemu z dnia 7 grudnia 2012 r. (Dz. U. poz. 1468).

Częstym błędem w eksploatowaniu biogazowni jest niewłaściwy jej rozruch z wykorzystaniem substratów, które będą stanowiły właściwy wsad do komór. W pierwszej fazie - zaszczepiania instalacji, stosuje się substrat inokulujący, najczęściej gnojowicę bydlęcą, fermentujący osad ściekowy z oczyszczalni lub częściowo przefermentowaną zawartość komory z funkcjonującej już innej biogazowni. Takie podłoże ma już wymagane stężenie bakterii. Podłoże musi być jednorodne i podawane małymi porcjami, co da bakteriom czas na właściwy rozwój.

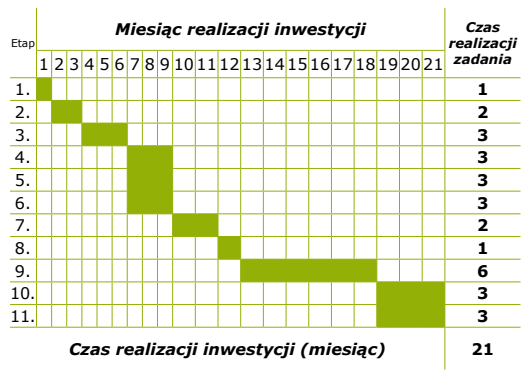
Harmonogram przebiegu inwestycji

Na rysunku 10, przedstawiono uproszczony wykres Gantt'a dla zadania inwestycyjnego polegającego na budowie biogazowni rolniczej. Wydzielono 11 etapów inwestycji:

- Etap 1 trwający przez ok. 1. miesiąc jest to etap przygotowania założeń inwestycji, określenie źródeł finansowania, szacunek kosztów i efektywności inwestycyjnej;
- Etap 2 trwający w 2. i 3. miesiacu jest etapem projektowania i koordynowania rozwiązań techniczno-architektonicznych;
- Etapy 3, 4 i 5 trwające w miesiącach od 4. do 6. to:
  - Etap 4 - procedura uzyskania pozwolenia na budowę,
  - Etap 5 – wycena inwestycji oraz przygotowanie specyfikacji technicznej,
  - Etap 6 – przygotowanie dokumentacji przetargowej;
- Etap 7 trwający przez dwa miesiące jest etapem, w którym dochodzi do
- ogłoszenia i rozstrzygnięcia przetargu wraz z podpisaniem umowy;
- Etap 8 polega na organizacji zaplecza technicznego i placu budowy;
- Etap 9 - to zasadnicza realizacja inwestycji (roboty budowlano-montażowe);
- Etap 10 trwający 6 miesięcy jest etapem rozruchu biogazowni i weryfikacja założeń;
- równolegle do etapu 10 trwa procedura uzyskania pozwolenia na eksploatację (etap 11);
- inwestycja kończy się kiedy instalacja przekazywana jest do eksploatacji (rozruch biogazowni).

W przedstawionym harmonogramie szacuje się, iż czas realizacji inwestycji wyniesie 21 miesięcy. Na podstawie doświadczenia niektórych biogazowni można stwierdzić, że realizacja inwestycji może zamknąć się w okresie krótszym niż rok (przykładem jest biogazownia w Boleszynie), ale też może trwać kilka lat.

Rysunek 10. Uproszczony harmonogram realizacji inwestycji biogazowni rolniczej.



Źródło: Chrobiak P., Dziwisz J., Sygit M. 2008. Budowa i eksploatacja biogazowni rolniczej. Wrocław.

ZAGOSPODAROWANIE BIOGAZU

Biogaz jako paliwo o średniej wartości energetycznej, może być wykorzystywany w gospodarstwach domowych, przemyśle, rolnictwie - do produkcji ciepła i energii elektrycznej lub jako biopaliwo.

Zamiana energii biogazu na energię cieplną zachodzi przez spalanie biogazu w kotłach. Ze względu na to, że wartość opałowa biogazu znacznie odbiega od powszechnie stosowanego gazu ziemnego nie jest możliwe stosowanie typowych palników do spalania gazu bez ich modyfikacji. Produkcja gorącej wody lub pary jest sposobem najprostszym technicznie, efektywnym energetycznie i najtańszym pod względem inwestycyjnym, biorąc pod uwagę jednak koszt powstałej w ten sposób energii cieplnej nie jest to metoda stosowana, z wyjątkiem biogazu powstającego w procesie podczyszczania ścieków. Wykorzystanie w ten sposób gazu uwarunkowane jest zapotrzebowaniem na gorącą wodę lub parę przez odbiorców w bliskim sąsiedztwie instalacji. Zróżnicowanie sezonowe lub dzienne poboru pary lub gorącej wody obniża efektywność ekonomiczną przedsięwzięcia, a ponadto w okresach zmniejszonego odbioru, ze względów ekologicznych, gaz należy spalać w pochodni.

7.1. Uzdatnianie biogazu

Ze względu na obecność w surowym biogazie związków obniżających jego wartość energetyczną, bądź skracających żywotność urządzeń konwertujących biogaz, niezbędne jest jego uzdatnienie (oczyszczenie) przed zastosowaniem energetycznym. Do najważniejszych procesów uzdatniania należą: odsiarczanie, suszenie oraz – w przypadku zapotrzebowania na czysty metan – usuwanie CO_2.

Odsiarczanie

Siarkowodór jest obecny w biogazie produkowanym w procesie beztlenowej fermentacji metanowej. Jest produktem rozkładu białek i innych substancji organicznych wchodzących w skład wsadu fermentora. Zawartość siarkowodoru w biogazie jest zależna od rodzaju wsadu i zawiera się w przedziale 0,1-2%. Obecność siarkowodoru w komorze fermentacyjnej jest niekorzystna z wielu względów: jest to gaz o właściwościach toksycznych (może powodować zatrucie lub nawet śmierć), nieprzyjemnym za-

Zdjęcie 44. Instalacja do odsiarczania biogazu.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

pachu (wydzielanie odorów z biogazowni), przyspiesza korozję urządzeń oraz hamuje przebieg procesu fermentacji. Jako stężenie krytyczne uważa się udział H_2S w gazie powyżej 1% objętościowego, jednak przekroczenie zawartości 200 ppm wiąże się z ryzykiem utraty gwarancji na urządzenia kogeneracyjne.

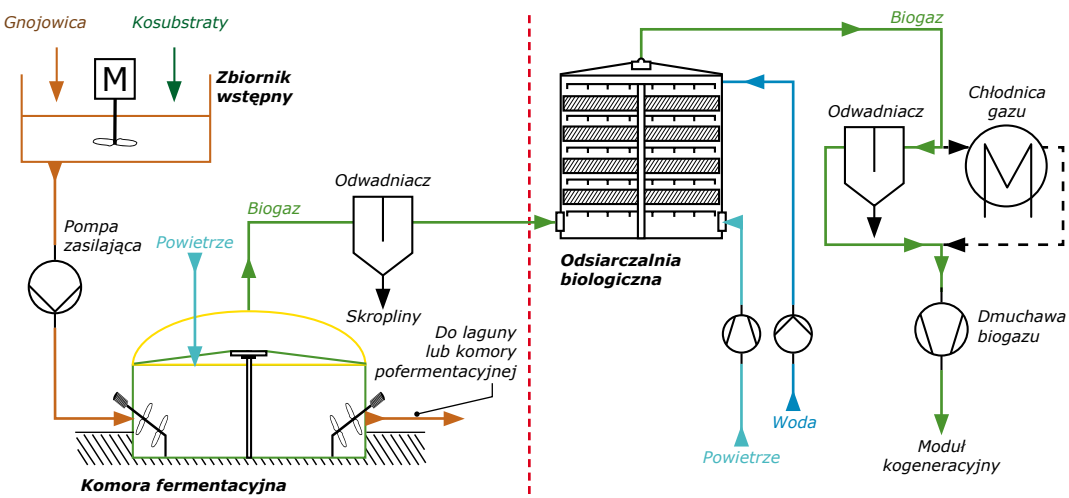
Stężenie siarkowodoru w biogazie wytwarzanym przez biogazownię rolniczą, której podstawowym wsadem są gnojowica i kiszonki nie przekracza 1500 ppm. Jednak przekracza to dopuszczalne wartości progowe dla niektórych typów silników gazowych. Biogaz poddawany jest więc procesowi odsiarczania (mikrobiologicznego utlenienia H_2S) w komorze fermentacyjnej lub w odsiarczalni ze złożem stałym. Dobór instalacji odsiarczającej wynika z oszacowanej zawartości siarkowodoru w biogazie, będącej funkcją rodzaju wsadu i proporcji między kosubstratami (rys. 11).

Osuszanie

Biogaz nasycony jest parą wodną, a jego wilgotność względna wynosi 100%. W zależności od rodzaju technologicznych rozwiązań część pary ulega kondensacji w odwadniaczu lub w chłodnicy. Pozostała ilość pary zawartej w biogazie wpływa na zmianę szeregu parametrów fizyko-chemicznych. Aby chronić agregaty służące do wykorzystania gazu przed wysokim zużyciem, należy z biogazu usunąć parę wodną. Ilość pary wodnej, jaka może znajdować się w biogazie zależna jest od jego temperatury. Aby usunąć parę wodną należy więc ochłodzić biogaz, co spowoduje oddzielenie jej w formie kondensatu.

Chłodzenie biogazu przeprowadzane jest często w instalacji gazowej. Poprzez zapewnienie podczas budowy instalacji gazowej odpowiedniego kąta nachylenia kondensat zbierany jest we wbudowanym zbiorniku w najniższym punkcie instalacji. Warunkiem należytego chłodzenia biogazu w instalacji gazowej jest wystarczająca jej długość. Wraz z parą wodną z biogazu poprzez kondensat usuwana jest także część innych, niepożądanych składników, jak rozpuszczalne w wodzie gazy i aerozole. Zbiorniki na kondensat muszą być regularnie opróżniane i dlatego musi być do nich zapewniony dobry dostęp. Należy koniecznie zapobiegać zamarzaniu zbiornika na kondensat.

Rzsunek 11. Schemat instalacji odsiarczającej dla małych stężeń siarkowodoru w komorze fermentacyjnej, oraz dla dużych stężeń w odsiarczalni biologicznej.

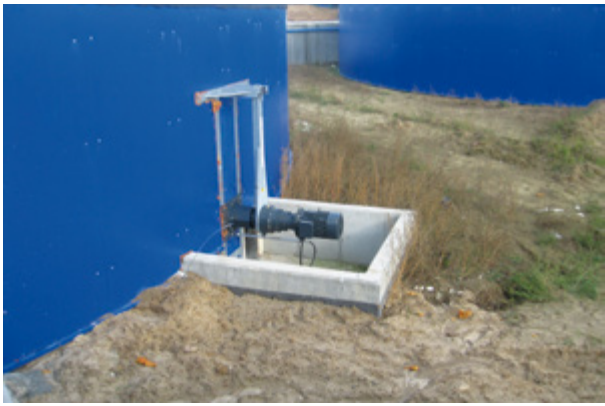


Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Rusak S., Kowalczyk-Juśko A., 2007: Biogazownia rolnicza – warunki eksploatacyjne. Siarkowodór w biogazie. Czysta Energia 10(72), 16-17.

Wzbogacanie – usunięcie CO_2

Wzbogacanie biogazu poprzez usunięcie CO_2 przeprowadzane jest wówczas, gdy istnieje zapotrzebowanie na metan o odpowiedniej jakości (przy przesyle do sieci gazowej lub wykorzystaniu jako paliwa dla pojazdów). Usuwanie CO_2 może być przeprowadzone różnymi metodami fizykochemicznymi: absorpcja, chemisorpcja, adsorpcja, membranowa separacja, wykraplanie. Podczas wzbogacania biogazu najczęściej następuje też oczyszczanie go z innych śladowych zanieczyszczeń. Z powodu poczynienia koniecznych nakładów technologicznych oraz pokrycia kosztów inwestycji, nadają się do tego przede wszystkim instalacje biogazu wytwarzające dziennie co najmniej 2500 m^3 biogazu.

Zdjęcie 45. Silnik do napędu mieszadła w komorze fermentacyjnej (Kalsk).



Źródło: Archiwum FDPA.

7.2. Silniki kogeneracyjne

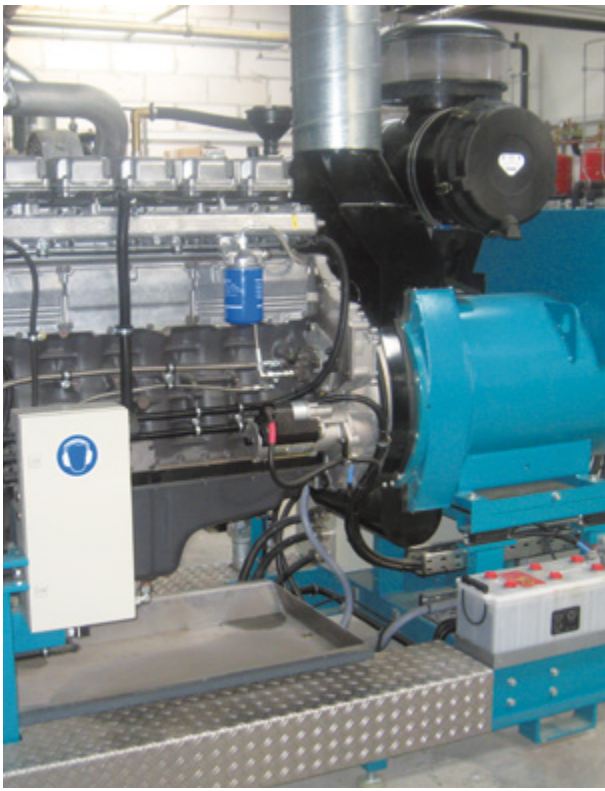
Biogaz najczęściej wykorzystywany jest w miejscu jego powstawania w procesie spalania w silnikach kogeneracyjnych (CHP – *Combined Heat and Power*), wytwarzających równocześnie energię elektryczną i cieplną. Porównanie urządzeń kogeneracyjnych z tradycyjnymi elektrowniami zdecydowanie wskazuje na korzystne efekty, zarówno ekonomiczne, jak i środowiskowe, stosowania układów skojarzonych. Wynika to z faktu, że sprawność przetwarzania energii paliwa dla rozwiązań konwencjonalnych (układy rozdzielone) rzadko przekracza 40%. Stąd wynika konieczność wdrażania rozwiązań kogeneracyjnych, lub trójkogeneracyjnych, umożliwiających konwersję chemiczną paliw w pojedynczym urządzeniu lub grupie urządzeń do skojarzonych nośników (prąd, ciepło, zimno) przy sprawności bliskiej 90% (rys. 12).

Kogeneracyjne silniki spalinowe

Tłokowe silniki spalinowe stanowią najczęściej stosowane urządzenia w układach skojarzonych małej mocy. Ogólną charakterystykę układów z silnikami tłokowymi przedstawić można następująco:

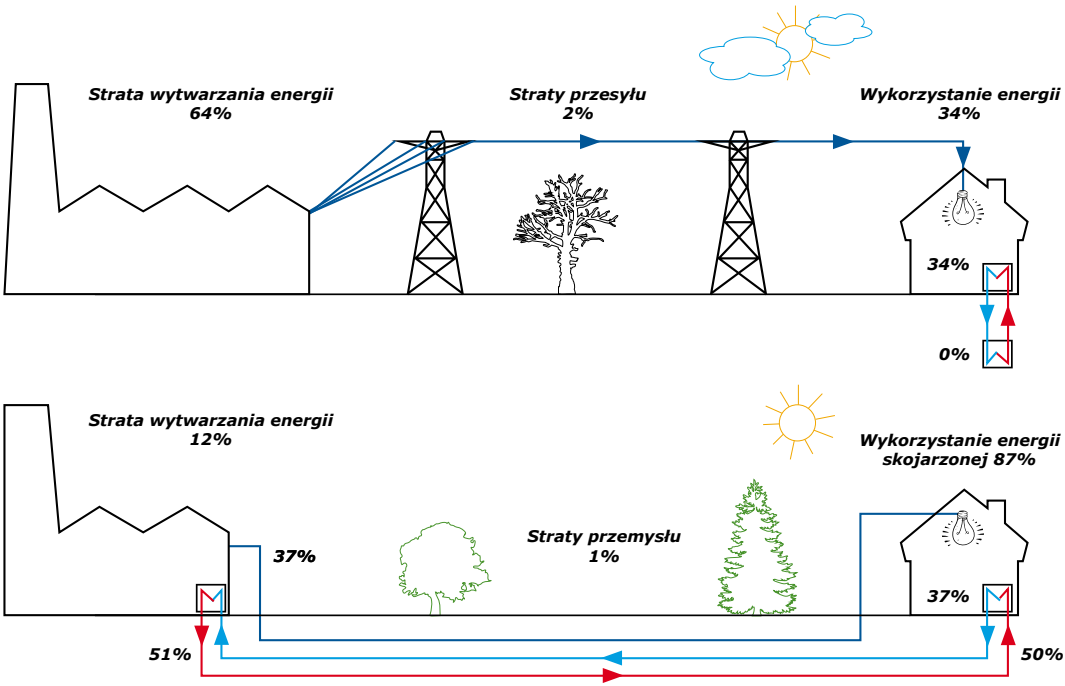
- dostępne w szerokim zakresie mocy elektrycznej od 5 kW do 50 MW,
- możliwość optymalnego dopasowania układu do potrzeb indywidualnego odbiorcy,
- możliwość modułowej konstrukcji układów

Zdjęcie 46. Silnik kogeneracyjny w biogazowni w Kalsku (woj. lubuskie).



Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

Rzsunek 12. Straty wytwarzania energii dla scentralizowanego układu ~64%, oraz dla układu kogeneracyjnego (12%) produkującego energię elektryczną i cieplną w skojarzeniu.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Rusak S., Kowalczyk-Juśko A., 2006: Wykorzystanie biogazu w systemach kogeneracyjnych. Czysta Energia 10(60), 41-42.

większych mocy,
- możliwość stosowania różnych paliw, w tym biogazów,
- konieczność chłodzenia nawet w przypadku braku odbiorów ciepła,
- duże gabaryty, mały wskaźnik mocy do masy,
- duży hałas wymagający stosowania osłon akustycznych,
- stosunkowo wysoki poziom drgań wymagający stosowania podłoży tłumiących.

Minimalny, wymagany poziom metanu w gazie przeznaczonym na paliwo jest zwykle określany przez producentów urządzeń i wynosi zazwyczaj powyżej 30% obj. (w rozwiązaniach przemysłowych > 40%), co odpowiada wartości opałowej gazu nie niższej niż 13 MJ/Nm^3.

Układy CHP z tłokowymi silnikami gazowymi (silnik wewnętrznego spalania) są stosowane najczęściej do produkcji energii elektrycznej na sprzężonym generatorze, a ciepło odpadowe jest wykorzystywane do produkcji gorącej wody lub w dodatkowym kotle - pary nasyconej. Ciepło odzyskuje się z wymiennika sprężanego biogazu, wymiennika płaszcza silnika, wymiennika oleju oraz wymiennika spalin. Silniki na biogaz mogą być zintegrowane z budynkiem lub występować w wersji przewoźnej - kontenerowej.

Układy trójgeneracyjne zasilane biogazem stanowią u nas technologiczną nowość. Wszędzie tam, gdzie występuje zapotrzebowanie na energię elektryczną, ciepło i zimno, możliwa jest instalacja układu CHP połączonego z urządzeniem chłodniczym. Najczęściej wykorzystywane są tu zasilane ciepłem chłodziarki absorpcyjne. Dzięki zastosowaniu chłodziarek absorpcyjnych możliwe jest bardzo efektywne wykorzystanie ciepła generowanego w układzie (np. w sezonie grzewczym do produkcji ciepła, a w sezonie letnim do celów klimatyzacyjnych).

7.3. Wykorzystanie biogazu do napędu pojazdów

Jako biopaliwo dla ciężarówek i autobusów wykorzystuje się biogaz już od dłuższego czasu w Szwecji oraz Szwajcarii. Przykładem kompleksowego rozwiązania jest szwedzki region Vasteras, gdzie biogaz z odpadów stosowany jest do napędzania autobusów i innych pojazdów. Również w Niemczech przeprowadzono już wiele projektów, które nie zostały jednak zrealizowane na szeroką skalę. Jeśli biogaz ma być stosowany jako biopaliwo dla pojazdów, musi zostać przetworzony tak, by osiągnął akceptowalną dla zwykłych silników samochodowych jakość. W związku z tym, że oferowane pojazdy napędzane są z reguły gazem ziemnym, zaleca się uzdatnianie biogazu do poziomu jakości gazu ziemnego.

Na rynku dostępne są pojazdy napędzane gazem i oferują je także wszyscy znani producenci samochodów. Przy niesprężonym biogazie, ze względu na jego dużą objętość, nie można pokonać zbyt wielkiej odległości. Z tego powodu biogaz przechowywany jest w zbiornikach ciśnieniowych gazu.

Zdjęcie 47. Biogaz napędem pojazdów.

Źródło: www.sxc.hu / Archiwum FDPA.

7.4. Wtłaczanie biometanu do sieci gazowej

Oddzielenie miejsca wytworzenia biogazu od miejsca jego przetworzenia na energię pozwala na podniesienie efektywności jego wykorzystania i pozyskanie nowych źródeł sprzedaży. W tym celu należy oczyszczony biometan odprowadzić do istniejącej już sieci zasilania gazem ziemnym. Rozwiązanie to może jednak napotkać bariery natury formalnej, np. kwestia uzyskania zezwolenia operatora lokalnej sieci gazowej na podłączenie się do niej, czy stworzenie systemu księgowo-finansowego obsługującego odbiór biometanu z dowolnego punktu sieci, który zapewniłby ustalenie optymalnych cen. Wtłaczanie biometanu do sieci gazu ziemnego nie zostało dotąd zrealizowane w żadnej z polskich biogazowni rolniczych.

Zdjęcie 48. Sieci gazowe.

Źródło: www.sxc.hu

ZAGOSPODAROWANIE POZOSTAŁOŚCI POFERMENTACYJNEJ

Nieprzefermentowane związki organiczne, biomasa bakterii biorących udział w procesie oraz składniki mineralne, stanowią pozostałość, którą określa się jako substancja (masa, pulpa) pofermentacyjna lub poferment.

W procesie beztlenowej fermentacji tylko część kosubstratów użytych jako wsad ulega przemianom do biogazu. **Masa pofermentacyjna jest wartościowym produktem ubocznym, którego odpowiednie wykorzystanie może nie tylko nie stwarzać problemów dla biogazowni, ale wręcz przynosić jej dodatkowy dochód.**

8.1. Charakterystyka pozostałości pofermentacyjnej

Skład masy pofermentacyjnej jest uzależniony od substratów, stanowiących wsad do biogazowni. W zależności od rodzaju i proporcji kosubstratów zagęszczających i zwiększających wydajność, również poferment będzie miał większą lub mniejszą wartość nawozową. W wyniku fermentacji metanowej zachodzą istotne przemiany wsadu, do których należą:

- usunięcie związków węgla łatwo ulegających przemianom,
- pozostawienie związków węgla trudno rozkładalnych, jak ligniny, włóknik itp.,
- rozłożenie substancji koloidowych, śluzowych itp.,
- przekształcenie związków azotu w azot amonowy (≥90%),
- zniszczenie bakterii i wirusów chorobotwórczych oraz jaj helmintów,
- zwiększenie zawartości aminokwasów i witaminy B12,
- zmniejszenie ilości substancji zużywających tlen,
- brak istotnych zmian zawartości makro- i mikroelementów,
- zmiana stosunku węgla do azotu, wskutek wbudowywania węgla w powstający biometan.

Zdjęcie 49. Widok fermentującej zawartości komory.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

Zdjęcie 50. Zbiornik na masę pofermentacyjną w biogazowni w Klępsku.

Źródło: Archiwum FDPA.

Tabela 15. Wartość nawozowa pofermentu w zależności od substratów.

Substraty	Udział substratów [%]	Zawartość suchej masy [%]	Koncentracja składników w pofermencie [kg/m³ świeżej masy]			
			N ogólny	N - NH_4	P_2O_5	K_2O
Kiszonka z kukurydzy (35% s.m.) + gnojowica bydlęca (8% s.m.)	70 30	9,0	5,8	3,8	2,3	9,1
Kiszonka z kukurydzy (35% s.m.) + gnojowica świńska (6% s.m.)	40 60	6,3	5,5	3,6	2,6	5,2
Kiszonka z kukurydzy (35% s.m.) + kiszonka GPS z żyta (29,4% s.m.)	80 20	10,9	7,0	4,6	2,8	11,1
Kiszonka z kukurydzy (35% s.m.) + gnojowica świńska (6% s.m.) + ziarno pszenicy (86,6% s.m.)	85 10 5	10,5	7,5	4,9	3,6	10,1
Kiszonka z kukurydzy (35% s.m.) + gnojowica bydlęca (8% s.m.) + kiszonka z traw (25% s.m.)	40 55 5	7,5	5,5	3,6	2,1	8,1
Gnojowica bydlęca (8% s.m.)	100	5,1	5,0	3,3	1,8	6,5

Źródło: Dohler H., Krotzsch S., 2007: Faustzahlen Biogas, KTBL, Darmstadt.

Przykładowe wyniki badań pozostałości pofermentacyjnej

Biogazownia w miejscowości Siedliszczki (woj. lubelskie), należąca do firmy Wikana Bioenergia funkcjonuje od 2011 r. Jest to biogazownia rolniczo-utylizacyjna, w której fermentacji poddawana jest serwatka z mleczarni oraz kiszonka z kukurydzy. Poferment został poddany badaniom pod kątem przydatności do rolniczego wykorzystania w Instytucie Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach, który jest jedną z instytucji uprawnionych do prowadzenia tego typu analiz. **W ekspertyzie stwierdzono, że nawóz może być stosowany na gruntach ornych pod wszystkie rośliny uprawy polowej** (zboża, kukurydza, rzepak, rośliny pastewne i przemysłowe) w dawkach:

- pod oziminy 20-30 m³/ha,
- pod rośliny jare 30-40 m³/ha.

Zalecono stosowanie przedsiewne, poprzez rozprowadzanie na polu za pomocą beczkowozu wyposażonego w węże rozlewowe lub płytki rozbryzgowe i wymieszanie z glebą. Nawóz należy przechowywać w szczelnych zbiornikach, w temperaturze otoczenia. Przy pracy z nawozem należy stosować rękawice ochronne i przestrzegać zasad higieny, podobnie jak przy pracy z gnojowicą. Nie stwierdzono także obecności patogenów, a zawartość zanieczyszczeń jest znacznie niższa od dopuszczalnych.

Tabela 16. Wyniki badań pofermentu z biogazowni w Siedliszczkach.

Badana cecha	Zawartość	Norma*
Odczyn (pH w H_2O)	7,2	
Zawartość suchej masy [%]	6,3	
Zawartość suchej masy organicznej [% s.m.]	69,8	
Zawartość azotu [%]	0,23	co najmniej 0,08
Zawartość azotu amonowego (% N - NH_4)	0,07	
Zawartość fosforu (jako % P_2O_5)	0,19	co najmniej 0,05
Zawartość potasu (jako % K_2O)	0,37	co najmniej 0,12
Zawartość wapnia (jako % CaO)	0,34	
Zawartość magnezu (jako % MgO)	0,06	
Zanieczyszczenia [mg/kg]:		
kadm	0,46	5
chrom	8,94	100
miedź	24,0	-
nikiel	6,87	60
ołów	3,04	140
cynk	126	-
rtęć	<0,16	2

** Rozporządzenie Ministra Rolnictwa z 18 czerwca 2008 r. (Dz.U. 119, poz. 765)*

Źródło: Materiały firmy Wikana Bioenergeia Sp. z o.o.

8.2. Zagospodarowanie pozostałości pofermentacyjnej

Wiele biogazowni rolniczych wykorzystuje gnojowicę jako strategiczny substrat rozcieńczający. Gnojowica tradycyjnie wykorzystywana jest jako naturalny nawóz organiczny. Podczas fermentacji maleje zawartość substancji organicznej, a przez to wzrost zawartości azotu i związków mineralnych. Współczynnik wykorzystania substancji organicznej z gnojowicy surowej świńskiej czy bydlęcej, kształtuje się na poziomie ok. 48%, zaś wzrasta do 75–80% dla substratu składającego się z gnojowicy, kiszonki i ziarna zboża. Ponadto fermentacja przyczynia się do wzrostu zawartości N-NH_4 do 90%, podczas gdy w gnojowicy surowej udział ten wynosi ok. 48,8%, a dzięki temu azot staje się bardziej dostępny dla roślin i mniej narażony na wymywanie do wód powierzchniowych i gruntowych. W ten sposób zmniejsza się ryzyko eutrofizacji wód oraz wielkość emisji metanu do atmosfery, jaka ma miejsce podczas przechowywania nawozów organicznych.

W biogazowniach funkcjonujących w Polsce oszacowano redukcję odoru na poziomie 80%. Według badań amerykańskich, dzięki kontrolowanej fermentacji w warunkach beztlenowych poziom odoru można zredukować nawet do 97% w stosunku do gnojowicy świeżej. Z kolei przechowywanie nieprzefermentowanej gnojowicy przez okres 3 dni, zwiększa intensywność odoru o 77%.

Uzdatnianie pozostałości pofermentacyjnej

Substancja pofermentacyjna wykorzystywana jest najczęściej do nawożenia upraw polowych i użytków zielonych. Charakterystyczną jej cechą jest jednak wysokie uwodnienie, które w zależności od stosowanego substratu waha się od 90 do 97%. Szczególnie dużą zawartością wody cechuje się substancja pofermentacyjna w przypadku pozyskiwania biogazu z samej gnojowicy – 94%. Przy subs-

Uciążliwość zapachowa, która często stanowi podstawę obaw i protestów społecznych, okazuje się znacznie niższa w przypadku rolniczego wykorzystania pofermentu w porównaniu z surową gnojowicą.

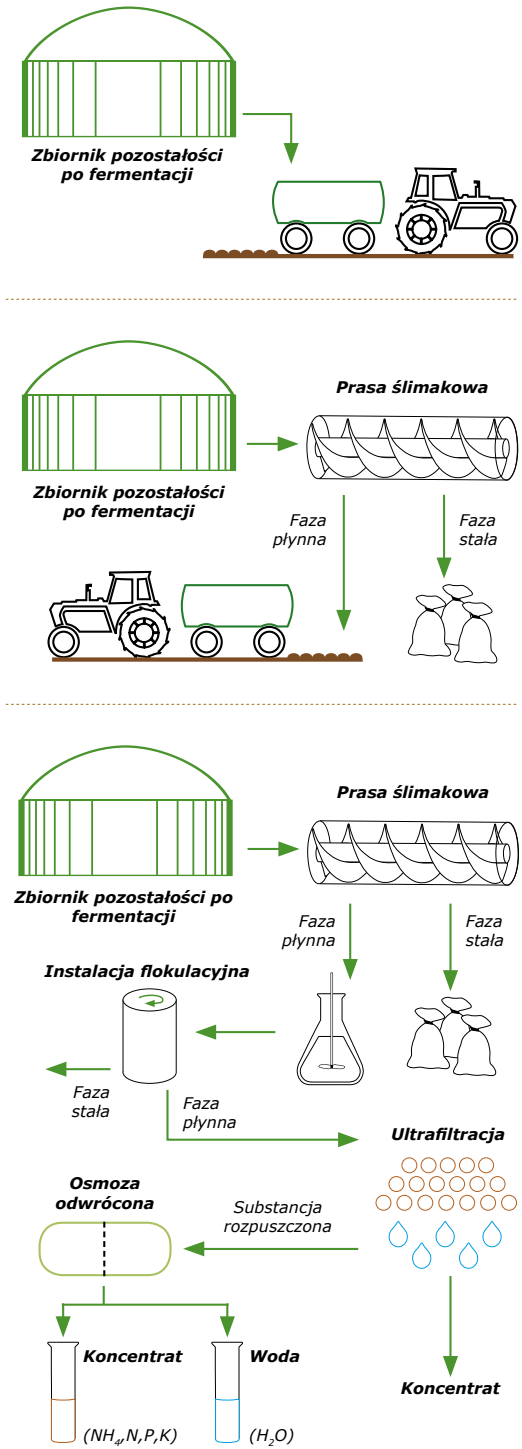
Zdjęcie 51. Urządzenie do rozlewania masy pofermentacyjnej na polu.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

tracie składającym się z gnojowicy, kiszonki i ziarna zbóż, substancja pofermentacyjna zawiera około 90% wody. Duża zawartość wody w substancji pofermentacyjnej, wpływa na koszty transportu z biogazowni na pole oraz na wielkość zbiorników do przechowywania pozostałości, a co za tym idzie – zwiększenie kosztów budowy i eksploatacji biogazowni. Uciążliwość tę można zminimalizować przez zagęszczenie pozostałości i separację azotu i fosforu w separatorze, który rozdziela odgazowaną biomasę na frakcję ciekłą i stałą. Frakcja ciekła może być zawrócona do zbiornika z gnojowicą lub do modułu, który oddzieli substancje odżywcze od wody. Frakcja ciekła zawiera ok. 20% fosforu i 80% azotu (w tym 90% w postaci amonowej, łatwiej dostępnej dla roślin), przy zawartości suchej masy 2-2,5%. W procesie dalszego osuszania otrzymać można skoncentrowaną frakcję zawierającą do 90% suchej masy, w tym substancji odżywczych. Pozwala to na wykorzystanie jej jako nawozu przy ograniczonych kosztach transportu. Frakcja stała zawiera 80–85% fosforu oraz 20–25% azotu w formie organicznej. Zawartość suchej masy tej frakcji wynosi 30-35%. Po dalszym zagęszczeniu, np. przez dodatek rozdrobnionego dolomitu i wzbogaceniu odpowiednimi dodatkami czy mikroelementami, uzyskuje się nawóz w postaci sypkiej, który może być wprowadzony do obrotu i przynosić dodatkowy dochód biogazowni.

Na polskim rynku pojawiają się firmy, oferujące technologie zagospodarowania pozostałości na bazie innowacyjnych metod, jak np. przetworzenie do postaci nawozu organiczno-mineralnego. W celu podniesienia wartości nawozowej pofermentu jest on poddawany procesom separacji membranowej, mikrofiltracji, ultrafiltracji, nanofiltracji, odwróconej osmozy. Koncentrat pozyskiwany podczas kolejnych procesów dodawany jest do frakcji stałej, wzbogacając ją w azot, fosfor i potas.

Rysunek 13. Możliwości postępowania z masą pofermentacyjną.



Źródło: Opracowanie własne.

Oprócz nawozowego wykorzystania pozostałości pofermentacyjnej istnieje również możliwość zastosowania jej jako dodatku do pasz. Dla przykładu osad po fermentacji obornika zawiera prawie dwukrotnie więcej aminokwasów niż świeży obornik i może zastępować w paszach część dodatków białkowych. Inną możliwość zagospodarowania frakcji stałej pofermentu stanowi jej spalanie w kotłach przystosowanych do spalania biomasy (proces odzysku R1).

Regulacje prawne dotyczące nawozowego wykorzystania pofermentu

Dotychczas, na podstawie Ustawy o odpadach i jej aktów wykonawczych masa pofermentacyjna klasyfikowana była jednoznacznie jako odpad. Nowa Ustawa o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r. (Dz. U. poz. 21) w art. 2 pkt 6c określa co następuje: „Przepisów ustawy nie stosuje się do (…) innych, niebędących niebezpiecznymi, naturalnych substancji pochodzących z produkcji rolniczej lub leśnej wykorzystywanej w rolnictwie, leśnictwie lub do produkcji energii z takiej biomasy za pomocą procesów lub metod, które nie są szkodliwe dla środowiska ani nie stanowią zagrożenia dla życia i zdrowia ludzi". Według art. 13 lit. e) rozporządzenia WE 1069/2009 z dnia 21 października 2009 r. określającego przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego (…) materiał kategorii 2 (jakim jest m.in. gnojówka i gnojowica) może być kompostowany lub przekształcany w biogaz, natomiast zgodnie z art. 32 ust. 1 tego rozporządzenia **„pozostałości fermentacyjne procesu przetwarzania w biogaz lub kompost mogą być wprowadzane do obrotu i używane jako nawozy organiczne lub polepszacze"**. Biorąc pod uwagę powyższe przepisy należy uznać, że żaden z substratów biogazowni rolniczej nie jest odpadem, zatem powstała w wyniku procesu technologicznego pulpa pofermentacyjna nie będzie stanowiła odpadu o kodzie 19 06 06. Z drugiej jednak strony w ustawie o odpadach, zgodnie z art. 2 ust. 1 pkt 9) przepisów ustawy nie stosuje się do „produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego, w tym produktów przetworzonych, objętych rozporządzeniem (WE) nr 1069/2009, z wyjątkiem tych, które są od-

Zdjęcie 52. Masa pofermentacyjna po separacji (odwodnieniu) i stabilizacji wapnem.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

padami przewidzianymi do składowania na składowisku odpadów albo do przekształcania termicznego lub do wykorzystania w zakładzie produkującym biogaz lub w kompostowni, zgodnie z tym rozporządzeniem". Definicja odpadu: „każda substancja lub przedmiot, których posiadacz pozbywa się, zamierza się pozbyć lub do których pozbycia się jest obowiązany" pozwala traktować masę pofermentacyjną z biogazowni rolniczej bądź jako odpad, bądź jako produkt uboczny („nawóz organiczny"), podlegający obrotowi handlowemu. W przypadku zagospodarowania pofermentu z zastosowaniem procesu odzysku R10 należy prowadzić dokumentację odpadową. Jeżeli poferment jest sprzedawany jako nawóz lub paliwo stałe, można odstąpić od procedury odpadowej. Daje to więc możliwość wyboru postępowania z pofermentem nie tylko pod kątem technologicznym, ale także prawnym. Bez względu na definicję (odpad lub nawóz organiczny) postępowanie z masą pofermentacyjną jest takie samo, a różnice dotyczą dokumentacji i zakresu kontroli.

Pozostałości po zakończeniu procesu fermentacji w biogazowni ujęte są w katalogu odpadów pod nazwą „przefermentowany odpad z beztlenowego rozkładu odpadów zwierzęcych i roślinnych" o kodzie 19 06 06 oraz „ciecze z beztlenowego rozkładu odpadów zwierzęcych i roślinnych" o kodzie 19 06 05 (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 w sprawie katalogu odpadów – Dz.U. nr 112, poz. 1206). Odpady te dopuszczone są do „rozprowadzania na powierzchni gleby w celu jej nawożenia lub ulepszenia", zgodnie z Rozporządzeniem w sprawie procesu odzysku R10 (Dz.U. z 2011 r. nr 86, poz. 476). W załączniku do tego rozporządzenia znajduje się wykaz odpadów, wraz z kodami, a także

Zdjęcie 53. Laguny do przechowywania masy pofermentacyjnej.

Źródło: Archiwum FDPA.

szczegółowe warunki stosowania. W zakresie pozostałości pofermentacyjnej w załączniku znalazły się obydwa skategoryzowane odpady.

Rozporządzenie obwarowuje stosowanie tych odpadów do użyźniania gleby wieloma szczegółowymi wymogami, aczkolwiek większość z nich nie dotyczy pofermentu powstającego w biogazowniach rolniczych. Ustawodawca określił to poprzez wyłączenie „substancji powstających w procesie beztlenowego rozkładu obornika, gnojówki, gnojowicy, odpadów roślinnych pochodzących z rolnictwa i przetwórstwa rolno-spożywczego" z większości badań i ograniczeń, jakie obowiązują odpady pofermentacyjne przed zastosowaniem na polach. Z dziesięciu warunków, jakie stawiane są odpadom pofermentacyjnym, te pochodzące z biogazowni rolniczych spełniać muszą tylko trzy:

- są spełnione zasady dla nawozów naturalnych określone w ustawie z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu,
- odpady są stosowane równomiernie na całej powierzchni gleby,
- rozprowadzanie na powierzchni ziemi odbywa się tylko do głębokości 30 cm.

Wymogi wynikające z Ustawy o nawozach i nawożeniu (Dz.U. 2007, nr 147, poz. 1033 z późn. zm.) to przede wszystkim ograniczenie dawki azotu wprowadzanego w nawozach naturalnych w ciągu roku do 170 kg N/ha. Aby spełnić ten wymóg niezbędne jest określenie ilości azotu zawartej w odpadzie powstającym w danej biogazowni. Rozporządzenie w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu (Dz.U. 2008, nr 119, poz. 765 z późn. zm.) nakłada obowiązek przeprowadzania badań nawozów organicznych pod kątem ich przydatności do nawożenia gleb i roślin. Badania powinny być prowadzone przez co najmniej jeden sezon wegetacyjny. Badania takie nie są wymagane, jeżeli w wyniku badań fizycznych, fizykochemicznych, chemicznych lub biologicznych oraz na podstawie przedłożonej technologii produkcji lub informacji o surowcach zastosowanych do wytwarzania nawozu stwierdzono, że nawóz ten będzie przydatny do nawożenia lub rekultywacji gleb. Opinie takie (a także badania pofermentu) wystawiają jednostki do tego uprawnione, których wykaz zawiera przywołane rozporządzenie. W nawozach organicznych limitowane są dopuszczalne zawartości zanieczyszczeń (przede wszystkim metali ciężkich), określono też minimalne zawartości składników nawozowych zarówno dla nawozów stałych, jak i płynnych. Określono również zakres badań pod kątem obecności pasożytów jelitowych i chorobotwórczych bakterii, których obecność jest niedopuszczalna w masie pofermentacyjnej.

Zdjęcie 54. Zamknięte laguny na masę pofermentacyjną w biogazowni w Pawłówku.

Źródło: Archiwum firmy Poldanor.

ASPEKTY PRAWNE DOTYCZĄCE PRODUKCJI BIOGAZU

Prawne uwarunkowania rozwoju produkcji energii elektrycznej i ciepła w oparciu o biogaz związane są z następującymi obszarami prawnymi:

- **energetyką,**
- **środowiskiem,**
- **rolnictwem.**

Polska przystępując do Unii Europejskiej, przyjęła szereg zobowiązań związanych z rozwojem produkcji energii elektrycznej i ciepła z odnawialnych źródeł, wynikających z *Traktatu Akcesyjnego i Dyrektywy Unii Europejskiej 001/77/WE*. W przypadku wykorzystywania odpadów jako źródła energii, Państwa Członkowskie zobowiązane są do zachowania zgodności z aktualnie obowiązującym prawodawstwem wspólnotowym w sprawie gospodarki odpadami.

Zdjęcie 55. Biogazownia w Skrzatuszu.

Źródło: Archiwum FDPA.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych przewiduje łączny 20% udział źródeł energii odnawialnej w zużyciu energii w UE w 2020 r., zróżnicowany dla każdego państwa członkowskiego. Pułap ten dla Polski określono na poziomie 15%.

Dla produkcji energii z biogazu znaczenie ma Dyrektywa 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej, zmiany dyrektyw 2009/125/WE i 2010/30/UE oraz uchylenia dyrektyw 2004/8/WE i 2006/32/WE.

Zdjęcie 56. Biogazownia w Strzelinie (woj. dolnośląskie).

Źródło: Archiwum DODR we Wrocławiu.

Ramy prawne wykorzystania energii odnawialnej w Polsce wynikają z Ustawy z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne (Dz. U. z 2006 r. nr 89, poz. 625 z późn. zm.).

Prawo energetyczne zaleca uwzględnienie odnawialnych źródeł energii w planach rozwoju przedsiębiorstw energetycznych oraz w założeniach do lokalnych planów zaopatrzenia gminy w ciepło i energię elektryczną oraz paliwa gazowe przez zarząd gminy. Dopuszcza uwzględnianie wydatków ponoszonych na rozwój energetyki odnawialnej w taryfach cen energii.

Przyjęty w lipcu 2010 r. przez Radę Ministrów dokument pt. *„Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce na lata 2010-2020”* definiuje ramowe założenia dla rozwoju biogazowni w najbliższej dekadzie, ale nie zawiera konkretnych instrumentów wsparcia rozwoju rynku.

Ważne zmiany dla producentów biogazu, w tym w mikrobiogazowniach, przynosi nowelizacja ustawy Prawo energetyczne z dnia 26 lipca 2013 r., nazywana „małym trójpakiem”. Stwarza ona możliwości wytwarzania energii elektrycznej w mikroinstalacji (do 40 kW) przez osobę fizyczną niebędącą przedsiębiorcą, a także sprzedaż tej energii bez konieczności prowadzenia działalności gospodarczej. Ustawa zobowiązuje do zakupu energii wytworzonej w mikroinstalacji. Obowiązek ten spoczywana sprzedawcy z urzędu, na terenie którego mikroinstalacja jest przyłączona do sieci.

Celem zmian wprowadzanych w polskim ustawodawstwie jest promowanie odnawialnych źródeł energii (OZE).

Dyrektywy unijne w obszarze gospodarki odpadami dotyczą wymagań ogólnych, poszczególnych sposobów gospodarowania odpadami oraz poszczególnych strumieni odpadów.

Ramową dyrektywą jest Dyrektywa 91/689/EWG w sprawie odpadów niebezpiecznych. Wyznacza kryteria, oparte na aspektach zdrowotnych, na podstawie których określane są odpady niebezpieczne. Trzeba również wspomnieć o Dyrektywie 99/31/WE w sprawie składowania odpadów. Zobowiązuje ona państwa członkowskie do bezpiecznego składowania odpadów. Muszą one podlegać obróbce zanim będą oddane na składowisko, wyklucza się również współskładowanie (umieszczanie odpadów niebezpiecznych z innymi). Dyrektywa zobowiązuje do prowadzenia monitoringu podczas eksploatacji i po zamknięciu oraz rekultywacji składowiska. Zgodnie z tą dyrektywą kraje członkowskie muszą wprowadzić strategie zmniejszające ilość składowanych odpadów komunalnych podlegających biodegradacji. Są też zobowiązane do przygotowania planów naprawczych istniejących składowisk, aby dostosować je do wymogów unijnych. Składowiska istniejące, które nie spełniają tych wymogów muszą zostać zamknięte Nowe składowiska, na których znajdują się odpady ulegające biodegradacji należy wyposażyć w instalacje do odgazowywania, a biogaz powinien być wykorzystywany do celów energetycznych lub unieszkodliwiany poprzez spalanie w pochodniach.

Energetyczne wykorzystanie odpadowych materiałów pochodzenia zwierzęcego reguluje Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1069/2009 z dnia 21 października 2009 r. określające przepisy sanitarne

W polskim ustawodawstwie najważniejszym aktem prawnym regulującym kwestie gospodarowania odpadami jest Ustawa o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r. (Dz. U. poz. 21). Zgodnie z tym dokumentem działania prowadzące do powstawania odpadów powinny być planowane tak, aby zapobiegać powstawaniu odpadów lub ograniczać ich ilość i negatywne oddziaływanie na środowisko. W pierwszej kolejności trzeba odpady poddać odzyskowi, zaś dopiero kiedy nie jest on możliwy - odpady poddaje się unieszkodliwianiu.

dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego, nie przeznaczonych do spożycia przez ludzi. Rozporządzenie klasyfikuje odpady zwierzęce w 3 kategoriach. Kategoria I obejmuje wszystkie materiały, które mogą być zakażone gąbczastymi przenośnymi encefalopatiami. Kategoria II obejmuje odchody i treść z przewodu pokarmowego zwierząt gospodarskich, materiał zwierzęcy o cząstkach większych niż 6 mm z zakładów oraz z oczyszczalni ścieków obsługujących te zakłady, zwierzęta padłe. Kategoria III obejmuje materiał zwierzęcy ze zwierząt zdrowych, które zostały uznane za zdatne do spożycia przez ludzi, ale nie przeznaczone do wpro-wadzenia na rynek; odpady kuchenne z innego źródła niż międzynarodowy transport.

Zgodnie z rozporządzeniem w sprawie postępowania z odpadami stanowiącymi materiał szczególnego, wysokiego i niskiego ryzyka jedynie materiały II i III kategorii mogą być poddane fermentacji w biogazowniach, jednakże z uwzględnieniem specjalnych procedur. Dla kategorii II ustanowiono obowiązek sterylizacji (poddanie działaniu temperatury 133°C i ciśnieniu 3 barów przez 20 minut), a dla kategorii III obowiązek pasteryzacji (poddanie działaniu temperatury 70°C przez 60 minut). Odpady te mogą być przetwarzane jedynie w biogazowniach spełniających wymogi określone w rozporządzeniu. Zakłady wykorzystujące uboczne produkty pochodzenia zwierzęcego do produkcji biogazu, podlegają zatwierdzeniu w zakresie bezpieczeństwa sanitarno-weterynaryjnego przez właściwego miejscowo powiatowego lekarza weterynarii.

Odchody zwierzęce oraz zawartość przewodu pokarmowego zaliczone do kategorii II nie muszą być poddawane sterylizacji, jeśli nie są uznane za stwarzające ryzyko rozprzestrzeniania choroby zakaźnej. W przypadku, gdy służą one do produkcji nawozu rolniczego na własny użytek, nie muszą być uzdatniane, natomiast w przypadku produkcji na cele komercyjne - odpady te muszą być poddane procesowi pasteryzacji.

Szczególną uwagę należy zwrócić na przepisy prawne związane z zabezpieczeniem przeciwpożarowym. Aktem prawnym regulującym te wymagania jest Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. nr 109, poz. 719). Ponadto Prawo energetyczne nakłada obowiązek uzyskania koncesji na magazynowanie paliw gazowych.

Zdjęcie 57. Stacja zbiorcza biogazu ze składowiska odpadów.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

ODDZIAŁYWANIE BIOGAZOWNI NA OTOCZENIE

Produkcja biogazu jest ściśle związana z rolnictwem i/lub z przetwórstwem rolno-spożywczym, jest więc w dużym stopniu uzależniona od rolniczego otoczenia. Substraty powstają w celowym procesie produkcji rolnej lub jako produkty uboczne przetwórstwa, który je zagospodarowuje w pierwszej kolejności. Oprócz zaplecza surowcowego rolnictwo jest też podstawowym miejscem zagospodarowania masy pofermentacyjnej.

Substraty stosowane w biogazowni emitują z kolei specyficzne zapachy. Najczęściej są one zbliżone do powstających w innych obszarach działalności rolniczej, gdyż np. kiszonki produkowane są w celu żywnie bydła, wywar powstaje w gorzelniach rolniczych, wysłodki w cukrowniach itp. Jednak mieszkańcy miejscowości, w których budowane są biogazownie obawiają się uciążliwości z tym związanych.

10.1. Aspekty społeczne

Podstawowym czynnikiem, który będzie decydował o relacjach pomiędzy biogazownią a lokalnym społeczeństwem jest rzetelna i pełna informacja. W Polsce obserwowana jest ciągle duża nieufność społeczeństwa do biogazowni. Jednak przykład około trzydziestu obecnie funkcjonujących instalacji pozwala żywić nadzieję, że lokalne społeczności przekonają się, że biogazownie nie zagrażają otoczeniu, a korzyści, jakie przynoszą otoczeniu przewyższają ich uciążliwość.

Korzyści społeczne z funkcjonowania biogazowni są wielorakie. Pierwszą z nich jest stworzenie nowego **rynku zbytu dla surowców rolniczych**. Wahania cen płodów rolnych i malejąca opłacalność produkcji tradycyjnych roślin rolniczych stanowi szansą dla biogazowni, jako wieloletniego, pewnego odbiorcy surowców rolniczych. Biogazownie podpisują z rolnikami wieloletnie umowy, w których zawarte są zasady ustalania cen substratów w kolejnych latach. Taka gwarancja jest nie-

Zdjęcie 58. Skuteczną metodą podczas konsultacji społecznych jest prezentacja funkcjonującej biogazowni.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

zbędna zarówno dla rolnika, jak i samej biogazowni. Umowa powinna zawierać zasady regulacji ceny surowca w okresie wieloletnim w ramach wynegocjowanej formuły.

Produkcja substratów z upraw celowych to także **miejsca pracy przy uprawie, zbiorze i wstępnym przygotowaniu biomasy**. W samej biogazowni także tworzą się nowe miejsca pracy przy szeroko rozumianej obsłudze biogazowni i jej bazy surowcowej. Są to usługi dla rolnictwa, transport, sprzedaż środków ochrony roślin, nawozów, maszyn i urządzeń. Budowa biogazowni oznacza ożywienie gospodarcze regionu, z którego wynikają korzyści społeczne. Ocenia się, że w Niemczech w biogazowniach i sektorach z nimi powiązanych zatrudnienie znajduje ok. 100 tys. pracowników.

Biogazownie stają się też atutem miejscowości, w których są lokalizowane. **Takie gminy postrzegane są jako nowoczesne, otwarte na inwestorów i nowe technologie.** Tworzy to korzystny wizerunek gminy i miejscowości. Doskonałym przykładem wykorzystania społecznych atutów produkcji energii z odnawialnych źródeł są austriackie gminy Mureck i Gussing, gdzie w związku z budową instalacji OZE powstały całe centra edukacyjne, włącznie z obsługa gastronomiczną i turystyczną. Również w Polsce powstają takie projekty, łączące produkcję energii z różnych odnawialnych źródeł, w tym z biogazu, z turystyką, nauką i edukacją.

Lokalna społeczność może odnosić różnorakie korzyści ze współpracy z inwestorem. Producenci biogazu często włączają się w życie społeczne, fundując na rzecz gminy pewne dobra użyteczności publicznej, np. plac zabaw, remont domu kultury itp. Należy też ustalić zasady korzystania z dróg lokalnych, które będą intensywnie użytkowane przez biogazownię. Inwestorzy mogą pokrywać część kosztów remontu i utrzymania takich dróg.

Społeczne uciążliwości wynikają z nieprawidłowych relacji pomiędzy biogazownią a otoczeniem. Utrzymujący się protest społeczny nie stanowi dobrego tła dla realizacji inwestycji. Jeżeli pomimo silnego protestu uda się wybudować biogazownię, może dojść do długotrwałego konfliktu, który obydwu stronom przyniesie jednak straty. Społeczni przeciwnicy mogą wzywać różne służby na kontrole, zaś użytkownik biogazowni nie zechce włączyć się w życie społeczeństwa. Dlatego najlepszym rozwiązaniem jest porozumienie i ustalenie zasad wspólnego korzystania z przestrzeni gospodarczej i społecznej.

Zdjęcie 59. Szkolenia na temat produkcji biogazu podnoszą świadomość społeczną.

Źródło: Archiwum FDPA.

10.2. Aspekty środowiskowe

Produkcja energii elektrycznej i cieplnej z biogazu uzyskanego w procesie fermentacji metanowej przynosi szereg korzyści ekologicznych:

- zmniejszenie zużycia kopalnych surowców energetycznych oraz emisji związków powstających podczas ich spalania,
- poprawa warunków nawożenia pól uprawnych w porównaniu z nie przefermentowaną gnojowicą,
- zdolność do utrzymania równowagi humusu w glebie,
- zniszczenie nasion chwastów, a więc zmniejszenie zużycia chemicznych środków ochrony roślin,
- eliminacja patogenów dzięki procesowi higienizacji,
- redukcja odorów o ponad 80%, w porównaniu ze stosowaniem do nawożenia pól gnojowicy surowej,
- zmniejszenie ryzyka zanieczyszczenia wód gruntowych i powierzchniowych,
- redukcja emisji gazów cieplarnianych: podtlenku azotu, metanu i dwutlenku węgla.

Prawidłowo zbudowana i eksploatowana biogazownia nie stanowi zagrożenia dla środowiska. Błędy i awarie, jakie mogą się w takiej instalacji zdarzyć stanowią podobne zagrożenie, jak w przypadku innych zakładów przetwarzających surowce rolnicze.

Jedną z zalet fermentacji odpadów z produkcji zwierzęcej jest poprawa jakości nawozu organicznego, jakim jest gnojowica. Stosowanie surowej gnojowicy stwarza znaczące zagrożenie dla środowiska. Wykorzystanie przefermentowanego odpadu z beztlenowego rozkładu odpadów zwierzęcych i roślinnych nie wywołuje w środowisku negatywnych skutków, jak ma to miejsce w przypadku stosowania gnojowicy surowej. Jest to istotne nie tylko w skali regionu czy kraju, ale też w kontekście międzynarodowym, gdyż Polska jest wskazywana jako poważne źródło zanieczyszczeń organicznych Bałtyku. Spływy powierzchniowe

Zdjęcie 60. Biogazownia Kalsk.

Źródło: Archiwum FDPA.

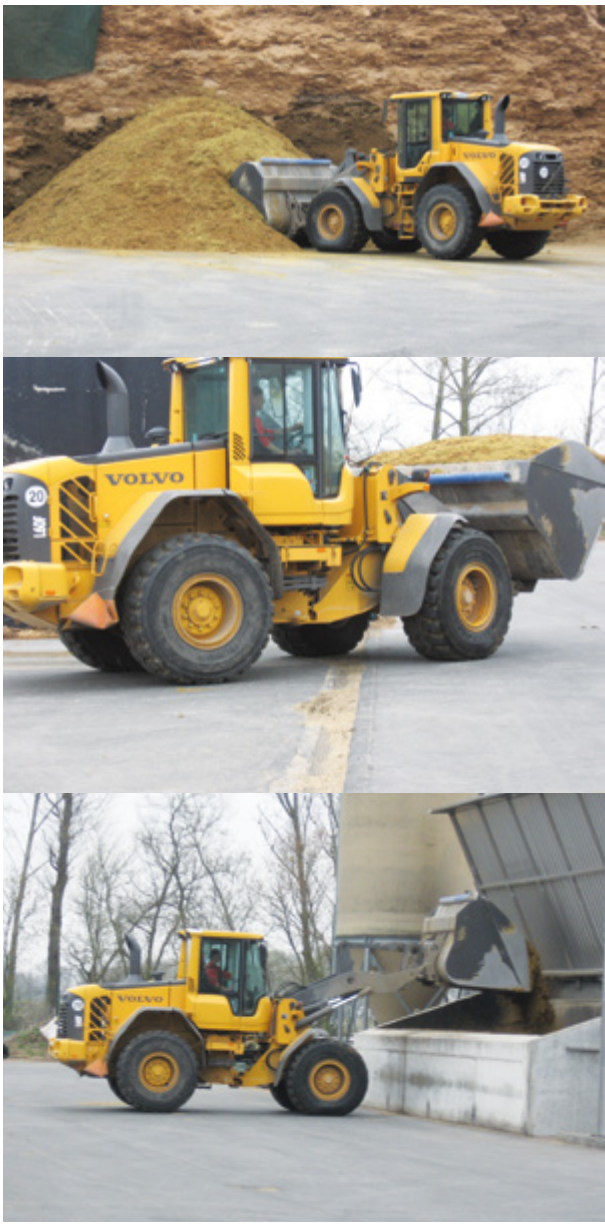
zlewni Morza Bałtyckiego, jakie migrują z wodami polskich rzek, niosą ogromny ładunek biogenów, a skutki tego zjawiska mogą być poważne i długotrwałe. Zmniejszenie tego ryzyka może nastąpić właśnie dzięki przetwarzaniu gnojowicy i obornika poprzez fermentację beztlenową.

Dzięki fermentacji gnojowicy ulegają poprawie warunki nawożenia pól uprawnych wskutek wzrostu zawartości N-NH4 do 90%, podczas gdy w gnojowicy surowej udział ten wynosi ok. 48,8%. Forma amonowa jest łatwiej przyswajalna przez rośliny i mniej narażona na wymywanie do wód powierzchniowych i gruntowych. W związku z tym zmniejsza się ryzyko eutrofizacji wód.

Produkcja biogazu wiąże się też z pewnymi niekorzystnymi skutkami środowiskowymi, którym w większości można zapobiegać. Największe obawy wiążą się z uciążliwością odorową. Miejscem emisji nieprzyjemnych zapachów może być nie komora fermentacyjna, gdyż ta musi być szczelna, a zbiorniki i silosy, w których przetrzymywany jest substrat. Właściwe zabezpieczenie miejsc przechowywania substratów pozwala na minimalizację uwalniania się substancji złowonnych, jednak niemożliwe jest ich całkowite wyeliminowanie. Najczęściej na terenie biogazowni panuje zapach zbliżony do tego, z jakim mamy do czynienia przy fermie bydła żywionego kiszonką. Ponadto zapach ten jest już mało wyczuwalny w odległości kilkunastu (do kilkudziesięciu) metrów od biogazowni.

Uciążliwy dla otoczenia może być ruch pojazdów transportujących substraty. Jest on uzależniony od rozwiązań organizacyjnych w konkretnej instalacji. Jeżeli substratem strategicznym jest kiszonka z kukurydzy (jak ma to miejsce w większości polskich biogazowni) ruch ten kumuluje się w okresie 2-3 tygodni, kiedy kukurydza zbierana jest z pola i przewożona do silosów. W przypadku wykorzystania substratów odpadowych z przemysłu rolno-spożywczego, które powstają sukcesywnie przez znaczną część roku, ruch ten będzie równomierny i umiarkowany (do kilku transportów dziennie, w zależności od ilości substratu). Najmniej uciążliwym rozwiązaniem jest dostarczanie substratów za pomocą urządzeń wewnętrznych, np. rurociągu z fermy zwierząt lub zakładu przetwórczego.

Zdjęcie 61. Wewnętrzny transport substratów.



Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

Uprawa nowych gatunków roślin, obcych naszej strefie klimatycznej, jest regulowana Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 września 2011 r. w sprawie listy roślin i zwierząt gatunków obcych, które w przypadku uwolnienia do środowiska przyrodniczego mogą zagrozić gatunkom rodzimym lub siedliskom przyrodniczym (Dz. U. z 2011 r. Nr 210, poz. 1260). Rozporządzenie to precyzyjnie wskazuje gatunki, których uprawa jest zabroniona w Polsce. Jest to m.in. barszcz Sosnowskiego, który był wskazywany jako potencjalna roślina przydatna dla biogazowni.

Wykorzystanie masy pofermentacyjnej do użyźniania pól powinno odbywać się zgodnie z zachowaniem przepisów wynikających z Ustawy z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu (Dz. U. Nr 147, poz. 1033 z późn. zm.), określających dawki, terminy i zasady stosowania nawozów naturalnych.

Budowa biogazowni może się wiązać z negatywnym oddziaływaniem na środowisko, dlatego w niektórych przypadkach należy przeprowadzić postępowanie w sprawie oceny oddziaływania na środowisko. Aktem wykonawczym w tym zakresie jest Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2004 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięć do sporządzania raportu o oddziaływaniu na środowisko (Dz. U. 257 nr. 179, poz. 1573). Zgodnie z § 3, ust. 1, pkt 12, lit. g, sporządzenie raportu może być wymagane dla instalacji do unieszkodliwiania odpadów z rolnictwa i przetwórstwa żywności - a więc dla biogazowni, w przypadku, gdy prowadzony jest w niej proces kofermentacji z zastosowaniem tych odpadów.

Ryzyko skażenia środowiska, zwłaszcza gleb i wód, wiąże się z niewłaściwym zagospodarowaniem masy pofermentacyjnej. Podobnie jak w przypadku gnojowicy – przenawożenie pofermentem może powodować uszkodzenia roślin, migrację biogenów do wód gruntowych, a także spływy powierzchniowe. Dlatego gospodarka pofermentem jest ściśle regulowana przepisami, omówionymi w rozdziale 8.2, a dbałość o ten element eksploatacji biogazowni gwarantuje jej poprawne funkcjonowanie w otoczeniu. Tak ważne jest właściwe postępowanie z produktem pofermentacyjnym, co gwarantuje prawidłowe funkcjonowanie biogazowni w otoczeniu.

Zdjęcie 62. Biogazownia.

Źródło: Archiwum FDPA.

10.3. Aspekty ekonomiczne

Korzyści ekonomiczne z budowy biogazowni można rozpatrywać z punktu widzenia producenta biogazu i lokalnej społeczności. Dla producenta źródło dochodu stanowi sprzedaż energii, świadectw pochodzenia (tzw. zielonych certyfikatów, a także innych papierów wartościowych), ciepła i opcyjnie nawozu lub masy pofermentacyjnej.

Wymiernym efektem ekonomicznym dla gminy są podatki, jakie płaci producent biogazu do gminnego budżetu. Pośrednio efekt ekonomiczny uzyskują lokalne sklepy, dzięki sprzedaży nawozów, środków ochrony roślin i paliw niezbędnych do produkcji biomasy. Także część maszyn i urządzeń kupowana jest na lokalnym rynku, szczególnie wykorzystywanych do bieżącej eksploatacji biogazowni (oleje, smary, drobne części zamienne, materiały potrzebne do zakiszania biomasy itp.).

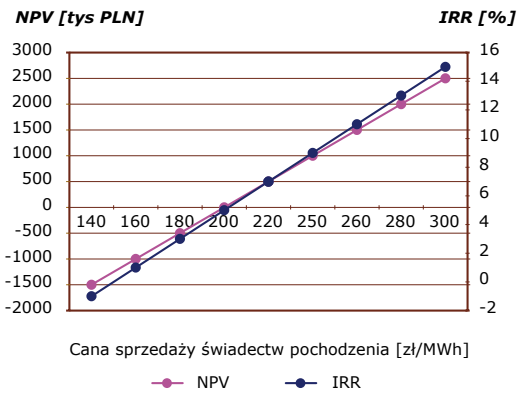
Niektóre biogazownie dostarczają ciepło do lokalnych odbiorców (domów, osiedli, szkół) po cenie konkurencyjnej w porównaniu do jego konwencjonalnych źródeł. Biogazownia pracuje przez większość dni w roku, jest więc stałym, stabilnym i pewnym dostawcą ciepła. Negocjowanie ceny ciepła może być ważną kartą przetargową na etapie konsultacji społecznych. Podpisanie długoterminowej umowy, z uwzględnieniem stabilnej ceny, będzie dla obu stron korzystnym rozwiązaniem.

Zdjęcie 63. Automatyczny system kontroli pracy biogazowni.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

Koszt budowy biogazowni rolniczej o mocy 1 MW wynosi ok. 12-15 mln zł. Ryzyko finansowe dla producenta biogazu wynika z niestabilności cen energii i świadectw jej pochodzenia. Podstawowe wskaźniki oceny ekonomicznej inwestycji: NPV (wartość bieżąca netto – Net Present Value) i IRR (wewnętrzna stopa zwrotu – Internal Rate of Return) są ściśle uzależnione od ceny świadectw pochodzenia energii. Jeżeli NPV≥0 inwestycja jest akceptowana, natomiast w przypadku gdy NPV<0 należy podjąć decyzję o zaniechaniu inwestycji. Według aktualnych obliczeń cena świadectw pochodzenia na poziomie ok. 210 zł/MWh jest wartością graniczną, poniżej której NPV uzyskuje wartość ujemną, co świadczy o braku opłacalności inwestycji. Wskaźnik IRR także jest pomocny przy ocenie opłacalności inwestycji. Gdy jego wartość jest równa lub wyższa od tzw. stopy granicznej (np. realnie oprocentowanego kredytu) inwestycję można ocenić jako opłacalną. IRR dla biogazowni o mocy 1 MW przy cenie świadectw pochodzenia 210 zł/MWh spada poniżej 5%, trudno więc oczekiwać opłacalności takiej inwestycji przy obecnych stopach procentowych kredytów komercyjnych. Poprawę wskaźników ekonomicznych zapewni pozyskanie kredytu preferencyjnego lub dotacji do inwestycji.

Rysunek 14. Wpływ ceny sprzedaży świadectw pochodzenia na wskaźniki NPV, IRR, przy stałej cenie sprzedaży prądu do sieci.

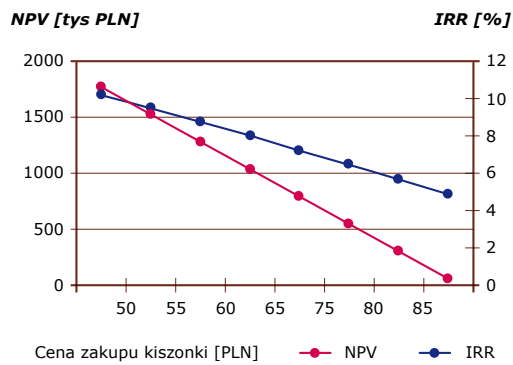


Źródło: Opracowanie własne.

Na wskaźniki ekonomiczne biogazowni istotnie wpływa koszt zakupu substratów. Przy aktualnych cenach sprzedaży energii i świadectw pochodzenia graniczną ceną kiszonki jest ok. 85 zł/t. Zakup substratu w wyższej cenie powoduje, że produkcja energii z biogazu przestaje być opłacalna. W związku z tym wskazane jest poszukiwanie substratów odpadowych, których koszt będzie jak najniższy.

Z punktu widzenia rolników jako dostawców substratów ryzykowne może być niewłaściwe skonstruowanie umowy kontraktacyjnej, jej zbytnie uogólnienie lub uzależnienie od sytuacji samej biogazowni. Dlatego bardzo ważna jest taka konstrukcja umowy, która będzie satysfakcjonowała obydwie strony, a rolnik będzie dokładnie wiedział, za jaki rodzaj biomasy, w jakiej ilości i postaci dostanie wynagrodzenie.

Rysunek 15. Wpływ ceny zakupu kiszonki kukurydzianej na wskaźniki NPV, IRR.



Źródło: Opracowanie własne.

MIKROBIOGAZOWNIE ROLNICZE

Dzięki nowelizacji niektórych ustaw i rozporządzeń wprowadzono istotne uproszczenia proceduralne, które dały szansę produkcji biogazu w gospodarstwach rolnych średniej wielkości, zwłaszcza zainteresowanych utylizacją odpadów i alternatywnym zagospodarowaniem surowców powstających w ich obrębie. Najważniejsze zmiany formalno-prawne to:

- zmiany w ustawie Prawo energetyczne, które weszły w życie z dniem 11 marca 2010 r., wynikające z ustawy z dnia 8 stycznia 2010 r. o zmianie ustawy – Prawo energetyczne oraz o zmianie niektórych innych ustaw (Dz. U. z 2010 r. Nr 21, poz. 104), mające na celu wsparcie rozwijającego się sektora produkcji paliw w oparciu o surowce rolnicze i powiązane z rolnictwem;
- zniesienie obowiązku koncesjonowania produkcji energii w biogazowniach rolniczych. W miejsce koncesji wprowadzono obowiązek wpisu do rejestru producentów biogazu, prowadzonego przez Agencję Rynku Rolnego;
- uproszczenie postępowania z pozostałościami po procesie fermentacji, na podstawie zmian w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 5 kwietnia 2011 r. (Dz.U. 2011, nr 86, poz. 476). Dzięki wprowadzonym zmianom zwolniono z wielu szczegółowych i kosztownych badań odpady z beztlenowego rozkładu odpadów zwierzęcych i roślinnych, pod warunkiem pochodzenia tych odpadów z fermentacji substratów rolniczych;
- zwolnienie biogazowni rolniczych o mocy poniżej 0,5 MW z obowiązku sporządzania raportu oceny oddziaływania na środowisko.

Ważny element polityki energetycznej państwa, ukierunkowanej na działania zmierzające do wzrostu udziału odnawialnych źródeł energii w finalnym zużyciu energii, stanowi wsparcie finansowe inwestycji z zakresu biogazowni rolniczych.

Zdjęcie 64. Budowa mikrobiogazowni w Wiśle.

Źródło: Fot. L. Latocha.

Małe biogazownie rolnicze zostały objęte wsparciem w ramach Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich 2007-2013. We wrześniu 2011 r. ogłoszono nabór wniosków z działania 3.1.1. „Różnicowanie w kierunku działalności nierolniczej" na dofinansowanie inwestycji dotyczących wytwarzania biogazu rolniczego lub energii elektrycznej z biogazu rolniczego. Maksymalna kwota wsparcia wyniosła 500 tys. zł (maksymalnie do 50% całkowitych kosztów inwestycji). Kwota ta realnie może wspomóc wyłącznie biogazownie o małej mocy, gdyż łączny koszt na poziomie 1 mln zł odpowiada jednostce biogazowej określanej jako mikrobiogazownia lub mała biogazownia. Moc zainstalowana takich obiektów najczęściej nie przekracza 100 kWe. Liczba wniosków złożonych w pierwszym naborze wyniosła 176, zaś na liście rankingowej znalazło się 151 projektów, spełniających kryteria określone w rozporządzeniu wykonawczym dla tego działania. Dotychczas instalacje te nie powstały, a przyczyny tego stanu są złożone. Według niektórych opinii koszt budowy mikroinstalacjii, przyjęty w projekcie, był niedoszacowany. Ponadto procedury pozyskania dotacji okazały się trudne do przejścia dla gospodarstwa rolnego. Jednak projekt przyczynił się do ożywienia zainteresowania tematem mikrobiogazowni rolniczych.

W odpowiedzi na zainteresowanie produkcją biogazu w małej skali, firmy projektowe proponują instalacje, często o prostej konstrukcji kontenerowej, gotowe do postawienia i uruchomienia. Najczęściej w skład mikrobiogazowni wchodzą następujące elementy:

- punkt przyjęcia substratów stałych i płynnych,
- zespół pomp mieszających i dozujących substraty,
- komory fermentacyjne wyposażone w system grzewczy, mieszający i odprowadzający odpad pofermentacyjny,
- zbiornik biogazu,
- odsiarczalnik,
- oprzyrządowanie służące kontroli przebiegu procesu oraz system sterowania,
- instalacje rur i przewodów,
- silnik kogeneracyjny,
- pochodnia spalająca nadmiar biogazu w sytuacji braku jego odbioru,
- budynek techniczny.

W poszczególnych koncepcjach proponowane są roślinne substraty celowe, jak kiszonka z kukurydzy, żyta, traw, a także odchody zwierząt: gnojowica bydła lub trzody chlewnej czy obornik drobiu. Dobór substratów zależny jest od ich dostępności w danym gospodarstwie lub jego otoczeniu. Możliwa jest też zmiana struktury substratów po uruchomieniu biogazowni, jednak tylko w pewnym zakresie. Dlatego projektowanie konkretnego obiektu odbywa się indywidualnie dla każdego gospodarstwa. Według jednego z projektów zaspokojenie zapotrzebowania na substraty dla mikrobiogazowni o mocy 50 kW wymaga obsiania ok. 30 ha gruntów roślinami przeznaczonymi do produkcji biogazu. Wykorzystanie substratów odpadowych odpowiednio zmniejsza wymagany areał. Pozostałość pofermentacyjna znajduje wykorzystanie do użyźniania gruntów w obrębie własnego gospodarstwa.

Zdjęcie 65. Mikrobiogazownia kontenerowa.

Źródło: Archiwum FDPA.

Przy zaproponowanej strukturze substratów możliwa jest roczna produkcja biogazu w ilości 180 tys. m^3, co pozwoli na uzyskanie ok. 1000 MWh energii pierwotnej. Przeprowadzone obliczenia są szacunkowe, oparte na danych literaturowych i powinny być weryfikowane. Założona ilość energii zawartej w biogazie pozwoli na funkcjonowanie urządzeń kogeneracyjnych i wytwarzanie energii w ilościach podanych w tabeli 17.

Inny projekt zakłada wykorzystanie jako podstawowych substratów odchodów zwierząt i drobiu, zaś substratem uzupełniającym może być kiszonka z kukurydzy (tab. 18).

Produkcja biogazu pozwala na uzyskanie kilku strumieni dochodów. Podstawowy dochód stanowi sprzedaż energii wytworzonej w odnawialnym źródle. Drugi istotny składnik dochodu stanowią świadectwa pochodzenia energii ze źródeł odnawialnych, nazywane potocznie „zielonymi certyfikatami". Możliwe jest też uzyskanie „fioletowego certyfikatu", który przysługuje dla energii elektrycznej z kogeneracji, wyliczonej odpowiednio dla wysokosprawnej jednostki kogeneracji opalanej dowolnym rodzajem biogazu o dowolnej mocy zainstalowanej. W przypadku małej biogazowni rolniczej można uzyskać równocześnie certyfikaty zielone i fioletowe, pod warunkiem wykorzystania wyprodukowanego ciepła. Dodatkową korzyść ekonomiczną dla użytkownika instalacji biogazowej może przynieść racjonalne zagospodarowanie ciepła np. w suszarni czy też do ogrzania budynków mieszkalnych lub gospodarczych.

Pojawienie się wsparcia finansowego dla mikrobiogazowni oraz projektów, których koszty mieszczą się w planowanych ramach finansowych powinno przynieść stopniowy rozwój takich instalacji.

Zdjęcie 66. Mikrobiogazownia w Szewni Dolnej k. Zamościa.

Źródło: Usidus J., Kryłowicz A., Chrzanowski K.

Tabela 17. Przykładowe parametry mikrobiogazowni rolniczej o mocy 50 kW projektowanej na bazie substratów celowych.

Substraty

Substrat	***Areał [ha]***	***Plonowanie [t/ha]***	***Ilość***		***Zawartość***		***Zawartość CH_4 [%]***
			[t św.m./rok]	[kg św.m./doba]	s.m. [%]	s.m.o. [% s.m.]	
Kiszonka z kukurydzy	10	60	600	1800	32	95	55
Kiszonka z żyta ozimego	10	20	200	600	35	95	55
Kiszonka z traw	8	25	200	600	35	95	55
Razem	28	-	1000	3000	-	-	-

Wytwarzanie energii

Parametr	***Jednostka***	***Wartość***
Ilość energii pierwotnej w biogazie	MWh/rok	1080
Sprawność elektryczna zespołu kogeneracyjnego	%	37
Sprawność cieplna zespołu kogeneracyjnego	%	48
Łączna sprawność zespołu kogeneracyjnego	%	85
Zainstalowana moc elektryczna	kW	50
Zainstalowana moc cieplna	kW	65
Moc zainstalowana razem	kW	115
Czas pracy instalacji	h/rok	8500
Ilość wyprodukowanej energii elektrycznej	MWh/rok	425
Ilość wyprodukowanej energii cieplnej	MWh/rok	550

Źródło: Materiały firmy Energetyka Odnawialna S.A.

Tabela 18. Przykładowe parametry mikrobiogazowni rolniczej o mocy 50 kW projektowanej na bazie substratów odpadowych.

Substraty

Substrat	***Ilość***		***Sucha masa [%]***	***Produkcja biogazu [m^3/t św.m.]***	***Zawartość metanu [%]***	***Produkcja [m^3/doba]***	
	[t św.m. / rok]	[kg św.m. / doba]				biogazu	metanu
Obornik kurzy	1095	3000	32	80	60	240	144
Gnojowica bydlęca	511	1400	6	18	60	26	15
Kiszonka z kukurydzy	547,5	1500	28	185	53	278	147
Razem/średnio	2153,5	5900	28	-	57,7	543	306

Wytwarzanie energii

Parametr	***Jednostka***	***Wartość***
Średni czas przebywania wsadu w fermentatorze	dni	30
Moc agregatu kogeneracyjnego	kW	50
Ilość energii z 1 m^3 biogazu	kWh	5,21
Dobowa produkcja energii	kWh	2829
Wytwarzanie energii elektrycznej (40%)	kWh	1132
Wytwarzanie energii cieplnej (60%)	kWh	1697

Źródło: Materiały firmy AF Projects Sp. z o.o.

Prosta kalkulacja małej biogazowni

Przyjmujemy założenie, że rolnik decyduje się na budowę biogazowni o mocy 100 kW, oraz że będzie ona kosztowała w sumie ok. 1,75 mln zł netto (wraz z przyłączem energetycznym). Rolnik otrzymał dotację inwestycyjną w ramach PROW z działania „Różnicowanie w kierunku działalności nierolniczej" w kwocie 500 tys. zł. Wkład własny to 350 tys. zł, na pozostałą kwotę, czyli 900 tys. zł zaciąga kredyt ze spłatą przez 10 lat (rok karencji) i komercyjnym oprocentowaniu 8,71% w skali roku. Kolejne założenia są następujące:

- roczna produkcja prądu to ok. 800 MWh,
- cena energii 34 gr/kWh (ok. 19 gr/kWh prądu, ok. 15 gr/kWh zielony certyfikat),
- cena energii po wejściu ustawy o OZE – być może będzie wynosić 65 gr/kWh,
- zapotrzebowanie na areał gruntu, jeśli 100% wsadu stanowić będzie kiszonka z kukurydzy - 44 ha, zaś gdy w substracie będzie 30% gnojowicy świńskiej (4 tys. ton) trzeba zapewnić kukurydzę z niemal 31 ha,
- koszt przygotowania kiszonki (uprawa, zbiór, kiszenie) oraz wywóz pofermentu na pola - 160 tys. zł,
- serwis instalacji i obsługa przyłącza energetycznego – 42 tys. zł rocznie,
- odsetki od kredytu – 43,1 tys. zł rocznie,
- amortyzacja (20 lat) – 62,5 tys. zł,
- pozostałe koszty pośrednie 18,5 tys. zł.

Z wyliczeń wynika, że w obecnej sytuacji inwestycja oparta wyłącznie na surowcach pochodzących z upraw celowych jest nieopłacalna.

Może jednak się to zmienić, jeśli w biogazowni rolniczej wykorzystywane będą produkty uboczne z rolnictwa i pozostałości z przetwórstwa produktów rolnych, a także zagospodaruje się ciepło, które powstaje przy produkcji energii elektrycznej. Nie bez znaczenia dla poprawy opłacalności będą miały rozwiązania prawne przygotowywane w projekcie ustawy o odnawialnych źródłach energii.

Zdjęcie 67. Biogazownia rolnicza i pryzma sieczki kukurydzianej przygotowanej do zakiszenia.

Źródło: Archiwum FDPA.

PRZYKŁADY FUNKCJONUJĄCYCH BIOGAZOWNI ROLNICZYCH

W sierpniu 2013 roku w rejestrze przedsiębiorstw energetycznych zajmujących się wytwarzaniem biogazu rolniczego znajdowały się 37 instalacje (stan na dzień 22.08.2013 r.).

Biogazownia rolnicza w Pawłówku

Firma Poldanor zajmuje się chowem i hodowlą trzody chlewnej, uprawą roślin oraz hurtową sprzedażą zwierząt i płodów rolnych. Szczególną uwagę zwraca na środowisko naturalne, dlatego wdraża inwestycje ekologiczne, wykorzystujące technologie fermentacji metanowej. Zgodnie z założeniami polityki proekologicznej, firma Poldanor podjęła decyzję o budowie pierwszej w Polsce biogazowni rolniczej w miejscowości Pawłówko (gmina Przechlewo, woj. pomorskie). Budowę biogazowni rozpoczęto w sierpniu 2004 r., zaś jej otwarcie miało miejsce w czerwcu 2005 r.

Biogazownia składa się z dwóch komór fermentacyjnych o łącznej objętości efektywnej 1,5 tys. m^3, zbiornika wstępnego na surowce energetyczne, stacji przyjęć odpadów organicznych, zamkniętych lagun o pojemności 20 tys. m^3, urządzeń umożliwiających higienizację odpadów poubojowych, filtra biologicznego oraz modułu kogeneracyjnego. Oddana do eksploatacji biogazownia w Pawłówku wytwarza biometan w procesie fermentacji beztlenowej gnojowicy oraz kiszonki z kukurydzy, zapewniając produkcję energii elektrycznej i cieplnej w skojarzeniu o mocach rzędu 0,964 MWe i 1,101 MWt. Zapotrzebowanie na energię elektryczną biogazowni stanowi ok. 20% jej ogólnej produkcji, pozostała część energii sprzedawana jest do sieci energetycznej. Około 40% ogólnej produkcji ciepła to potrzeby własne, reszta wykorzystywana jest do ogrzewania ferm i budynków technicznych.

Zdjęcie 68. Ogólny widok biogazowni w Pawłówku.

Źródło: Archiwum firmy Poldanor.

Poldanor uruchomił dotychczas 8 biogazowni przy fermach trzody chlewnej w miejscowościach: Pawłówko, Koczała, Płaszczyca, Nacław, Świelino, Uniechówek, Giżyno i Kujanki, w województwach pomorskim i zachodniopomorskim. Moc poszczególnych instalacji jest różna, od 0,33 MWe do 2,126 MWe.

Biogazownia rolnicza w Boleszynie

Biogazownia w Boleszynie (gm. Grodziczno, powiat nowomiejski, woj. warmińsko-mazurskie) o mocy 1,2 MW powstała przy rodzinnej fermie trzody chlewnej. W gospodarstwie prowadzona jest produkcja trzody chlewnej – 700 loch w cyklu zamkniętym + 4000 tuczników oraz uprawa kukurydzy na gruntach ornych – 200 ha własnych + 500 ha dzierżawionych. W biogazowni utylizowana jest cała gnojowica, produkowana na fermie czyli 16-20 tys ton rocznie. Instalację biogazową wybudowano w celu utylizacji gnojowicy, by odciążyć środowisko od tego odpadu, który dotychczas w nieprzetworzonej formie wylewany był na pola. Poferment, który teraz trafia na pole zamiast gnojowicy, ma doskonałe właściwości jako nawóz oraz nie stanowi uciążliwości zapachowej dla okolicznych mieszkańców.

Starania o uzyskanie pozwolenia na budowę firma Biogal Sp. z o.o. rozpoczęła w 2009 r. i w ciągu 8 miesięcy uzyskano prawomocne pozwolenie na budowę. W czerwcu 2011 r. rozpoczęto budowę obiektu, w styczniu 2012 rozpoczęto rozruch. Inwestycja obejmowała budowę 4 komór fermentacyjnych, silosu na kiszonkę, wagi oraz infrastruktury towarzyszącej. Wybudowano rurociąg tłoczący gnojowicę wprost z budynków inwentarskich. Zainstalowano 2 silniki kogeneracyjne o mocy 600 kW każdy. Ponadto wybudowano sieć ciepłowniczą, która ogrzewa budynki mieszkalne we wsi Boleszyn. Obecnie (rok 2013) trwa rozbudowa biogazowni do mocy 2,0 MW, zakupiono trzeci silnik kogeneracyjny o mocy 800 kW oraz budowane są dwa kolejne zbiorniki fermentacyjne. W planach inwestora jest również budowa suszarni pofermentu oraz kolejnej linii ciepłociągu.

Mimo początkowych protestów lokalnej społeczności inwestorowi udało się doprowadzić do współpracy. Problemy, jakie napotykał podczas realizacji biogazowni, to niewłaściwy sposób interpretacji przepisów nie tylko podczas procesu wydawania pozwolenia na budowę, ale również uzyskiwania koncesji i pozwolenia na użytkowanie oraz decyzji, które są z tym związane. Problemem było również podłączenie do sieci energetycznej. Ostatecznie instalacja podłączona została do sieci płockiego operatora energetycznego.

Zdjęcie 69. Widok biogazowni w Boleszynie.

Źródło: Archiwum firmy Biogal.

Biogazownia rolnicza w Siedliszczkach

Mleczarnia w miejscowości Piaski (woj. lubelskie) jest źródłem jednego z substratów dla sąsiadującej z nią biogazowni, należącej do firmy Wikana Bioenergia Sp. z o.o. Biogazownia o mocy 0,999 MWe funkcjonuje od 2012 r., przy czym jej rozruch miał miejsce jesienią 2011 r. Oprócz serwatki z mleczarni, która transportowana jest do biogazowni rurociągiem, instalacja wykorzystuje kiszonkę z kukurydzy, a także okresowo wywar z gorzelni. Posadowienie biogazowni w bezpośredniej bliskości z mleczarnią pozwala na zagospodarowanie części ciepła, powstającego w urządzeniach kogeneracyjnych. Nadmiar ciepła może być sprzedawany na cele grzewcze do osiedla miejscowości Piaski, a projekt sieci ciepłowniczej znajduje się w fazie uzgodnień z właścicielami nieruchomości, przez które ma przebiegać.

Biogazownia w Piaskach jest przykładem na to, że instalacja taka nie musi być uciążliwa dla sąsiadów. Dosłownie po drugiej stronie drogi znajdują się zabudowania mieszkalne i gospodarstwa rolne, a ich mieszkańcom w niczym nie przeszkadza pracująca biogazownia. Do Piask najczęściej przywożone są grupy mieszkańców woj. lubelskiego, którzy chcą się przekonać, czy biogazownia jest uciążliwa, jak w rzeczywistości wygląda problem zapachów czy nasilonego transportu. Z uprzejmości inwestora i pracowników biogazowni korzystają też szkoły i uczelnie, przywożąc do biogazowni grupy uczniów i studentów, którzy zapoznają się tu z procesem technologicznym i podstawami produkcji biogazu. Instalacja ma więc charakter nie tylko produkcyjny, ale też dydaktyczny, a dzięki współpracy z jednostkami naukowymi – również badawczy.

Zdjęcie 70. Widok biogazowni w Siedliszczkach k. Piask.

Źródło: Fot. A. Kowalczyk–Juśko.

POLSKA MAPA BIOGAZOWNI

Mapa biogazowni w Polsce obejmuje instalacje wpisane do rejestru producentów biogazu rolniczego, prowadzonego przez ARR (stan na dzień 22.08.2013 r.).

● Lokalizacja biogazowni

MW_e - Zainstalowana moc elektryczna.

1- Biogazownia w Lęborku - moc: 1,200 MW_e
2 - Biogazownia w Darżynie - moc: 2,400 MW_e
3 - Biogazownia w Nacławiu - moc: 0,625 MW_e
4 - Biogazownia w Świelinie - moc: 0,625 MW_e
5 - Biogazownia w Resku - moc: 1,600 MW_e
6 - Biogazownia w Byszewie - moc: 1,000 MW_e
7 - Biogazownia w Grzmiącej - moc: 1,600 MW_e
8 - Biogazownia w Koczale - moc: 2,126 MW_e
9 - Biogazownia w Płaszczycy - moc: 0,625 MW_e
10 - Biogazownia w Pawłówku - moc: 0,946 MW_e
11 - Biogazownia w Kujankach - moc: 0,330 MW_e
12 - Biogazownia w Uniechówku - moc: 1,063 MW_e
13 - Biogazownia w Giżynie - moc: 1,063 MW_e
14 - Biogazownia w Skrzatuszu - moc: 0,526 MW_e
15 - Biogazownia w Mełnie - moc: 1,600 MW_e
16 - Biogazownia w Łęgutach - moc: 1,200 MW_e
17 - Biogazownia w Boleszynie - moc: 2,000 MW_e
18 - Biogazownia w Starorypinie Prywatnym - moc: 1,875 MW_e
19 - Biogazownia w Liszkowie - moc: 2,126 MW_e
20 - Biogazownia w Kalsku - moc: 1,140 MW_e
21 - Biogazownia w Klępsku - moc: 1,000 MW_e
22 - Biogazownia w Niedoradzu - moc: 0,252 MW_e
23 - Biogazownia w Zbiersku - moc: 1,600 MW_e
24 - Biogazownia w Szklarce Myślniewskiej - moc: 0,660 MW_e
25 - Biogazownia w Zalesiu - moc: 2,000 MW_e
26 - Biogazownia w Świdnicy - moc: 0,900 MW_e
27 - Biogazownia w Bielanach Wrocławskich - moc: 0,526 MW_e
28 - Biogazownia w Strzelinie - moc: 2,000 MW_e
29 - Biogazownia w Konopnicy - moc: 1,998 MW_e
30 - Biogazownia w Opocznie - moc: 0,500 MW_e
31 - Biogazownia w Łanach Wielkich - moc: 0,526 MW_e
32 - Biogazownia w Piekoszowie - moc: 0,800 MW_e
33 - Biogazownia w Zaściankach - moc: 1,200 MW_e
34 - Biogazownia w Koczergach - moc: 1,200 MW_e
35 - Biogazownia w Orchówku - moc: 1,063 MW_e
36 - Biogazownia w Uhninie - moc: 1,200 MW_e
37 - Biogazownia w Piaskach - moc: 0,999 MW_e

PODSUMOWANIE

Technologia produkcji biogazu ma duże szanse rozwoju w Polsce ze względu na znaczne zasoby surowców, zapotrzebowanie na energię w układzie rozproszonym i konieczność spełnienia zobowiązań dotyczących produkcji energii ze źródeł odnawialnych. Daje też szansę rozwoju obszarów wiejskich, nowe miejsca pracy, stabilny rynek zbytu płodów rolnych, ożywienie gospodarcze. Prawidłowo zaprojektowana i eksploatowana biogazownia nie stwarza zagrożenia dla otoczenia, pozwala natomiast poprawić jego stan dzięki zmniejszeniu uciążliwości powodowanych rozlewaniem surowej gnojowicy na polach, ograniczeniu spływu biogenów do rzek, a przez nie do Bałtyku, oraz ograniczenie emisji wielu zanieczyszczeń powstających podczas wykorzystania kopalnych surowców energetycznych. Biogazownie mogą przetwarzać odpady organiczne, dzięki czemu zmniejsza się ich ilość deponowana na składowiskach. Wiele korzyści ekonomicznych, społecznych i środowiskowych, jakie wiążą się z produkcją biogazu sprawia, że biogazownie dynamicznie rozwijają się w Europie Zachodniej.

Kierunki rozwoju biogazu w Polsce w najbliższych latach będą ściśle związane z ewolucją i doskonaleniem systemu wsparcia. System wsparcia, wynikający z *„Krajowego planu działań na rzecz energii ze źródeł odnawialnych”* oraz ustawa o odnawialnych źródłach energii wynikająca z dyrektywy 2009/28/WE dają duże szanse budowy małych biogazowni rolniczych i mikrobiogazowni. Ustawa wprowadza nowe określenia:

- mała instalacja – instalacja odnawialnego źródła energii o zainstalowanej łącznej mocy elektrycznej powyżej 40 kW do 200 kW lub zainstalowanej łącznej mocy cieplnej lub chłodniczej powyżej 70 kW do 300 kW (w przypadku biogazu 50-200 kW);
- mikroinstalacja – instalacja odnawialnego źródła energii o zainstalowanej łącznej mocy elektrycznej do 40 kW lub zainstalowanej łącznej mocy cieplnej lub chłodniczej do 70 kW (w przypadku biogazu do 50 kW).

Ustawa promuje rozwój instalacji prosumenckich twierdząc, że wytwórca energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii w mikroinstalacji, będący osobą fizyczną nie prowadzącą działalności gospodarczej, który wytwarza energię elektryczną w celu zużycia na własne potrzeby, może sprzedać nadwyżkę niewykorzystanej energii elektrycznej wytworzonej przez niego w mikroinstalacji wprowadzając ją do sieci dystrybucyjnej. Sprzedaż taka nie stanowi działalności gospodarczej w rozumieniu ustawy o swobodzie działalności gospodarczej. Nowelizacja Prawa energetycznego z 26 lipca 2013 r. określa cenę energii z mikroinstalacji na poziomie 80% średniej ceny sprzedaży energii elektrycznej w poprzednim roku kalendarzowym i zobowiązuje dystrybutorów energii do jej zakupu, zgodnie z miejscem przyłączenia mikroinstalacji do sieci. Taka konstrukcja przepisów powinna pomóc w rozwoju małych instalacji, funkcjonujących blisko miejsca powstawania substratów i dostarczających energię przede wszystkim dla jej producenta, a w przypadku nadwyżek – jej sprzedaż do sieci.

Dotychczasowe regulacje prawne mają raczej charakter doraźny. Nadzieję na kompleksowe rozwiązanie problemów produkcji energii w odnawialnych źródłach dają prace nad tzw. „dużym trójpakiem”, czyli ustawą o odnawialnych źródłach energii, nad którą pracuje rząd.

Należy mieć nadzieję, że krajowe ustawodawstwo stanie się wsparciem dla rozwoju biogazowni w Polsce, co przyniesie korzyści producentom biogazu, substratów i konsumentów energii. Aby jednak tak się stało niezbędne są równoległe działania upowszechniające i promujące tę technologię, dzięki czemu znajdzie ona szeroką akceptację społeczną, jak ma to miejsce w innych krajach europejskich.

NOTATKI

Foundation for the Development of Polish Agriculture
Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa

Wydawca:

Fundacja na rzecz Rozwoju
Polskiego Rolnictwa

ul. Gombrowicza 19
01-682 Warszawa
tel.: 22 864 03 90

www.fdpa.org.pl
www.bio-gazownie.edu.pl
www.facebook.com/Fundacja.FDPA

Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa (FDPA) *jest organizacją mającą ponad dwudziestopięcioletnią historię działania w Polsce.*

Naszą misją jest wspieranie zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich, a w szczególności przedsiębiorczości i tworzenia pozarolniczych miejsc pracy oraz zapewnienie równych szans kobietom, osobom bezrobotnym i młodzieży.

Realizujemy ją poprzez działalność pożyczkową oraz usługi wspierające tworzenie i rozwój małych przedsiębiorstw na terenach wiejskich. Jesteśmy jednym z największych i najbardziej aktywnych funduszy pożyczkowych w Polsce. Angażujemy się w programy rozwoju lokalnego, oraz działania informacyjne i edukacyjne. Jesteśmy wydawcą uznanych opracowań i specjalistycznych raportów, jak np. „Raport o stanie wsi. Polska wieś", oraz licznych publikacji z zakresu odnawialnych źródeł energii. Niniejsze opracowanie jest uzupełnieniem projektu „Biogazownie szansą dla rolnictwa i środowiska - ogólnopolska kampania edukacyjno informacyjna" dofinansowanego ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Od pięciu lat organizujemy konkurs „Polska wieś-dziedzictwo i przyszłość", w którym nagradzamy prace naukowe o tematyce związanej z rolnictwem i wsią, oraz promujące historię i dziedzictwo kulturowe wsi. Z naszej inicjatywy odbywają się debaty w ramach cyklicznego Konwersatorium „Polska wieś w XXI wieku".

Zrealizowaliśmy kilkadziesiąt projektów międzynarodowych, krajowych i lokalnych. Ich odbiorcami są mieszkańcy wsi i rolnicy, samorządy lokalne, sektor doradztwa rolniczego, instytucje publiczne oraz sektor małych i średnich przedsiębiorstw.