



RESOR - Renewable Energy Sources as a Chance for Development for the Rural Areas



(Odnawialne źródła energii szansą na rozwój obszarów wiejskich)



Moduł Nr: Biogaz

przygotowane przez ARID

Definicja biogazu

Biogaz zwykle odnosi się do mieszaniny różnych gazów wytwarzanych z materiałów organicznych w środowisku beztlenowym. Uzyskany biogaz wykorzystywany jest głównie do produkcji odnawialnej energii elektrycznej i ciepła.

Biogaz składa się głównie z mieszaniny metanu (CH_4) (50–75%) i dwutlenku węgla (CO_2) (25–45%) i może zawierać niewielkie ilości siarkowodoru (H_2S) (0,1–5,5%) , wilgotności / wody (2-7%) i siloksanów. Gaz jest wynikiem procesu fermentacji beztlenowej: „procesu, w którym mikroorganizmy pozyskują energię i rosną poprzez metabolizowanie materiału organicznego w środowisku beztlenowym, co prowadzi do produkcji metanu”.



Source: own picture

Definicja biogazu

Aby proces fermentacji beztlenowej przebiegał dobrze, biomasa powinna zawierać węglowodany, białka, tłuszcze, celulozę i hemicelulozę. Końcowa wydajność gazu zależy od zawartości węglowodanów, białka i tłuszczu. (Ekonomiczne i instytucjonalne aspekty produkcji biogazu, 2012).

Biogaz jest znany jako przyjazne dla środowiska źródło energii, ponieważ jednocześnie łagodzi dwa główne problemy środowiskowe:

1. Globalna epidemia odpadów, która każdego dnia uwalnia niebezpieczne poziomy metanu,
2. Uzależnienie od energii z paliw kopalnych w celu zaspokojenia globalnego zapotrzebowania na energię.



Source: wikipedia



Źródła biogazu

Biomasę można przekształcić w inne przydatne formy energii, takie jak biogaz. Do produkcji biogazu rolniczego można wykorzystać substancje organiczne pochodzące zarówno z produkcji rolniczej, jak i przemysłowej. Głównymi substratami pochodzenia rolniczego wykorzystywanymi do produkcji biogazu są obornik zwierzęcy, uprawy energetyczne oraz odpady z hodowli roślin, natomiast substraty przemysłowe to odpady z produkcji żywności, nabiału, cukru i mięsa.

W ten sposób biogaz można uzyskać ze wszystkich produktów rolnych, zarówno z produkcji zwierzęcej, jak i roślinnej. Biogaz można wytwarzać praktycznie z każdego materiału rolniczego, a materiał ten (podłoże) posiada zróżnicowaną wartość energetyczną, która stanowi potencjał do produkcji określonej ilości metanu.



Source: own picture



Fermentacja beztlenowa, proces

Technika fermentacji beztlenowej w celu uzyskania biogazu z materiału organicznego jest stosowana na całym świecie. Na przykład w wielu krajach rozwijających się ludzie mają własną małą biogazownię wykorzystującą odchody, mocz i odpady kuchenne. Uzyskany biogaz wykorzystywany jest do gotowania. W krajach bardziej zaawansowanych technologicznie produkcja biogazu jest wykorzystywana na większą skalę. W tych krajach produkcja i wykorzystanie biogazu są postrzegane jako sposób na zmniejszenie uzależnienia od paliw kopalnych. Innym powodem jest to, że bezpośrednia produkcja biogazu może prowadzić do mniejszej emisji gazów cieplarnianych poprzez wychwytywanie metanu (21 razy bardziej szkodliwego gazu cieplarnianego niż dwutlenku węgla) w celu wykorzystania biogazu. Pośrednim skutkiem jest unikanie innych nieprzyjaznych dla środowiska źródeł energii (co wiąże się z pierwszym powodem).

Fermentacja beztlenowa - proces mikrobiologiczny zachodzący przy braku tlenu, w którym związki organiczne (węglowodany, białka, tłuszcze) są przekształcane przez mikroorganizmy beztlenowe w metan i dwutlenek węgla.

Nazwa „fermentacja metanowa” została nadana przed poznaniem istoty tego procesu i może wprowadzać w błąd. W rzeczywistości jest to zbiór zmian biochemicznych, które zachodzą pod nieobecność tlenu, dlatego nazwa „fermentacja beztlenowa” również jest używana.



Fermentacja beztlenowa, proces

W przemianie związków organicznych w gaz fermentacyjny biorą udział trzy grupy mikroorganizmów:

1. bakterie odpowiedzialne za pierwsze dwa etapy tego procesu to bakterie hydrolizujące związki organiczne. Optymalne warunki dla tych mikroorganizmów to pH ok. 6 i ok. 30 ° C.
2. bakterie octanowe - odpowiedzialne za produkcję octanów.
3. bakterie metanogenne - należą do grupy beztlenowców absolutnych.

Jeśli tlenu jest nawet 0,01 mg / dm³, to są one hamowane, wzrasta stężenie kwasów organicznych i obniża się pH środowiska. Są bardzo różnorodne i wyspecjalizowane w zastosowaniu określonych podłoży. Optymalna temperatura metanogenezy to 35-45 ° C, a pH 7.



Źródło: powerpoint clipards



Fermentacja beztlenowa, proces

Proces wytwarzania biogazu można podzielić na kilka etapów. W pierwszym etapie hydrolizy następuje rozkład związków surowca (np. węglowodany, białka, tłuszcze) na proste związki organiczne (np. aminokwasy, cukier, kwasy tłuszczowe). Bakterie uczestniczące w tym procesie uwalniają enzymy, które rozkładają materiał w wyniku reakcji biochemicznych. Następnie powstałe produkty pośrednie rozkładane są przez bakterie kwasogenne w tzw. kwasogenezie na kwasy tłuszczowe (kwas octowy, propionowy i masłowy), dwutlenek węgla i wodór. Poza tym powstają niewielkie ilości kwasu mlekowego i alkoholu. W kolejnym etapie acetogenezy produkty te są przekształcane przez bakterie w substancje poprzedzające powstanie biogazu (kwas octowy, wodór i dwutlenek węgla). Ponieważ zbyt duża zawartość wodoru jest szkodliwa dla bakterii kwasu octowego, muszą one współpracować z bakteriami metanogennymi. Podczas produkcji metanu zużywają wodór, dzięki czemu zapewniają odpowiednie warunki bytowe dla bakterii kwasu octowego. W kolejnej fazie metanogenezy, ostatnim etapie produkcji biogazu, z produktów acetogenezy powstaje metan.



Złożone związki organiczne
(białka, tłuszcze, węglowodany)

hydroliza

Proste związki organiczne
(aminokwasy, kwasy tłuszczowe, cukry)

Tworzenie kwasu

Niższe kwasy organiczne
(kwas propionowy, kwas masłowy)

Inne kwasy organiczne
(kwas mlekowy, alkohole itp.).

Tworzenie kwasu octowego

Kwas octowy

Woda i dwutlenek węgla

Tworzenie się metanu

BIOGAz
metan + dwutlenek węgla

Biofermentatory

Biogaz można wykorzystać do produkcji energii elektrycznej, energii cieplnej lub obu jednocześnie. W praktyce najpopularniejsze systemy wykorzystują biogaz uzyskiwany w celu wytwarzania energii elektrycznej i cieplnej. Taki system nazywa się systemem CHP (Combined Heat and Power). Do wytwarzania energii elektrycznej i cieplnej niezbędne jest zainstalowanie urządzenia zwanego jednostką kogeneracyjną. Jest to silnik spalinowy przystosowany do spalania metanu z wbudowanym generatorem w zależności od wielkości biogazowni. Ciepło wytwarzane w silniku spalinowym jest wykorzystywane jako źródło energii cieplnej. Mniej powszechnym sposobem wykorzystania biogazu jest spalanie go do celów grzewczych. W takiej biogazowni urządzeniem przetwarzającym biogaz na energię cieplną jest piec gazowy odpowiednio zmodyfikowany do spalania metanu.

Każda biogazownia rolnicza składa się z kilku podstawowych elementów.

Dodatkowe elementy instalowane w biogazowni zależą



Źródło: zdjęcie własne



Biofermentatory

Podstawowe elementy każdej biogazowni to:

1. Składowanie substratów - każda biogazownia musi być wyposażona w składowisko. Składowisko jest niezbędne do utrzymania stałej wielkości produkcji biogazu. Pojemność składowiska powinna wynosić od 0,5 do 2-krotności dziennej objętości substratu. Zbiornik na substraty płynne może być wykonany z różnych materiałów, takich jak beton, stal lub plastik. Materiał użyty do wykonania zbiornika zależy od magazynowanego materiału.

Istnieją zbiorniki wbudowane w ziemię i ustawione na ziemię. Zbiorniki do przechowywania podłoży płynnych i półpłynnych powinny być hermetyczne i odpowiednio duże w stosunku do produkcji substratu. Zbiornik na podłoże roślinne powinien być wyposażony w odpowiednią instalację do odprowadzania odcieków, aby zapobiec przedostawaniu się odcieków do gleby. Zbiornik ten należy szczelnie przykryć, aby nie dopuścić do wysychania podłoża lub przedostawania się wody deszczowej do wnętrza zbiornika.

2. Urządzenie transportujące substrat ze zbiornika do reaktora - w celu zapewnienia stałego, odpowiedniego poziomu produkcji biogazu, konieczne jest zapewnienie ciągłego dostarczania substratu o odpowiedniej jakości do komory fermentacyjnej. W zależności od rodzaju podłoża można zastosować pompy (substrat płynny np. gnojowica), przenośniki ślimakowe (substrat półpłynny) oraz leje zasypowe umieszczone przy komorach fermentacyjnych o pojemności pozwalającej na wypełnienie ilością substratu wystarczającą na jeden dzień.



Biofermentatory

3. Komora fermentacyjna (bioreaktor) - najważniejszy element biogazowni, w którym zachodzi proces fermentacji metanowej. Efektywność całej inwestycji zależy od poprawności zaprojektowania i właściwej konstrukcji komory fermentacyjnej. Ściany komory fermentacyjnej muszą być uszczelnione, aby zapobiec wyciekowi cieczy i gazów. Konieczna jest również dobra izolacja zapewniająca zminimalizowane straty ciepła. Im lepsza izolacja, tym mniejsza zależność od temperatury zewnętrznej. Komora fermentacyjna powinna posiadać wąż umożliwiający oględziny wnętrza i ewentualną naprawę. W zależności od zastosowanej technologii biogazownia może być wyposażona w jedną lub więcej komór. Komory fermentacyjne mogą być poziome lub pionowe, wykonane ze stali, betonu lub tworzywa sztucznego. Komorę należy wyposażyć w urządzenie do mieszania zawartości (mieszalnik lub inny układ mieszający) oraz system grzewczy w celu uzyskania wymaganej temperatury fermentacji i utrzymania jej na stałym poziomie. Sfermentowaną masę odprowadza się z bioreaktora zwykle w rurze przelewowej.



Biofermentatory

4. Systemy mieszania - mieszanie pulpy fermentującej w zbiorniku jest ważną częścią procesu wytwarzania biogazu. Istnieją 3 rodzaje mieszadeł: pneumatyczne, hydrauliczne i mechaniczne. W większości biogazowni stosowane są mieszalniki mechaniczne. Mieszadła mechaniczne można podzielić na 3 grupy: ukośne, poziome i pionowe. Najpopularniejszy jest system 2-3 ukośnych lub poziomych mieszadeł. Mieszadła pionowe (centralne) mogą być stosowane tylko w przypadku zbiornika ze stałym, wzmocnionym dachem. Niecałkowite wymieszanie może prowadzić do zaburzeń fermentacji i tworzenia się piany.

5. Zbiornik na gaz - oddzielny zbiornik magazynowy biogazu pracujący pod wymaganym ciśnieniem w sieci gazowej. Biogaz zgromadzony w zbiorniku jest magazynowany do momentu pojawienia się zapotrzebowania na energię. Pojemnik na biogaz ma postać elastycznego balonu, który powiększa się wraz ze wzrostem ilości produkowanego biogazu. Zbiornik może być umieszczony bezpośrednio nad reaktorem lub w przypadku reaktora poziomego może być umieszczony obok reaktora. W takim przypadku zbiornik musi znajdować się w odpowiednim budynku zapewniającym bezpieczną pracę zbiornika. Każdy zbiornik jest wyposażony w zawór bezpieczeństwa zapobiegający nadmiernemu wzrostowi ciśnienia w zbiorniku. W przypadku przekroczenia dopuszczalnego ciśnienia zawór wypuszcza nadmiar biogazu na zewnątrz.



Biofermentatory

6. Urządzenie do oczyszczania biogazu - oczyszczanie biogazu przed jego użyciem jest niezbędne, ponieważ zapobiega korozji instalacji i urządzeń oraz jest wymagane przepisami ochrony środowiska.
7. Zbiornik do przechowywania pozostałości pofermentacyjnych - osobny, zewnętrzny zbiornik pozwalający na przechowywanie przefermentowanego substratu, który jest cennym nawozem i może być stosowany w postaci płynnej lub do kompostowania w odpowiedzi na potrzeby rynku.



Źródło: phys.org

Odpany z produkcji biogazu

Większość azotu i wszystkich innych składników mineralnych zawartych w substratach wejściowych pozostaje w pofermentacji biogazu. Należą do nich główne składniki odżywcze roślin, takie jak fosfor, potas i wapń. Chociaż istnieją odpowiednie nieorganiczne substytuty składników odżywczych - azot, potas i fosfor - z nawozów organicznych, nie ma sztucznego substytutu innych substancji, takich jak białko, celuloza, lignina itp. Wszystkie one przyczyniają się do zwiększenia przepuszczalności i higroskopijności gleby, jednocześnie zapobiegając jej erozji, oraz do ogólnej poprawy warunków rolniczych. Substancje organiczne są również podstawą rozwoju mikroorganizmów odpowiedzialnych za przekształcanie składników pokarmowych w glebie do postaci łatwo przyswajalnej przez rośliny.

Dlatego też powszechną praktyką jest stosowanie pofermentu biogazowego jako nawozu organicznego, co jednocześnie oszczędza koszty zarówno nawozu mineralnego, jak i potencjalnego pozbycia się pofermentu. W kilku badaniach potwierdzono dobrą wartość nawozową pofermentu biogazowego w porównaniu z nawozem mineralnym. Ponadto pozostały węgiel związany w materii organicznej pomaga w utrzymaniu lub nawet zwiększeniu ilości materii organicznej gleby, która jest szczególnie wartościowa na glebach marginalnych.



Odpady z produkcji biogazu

Dzięki rozkładowi części zawartości organicznej prefermentowany osad dostarcza szybko działających składników pokarmowych, które łatwo dostają się do roztworu glebowego, stając się tym samym natychmiast dostępnymi dla roślin.

Materia humusowa i kwasy humusowe obecne w osadzie przyczyniają się do szybszej humifikacji, co z kolei pomaga zmniejszyć tempo erozji, jednocześnie zwiększając podaż składników odżywczych, higroskopijność itp.

Podwyższona zawartość amonu w prefermentowanym osadzie pomaga zmniejszyć tempo wymywania azotu w porównaniu z nawozami zawierającymi znaczne ilości bardziej rozpuszczalnych w wodzie azotanów i azotynów (łajno, kompost).



Źródło: wikimedia.org

Odpaady z produkcji biogazu

Ogólnie uważa się, że plony roślin uprawnych są wyższe po nawożeniu przefermentowanym osadem. Większość roślin warzywnych, takich jak ziemniaki, rzodkiewka, marchew, kapusta, cebula, czosnek itp. oraz wiele rodzajów owoców (pomarańcze, jabłka, guave, mango itp.), trzcina cukrowa, ryż i juta wydają się reagować korzystnie na nawożenie szlamem. Natomiast uprawy takie jak pszenica, nasiona oleiste, bawełna i baccra reagują mniej korzystnie. Osad jest dobrym nawozem na pastwiska i łąki. Dostępne dane są bardzo zróżnicowane, ponieważ efekt nawożenia zależy nie tylko od rośliny, ale także od klimatu i rodzaju gleby. Nadal brakuje wielu informacji na temat stopnia wzajemności między żyznością gleby, rodzajem gleby i wpływem nawozów (zwłaszcza nawozów azotowych) w suchym i półsuchym klimacie. W związku z tym do tej pory nie można przedstawić żadnych ostatecznych informacji. Z tego samego powodu nie jest też możliwe dokonanie ekonomicznego porównania kosztów nawozów sztucznych z osadem z biogazu. Jedynym niekwestionowanym faktem, który można stwierdzić, jest to, że szlam biogazowy jest lepszy z ekologicznego punktu widzenia.



Zawartość energetyczna biogazu

Biomasa stanowiąca surowiec do produkcji biogazu składa się z trzech podstawowych grup związków organicznych: węglowodanów, białek i tłuszczów. Ponadto wzrost mikroorganizmów odpowiedzialnych za fermentację następuje w obecności rozpuszczalnych form potasu, sodu, żelaza, magnezu, wapnia i pierwiastków śladowych. Najwięcej biogazu można uzyskać z rozkładu tłuszczów.

Substrat	Produkcja biogazu dm ³ /kg	Zawartość metanu [%]	Zawartość CO ₂ [%]
Węglowodany	790	50	50
Tłuszcze	1250	68	32
Białka	700	71	29

Zawartość energetyczna biogazu

Istotne parametry w produkcji biogazu to:

Zawartość suchej masy (s.m.) [%]

Zawartość suchej masy organicznej (o.d.m.) [% s.m.]

Wydajność CH₄ [m³ / kg o.d.m.]

Substrat	Zawartość suchej masy (%)	Zawartość suchej masy organicznej (%)	Uzysk biogazu (m ³ /t s.m.o.)	Zawartość metanu CH ₄ (obj. %)
Nawozy naturalne				
Gnojowica krowia	8-11	75-82	200-500	50-60
Gnojowica cielęca	10-13	80-84	220-560	50-57
Gnojowica świńska	ok. 7	75-86	300-700	60-70
Gnojowica owcza	12-16	80-85	180-320	50-56
Obornik bydłocy	ok. 25	68-76	210-300	55-60
Obornik świński	20-25	75-80	270-450	55-60
Obornik kurczęcy	30-32	63-80	250-450	57-70
Obornik koński	20-40	65-95	280-350	55-65

Zawartość energetyczna biogazu

Substrat	Zawartość suchej masy (%)	Zawartość suchej masy organicznej (%)	Uzysk biogazu (m ³ /t s.m.o.)	Zawartość metanu CH ₄ (obj. %.)
Rośliny				
silosowanie kukurydzy	20-35	85-95	450-700	50-55
żyto	30-35	92-98	550-680	ok. 55
Trawy				
trawa do ścięcia	ok.12	83-92	550-680	55-65
silos z trawy	25-50	70-95	550-620	54-55
Produkty uboczne przemysłu rolnego				
ziarna piwowarskie	20-25	70-80	580-750	59-60
ziarna gorzelnicze	6-8	83-88	430-700	58-65
pulpa ziemniaczana	6-7	85-95	400-700	58-65
wytloki owocowe	25-45	90-95	590-660	65-70
Inne substraty do biogazowni				
odpady ze sklepów spożywczych	5-20	80-90	400-600	60-65
zawartość żołądka	12-15	75-86	250-450	60-70

Zawartość energetyczna biogazu

Oprócz temperatury procesu i czasu przetrzymywania substratów w reaktorze, o ilości i składzie biogazu decyduje skład chemiczny sfermentowanych związków organicznych.

Użyteczną częścią energii biogazu jest wartość opałowa zawartego w nim CH_4 . Pozostałe składniki mają również, ściśle rzecz biorąc, zawartość energetyczną, ale nie biorą udziału w procesie spalania. Zamiast wnosić wkład, raczej pochłaniają energię ze spalania CH_4 , ponieważ zwykle opuszczają proces w wyższej temperaturze (spalin) niż ta, którą miały przed procesem (głównie temperatura otoczenia).

Rzeczywista wartość opałowa biogazu jest funkcją zawartości procentowej CH_4 , temperatury i ciśnienia bezwzględnego, z których wszystkie różnią się w zależności od przypadku. Wartość opałowa biogazu jest istotnym parametrem dla wydajności silnika, palnika lub innego zastosowania wykorzystującego biogaz jako paliwo.



Zawartość energetyczna biogazu

Typowy normalny metr sześcienny metanu ma wartość opałową około 10 kWh, podczas gdy dwutlenek węgla ma zero. Dlatego zawartość energii w biogazie jest bezpośrednio związana ze stężeniem metanu. Innymi słowy, zakładając skład biogazu z 60% metanem, zawartość energii wyniosłaby w tym przypadku około 6,0 kWh na normalny metr sześcienny.

Paliwo samochodowe	Paliwo samochodowe
Biogaz wzbogacony o 1 nm ³ (97% metanu)	9.67
1 nm ³ gazu ziemnego	11.0
1 litr benzyny	9.06
1 litr oleju napędowego	9.8

Oznacza to, że zawartość energii w 1 nm³ biogazu odpowiada około 1,1 litra benzyny. Kiedy jednak przetwarzamy biogaz na energię elektryczną, w generatorze elektrycznym zasilanym biogazem otrzymujemy około 2 kWh użytecznej energii elektrycznej, reszta zamienia się w ciepło, które można również wykorzystać do zastosowań grzewczych.

2 kWh to wystarczająca ilość energii, aby zasilić żarówkę o mocy 100 W na 20 godzin lub suszarkę do włosów o mocy 2000 W na 1 godzinę.

Podstawowe projekty komory fermentacyjnej

Komora fermentacyjna to serce biogazowni. Komory fermentacyjne na biogaz mogą mieć bardzo różną wydajność, od małych jednostek użytkowanych przez gospodarstwa domowe po większe komunalne i przemysłowe komory fermentacyjne. Surowce dodawane do komory fermentacyjnej mogą zawierać wiele rodzajów biomasy, takich jak odpady zwierzęce, spożywcze i rolnicze, ale należy unikać materiałów trudnych do strawienia przez bakterie (np. drewna). Ilość wyprodukowanego biogazu zależy od szeregu czynników, w tym rodzaju i ilości użytej biomasy, wielkości komory fermentacyjnej i temperatury.

W zależności od zastosowanej technologii może być jedna lub dwie komory. Mogą być one betonowe lub stalowe. Wyposażone są w system ogrzewania i izolacji zapewniający utrzymanie odpowiedniej temperatury dla reakcji chemicznych. Surowiec można podgrzewać bezpośrednio przez rozcieńczenie go gorącą wodą lub parą lub pośrednio za pomocą wymienników ciepła wbudowanych w ścianki lub dno komory fermentacyjnej. Zawartość komory nie jest jednolita. Dlatego ważnym elementem komory jest układ mieszający, którego zadaniem jest ujednoczenie składu zawartości oraz odgazowanie surowca fermentacyjnego. Istnieją różne sposoby mieszania: pompa - układ pompy zewnętrznej wymuszający cyrkulację w komorze; mieszanie poprzez pompowanie gazu do komory; mieszadła ślimakowe - mieszadło pompujące umieszczone w centralnym przewodzie tłocznym; mieszanie za pomocą wolnoobrotowych śmigieł mieszających ustawionych pionowo lub ukośnie.

Końcowe zastosowania biogazu

Biogaz to paliwo o średniej wartości energetycznej. Znajduje zastosowanie w gospodarstwach domowych, przemyśle, rolnictwie - do produkcji ciepła / chłodu, energii elektrycznej lub jako biopaliwo.

Biogaz można wykorzystać na wiele sposobów. Typowe zastosowania obejmują:

Ciepło - gaz spalany jest w kotle. Wytworzone ciepło podgrzewa wodę, którą można wykorzystać do ogrzania komory fermentacyjnej i pobliskich budynków lub wymienić w lokalnej sieci ciepłowniczej. Kocioł Agas działa jak kocioł na paliwa stałe i ciekłe, z tą różnicą, że kocioł ten jest specjalnie przystosowany do spalania gazu.

Ciepło / Energia - biogaz może być stosowany jako paliwo w silnikach stacjonarnych, zwykle silnikach Otto lub Diesla, czy turbinach gazowych. Około 30-40% energii zawartej w paliwie jest wykorzystywane do produkcji energii elektrycznej, podczas gdy pozostała energia staje się ciepłem.



Końcowe zastosowania biogazu

Paliwo samochodowe - biogaz może być stosowany jako paliwo do samochodów osobowych, autobusów i ciężarówek, pod warunkiem że jest ulepszany poprzez usuwanie dwutlenku węgla, wody i siarkowodoru. Aby biogaz mógł być paliwem do pojazdów, musi zostać przetworzony w celu uzyskania jakości akceptowanej przez silniki samochodowe. Zwykle oznacza to poziom jakości gazu ziemnego. Również instalacja pojazdu musi być odpowiednio dostosowana do zasilania gazem. Jednocześnie firmy motoryzacyjne pracują nad rozwiązaniami, które pozwoliłyby silnikowi pracować na dwóch rodzajach paliw, np. olej napędowy + biogaz. Płukanie wodą, oczyszczanie chemiczne i PSA to najczęściej stosowane techniki ulepszania biogazu do jakości paliwa do pojazdów. Gaz musi być również oczyszczony z zapachu i sprężony do około 200 barów, zanim będzie można go wykorzystać jako paliwo do pojazdu.

Ulepszony biogaz może być również wprowadzany do krajowej bazy gazu. Wprowadzenie biogazu do krajowej bazy gazu będzie stymulowało rozwój nowych rynków i zastosowań.



Końcowe zastosowania biogazu

CHP (Combined Heat and Power) to oznaczenie silników kogeneracyjnych, które wytwarzają zarówno energię elektryczną, jak i ciepłą w procesie spalania biogazu. Biogaz spalany jest w miejscu jego produkcji. Takie rozwiązanie jest bardzo korzystne zarówno ze względów ekonomicznych, jak i środowiskowych. Efektywność energetyczna tradycyjnych rozwiązań generujących energię ciepłą lub elektryczną wynosi ok. 40% w porównaniu z 90% sprawnością kogeneratora.

Sprawność uzysku energii elektrycznej w najnowszych dużych blokach waha się od 30 do 40%, a sprawność ciepła od 40 do 44%. W przypadku mniejszych instalacji sprawność elektryczna waha się od 25 do 33%, przy czym sprawność ciepła jest zwykle wyższa niż 50%. Wskaźniki sprawności zwykle rosną wraz ze wzrostem mocy elektrycznej instalacji.



Końcowe zastosowania biogazu

Najpowszechniejszym rozwiązaniem w systemach CHP o małej mocy są silniki tłokowe.

Charakteryzują się one:

- dostępnością w szerokim zakresie mocy elektrycznej (od 5 kW do 50 MW)
- możliwością optymalnego dostosowania systemu do potrzeb indywidualnego klienta,
- możliwością budowy modułowej większych systemów elektroenergetycznych,
- możliwością stosowania różnych paliw, w tym biogazu,
- koniecznością chłodzenia nawet przy braku odbioru ciepła,
- dużymi wymiarami i niskim wskaźnikiem mocy do wagi,
- głośnym hałasem wymagającym zastosowania osłon akustycznych,
- stosunkowo wysokim poziomem drgań wymagającym zastosowania amortyzatorów.



Źródło: wikimedia.org

Końcowe zastosowania biogazu

Minimalny wymagany poziom metanu w gazie przeznaczony do wykorzystania jako paliwo jest zwykle ustalany przez producentów na ponad 30% objętości, co odpowiada wartości opałowej gazu na poziomie nie mniejszym niż 13 MJ / Nm³.

Systemy kogeneracyjne z tłokowymi silnikami gazowymi (silnik spalinowy) są wykorzystywane głównie do produkcji energii elektrycznej na sprzężonym generatorze, a ciepło odpadowe jest wykorzystywane do produkcji gorącej wody lub, w dodatkowym kotle, pary nasyconej. Ciepło jest odzyskiwane z wymiennika sprężonego biogazu, wymiennika płaszczowego silnika, wymiennika olejowego i wymiennika spalin. Silniki na biogaz mogą być zintegrowane z budynkiem lub występować w wersji mobilnej (kontenerowej).

Kolejną grupą najczęściej stosowanych urządzeń w układach kogeneracyjnych są turbiny gazowe stosowane generalnie w układach o mocy elektrycznej większej niż 1 MW.

Turbina gazowa w porównaniu z silnikiem tłokowym charakteryzuje się znacznie mniejszymi rozmiarami i masą. Turbiny gazowe posiadają niższą sprawność energetyczną i niższy stosunek mocy elektrycznej do mocy cieplnej.

Końcowe zastosowania biogazu

Kolejnym etapem rozwoju rozwiązań technicznych opartych na turbinach gazowych z odzyskiem ciepła są mikro turbiny gazowe. Są to stacjonarne turbozespoły gazowe charakteryzujące się niewielką mocą elektryczną ok. 25-500 kW. Składają się one z turbiny promieniowej, sprężarki i regeneracyjnego podgrzewacza powietrza zintegrowanego w całym układzie.

Mikroturbiny są stosowane głównie w systemach kogeneracyjnych, w których wytwarzana jest gorąca woda. Zanieczyszczenia w biogazie mogą uszkodzić mikroturbiny, dlatego biogaz należy wcześniej wyczyścić i wysuszyć. Mikroturbiny spalają biogaz o zawartości metanu od 35 do 100% i charakteryzują się znacznie niższą emisją spalin. Umożliwia to opracowywanie nowych sposobów wykorzystania spalin, np. w suszarniach rolniczych lub do wykorzystania CO₂ w szklarniach. Odzyskane ciepło ma stosunkowo wysoką temperaturę i jest transportowane tylko przez spaliny. Osiągają sprawność cieplną w przedziale od 40 do 60%, a sprawność elektryczną w przedziale od 20 do 35%, łączna sprawność układu kogeneracyjnego przekracza 80%.



Skutki wykorzystania energii z biogazu dla środowiska

Biogaz może na wiele sposobów zmniejszyć wpływ zużycia energii na środowisko. Przejście na biogaz może zmniejszyć emisje CO₂ ze zużycia energii, a także emisje metanu (jeśli biogaz jest wytwarzany z odpadów). Może również przynieść pozytywne korzyści w zakresie zanieczyszczenia powietrza w pomieszczeniach i degradacji gleby, gdy zastępuje biopaliwa stałe.

Rzeczywisty wzrost emisji gazów cieplarnianych w przypadku zastąpienia paliw kopalnych biogazem zależy od zastosowanego substratu. Możliwe jest zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych o ponad 100% m.in. poprzez zmniejszenie zapotrzebowania na nawozy. Ogromne korzyści dla środowiska biogazu produkowanego z obornika zależą od zmniejszonego wycieku metanu i tlenków azotu w porównaniu z tradycyjnymi systemami przechowywania obornika.



Skutki wykorzystania energii z biogazu dla środowiska

Substrat	Redukcja emisji gazów cieplarnianych w porównaniu z paliwami kopalnymi [%]
Trawa	86
Buraki cukrowe (w tym góra)	85
Kukurydza	75
Obornik	148
Odpady z przemysłu spożywczego	119
Organiczne odpady z gospodarstw domowych	103

Dzięki produkcji biogazu (CH_4 i CO_2) w procesie fermentacji ilość węgla jest znacznie (> 50%) zmniejszona. W zależności od systemu operacyjnego (w tym pH i temperatury) biogazowni, tracony do pewnego stopnia może być również azot (w postaci NH_3).



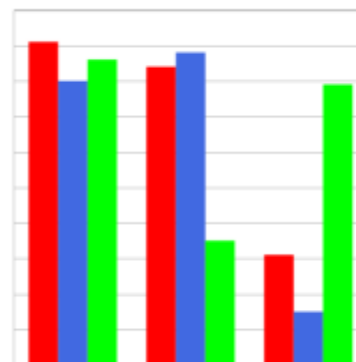
Ekonomia małych biogazowych systemów energetycznych

Gdy potencjalny operator decyduje, czy zbudować biogazownię, kluczową kwestią jest: czy przyszła elektrownia może być eksploatowana z zyskiem? Dlatego też należy ocenić opłacalność ekonomiczną biogazowni.

Biogazownia może generować przychody w następujący sposób:

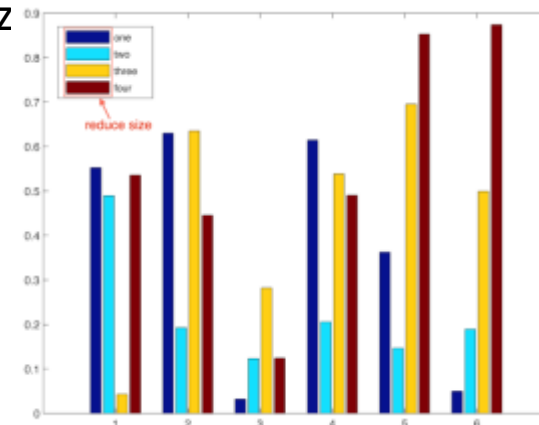
- sprzedaż energii elektrycznej
- sprzedaż ciepła
- sprzedaż gazu
- przychody ze sprzedaży substratów fermentacyjnych
- sprzedaż pofermentu.

Głównym źródłem przychodów biogazowni, poza tymi, które dostarczają gaz do sieci, jest sprzedaż energii elektrycznej.



Ekonomia małych biogazowych systemów energetycznych

Sytuacja dotycząca sprzedaży ciepła jest znacznie bardziej problematyczna niż w przypadku energii elektrycznej. Dlatego od samego początku przy wyborze lokalizacji zakładu należy zwrócić uwagę na potencjalnych odbiorców ciepła. W praktyce nie będzie możliwe rozsądne wykorzystanie całkowitej powstającej energii cieplnej, częściowo dlatego, że pewien procent będzie potrzebny jako ciepło procesowe, a częściowo dlatego, że większość odbiorców ciepła będzie miała bardzo różne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło. W większości przypadków, ze względu na własne zapotrzebowanie biogazowni na ciepło, ilość ciepła, jaką może dostarczyć instalacja, będzie przeciwna do zapotrzebowania na ciepło potencjalnych odbiorców. Celem operatora instalacji może być nie przekształcanie biogazu w energię elektryczną w procesie kogeneracji, ale ulepszenie gazu i wprowadzenie go do sieci gazu ziemnego. Takie zakłady uzyskują większość swoich przychodów z gazu.



Ekonomia małych biogazowych systemów energetycznych

Pozycje kosztowe można zasadniczo podzielić według następującej struktury:

Koszty zmienne

- koszty substratów mogą stanowić do 50% kosztów całkowitych. Jest to szczególnie prawdopodobne w przypadku elektrowni, które wykorzystują wyłącznie uprawy energetyczne i inne powiązane zasoby odnawialne.
- materiały eksploatacyjne - obejmują przede wszystkim energię elektryczną, olej zapłonowy, olej smarowy i olej napędowy, a także folie i worki z piaskiem do przykrycia silosu. W przypadku wprowadzania gazu do sieci, materiały eksploatacyjne obejmują również propan, który jest dodawany do biogazu w celu kondycjonowania gazu.
- konserwacja i naprawy szacowane są na 1–2% kosztów kapitałowych, w zależności od elementu.
- analizy laboratoryjne - profesjonalna kontrola procesu wymaga laboratoryjnej analizy zawartości komory fermentacyjnej.



Ekonomia małych biogazowych systemów energetycznych

Koszty stałe

- Koszty uzależnione od nakładów kapitałowych obejmują amortyzację, odsetki i ubezpieczenie. Odpis amortyzacyjny jest zależny od składnika.
- koszty pracy - ponieważ praca w biogazowni jest na ogół wykonywana przez stałych pracowników i nie ma szczególnych szczytów pracy, koszty pracy można uwzględnić w kosztach stałych. Zakłada się, że czas potrzebny na kontrolę, monitorowanie i konserwację jest funkcją zainstalowanej mocy,
- koszty gruntu - jeśli zakład jest eksploatowany jako zakład komunalny lub komercyjny, należy również uwzględnić dodatkowe pozycje kosztów, takie jak dzierżawa lub czynsz.



Źródło: pixabay.com

Studium przypadku

Opis biogazowni rolniczej o mocy 500 kWe w jednostce doświadczalnej Instytutu Zootechniki PIB Odrzechowa Sp. z o.o.

Biogazownia rolnicza o mocy 500 kWe zlokalizowana w Odrzechowej, gmina Zarszyn, powiat sanocki, województwo podkarpackie.

Dane techniczne:

Nominalna moc elektryczna:

500 kWe

Nominalna moc cieplna:

518 kWt

Produkcja energii elektrycznej
brutto:

4 157 MWh / rok

Produkcja ciepła brutto:

15 817 GJ / rok

Podłączenie do sieci:

linia 15 kV



Źródło: zdjęcie własne

Studium przypadku

Opis obiektów biogazowni:

Komory fermentacyjne

Są to okrągłe, monolityczne, żelbetowe zbiorniki o średnicach wewnętrznych 23,0 mi 26 mi wysokości 6 m, przykryte dachem membranowym stanowiącym zbiornik gazu. Wewnątrz zbiorniki są izolowane w strefie gazowej przed agresywnym wpływem środowiska. Z zewnątrz zbiorniki są izolowane termicznie i przykryte blachą trapezową. Zbiorniki wyposażone są w dwa mieszadła zatapialne o regulowanej wysokości i kącie oraz w instalację grzewczą i rurociągową.

Zbiornik do przechowywania pozostałości pofermentacyjnych

Jest to okrągły, monolityczny, żelbetowy zbiornik o średnicy wewnętrznej 30,0 mi wysokości 6 m. Funkcję zbiornika do przechowywania pozostałości pofermentacyjnych będzie pełnił również w gospodarstwie istniejący zbiornik na gnojówkę. Zbiornik wyposażony jest w dwa mieszadła zatapialne o regulowanej wysokości i kącie oraz instalację rurową

Zbiornik zbiorczy

Jest to okrągły, monolityczny, żelbetowy zbiornik o średnicy wewnętrznej 6,40 mi wysokości 3 m. Zbiornik wyposażony jest w mieszadło zatapialne z regulacją pionową i poziomą oraz w instalację rurową.



Studium przypadku

Silos silo

Silos silo to 3-komorowy, monolityczny zbiornik żelbetowy o wysokości 4,2m, szerokości 30m i długości 50m.

Budynek techniczny i pomieszczenie techniczne pompowni

Budynek techniczny powstał w oparciu o tradycyjną technologię. W budynku znajdują się: pomieszczenie kogeneratora, transformator, sterownia, pomieszczenie techniczne i pokój socjalny. W pomieszczeniu technicznym przepompowni znajdują się sieci ciepłne i technologiczne oraz szafy sterownicze.

Inne elementy technologiczne (niebudowlane) biogazowni to wolnostojące urządzenia stojące na żelbetowych płytach na gruncie.



Źródło: zdjęcie własne

Studium przypadku

Technologia biogazowni:

Technologia obejmuje przetwarzanie substratów pochodzenia roślinnego, takich jak silos z kukurydzy, silos z traw i inne odpady roślinne, a także obornik i gnojowica w różnych proporcjach. Obornik będzie dostarczany bezpośrednio do biogazowni z gospodarstwa. Wszystkie substraty stałe zostaną dostarczone do leja dozującego, skąd zostaną automatycznie przetransportowane do komory fermentacyjnej. Płynne podłoża będą transportowane rurociągiem bezpośrednio do zbiornika odbiorczego. Dozowanie substratów ze zbiornika do procesu produkcyjnego będzie odbywać się automatycznie. Podłoża stałe będą transportowane do urządzenia mieszającego i dozującego, przy czym podłoże stałe będzie mieszane z podłożem ciekłym do postaci nadającej się do pompowania. Jednorodna mieszanina substratów będzie wpompowywana w odpowiednich ilościach i proporcjach do dwóch głównych komór fermentacyjnych. Proponowany system zapewnia prowadzenie procesu technologicznego w dwóch etapach: fermentacji wstępnej i fermentacji wtórnej.



Studium przypadku

Fermentacja zachodzi w dwóch komorach fermentacyjnych. W obu zbiornikach zachodzi proces intensywnej produkcji biogazu. Oba zbiorniki wyposażone są w system grzewczy odpowiedzialny za utrzymanie stabilnej temperatury procesu w zakresie 37-40 ° C. Biogaz powstający w procesie fermentacji poddawany jest odsiarczaniu: w przestrzeni gazowej reaktorów dochodzi do biologicznego procesu odsiarczania polegającego na dozowaniu niewielkich ilości powietrza, co przyczynia się do namnażania się bakterii zmniejszając stężenie siarkowodoru w biogazie . Odsiarczony biogaz przepływa przez ujęcia gazu z komór fermentacyjnych do sieci biogazu, w której jest transportowany do urządzeń sprężających i oczyszczających II stopnia. Obróbka drugiego stopnia polega na odwodnieniu polegającym na kondensacji wilgoci w wyniku obniżenia temperatury gazu. Kondensat z biogazu spływa grawitacyjnie do studzienki kondensatu, skąd jest pompowany do zbiornika na pozostałości pofermentacyjne.



Studium przypadku

Tak przygotowany biogaz kierowany jest do jednostki kogeneracyjnej, gdzie jego energia chemiczna zamieniana jest na energię elektryczną i ciepło. Energia elektryczna jest wykorzystywana na pokrycie potrzeb obiektu oraz do zasilania sieci. Ciepło z kogeneracji ma postać ciepłej wody i jest wykorzystywane na potrzeby obiektu z możliwością wykorzystania na inne cele użytkowe. W przypadku braku wykorzystania całego ciepła z kogeneracji jako wody użytkowej, jego nadmiar kierowany jest do chłodnicy wentylatorowej. Ciecz pofermentacyjna transportowana jest do separatora frakcji stałej nawozu pofermentacyjnego. Frakcja stała zostanie odebrana w zbiorniku, do którego grawitacyjnie spada nawóz stały. Ciekła frakcja nawozu kierowana będzie do zbiornika magazynowego - zbiornika magazynowego pozostałości pofermentacyjnych.

Rodzaj podłoży:

- silosy z kukurydzy w ilości max 2500 Mg / rok,
 - zielone resztki w ilości ok. 600 Mg / rok (w okresie V-VII)
 - trawa w ilości ok. 800 Mg / rok (w okresie VIII-IX)
 - pulpa buraczana w ilości ok. 5000 Mg / rok (ograniczenie silosu z kukurydzy)
- odpady z hodowli zwierząt: obornik bydlęcy w ilości 8300 Mg / rok, gnojowica niesfermentowana w ilości 900 m³ / rok, gnojowica przefermentowana w ilości 4500 m³ / rok.



Źródła i linki

http://www.cire.pl/pliki/2/Mikrogeneracja_Technika.pdf

biogasportal.info - Guide to Biogas From production to use

(https://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/g/u/guide_biogas_engl_2012.pdf)

International Renewable Energy Agency (IRENA) - Measuring small-scale biogas capacity and production

(https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_Statistics_Measuring_small-scale_biogas_2016.pdf)

Organic Fertilizer from Biogas Plants (https://energypedia.info/wiki/Organic_Fertilizer_from_Biogas_Plants)

Fertilizing Potential of Separated Biogas Digestates in Annual and Perennial Biomass Production Systems, Andrea Ehmann, Ulrich Thumm and Iris Lewandowski

(<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2018.00012/full>)

Basic Data on Biogas (<http://www.sgc.se/ckfinder/userfiles/files/BasicDataonBiogas2012.pdf>)

Agrobiogazownia, a collective work edited by K. Węglarzy, W. Podkówka, Instytut Zootechniki PIB, Grodziec Śląski 2010

Biogazownie rolnicze. Opracowanie monograficzne, ed. J. Walczak, Instytut Zootechniki PIB, Kraków 2010

Biogazownie szansą dla rolnictwa i środowiska, dr Alina Kowalczyk-Juśko, FDPA Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa, Warszawa

Mikrogeneracja ciepła i energii elektrycznej w lokalnych systemach zasilania, Radosław Szczerbowski, Politechnika Poznańska, in: „Energia Elektryczna” – January 2011

Budowa i eksploatacja biogazowni rolniczych. Poradnik dla inwestorów zainteresowanych budową biogazowni rolniczych, a collective work edited by A. Myczko, Wydawnictwo ITP, Warszawa-Poznań 2011

Wykorzystanie energii odnawialnych, ed. dr Małgorzata Bereza, Instytut Zootechniki PIB ZD Grodziec Śląski sp. z o.o., Kostkowice 2009

