



Technologie

- * Oczyszczanie ścieków
- * Przetwarzanie osadów ściekowych
- * Biologiczna przeróbka odpadów
- * Odnowa wody
- * Zagospodarowanie wód deszczowych

Badania

- * Badania technologiczne
- * Dobór technologii oczyszczania ścieków i przeróbki osadów ściekowych
- * Dezintegracja osadów ściekowych
- * Reologia osadów ściekowych
- * Techniki membranowe
- * Podatność ścieków i odpadów na rozkład biologiczny

Innowacje

- * Instalacje pilotowe
- * Aparatura badawcza i pomiarowa
- * Modernizacja istniejących instalacji
- * Dezintegracja osadów ściekowych
- * Odzysk substancji i energii ze ścieków i odpadów
- * Kompostowanie
- * Fermentacja odpadów
- * Roślinne oczyszczalnie ścieków

Doradztwo i projektowanie

- * Opracowania projektowe
- * Analizy i oceny techniczne
- * Rozruch i eksploatacja instalacji
- * Operaty wodnoprawne
- * Oceny oddziaływania na środowisko
- * Wnioski o wydanie pozwolenia na wytworzenie odpadów
- * Wnioski o wydanie zezwolenia na prowadzenie działalności w zakresie odzysku lub unieszkodliwiania odpadów

EN4 S.C.

Marcin Janik Mirosław
Początek
Ul.Remizowa 24
43-155 Bieruń

NIP: 6462858795
REGON: 241191690

+48 784 565 904
+48 666 981 678
+48 32 216 22 30
office@en4.pl
www.en4.pl

FERMENTACJA METANOWA

Technologie

Urządzenia

Przykłady

Opracowanie:

Mgr inż. M. Początek

Mgr inż. M. Janik

BIOGAZ

Gaz produkowany przez mikroorganizmy beztlenowe z rozkładanej materii organicznej w procesie fermentacji metanowej. Występuje naturalnie w przyrodzie jako gaz „błotny”, „gnilny”.

W jego skład wchodzi: -40-75% metan; 25-60% di tlenek węgla; do 3 % azot; amoniak; siarkowodór.

PRODUKCJA

Pierwsze wzmianki dotyczące produkcji biogazu pochodzą z Asyrii i Persji (XIV w. p.n.e.) gdzie był on wykorzystywany do ogrzewania wody. Prymitywne instalacje produkujące biogaz z odchodów ludzkich i zwierzęcych były powszechnie stosowane w krajach azjatyckich. Tam też (w Bobaju) w 1859r. powstała pierwsza przemysłowa instalacja. Trzydzieści lat później w Europie Brytyjczycy zastosowali technologię fermentacji do produkcji biogazu z osadów ściekowych. Pierwsza polska taka instalacja powstała w Poznaniu w 1928r. Kryzys energetyczny w latach 70-tych ubiegłego wieku zwiększył atrakcyjność fermentacji metanowej i pośrednio przyczynił się do powstania szeregu nowych technologii. Do połowy lat 90-tych instalacje do fermentacji metanowej przewyższały instalacje tlenowe w ilości przetwarzanych odpadów w Europie. Obecnie wydajność instalacji tlenowych (kompostownie) porównywalna jest z instalacjami beztlenowymi.

Zainteresowanie w ostatnich latach procesami anaerobowymi do unieszkodliwiania odpadów biodegradowalnych staje się coraz większe. Wynika ono z dążenia do wykorzystania odnawialnych źródeł energii w celu zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych. Wzrost produkcji energii pochodzącej z biogazu można tłumaczyć przede wszystkim zmieniającymi się regulacjami prawnymi stanowiącymi z jednej strony zakazy składowania materii organicznej, z drugiej – dającymi korzyści z wytwarzania energii ze źródeł odnawialnych.

Produkcja biogazu nie ogranicza się do stabilizacji osadów ściekowych, ale dotyczy również ścieków o wysokim ładunku substancji organicznej oraz odpadów organicznych.

SUBSTRATY

Do odpadów ulegających biodegradacji zalicza się organiczne odpady pochodzenia komunalnego z gospodarstw domowych oraz obiektów użyteczności publicznej. Znaczącym źródłem odpadów ulegających biodegradacji są również różne gałęzie przemysłu.

SUROWCE POCHODZENIA ROLNICZEGO.

Najbardziej powszechnym odpadem z gospodarki rolnej i przez to łatwym do pozyskania jest gnojowica oraz słoma. Ta pierwsza jest mieszaniną kału i moczu zwierząt gospodarskich. Ze względu na wysokie uwodnienie i znaczącą zawartość związków azotu nie nadaje się jako samodzielny składnik fermentacji. Jednakże doskonale uzupełnia się z suchą i wysoko-węglową słomą. Pozostałe dostępne materiały jak np. kiszonka kukurydzy, kiszonka traw, odpadowe ziemniaki, odpadowe zboże stanowią znacznie lepszy surowiec do produkcji biogazu jednakże ze względu na ich wykorzystanie w hodowli zwierząt są znacznie trudniejsze do pozyskania. Poniższa tabela przedstawia możliwości produkcyjne biogazu z tony związków organicznych zawartych w odpadach.

Surowiec	Zawartość wody [%]	Biogaz [m3/Mg s.m.o.]
Gnojowica trzoda	90-97	300-700
Gnojowica bydło	88-95	200-500
Obornik trzoda	65-90	170-350
Obornik bydło	67-87	210-300
Słoma	4-27	150-350
Siano	8-14	500-580
Kiszonka traw	75-80	550-620
Kiszonka kukurydzy	65-80	450-700
Zboże	65-70	550-680
Koniczyna	-	445
Trzcina	-	314
Janowiec	-	446

SUROWCE Z PRZEMYSŁU SPOŻYWCZEGO.

Możliwe do pozyskania odpady z przetwórstwa spożywczego charakteryzuje wysoka zawartość białek, węglowodanów i tłuszczu. Te ostatnie zasługują szczególnie na uwagę ze względu na wysoką ilość pozyskiwanego biogazu. Różnorodność przemysłu spożywczego stwarza możliwości pozyskania właściwych surowców w okresie całego roku. Wadą tego źródła jest zwiększone prawdopodobieństwo, że materiał będzie zanieczyszczony toksycznymi odpadami przemysłowymi. Należy również pamiętać, że sam substrat wymagać będzie specjalnych procedur postępowania jak np. odpady poubojowe.

Surowiec	Zawartość wody [%]	Biogaz [m3/Mg s.m.o.]
Wytłoki owoców	62-88	590-660
Odpady browarniane	55-80	580-750
Odpady z gorzelni	73	300-700
Melasa z cukrowni	10-20	360-490
Odpady rzeźnicze	10-95	200-1200
Padlina drobiu	65	500-630
Pióra	75	200
Odpady -tłuszcze	30-98	700

BIOODPADY KOMUNALNE

Zmieszane odpady komunalne są potencjalnym surowcem jednakże wymaga on przetworzenia w sortowni odpadów. Sortowanie jest kosztowne, dlatego idealnym rozwiązaniem byłaby segregacja odpadów u źródła. Jakość zbieranych odpadów kuchennych, ogrodowych zależy od edukacji i poziomu świadomości społecznej mieszkańców. Doświadczenia, szczególnie krajów zachodnich wskazują, że segregacja wstępna jest możliwa i odpady organiczne z gospodarstw domowych, stanowią główne źródło surowca nowoczesnej biogazowni.

Kolejne źródło biomasy stanowią miejskie tereny zielone. Trawa, liście to doskonałe uzupełnienie mieszanki z przesiewem z sortowni. Element ryzyka stanowią mogą w tym przypadku stężenia metali ciężkich. Miejsca wysoko zurbanizowane, jak główne drogi, czy okolice zakładów przemysłowych, są potencjalnie nimi zanieczyszczone. Wsad skażonego surowca z takich terenów może uczynić nieprzydatnym fermentat poreakcyjny, czy nawet zahamować sam proces fermentacji.

Innym powszechnie dostępnym odpadem są nie przefermentowane osady ściekowe. Pewne, całoroczne dostawy i wysoka zawartość związków organicznych czynią z nich bardzo atrakcyjny surowiec. Jednakże, podobnie jak surowce zielone, jeżeli ścieki mieszane są ze ściekami przemysłowymi, ich osady mogą zawierać znaczne ilości toksyn.

Materiałem, na który należy również zwrócić uwagę są odpady papierowe. W ilościach pozyskiwanych z terenów komunalnych stanowią one właściwie uzupełnienie wsadu reaktora, podnosząc parametry produkcyjne biogazu. Dla ograniczenia kosztów, zalecane jest łączne pozyskiwanie tego surowca z bioodpadami domowymi. Należy się wystrzegać papieru w pełni zadrukowanego, jak np. kolorowe czasopisma - farba drukarska to potencjalne źródło metali ciężkich.

Surowiec	Zawartość wody [%]	Biogaz [m ³ /Mg s.m.o.]
Zmieszane odpady komunalne	35-45	100-200
Odpady kuchenne	50-60	150-500
Papier	25-30	260
Odpady zielone	20-75	200-500
Liście	20	100-300
Osady ściekowe	70-80	400-600
Odpady z handlu	80-85	400-600

CHARAKTERYSTYKA PROCESU

PRZEBIEG PROCESU

Fermentacja metanowa jest złożonym procesem biochemicznym, w którym biorą udział różne grupy bakterii. W uproszczony sposób, przebieg procesu można przedstawić jako cztery fazy przemian biochemicznych:

- hydrolityczna
- zakwaszania
- octanogenna
- metanogenna

Powyższe fazy współzależą od siebie i w projektowanym układzie przebiegać będą symultanicznie. Implikuje potrzebę ścisłej kontroli fauny bakteryjnej. Można to uzyskać kontrolując parametry procesu.

PARAMETRY PROCESOWE

TEMPERATURA

Produkcję biogazu można prowadzić w trzech zakresach temperatur: psychrofilowym (od 5-25 st. C), mezofilowym (25-45 st. C) oraz termofilowym (45-60 st. C) –jednakże w praktyce technologie oparte są na dwóch ostatnich.

OBCIĄŻENIE ŁADUNKIEM BIOMASY.

Mikroorganizmy fermentacji metanowej potrzebują określonego czasu do namnażania się i prowadzenia procesu. W praktyce jest to średni czas zatrzymania masy w reaktorze (hydrauliczny czas zatrzymania). Wartości tego parametru zostały określone na podstawie wieloletnich badań i są zależne od formy i rodzaju prowadzonego procesu.

ROZDROBNIENIE BIOMASY

Zwiększenie powierzchni cząstek wprowadzanych do reaktora, umożliwia większy kontakt mikroorganizmów z substratem i w konsekwencji przyspiesza proces. Ponadto ze względów technologicznych (możliwości urządzeń transportujących) większość technologii suchych limituje przyjmowanie odpadów do wielkości 4 cm.

ODCZYN PH

Parametr ten ma szeroki wpływ na prowadzenie fermentacji-wpływa na rozpuszczalność związków chemicznych, decyduje o rozwoju mikroorganizmów. O wartości pH decydują słabe kwasy i słabe zasady tworząc zdolność buforową optymalną dla prowadzenia fermentacji (zakres 6,8-7,4).

NUTRIENTY

Podstawowe składniki budulcowe mikroorganizmów składają się z węgla, azotu, fosforu i potasu. By zapewnić optymalny ich rozwój konieczne jest dostarczenie tych składników w odpowiednich proporcjach.

WODÓR

Ciśnienie tego gazu (będącego substratem do produkcji metanu), limituje przebieg reakcji jego powstawania. Stąd dla zachowania przebiegu procesu musi być zachowana równowaga pomiędzy produkcją wodoru a jego zużywaniem.

INHIBITORY PROCESU

TLEN

Bakterie metanogenne są bezwzględnymi beztlenowcami i nawet najmniejsze ilości tlenu (0,01 mg/l) wstrzymują ich rozwój.

KATIONY METALI Z I I II GRUPY UKŁADU OKRESOWEGO.

Pierwiastki te będące substancjami odżywczymi w nadmiernej ilości przejawiają działanie toksyczne. Zjawisko to zachodzi jedynie dla form jonowych. Intensywność oddziaływania uzależniona jest od stężenia jak również od kombinacji ich występowania z innymi kationami.

METALE CIĘŻKIE

Formy jonowe tych metali wykazują silne działanie toksyczne dla mikroorganizmów poprzez blokowanie istotnych enzymów metabolicznych. Wartości stężeń działających toksycznie, mogą być różne w zależności od szczegółowych warunków roztworu.

AMONIAK

W wyniku rozkładu związków bogatych w białka powstają znaczne ilości amoniaku. Jego nadmiar jest toksyczny dla bakterii – blokuje enzymy syntezujące metan, zakłóca procesy wewnątrzkomórkowe.

SIARKOWODÓR

Swoje źródło siarka podobnie jak azot ma w związkach białkowych. W wyniku ich rozkładu jak również w wyniku redukcji siarczanów powstaje siarkowodór. Jego nadmiar szczególnie w formie cząsteczkowej przejawia działanie inhibitujące (25-50 mg/l) i toksyczne (>200 mg/l).

SOLE MINERALNE

Pomimo, iż stwierdzono produkcję metanu w wodach naturalnie silnie zasolonych (bakterie halofilne) to nagły wzrost stężenia soli spowoduje wstrzymanie procesu. Dla NaCl wartością inhibitującą jest 30 mg/l.

TOKSYCZNE ZWIĄZKI ORGANICZNE

Kolejna grupa substancji mogących ograniczać produkcję biogazu to złożone związki organiczne takie jak detergenty, pestycydy, rozpuszczalniki, leki. W zależności od ich stężenia w substracie, wprowadzenie ich poprzez odpady komunalne, osady ściekowe bądź przez biomasę z upraw rolniczych może doprowadzić do obumarcia wrażliwych bakterii metanowych.

INSTALACJA

PRZYGOTOWANIE WSADU

Mechaniczna przeróbka odpadów jest elementem nieodzownie związanym z procesem przetwarzania odpadów biologicznych. Celem jej stosowania jest usunięcie z odpadów elementów niepodatnych na biologiczny rozkład, jak również dostosowanie wsadu do wymagań technologicznych danej instalacji.

Pierwszą grupą urządzeń stanowią separatory segregujące strumień odpadów. Są to sita bębnowe lub wibracyjne, separatory optyczne, separatory metali.

Druga grupa urządzeń zajmuje się głównie do zmniejszeniem wielkości cząstek. Do rozdrabniania materiałów twardych, czy też podatnych na rozwłóknienie najbardziej odpowiednie są młyny młotkowe, jak również kruszarki udarowe. Dla materiałów miękkich i ciągliwych można zastosować rozdrabniarki nożowe. Rozwiązaniem uniwersalnym są młyny bębnowe.

REAKTOR

W miarę rozwoju technik fermentacji ewoluowały różne typy prowadzenia procesu. Przykładowo większość metod prowadzi fermentację w jednym reaktorze, jednakże bardziej wyrafinowane technologie stosują rozdział faz fermentacji. Inny podział klasyfikuje pod względem mieszania materiału: mieszadłem mechanicznym, poprzez wtryskiwanie gazu, poprzez przepompowanie recyrkulatu. Dla fermentacji odpadów komunalnych istotnym jest podział na technologie mokre i suche, jak również na technologie termofilowe i mezofilowe.

ZAGOSPODAROWANIE BIOGAZU

Końcowym elementem instalacji do fermentacji metanowej jest ujęcie i zagospodarowanie powstającego biogazu. Ten etap jest częściowo zależny od technologii, jaka będzie zastosowana do produkcji biogazu. W szczególności wymiarowanie zbiornika oraz ewentualnych generatorów gazowych będzie podyktowane sposobem eksploatacji komory fermentacyjnej. Pozostałe elementy, jak system oczyszczania czy ujmowania pozostają standardowe dla większości instalacji.

UJĘCIE BIOGAZU

Ze względu na swoje gazowe właściwości metan zbiera się w najwyższym miejscu reaktora tam też poprzez króciec z kołnierzem montowane jest ujęcie. Ujęcie, oprócz funkcji odprowadzania biogazu może też spełniać rolę filtracyjną, np. poprzez złożę do awaryjnego wyłapywania piany.

FILTRACJA CZĄSTEK STAŁYCH

Ujmowany biogaz niesie ze sobą zanieczyszczenia cząstki biologiczne, kurz. Dla prawidłowej pracy urządzeń gazowych konieczne jest usunięcie tych zanieczyszczeń. Zabezpieczenie przed pianą to montowane najczęściej w dzwonie gazowym złożę z gaszeniem piany zraszaczami. Dokładne

usunięcie pozostałych cząstek możliwe jest w wydzielonych komorach filtrów: polipropylenowych, żwirowych czy świecowych.

ODSIARCZANIE

Szczególnie uciążliwym zanieczyszczeniem produkowanego w procesie fermentacji metanowej gazu jest siarkowodór. Ma on właściwości silnie korozyjne, niekorzystnie wpływając na eksploatację urządzeń do spalania biogazu, jak i rurociągów, armatury. Producenci tych urządzeń najczęściej podają zalecane stężenia siarkowodoru, są one zależne od jakości sprzętu i zastosowanych rozwiązań technicznych.

Istnieje wiele technologii odsiarczania począwszy od tradycyjnych stosowanych od lat, jak złoża rudy darniowej, a skończywszy na chronionych prawem patentowym technologiach np.: BIOSULFEX. Pod względem technologicznym odsiarczanie można podzielić na suche, mokre i biologiczne.

OSUSZANIE BIOGAZU

Biogaz szczególnie w systemach fermentacji mokrej oraz po wodnych procesach uzdatniania zawiera duże ilości pary wodnej. Wytrącanie wody następuje na całej długości linii gazowej i jest ujmowane w wykrapłaczach lub na filtrach.

MAGAZYNOWANIE

Zbiorniki gazowe pod względem eksploatacji można podzielić na dwie grupy: ciśnieniowe i bezciśnieniowe.

Rozwiązanie bezciśnieniowe to stalowa konstrukcja zbiornika w której zamocowana jest koncentrycznie elastyczna powłoka. Dopływający gaz swobodnie rozszerza membranę. Dla jego usunięcia potrzebne są dmuchawy gazowe. Zaletą tych zbiorników jest prosta konstrukcja i nieskomplikowana eksploatacja.

W zbiornikach ciśnieniowych magazynowany gaz jest poddawany czynnikowi sprężającemu. W przypadku konstrukcji typu mokrego jest to kopuła lub zespół kopuł. W przypadku powłok membranowych obciążnik na szczycie lub sprężanie gazu dmuchawami.

Klasyfikując pod względem konstrukcyjnym można wyróżnić zbiorniki tzw. mokre (z zamknięciem wodnym) i membranowe.

Rozwiązanie typu mokrego przedstawia się następująco: część dolna wypełniona jest wodą (basen) i stanowi zamknięcie gazowe zbiornika. Część górna wykonana jest z blachy stalowej i unosi się na powierzchni basenu. Pod wpływem napływającego gazu dzwon podnosi się a zamknięcie syfonowe wokół jego brzegów zapewnia szczelność gazową.

Istotą zbiorników membranowych jest powłoka (układ powłok) z tworzywa poliestrowego. Część zewnętrzna utrzymuje swój kształt (kuli) dzięki sprężonemu powietrzu. Powłoka wewnętrzna napęlnia się swobodnie napływającym gazem. Wadą jest konieczność stałej pracy sprężarek dla

utrzymania kulistego kształtu. Ze względu na niskie koszty inwestycyjne, zbiornik membranowy jest rekomendowanym rozwiązaniem w większości przypadków.

W przypadku małych objętości produkowanego gazu, trafnym rozwiązaniem mogą być zbiorniki poduszkowe. Zamiast membran składają się z połączonych szeregowo komór (poduszek) z tworzywa. Wyposażone w korpus prowadzący, skrzynki balastowe i blaszaną obudowę. Produkowane w modułach do 500 m³.

UZDATNIANIE

Niektóre metody wykorzystania biogazu wymagają polepszenia jego właściwości. Służy temu proces uzdatniania.

Metan stanowi 40- 60 % całej objętości gazu-pozostałe niepalne składniki, mogą zostać usunięte lub zredukowane do minimalnego poziomu. Powszechnie dostępne techniki to:

- selekcja membranowa;
- adsorpcja zmiennociśnieniowa PSA;
- absorpcja na płuczce wodnej;
- absorpcja na płuczce z cieczą selexol.

WYKORZYSTANIE BIOGAZU

Decydującym czynnikiem o rentowności projektowanej instalacji jest sposób wykorzystania produkowanego biogazu. Dla małych przepustowości rozwiązanie powinno być możliwie najprostsze dla uniknięcia wysokich kosztów inwestycyjnych. Przy większych inwestycjach, czynnik efektywności jest elementem decydującym.

SPALANIE BIOGAZU

Odzysk energii poprzez spalanie biogazu pozwala osiągnąć następujące korzyści:

- uzyskanie ciepła technologicznego do np.: podgrzewania wsadu reaktora, osuszania biogazu;
- uzyskanie ciepła na potrzeby C.O.;
- wytworzenie energii elektrycznej na potrzeby własne bądź eksport do sieci energetycznych;
- wytworzenie energii mechanicznej do bezpośredniego napędu urządzeń.

Pod względem ekonomicznym najlepszym rozwiązaniem jest tzw. kogeneracja –produkcja energii z odzyskiem ciepła. Istotą takich układów jest w pierwszej kolejności napędzanie generatorów a dopiero następnie odzysk energii cieplnej ze spalin oraz wody chłodzącej. By układ był opłacalny zapotrzebowanie na ciepło powinno zachodzić przez cały rok.

Opcjonalnym rozwiązaniem może być również bezpośrednie wykorzystanie energii mechanicznej z pominięciem generacji prądu. Generator gazowy tłoczy powietrze do zbiornika ciśnieniowego, gdzie jest ono magazynowane i wykorzystywane w miarę potrzeb w sprężarce rozruchowej. Przyjmuje się, że takie rozwiązanie jest o 15% efektywniejsze od wytwarzania prądu do napędu maszyn elektrycznych.

PRZESYŁ BIOGAZU DO SIECI

Ta metoda zagospodarowania wytwarzanego gazu niesie ze sobą konkretne korzyści. Pierwszą są stosunkowo niższe koszty inwestycyjne - w porównaniu z zakupem generatorów biogazowych, instalacja do uzdatniania nie jest tak kosztowna. Kolejna wynika z ograniczenia strat samej energii - podczas generacji prądu. Wydzielająca się wtedy energia cieplna, jest w większości tracona - biogazownie lokalizowane są na terenach rolniczych z dala od osiedli mieszkaniowych czyli potencjalnych odbiorców.

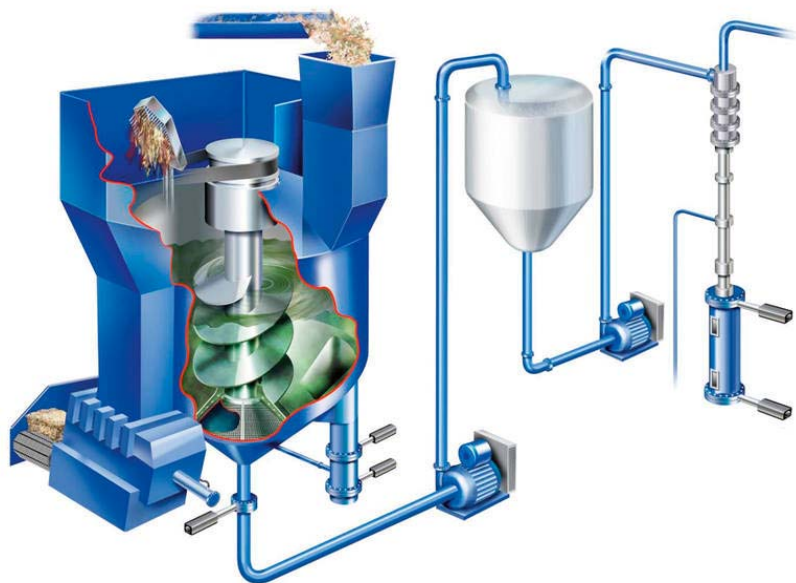
Biogaz musi zostać odsiarczony, uzdatniony i poddany oznakowaniu, by spełnić wymogi gazu sieciowego.

WYKORZYSTANIE BIOGAZU JAKO PALIWO NAPĘDOWE (CNG)

Alternatywnym rozwiązaniem, w przypadku braku możliwości wtłaczania biogazu do sieci gazowej jest jego sprężanie jako paliwo CNG. Biogaz przetworzony w podobny sposób jak dla wtłaczania gazu do sieci, klasyfikowany jest jako biometan, który po sprężeniu może stanowić paliwo CNG. Chemicznie biometan jest identyczny z metanem natomiast sposób pozyskiwania sprawia, że jest najbardziej ekologicznym paliwem napędowym.

BTA INTERNATIONAL NIEMCY

Technologia wieloetapowa, oparta na wstępnej obróbce odpadów. Kluczowym elementem są urządzenia do hydromechanicznej separacji „pulper” (BTA® Waste Pulper) oraz system usuwania piasku (BTA® Grit Removal System) (Rys.1)



Rys. 1. BTA® pulper oraz system usuwania piasku.

Zmieszane odpady wprowadzane są do wody procesowej, gdzie wykorzystując zjawisko flotacji i sedymentacji oddzielana jest frakcja lekka (plastiki, folie, tekstylia, drewno, itp.) od ciężkiej (kamienie, kości, baterie itd.). Pulper dzięki siłom tnącym rozdrabnia substancje nierozpuszczalne, tworząc zawiesinę organiczną. Kolejny etap to usunięcie piasku i drobnych zanieczyszczeń metodą hydrocyklonu. Do fermentatora, poprzez zbiornik wyrównawczy, kierowana jest już tylko zawiesina organiczna zawarta w wodzie procesowej.

Opcjonalnie proces może przebiegać dwufazowo z rozszerzeniem o zbiornik do hydrolizy. Kierowane do niego są odpady wydzielone na etapie wstępnym i przetrzymywane przez 2-3 dni, w tym czasie rozpuszczeniu ulegają pozostałe związki organiczne. Po odwodnieniu, filtrat podawany jest do reaktora fermentacyjnego.

Woda procesowa jest recykulowana a nadmiar odprowadzany do oczyszczalni ścieków, fermentat poddawany stabilizacji tlenowej-kompostowaniu.

ZALETY, WADY

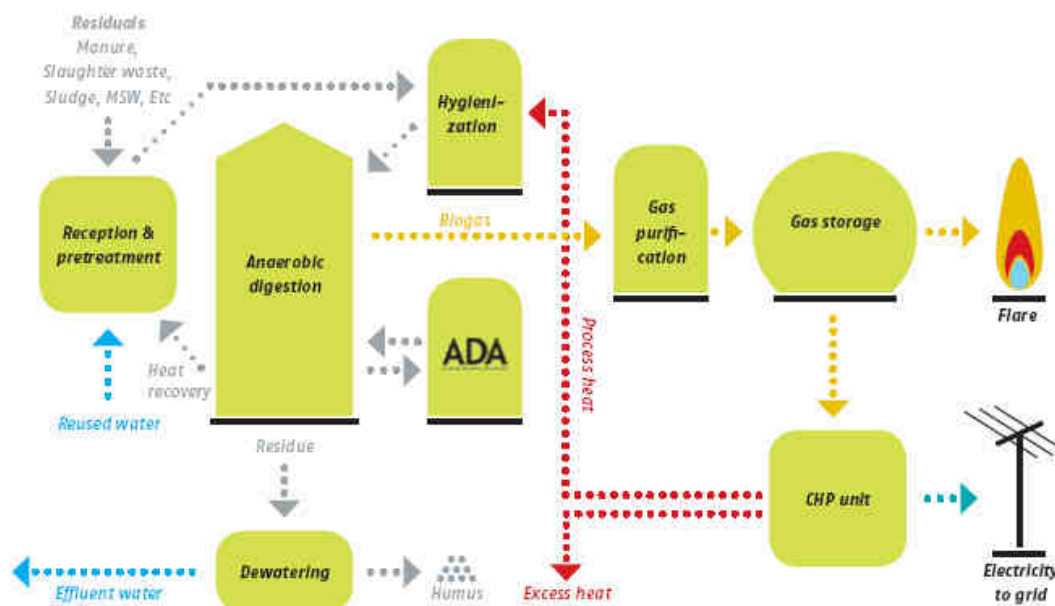
- Wysoka zdolność dostosowawcza do zmiennej jakości odpadów
- Wysoka wydajność usuwania zanieczyszczeń nie nadających się do fermentacji już na samym początku procesu
- Ponad 90 % materii organicznej z odpadów kierowana jest do reaktora
- Kompaktowe wykonanie
- Wysokiej jakości produkt końcowy
- Energochłonny proces obróbki wstępnej
- Konieczność zagospodarowania wód poprocesowych
- Duża ilość urządzeń mechanicznych –możliwe wysokie koszty serwisowe

REFERENCJE

Technologia zastosowana pierwszy raz w 1991 roku. Do chwili obecnej istnieje ponad 40 instalacji. Najbliżej w Zakładzie Unieszkodliwiania Odpadów Komunalnych w Puławach, gdzie zawiesina z odpadów jest fermentowana łącznie z osadami ściekowymi.

PRESECO ADA FINLANDIA

Technologia wymaga przygotowania zawiesiny procesowej, konieczna jest wstępna obróbka odpadów (usunięcie frakcji lekkiej, ciężkiej, rozdrabnianie). Właściwy proces jest wielostopniowy (rys. 2). Pierwszy etap to higienizacja – wysoka temperatura zabija organizmy niebezpieczne dla zdrowia i jednocześnie powoduje rozbicie i rozdrobnienie zawiesiny. Zwiększa to dostępność związków organicznych dla mikroorganizmów procesowych i tym samym zwiększa wydajność fermentacji. Jednak istotą tej technologii jest reaktor główny, zespólny z jednostką ciśnieniową –akceleratorem fermentacji ADA.



Rys. 2. Proces ADA

Zasada działania akceleratora jest następująca: zwiększone ciśnienie rozpuszcza dwutlenek węgla, powstały w wyniku tego kwas octowy reaguje z grupą hydroksylową tworząc jon wodorowęglanowy. Obniża się pH a to zmienia proporcje amoniaku pomiędzy formą cząsteczkową, a jonową na korzyść tej drugiej. Następnie jony amonowe reagują z jonami wodorowęglanowymi i powstaje NH_4HCO_2 . Związek ten w efekcie zwiększa pojemność buforową cieczy i czyni przez to proces odpornym na nagłe zmiany pH, wynikłe z wprowadzanych odpadów.

Stała recyrkulacja pomiędzy jednostką główną a akceleratorem ADA, zapewnia stabilność warunków rozwojowych dla szczególnie wrażliwych organizmów jakimi są bakterie metanowe.

Fermentat jest odwadniany mechanicznie a następnie kompostowany. Woda poprocesowa recyrkulowana a nadmiar kierowany do oczyszczalni ścieków.

ZALETY, WADY

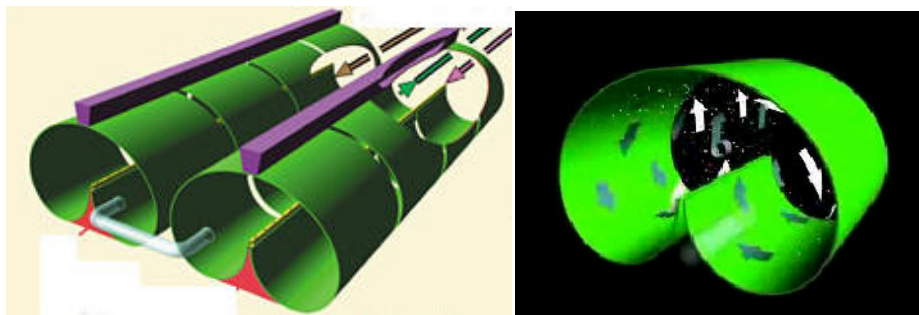
- Zaawansowana technologia oparta o zjawiska występujące naturalnie w przyrodzie
- Wykonanie modułowe –prosta dostawa
- Wysoka odporność na wahania jakości dostarczanych odpadów (pH)
- Energochłonny proces obróbki wstępnej
- Konieczność zagospodarowania wód poprocesowych
- Duża ilość urządzeń mechanicznych –możliwe wysokie koszty serwisowe
- Stosunkowa nowa technologia (od 2005)

REFERENCJE

Technologia nowa zastosowana w 2005 roku w Danii. Firma Preseco znana m.in. z kompostowni (Kościerzyna, Jelenia Góra).

ORGANIC POWER MALTIN SYSTEM ANGLIA

Elementem kluczowym tego rozwiązania jest zestaw reaktorów w formie ergonomicznych zbiorników (rys.3). Mieszanie następuje na skutek recyrkulacji gazu oraz poprzez dostarczane centralnie ciepło, które konwekcyjnie wspomaga cyrkulację wewnątrz zbiornika. Proces fermentacji prowadzony jest z rozdziałem faz, na poszczególne zbiorniki. Przepływ tłokowy jest łatwy w regulacji i daje pewność, że czas każdej fazy będzie wystarczający. Ze względów konstrukcyjnych zestaw zbiorników zanurzony jest w stawie.



Rys. 3. Zbiorniki Maltin System.

Wystarczająco długi czas zatrzymania sprawia, że fermentat po odwodnieniu jest na tyle ustabilizowany, że nie potrzebuje dalszej obróbki. Przygotowanie wsadu oraz zagospodarowanie fermentatu podobnie jak w w/w technologiach.

ZALETY, WADY

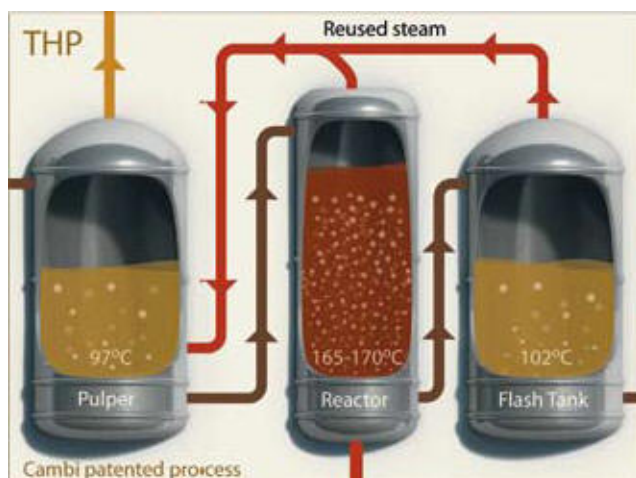
- Innowacyjna technologia konkurencyjna do istniejących na rynku
- Rozwiązanie takie eliminuje koszty inwestycyjne związane z budową naziemnych zbiorników
- Wszelkie nieszczelności są natychmiast zauważalne
- Siły hydrostatyczne równomiernie przenoszą obciążenia obniżając awaryjność zbiorników
- Znikome zagrożenie ze strony konstrukcyjno-budowlanej
- Woda w której zanurzony jest zbiornik utrzymuje stałą temperaturę i w okresie letnim dodatkowo ogrzewa reaktor
- Brak elementów podatnych na korozję
- Brak elementów mechanicznych –przypuszczalnie niskie koszty eksploatacyjne
- Po odwodnieniu, fermentat gotowy do bezpośredniego wykorzystania
- Energochłonny proces obróbki wstępnej
- Konieczność zagospodarowania wód poprocesowych
- Brak instalacji komercyjnych

REFERENCJE

Od 2002 r. zbiorniki Maltin System zainstalowane są w siedzibie spółki, gdzie ta technologia jest sukcesywnie rozwijana.

CAMBI NORWEGIA

Istotą tej technologii jest termiczna hydroliza wstępna (THP). W tym procesie materia organiczna zanim jeszcze trafi do fermentatora, poddawana jest temperaturze 165-170°C. Wysoka temperatura i ciśnienie powoduje rozkład błon komórkowych i uwolnienie związków organicznych do cieczy procesowej, która staje się łatwoprzyswajalną pożywką dla bakterii metanogennych. Dodatkowo usuwa to wszelkie patogeny co pozwala na przetwórstwo odpadów poubojowych.



Rys. 4. Opatentowana technologia hydrolizy wstępnej THP firmy Cambi.

Zespół reaktorów THP składa się z trzech zbiorników - Rys.4. W pierwszym, recyrkulowana para podgrzewa wstępnie zawiesinę organiczną do 97 °C a zbierany gaz kierowany jest przed fermentator. W drugim podgrzewanym parą bezpośrednio z kotłowni, temperatura sięga 170 °C a ciśnienie 6 barów. Czas zatrzymania reaktora THP to około 20-30 min. Ostatni zbiornik pełni funkcję przejściową, rozprężającą -102 °C i 2-3 bary, z niego też zawracana jest para na początek układu. Po wyjściu z układu THP temperatura zawiesiny obniżana jest do temperatury roboczej reaktora fermentacyjnego przez wymiennik ciepła.

Zestaw technologiczny obejmuje standardową obróbkę wstępną (bębny, sita, separatory) i końcową (wirówki) odpadów. Fermentat jest po procesie pasteryzacji i praktycznie może być bezpośrednio aplikowany do gleby.

ZALETY, WADY

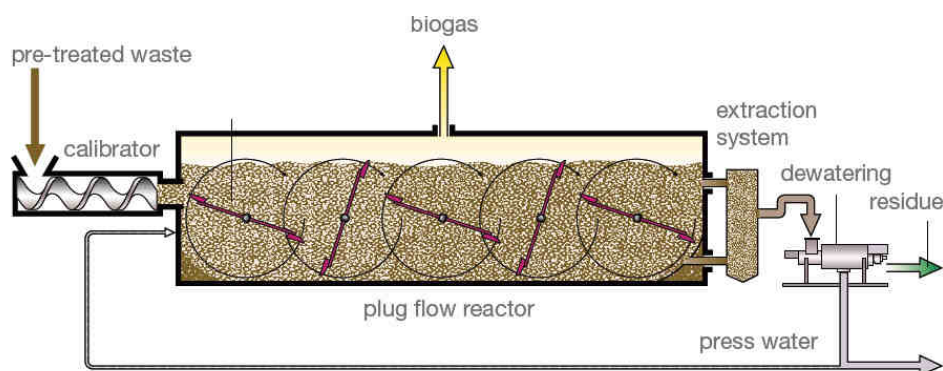
- Konsumpcja energii ok 20%
- Wysokie obciążenie reaktora bez efektów ubocznych (np. pienienia)
- Wysoka wydajność
- Spełnianie wymagań sanitarnych dla odpadów pochodzenia zwierzęcego II i III kategorii
- Po odwodnieniu, fermentat gotowy do bezpośredniego wykorzystania
- Energochłonny proces obróbki wstępnej
- Konieczność zagospodarowania wód poprocesowych
- Duża ilość urządzeń mechanicznych –możliwe wysokie koszty serwisowe

REFERENCJE

Proces THP jest szeroko stosowany przy przeróbce osadów ściekowych (około 17cie jednostek na całym świecie). W przeróbce odpadów komunalnych i organicznych stosowany od 2001 roku (2 zakłady w Norwegii).

STRABAG LARAN (LINDE) NIEMCY

Proces jednofazowy, tolerujący zawartość suchej masy do 45%. Reaktor ułożony poziomo (rys.5) o przepływie materiału typu tłokowego (czas zatrzymania dla zadanego obciążenia jest równy czasowi hydraulicznego zatrzymania układu).



Rys. 5.Reaktor o przepływie tłokowym.

W solidną konstrukcję żelbetową wbudowane jest kilka poprzecznych mieszadeł uniemożliwiających sedimentację jak również powstawanie kożucha na powierzchni. Podawanie mieszaniny przez regulowany dozownik ślimakowy. Fermentat poddawany jest odwodnieniu i stabilizowany tlenowo. Producent zapewnia o łatwym dostępie serwisu do części mechanicznych.

ZALETY, WADY

- Wykonanie kompaktowe
- Powolny przepływ i mieszanie -małe straty energetyczne
- Łatwa regulacja obciążenia poprzez stopień napełnienia reaktora
- Wydajność zależy od jakości wsadu
- Duża ilość urządzeń mechanicznych –możliwe wysokie koszty serwisowe

REFERENCJE

Pierwsza instalacja z tą technologią powstała w 1994 roku. Od tego czasu działa już kilkanaście reaktorów LARAN w Europie.

KOMPOGAS SZWAJCARIA

Podobnie j/w proces jednofazowy prowadzony w jednym poziomym reaktorze o przepływie tłokowym. Jednakże w tym przypadku reaktor ma konstrukcję cylindryczną (opcjonalnie wykonanie stalowe albo żelbetowe) a mieszanie następuje poprzez osiowo ułożone wirniki (rys. 6). Dostarczane odpady po obróbce wstępnej, składowane są w magazynie pośrednim skąd są równomiernie podawane do miksera przygotowującego wsad. Po przejściu przez wymienniki ciepła, tak przygotowana masa trafia do fermentatora na okres około 14 dni. W zależności od obróbki wstępnej układ może być stosowany również do odpadów zmieszanych. Fermentacja może przebiegać mezo jak i termofilowo.



Rys. 6. Reaktor Kompogas.

Fermentat poddawany 3-4 tygodniowemu kompostowaniu (w zamknięciu), następnie 1-2 tygodniowej stabilizacji w pryzmach.

ZALETY, WADY

- Wykonanie modułowe-latwe do rozbudowy
- Opłacalne również przy małych układach
- Znaczna część konstrukcji do wykonania na miejscu przez lokalne firmy (zapewnienie producenta)

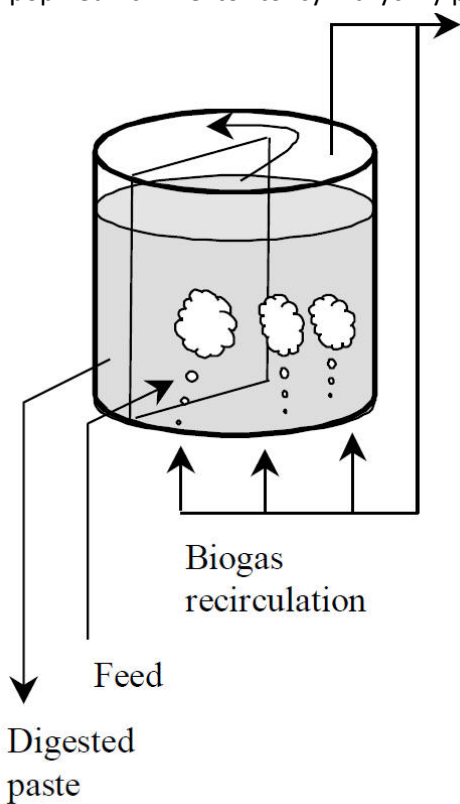
- Powolny przepływ i mieszanie - małe straty energetyczne
- Mechanizmy ulegające zużyciu na zewnątrz reaktora
- Wydajność zależy od jakości wsadu
- Wymaga precyzyjnego obciążenia (za małe powoduje osadzanie się inercji, za wysokie straty na tarcu)

REFERENCJE

Ponad 50 instalacji na całym świecie w tym 17 procesujące odpady organiczne pochodzenia komunalnego. Pierwsza instalacja pracuje od 12-tu lat.

VALORGA FRANCJA

Kolejna jednofazowa technologia o przepływie tłokowym, jednakże konstrukcyjnie odmienna od poprzednich. Reaktor to cylindryczny pionowy zbiornik ze ścianą działową (2/3 średnicy) która spełnia



zadanie deflektora - ma wymusić przepływ mieszaniny w zadanym kierunku (rys.7).

Odpady po przesortowaniu trafiają do miksera gdzie następuje podgrzewanie parą oraz mieszanie z recyrkulatem, dodawana jest również woda procesowa aby uzyskać gęstość umożliwiającą przepływ (35% suchej masy). Dopływ w fermentatorze jest wprowadzony z jednej strony deflektora natomiast odpływ z drugiej wymuszając przepływ przez całą objętość. Mieszanie następuje przy pomocy pulsacyjnych (co 15 min) wtrysków recyrkulowanego sprężonego biogazu. Czas zatrzymania to około 30 dni.

Fermentat odwadniany jest w prasach śrubowych, zagęszczany vibracyjnie, a następnie kierowany do dwustopniowych wirówek. Tam następuje filtrowanie z dodatkiem polimerów między stopniami. Finalnie, stabilizowany tlenowo -kompostowany (2 tygodnie przy 40 stopniach C). Odciek kierowany do recyrkulacji a nadmiar do oczyszczalni.

Rys. 7. Reaktor Kompogas.

ZALETY, WADY

- Prosty system mieszania
- Wysoka wydajność i jakość produkowanego gazu (recyrkulacja gazu)
- Wydajność zależy od jakości wsadu
- Konieczność stosowania wód procesowych i ich późniejszej utylizacji
- Wymaganie niskiej gęstości materiału (min. 35% SM)

REFERENCJE

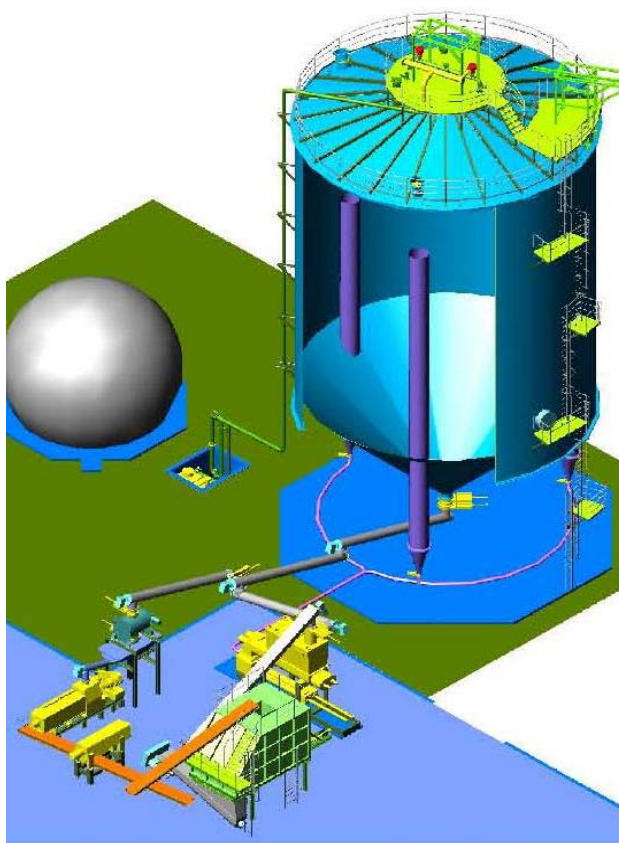
Firma zajmuje się anaerobowym przerobem odpadów od lat 80tych. Do tej pory powstało kilkanaście instalacji z wykorzystaniem technologii VALORGA - większość na terenie Europy.

OVS DRANCO BELGIA

Podobnie do francuskiego, reaktor Dranco ma kształt pionowego cylindrycznego zbiornika (rys. 8). Jednakże system ten dzięki innowacyjnemu rozwiązaniu mieszania przyjmuje odpady o uwodnieniu nawet do 50% suchej masy.

Przesegregowane odpady (40 mm) po stopniu obróbki wstępnej, trafiają do zbiornika pomiarowego gdzie następuje określenie proporcji do recyrkulacji (1:8, 1:6) a część kierowana jest poza układ do kompostowania (w celach technologicznych). Główny strumień kierowany jest do miksera gdzie następuje intensywnie mieszanie z recyrkulem i podgrzewanie parą. Ponadto dla upłynnienia mieszaniny dodawana jest woda procesowa i osady ściekowe. Pompa tłokowa zasila reaktor poprzez wprowadzone przez stożkowe dno szerokie, pionowe przewody (o średnicy 1000mm dla minimalizacji tarcia) sięgające ponad powierzchnię roboczą.

Cechą charakterystyczną tego systemu jest wykorzystanie przepływu grawitacyjnego do mieszania zawartości reaktora – odpływ umiejscowiony jest na zwieńczeniu stożkowatego dna. Rozwiązanie takie praktycznie eliminuje zaleganie przefermentowanego materiału w zbiorniku. Wysoka wartość recyrkulacji sprawia, że wymiana zawartości fermentatora następuje po około 2-3 dniach. Zakres temperatur obejmuje fermentację mezo i termofilową. Czas zatrzymania układu to 21 dni.



Fermentat jest mieszany ze świeżymi odpadami (strumieniem ze zbiornika pomiarowego) w stosunku 2:1 i intensywnie kompostowany 2-3 dni a następnie stabilizowany w przyzmac.

Ponadto istnieje rozszerzenie tej instalacji o pofermentacyjną separację wodną. Fermentat oczyszczany jest z piasku, włókien, inerców; odwadniany. Dzięki temu uzyskać można odzysk recyklingowalnych materiałów (do 40 %) oraz ograniczyć składowanie. Jednakże ceną

jest wysokie zużycie wody i problem zagospodarowania powstałych ścieków.

Rys. 8. Instalacja Dranco

ZALETY, WADY

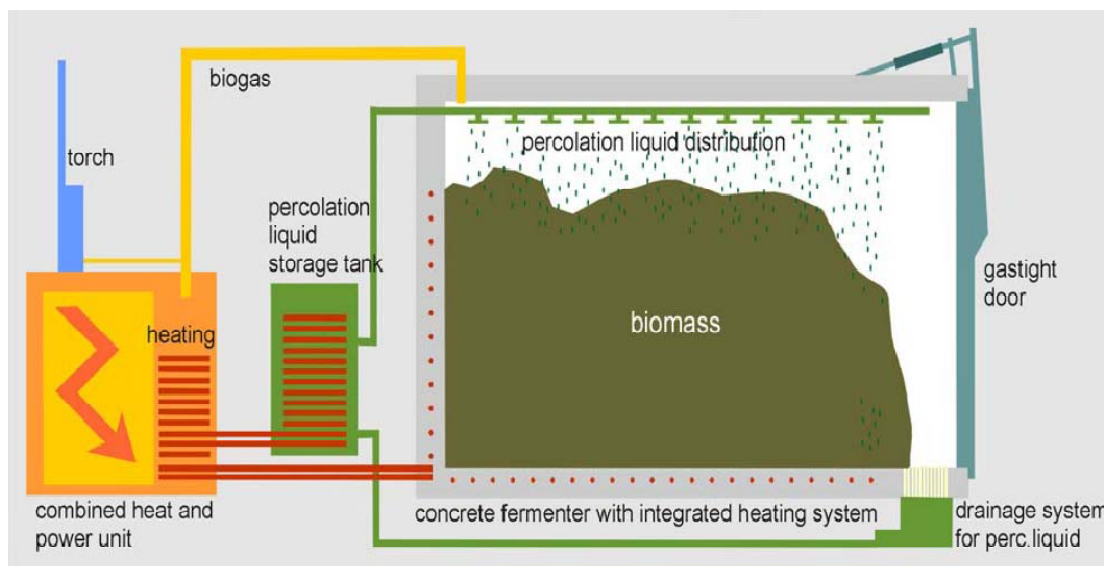
- Łatwa regulacja obciążenia
- Prosty system mieszania
- Tolerancja wysokiej koncentracji inerty
- Tolerancja frakcji lekkich
- Niskie straty ciepła –konwekcja ograniczona gęstością, brak instalacji grzewczej
- Powolny przepływ i mieszanie -małe straty energetyczne
- Lekka konstrukcja dachu, prosta konstrukcja.
- Odcieki zagospodarowane w procesie kompostowania pofermentacyjnego
- Część wsadu zużywana do kompostowania poprocesowego
- Wydajność zależy od jakości wsadu

REFERENCJE

W Europie istnieje kilkanaście biogazowni DRANCO. Pierwsza komercyjna instalacja działa już od 1993 roku.

BEKON NIEMCY

Na szczególną uwagę zasługuje stosunkowo nowa technologia oparta na procesie perkolacji - ciągłego wymywania, używanego m.in. w farmacji. W tym przypadku reaktor to żelbetowy prostopadłowiec z dużą, gazoszczelną bramą do załadunku (rys. 9).



Rys. 9.Reaktor perkolacyjny

Funkcję mieszania przejmuje cyrkulacja cieczy procesowej, którą spryskiwane są odpady. Ciecz ta umożliwia rozprzestrzenienie się flory bakteryjnej, rozpuszcza związki organiczne przyspieszając ich rozkład. System wyposażony jest w dwa źródła ciepła : wymiennik w zbiorniku cieczy oraz wbudowaną instalację w konstrukcję boksu. Intensywnością nawadniania steruje mikroprocesor -w

zależności od jakości odpadów możliwa jest kalibracja układu (przez zmianę zadanych parametrów bądź też przez dodatek środków chemicznych do np. zmiany pH).

ZALETY, WADY

- Konsumpcja energii ok 10%
- Prosty załadunek (ładownic typu „tur”)
- Wykonanie modułowe
- Niewrażliwy na zanieczyszczenia
- Prostota systemu - niskie zużycie części mechanicznych
- Niski koszty inwestycyjne
- Wysoka zawartość metanu (80%)
- Przyjmuje odpady bez obróbki wstępnej
- Wydajność zależy od jakości wsadu

REFERENCJE

Innowacyjna technologia – pierwsze instalacje powstały w 2007 roku. Firma istnieje od ponad 10ciu lat.

ZESTAWIENIE WYBRANYCH TECHNOLOGII BIOGAZU

ZBIORNIK DWUMEMBRANOWY SGTC-DM SIGATECH (POLSKA).

System dwóch powłok poliestrowych, powlekanych PCV z zabezpieczeniem UV. Ponadto odporne na działanie pleśni, a wewnętrzna membrana na składniki biogazu np. H₂S. Kulisty kształt utrzymywany



dzięki ciśnieniu pomiędzy powłokami oraz właściwościom materiału. Dodatkowo, ciśnienie wytwarzane z dmuchaw powietrza reguluje stopień sprężenia biogazu w powłoce wewnętrznej. Stopień wypełnienia zbiornika mierzony jest przy pomocy sondy ultradźwiękowej lub pomiaru linowej - zlokalizowanych na szczycie membrany zewnętrznej. Zbiornik posiada podwyższoną odporność ogniową.

Rys. 10 Zbiornik dwumembranowy Sigatech

ZALETY, WADY

- Niskie koszty inwestycyjne
- Prosta konstrukcja i obsługa
- Podwyższone koszty eksploatacyjne

REFERENCJE

Ponad dwadzieścia zastosowań w skali kraju.

MEMBRANOWY ZBIORNIK DACHOWY CES (POLSKA).



Zbiornik w formie kopuły z tworzywa do montażu bezpośrednio nad komorą fermentacji. Uszczelnienie obwodowo za pomocą dociążonej membrany bądź przez system kołnierzy i uszczeltek. Szczególnie przydatny przy modernizacjach istniejących zbiorników.

Rys. 11 Zbiornik dwumembranowy CES

ZALETY, WADY.

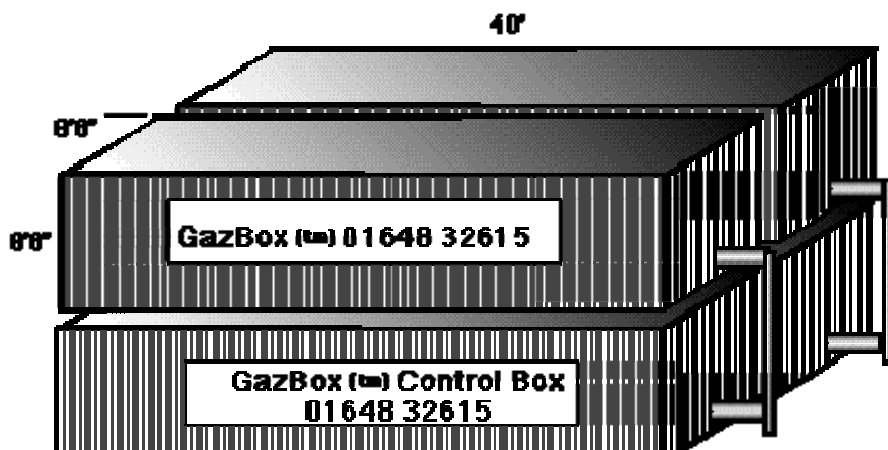
- Niskie koszty inwestycyjne
- Komplikuje system produkcji biogazu
- Ograniczona ilość zastosowań

REFERENCJE

Ponad dwadzieścia zastosowań w skali kraju.

ZBIORNIK GASBOX PRACTICALLY GREEN (PÓŁNOCNA IRLANDIA).

W tym rozwiązaniu niskociśnieniowa membrana jest zawieszona w stalowym zbiorniku który stanowi część modułu. Wymiary zbiorników odpowiadają kontenerom morskim tj. około: 2,6*2,6*12 dzięki czemu mogą z łatwością być transportowane. Konstrukcja całkowicie wandaloodporna. Pokrycie farbą podkładową z dużą ilością cynku zapewnia odporność na działanie siarkowodoru.



Rys. 12 Zbiornik kontenerowy GasBox.

ZALETY, WADY.

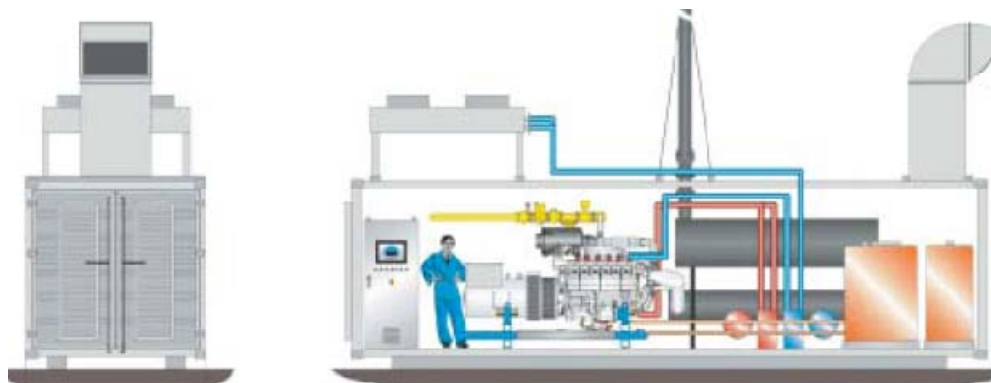
- Modułowy, łatwy do rozbudowy i transportu
- Odporny na wandalizm
- Wysokie koszty inwestycyjne

REFERENCJE

Practically Green to komercyjne stowarzyszenie niskobudżetowych producentów z doświadczeniami sięgającymi lat 70tych.

KOGENERACYJNY UKŁAD MDE DOSTARCZANY PRZEZ CES .

Kompaktowy układ generatora do wytwarzania energii elektrycznej z odzyskiem ciepła. Urządzenie dostosowane do niskiej jakości i zmiennej charakterystyki spalanego gazu –wyposażone w układ regulacji lambda. Uboga mieszanka przekłada się na niskie ilości wydzielanych zanieczyszczeń przez co układ spełnia najwyższe normy europejskie.



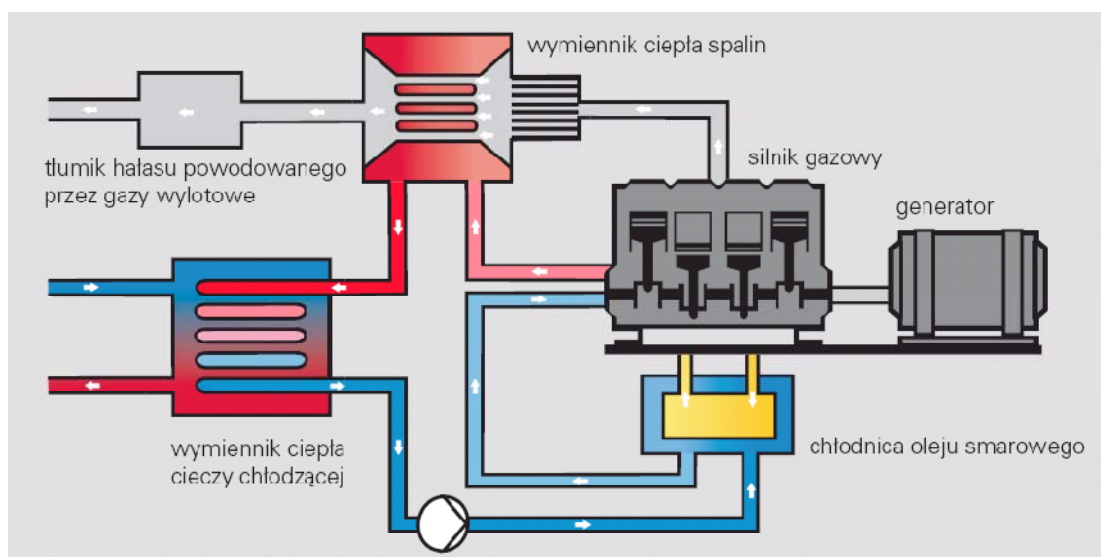
Rys. 13 Generator MDE w wersji kontenerowej.

ZALETY, WADY

- Kompaktowe wykonie ułatwiające szybki montaż
- Kompleksowe rozwiązanie z sterowaniem automatycznym
- Wysokie koszty zakupu

BLOK KOGENERACYJNY VITOBLOC VIESSMAN (NIEMCY) .

Miniblok ciepłowniczo-energetyczny, produkowany w zakresie mocy elektrycznej od 18 do 238 kW i cieplej od 36 do 363 kW. Moduł składa się z ramy, silnika, generatora, zintegrowanej szafy sterowniczej i regulacji.



Rys. 14 Schemat bloku kogeneracyjnego.

ZALETY, WADY

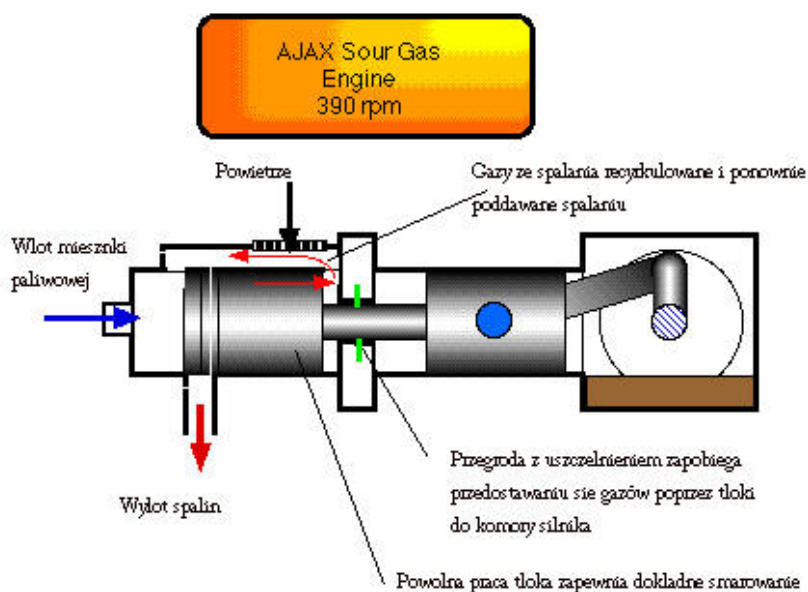
- Kompaktowe wykonie ułatwiające szybki montaż
- Kompleksowe rozwiązanie z sterowaniem automatycznym
- Rozwiązanie dla małych mocy
- Wysokie koszty zakupu

REFERENCJE

Gwarantowana wysoka jakość uznanej marki na rynku.

SILNIK GAZU SUROWEGO AJAX, (USA).

Ajax to bardzo wytrzymały generator gazowy. Niskie obroty (do 440 rpm) oraz prosta budowa zapewniają długą żywotność (300.000 godzin). Zastosowanie uszczelnienia pomiędzy tłokiem a komorą spalania sprawia, że silnik ten nadaje się szczególnie do spalania gazu o dużej zawartości siarkowodoru – siarka nie ma kontaktu z olejem i nie przedostaje się do komory silnika.



Rys. 15 Schemat działania urządzenia AJAX.

ZALETY, WADY

- Prosty mechanizm, niskie koszty eksploatacyjne
- Sprzedawany w wersji kompaktowej, mobilnej
- Długotrwała żywotność
- Wysokie koszty inwestycyjne
- Brak kogeneracji

REFERENCJE

Marka Ajax należąca do korporacji Cameron, istnieje na rynku od 1877 (najstarsza linia produktu produkowanego nieprzerwanie w Stanach Zjednoczonych). Do tej pory wyprodukowano ponad 8,500 Zintegrowanych Silników Kompresorowych od 1958 roku. Niektóre z nich pracują do tej pory.

STACJA SPRĘŻANIA GAZU CNG

Kompletny zestaw umożliwiający tankowanie pojazdów NGV składający się z modułu sprężającego, wiązki butli gazowych oraz stanowiska do tankowania. Urządzenie w pełni automatyczne – wyłącza się po osiągnięciu ciśnienia 250 bar w zbiornikach a załącza przy 210 bar. Posiada układ automatycznego zrzutu kondensatu (układ odzysku gazu eliminuje ewentualne straty), filtry gazowe i osuszacz adsorpcyjny.



Rys. 16 Zestaw do tankowania samochodów NGV firmy CompAir.

ZALETY, WADY

- Kompaktowe wykonie
- W pełni automatyczne rozwiązanie
- Wysokie koszty zakupu

- Gaz wymaga wcześniejszego oczyszczenia

REFERENCJE

Renomowana firma zachodnia, mająca ponad 200 letnią tradycję, wywodząca się z Wysp Brytyjskich.

LINKI I ŹRÓDŁA

- A. Jędrzak, Biologiczne przetwarzanie odpadów, Wydawnictwo Naukowe PWN 2008;
- E. Epstein, The science of composting, Technomic Publishing Company Inc. 1997;
- Ogólnopolska Konferencja Szkoleniowa Biogazownia-źródło energii odnawialnej dla gminy, ZZO Poznań 2009;
- A. Jędrzak, K. Haziak, Określenie wymagań dla kompostowania i innych metod biologicznego przetwarzania odpadów, NFOŚiGW 2005;
- M. Hagen, E. Polman, A. Myken, J. Jensen, O. Jönsson, A. Dahl, Adding gas from biomass to the gas grid, Danish Gas Technology Centre 2001
- <http://bta-international.de>
- <http://www.ows.be>
- <http://www.preseco.eu>
- <http://www.strabag-umweltanlagen.com>
- <http://www.organic-power.co.uk>
- <http://www.greenfinch.co.uk>
- <http://www.kompogas.ch>
- <http://www.valorgainternational.fr>
- <http://www.cambi.no>
- <http://www.abt-compost.com>
- <http://www.vcutechtechnology.com>
- <http://www.compostsystems.com>
- <http://web.eurobagging.com>
- <http://www.rosroca.com>
- <http://www.kuss-web.com>
- <http://www.gore.com>
- <http://www.ri-mac.de/new>
- <http://www.luxor.net.pl>
- <http://www.all-pumps.pl>
- <http://www.rialex.pl>,
- <http://www.viessmann.pl>
- <http://www.sigatech.pl>
- <http://www.uop.com>
- <http://www.agt-thermotechnik.de>
- <http://www.c-a-m.com/ajax>
- <http://www.CompAir.com.pl>
- <http://www.aat-biogas.at/>
- <http://alora.pl/>
- <http://www.madagascar.eu>
- <http://www.ekofinn.pl>
- <http://www.kri.pl/>
- <http://www.ces.com.pl/>