

***BIOGAZ
KOMPENDIUM
WIEDZY***

Biogazownie Energia z natury

*Zebrał i opracował z celu edukacyjnym
Stanisław Linert*



Wzrastające zapotrzebowanie na energię, wzrost cen energii oraz nieustannie kurczące się światowe zasoby konwencjonalnych nośników energii zmuszają do poszukiwania i wykorzystywania energii ze źródeł odnawialnych.

Definicje

Nowelizacja

- *Prawa Energetycznego, obowiązująca od dnia 11 marca 2010 roku, (art. 3 pkt 20a), oraz*
- *ustawa o odnawialnych źródłach energii z dnia 20 lutego 2015r. definiują 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.

Biogaz jest to biologiczny produkt powstający w wyniku procesów chemicznych masy organicznej zachodzących w zbiornikach fermentacyjnych przy braku tlenu. Podczas zachodzących beztlenowych reakcji chemicznych, tworzy się mieszanina gazów energetycznych i obojętnych potocznie nazywana biogazem, proces ten powszechnie występuje w przyrodzie.

W procesie fermentacji beztlenowej do 60% substancji organicznej zamienianej jest w biogaz. W wyniku fermentacji beztlenowej składa się z;

- a. metanu (od 40% do 70%), i*
- b. dwutlenku węgla (około 40-50%),*
- c. zawiera inne gazy, m. in. azot, siarkowodór, tlenek węgla, amoniak i tlen.*

Do produkcji energii cieplnej lub elektrycznej może być wykorzystywany biogaz zawierający powyżej 40% metanu.

Biogaz wykorzystywany do celów energetycznych powstaje z fermentacji:

- osadu czynnego w komorach fermentacyjnych oczyszczalni ścieków,*
- organicznych odpadów przemysłowych i konsumpcyjnych na wysypisku,*
- obornika w indywidualnych gospodarstwach rolnych.*

Zasoby biogazu w Polsce

Polska posiada ogromne możliwości przeznaczenia części obszarów użytków rolnych na celowe uprawy roślin energetycznych wykorzystywanych do produkcji biogazu.

Obecnie najbardziej popularną rośliną pod względem wydajności energetycznej (ilości wytwarzanego biogazu do kosztu wytworzenia biomasy) wydaje się być kukurydza powszechnie uprawiana na paszę (kiszonkę).

Przykład

Symulacja produkcji biogazu produkowanego z kiszonki kukurydzy, przy założeniu średniego uzyskania kiszonki z 1 ha - 50 t,

a. przy zawartość suchej masy – 0,3,

b. zawartość suchej masy organicznej w suchej masie 0,95.

Z tony suchej masy organicznej kukurydzy można uzyskać ok. 700 m³ biogazu o zawartości metanu (CH₄) 53%.

Produkcja metanu z 1 ha = 50 t x 0,3 x 0,95 x 700 = ~ 5,3 tys. m³ CH₄ biometanu (10 tys. m³ biogazu).

Przy założeniu, że $\frac{1}{4}$ obszaru rolniczego kraju przeznaczymy pod uprawy energetyczne - na biogaz (tj. $17 \text{ mln ha} / 4 = 4,25 \text{ mln ha}$).



Rejony upraw kukurydzy

- I - na kiszonkę i ziarno;
- II - na kiszonkę, pewne ryzyko na ziarno;
- III - na kiszonkę, na ziarno duże ryzyko;
- IV - tylko na kiszonkę.

Średnia produkcja biometanu z hektara wyniesie $5,3 \text{ tys. m}^3 \text{ CH}_4$, to możliwości produkcji biometanu w Polsce mogą osiągnąć $5,3 \text{ tys. m}^3/\text{ha} \times 4,25 \text{ mln ha} = \sim 22,5 \text{ mld m}^3$ (biometanu) rocznie.

Biogaz to nic innego tylko powszechnie znany produkt biologicznego rozkładu substancji organicznych przeprowadzany przez beztlenowe bakterie anaerobowe. Proces produkcji biogazu przebiega zatem w warunkach beztlenowych.

Jest to nic innego jak proces fermentacji metanowej - anaerobowej.

W procesie wytwarzania biogazu mogą zostać wykorzystane:

- a. odchody zwierzęce,*
- b. gnojownica,*
- c. odpady komunalne,*
- d. odpady przemysłowo-spożywcze,*
- e. także biomasa.*

Należy nadmienić, iż źródłem biogazu są: wysypiska śmieci, oczyszczalnie ścieków, biogazownie, a także miejsca, w których proces fermentacji metanowej odbywa się samoczynnie.

Skład nieoczyszczonego biogazu to:

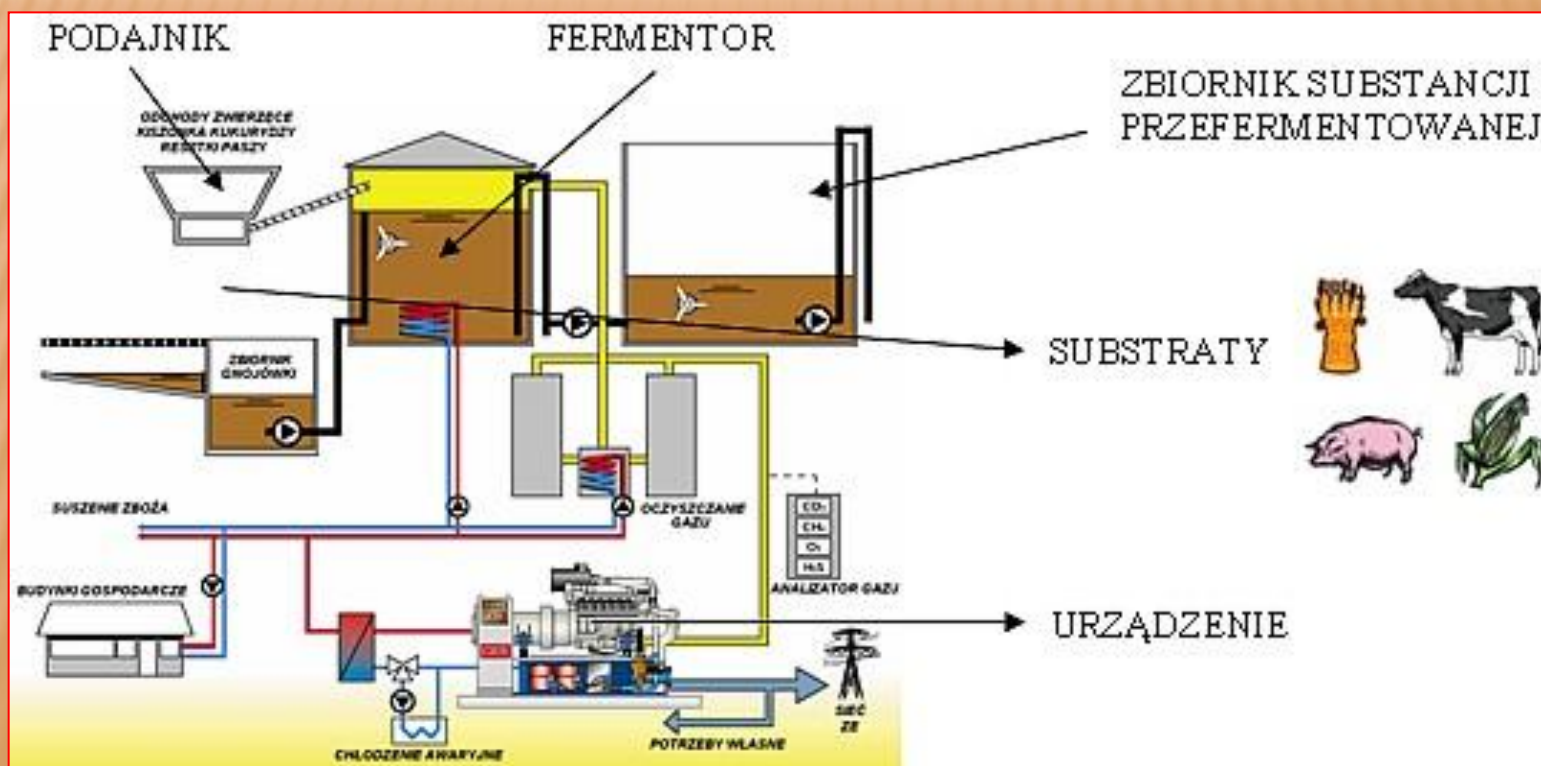
<i>Metan</i>	CH_4	<i>55-75 %</i>
<i>Dwutlenek węgla</i>	CO_2	<i>25-45 %</i>
<i>Azot</i>	N_2	<i>0-0,3 %</i>
<i>Wodór</i>	H_2	<i>1-5 %</i>
<i>Siarkowodór</i>	H_2S	<i>0-3 %</i>
<i>Tlen</i>	O_2	<i>0,1-0,5 %</i>

Wartość opałowa biogazu zależy od zawartości metanu i wynosi ok. 17-27MJ/m w warunkach normalnych.

Dodatkową zaletą biogazu jest wytwarzanie mniej szkodliwych tlenków azotu w porównaniu do spalania paliw kopalnych. Metan jest gazem cieplarnianym i jako taki powinien być z tego względu spalany, a nie emitowany do atmosfery. Należy również pamiętać, że głównym celem produkcji biogazu jest utylizacja odpadów organicznych, a biogaz jest tylko produktem ubocznym, dzięki któremu można uzyskać energię cieplną lub elektryczną.

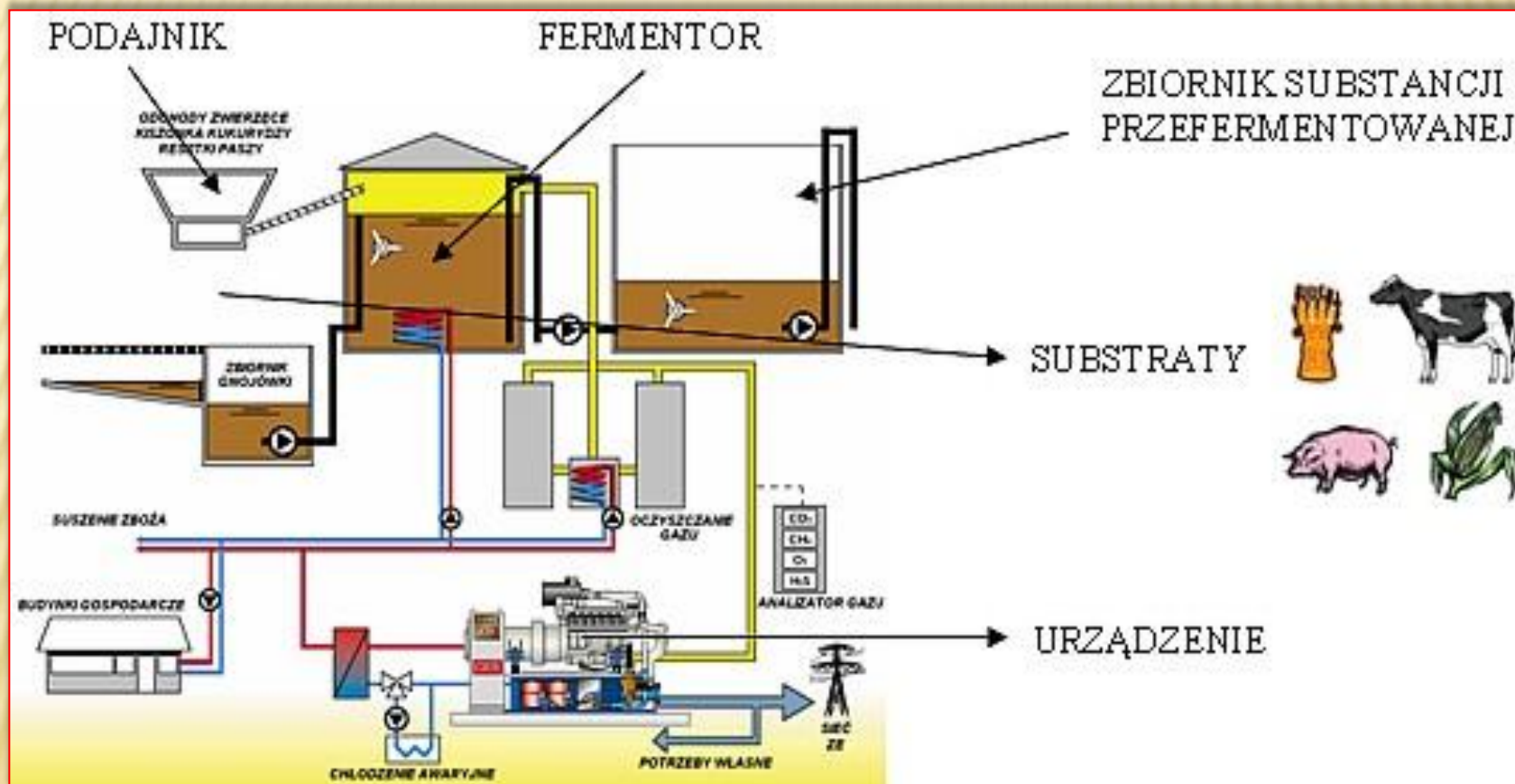
Uproszczony schemat instalacja biogazowni

Projekt instalacji oparty jest na prostych zasadach. Gaz z komory przechodzi do zbiornika pod wpływem własnego wytworzonego ciśnienia. Sygnały ze zbiornika gazu przekazywane są za pomocą przetworników i używane są do sterowania pomiędzy rurą centralną a kotłami; przełącznik włącz - wyłącz pozwala na zmianę poziomów w zbiorniku gazu pomiędzy membranami.



Schemat biogazowni

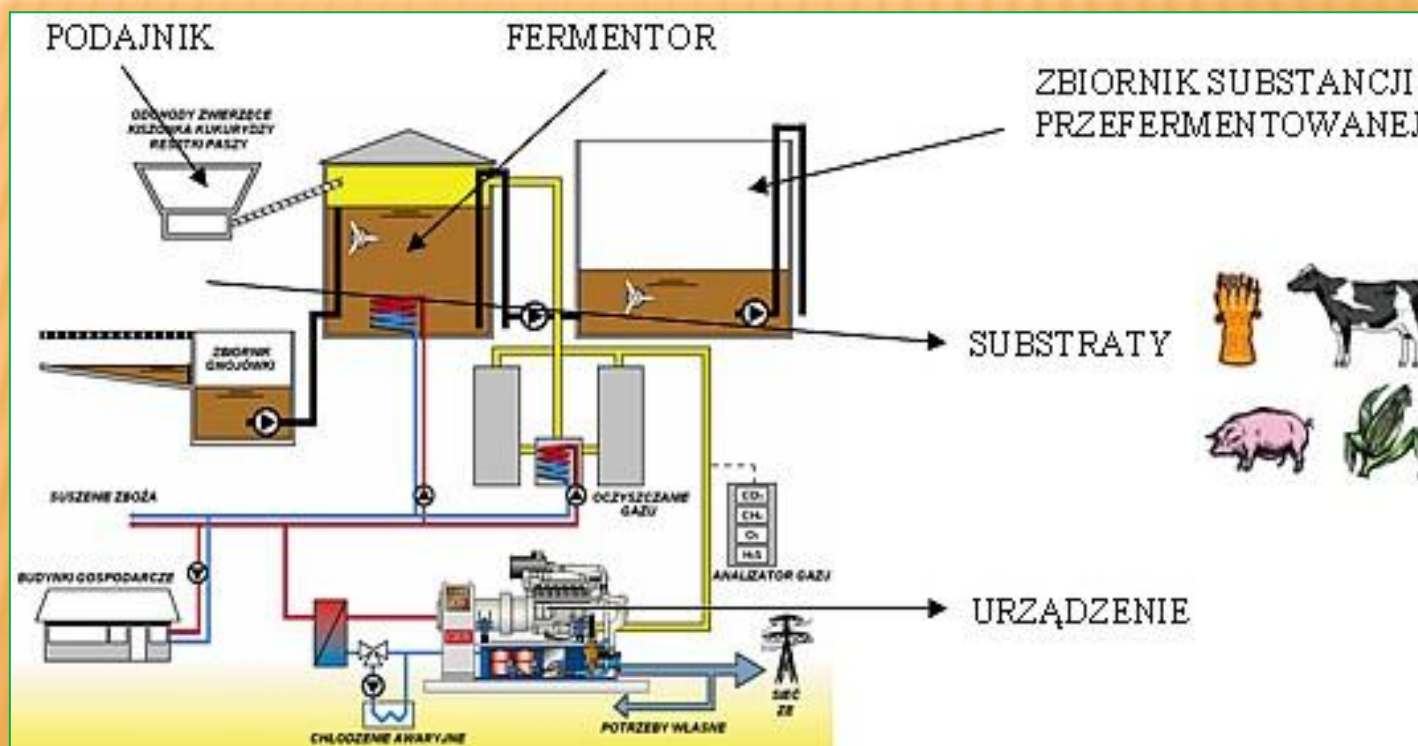
Sygnalizator kontrolny i kontrola wykrywania gazu umieszczono w kanale kontrolnym przylegającym do zbiornika gazu.



Schemat biogazowni

Sprężarki biogazu nie potrzebują systemu kontrolnego, nie ma możliwości wydostania się substancji z systemu. Lokalizacja pomiędzy zbiornikami gazu a urządzeniami do pozyskiwania biogazu.

*Przeptywomierze umieszczono pomiędzy zbiornikiem gazu a komorami i ze zbiornika. Gaz transportowany jest rurą centralną i mierzony na zasadzie odejmowania wyników. Urządzenie do pozyskiwania biogazu w miejscach gdzie poziom H_2S jest szkodliwy dla urządzenia **CHP** posiada warstwę antykorozyyjną.*



Instalacja do uzdatniania biogazu:

- *Sprężarka gazu surowego do ok. 10 bar (dmuchawa + sprężarka śrubowa)*
- *Licznik gazu.*
- *Odsiarczanie na tlenkach żelaza (ruda darniowa)*
- *Usuwanie dwutlenku węgla np. metoda wmywania w płuczce wodnej*
- *Osuszanie gazu przy pomocy glikolu trójetylowego*
- *Usuwanie przez adsorpcje na węglu aktywnym pozostałych chlorowcowęglowodorów*
- *Zbiornik wyrównawczy*
- *Wodomierz*
- *Regulator ciśnienia gazu*

Sposoby pozyskiwania biogazu

Istnieje wiele sposobów uzyskania biogazów w zależności od ich przebiegu procesu biogaz nosi nazwę np. na składowiskach śmieci to wysypiskowy, a wytworzony w sposób naturalny na torfowisku głównie z celulozy to gaz gnilny, bądź błotny.

Proces wytwarzania gazu można podzielić na 4 główne etapy.

hydroliza - prowadzi rozkład *polimerów* organicznych do związków o prostej budowie, szczególnie powoduje rozkład ***białek*** do ***aminokwasów*** i ***lipidów*** do ***alkoholi*** i ***wyższych kwasów tłuszczowych*** oraz ***węglowodanów*** do ***cukrów prostych***.

acidogeneza - podczas której z produktów hydrolizy wytwarzane są ***kwasy karboksylowe***, głównie ***walerianowy, mrówkowy i propionowy***

acetogeneza, podczas tego procesu powstaje *octan* produkowany przez bakterie heterotroficzne z *glukozy* oraz bakterie autotroficzne z *dwutlenku węgla i wodoru* .

metanogeneza - wytworzenie metanu przez bakterie metanogenne z *octanu* lub na drodze *redukcji dwutlenku węgla wodorem*

Wszystkie elementy procesów powstawania biogazu zachodzą tylko i wyłącznie w warunkach beztlenowych

U W A G A !!!

Czas generacji mikroorganizmów pierwszych trzech faz wynosi kilkanaście minut, natomiast czas generacji bakterii metanogennych kilkadziesiąt do kilkuset godzin.



Biogazownia Technologia "mokra"

Typy fermentacji metanowej

psychrofilna – zachodzi w temperaturze otoczenia poniżej 25 stopni, trwa minimum 70–80 dni, zwykle zachodzi w szambie, osadniku Imhoffa, otwartych basenach fermentacyjnych, powstający biogaz stanowi zanieczyszczenie atmosfery.

Mezofilna – prowadzona w temperaturze 30–40 stopni, trwa około 30 dni, w zamkniętych komorach fermentacyjnych z których ujmowany jest biogaz. Mimo konieczności podgrzewania komory fermentacyjnej, fermentacja mezofilna posiada dodatni bilans energii.

termofilna – trwa od 15 do 20 dni, zachodzi w temperaturze powyżej 40 stopni w zamkniętych komorach, przy ujemnym bilansie energetycznym.

W wyniku procesu fermentacji powstaje biogaz otrzymywany z odpadów organicznych, takich jak ścieki, stałe odpady komunalne, osady ściekowe. W zależności od warunków prowadzenia fermentacji oraz od substratów z jednego grama substancji organicznych można uzyskać do 500 ml biogazu.

Głównymi składnikami biogazu są:

Metan (40–80%),

dwutlenek węgla (20–55%),

Siarkowodór (0,1–5,5%)

oraz wodór, tlenek węgla, azot i tlen w ilościach śladowych.

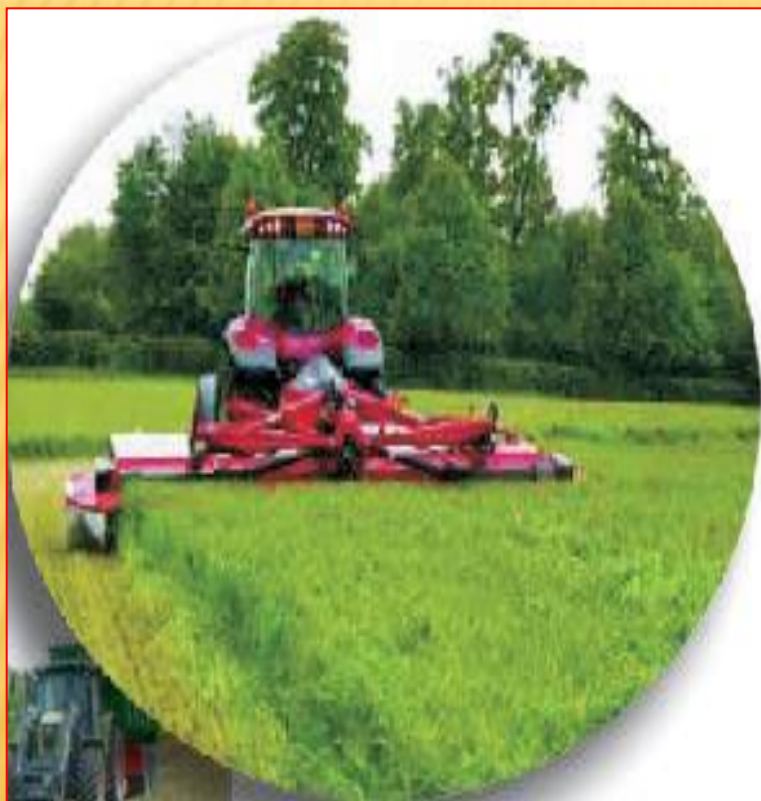


Biogazownia Technologia "mokra"

Produkty uboczne fermentacji metanogennej

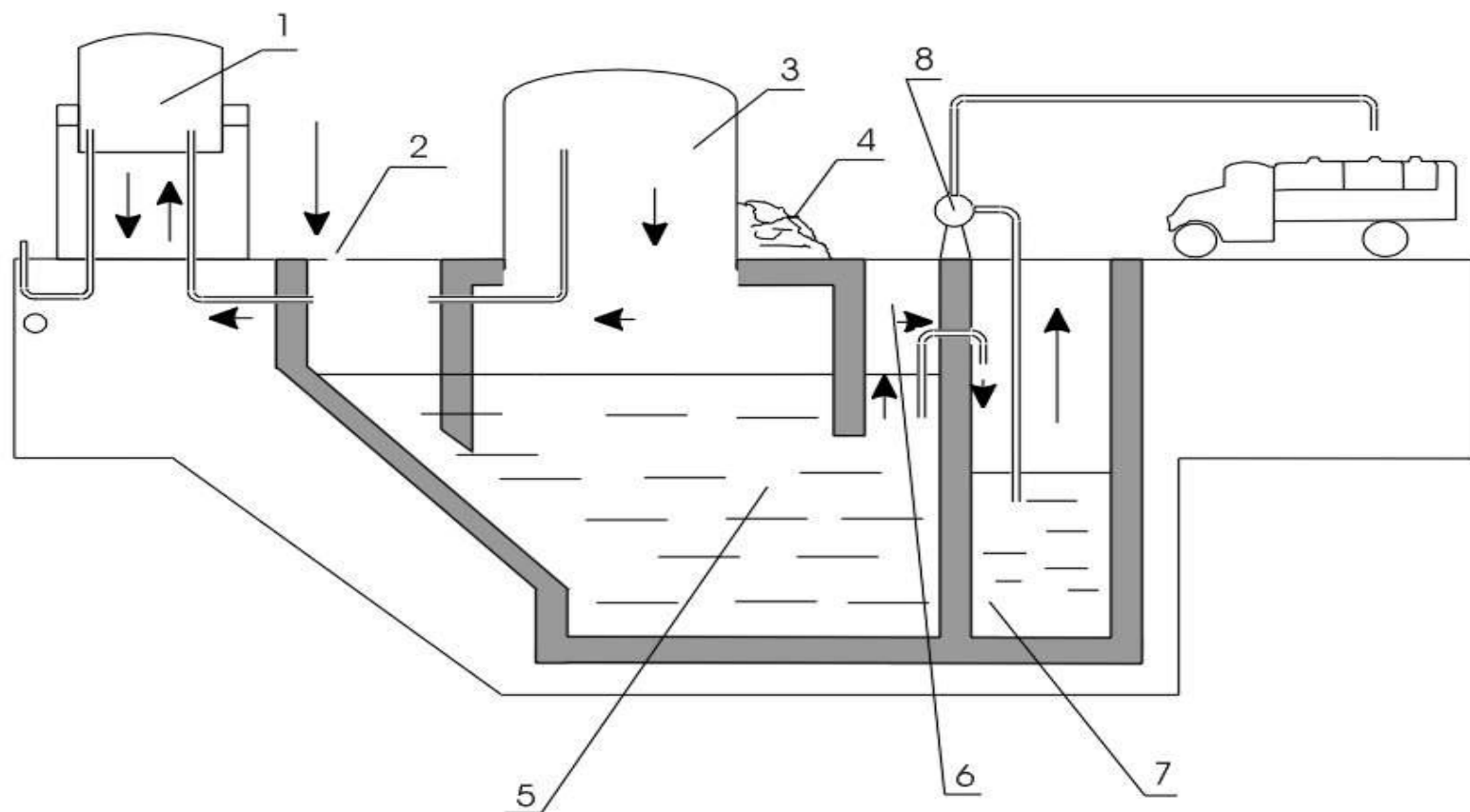
Oprócz biogazu po fermentacji pozostaje przefermentowany nieczynny biologicznie osad, zawierający 30–40% związków humusowych. Jest on zwykle jest niebezpieczny pod względem sanitarno-epidemiologicznym.

Po przeprowadzeniu wapnowania stanowi doskonały nawóz naturalny pozbawiony szkodliwych dla upraw związków metanogennych.



Mikrobiogazownie rolnicze

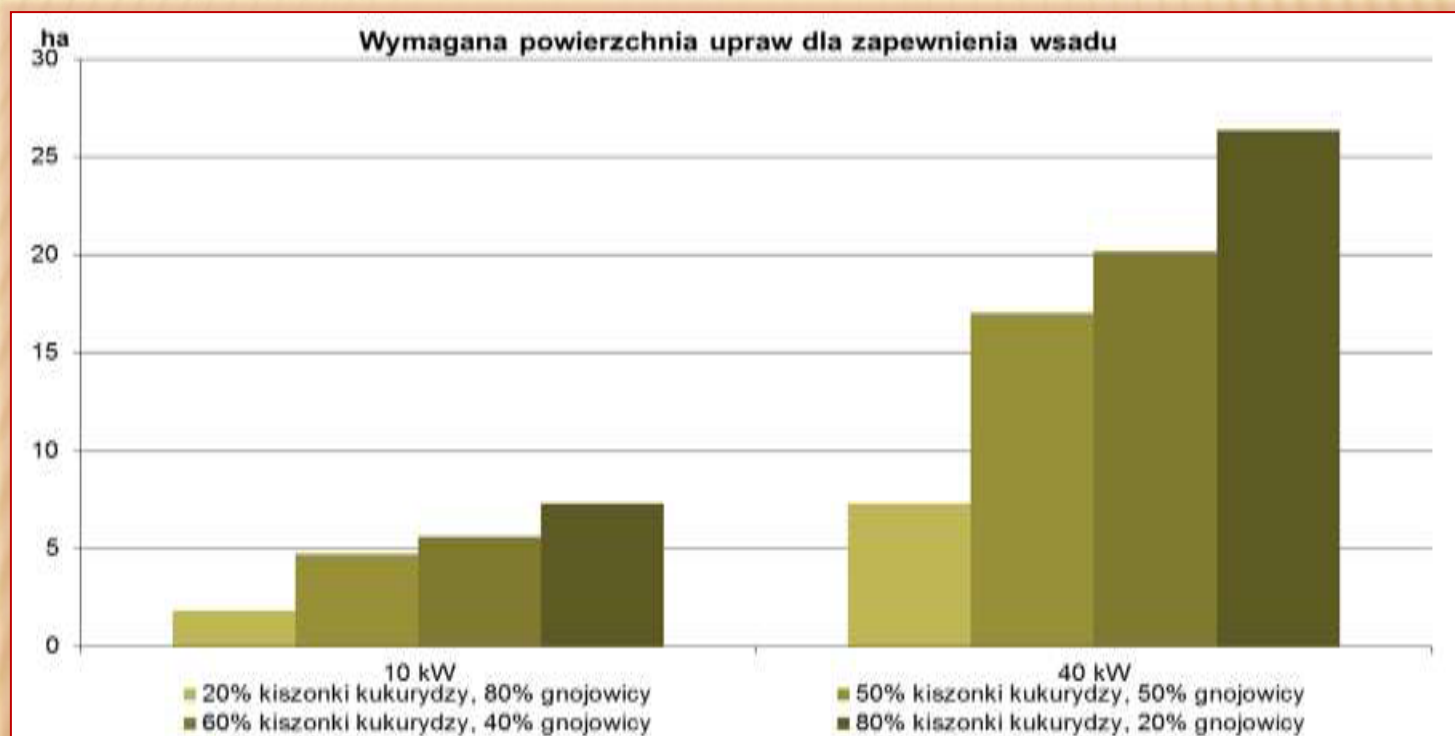
W ogólnym ujęciu należy przyjąć, że mikrobiogazownia jest rozwiązaniem zalecanym dla większych i średnich gospodarstw rolnych, posiadających znaczne potrzeby energetyczne. Optymalną lokalizacją mikrobiogazowni może być gospodarstwo o profilu produkcji mieszanej, wytwarzające znaczne ilości zbędnych odpadów produkcyjnych, których przechowywanie jest kłopotliwe lub kosztowne.



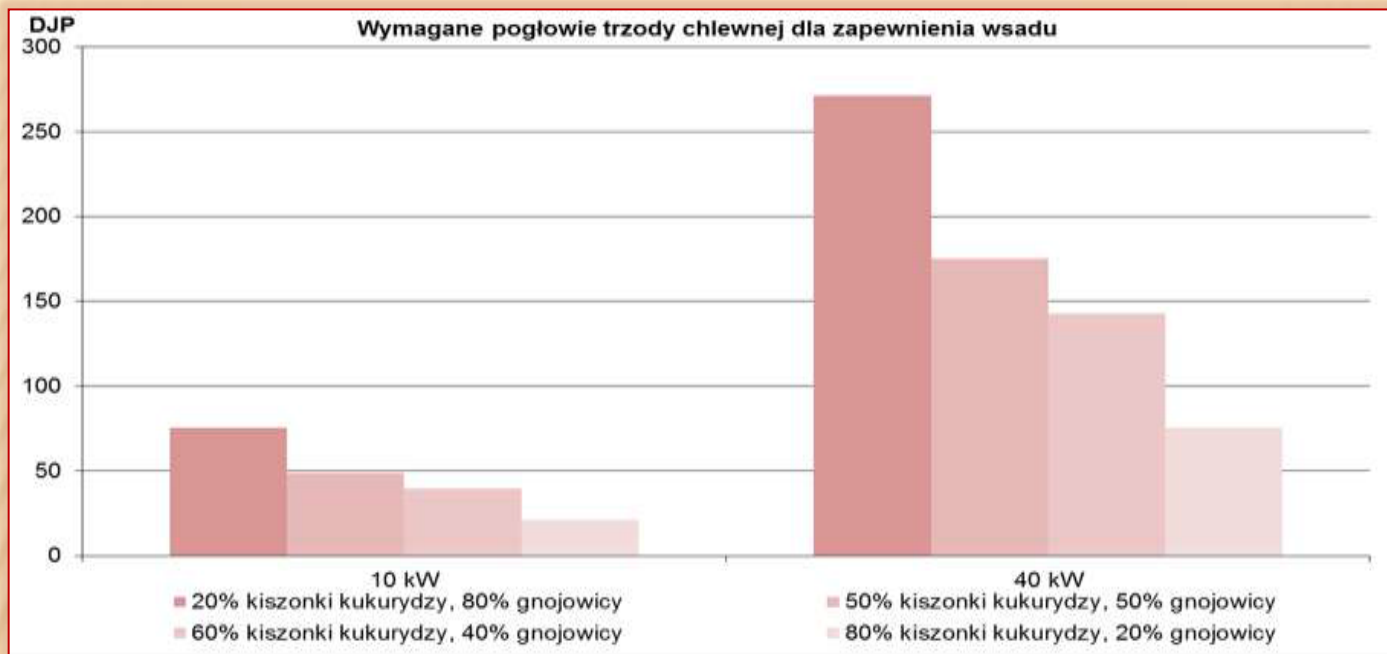
Instalacja produkcji biogazu technologią Reinholda Darmstada

- 1 - zbiornik biogazu dzwonowy, 2 - doprowadzenie gnojowicy,
- 3 - komora biogazu, 4 - kompost, 5 - komora fermentacyjna,
- 6 - odprowadzenie kompostu, 7 - zbiornik gnojowicy, 8 - układ pompowy

Szacunkowe zapotrzebowanie substratów dla instalacji bazującej na mieszance gnojowicy świńskiej i kiszonki kukurydzy w odpowiednich proporcjach przedstawia wykres graficzny.



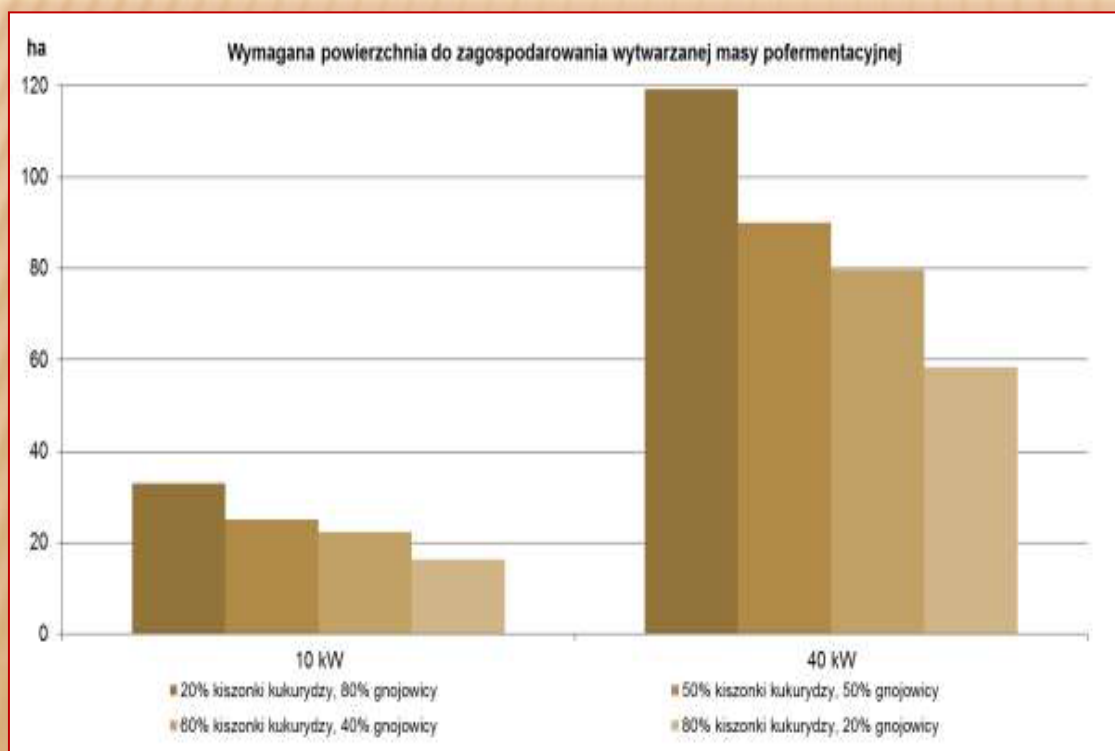
Porównanie wymaganej powierzchni upraw kukurydzy dla mikrobiogazowni 10 i 40 kW przy różnych proporcjach wsadu (źródło: IEO)



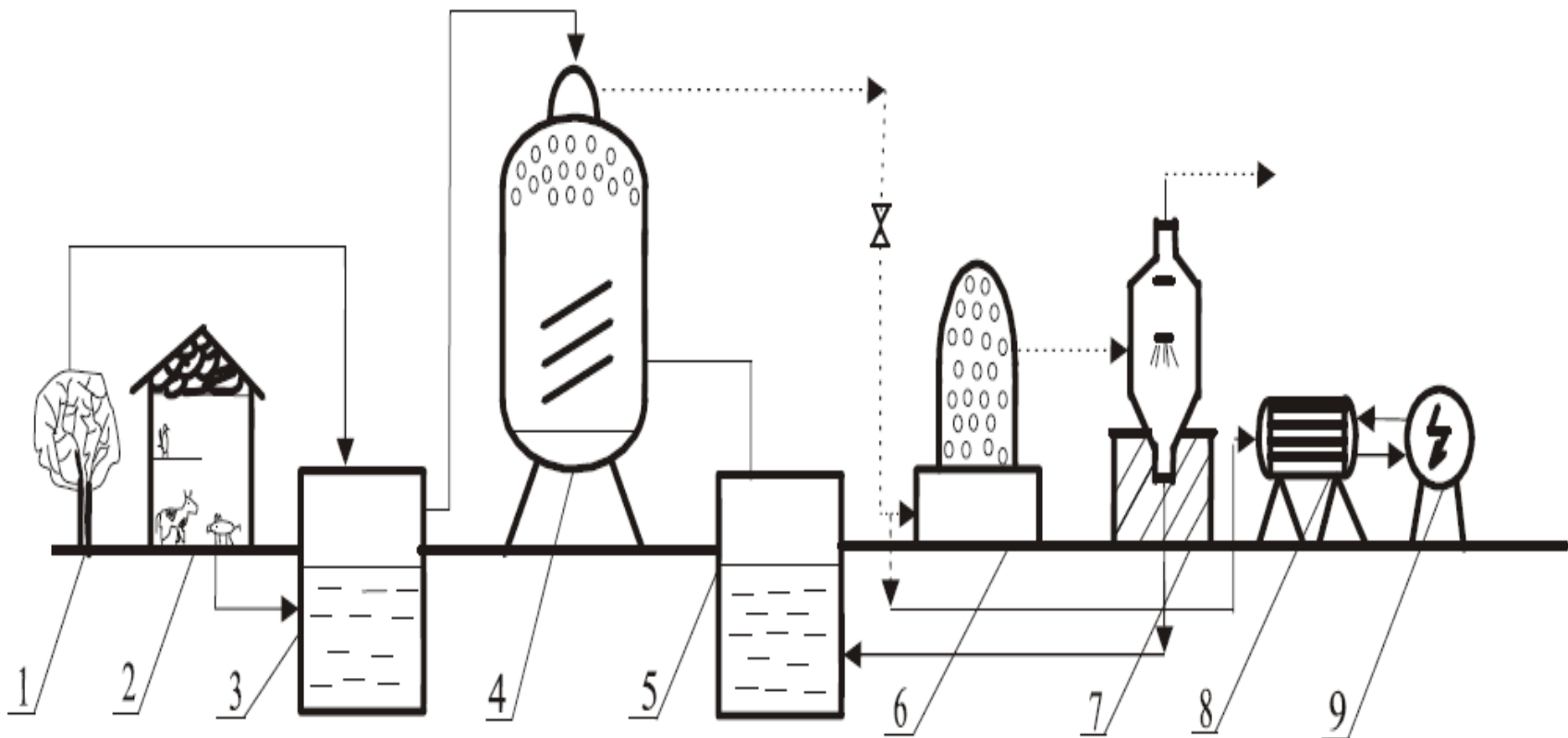
Porównanie wymaganego pogłowia trzody chlewnej dla mikrobiogazowni 10 i 40 kW przy różnych proporcjach wsadu (źródło: IEO)

1 DJP - duża jednostka przeliczeniowa inwentarza (ang. LU, LSU - Livestock Unit) – umowna jednostka liczebności zwierząt hodowlanych w gospodarstwie, według polskich norm odpowiadająca jednej krowie o masie 500 kg. Używana jest m.in. do szacowania zapotrzebowania gospodarstwa na paszę.

Należy także ocenić możliwości zagospodarowania nawozowego lub ew. przechowywania, bądź dystrybucji wyprodukowanej masy pofermentacyjnej. Dla mikrobiogazowni w zakresie 10 – 40 kW, powierzchnia wymagana do zagospodarowania masy pofermentacyjnej w ciągu roku mieści się w granicach 20 – 120 ha i decydującym czynnikiem dla określenia wielkości potrzeb terenowych jest udział stosowanej gnojowicy. Nawóz pofermentacyjny pozyskany w mikrobiogazowni z substratów rolniczych można bez przeszkód wykorzystywać na własny użytek, ponieważ wykazuje lepsze właściwości na rośliny od nawozów naturalnych, z czym wiążą się znaczne oszczędności, natomiast pozostała nadwyżka może być suszona z wykorzystaniem ciepła nadmiarowego z instalacji, a następnie wykorzystywana na opał.

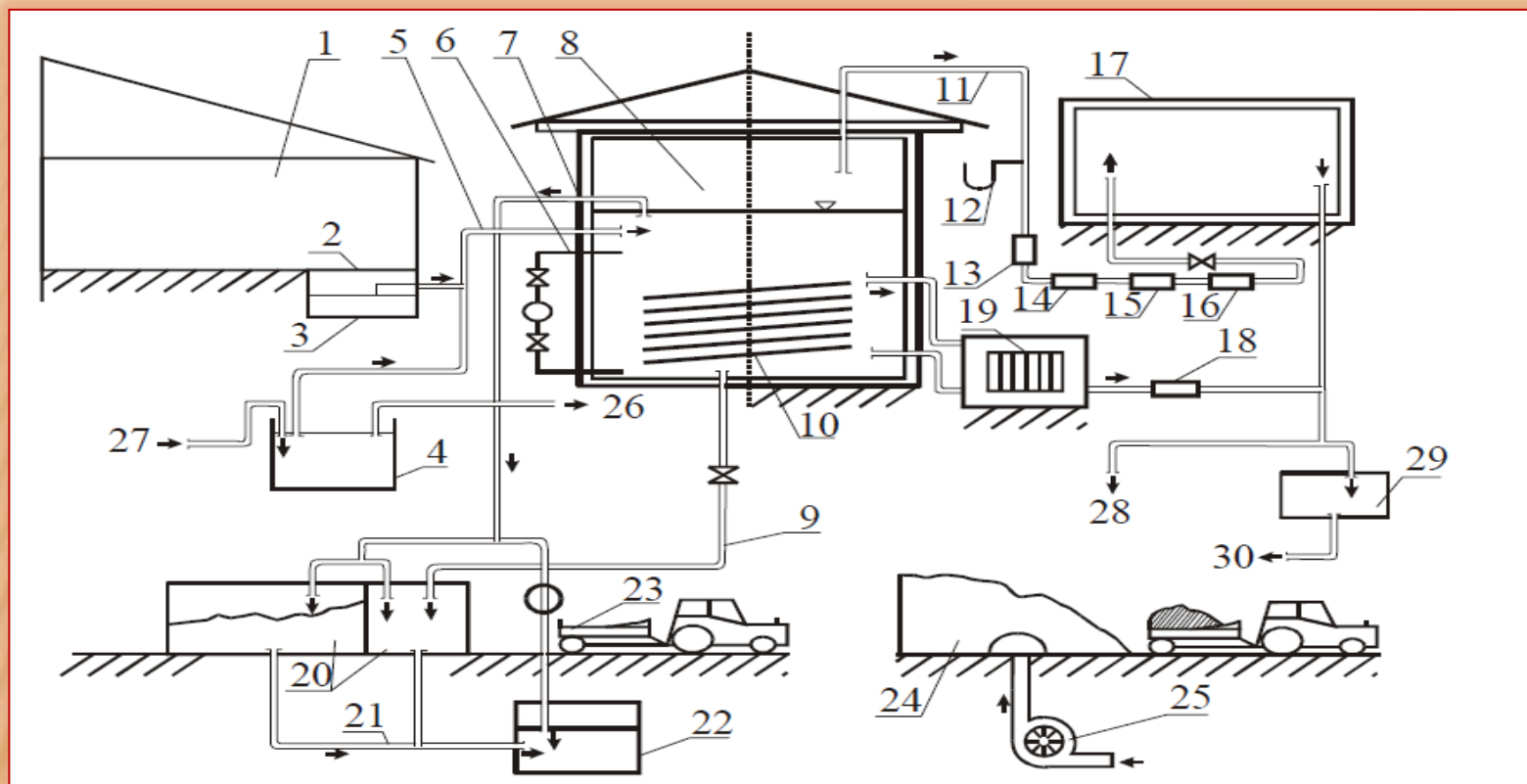


Porównanie powierzchni do zagospodarowania masy pofermentacyjnej z mikrobiogazowni 10 i 40 kW przy różnych proporcjach wsadu (źródło: IEO)



Schemat przetwórstwa biogazu:

*1. – produkcja roślinna, 2. – produkcja zwierzęca, 3. – zbiornik wstępny,
 4. – komora fermentacyjna, 5. – zbiornik na bioszlam, 6. – zbiornik biogazu,
 7. – skruber, 8. – silnik cieplny napędzany biogazem, 9. – generator prądu*



Schemat elementów i powiązań procesora gnojowicy

1. budynek inwentarski, 2. ruszt, 3. kanał gnojowicy, 4. zbiornik ścieków, 5. rurociąg zasilający, 6. rurociąg mieszający, 7. przelew, 8. komora fermentacyjna, 9. rurociąg spustowy, 10. nagrzewnica, 11. rurociąg gazowy, 12. bezpiecznik, 13. przerywacz płomienia, 14. odwadniacz, 15. odsiarczacz, 16. gazomierz, 17. zbiornik gazu, 18. przerywacz płomienia, 19. piec c.o., 20. komory pomostowe, 21. drenaż, 22. zbiornik na odciek, 23. rozrzutnik z ciągnikiem, 24. płyta kompostowa, 25. wentylator, 26. do oczyszczalni ścieków, 27. ścieki z zakładu przetwórstwa spożywczego, 28. do przerobów gazowych, 29. aparat prądotwórczy

Fermentacja metanowa to złożony proces biochemiczny, który zachodzi w warunkach beztlenowych.

Wielocząsteczkowe substancje organiczne rozkładane są przez bakterie na związki proste, chemicznie ustabilizowane – głównie:

- metan (CH_4) i
- dwutlenek węgla (CO_2).

Proces gazyfikacji biopaliw stałych podzielić można na fazy:

- a. suszenia, i
- b. odgazowania paliwa, wynikiem czego jest,
- c. wytworzenie mieszaniny gazów w warunkach niedoboru powietrza,
- d. spalania gazów w komorze spalania w obecności nadmiaru tlenu oraz oddawania ciepła w wymienniku.

Do podstawowych elementów biogazowych należą:

komora fermentacyjna (8), zbiornik biogazu (17), instalacja zasilająca komorę fermentacyjną, instalacja grzewcza oraz instalacja gazowa łącznie z odsiarczalnikami.

Na fermentację wpływają dwie grupy czynników: fizyczne i chemiczne.

Do fizycznych zalicza się temperaturę, która podnoszona jest dzięki zastosowaniu nagrzewnicy (10) i pieca c.o. (19); światło; zawartość wody i mieszania przeprowadzane za pomocą rurociągu mieszającego (6).

Do chemicznych natomiast pH, stężenie tlenu, potencjał redox, stosunek węgla do azotu C/N i obecność czynników toksycznych.

Produkcja biogazu przy temperaturze 35⁰ C

Rodzaj pochodzenia gnojowicy	Zawartość suchej masy %	Czas fermentacji dni	Produkcja gazu w m ³ / kg s.m.	Produkcja gazu w m ³ /SD	Zawartość metanu %
Gnojowica trzody	6 - 8	10 - 15	0,40 - 0,70	1,8	69
Gnojowica bydła	8 - 11	15 - 30	0,30 - 0,45	1,5	55 - 65
Gnojowica drobiu	4	20 - 40	0,48 - 0,70	2,5	69

Zagospodarowanie energii elektrycznej z mikrobiogazowni

W celu zapewnienia opłacalności ekonomicznej instalacja powinna być eksploatowana przez możliwie najdłuższy czas w roku.

Przerwy w pracy instalacji powinny wynikać z potrzeby dokonania przeglądów technicznych lub ewentualnych napraw.

Również z przyczyn technologicznych - utrzymaniem warunków pracy bakterii fermentacyjnych zalecane jest aby instalacja pracowała w sposób ciągły.

Dla gospodarstw chcących wykorzystać energię przede wszystkim na potrzeby własne (na zasadzie offgrid) - mikrobiogazownia może okazać się rozwiązaniem mało elastycznym i sprawi kłopot z zagospodarowaniem nadmiaru energii,

Mikrobiogazownie powinny być podłączone do sieci energetycznej i przekazywać nadmiar energii wyprodukowanej do sieci energetycznej.

Zagospodarowanie ciepła odpadowego z mikrobiogazowni

Cechą wyróżniającą mikrobiogazownie od innych technologii OZE jest to, że obok agregatów kogeneracyjnych produkujących energię elektryczną i ciepło. O ile energia elektryczna może być przesłana i sprzedana do sieci elektroenergetycznej, o tyle może wystąpić problem z nadmiarem ciepła.

Część ciepła mikrobiogazowni wykorzystywane jest do procesu fermentacji metanowej (około 15-20%), reszta (ok. 80 – 85%) wykorzystana w gospodarstwie. Aby ciepło wyprodukowane mogłoby być wykorzystane, potrzebna jest budowa dodatkowej infrastruktury do jego przesyłu. Odbiorcami ciepła mogą być gospodarstwa domowe znajdujące się w pobliżu mikrobiogazowni (do około 200 m). Jedna mikrobiogazownia może dostarczyć ciepło dla 10 -15 domostw. Należy mieć na uwadze, że im dalej znajduje gospodarstwo, tym większe będą nakłady inwestycyjne na poprowadzenie ciepłociągu i większe straty na przesyśle ciepła.

Innymi obiektami korzystającymi z ciepła mikrobiogazowni mogą być szklarnie i stawy rybne, gdzie hoduje się ciepłolubne gatunki ryb. Ponadto suszarnie płodów rolnych mogą wykorzystywać ciepło odpadowe z mikrobiogazowni, choć suszenie zbóż odbywa się tylko przez krótki okres w roku, więc należało by zabezpieczyć mikrobiogazownię także w inne odbiory ciepła

Wszelkie działania, programy inwestycyjne mające podłoże i wykorzystanie odnawialnych źródeł energii a do takich należą między innymi:

- a. Biogazownie rolnicze,*
- b. Mikrobiogazownie funkcjonujące w oparciu o program PROSUMENT,*
- c. Generatory fotowoltaiczne,*
- d. Pompy ciepła i transformatory ciepła, itp. Działania*

muszą być spójne i oparte o podstawy prawne jakie obowiązują w Polsce mające na celu dążenie do uzyskania efektu działań opartych na zrównoważonej energii.

Działania te stanowią podstawy prawne zapisane w programach i dokumentach stanowiących podstawy do uzyskania znacznego wsparcia finansowego w działaniach i dofinansowań czynionych inwestycji i programów.

Podstawę stanowią:

- 1. Projekt założeń do zaopatrzenia Gminy w energię elektryczną, paliwa gazowe i ciepło.*
- 2. Plan Gospodarki Niskoemisyjnej dla Gminy na lata 2014 – 2020 z perspektywą do roku 2030.*
- 3. Dyrektywa Unii Europejskiej w sprawie ograniczenia emisji i działań na rzecz zrównoważonej energii*
- 4. Narodowy Program Rozwoju Gospodarki Niskoemisyjnej przyjęty przez Radę Ministrów 16 sierpnia 2011 roku.*
- 5. Strategia Rozwoju Województwa Kujawsko – Pomorskiego – Plan Gospodarki Niskoemisyjnej do roku 2020*

Długookresowa Strategia Rozwoju Kraju, Polska 2030, Trzecia fala nowoczesności (MAiC styczeń 2013 r.),

Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030 (KPZK)

Strategia Bezpieczeństwo Energetyczne i Środowisko, perspektywa do 2020 r. (BEiŚ), Warszawa 2014 r.,

Dokumenty te obowiązują, ich podstawę stanowią akty prawne wynikające z:

- *Ustawa o Samorządzie Gminnym (Dz. U. 142 poz. 1591 z 2001r.; szczególnie art.7, ust. 1 pkt. 3 z późn. zmianami) oraz*
- *Ustawa Prawo energetyczne. (Dz. U. z 2012 poz. 1059), szczególnie art. 17,18, 19 i 20 • Brzmienie od 25 września 2012. Zgodnie z treścią Art. 7 Ustawy o Samorządzie Gminnym zaspokajanie zbiorowych potrzeb wspólnoty należy do zadań własnych gminy.*
- *Ustawa Prawo ochrony środowiska (Dz.U. z 2013 r. poz. 1232 z późn. zm.)z dnia 27 kwietnia 2001 r.,*
- *Ustawa z dnia 21 listopada 2008 r. (Dz.U. z 2008 r. Nr 223 poz.1459 z późn. zm.)o wspieraniu termomodernizacji i remontów,*
- *Ustawa z dnia 4 marca 2010 r. (Dz. U. z 2010 r. Nr 76 poz.489 z późn. zm.), o infrastrukturze informacji przestrzennej,*
- *Ustawa z dnia 15 kwietnia 2011 r. (Dz.U. z 2011 r. Nr 94 poz. 551 z późn. zm.) o efektywności energetycznej,*
- *Ustawa z dnia 14 września 2012 r. (Dz. U. z 2012 r. poz.1203), o obowiązkach w zakresie informowania o zużyciu energii przez produkty wykorzystujące energię*

*I nowy program preferowany przez Samorząd Województwa oraz Porozumienie Burmistrzów jest przygotowanie i opracowanie dokumentu pod nazwą: **Plan działań na rzecz zrównoważonej energii** - jest kluczowym dokumentem pokazującym, w jaki sposób sygnatariusz Porozumienia Burmistrzów zamierza do 2020 r. zrealizować swoje zobowiązania wynikające z przystąpienia do tej ambitnej inicjatywy.*

Gminy zobowiązane są do przygotowywania i posiadania aktualnych Planów Gospodarki Niskoemisyjnej, gdyż posiadanie planu będzie jednym z warunków uzyskania dofinansowania w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (EFRR) w latach 2014– 2020 na działania związane z gospodarką niskoemisyjną. EFRR obejmuje wojewódzkie programy operacyjne i programy finansowane przez fundusze ochrony środowiska.

➤ *co wynika z zapisów zawartych między innymi z **Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Kujawsko – Pomorskiego na lata 2014 - 2020** osi priorytetowej nr. 3 – **Efektywność energetyczna i gospodarka niskoemisyjna w regionie***

Dziękuję za Uwagę

Dziękuję za uwagę