

Przegląd technologii produkcji biogazu (część pierwsza)

mgr inż., Dipl.-Ing. Olaf Kujawski

Nowoczesne biogazownie to skomplikowane zakłady produkujące z surowców organicznych energię i nawozy. W ostatnich latach powstało wiele rozwiązań technologicznych dopasowanych do konkretnych potrzeb każdego inwestora. Niniejszy artykuł rozpoczyna cykl publikacji, w których zostaną przybliżone obecnie dostępne na rynku technologie produkcji biogazu. Pierwszy artykuł jest poświęcony obiektom oraz urządzeniom na biogazowniach spełniających funkcję: składowania, przetwarzania, przesyłania i dozowania substratów do komór fermentacji.

Klasyfikacja dostępnych technologii produkcji biogazu została przedstawiona w tabeli 1. Wybór konkretnego rozwiązania technologicznego zależy przede wszystkim od rodzaju przetwarzanych substratów oraz sposobu wykorzystania biogazu.

Tabela 1 Klasyfikacja dostępnych technologii produkcji biogazu (sporządzona na podstawie [1])

Kryterium	technologia	wyjaśnienie
zawartość suchej masy w komorze fermentacji	fermentacja mokra	Substraty w komorze fermentacji są płynne o wartości suchej pozostałości poniżej 15%
	fermentacja sucha	Substraty stałe o wysokiej zawartości suchej pozostałości
temperatura procesu	mezofilna, 32 – 42 °C termofilna, 50 - 57 °C	Najczęściej stosowana Rzadko stosowana
ilość stopni procesu	jednostopniowa	Jedna komora fermentacji
	Wielostopniowa	Dwie lub więcej komór fermentacji połączonych szeregowo
stopień rozdzielenia poszczególnych faz procesu fermentacji	Jednofazowa	Fazy hydrolizy i produkcji metanu zachodzą z równą intensywnością w tym samym reaktorze
	Wielofazowa	Wyższa intensywność procesów hydrolizy i metanogenezy w oddzielnych reaktorach
sposób dozowania substratów	Ciągły	Dozowanie substratów w sposób równomierny i ciągły; stała produkcja biogazu.
	Okresowy	Komora fermentacji jest napełniana ładunkiem substratów. Po fermentacji większość pozostałości jest usuwana. Produkcja gazu osiąga wartość maksymalną na początku trwania procesu i maleje wraz z upływem czasu.

Bez względu na wybór technologii każda biogazownia składa się z określonych obiektów i instalacji spełniających następujące funkcje :

- składowania, przetwarzania, przesyłania i dozowania substratów do komór fermentacji (np zbiorniki, silosy, stacje dozowania),
- zapewnienia odpowiednich warunków dla przebiegu procesu fermentacji metanowej czyli produkcji biogazu (komory fermentacji),
- składowania oraz ewentualnego przetwarzania pozostałości pofermentacyjnej (zbiorniki na pozostałość pofermentacyjną) oraz
- składowania, uzdatniania i przetwarzania biogazu (np. zbiorniki biogazu, kogeneratory, stacje uzdatniania biogazu).

Technologie składowania i obróbki wstępnej substratów

Substraty stałe o stosunkowo małej zawartości wody oraz dość wysokiej zawartości suchej pozostałości organicznej i nieorganicznej, są składowane w zależności od stopnia ich uciążliwości zapachowej w dwóch różnych typach obiektów.

Substraty o niskiej emisji odorów np roślinne surowce organiczne tj. kukurydza, pszenica, żyto, buraki, trawa, słoma składowane są w otwartych silosach przejazdowych. Przed złożeniem w silosie surowce roślinne są z reguły rozdrabniane w celu ułatwienia dalszej ich obróbki. Najbardziej powszechnym sposobem obróbki surowców roślinnych jest kiszenie stosowane również w technologii żywienia zwierząt hodowlanych. Po złożeniu w silosie przejazdowym i zagęszczeniu substratu przy pomocy ciężkiego sprzętu, rozpoczyna się proces kiszenia. Polega on na produkcji w warunkach niedotlenionych kwasów organicznych (głównie mlekowego, propionowego i octowego). Proces ten odbywa się samoistnie jednak może być zainicjowany lub przyspieszony poprzez dodanie preparatów opartych głównie na kwasach organicznych. W wyniku zakwaszenia, pH substratu obniża się, mikroorganizmy obumierają lub ich funkcje życiowe zostają znacznie spowolnione a substrat pozostaje w prawie niezmiennym składzie przez cały rok. Procesy te konserwują zatem substrat w wyniku czego może być on przechowywany oraz sukcesywnie wykorzystywany do następnych zniw. W czasie składowania kiszonki powstają odcieki charakteryzujące się dużym ładunkiem organicznym (szczególnie wysoką zawartością kwasów organicznych). Silosy przejazdowe powinny być zatem wyposażone w system zbierania takich odcieków. Aby zapobiec wypłukiwaniu kwasów organicznych konserwujących kiszonkę przez wody opadowe, silos należy przykrywać nieprzepuszczalną powłoką foliową. Inwestycja w powłokę zwraca się zwykle w ciągu jednego roku pracy biogazowni gdyż efektywnie zapobiega obniżeniu wartości energetycznej substratu. Poza konserwacją substratu proces kiszenia prowadzi również do wstępnego rozkładu materii organicznej. Dobrze zakiszony substrat będzie zatem fermentował szybciej niż surowy.

Substraty stałe o większej uciążliwości zapachowej (np. odpady zepsutej żywności, kurzeniec) powinny być, szczególnie przy lokalizacji biogazowni niedaleko domów mieszkalnych, składowane w specjalnie do tego celu skonstruowanych halach magazynowych wyposażonych w urządzenia wentylacyjne o odpowiednio dobranych wydajnościach. Powietrze odlotowe powinno być przepuszczane przez urządzenia uzdatniające np filtry biologiczne lub filtry z węglem aktywnym.

Substraty płynne (np. gnojowica, serwatka, wywar gorzelniany) składowane są w zbiornikach magazynowych. W zależności od właściwości fizyko-chemicznych oraz uciążliwości zapachowej dostarczanych materiałów zbiorniki te powinny być przykryte oraz wyposażone w odpowiednie urządzenia np: mieszadła, instalację grzewczą, instalację uzdatniania powietrza odlotowego (biofiltry, filtry z węglem aktywnym) i odpowiednią aparaturę kontrolno pomiarową (przede wszystkim funkcja ostrzegawcza). Niekiedy w takich zbiornikach przeprowadza się również proces mieszania wstępnego substratów stałych z płynnymi. W tym wypadku w zbiornikach magazynowych stosuje się dodatkowo rozdrabniacze.

W obiektach do składowania substratów mają więc miejsce procesy, które odgrywają bardzo ważną rolę z punktu widzenia ich dalszego przetwarzania w komorach fermentacji:

- Rozdrabnianie – prowadzi do zwiększenia aktywnej powierzchni substratu przez co znacznie skraca się czas jego dalszej obróbki (kiszzenie) i fermentacji. Dzięki rozdrabnianiu można uniknąć problemów technologicznych np. zapychania się rurociągów.
- Proces rozkładu - proces ten odbywa się głównie na drodze biologicznej (np kiszzenie, procesy beztlenowe w zbiorniku magazynowym) poprzez dezintegrację stałej materii organicznej oraz hydrolizę złożonych związków organicznych. Procesy te przebiegają na drodze reakcji enzymatycznych. Im bardziej zaawansowany proces rozkładu, tym szybsza fermentacja oraz większy uzysk biogazu.
- Konserwacja składu substratu (kiszzenie) – proces ten odbywają się głównie na drodze biologicznej poprzez produkcję i nagromadzenie kwasów organicznych takich jak kwas mlekowy, propionowy i octowy. W efekcie następuje obniżenie odczynu pH substratu i wyhamowanie aktywności mikroorganizmów.
- Uśrednienie składu substratów – biocenoza reaktorów anaerobowych jest bardzo wrażliwa na zmiany w składzie oraz wysokie stężenia substancji szkodliwych w substratach wejściowych. Proces homogenizacji (mieszania i buforowania) prowadzi do uśrednienia ich składu oraz rozpuszczenia ewentualnych substancji szkodliwych.
- Odwodnienie substratów – usunięcie wody lub fazy płynnej jest w wypadku wielu substratów sensowne (np. osad ściekowy) ponieważ główny ładunek organiczny, z którego powstaje biogaz jest nagromadzany w organicznej części suchej pozostałości. Zmniejszenie pojemności substratów może obniżyć koszty inwestycyjne i eksploatacyjne.

Technologie obróbki substratów podwyższonego ryzyka

Wykorzystanie na biogazowniach tak zwanych niektórych „ubocznych produktów zwierzęcych nie przeznaczonych do spożycia przez ludzi“ (np odpadów poubojowych) wiąże się, zgodnie z rozporządzeniem nr 1774/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 03.10.2002 [3], z obowiązkiem zastosowania specjalnych linii technologicznych do higienizacji lub sterylizacji tych substratów. Taki rodzaj obróbki stanowi uzupełnienie już istniejących mechanizmów, ponieważ proces fermentacji z uwagi na długi czas przebywania substratów w temperaturach 40°C lub 55°C sam w sobie prowadzi do wyginięcia większości organizmów chorobotwórczych (hydrauliczny czas zatrzymania substratów w komorze fermentacji wynosi kilkadziesiąt dni).

Instalacje higienizacji i sterylizacji nie muszą być instalowane bezpośrednio na biogazowniach. Ich miejsce w ciągu technologicznym jest również dosyć dowolne z uwagi na jeden podstawowy wymóg, który musi być spełniony: uboczne produkty zwierzęce powinny zostać poddane higienizacji lub sterylizacji przed oddaniem do zbiornika pozostałości pofermentacyjnych. Zgodnie z rozporządzeniem 1774/2002 substraty, które należą do kategorii 3, muszą zostać rozdrobnione (maksymalny rozmiar cząstek nie może przekraczać 12 mm) oraz higienizowane w temperaturze 70°C przez z minimum 60 minut. Substraty, które zostały przypisane do kategorii 2, również powinny zostać rozdrobnione (maksymalny rozmiar cząstki - 50 mm) a następnie sterylizowane przy minimalnej temperaturze 133 °C oraz minimalnym ciśnieniu 3 barów przez minimum 20 minut.

W wyniku higienizacji oraz sterylizacji ryzyko występowania czynników chorobotwórczych oraz patogenów w pozostałości pofermentacyjnej jest znikome. Poza tym zastosowanie niniejszych procesów (rozdrabnianie, wysoka temperatura i ciśnienie) przyczynia się do przyspieszenia rozkładu złożonych związków organicznych i przekłada się w efekcie na wyższą jednostkową produkcję biogazu z substratów.

Technologie dozowania substratów do komór fermentacji

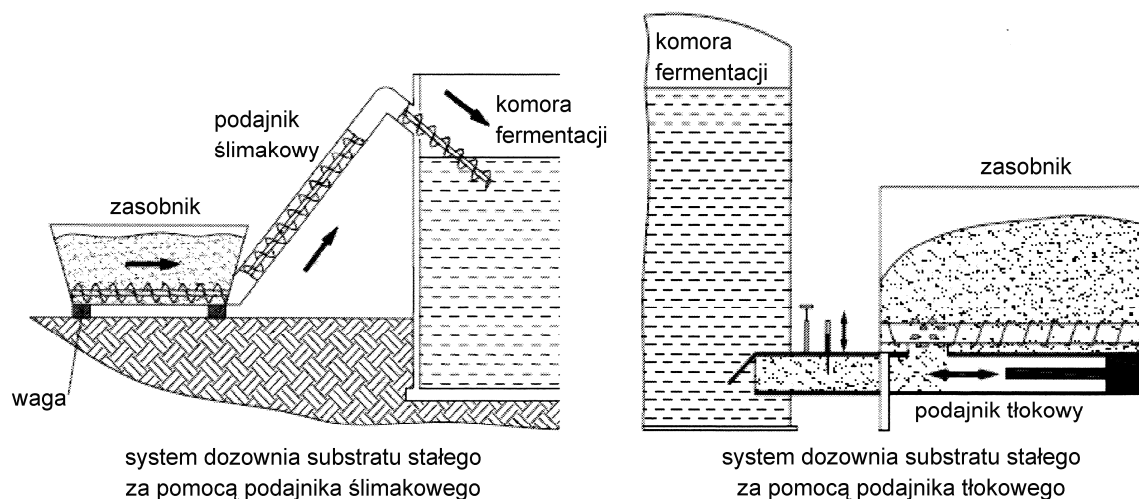
Substraty stałe (sypkie)

W ostatnich latach największą popularność na rynku biogazowni w dziedzinie dozowania substratów stałych (o wysokiej zawartości suchej pozostałości) zdobyły zautomatyzowane, mechaniczne stacje dozujące. Zastosowanie tych systemów umożliwia:

- Dozowanie substratów w małych porcjach w sposób zbliżony do ciągłego – dodanie do komory fermentacji mokrej zbyt dużej partii materiału może powodować problemy eksploatacyjne.
- Dokładne dozowanie z góry wyznaczonych dawek substratu → stacje z reguły są wyposażone w wagę co umożliwia dokładne odmierzenie porcji substratu.
- Wprowadzanie substratu do komór w sposób umożliwiający jego szybkie rozprowadzenie w komorze fermentacji → dozowane bezpośrednio do wnętrza komory fermentacji w małych porcjach i rozprowadzane na bieżąco za pomocą mieszadeł lub wymieszanie substratu płynnego i stałego jeszcze przed dodaniem do komór.
- Dodatkowe mycie i rozdrabnianie substratów .
- Selekcję ciał obcych takich jak np. kamienie, opakowania i inne substancje mogące powodować poważne problemy w prowadzeniu procesu tj. np uszkodzenie wirników lub pomp, utrudnienia pracy mieszadeł, odkładanie się w komorze fermentacji sedymentu

Stacja dozowania substratów stałych składa się z zasobnika pozwalającego na bezobsługowe dozowanie substratów przez przynajmniej 12 godzin. Niektóre stacje dozujące np surowe warzywa (buraki cukrowe, marchew) są wyposażone dodatkowo w urządzenia służące do oczyszczania (mycia) i rozdrabniania substratów.

Substraty mogą być bezpośrednio wprowadzane do komór fermentacji za pomocą pomp ślimakowych lub wpompowane do komór po uprzednim wymieszaniu z substratem płynnym lub recyrkulatem z komory fermentacji. Mieszanie przed dodaniem do komór ułatwia rozprowadzanie w zawartości fermentora.



Rys. 1 Przykładowe systemy dozowania substratów stałych [2]

Substraty płynne

Substraty płynne dozuje się za pomocą pomp. Pompy mogą być umieszczone w zbiorniku magazynowym (pompy zanurzeniowe) lub w stacji pomp (na sucho). Wybór najbardziej odpowiedniego rozwiązania zależy przede wszystkim od zawartości suchej pozostałości substratów, zawartości ciał obcych w substratach tj. kamienie, opakowania itd. oraz wymaganych wysokości podnoszenia i wydatku pomp. Na biogazowniach najczęściej stosuje się następujące rodzaje pomp:

- pompy krzywkowe → powszechnie stosowane w rolnictwie na przykład do pompowania gnojowicy,
- pompy tłokowe → nadające się bardzo dobrze do dozowania substratów zawierających ciała obce (np. opakowania po zepsutej żywności),
- pompy kavitacyjne → szczególnie przydatne do pompowania substancji o wysokiej lepkości i wysokich stężeniach suchej pozostałości.
- pompy zanurzeniowe

W wypadku pomp pracujących „na sucho” na rurociągu ssącym w pompowni stosuje się zwykle tak zwane odstojniki, w których prędkość przepływu jest na tyle mała, że ciała obce cięższe od wody (np. kamienie) osiadają na ich dnie. Zastosowanie tego typu zabezpieczenia chroni przed uszkodzeniem szczególnie wirniki pomp, rurociągi i komory fermentacji.

Substraty płynne mogą zawierać również części substratów stałych dodanych celowo do zbiorników magazynowych (np. mieszanie substratów płynnych i stałych w zbiorniku magazynowym) lub pochodzących z procesu produkcyjnego (np. słoma w gnojowicy), dlatego też na biogazowniach stosuje się często różnego rodzaju urządzenia rozdrabniające (Rys. 2).



Rys. 2 Zespół BioCut do rozdrabniania i pompowania substratu firmy Vogelsang (autor Vogelsang).

Podsumowanie

Urządzenia i instalacje do składowania, przetwarzania, przesyłania i dozowania substratów odgrywają na biogazowniach bardzo istotną rolę. Ich właściwy dobór i odpowiednia eksploatacja umożliwiają:

- zminimalizowanie strat potencjału produkcji biogazu zastosowanych substratów,
- przyspieszenie reakcji fermentacji w komorach,
- uniknięcie emisji odorów,
- uniknięcie przestojów technologicznych w wyniku uszkodzenia pomp, zapchania rurociągów, sedymentacji lub problemów z wymieszaniem w komorach fermentacji,
- nieprzerwaną, stałą i wysoką produkcję biogazu,
- efektywniejsze wykorzystanie pojemności komór fermentacji oraz

- zachowanie wysokich standardów bezpieczeństwa w przypadku wykorzystaniu substratów podwyższonego ryzyka.

Następny artykuł z cyklu będzie poświęcony technologii konstrukcji oraz eksploatacji komór fermentacji.

Literatura

1. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2006) Handreichung Biogasgewinnung und –nutzung, Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Gülzow, Niemcy
2. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (2007): Faustzahlen für Biogas, Herausgeber: KTBL und Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)
3. Rozporządzenie nr 1774/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 03.10.2002