

Agricultural biogas – characteristics, substrates and its use

Agricultural biogas plants are using for anaerobic fermentation process substrates from purposeful crops (like maize, beat, grasses) as well as residues from agriculture and food industry. Agricultural biogas chemical composition reveals low amount of unwanted substances thanks to rather homogenous composition of substrates used in the process. Because of that purifying of agricultural biogas is easier when comparison to landfill or residual sewage sediments biogas. Thus agricultural biogas is more useful like fuel to engine vehicles.

The article presents outline of biogas production based on agricultural substrates in comparison to landfill and sewage treatment sediments fermentation. Productivity of biogas has been discussed and also necessarily activities that has to be undertaken in first preparation of substrates. Utilization of biogas for energy purposes was shown in terms of its usefulness like chemical composition as well as fuel for engine vehicles or connecting to existing gas grid.

Key words: agricultural biogas, landfill biogas, substrates

Biogaz rolniczy – charakterystyka, substraty, wykorzystanie

Biogazownie rolnicze wykorzystują w procesie fermentacji beztlenowej substraty pochodzące z celowych plantacji (jak kukurydza, burak, rośliny motylkowe, trawy) oraz odpady i produkty uboczne powstające w rolnictwie i przemyśle rolno-spożywcym. Biogaz rolniczy charakteryzuje się małą ilością domieszek substancji niepożądanych, dzięki dość jednorodnemu składowi substratów wykorzystywanych w procesie. Dzięki temu jego oczyszczenie jest łatwiejsze w porównaniu z gazem składowiskowym lub pochodzącym z fermentacji osadu ściekowego, a to zwiększa jego przydatność jako paliwa stosowanego w pojazdach silnikowych.

Artykuł prezentuje zarys produkcji biogazu na podstawie surowców rolniczych, w porównaniu do biogazu składowiskowego i powstającego w procesie fermentacji osadu ściekowego. Omówiono wydajność biogazową różnych substratów rolniczych oraz czynności niezbędne do ich wstępnego przygotowania do fermentacji. Problem energetycznego wykorzystania biogazu rolniczego ujęto zarówno w świetle jego przydatności pod kątem chemicznym, jak również rozwoju instalacji umożliwiających spalanie, wtłaczanie do sieci oraz wykorzystanie jako paliwa do pojazdów silnikowych.

Słowa kluczowe: biogaz rolniczy, biogaz wysypiskowy, substraty

1. Sources of biogas

1.1. Biogas from landfills

The amount of municipal waste produced in Poland is growing. The group of unsorted mixed waste is dominated by its biodegradable fraction. Biodegradation, and thus the decomposition of such waste is performed in landfills, and one of the products of this decomposition is biogas, which can be used for energy generation. Unproductive release of biomethane into the atmosphere from landfills is not only a waste of energy, but also has a negative impact on the environment, as methane is 21 times greater a factor in the formation of the greenhouse effect than CO₂, and also poses some specific risks: being highly explosive it may lead to a spontaneous combustion of landfill; it contributes to ground-water contamination and odour emissions [7]. However, the acquisition of biomethane from waste is charged with multiple organizational and technological constraints. Two approaches to the problem of biodegradable waste can be distinguished: collection of biogas released during decomposition at landfills and waste fermentation under controlled conditions [4]. The collection of biogas from landfills requires the construction of the system's degassing, whereas the fermentation under controlled conditions is justified

1. Źródła pochodzenia biogazu

1.1. Biogaz ze składowisk odpadów

Ilość odpadów komunalnych produkowanych w Polsce stale rośnie. W grupie niesegregowanych odpadów zmieszanych dominuje frakcja biodegradowalna. Biodegradacja, a więc rozkład tych odpadów odbywa się na składowiskach, a jednym z produktów tego rozkładu jest biogaz, który można wykorzystać do produkcji energii. Bezproduktywne uwalnianie biometanu do atmosfery na składowiskach odpadów to nie tylko strata energii, ale też negatywny wpływ na środowisko, gdyż metan ma 21-krotnie większy wpływ na powstanie efektu cieplarnianego niż CO₂, ponadto stwarza określone zagrożenia: wybuchowe, samozapłonu składowisk, zanieczyszczenia wód gruntowych, emisji odorów [7]. Jednak pozyskanie biometanu z odpadów obarczone jest wieloma ograniczeniami organizacyjnymi i technologicznymi. Wyróżnić można dwa podejścia do problemu biodegradacji odpadów: odbiór biogazu uwalniającego się podczas ich rozkładu na wysypisku lub fermentacja odpadów w kontrolowanych warunkach [4]. Odbiór biogazu ze składowiska wymaga budowy systemu odgazowania, natomiast fermentacja w warunkach kontrolowanych uzasadniona jest tam, gdzie

where the segregation of "wet" waste is carried out at the source or at waste separation stations.

1.2. Biogas from sewage treatment plants

Poland has more than 4,000 municipal sewage treatment plants and industrial applications where large quantities of sludge are produced, which is an excellent raw material for biogas production. The dry matter content in the sediments amounts to about 4–5%, including more than 90% organic matter, allowing for their anaerobic fermentation. However such material is most often deposited in landfills. Methane fermentation is one of the oldest methods of sludge stabilization, and it occurs both in open tanks, in the conditions prevailing at any given time in the environment, as well as in separate fermentation chambers (SFC), in controlled anaerobic conditions. Fermentation in SFCs requires additional heating in order to maintain a constant temperature process, as well as mixing the contents of the chamber, which is meant to prevent stratification and formation of congested organic substance [8]. The best results for biogas production are obtained in biological wastewater treatment plants that have a high demand for their own heat and electricity, as the recovery of energy from biogas has a significant impact on the profitability of such plants. In the case of municipal wastewater treatment plants such production becomes profitable at a throughput of about 8–10 thousand cubic metres of wastewater per day.

1.3. Agricultural biogas

Agricultural biogas plants based on the methane fermentation process, implemented on a large scale throughout the world, use biomass derived from target energy crops and by-products and waste from plant and animal origin. The biogas production system NaWaRo (*Nachwachsende Rohstoffe*), implemented in Germany, uses mainly silage crops (corn, grass, beet, etc.), while other substrates such as manure, grains or agricultural waste are used depending on the particular circumstances of the farm.

An agricultural biogas plant consists of a fermentation chamber (or chambers), a post-fermentation tank (in the form of a chamber, a lagoon, etc.), and a cogeneration unit. Co-substrates, initially stored in primary tanks (e.g. slurry) and silage, become, after crushing and homogenisation, an energy feedstock for the plant. Appropriate biological conditions must be maintained in the fermentation chamber, ensuring a continuous and efficient production of biogas. These parameters result from the proportions and concentrations of individual co-substrates (such as silage or slurry), and their selection is based on a physical and chemical analysis of content and a preliminary simulation in the laboratory. Also, a proper configuration of the installation optimises the process, even with subsequent changes in the proportion of co-substrates or a change of their type [5]. The share of individual substrates depends on the concentration of solids in the fermentor. Maintaining the proper concentration of the charge in the fermentor is ensured by mixing systems, which also prevent the occurrence of the zones of organic matter overload.

prowadzona jest segregacja odpadów „mokrych” u źródła lub w stacjach segregacji odpadów.

1.2. Biogaz z oczyszczalni ścieków

W Polsce funkcjonuje ponad 4 tysiące oczyszczalni ścieków komunalnych i przemysłowych, gdzie powstają znaczne ilości osadów, stanowiące doskonały surowiec do produkcji biogazu. Zawartość suchej masy w osadach wynosi ok. 4–5%, w tym ponad 90% masy organicznej, co pozwala na ich beztlenową fermentację. Tymczasem najczęściej są one deponowane na składowiskach odpadów. Fermentacja metanowa jest jedną z najstarszych metod stabilizacji osadów ściekowych, przy czym zachodzi ona zarówno w zbiornikach otwartych, w warunkach panujących w danym czasie w środowisku, jak również w wydzielonych komorach fermentacji (WKF), w beztlenowych, kontrolowanych warunkach. Fermentacja w WKF-ach wymaga ogrzewania, aby zachować stałą temperaturę procesu, oraz mieszania zawartości komory, które zapobiega rozwarstwieniu i tworzeniu miejsc przeciążonych substancją organiczną [8]. Najlepsze efekty produkcji biogazu otrzymuje się w oczyszczalniach biologicznych, które mają wysokie zapotrzebowanie własne na energię cieplną oraz elektryczną, dlatego odzysk części energii z biogazu ma istotny wpływ również na rentowność tych zakładów. W przypadku miejskich oczyszczalni ścieków produkcja taka staje się opłacalna przy przepustowości około 8–10 tys. m³ ścieków na dobę.

1.3. Biogaz rolniczy

Biogazownie rolnicze oparte na procesie fermentacji metanowej, wdrażane na szeroką skalę na całym świecie, wykorzystują biomasę pochodzącą z celowych plantacji roślin energetycznych oraz produkty uboczne i odpady pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. System produkcji biogazu NaWaRo (*Nachwachsende Rohstoffe*), wdrażany w Niemczech, wykorzystuje głównie kiszonki z roślin (kukurydzy, traw, buraków itp.), zaś inne substraty, jak np. gnojowica, ziarno zbóż czy odpady z rolnictwa wykorzystywane są w zależności od konkretnych uwarunkowań gospodarstwa.

Biogazownia rolnicza składa się z komory (lub komór) fermentacyjnej, zbiornika pofermentacyjnego (w postaci komory, laguny itp.) oraz modułu kogeneracyjnego. Kosubstraty, zgromadzone uprzednio w zbiornikach wstępnych (np. gnojowica) oraz kiszonki, stają się po rozdrobieniu i homogenizacji wsadem energetycznym dla instalacji. W komorze fermentacyjnej muszą być utrzymywane właściwe warunki biologiczne, zapewniające efektywną produkcję biogazu. Parametry te wynikają z proporcji i stężeń poszczególnych kosubstratów (np. kiszzonek, gnojowicy). Ich dobór wynika z analizy fizyko-chemicznej oraz wstępnej symulacji procesu w warunkach laboratoryjnych. Konfiguracja instalacji zapewnia optymalizację procesu, nawet przy zmianach proporcji udziałowych kosubstratów lub zmianach ich rodzaju [5]. Udział poszczególnych substratów zależy od stężenia suchej masy w fermentorze. Utrzymanie właściwego stężenia wsadu w przestrzeni fermentora zapewniają systemy mieszania, zapobiegające wystąpieniu stref przeciążenia ładunkiem organicznym.

1.4. Composition of biogas, depending on its origin

Depending on its source of origin, biogas may contain a number of substances, which during their combustion may contribute to an uncontrolled production of highly toxic chemicals such as dioxins (PCDD – polychlorinated-dibenzo-dioxins), furans (PCDFs – polychlorinated dibenzofurans) and organic sulphur compounds [1].

Landfill-originated biogas is commonly accompanied by organochlorine components, emitted from the landfilled plastics due to their chemical and biological degradation. It is believed that PCDD/F compounds may be generated in landfills as a result of partial anaerobic fermentation. However, dioxin molecules are absorbed on the non-volatile solid particles, and in such a state they remain in the landfill, until they are absorbed later into the soil and groundwater. Therefore, landfill gas does not feature a significant dioxin content. The final product of decomposition of landfilled wastes is landfill gas, which contains several impurities of a varied nature (Table 1). According to Dudek [3], landfill gas is different from other biogas as it contains a large number of trace organic substances, of which 300 have been identified so far.

Landfill gas density varies in the range of 1.04–1.22 kg/m³. The calorific value deviates significantly from the commonly used heating natural gas and ranges from 10.6 to 16 MJ/m³. Additionally, biogas formed in separate sealed sewage treatment plant fermentation chambers (digesters) is characterized by a great diversity of its chemical composition. The fermentation process of wastewater is a much more intensified process of biodegradation than that occurring at a landfill. During the fermentation of wastewater, certain chemical reactions take place which result in a significant increase in the concentration of dioxins, ranging from 70 to 90%. Cebula [2], on the basis of various literature sources, cites the percentage content of main components of biogas collected in sewage treatment plants.

Conversely, agricultural biogas features the least amount of undesirable impurities (Table 1). This follows from the relatively uniform composition of the substrates used in biogas installations utilizing agricultural products and their waste derivatives.

2. Substrates used in agricultural biogas plants

The primary substrate used currently in agricultural biogas plants is slurry. Due to the low concentration of organic matter in the slurry, it is reasonable to supplement the feed with various organic substrates, which are available on the local market. The application of co-substrates allows for a proper digester load, optimises the kinetics of the methane fermentation process through a better configuration of carbon to nitrogen ratio, increasing its efficiency and economic viability. In Germany, thanks to the investor-friendly funding system of agricultural biogas plants, the most commonly used substrates are those originating from targeted crops, especially corn silage, grass, legumes (Table 2). In Poland, there have been significant fluctuations in prices of cereal grains, including corn, which translate into the price volatility of corn silage. At the same time, an increase in the demand

1.4. Skład biogazu w zależności od pochodzenia

W zależności od źródła pozyskiwania biogazu może on zawierać szereg substancji, które podczas spalania mogą przyczynić się do niekontrolowanego wzrostu silnie toksycznych związków chemicznych, takich jak: dioksyny (PCDD – polichlorowane-dibenzo-dioksyny), furany (PCDF – polichlorowane-dibenzo-furany) i organiczne związki siarki [1].

Biogazowi powstającemu na wysypisku towarzyszą składniki chloroorganiczne, ulatniające się ze składowanych tworzyw sztucznych wskutek ich chemicznej i biologicznej degradacji. Uważa się, że związki PCDD/F mogą powstawać na wysypiskach śmieci w wyniku częściowo beztlenowej fermentacji. Jednakże cząsteczki dioksyn są absorbowane na nielotnych cząsteczkach stałych i w takim stanie pozostają w przyście, aby później przedostawać się do gleby i wód gruntowych. Dlatego w gazie wysypiskowym nie stwierdzono znaczącej zawartości dioksyn. Końcowym produktem rozkładu odpadów na wysypisku jest gaz wysypiskowy, zawierający szereg domieszek o różnym charakterze (tab. 1). Zdaniem Dudka [3] gaz składowiskowy różni się od innych biogazów zawartością znacznej liczby śladowych substancji organicznych, których do tej pory wykryto około 300.

Gęstość gazu wysypiskowego zmienia się w granicach 1,04–1,22 kg/m³. Wartość opałowa znacznie odbiega od wartości opałowej powszechnie stosowanego gazu ziemnego i wynosi od 10,6 do 16 MJ/m³.

Również biogaz powstający w wydzielonych 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%. Procentowy udział głównych składników biogazu pozyskiwanego w oczyszczalni ścieków na podstawie różnych źródeł literaturowych podaje Cebula [2].

Najmniej niepożądanych domieszek występuje w biogazie rolniczym (tab. 1). Wynika to z dość jednolitego składu substratów stosowanych w biogazowniach zagospodarowujących produkty i odpady z rolnictwa.

2. Substraty stosowane w biogazowniach rolniczych

Podstawowym substratem wykorzystywanym obecnie w biogazowniach rolniczych jest gnojowica. Ze względu na niskie stężenie substancji organicznych w gnojowicy uzasadnione jest uzupełnianie wsadu różnymi substratami organicznymi, dostępnymi na lokalnym rynku. 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. W Niemczech, dzięki opłacalnemu systemowi finansowania biogazowi rolniczych, najczęściej stosowane są substraty z celowych upraw, zwłaszcza kiszonka kuku-

Table 1. Composition of biogas, depending on its origin

Tabela 1. Skład biogazu w zależności od pochodzenia

Component/składnik	Symbol	Unit/jednostka	Content/zawartość [%]		
			agricultural biogas/ biogaz rolniczy	treatment plant biogas/biogaz z oczyszczalni ścieków	landfill biogas/biogaz wysypiskowy
Methane/metan	CH ₄	%	45–75	57–62	37–67
Carbon dioxide/dwutlenek węgla	CO ₂	%	25–55	33–38	24–40
Hydrogen sulphide/siarkowodor	H ₂ S	ppm	10–30 000	24–8 000	15–427
Oxygen/tlen	O ₂	%	0,01–2,0–2,1	0–0,5	1–5
Nitrogen/azot	N ₂	%	0,01–5,0	3,4–8,1	10–25
Other admixtures: Chloroethane-dichlorofluoromethane-trichlorofluoromethane-chlorotrifluoromethane	C ₂ H ₃ C ₁ -CC ₁₂ F ₂ - CC ₁₃ F-CC ₁ F ₃	Mg/Nm ³	traces	traces	4,3–15,6–1,7–1,0

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

for corn silage in the western provinces of Poland has been observed, where it is acquired by German producers of biogas. The situation is therefore likely to lead to further price increases of the raw material. In this case, alternative sources of raw materials for substrates in biogas plants must be carefully identified. Particular attention should be paid to agricultural waste (slurry, manure, poultry manure) and agri-food industry (waste products from distilleries and breweries, fruit pomace from fruit processing and cold storage plants, etc.). The availability of such substrates, coupled with predictable quantity and quality, allows for a safe planning of biogas production.

Organic waste from production of food: fruit and vegetable waste, waste from dairy produce (fat, whey, waste from on-site wastewater treatment), glycerin, distilling and brewery waste, sugar production waste, represent a high energy potential, are a cheap raw material for biogas plants, since in many cases require a costly disposal on the part of their manufacturers (e.g. abattoirs). In particular, food processing plants should be interested in waste management of their own by-products, which, under existing legislation, must be disposed of as waste with high impact on environment, and their direct storage is not possible. Such waste include post-mortem remains, including the contents of animal stomachs, blood, waste fat, and fish processing waste. Processing plants are incurring significant costs for their disposal, which in turn could significantly increase the rate of economic efficiency of biogas plants [6].

Before feedstock can be fed into the digester, it has to be homogenized, that is made uniform in its characteristics. Some substrates require prior fragmentation. The use of animal origin raw materials in agricultural waste biogas plants requires adequate preparation – hygienization, which raises the cost of the biogas plant operation.

3. Conditions for development of agricultural biogas plants

Changes in the Energy Law, which came into force on 11 March 2010, resulting from the Act of Parliament passed

rydzy, traw, roślin motylkowatych (tab. 2). W Polsce notuje się duże wahania cen ziarna zbóż, w tym kukurydzy, które przekładają się na niestabilność cen kiszonki. Równocześnie obserwowany jest wzrost popytu na kiszonkę z kukurydzy w zachodnich województwach, gdzie nabywana jest przez niemieckich producentów biogazu. Należy więc liczyć się ze wzrostem ceny tego surowca. W tej sytuacji należy uważnie rozpoznać możliwości pozyskania alternatywnych surowców, które można wykorzystać jako substraty w biogazowni. Szczególną uwagę warto zwrócić na odpady z rolnictwa (gnojowica, obornik, odchody drobiu) i przemysłu rolno-spożywczego (wywar z gorzelnii, młóto z browarów, wytłoki z przetwórnii owoców, chłodni, wytwórnii soków itp.). Dostępność takich substratów, zwłaszcza w przypadku stabilnej ilości i wyrównanej ich jakości, pozwala na bezpieczne planowanie produkcji biogazu.

Odpady organiczne z produkcji spożywczej: odpady warzyw i owoców, odpady z mleczarni (tłuszcze, serwatka, odpady z zakładowych oczyszczalni), gliceryna, wysłodziny gorzelniane, browarniane i cukrownicze przedstawiają wysoki potencjał energetyczny, są tanim surowcem dla biogazowni, gdyż w wielu przypadkach wymagają od ich producentów (np. rzeźni) kosztownej utylizacji. Szczególnie zakłady przetwórstwa spożywczego powinny być zainteresowane zagospodarowaniem odpadów własnej produkcji, które w myśl obowiązujących przepisów muszą być utylizowane jako uciążliwe dla środowiska i ich bezpośrednie składowanie nie jest możliwe. Do takich odpadów należą resztki poubojowe, w tym zawartość zwaczy zwierząt, krew, resztki tłuszczowe, odpady rybne. Zakłady przetwórcze ponoszą znaczne koszty z tytułu ich utylizacji, które to koszty mogłyby istotnie zwiększyć efektywność ekonomiczną biogazowni [6].

Przed podaniem substratów do komory fermentacyjnej prowadzi się ich ujednoczenie – homogenizację. Niektóre substraty wymagają wcześniejszego rozdrobnienia. Wykorzystanie w biogazowni rolniczej odpadów pochodzenia zwierzęcego wymaga odpowiedniego ich przygotowania – higienizacji, co podnosi koszt funkcjonowania biogazowni.

Table 2. Characteristics of the major feedstock from agriculture and agri-food industry

Tabela 2. Charakterystyka ważniejszych substratów pochodzących z rolnictwa i przemysłu rolno-spożywczego

Substrate/substrat	Dry matter content/zawartość suchej masy [%]	Organic dry matter content/zawartość suchej masy organicznej (d.m.c.) [% d.m.]	Theoretical yield of biogas/teoretyczna wydajność biogazu		
			from 1 kg d.c.m. [dm ³]	from 1 kg wet weight [dm ³]	methane content [%]
Cattle slurry/gnojowica bydła	8–11	75–82	200–500	20–30	60
Pig slurry/gnojowica świń	ca. 7	75–86	300–700	20–35	60–70
Chicken manure/pomiot kurzy	ca. 32	63–80	250–450	70–90	60
Cattle manure/obornik bydła	ca. 25	68–76	210–300	40–50	60
Pig manure/obornik świń	20–25	75–80	270–450	55–65	60
Corn silage/kiszonka z kukurydzy	20–35	85–95	450–700	170–200	50–55
Grass silage/kiszonka z traw	25–50	70–95	550–620	170–200	54–55
Rye silage (GPS)/kiszonka z żyta (GPS)	30–35	92–98	550–680	170–220	ca. 55
Sugar beet/burak cukrowy	23	90–95	800–860	170–180	53–54
Beet leaves/liście buraka	16	75–90	550–600	ca. 70	54–55
Grain decoction/wywar zbożowy	6–8	83–88	430–700	30–50	58–65
Potato decoction/wywar ziemniaczany	6–7	85–95	400–700	36–42	58–65
Molasses/melasa	80–90	85–90	360–490	290–340	70–75
Brewery waste/wysłodziny browarniane	20–25	70–80	580–750	105–130	59–60
Swine stomach contents/treść żołądka trzody	12–15	75–86	250–450	20–60	60–70
Cattle stomach contents/treść żołądka bydła	11–19	80–90	200–400	20–60	58–62

Source: Myczko A.: Selection of substrates for biogas plants. [In:] Agricultural biogas plants – myths and facts. FDPA, Warszawa 2011.

on 8 January 2010 amending the Act on Energy Law and amending certain other acts (Journal of Laws of 2010, No 21, item 104), aim to support the growing sector of fuel production based on agricultural raw materials and generally associated with agriculture. Article 3, paragraph 20a of the Act defines agricultural biogas as a "gaseous fuel derived from agricultural raw materials, agricultural products, liquid or solid manure, by-products or residues, agro-food industry or forest biomass methane fermentation process." A significant facilitation for agricultural biogas producers will be the abolition of the licensing requirement for energy production in agricultural biogas plants. In place of the licences, a simple registration procedure with the Agricultural Market Agency will be required for producers of biogas, accompanied by quarterly reports on their activities which will also be filed with Agency. Producers of agricultural biogas, when introducing it to the distribution network, will be entitled to obtain a certificate of origin of biogas, which is regarded as a new instrument of economic support. It is also possible to use purified biomethane as vehicle fuel.

The production of biogas, as in the case of most renewable energy sources, is characterized by high initial investments, with low running costs. For this reason, renewable energy sources require external support at the investment stage. An initial condition for the investment process in entities producing and using biogas, and also those that require

3. Uwarunkowania rozwoju biogazowni rolniczych

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), mają na celu wsparcie rozwijającego się sektora produkcji paliw w oparciu o surowce rolnicze i powiązane z rolnictwem. Art. 3 pkt 20a, ustawy definiuje biogaz rolniczy jako „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”. Znaczącym ułatwieniem dla producentów biogazu rolniczego będzie zniesienie obowiązku koncesjonowania produkcji energii w biogazowniach rolniczych. W miejsce koncesji wejdzie obowiązek wpisu do rejestru producentów biogazu, prowadzonego przez Agencję Rynku Rolnego, do której będą też składane kwartalne sprawozdania z prowadzonej działalności. Producent biogazu rolniczego, wprowadzający go do sieci dystrybucyjnej, uprawniony będzie do uzyskania świadectwa pochodzenia biogazu, co stanowi nowy instrument wsparcia. Możliwe jest też stosowanie oczyszczonego biometanu do napędu pojazdów.

funding, is to determine the difference between total costs and own funds, the choice of financing institutions and the analysis of factors determining the funding coming from a variety of sources. With the correct choice of technology, properly assessed local conditions (availability of raw materials, potential sale or use of thermal energy) it is possible to obtain a relatively short payback period for the construction of the installation.

Economic effects, however, are varied and depend on the method of their calculation, the initial assumptions, applied calculus, for example, the one that takes into account the ecological impact. In addition, such economic effects depend on local conditions and above all, the price level that can be negotiated for electricity, certificates of origin and fermentation residues. While the sale of electricity may not seem to be difficult (especially that generated from renewable energy sources), the heat management can be problematic. Although part of this energy is consumed in the fermentation plant itself, there will always exist an excess of heat energy. An opportunity to sell this energy to a heat distribution network for example, or for the purpose of heating buildings located in the vicinity of the biogas plants largely affects the final economic effect. The preferred solution would be for the biogas plants to be located in the immediate vicinity of establishments where there is a constant demand for heat (dairies, food processing plants, drying facilities, etc.).

4. Summary

Biogas produced from biomass is a mixture of gases, with the dominant content of flammable methane, so as a consequence the gas can be used as a renewable energy source. It can be produced from a variety of organic material, including plants and waste of agricultural origin. For the last several years there has been an increased interest in biogas production in Poland. While this technology is well recognized and developed in some countries in Western Europe, there are only a number of plants collecting biogas in landfills and sewage treatment plants in Poland. Because of the need to increase energy production from renewable sources, it is necessary to develop and popularise the technology of fermentation of substrates originating in agriculture.

The interest in the technology of energy production from biogas indicates that there will be a growing importance of this renewable energy source in our country. However, the current fluctuations in the price of cereal grains and other agricultural raw materials such as corn silage, which is the basic raw material in the German agricultural biogas production, inhibit the further spread of this technology. In this situation, it is desirable to identify other alternative raw materials, which can be used in anaerobic fermentation. The most accessible, and commonly used substrates in agricultural biogas plants are animal manure: manure, slurry and chicken manure. However, the production of biogas based on manure and slurry, without the addition of highly productive co-substrates, seems to be inefficient in economic terms. In light of the recent developments in the area of global agriculture, it is advisable to allocate for the production of energy firstly those substrates that originate

Produkcja biogazu, podobnie jak większości odnawialnych źródeł energii, charakteryzuje się dużymi nakładami początkowymi, przy niskich kosztach eksploatacji. Z tego względu odnawialne źródła energii wymagają wsparcia zewnętrznego na etapie inwestycji. Warunkami rozpoczęcia procesu inwestycyjnego w źródła produkujące i wykorzystujące biogaz, a wymagające dofinansowania, jest określenie różnicy pomiędzy całkowitymi kosztami, a środkami własnymi, wybór instytucji finansujących i analiza uwarunkowań otrzymania środków pochodzących tych z różnych źródeł. W przypadku właściwie dobranej technologii, uwzględniającej lokalne uwarunkowania (dostępność surowców, możliwość sprzedaży lub zagospodarowania energii cieplnej), można uzyskać stosunkowo krótki okres zwrotu nakładów inwestycyjnych na budowę instalacji.

Efekty ekonomiczne są jednak zróżnicowane i zależą od sposobu ich obliczenia, przyjętych założeń, zastosowanego rachunku, np. uwzględniającego efekty ekologiczne. Ponadto zależą od warunków lokalnych i przede wszystkim od poziomu cen, jaki można wynegocjować za energię, świadectwa pochodzenia oraz pozostałości pofermentacyjne. O ile sprzedaż energii elektrycznej nie nastręcza trudności (obowiązek zakupu energii wyprodukowanej w odnawialnych źródłach energii), o tyle zagospodarowanie ciepła może okazać się problematyczne. Część tej energii używana jest w instalacji fermentacyjnej, jednak zawsze występuje jej nadmiar. Możliwość sprzedaży tej energii np. do ciepłociągu, czy ogrzewania budynków położonych w niedalekiej odległości od biogazowni w dużej mierze wpływa na końcowy efekt ekonomiczny. Korzystnym rozwiązaniem byłaby lokalizacja biogazowni w bezpośredniej bliskości zakładów, w których występuje stałe zapotrzebowanie na ciepło (mleczarnie, zakłady przetwórstwa rolno-spożywczego, suszarnie itp.).

4. Podsumowanie

Biogaz to wytworzona z biomasy mieszanina gazów, wśród których dominuje palny metan, dzięki czemu może być on wykorzystywany jako odnawialne źródło energii. Do jego produkcji można stosować różne surowce organiczne, w tym rośliny i odpady pochodzenia rolniczego. Od kilku lat obserwuje się wzrost zainteresowania produkcją biogazu w Polsce. O ile technologia ta jest dobrze rozpoznana i rozwinięta w niektórych krajach Europy Zachodniej, o tyle w Polsce funkcjonują jedynie instalacje odzyskujące biogaz na składowiskach odpadów i w oczyszczalniach ścieków. W związku z koniecznością zwiększania produkcji energii ze źródeł odnawialnych, konieczne jest upowszechnienie fermentacji substratów powstających w rolnictwie.

Zainteresowanie technologią produkcji energii w oparciu o biogaz wskazuje, że wzrośnie znaczenie tego odnawialnego źródła energii w naszym kraju. Jednak równoczesne wahania ceny ziarna zbóż i innych surowców rolniczych, np. kiszonki z kukurydzy, będącej podstawowym surowcem w niemieckich biogazowniach rolniczych, hamują rozwój tej technologii. W tej sytuacji wskazane jest rozpoznanie innych, alternatywnych surowców, przeznaczanych do beztlenowej fermentacji. Najbardziej dostępne, często wykorzystywane w biogazowniach rolniczych są odchody zwierząt: obornik,

from agricultural waste, agro-food industry, and food waste and organic fraction of household waste. The decision to implement biomethane production based on raw materials and waste from agriculture requires a careful identification of the market for such substrates, their prices and guaranteed availability over a fairly long period of operation of a particular biogas plant.

gnojowica czy pomiot kurzy. Jednak produkcja biogazu w oparciu o obornik i gnojowicę, bez dodatku wysokowydajnych kosubstratów, jest procesem nieefektywnym z punktu widzenia ekonomicznego. W świetle zjawisk zachodzących ostatnio w otoczeniu światowego rolnictwa, należy w pierwszej kolejności do produkcji energii przeznaczać substraty odpadowe z rolnictwa, przemysłu rolno-spożywczego, odpady spożywcze i organiczną frakcję odpadów bytowych. Decyzja o podjęciu produkcji biometanu z surowców i odpadów z rolnictwa wymaga starannego rozpoznania rynku tych substratów, ich ceny i gwarancji dostępności na przestrzeni dość długiego okresu funkcjonowania biogazowni.

Bibliography/Literatura

- [1] Brzuzy L. P., Hites R.A.: Global mass balance for Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Dibenzofurans. *Environ. Sci. Technol.* 1996, No 30.
- [2] Cebula J.: Biogas purification by sorption techniques. *ACCE Journal*, 2/2009.
- [3] Dudek J.: The use of biogas from landfills of municipal waste for energy purposes. *GLOB Energy* 2, 2002.
- [4] Grzesik K.: The use of biogas as an energy source. [In:] *Green currents in education, the Polish Society of Environmental Engineering*, Cracow, 2005.
- [5] Kowalczyk-Juško A.: The influence of substrates choosing for indexes of investment profitability of biogas production. *Roczniki Naukowe SERiA*, t. X, z. 6, 2008.
- [6] Kowalczyk-Juško A.: Efficiency of biogas production from agricultural waste and food processing. *Letters of Sciences. South-East. Branch PTiE and PTG in Rzeszow*, let. 11, 2009.
- [7] Lewandowski W.M.: *Pro-ecological renewable energy sources*. WNT, Warsaw 2006.
- [8] Łomotowski J., Szpindor A.: *Modern wastewater treatment systems*. Arkady Publishing House, Warsaw 2002.
- [9] Myczko A.: Selection of substrates for biogas plants. [In:] *Agricultural biogas plants – myths and facts*. FDPA, Warsaw 2011.

Alina Kowalczyk-Juško, DEng. – University of Life Science in Lublin, Faculty of Agricultural Sciences in Zamość, Poland

Aleksander Mazanek, DEng. – Oil and Gas Institute, Cracov, Poland.