

TECHNOLOGIE ENERGII ODNAWIALNEJ

BIOGAZOWNIE ROLNICZE

Andrzej Głaszczka • Witold Jan Wardal • Wacław Romaniuk • Tadeusz Domasiewicz



Spis treści

Wstęp	6
Pozyskiwanie i wykorzystanie biogazu	8
1.1. Pozyskiwanie biogazu z natury	8
1.2. Wykorzystanie biogazu	9
1.3. Biogazownie rolnicze	9
1.4. Produkcja energii pierwotnej z biogazu w UE	10
1.5. Przegląd biogazowni rolniczych w świecie	14
Przepisy dotyczące biogazowni	22
2.1. Uwarunkowania prawne	23
2.2. Wymagane pozwolenia	23
2.3. Zakup i sprzedaż energii ze źródeł odnawialnych	23
2.4. Ocena oddziaływania na środowisko	24
2.5. Przepisy związane ze stosowaniem nawozów naturalnych	24
2.6. Dopuszczalne limity emisji i opłaty za emisje	25
2.7. Lokalizacja biogazowni w świetle przepisów prawnych	28
2.8. Problemy prawne z zakresu projektowania, budowy i eksploatacji biogazowni rolniczych	32
Projektowanie instalacji biogazowych	34
3.1. Fermentacja metanowa jako biotechnologia	34
3.2. Czynniki wpływające na przebieg fermentacji	35
3.3. Surowce do produkcji biogazu	36
3.5. Charakterystyka odchodów zwierzęcych	41
Pozyskanie i wykorzystanie biogazu w Polsce	49
4.1. Pozyskiwanie biogazu z odchodów zwierzęcych	49
4.2. Podstawowe czynniki warunkujące przebieg fermentacji	54
4.3. Przewidywanie produkcji biogazu	55
4.4. Kalkulatory biogazowe	58
Biogaz w sieci gazu ziemnego	61
Założenia do parametrów techniczno-ekonomicznych	63
6.1. Przykład projektu technologicznego instalacji biogazowej	65
6.2. Techniczno-ekonomiczna i ekologiczna ocena projektu	71
Podsumowanie	73
Literatura	74
Prezentacja firm	76

Wstęp

Ograniczone zasoby surowców energetycznych, takich jak ropa naftowa, węgiel kamienny czy gaz ziemny w sytuacji zwiększającego się zapotrzebowania na energię zmuszają ludzi do intensywnego poszukiwania i wykorzystywania innych nośników energii, np. przyjaznej dla środowiska naturalnego energii odnawialnej. Do paliw odnawialnych zaliczane są produkty organiczne, których masa formowana jest w procesie fotosyntezy z wody i pochłanianego z atmosfery dwutlenku węgla, a ich spalanie nie zwiększa koncentracji cząstek CO₂ w atmosferze.

Zastosowanie biopaliw nie tylko ogranicza emisję CO₂, ale też przyczynia się do znacznego zmniejszenia emisji innych szkodliwych dla człowieka gazów i pyłów, takich jak SO₂, CO oraz podtlenki azotu (NO_x), zwłaszcza wtedy, gdy wydobywają się one z niskich kominów. Inne zagadnienie, związane zarówno z ekologią, jak i ekonomią, to gospodarka odpadami pochodzenia rolniczego. Największy wpływ na stan środowiska wiejskiego mają odchody zwierzęce (kał i mocz), ścieki komunalne oraz emisja zawartych w nich szkodliwych związków do atmosfery.

Aby rozwiązać powyższe problemy, zaczęto wykorzystywać zjawisko fermentacji metanowej do produkcji biogazu z odpadów organicznych. Według Fiedorowicza G. i Romaniuka W. (7) biogazem (agrogazem) określa się gaz powstający w procesie beztlenowej (anaerobowej) fermentacji nawozów naturalnych oraz innych odpadów organicznych, szczególnie bogatych w tłuszcze, przy udziale bakterii metanowych. Biogaz powstający w warunkach naturalnych, głównie z celulozy, to tzw. gaz błotny (gnilny), natomiast na wysypiskach śmieci podczas

beztlenowej fermentacji odpadów tworzy się gaz wysypiskowy. Skład chemiczny biogazu jest następujący: metan CH₄ (52–85%), dwutlenek węgla CO₂ (14–18%), siarkowodór H₂S (0,08–5,5%), wodór H₂ (0–5%), tlenek węgla CO (0–2,1%), azot N₂ (0,6–7,5%), tlen O (0,1–0,2%). Metan jest gazem bezwonny i łatwopalny. Niszczy warstwę ozonową dwudziestokrotnie silniej niż dwutlenek węgla, jednak spalany w specjalnych instalacjach nie jest szkodliwy dla środowiska. Biogaz jest cięższy od powietrza, łatwopalny i wykorzystywany jako biopaliwo w celach grzewczych (wartość opałowa 20–27 MJ/m³), oświetlania i napędów. Dla porównania gaz ziemny ma wartość opałową 33 MJ/m³.

Definicję biogazu rolniczego podaje Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne (wg stanu na dzień 9 sierpnia 2010 r.). Brzmi ona następująco: **biogaz rolniczy** – paliwo gazowe otrzymywane z surowców rolniczych, produktów ubocznych rolnictwa, płynnych lub stałych odchodów zwierzęcych, produktów ubocznych lub pozostałości przemysłu rolno-spożywczego lub biomasy leśnej w procesie fermentacji metanowej.

Według aktualnej wiedzy procesy beztlenowego rozkładu substancji organicznych zawartych w odchodach, ściekach i odpadach pozwalają uzyskać dodatni efekt energetyczny, co przyczynić się może do:

- wyeliminowania niepożądanych, a charakterystycznych cech procesów tlenowych,
- uzyskania znacznych ilości energii, i to w skali potrzeb całego społeczeństwa.

Intensywny w ostatnich latach postęp w biochemii oraz w badaniach nad bakte-

riami metanogennymi skłonił wielu badaczy do zajęcia się problematyką fermentacji metabolicznej, włączenia terminu „biogaz” do pojęć naukowych i wykorzystania tego w dziedzinach zwanych biotechnologiami. Wybór oraz zasadność stosowania określonych metod umożliwiających zapewnienie odpowiedniego poziomu życia w ww. zakresie wymagają dokładnej analizy.

Zanieczyszczenia pochodzenia rolniczego grożą zaburzeniem istniejącej w przyrodzie równowagi i mogą być przyczyną degradacji środowiska. W gospodarce gnojowicą rysują się trzy kierunki: ochrona środowiska przyrodniczego, wykorzystanie cennych rolniczo składników nawozowych i produkcja biogazu. W praktyce osiągnięcie kompromisu między tymi często przeciwstawnymi celami jest trudne i zależy od lokalnych warunków.

Gnojowica, ze względu na właściwości fizykochemiczne, zapachowe oraz znaczną zawartość bakterii chorobotwórczych, jest materiałem trudnym do przechowywania i zagospodarowania. Rozróżnia się gnojowicę pełną, będącą mieszaniną płynnych i stałych odchodów zwierzęcych, oraz gnojowicę rozcieńczoną wodą. Podział ten jednak nie jest wystarczający, jeśli chodzi o projektowanie urządzeń do utylizacji, gdyż skład gnojowicy jest bardzo zróżnicowany, uzależniony między innymi od gatunku zwierząt, grupy wiekowej i sposobu ich żywienia.

Głównymi parametrami wyjściowymi w projektowaniu urządzeń do utylizacji gnojowicy są następujące wskaźniki charakteryzujące jej jakość:

- BZT₅ – 5-dniowe biologiczne zapotrzebowanie na tlen,
- ChZT – chemiczne zapotrzebowanie na tlen,
- C:N – proporcje węgla do azotu,
- ilość zawiesiny ogólnej,
- pH – stopień kwasowości,
- zawartość związków biogennych.

Biogazownie działają już na całym świecie, jednak ich poziom techniczny jest bardzo zróżnicowany. W Azji funkcjonuje wiele milionów prostych technicznie biogazowni wykonanych sposobem gospodarczym, w Europie zaawansowane technicznie obiekty, budowane „pod klucz”, pracują tylko w nielicznych krajach, i to od 10–15 lat. Pozostałe biogazownie, występujące w innych częściach świata, plasują się pomiędzy tymi wymienionymi dwiema opcjami.

W Chinach i Indiach głównym celem biogazowni jest wytwarzanie energii na potrzeby gospodarstw domowych i oświetlenia. W krajach arabskich chodzi przede wszystkim o ograniczenie przykrych zapachów oraz pozyskanie doskonałego nawozu do użytkowania gleby.

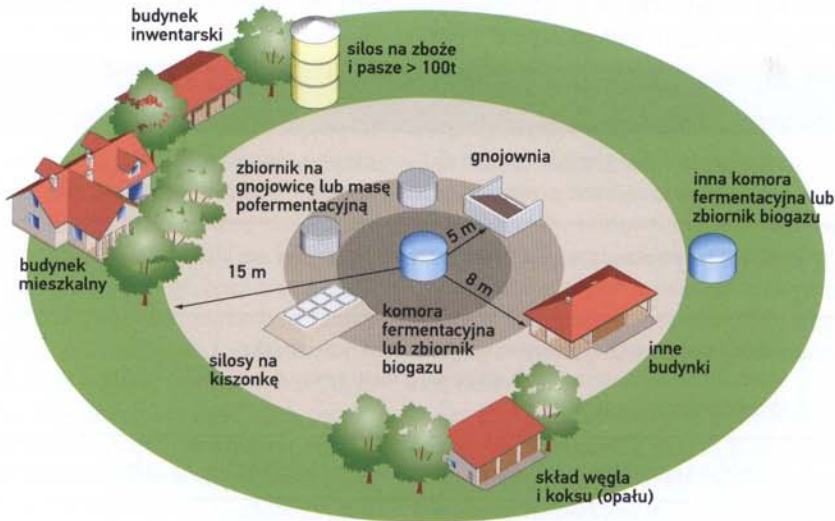
W Europie Zachodniej z kolei, ze względu na naciski polityczne, rolnicy, którzy w większości finansują i obsługują biogazownie, poszukują w ten sposób dodatkowych źródeł dochodu.

Polscy rolnicy oczekują od przedstawicieli nauki, doradców rolniczych a przede wszystkim kompetentnych osób z Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi informacji w zakresie możliwości pozyskiwania energii dla różnych wielkości inwestycji. Jest duże zapotrzebowanie na informacje w zakresie efektywności produkcji biogazu, zwłaszcza małych i średnich instalacji (o mocy do 200 kW), uwarunkowań formalno-prawnych, a także oddziaływania instalacji biogazowych na środowisko.

W niniejszym opracowaniu podano informacje merytoryczne w zakresie:

- możliwości pozyskiwania energii w instalacjach biogazowych,
- uwarunkowań formalno-prawnych w zakresie produkcji biogazu,
- metody oceny ekonomiczno-technicznej projektowanych i budowanych instalacji.

Rys. 2. MINIMALNE ODLEGŁOŚCI KOMÓR FERMENTACYJNYCH BIOGAZOWNI I ZBIORNIKÓW BIOGAZU O POJEMNOŚCI DO 100 m³ OD INNYCH BUDOWLI ROLNICZYCH (WITOLD JAN WARDAL)



Warunki techniczne budowy komór fermentacyjnych i zbiorników biogazu

> Zbiorniki biogazu

W biogazowniach powinny być stosowane niskociśnieniowe zbiorniki biogazu metalowe, żelbetowe lub z tworzyw elastycznych.

Zbiorniki powłokowe z tworzyw elastycznych powinny być zabezpieczone ogrodzeniem o wysokości co najmniej 1,8 m.

Odległość ogrodzenia od płaszcza zbiornika biogazu powinna wynosić co najmniej 0,85 m. Mniejsza odległość jest dopuszczalna pod warunkiem wykonania ogrodzenia w sposób uniemożliwiający sięgnięcie do płaszcza zbiornika.

Zbiorniki biogazu metalowe i żelbetowe mogą być nieobudowane.

Podziemne zbiorniki biogazu mogą być obciążone jedynie znajdującym się nad nimi gruntem.

Komory fermentacyjne i zbiorniki biogazu powinny być zaprojektowane i wykonane w sposób zabezpieczający przed:

- pożarem lub wybuchem,
- zamarznięciem przewodów doprowadzających i odprowadzających gaz,
- kondensacją gazu,

- korozją powodowaną przez substancje zawarte w gazie, a w szczególności przez amoniak i siarkowodór.

> Wentylacja

W pomieszczeniach, w których znajdują się zbiorniki biogazu, należy zapewnić wentylację grawitacyjną: otwory nawiewne powinny znajdować się bezpośrednio nad posadzką, a kanały wywiewne powinny być wyprowadzone ponad dach.

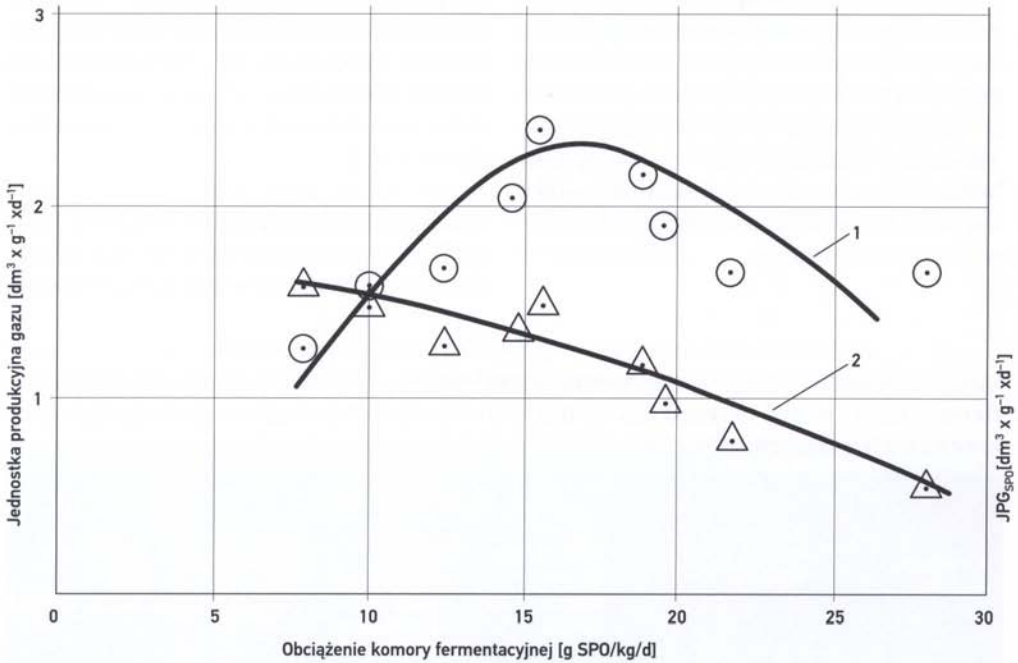
W tabeli 6. przedstawiono wymagane przekroje kanałów wentylacyjnych w pomieszczeniach ze zbiornikami biogazu.

Pomieszczenia sterowni znajdujące się obok komór fermentacyjnych powinny być wentylowane.

> Strefy bezpieczeństwa wokół zewnętrznych ścian komór fermentacyjnych i zbiorników biogazu

Strefa bezpieczeństwa powinna być oddzielona ogrodzeniem o wysokości co najmniej 1,5 m oraz oznakowana tablicami ostrzegawczymi: „Biogazownia. Zagrożenie wybuchem. Używanie ognia otwartego i palenie tytoniu zabronione”.

WYKRES 2. WYKRES JEDNOSTKOWEJ PRODUKCJI BIOGAZU W FUNKCJI OBCIĄŻENIA KOMORY FERMENTACYJNEJ (39)



⊙ jednostkowa produkcja gazu na jednostkę masy substratu poddanego fermentacji (JPG)

△ jednostkowa produkcja gazu na jednostkę masy doprowadzonej suchej pozostałości organicznej (JPG_{SPO})

4.3. PRZEWIDYWANIE PRODUKCJI BIOGAZU

Produktywność gazu zależy (16) od ilości gazu wytwarzanego w teoretycznie nieograniczonym czasie fermentacji i relatywnie odnosi się do czasu retencji hydraulicznej (t), etapu fermentacji, współczynnika wzrostu bakterii (μ_{max}) i zredukowanego czynnika hamowania (K), zdeterminowanego przez własności substratu i przemiany metaboliczne:

$$G_N = Y_{VSS} \cdot b_{R,VSS} \cdot \left(1 - \frac{K}{t \times \mu_{max} (1+K)}\right)$$

G_N – produktywność biogazu (wydajność z komory biogazowej) (m^3 STP/ $(m^3 \times d)$);

STP – warunki normalne ciśnienia i temperatury (ang. *standard temperature and pressure*);

Y_{VSS} – jednostkowa produkcja (uzysk) biogazu (m^3 STP/kgVSS);

$b_{R,VSS}$ – ładunek organicznej przestrzeni reaktora (kgVSS/ $(m^3 \times d)$);

VSS – zawiesina stałych części lotnych (ang. *volatile suspended solids*)

Wyznaczenie skumulowanych parametrów wymaga względnie stałego składu gnojowicy oraz wielu wartości pomiarowych, powtarzalnych w długo trwającym eksperymencie. Informacje te najczęściej odnoszą się do określonego typu zwierząt inwentarskich. Dzięki niezliczonym danym uzyskanym w wielu krajach w ciągu ostatnich 30 lat badań w dziedzinie fermentacji rozmaitych

PODSUMOWANIE

Do podstawowych parametrów wpływających na bilans energetyczny należy zaliczyć: rodzaj materiału poddanego fermentacji i zawartość w nim suchej masy, proporcje ilościowe składników (w przypadku tzw. kofermentacji), temperaturę i jej wahań, staranność wykonania izolacji termicznej komory, czas retencji hydraulicznej, ilość i częstotliwość podawania wsadu, obciążenie komory fermentacyjnej, częstotliwość i dokładność mieszania.

W kraju największe możliwości pozyskania biogazu mają gospodarstwa rolne, w których rocznie szacunkowo powstaje 38 mln m³ gnojowicy i 51 mln ton obornika. Przyjmując jednostkową masę obornika równą 0,6 t/m³, pozyskana roczna ilość obornika wynosi 85 mln m³. Jak wykazały badania doświadczalnych biogazowni eksploatowanych w rolnictwie, z 1 m³ płynnych odchodów można uzyskać średnio 20 m³ biogazu, a z 1m³ obornika – 30 m³ biogazu o wartości energetycznej ok. 23 MJ/m³.

Obliczono, że rocznie z pozyskanej ilości odchodów zwierzęcych w Polsce można uzyskać 3310 mln m³ biogazu. Jest to wielkość czysto teoretyczna, ponieważ w gospodarstwach rolnych o małej obsadzie zwierząt brak podstaw techniczno-ekonomicznych do budowy urządzeń pozyskujących biogaz z odchodów. Pozyskanie biogazu z obornika będzie również ograniczone z uwagi na bardziej skompliko-

waną technologię w porównaniu z technologią stosowaną przy odchodach płynnych.

Produktem każdej rolniczej biogazowni jest wysokowartościowy nawóz, który w porównaniu z powszechnie stosowaną gnojowicą charakteryzuje się mniejszą agresywnością wobec roślin („wypalanie” roślin przez gnojowicę) i zawartością azotu w formie lepiej przyswajalnego dla roślin azotu amonowego, lepszymi właściwościami hydraulicznymi (płynność) oraz zredukowaną objętością (koszty transportu).

Z biogazowni czerpią profity nie tylko jej właściciele i odbiorcy nawozu. Dla lokalnej społeczności biogazownia to m.in. możliwość utylizacji niektórych odpadów, powstanie nowych miejsc pracy, przychody z tytułu podatków od działalności gospodarczej dla gminy i powiatu oraz możliwość pozyskiwania tańszej energii (szczególnie energii cieplnej) z niezależnego źródła. Przetwarzanie w biogazowni naturalnych nawozów organicznych, np. gnojowicy, prowadzi do redukcji uciążliwych zapachów.

Produkcja energii z biogazu umożliwia ponadto – w przeciwieństwie do elektrowni wiatrowych i wodnych czy kolektorów słonecznych – nieprzerwane, stałe dostawy energii (brak skoków lub przerw). Powoduje to znaczne ułatwienia dla operatora sieci elektrycznej oraz stałe zaopatrzenie w prąd i ciepło obszarów wiejskich.



Światowe zasoby ropy naftowej, węgla kamiennego i gazu ziemnego kurczą się w zawrotnym tempie, za to zapotrzebowanie na energię z roku na rok jest coraz większe. Sytuacja ta zmusza ludzi do intensywnego poszukiwania i opracowywania metod wykorzystania innych nośników energii, np. przyjaznej dla środowiska naturalnego energii odnawialnej.

Nowa seria książek „Technologie Energii Odnawialnej” ma uświadomić Czytelnikom, jak istotne są te źródła dla środowiska i społeczeństwa.

Jako pierwsza w serii ukazuje się książka pt. **„Technologie Energii Odnawialnej – Biogazownie rolnicze”**, przedstawiająca informacje na temat:

- możliwości pozyskiwania energii w instalacjach biogazowych,
- uwarunkowań formalno-prawnych w zakresie produkcji biogazu,
- metody oceny ekonomiczno-technicznej projektowanych i budowanych instalacji.

PATRON MERYTORYCZNY



PARTNERZY WYDANIA



MULTICO
Oficina Wydawnicza



Zamówienia telefoniczne:
801 70 33 42
22 564 08 00



Zamówienia faksem:
22 564 08 03



Księgarnia:
ul. Kazimierzowska 14
Warszawa-Mokotów

Cena: 29 zł

ISBN 978-83-7073-432-9



Księgarnia internetowa:
www.multicobooks.pl
e-mail: biuro@multicobooks.pl



9 788370 734329