

Wacław Romaniuk¹⁾, Małgorzata Łukaszuk¹⁾, Andrzej Karbowy²⁾

¹⁾ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach

Oddział w Warszawie

²⁾ Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

POTENCJALNE MOŻLIWOŚCI ROZWOJU BIOGAZOWNI W GOSPODARSTWACH ROLNYCH W POLSCE

Streszczenie

Fermentacja metanowa umożliwiająca produkcję czystego ekologicznie paliwa (biogazu) oraz utylizację szkodliwych odpadów, stanowi nieodzowny element przyszłościowych planów technologicznych w chowie zwierząt; jest również istotnym przedsięwzięciem zmniejszającym obciążenie środowiska takimi substancjami, jak: metan, siarkowodór, amoniak, tlenki azotu. Należy zatem prowadzić intensywne badania innowacyjnych rozwiązań biogazowni, przeznaczonych dla specjalistycznych gospodarstw rodzinnych i farmerskich.

Słowa kluczowe: energia, biogaz, produkcja rolna, efektywność produkcji

Wstęp

Podstawowe elementy zrównoważonego rozwoju w polityce energetycznej współgrające to:

- zarządzanie bezpieczeństwem energetycznym;
- gwarancja potencjału produkcyjnego energii i wykorzystania krajowych źródeł;
- gwarancja ciągłości w dostawach energii;
- efektywność energetyczna gospodarki;
- ochrona środowiska;
- wspomóżenie rozwoju odnawialnych źródeł energii i uzyskanie 7,5-procentowego udziału energii, pochodzącej z tych źródeł, w bilansie energii pierwotnej w 2010 r.;
- badania naukowe i prace rozwojowe;
- współpraca międzynarodowa.

Priorytety i kierunki działań w zakresie polityki energetycznej na najbliższe lata dotyczą:

- kształtowania zrównoważonej struktury paliw pierwotnych;
- konieczności zmniejszenia obciążeń środowiska naturalnego;
- monitorowania poziomu bezpieczeństwa energetycznego;

- dywersyfikacji źródeł dostaw energii i paliw;
- budowy konkurencyjnych rynków energii elektrycznej i gazu;
- redukcji kosztów funkcjonowania energii;
- ustawowego wzmocnienia pozycji administracji samorządowej wobec przedsiębiorstw energetycznych;
- propodażowych modyfikacji dotychczasowych sposobów produkcji energii z OZE i energii w kogeneracji;
- wdrożenia systemu obrotu certyfikatami pochodzenia energii;
- równoważenia interesów przedsiębiorców energetycznych i odbiorców końcowych;
- poprawy jakości obsługi w zakresie dostaw paliw i energii;
- aktywnego kształtowania struktury organizacyjno-funkcjonalnej sektora energetyki.

Ostatnio przywiązuje się szczególną uwagę do pozyskiwania biogazu z roślin energetycznych i nawozu naturalnego jako ważnego ogniwa minimalizacji deficytu pozyskania energii.

Celem opracowania jest przedstawienie potencjalnych możliwości produkcji i zagospodarowania biogazu rolniczego w specjalistycznych gospodarstwach w Polsce.

Biogaz to paliwo pozyskiwane z biomasy na drodze procesów biochemicznych. Powstaje na skutek procesu rozkładu związków organicznych zawierających celulozę, białko, węglowodany oraz skrobię, w wilgotnym środowisku przy braku tlenu, w obecności bakterii metanowych (naturalnych mikroorganizmów aktywnych metabolicznie).

W nomenklaturze polskiej biogaz określa się jako produkt fermentacji metanowej, wytwarzany w specjalnie do tego celu skonstruowanych obiektach, czyli biogazowniach rolniczych lub w komorach fermentacyjnych oczyszczalni ścieków oraz jako produkt uboczny beztlenowych procesów rozkładu organicznych części odpadów zgromadzonych na wysypisku śmieci.

Należy jednak pamiętać, że proces mikrobiologicznej produkcji biogazu zachodzi na Ziemi od miliardów lat, a ludzkość stosunkowo niedawno zaczęła wykorzystywać mikroorganizmy do jego wytwarzania na własne potrzeby, stosując do tego celu różne zaawansowane technicznie urządzenia i instalacje. W warunkach naturalnych biogaz (jako gaz bagienny) jest również obecny na zalanych polach ryżowych oraz w przewodzie pokarmowym przeżuwaczy.

W zależności od regionu definicja biogazu różni się, ogólnie jednak za biogaz uznaje się gaz wytwarzany mikrobiologicznie w wyniku przetwarzania odpadów organicznych.

Uwarunkowania technologiczne pozyskiwania biogazu

Wyróżnia się trzy główne metody pozyskiwania biogazu:

- fermentacja osadu czynnego w komorach fermentacyjnych oczyszczalni ścieków,
- fermentacja gnojowicy lub obornika w gospodarstwach rolnych (źródłem biomasy do wytwarzania biogazu mogą być celowo uprawiane rośliny energetyczne),
- fermentacja organicznych odpadów przemysłowych i konsumpcyjnych na wysypisku.

W zależności od metody pozyskiwania biogaz dzieli się na: ściekowy, rolniczy, wysypiskowy. Podstawowe cechy oraz typowy skład trzech typów biogazu przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Porównanie składu i właściwości różnych typów biogazu
Table 1. Comparison of the composition and properties of different biogas types

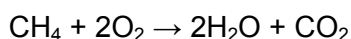
Występujące substancje/właściwości Occuring substances/properties	Jednostka Unit	Biogaz Biogas		
		ściekowy of sewage	rolniczy agricultural	wysypiskowy dumping
Metan Methane	%	65–75	45–75	45–55
Dwutlenek węgla Carbon dioxide	%	20–35	25–55	25–30
Tlenek węgla Carbon monoxide	%	<0,2	<0,2	<0,2
Azot Nitrogen	%	3,4	0,01–5,00	10–25
Tlen Oxygen	%	0,5	0,01–2,00	1–5
Wodór Hydrogen	%	ilości śladowe trace amounts	0,5	0,00
Siarkowodór Hydrogen sulfide	mg·Nm ⁻³	<800	10–30	<800
Amoniak Ammonia	mg·Nm ⁻³	ilości śladowe trace amounts	0,01–2,50	ilości śladowe trace amounts
Siloksany Oxosilanes	mg·Nm ⁻³	<0,1–5,0	ilości śladowe trace amounts	<0,1–5,0
CFC	mg·Nm ⁻³	0	20–1000	nie występuje not occuring
Kaloryczność (brutto) Gross calorific value	kWh·Nm ⁻³	6,6–8,2	5,5–8,2	5,0–6,1
Kaloryczność (netto) Net calorific value	kWh·Nm ⁻³	6,0–7,5	5,0–7,5	4,5–5,5
Gęstość normalna Standard density	kg·Nm ⁻³	1,16	1,16	1,27
Gęstość względna odniesiona do powietrza Density relative to air	kg·Nm ⁻³	0,9	0,9	1,1
Punkt rosy Dew point	°C	35	35	0–25

Źródło: Leśniewicz [2009]. Source: Leśniewicz [2009].

Ogólnie przyjmuje się, że biogaz składa się w ok. 2/3 z metanu i prawie w 1/3 z dwutlenku węgla. Pozostałe składniki, mogące występować w biogazie, to m.in.: siarkowodór, wodór, tlenek węgla, azot, tlen, amoniak, para wodna, pył, etan, aceton, węglowodory, związki chloroorganiczne. Grupa gazów, występujących w biogazie w ilościach śladowych, jest znacznie większa i obejmuje 200–400 różnych substancji [Rosik-Dulewska 2006], jednak większość z nich nie ma większego znaczenia dla środowiska. W literaturze dostępne są różne dane dotyczące składu biogazu. Wynika z nich, że występujące składniki oraz ich udział procentowy ściśle zależy od wielu czynników: typu instalacji, obciążenia komory fermentacyjnej, czasu i temperatury procesu fermentacji, odczynu biomasy, sposobu mieszania w komorze fermentacyjnej oraz przede wszystkim od zastosowanych substratów. Już niewielka zmiana parametrów takich, jak np. temperatura, ma znaczący wpływ na skład biogazu, dlatego przez cały czas pozyskiwania powinien on być okresowo bądź ciągle kontrolowany.

Typowy skład biogazu wraz z efektami wywoływanymi występowaniem poszczególnych składników przedstawiono w tabeli 2.

Metan – główny składnik biogazu – jest łatwopalny, nietrujący, bezwonny i znacznie lżejszy od powietrza. Spalanie następuje według następującego wzoru:



W czasie spalania 1 m³ metanu powstaje ok. 1,6 kg wody w postaci pary; do spalania 1 m³ metanu potrzeba ok. 10 m³ powietrza.

Niezależnie od metody pozyskania, ale pod warunkiem zawartości metanu nie mniejszej niż 45%, biogaz może być przetwarzany na energię za pomocą różnych technik.

Wykorzystanie biogazu

Typowe przykłady wykorzystania biogazu obejmują:

- produkcję energii elektrycznej w silnikach iskrowych lub turbinach;
- produkcję energii cieplnej w przystosowanych kotłach gazowych;
- produkcję energii elektrycznej i cieplnej w jednostkach skojarzonych;
- dostarczanie gazu wysypiskowego do sieci gazowej;
- wykorzystanie gazu jako paliwa do silników trakcyjnych/pojazdów.

Biogaz jest również wykorzystywany w procesach technologicznych, np. w produkcji metanolu.

Biogaz, mimo że nietrujący, może być jednak niebezpieczny (szczególnie gaz wysypiskowy), gdyż z racji gęstości nieco większej od powietrza zbiera się

Tabela 2. Typowe składniki i zanieczyszczenia biogazu
Table 2. Typical ingredients and pollutants of biogas

Składnik Ingredient	Zawartość Content	Działanie/efekt Effect
Metan Methane	45–70%	Określa wartość opałową Determines calorific value Przy zawartości >45% biogaz jest palny At content >45% biogas is flammable Przy zawartości 5–15% biogaz tworzy z powietrzem mieszanę wybuchową At content 5–15% biogas with air generates an explosive mixture
Dwutlenek węgla Carbon dioxide	25–50%	Obniża wartość opałową Reduces calorific value Powoduje korozję (nisko skoncentrowany kwas węglowy), gdy gaz jest wilgotny When humid, gas is corrosive (low concentrated carbonic acid) Uszkadza alkaliczne komórki paliwa Damages alkaline particles of fuel
Siarkowodór Hydrogen sulfide	0–0,5%	Powoduje korozję urządzeń i rur (wielu producentów silników określa maksymalne stężenie 0,05%), przy zawartości powyżej 40 mg·m ⁻³ przeprowadza się odsiarczanie gazu Corrosive for devices and pipes (many engine producers determine as maximum concentration 0.05%), at content of above 40 mg·m ⁻³ gas should be desulfurized Emisje SO ₂ za palnikami, emisje H ₂ S przy niedoskonałym spalaniu Emissions of SO ₂ behind the burners, H ₂ S emissions at imperfect combustion Zmniejsza działanie katalizatorów Decreases activity of catalysts
Amoniak Ammonia	0–0,05%	Emisje NO _x za palnikami NO _x emissions behind the burners
Para wodna Water vapour	1–5%	Powoduje korozję urządzeń Corrosive to equipment Kondensat może uszkadzać urządzenia i instalacje Condensate may damage equipment and installations Ryzyko zamarzania systemów rurowych i dysz Risk of freezing the pipings and nozzles
Pył Dust	>5 μm	Blokuje dysze i komórki paliwa Blocking nozzles and fuel cells
Azot Nitrogen	0–5%	Obniża wartość opałową biogazu. Przy wysokich temperaturach spalania tworzy dwu- i trójtlenki (NO ₂ , NO ₃) Reduces calorific value of biogas. At high combustion temperatures generates dioxides and trioxides (NO ₂ , NO ₃)
Siloksany Oxosilanes	0–50 mg·m ⁻³	Działają ściernie i uszkadzają silniki Abrasive, damage the engines

Źródło: Lewandowski [2006]; Rosik-Dulewska [2006].
Source: Lewandowski [2006]; Rosik-Dulewska [2006].

w zagłębieniach i może stanowić zagrożenie z powodu niewystarczającej zawartości tlenu. Uwalniający się do atmosfery biogaz jest niebezpieczny również dla środowiska; najnowsze badania określiły wpływ metanu zawartego w biogazie na postępowanie efektu cieplarnianego jako 30-krotnie większy od dwutlenku węgla. Komunikacja samochodowa oraz zakłady spalania są odpowiedzialne za tylko 3% metanu emitowanego do atmosfery

[Rosik-Dulewska 2006]. Niekontrolowana emisja biogazu występuje w tradycyjnych metodach przetwarzania odpadów w gospodarstwach rolnych, kiedy dochodzi do niekontrolowanej fermentacji.

Najlepszym sposobem przetworzenia odpadów rolnych, w tym nawozu naturalnego, może być fermentacja beztlenowa, kontrolowana. Jest ona procesem czystym i bezwonnym, w wyniku którego uzyskuje się cenny pod względem energetycznym biogaz, a produkt pofermentacyjny jest znakomitym nawozem. Nic dziwnego, że proces ten już od dawna jest przedmiotem badań i prowadzone są prace nad jego udoskonaleniem.

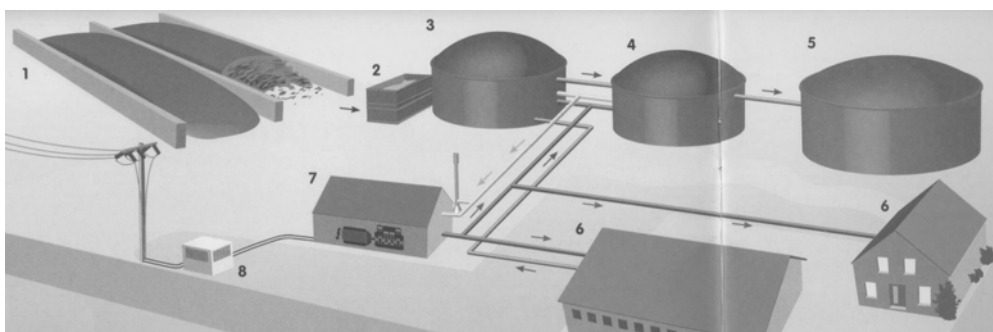
Zgodnie z podstawowymi założeniami Ministerstwa Gospodarki w zakresie rozwoju OZE do 2020 r., planowane jest m.in. wdrożenie programu budowy biogazowni rolniczych w każdej gminie mającej odpowiednie warunki do takich przedsięwzięć.

W wyniku analizy bilansu energetycznego kraju na potrzeby rynku wymagane jest dodatkowo pozyskanie 10 mld m³ gazu, pochodzącego z produkcji własnej i importu. Według potencjalnych potrzeb, wytworzenie 10 mld m³ CH₄ wymaga 1,9 mln ha terenów rolniczych. Zakładając, że 1 biogazownia produkuje ok. 300 m³ biometanu w ciągu godziny, to trzeba będzie w krótkim czasie wybudować ok. 3 500 takich instalacji. Realizacja tego celu będzie bardzo trudna.

Technologia pokazana na rysunku 1 zapewnia beztlenową fermentację surowców o wysokiej efektywności produkcji biogazu. Proponowane wielkości instalacji dla krajowego modelu rolnictwa przedstawione zostały w tabeli 3. Przykłady potencjalnych możliwości pozyskania biogazu i energii z dostępnych roślin podano w tabeli 4.

Właściwości obornika/gnojowicy ulegają zmianom podczas procesu fermentacji. Następuje rozpad materii organicznej, organiczny azot przetwarzany jest w amoniak itd. Skutki tych przemian mogą być korzystne z punktu widzenia pobierania składników nawozowych przez rośliny. Z procesem tym wiąże się jednak ryzyko nadmiernych strat składników nawozowych (np. na skutek parowania amoniaku) w przypadku nieostrożnego obchodzenia się z przefermentowaną gnojowicą. Dodanie do masy przetwarzanej w biogazowni innych odpadów organicznych z przemysłu spożywczego umożliwia ponowne włączenie składników nawozowych do obiegu rolniczego. Należy jednak uwzględniać aspekty weterynaryjne.

Do podstawowych parametrów rzutujących 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 wahania w czasie, staranność wykonania izolacji termicznej komory, czas retencji hydraulicznej, ilość i częstotliwość podawania wsadu, obciążenie komory fermentacyjnej, częstotliwość i dokładność mieszania.



Źródło: materiały dokumentacyjne firmy AgriKomp (Francja).
Source: documentation materials of AgriKomp Co. (France).

Rys. 1. Schemat nowoczesnej instalacji: 1 – silos do magazynowania biomasy na cele energetyczne, 2 – dozowanie biomasy, 3 – komora fermentacyjna, 4 – komora pofermentacyjna, 5 – zbiornik masy przefermentowanej, 6 – ogrzewanie budynku mieszkalnego i inwentarskiego

Fig. 1. Scheme of modern installation: 1 – a silo storing biomass for energy purposes, 2 – dosage of biomass, 3 – fermentation chamber, 4 – post-fermentation chamber, 5 – container of the mass fermented, 6 – heating of dwelling and livestock buildings

Tabela 3. Wielkość instalacji biogazowych na przykładzie firmy AgriKomp (Francja)
Table 3. Size of the biogas installation on an example of AgriKomp Co. (France)

Elementy składowe Components	Wielkość instalacji Size of installation					
Agregat [kW] Set of power [kW]	40	75	110	150	180	250
Pojemność biogazowni [m ³] Biogas plant capacity [m ³]	570	800	900	1 100	1 200	1 700
Ilość gnojowicy [m ³ ·dzień ⁻¹] Amount of slurry (m ³ ·day ⁻¹)	17	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800
Ilość obornika [t] Amount of manure [t]	0	1 150	1 150	1 150	1 150	1 150
Niezbędna powierzchnia uprawy biomasy [ha] Area necessary for biomass cultivation [ha]	0	20	30	50	60	90
Objętość silosu na kiszonkę [m ³] Capacity of a silo for silage [m ³]	0	1 100	1 700	2 700	3 300	5 000

Źródło: materiały dokumentacyjne firmy AgriKomp (Francja).
Source: documentation materials of AgriKomp Co. (France).

Proces technologiczny pozyskania biogazu i jego zagospodarowania oraz obróbki masy pofermentacyjnej przedstawiono na rysunku 2.

Kompleksowe zrealizowanie tego procesu jest uwarunkowane m.in.: wielkością instalacji, potencjałem finansowym inwestora, sprawdzonymi innowacyjnymi technologiami, zwłaszcza w zakresie produkcji paliw, np. do napędu ciągnika i maszyn samojezdnych, oraz innymi czynnikami, wynikającymi z potrzeb rynkowych.

Tabela 4. Produkcja biogazu i energii z wybranych roślin
Table 4. Biogas and energy production from selected crops

Substrat roślinny Plant substrate	Plon masy świeżej Fresh matter yield [t·ha ⁻¹]	Biogaz Biogas [m ³ ·ha ⁻¹]	Energia Energy [GJ·ha ⁻¹]
Kukurydza Maize	30–50	6 050–6 750	87–145
Lucerna Lucerne	25–35	3 960–4 360	85–94
Żyto Rye	30–40	1 620–2 025	35–43
Pszonżyto Triticale	30	2 430	52
Burak cukrowy, korzeń Sugar beet, roots	40–70	10 260	220
Burak cukrowy, liście Sugar beet, leaves	30–50	3 375	72
Słonecznik Sunflower	30–50	2 430–3 240	52–70
Rzepak Rape	20–35	1 010–1 620	22–37

Źródło: Matczuk [2007]. Source: Matczuk [2007].

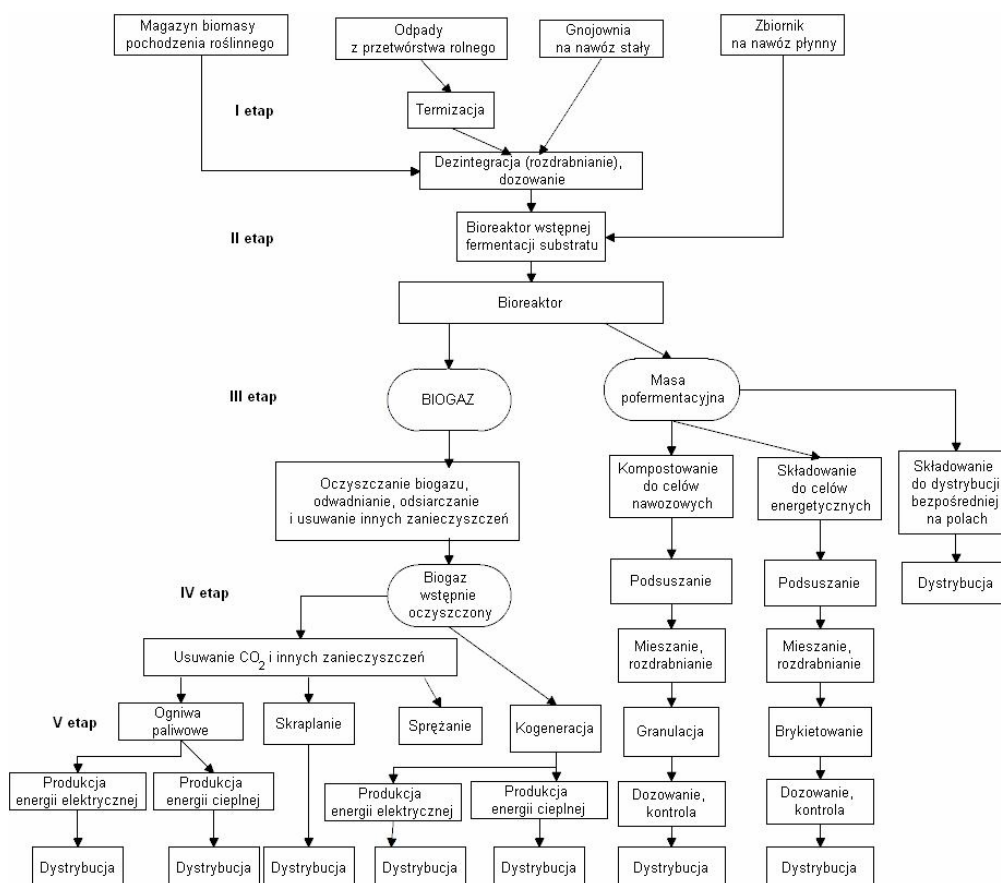
Podsumowanie

Fermentacja metanowa, umożliwiająca zarówno produkcję czystego ekologicznie paliwa (biogazu), jak i utylizację szkodliwych odpadów, wydaje się być nieodzownym elementem przyszłościowych planów technologicznych, a dziś szczególnie w chowie zwierząt. Jest również istotnym przedsięwzięciem zmniejszającym obciążenie środowiska takimi substancjami, jak: metan, siarkowodór, amoniak, tlenki azotu.

Biorąc pod uwagę dotychczasowe osiągnięcia Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego oraz uzyskane informacje dotyczące badań i projektów z Francji można zaproponować gospodarstwu rolnym, specjalizującym się w produkcji zwierzęcej, instalacje biogazowni przedstawionych w tabeli 3.

Wnioski

1. Biogazownie rolnicze minimalizują w dużym stopniu oddziaływanie produkcji zwierzęcej na środowisko naturalne. Stosując fermentację metanową odchodów zwierzęcych uzyskuje się cenny nawóz, umożliwiający produkcję kompostu o wysokiej jakości.
2. Dodatki fermentacyjne w postaci masy zielonej roślin energetycznych poprawiają ekonomikę instalacji średniej wielkości dopiero po uwzględnieniu dofinansowania oraz możliwości sprzedaży świadectw pochodzenia energii.
3. Biogazownie (nie tylko rolnicze) mają duży potencjał energetyczny, są realną alternatywą wobec wyczerpujących się zasobów paliw kopalnych.
4. Biogazownie rolnicze oparte na nowoczesnych technologiach, charakteryzują się lepszą efektywnością przy dużych wartościach zainstalowanej mocy energetycznej, tj. mocy cieplnej i elektrycznej. Najkorzystniej oce-

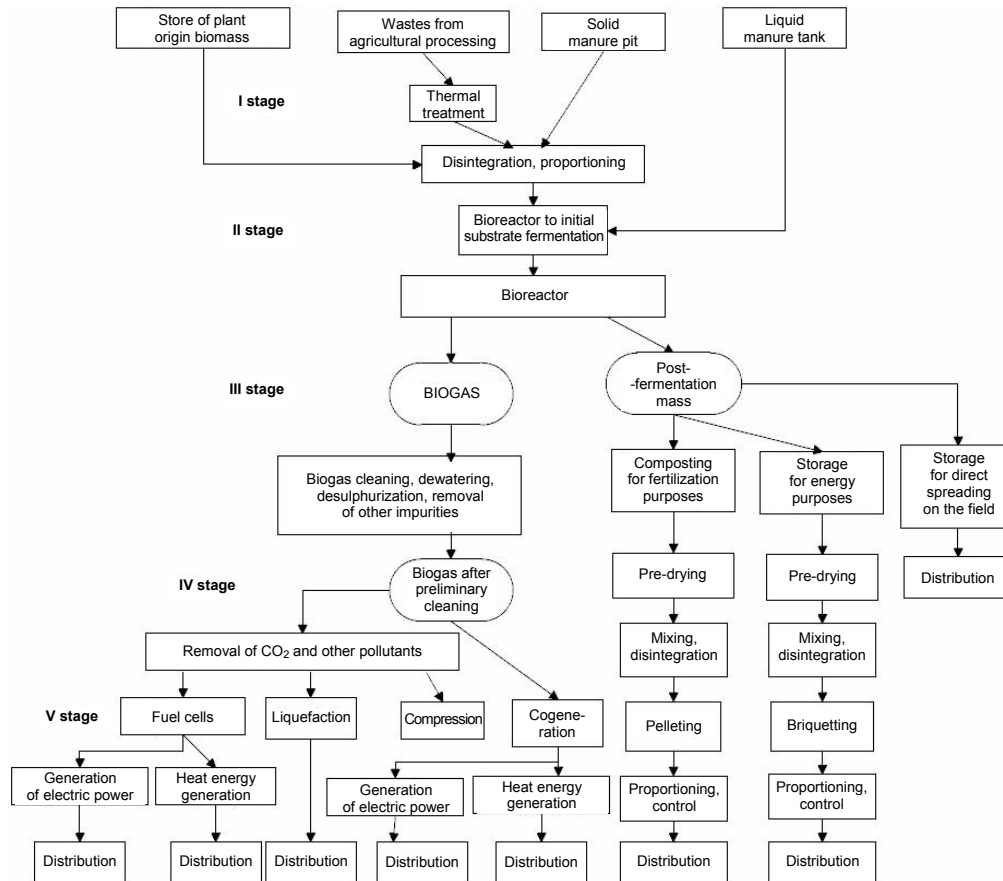


Źródło: opracowanie własne.

Rys. 2. Schemat (algorytm) procesu technologicznego pozyskania biogazu i obróbki masy pofermentacyjnej: I etap – przygotowanie substratów pochodzenia organicznego do fermentacji; II etap – fermentacja 1- lub 2-stopniowa; III etap – uzyskany produkt fermentacji metanowej; IV etap – obróbka pozyskanego produktu; V etap – zagospodarowanie pozyskanej energii i masy (substratu) pofermentacyjnej

niane są biogazownie o mocy ok. 500 kW i więcej. Należy jednak brać pod uwagę zrównoważony rozwój produkcji żywności i energii na danym terenie.

- Ze względu na strukturę polskiego rolnictwa należy prowadzić intensywne badania w zakresie innowacyjnych rozwiązań biogazowni o mocy do 300 kW, np. 250 kW, która wynika ze struktury biomasy i nawozu naturalnego.



Source: own elaboration.

Fig. 2. Scheme of the technological process of biogas acquisition and processing of postfermentation mass: I stage – preparing of organic origin substrates to fermentation; II stage – one- or two-step fermentation process; III stage – obtained product of methane fermentation; IV stage – processing of acquired product; V stage – management of acquired energy and post-fermentation mass (substrate)

Bibliografia

- Leśniewicz N. 2009. Projekt technologiczny instalacji do produkcji biogazu z gnojowicy dla gospodarstwa o koncentracji zwierząt w zakresie 100–200 SD.
Praca magisterska. Promotor prof. dr hab. inż. Wacław Romaniuk. Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
- Lewandowski W.M. 2006. Proekologiczne odnawialne źródła energii. WNT. Warszawa, ss. 432

Matczuk M. 2007. Energia z biogazu. Farmer. Nr 21, s. 34–35

Materiały dokumentacyjne firmy AgriKomp (Francja)

Rosik-Dulewska Cz. 2006. Podstawy gospodarki odpadami. PWN. Warszawa, ss. 342

POTENTIAL POSSIBILITIES TO DEVELOP THE BIOGAS GENERATING PLANTS ON THE FARMS IN POLAND

Summary

Two important features are closely combined with the process of methane fermentation. They include the possibility of producing pure, ecological fuel (biogas) as well as the recycling of harmful animal wastes. Thus, methane fermentation is an important element for the future technological plans in livestock production. It is also a significant solution reducing the charge of environment with such substances as methane, hydrogen sulfide, ammonia, nitrogen oxides. Therefore, it is absolutely necessary to conduct intensive research works on innovative development of biogas generating plants, provided for specialistic farms as well as the market directed farms operating on larger scale of production.

Key words: energy, biogas, farming, animal production, production efficiency

Praca wpłynęła do Redakcji: 27.10.2010 r.

*Recenzenci: prof. dr hab. Grzegorz Fiedorowicz
prof. dr hab. Józef Szlachta*

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Wacław Romaniuk
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy
Oddział w Warszawie
ul. Rakowiecka 32, 02-532 Warszawa
tel. 22 542-11-78, e-mail: w.romaniuk@itep.edu.pl

