

3 / ENERGIA Z BIOGAZU

3.1. Biogaz rolniczy

Biogazownie rolnicze oparte na procesie fermentacji metanowej, wdrażane na szeroką skalę na całym świecie, znalazły zastosowanie zarówno jako instalacje do biologicznego unieszkodliwiania odpadów organicznych z rolnictwa (na przykład gnojowicy) i przemysłu spożywczego, jak również do wykorzystania biomasy rolniczej do produkcji biogazu, na cele energetyczne i transportowe.

Składniki organiczne wprowadzane do procesu fermentacji nazywane są substratami. Zastosowany proces fermentacji zależy od rodzaju substratów, fermentacja odbywa się w stałej temperaturze, typowo w przedziale od ponad 30 do 40°C i trwa kilka tygodni. Substraty cechuje różna wydajność biogazu wytwarzanego w procesie fermentacji. Kluczowym zagadnieniem dla identyfikacji potencjału produkcyjnego biogazowni i powiązanego z nią bloku kogeneracyjnego jest określenie uzysku biogazu lub metanu (CH_4) z wsadu organicznego. Zawartość metanu w biogazie jest rzędu 50-60%, pozostałym składnikiem biogazu jest CO_2 .

Najbardziej rozpowszechniony system produkcji biogazu „NaWaRo” (Nachwachsende Rohstoffe), wdrażany w Niemczech, wykorzystuje głównie kiszonki z roślin (kukurydzy, traw, buraków itp.), zaś inne substraty (np. gnojownica, ziarno zbóż czy odpady) wykorzystywane są w zależności od uwarunkowań lokalnych. Obecnie liczba biogazowni rolniczych w Niemczech osiąga 6 000, a moc zainstalowana 2 500 MWe.

Główne obiekty typowej biogazowni rolniczej, to:

- obiekty i urządzenia do przechowywania, przygotowania oraz dozowania substratów

Część substratów gromadzi się na terenie biogazowni w zbiornikach, na przykład kiszonkę w szczelnych silosach. Niektóre substraty wymagają rozdrabniania oraz higienizacji lub pasteryzacji w specjalnie do tego celu zaprojektowanych ciągach technologicznych. W formie stałej wprowadzane są do komór fermentacji przy pomocy specjalnych stacji dozujących a materiały płynne mogą być dozowane techniką pompową

- komory fermentacyjne

W zależności od substratów, stosuje się jedną lub dwie komory fermentacyjne. Najczęściej stosowanym obecnie rozwiązaniem konstrukcyjnym komory fermentacyjnej jest żelbetowy, izolowany zbiornik wyposażony w foliowy, gazoszczelny dach samonośny. Zbiornik pełni rolę zarówno fermentatora jak też „zasobnika” biogazu. Jego zawartość jest ogrzewana systemem rur grzewczych z wykorzystaniem ciepła procesowego, powstałego przy chłodzeniu bloku kogeneracyjnego. Bardzo ważną rolę spełniają urządzenia mieszające zainstalowane w komorze. Mieszanie powoduje równomierny rozkład substratów i temperatury w zbiorniku oraz ułatwia uwalnianie się metanu.

- zbiornik magazynowy na pozostałość pofermentacyjną

Przefermentowana zawiesina jest naturalnym nawozem, wykorzystywanym do wzbogacania gleby w substancje pokarmowe i zastępuje nawozy sztuczne. Zawiesina ta nie jest uciążliwa zapachowo.

- obiekty i instalacje techniczne

Proces fermentacji wymaga powiązania obiektów instalacjami technicznymi i sterowany jest automatycznie. Typowo w budynku technicznym umieszczone są:

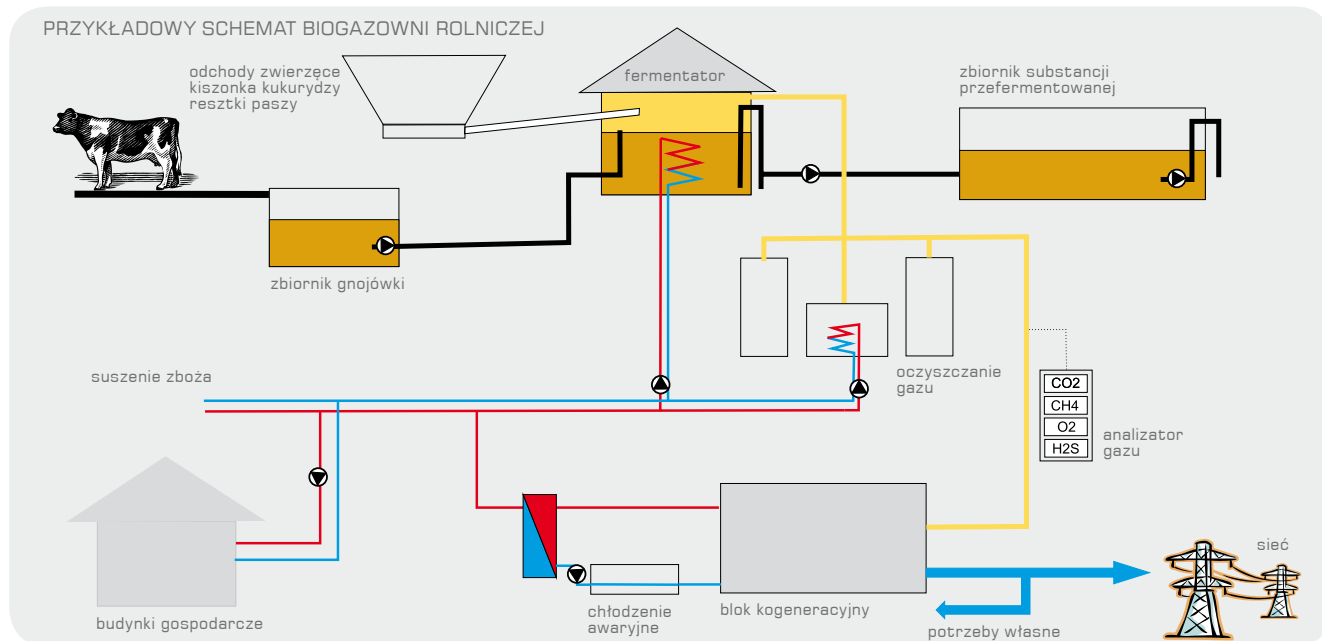
- pompownia obsługująca transport substratów oraz pozostałości pofermentacyjnej pomiędzy poszczególnymi zbiornikami;
- sterownia wraz z pomieszczeniem szaf sterowniczych;
- blok kogeneracyjny przetwarzający energię biogazu na energię elektryczną i ciepło.

Około 20% wytworzonego ciepła i poniżej 10% energii elektrycznej zostanie wykorzystane na potrzeby technologii biogazowni. Pozostała część ciepła i energii elektrycznej jest skierowana do odbiorców zewnętrznych.

Charakterystyczne parametry dla typowej biogazowni rolniczej o mocy elektrycznej bloku kogeneracyjnego 500 kW (moc cieplna ok. 550 kW) są następujące:

- praca biogazowni z blokiem kogeneracyjnym 500 kW wymaga wytworzenia w biogazowni i zasilania bloku w około 1 milion m^3 metanu rocznie,
- biogazownia wymaga dostaw około 10 tys. ton substratów rocznie (kiszonka kukurydzy i traw, gnojowica). Na wyprodukowanie takiej masy substratów wystarczy ok. 250 ha ziemi,
- biogazownia wymaga terenu ok. 1,5 ha,
- eliminacja paliw kopalnych w kotłowniach obiektów zasilanych w ciepło w biogazowni oraz zastąpienie części produkcji energii elektrycznej w elektrowniach węglowych na skutek pracy biogazowni powoduje obniżenie emisji CO_2 o ok. 5 000 ton rocznie (jest to nazwane emisją uniklioną).

Budowa biogazowni rolniczych jest i będzie wspierana przez specjalne finansowanie. Docelowo, w każdej gminie w Polsce powinna działać przynajmniej jedna biogazownia rolnicza.



Przykładowy schemat biogazowni rolniczej / Źródło: opracowanie własne

3.2. Biogaz z oczyszczalni ścieków

Źródłem biogazu są również oczyszczalnie ścieków. Oczyszczanie ścieków jest skomplikowanym procesem mechaniczno-biologicznym, który każdorazowo jest projektowany odpowiednio do właściwości oczyszczanych ścieków. Biogaz jest wytwarzany w procesie fermentacji osadów ściekowych będących produktem ubocznym z oczyszczania ścieków. W Polsce istnieje duży potencjał techniczny dla wykorzystania biogazu. Ogółem w kraju pracuje ponad 1 700 oczyszczalni przemysłowych oraz ok. 1 500 oczyszczalni komunalnych i budowane są następne. Technologia oczyszczania ścieków wymaga dużego nakładu energetycznego w postaci ciepła i energii elektrycznej, podczas gdy z 1 m³ osadu (4-5% suchej masy) można uzyskać 10 do 20 m³ biogazu zawierającego ok. 60% metanu. Biogaz ten stanowić może źródło energii dla lokalnej elektrociepłowni. Obecnie jednak z uwagi na wysokie koszty inwestycyjne nie jest opłacalne ekonomicznie budowanie takich instalacji w każdym obiekcie. Typowo przyjmuje się, że ilość ścieków nie powinna być mniejsza niż 8 000-10 000 m³ /dobę.

Ścieki z obszaru aglomeracji gdańskiej są kierowane do oczyszczalni „Gdańsk-Wschód” zlokalizowanej poza obszarem zabudowy miejskiej, przy ul. Benzynowej. Oczyszczalnia przyjmuje ścieki z Gdańska, Sopotu, Straszyna oraz gminy Pruszcz Gdański, Kolbudy i Żukowo.

W wyniku oczyszczania ścieków w oczyszczalni „Gdańsk-Wschód” powstają osady ściekowe³, które są podawane do komór fermentacyjnych, gdzie zachodzi proces metanowej fermentacji osadu. Powstający podczas fermentacji biogaz, po oczyszczeniu, wykorzystywany jest na potrzeby energetyczne oczyszczalni tj. spalany w lokalnej kotłowni gazowo-olejowej.



Widok oczyszczalni ścieków „Gdańsk-Wschód”
Źródło: materiały GIWK Sp. z o.o.

³ Źródło: Gdańska Infrastruktura Wodociągowo-Kanalizacyjna Sp. z o.o.

W wyniku przeprowadzania procesu beztlenowej stabilizacji osadu na oczyszczalni powstaje rocznie około 3 000 000 Nm³ biogazu o wartości opałowej 23 MJ/ Nm³, z czego wykorzystywane na potrzeby własne oczyszczalni jest około 1 600 000 Nm³ rocznie. Pozostałe 1 400 000 Nm³ biogazu spalane są w pochodni (przewiduje się wzrost produkcji metanu do 7 800 000 Nm³). Odwodniony po procesie fermentacji osad nie podlega obecnie dalszej przeróbce i w uzyskanej postaci jest w ograniczonych ilościach przekazywany do wykorzystania na cele rekultywacyjne, do uprawy roślin nieprzeznaczonych do spożycia oraz do produkcji pasz. Jest magazynowany w przyzmach.

Prace modernizacyjne na oczyszczalni „Gdańsk-Wschód” przyczynią się do zwiększenia produktywności biogazu. Biogaz ten będzie również wykorzystywany w instalacji skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła.

Zbudowane zostaną 4 moduły kogeneracyjne w oparciu o silnik gazowy z generatorem synchronicznym każdy, o parametrach:

- Moc elektryczna bloku kogeneracyjnego ponad 700 kW;
- Sprawność całkowita bloku kogeneracyjnego ponad 80%;
- Sprawność produkcji energii elektrycznej ponad 40%.

3.3. Biogaz wysypiskowy

Gaz wysypiskowy jest formą biogazu, wytwarzanego w sposób naturalny wewnątrz składowiska odpadów, zawierających związki organiczne podlegające rozkładowi beztlenowemu. Gaz wysypiskowy stanowi znaczną część emisji gazów cieplarnianych w Polsce. W krajowym bilansie metanu (CH₄) stanowi ok. 10%.

Wpływ metanu z wysypiska ma duży wpływ na efekt cieplarniany i odgazowanie składowisk odpadów powinno mieć za zadanie jak największe ograniczenie emisji do atmosfery metanu i innych niebezpiecznych gazów, powstających na wysypisku odpadów. Inne problemy towarzyszące obecności metanu to:

- samozapłon; powstający przy rozkładzie odpadów metan jest przyczyną samoistnego powstawania pożarów, toksyczne składniki dymów są przyczyną zanieczyszczenia powietrza w tym powstawania dioksyn,
- eksplozje; notowano wybuchy na wysypiskach z powodu wysokich stężeń metanu. Metan tworzy mieszaninę wybuchową z powietrzem przy stężeniu 5-15% objętościowych,
- rozkładające się odpady powodują problemy zapachowe wokół wysypiska.

Ekstrakcja gazu wysypiskowego, którego dominującym składnikiem jest metan, pozwala na rozwiązanie wielu z wymienionych problemów oraz na wykorzystanie metanu jako źródła energii.

Skład odpadów zmienia się w ostatnich latach i staje się podobny do odpadów w Europie Zachodniej. Na większości wysypisk śmieci składowane odpady charakteryzują się dużą zawartością materiałów pochodzenia organicznego. Odpady z gospodarstw domowych zawierają między innymi resztki owoców i żywności, różnego rodzaju produkty pochodzenia organicznego jak papier, tektura, etc. Oprócz tego składowane są inne materiały pochodzenia organicznego jak odpady przemysłowe i pochodzące z rozbiórek. Odpady z gospodarstw domowych stanowią typowo ok. 60% wszystkich odpadów.

Po złożeniu odpadów na wysypisku rozpoczyna się rozkład mikrobiologiczny. Najpierw ma miejsce rozpad tlenowy, przy którym zużywany zostaje dostępny tlen. Po jego całkowitym zużyciu rozpoczyna się rozpad beztlenowy i wytworzony zostaje gaz wysypiskowy. Okres czasu został podzielony w oparciu o przebieg rozpadu na pięć faz.

Faza I – tlenowa:

W trakcie jej trwania niektóre, najbardziej podatne na biodegradację części odpadów ulegają przemianom dzięki tlenowi pierwotnie w nim zawartemu i przenikającemu z otoczenia. W ten sposób tlen zostaje zużyty i wydzielają się dwutlenek węgla oraz znacznie podnosi się temperatura. W porównaniu z pozostałymi fazami, czas trwania fazy I jest bardzo krótki.

Faza II i III – fazy przejściowe:

Po zakończeniu etapu tlenowego następuje etap przejściowy, podczas którego rozwijają się warunki silnie beztlenowe. Rozpoczyna się i intensyfikuje wydzielanie metanu.

Faza IV – faza metanowa:

Po kilku latach wydzielanie metanu stabilizuje się (pod warunkiem, że zachowane zostaną odpowiednie warunki otoczenia) i jego koncentracja utrzymuje się na relatywnie stałym poziomie pomiędzy 40÷65 % objętości.

Faza V – faza zaniku:

Intensywność procesu wytwarzania metanu spada, w gazie wysypiskowym rośnie udział azotu. Powstanie możliwość tworzenia w górnych warstwach wysypiska stref tlenowych i wysypisko ustabilizuje się.

Przedstawiona poniżej Tablica pokazuje skalę czasową, dla poszczególnych faz.

FAZA I	godziny – tydzień
FAZA II	1 ÷ 6 miesięcy
FAZA III	3 miesiące ÷ 3 lata
FAZA IV	8 ÷ 40 lat
FAZA V	10 ÷ 40 lat

Typowy skład i własności gazu wysypiskowego są następujące:

SKŁADNIK	SYMBOL	JEDNOSTKA	SPOTYKANE WARTOŚCI	WARTOŚĆ TYPOWA
Metan	CH ₄	%	30-65	45
Dwutlenek węgla	CO ₂	%	20-40	35
Azot	N ₂	%	5-40	15
Pozostałe		%	1-4	<1
Temperatura	t	°C	10-40	20
Wilgotność	φ	%	0-100	100
Gęstość	σ	kg/m ³	1,1-1,28	1,25
Wartość opałowa		MJ/Nm ³	10,8-23,3	16,2

Poziom emisji gazu wysypiskowego zależy od gospodarki odpadami komunalnymi w mieście. Składowanie na wysypisku jest jedynie ostatnim etapem przepływu odpadów. Emisja gazu zależy od składu odpadów, obecności związków organicznych w śmieciach. Można wskazać na następujące metody ograniczenia emisji gazu:

- ograniczenie ilości odpadów

Jest oczywiste, że zmniejszenie ilości odpadów prowadzi bezpośrednio do obniżenia emisji gazu. Dokonać tego można na drodze zmian w zachowaniach konsumenckich oraz przez powtórne/wielokrotne użycie (re-use, recycling).

- segregacja odpadów i kompostowanie związków organicznych

Kompostowanie związków organicznych jest najlepszą metodą zmniejszenia emisji metanu, który nie powstaje w trakcie procesu. Przyjmując, że gdyby 80% substancji organicznej byłoby kompostowane, o tyle zmniejszyłaby się emisja gazu do atmosfery.

- segregacją odpadów i spalanie

Spalanie odpadów powoduje nie tylko brak emisji gazu, ale wytworzona energia cieplna stwarza również możliwość zastąpienia w ten sposób spalanego paliwa kopalnego. Do spalania kierowane są inne odpady, nie tylko organiczne co pozwala zastąpić inne paliwa przez energię z gazu, a stąd uzyskiwana może być znaczna redukcja emisji CO₂, większa niż wynikająca tylko ze spalania gazu.

Dla istniejących i nowych składowisk zastosować można:

- uszczelnienie i odgazowanie złoża.

Uzyskany gaz może być zastosowany do produkcji ciepła i energii elektrycznej. Przyjmuje się, że maksymalna ilość gazu odzyskanego w ten sposób z wysypiska wynosi połowę wydzielającego się gazu.

Sposoby ujmowania gazów wysypiskowych dla wysypisk zrehabilitowanych o zakończonej eksploatacji oraz wysypisk czynnych:

Wysypiska zrehabilitowane

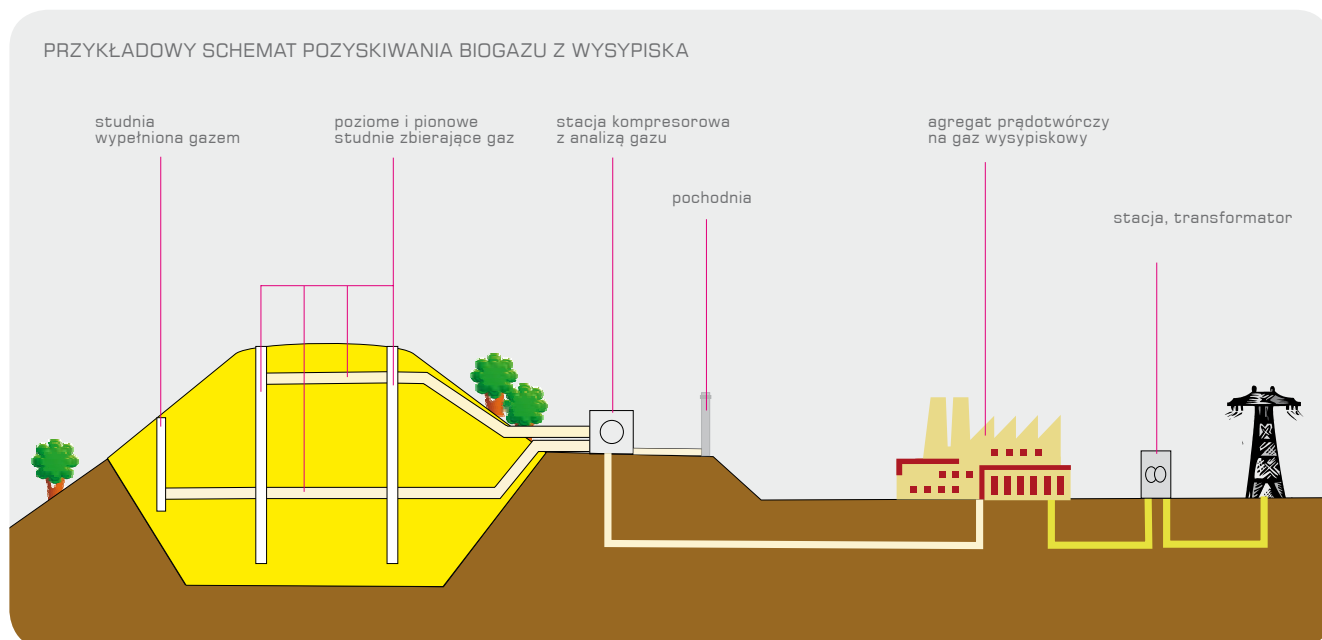
Na powierzchni wysypiska buduje się systemy ujęcia gazu wbudowane w korpus odpadów. Najczęściej są to ujęcia pionowe wykonane metodą wiertniczą, wewnątrz ujęcia znajdują się perforowane rury, wyprowadzająca do powierzchni gaz do powierzchniowej instalacji gazowej.

Wysypiska eksploatowane

Powinny posiadać zaprojektowany system aktywnego odgazowania wbudowany w korpus odpadów od dołu i rozwijany ku górze w miarę wypełniania wysypiska odpadami. Jest to najtańszy wariant odgazowania wysypisk czynnych.

Zorganizowane odgazowanie wysypiska winno posiadać zorganizowany system zbiorczy ujmowanego gazu oraz system jego wykorzystania, najlepiej na cele energetyczne.

Ilość gazu, jaka generuje się w korpusie odpadów komunalnych zależy głównie od ilości zdeponowanych odpadów, składu morfologicznego odpadów i wieku wysypiska. Ilość gazu możliwa do pozyskania zależy od konstrukcji podłoża wysypiska i stosowania technologii wspomagających sprawności systemu odgazowania.



Przykładowy schemat pozyskiwania biogazu z wysypiska
Źródło: opracowanie własne na podstawie: www.rener.pl

Odpady komunalne z Gdańska oraz część odpadów przemysłowych i budowlanych składowane są na wysypisku w Szadółkach. Wysypisko jest eksploatowane od 1973 r. Na wysypisku zgromadzono kilka milionów m³ odpadów. Odpady dostarczane były na wysypisko przez lata bez segregacji.

W 1998 r. w Szadółkach wykonano odgazowanie powierzchni ok. 15 ha i uruchomiono elektrownię zasilaną gazem ze składowiska. Gaz ujmowany w systemie 40 studni jest podawany do dwóch gazowych zespołów prądotwórczych o mocy elektrycznej 200 kW każdy. Instalację zaprojektowano na wydobycie ok. 1,6 mln m³ gazu w ciągu roku. Produkcja energii elektrycznej wynosi około 3 000 MWh/rok.

Wskaźnik wpływu gazu wysypiskowego na efekt cieplarniany jest znaczny, gdyż potencjał tworzenia efektu cieplarnianego metanu jest 23-krotnie większy od wpływu CO₂.

Obniżenie emisji gazów cieplarnianych dzięki pracy elektrowni w Szadółkach w wyniku uniknięcia samoistnej emisji metanu ze składowiska oraz wykorzystania energetycznego biogazu wynosi około 40 tys. ton CO₂ eq/rok (równoważnika emisji CO₂).