



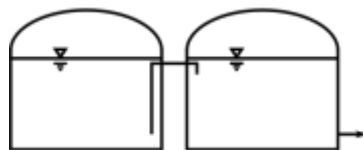
Огляд найкращих доступних технологій для основних компонентів сільськогосподарської біогазової установки

Michael Köttner

Компоненти біогазового комплексу

Обирання головних елементів

1. Система попереднього зберігання та подачі
2. Первинний реактор (проста технологія)
3. Вторинний реактор
4. Об'єми зберігання
5. Насоси і змішувачі
6. Контрольно-вимірювальні прилади



Сировина

Сировина



www.de.wikipedia.org



www.duden.de



www.de.wikipedia.org



www.fraunhofer-umsicht.de

Підготовка сировини

В цілому

- Видалення забруднюючих речовин
- Зменшення розміру частинок → рубання, подрібнення
- Розбавлення, якщо необхідно

Енергетичні культури

- Консервація → зазвичай **силосування**

Якщо сировина, багата цукром, жиром або волокнами

- **Гідроліз**

Підготовка сировини – Силосування

- Молочнокисла ферментація
→ „Sauerkraut“ «Кисла капуста»
- Лактобацили перетворюють цукор у молочну кислоту
→ рівень pH падає до 4 – 4.5
→ Консервація

Стадії:

- Сировина має бути подрібнена
- В силос вводиться подрібнений матеріал
- Важливим є стиснення → як можна менше повітря всередині
- Герметичне покриття запасів силосу є обов'язковим → відсутність аеробних бактерій!



Підготовка сировини – Силосування

Найкраща практика



[http://www.vanbockrijck.de/uploads/webimages/projecten/2011/2011_land_\(8\).jpg](http://www.vanbockrijck.de/uploads/webimages/projecten/2011/2011_land_(8).jpg)

„Зелене“ покриття



➡ Правильно 😊

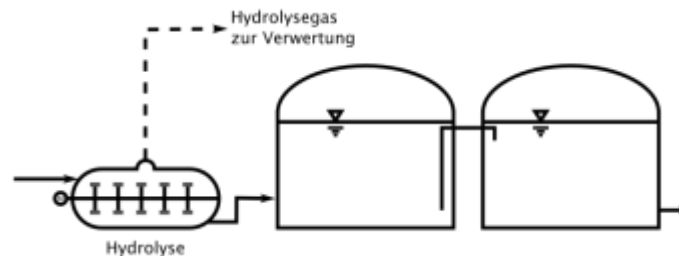
Часто застосовується на високих запасах силосу, але **значні енергетичні втрати**, схильність до цвілі

Збільшення «брудних» дощових вод

Підготовка сировини – Гідроліз

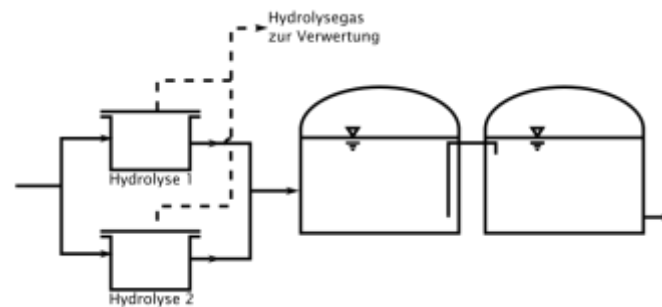
Безперервний гідроліз

- сучасний технічний рівень
- витіснювальний рух рідини



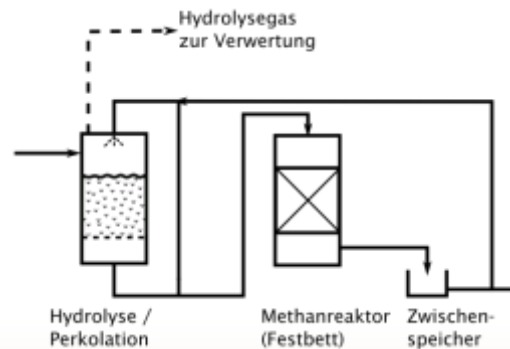
Переривчастий/ періодичний гідроліз

- сучасний технічний рівень



Гідроліз з нерухомим шаром / перколяція

- Стан дослідження → для волокнистого, складованого матеріалу
- Перколяное перетравлення в метановому реакторі з нерухомим шаром



Система подачі

Системи подачі – Типові системи

Приймальна яма



Системи подачі твердого матеріалу



Бункерний насос подачі



Схил



Системи подачі – Приймальні ями



- Зазвичай застосовується на біогазових комплексах (БК) працюючих на органічних відходах
- Іноді для вимочування і перемішування перед попереднім зберіганням
- Іноді як бункер до видалення забруднюючих речовин

Системи подачі – Приймальні ями



Переваги:

- ✓ Відома і надійна система
- ✓ Просте розвантаження сировини з вантажівок
- ✓ Несприйнятливий до зворотнього руху

Недоліки:

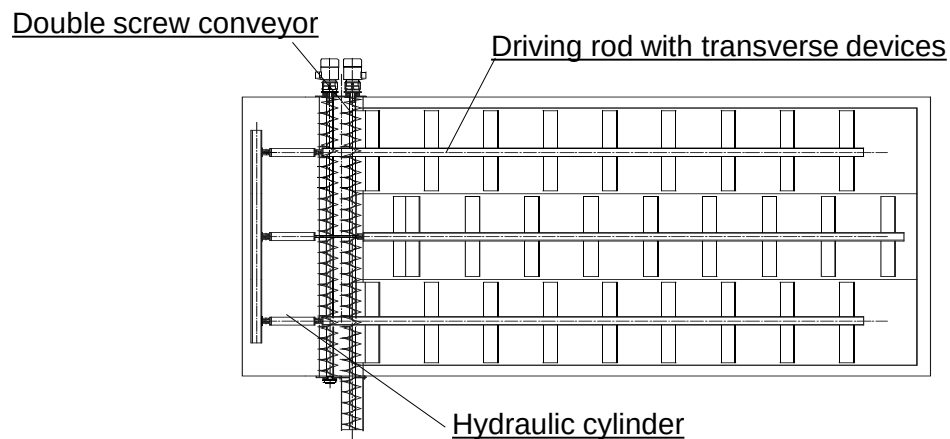
- ✗ Необхідне розведення твердих речовин < 10 % (залежно від конструкції насоса)
- ✗ Місткість змішувача обмежує пропускну здатність
- ✗ Викиди під час роботи
- ✗ Утворення небезпечних газів (напр. H_2S)
→ необхідне регулярне спорожнення ями + виявлення газу

Системи подачі – Подача твердого матеріалу



- Розроблено для подачі твердого матеріалу безпосередньо в реактор
- Завжди являє собою поєднанням буферного об'єму з системою видалення і конвеєрної системи для твердих матеріалів
- Частіше використовують у сільськогосподарських БК
- Типова сировина: гній, енергетичні культури, овочі

Системи подачі – Буферний бак



- Має зберігати сировину 1 день
- Ланцюги, шнеки або гідроциліндри використовуються для транспортування сировини до конвеєрної системи
- Високий знос → вибір матеріалу і подвоєння стін

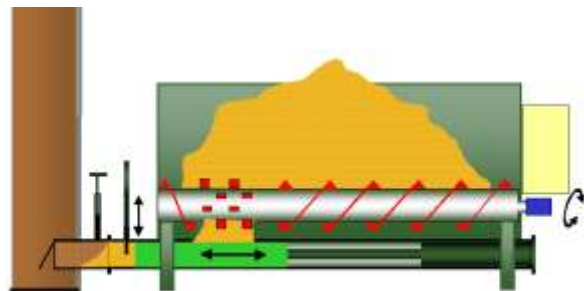
Системи подачі – Буферний бак



Системи подачі – Конвеєри



PlanET
ogastechnik
ner, bauen & service



- Найчастіше використовуються гвинти
- Іноді конвеєрні стрічки в поєднанні з гвинтами
- Надзвичайно високий знос
- Якщо використовуються поршні або прес-гвинти, сировина буде сильно стискатися → небезпека осадження
- Вибір матеріалу має вирішальне значення → з енергетичними культурами та органічними відходами - з нержавіючої сталі (AISI 316)
- Обмежені розміри довжина/висота 12 м

Системи подачі – Бункерні насоси подачі



- Використовується для змішування твердої речовини з рідкою → альтернатива традиційному змішуванню
- Підходить для будь-якого типу «мокрого» біогазового реактора
- Тверді речовини не стискаються → точне дозування і швидке розщеплення
- Чутливі до каменів і забруднень
- Необхідний буфер для твердих речовин
- Викликом є контроль рівня твердих тіл

Системи подачі – Схил



- Досить екзотична система подачі, використовується в поєднанні з лагунними реакторами
- Дуже проста система
- Відсутність рухомих частин → в порівнянні з іншими системами
- Не повинен бути порожнім → викиди CH_4

Реактор

Реактор – Обрання правильного типу

Не існує стандартного рецепту. Все залежить від контексту.

⇒ вибір залежно від конкретного випадку!

Критерії вибору:

- Вміст сухої речовини в суміші
- Річна пропускна спроможність сировини
- Якість змішування та качання насосом → розподіл поживних речовин
- Витрати на будівельний матеріал

Типи біогенераторів

- Для „мокрої“ сировини:

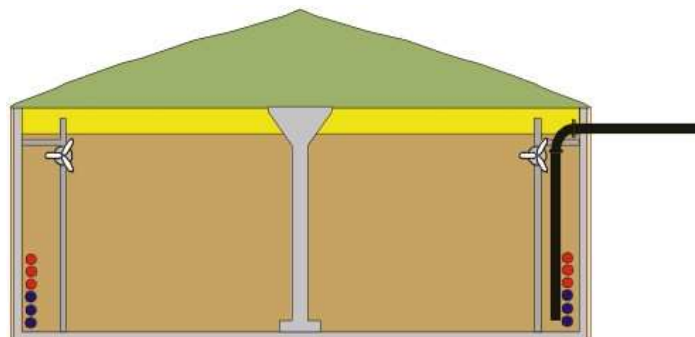
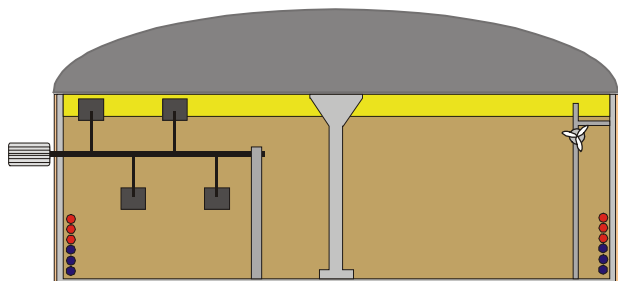
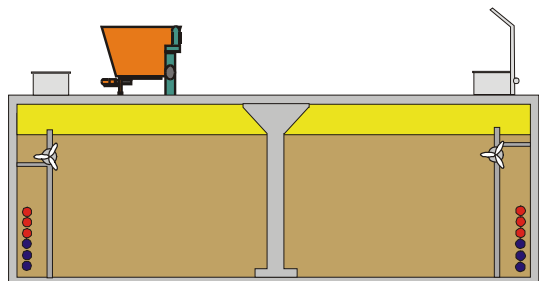


- Для „сухої“ сировини:



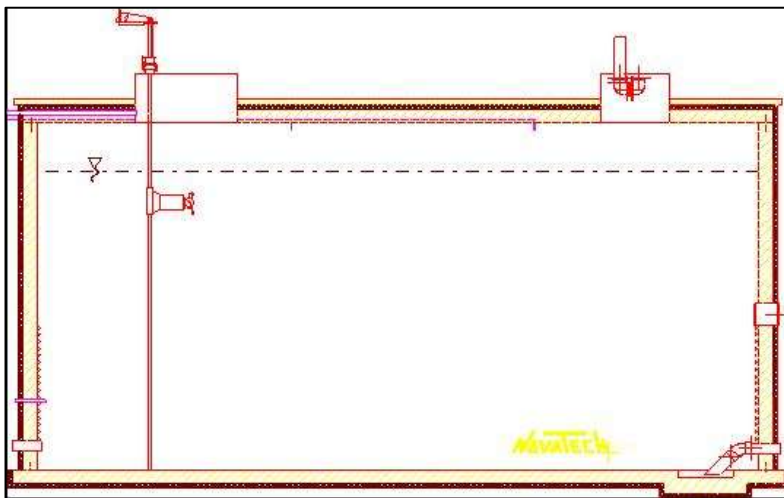
Bioferm

„Мокре“ бродіння – Плоскі реактори



- Зазвичай застосовується в сільськогосподарських БК
- Типові розміри:
 - $h = 6 - 8 \text{ м}$
 - $d = \text{до } 32 \text{ м}$
- Підходить для вмісту сухих речовин до 12%
- Ідеальний при пропускній здатності комплексу до 20 000 тон/рік
- Ретельне перемішування проблематичне
- Можливе зонування
- Можливий обхід

„Мокре“ бродіння – Плоскі реактори з бетонним дахом

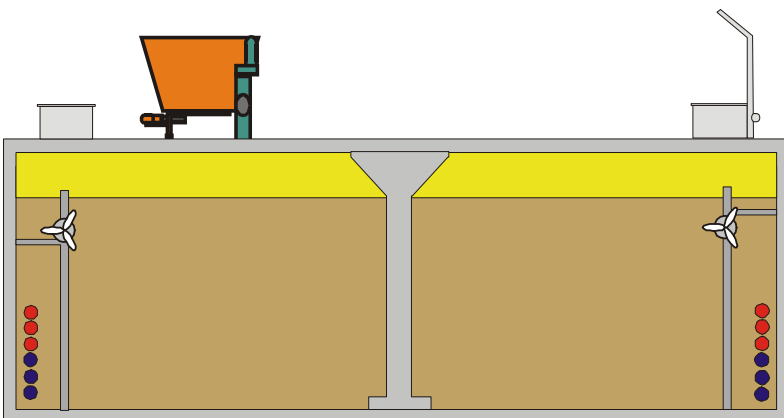


Переваги:

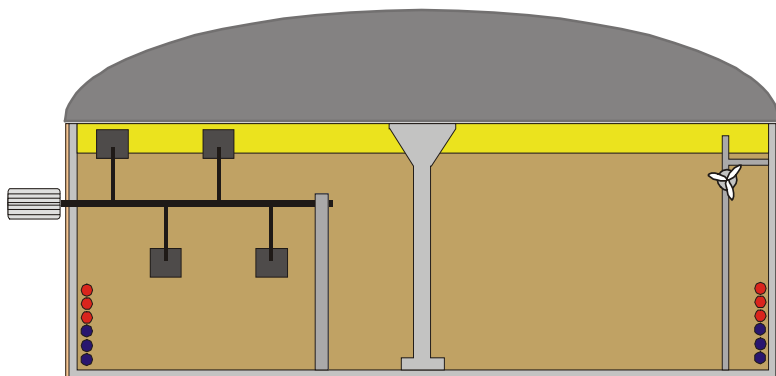
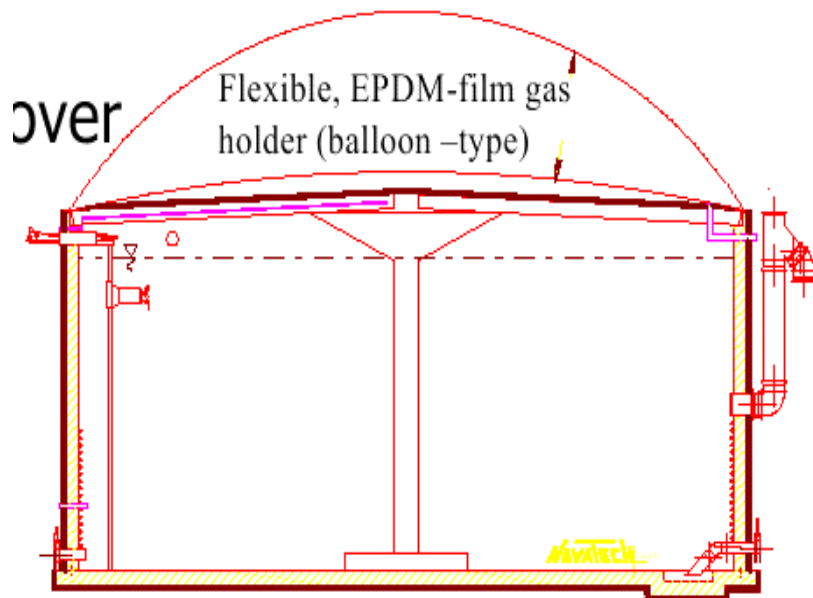
- ✓ Контроль (тверда подача ...)
- ✓ Витримує певний тиск (20 мбар)
- ✓ Простий ремонт системи перемішування
- ✓ Хороша ізоляція - низькі теплові втрати
- ✓ Захист від вітру

Недоліки:

- ✗ Немає вбудованого резервуару для газу
- ✗ Внутрішній ремонт складний
- ✗ Бетон не є абсолютно герметичним
- ✗ Важка ідентифікація витоку газу



„Мокре“ бродіння – Плоскі реактори з простим покриттям



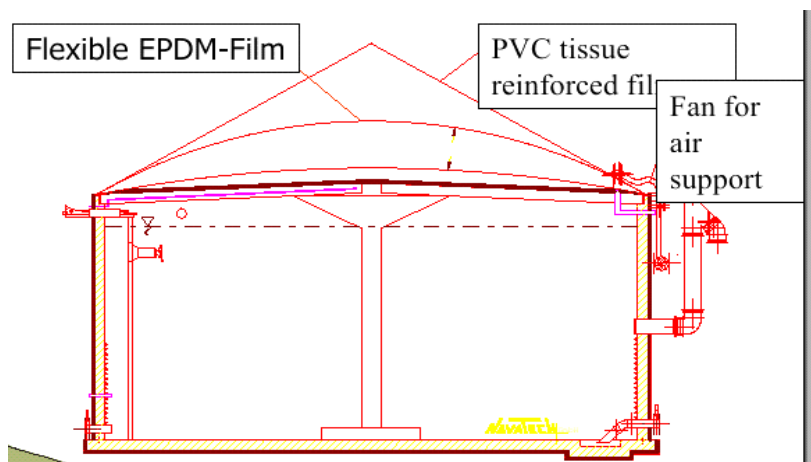
Переваги:

- ✓ Альтернатива з низькою ціною
- ✓ Проста ревізія реактора
- ✓ Інтегрований газовий резервуар

Недоліки:

- ✗ Чутливий до вітру та погоди
- ✗ Не є 100%-герметичним
- ✗ Важко визначити рівень газу

„Мокре“ бродіння – Плоскі реактори з подвійною мембраною

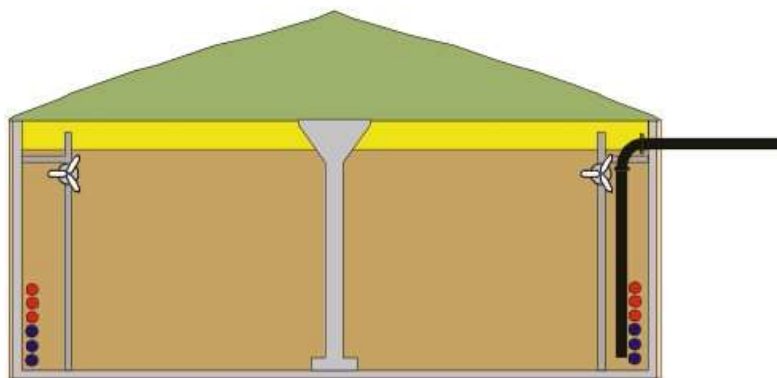


Переваги:

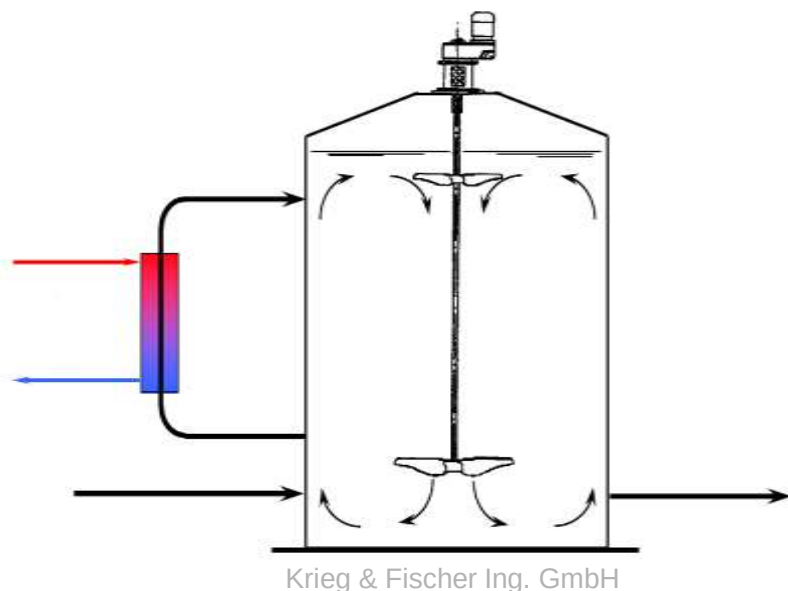
- ✓ Простий ремонт реактора
- ✓ Інтегрований газовий резервуар
- ✓ Погодостійкість
- ✓ Легко визначити рівень газу

Недоліки:

- ✗ Дорожчий за просте покриття
- ✗ Не є 100%-герметичним
- ✗ Постійне споживання енергії



„Мокре“ бродіння – Високі, вертикальні реактори



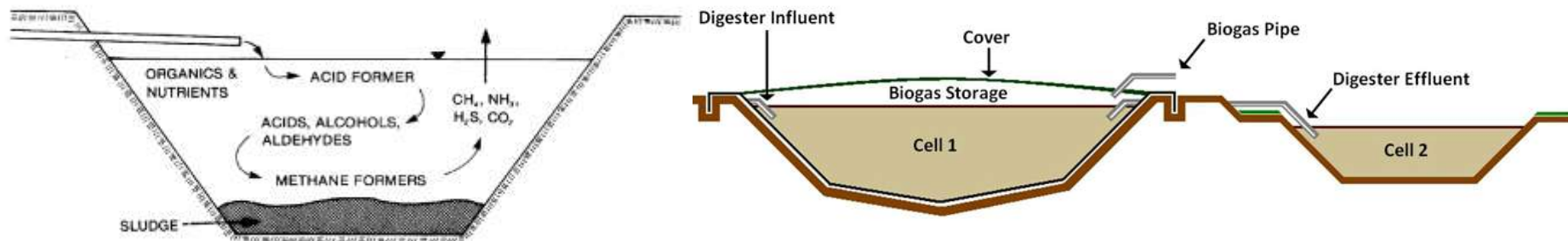
Переваги:

- ✓ Дуже хороша ізоляція - невеликі тепловтрати, однорідна температура
- ✓ Герметичний
- ✓ Хороша змішуваність при великих обсягах
- ✓ Погодостійність
- ✓ Зносні деталі за межами реактора - легке обслуговування та ремонт
- ✓ Можливий обхід

Недоліки:

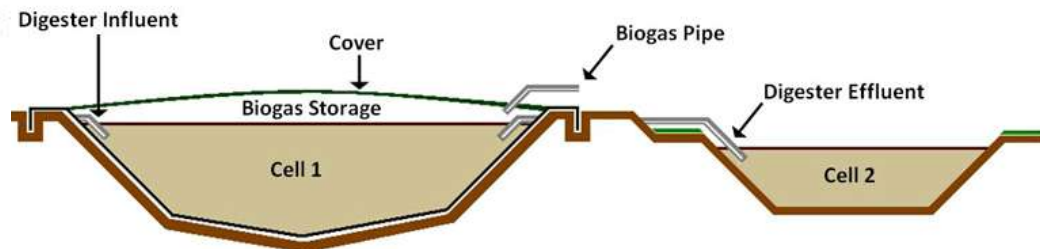
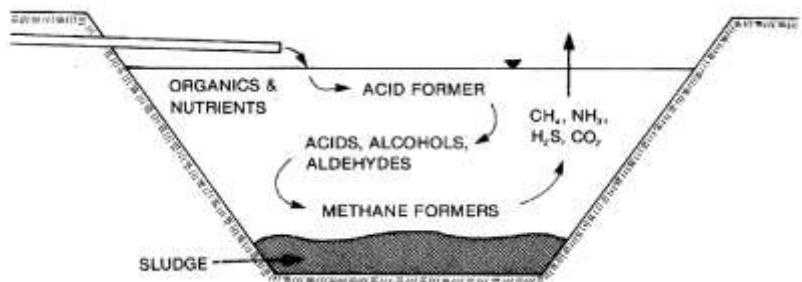
- ✗ Складне видалення відкладень
- ✗ Необхіден газовий резервуар назовні
- ✗ Для змішувача потрібна велика техніка

„Мокре“ бродіння – Лагунна технологія



- Зазвичай застосовується в теплих кліматичних умовах, але, наприклад, і в Канаді з утепленим дахом
- Проста технологія
- Великі обсяги при дуже низьких витратах
- Підходить для низького вмісту ТМ, але високих хімічних споживаннях кисню (ХСК)
- Одноступенева або двоступенева система

„Мокре“ бродіння – Лаг. Техн. – Стандартна технологія



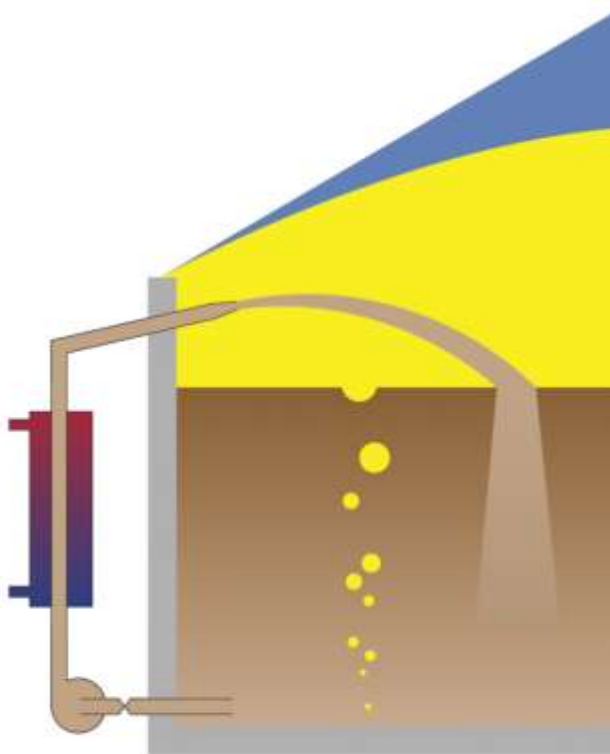
Переваги:

- ✓ Просто і дешево
- ✓ Простий дизайн

Недоліки:

- ✗ Важко підтримувати газонепроникне покриття
- ✗ Не застосовується в районах з високим рівнем ґрунтових вод
- ✗ Важко виявити витіки
- ✗ Змішування робиться в основному газозмішуванням шляхом → з часом осади можуть засмічувати форсунки
- ✗ Відсутність опалення, ізоляція тільки від ґрунту → не підходить для холодного клімату

„Мокре“ бродіння – Лаг. Техн. – Покращена технологія



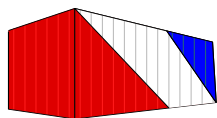
- Бетонна лагуна з подвійним мембранним дахом
- Також для введення накопичувального матеріалу з високим вмістом волокна
- Без ретельного перемішування, але присутня циркуляція рідини шляхом її розпилення поверх біомаси
- Проста технологія подачі
- Низький попит на енергію (від 2 до 4%)

„Мокре“ бродіння – Лаг. Техн. – Порк. Техн. – Пневматичне змішування

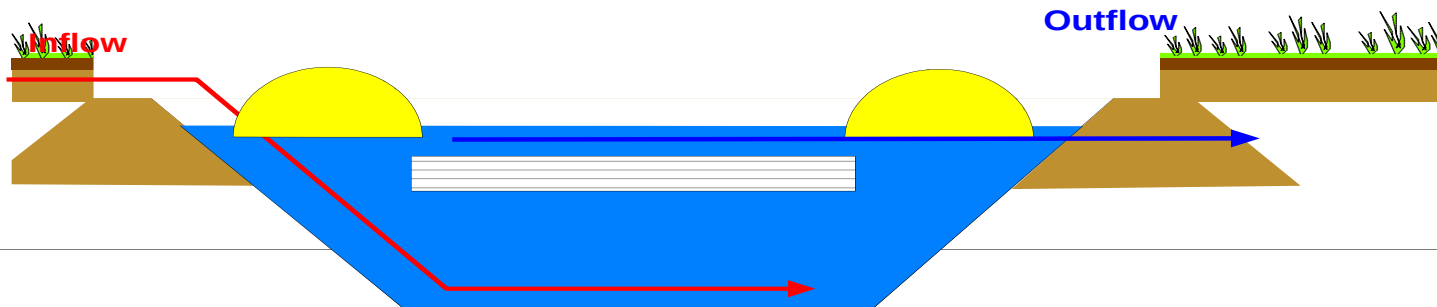


- Покращене змішування газу з форсунками Вентурі → осад не осідає
- Для рідкої суспензії

„Мокре“ бродіння – Лаг. Техн. – Порк. Техн. – УСУ-процес

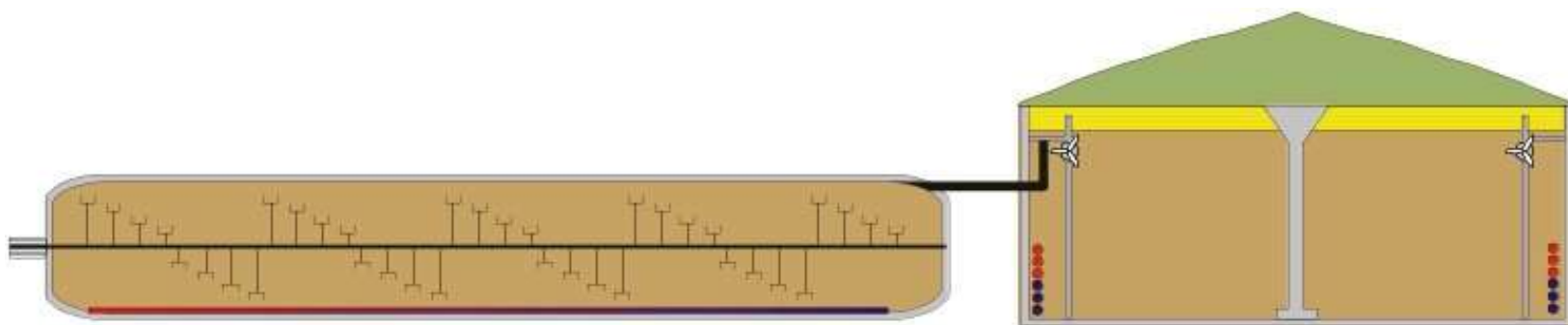


Monitoring and Process Control



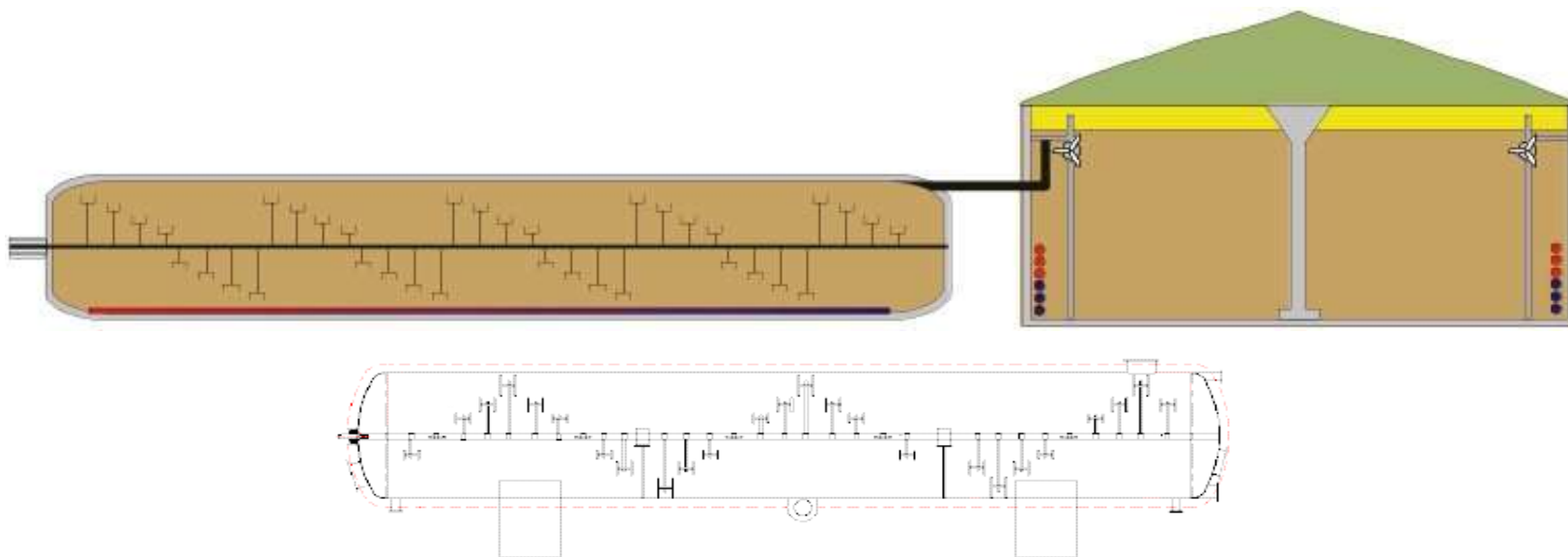
- Для стічних вод з високими ХСК-навантаженнями
- Комбінація з UASB-технологією
- 3-фазний сепаратор
- Збір газу під мембрани

„Сухе“ бродіння – Горизонтальний реактор



- Зазвичай застосовується для вмісту сухих речовин = (20) 25–40%
→ сухе розщеплення
- Зазвичай використовують у БК з орг. відходами та розподіленням органічних речовин
- Термофільний процес дозволяє пастеризувати, коли підтримується витіснювальний рух
- Обмежені можливості для обходу, якщо висока частка сухих речовин або в'язкість

„Сухе“ бродіння – Горизонтальний реактор



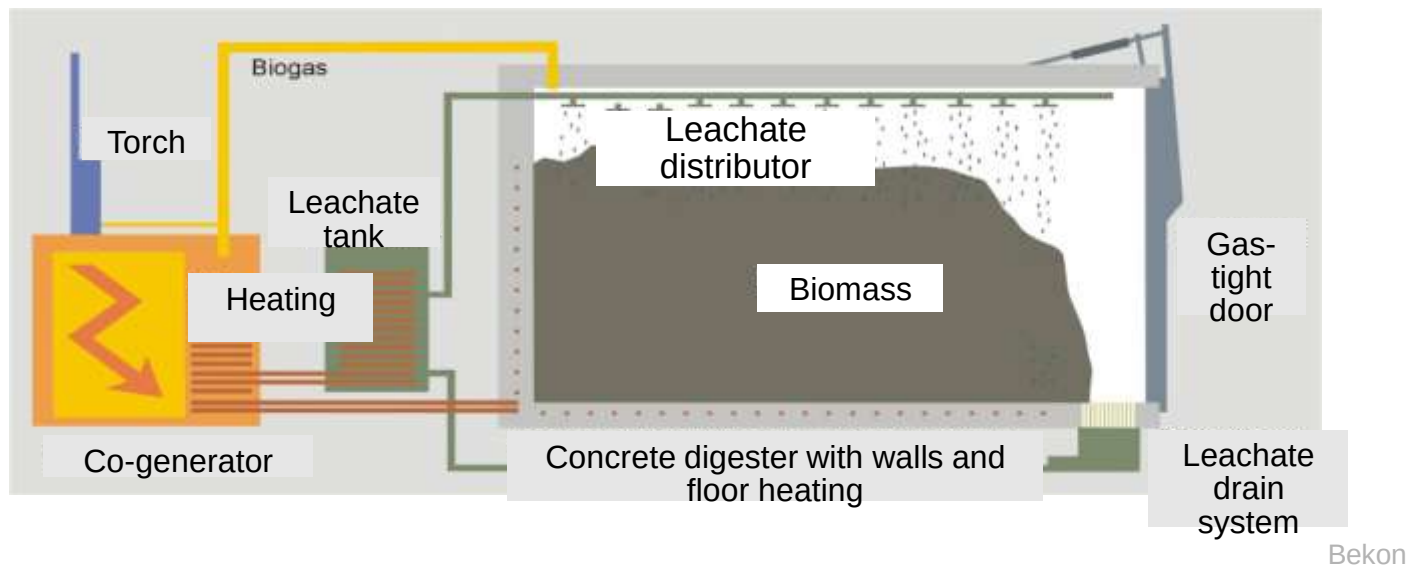
Переваги:

- ✓ Перетравлення високого вмісту твердих речовин
- ✓ Можливо швидке завантаження
- ✓ Налаштований потік
- ✓ Автоматичний дренаж піску
- ✓ Повне змішування
- ✓ Висока продуктивність

Недоліки:

- ✗ Висока ціна
- ✗ Необхідна пост-ферментація
- ✗ Лімітація у розмірі

„Сухе“ бродіння – Періодичний реактор



- Зазвичай застосовується для частки сухих речовин > 20%
- Зазвичай застосовується для сухої сільськогосподарської сировини та відходів
- Немає рухомих частин всередині реактора

„Сухе“ бродіння – Періодичний реактор



Переваги:

- ✓ Модульна система → зрив процесу впливає тільки на 1 модуль
- ✓ Швидке подача
- ✓ Підходить для сировини з високим вмістом клітковини

Недоліки:

- ✗ Регулярні викиди під час зміни періоду
- ✗ Утворення струвиту (МАР) в трубах з лізометричною водою
- ✗ Знижує продуктивність реактора

Насоси та змішувачі

Насоси – поршневі насоси прямого витіснення

Rotary lobe pump



Excentric screw pump



Переваги:

- ✓ Самозаливання
- ✓ Більші частки і довгі волокнисті матеріали
- ✓ Насосна потужність близько 800 м³ / год
- ✓ Тиск розряду до 12 бар

Насоси – поршневі насоси прямого витіснення

Недоліки:

- × Високий зносостійкість
- × Схильні до небажаних домішок

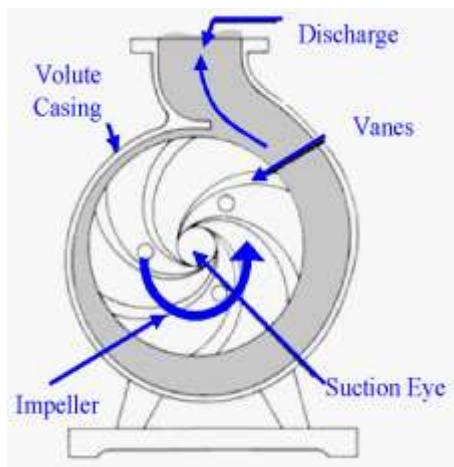


каміння



Дроти та
шнури

Насоси – Відцентровий насос



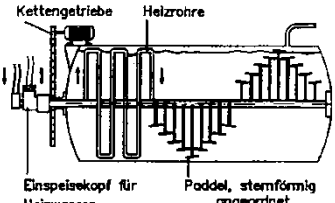
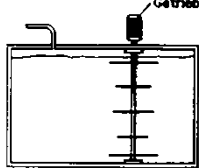
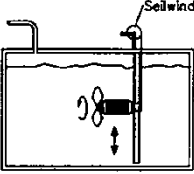
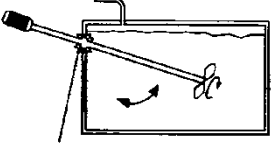
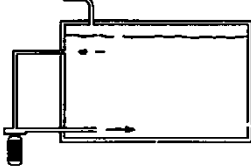
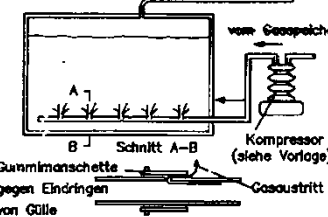
Переваги:

- ✓ Добре відома технологія
- ✓ Проста і міцна конструкція
- ✓ Висока швидкість потоку

Недоліки:

- ✗ Корозія & стирання
- ✗ Блокування

Змішування у реакторі

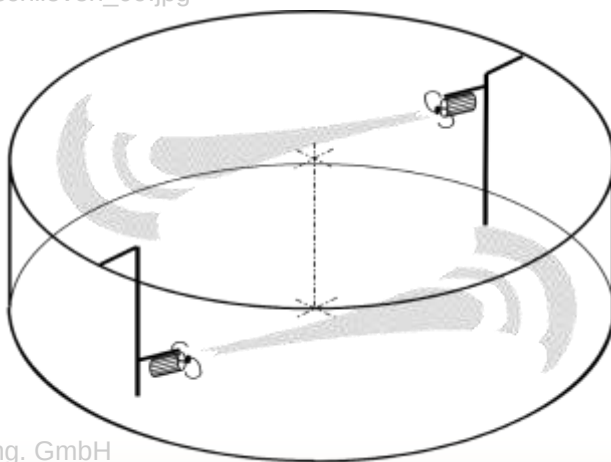
 mechanisches Paddelrührwerk mit Heizrohren	 mechanisches Grindelrührwerk, exzentrisch angeordnet
 Tauchmotor-Propellerrührwerk, höhenverstellbar	 Stabmixer, schwenkbar
 hydraulische Umwälzung	 pneumatisches Einpressen von Biogas
Schulz	Rüheinrichtungen für Biogasanlagen LANDTECHNIK WERKZEUGE Eism. 941 083

Змішування у реакторі – Плоскі реактори

Занурені моторні змішувачі



[http://www.osmo-anlagenbau.com/
uploads/pics/bio_schlieven_09.jpg](http://www.osmo-anlagenbau.com/uploads/pics/bio_schlieven_09.jpg)



Krieg & Fischer Ing. GmbH

- Достатньо дешеві
- Гнучкість у висоті та кутах нахилу
- Швидкісні, як правило, використовуються з перервами
- Важко досягти повного змішування реактора (волокна, тверді речовини)
- Для технічного обслуговування та ремонту треба відкривати реактор →викиди!
- Високі вимоги безпеки працівників під час ремонту / видалення з реактора
- Занурювальні змішувачі = витратна техніка

Змішування у реакторі – Плоскі реактори

Занурені моторні змішувачі - проблеми

Недостатнє змішування



Корозія і стирання



Охорона праці і викиди

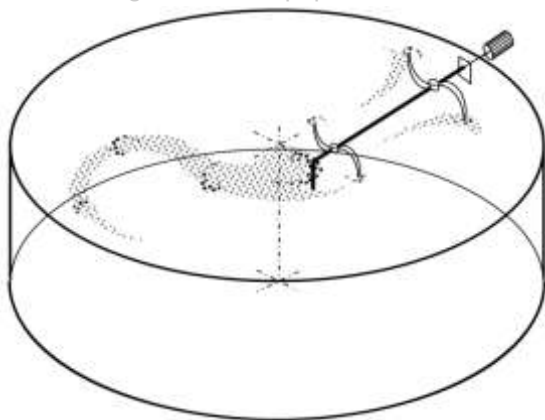


Змішування у реакторі – Плоскі реактори

Бічні змішувачі (тип biobull)



<http://www.seenergie.net/index.php?id=43>



Krieg & Fischer Ing. GmbH

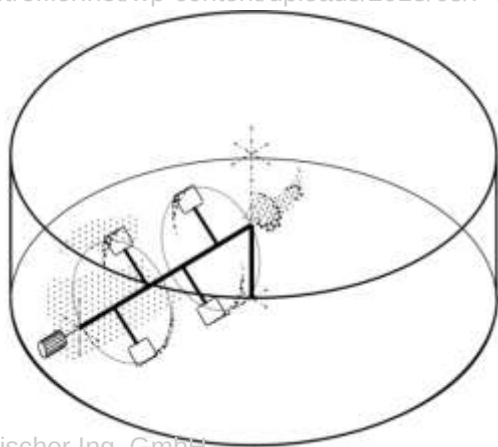
- Двигун ззовні реактора → краще технічне обслуговування, зменшена потреба у відкритті реактора
- Фіксована висота і кут
- Зазвичай використовують періодично до / під час подачі
- Для кращого змішування часто поєднують з зануреним змішувачем

Змішування у реакторі – Плоскі реактори

Лопатевий змішувач



<http://www.treffler.net/wp-content/uploads/2013/05/P4060126.jpg>

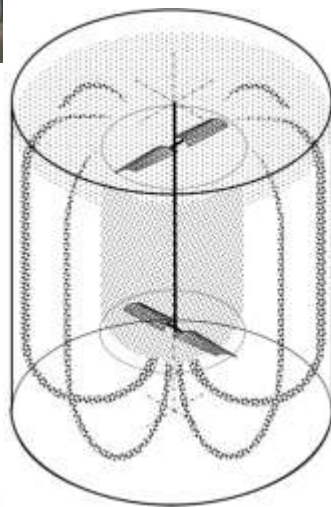


Krieg & Fischer Ing. GmbH

- Добре для прориву плавальних шарів
- Двигун ззовні реактора → краще технічне обслуговування, зменшена необхідність відкривати реактор
- Фіксована висота і кут
- Зазвичай використовують періодично до / під час годування
- Роботи досить локально → Необхідно поєднувати з підводним змішувачем для кращого змішування

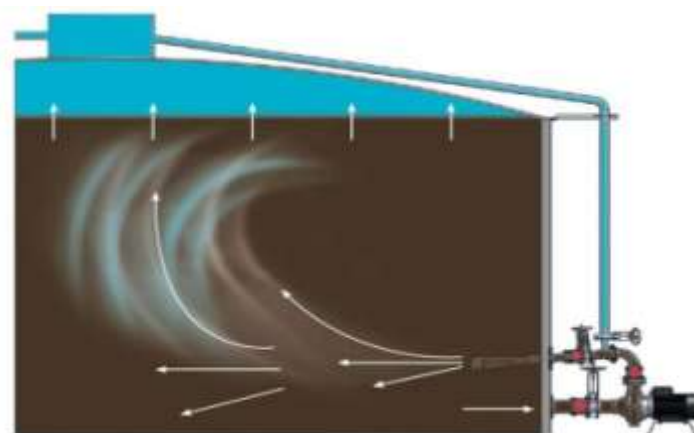
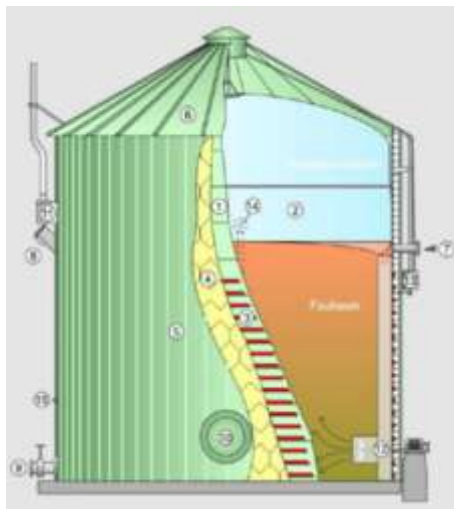
Змішування у реакторі – Плоскі реактори

Змішувач верхнього монтажу

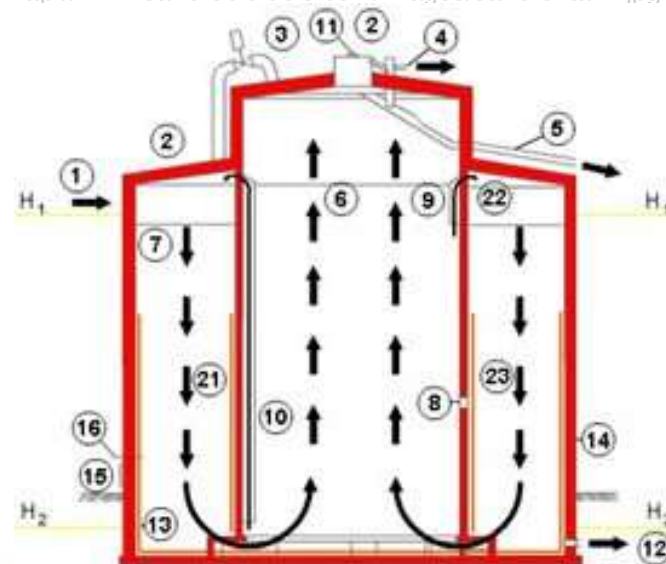


- Безперервні та повільні (24 год / д)
- Швидкість: 13 - 18 об / хв
- Потужність: 11 - 30 кВт
- Частотний регулятор для низького енергоспоживання
- Двигун ззовні реактора → краще обслуговування
- Ретельне перемішування → ніякої стратифікації, але можливе відстоювання
- Проблема: привод або болти (іноді) ламаються

Змішування у реакторі – інші змішувачі



http://www.sanbrobiofuels.com/images/sanbro_tank.jpg



Змішування у реакторі – Ризики

Усі змішувачі мають такі ризики:

- Змішувач недостатньо потужний / недостатньо міцний
- Неправильне розташування змішувача
- При виборі змішувача не враховувалась сировина
- Інженер не враховував, що
 - під час бродіння може бути накопичений пісок
 - можливе розшарування
 - питома вага / щільність може змінитися

Речі, які слід враховувати при виборі обладнання

Властивості та якість вихідної сировини

- Структура
- В'язкість
- Абразивність
- Температура
- Тиск
- Рівень pH
- Ризик стратифікації

Анаеробне бродіння змінює властивості середовища

Якість будівельно-технічного обладнання

- Кислотно-щільне
- Неабразивне

Вимірювання та проектування обладнання

- Резервна ємкість
- Достатній внутрішній діаметр
- Поверхня
- Об'єм
- Зони седиментації

Легке та безпечне обслуговування та ремонт



Дякую за увагу!

Michael Köttner

International Biogas and Bioenergy Centre of Competence IBBK

Am Feuersee 6 • 74592 Kirchberg/ Jagst • Germany

Phone: +49. 7954. 926 203 • Fax: +49. 7954. 926 204

m.koettner@ibbk-biogas.de

contact@ibbk-biogas.com • www.ibbk-biogas.com