



European Bank
for Reconstruction and Development



Програма управління знаннями для розвитку
сталої біоенергетики

Споруди та обладнання біогазових установок

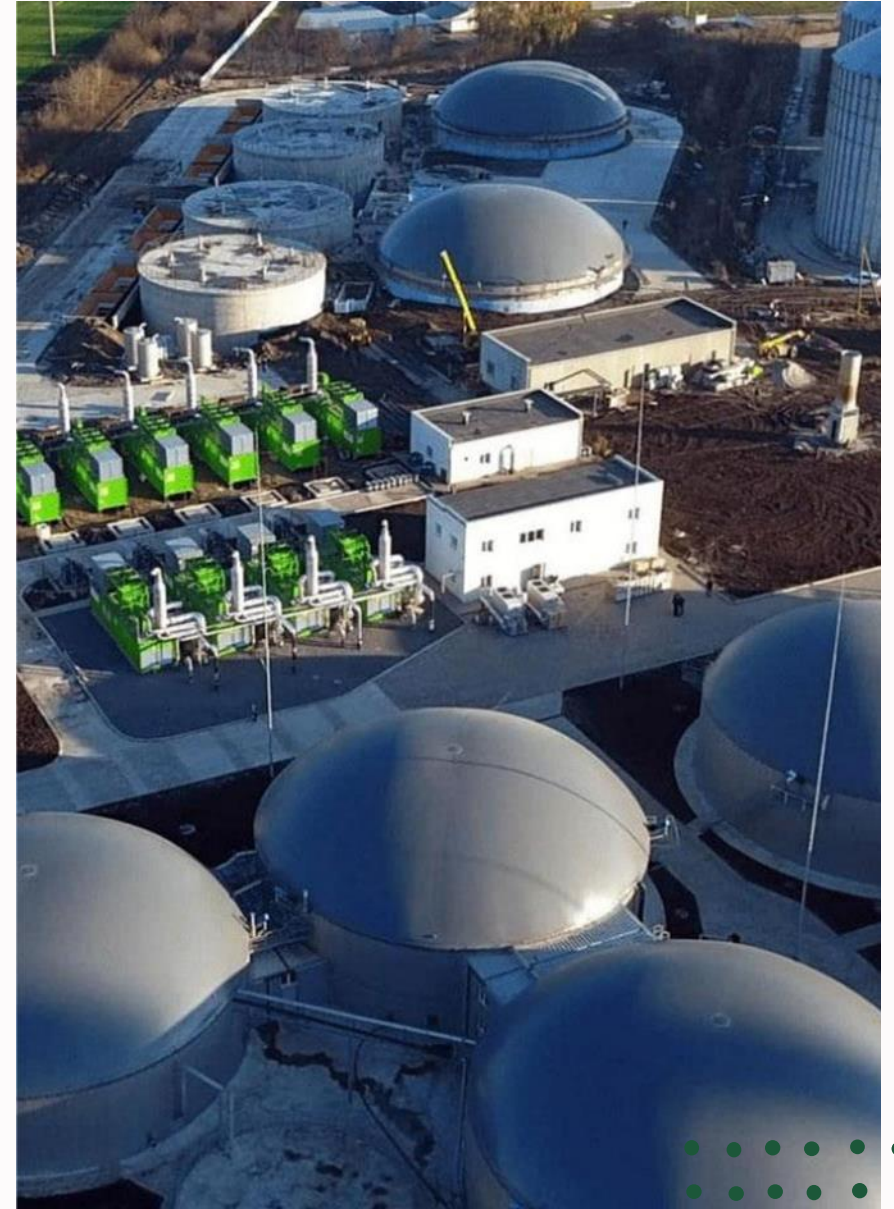
Юрій Матвеев
Біоенергетична асоціація України,
Член експертної ради, к.ф.м.н.

8/11/2023



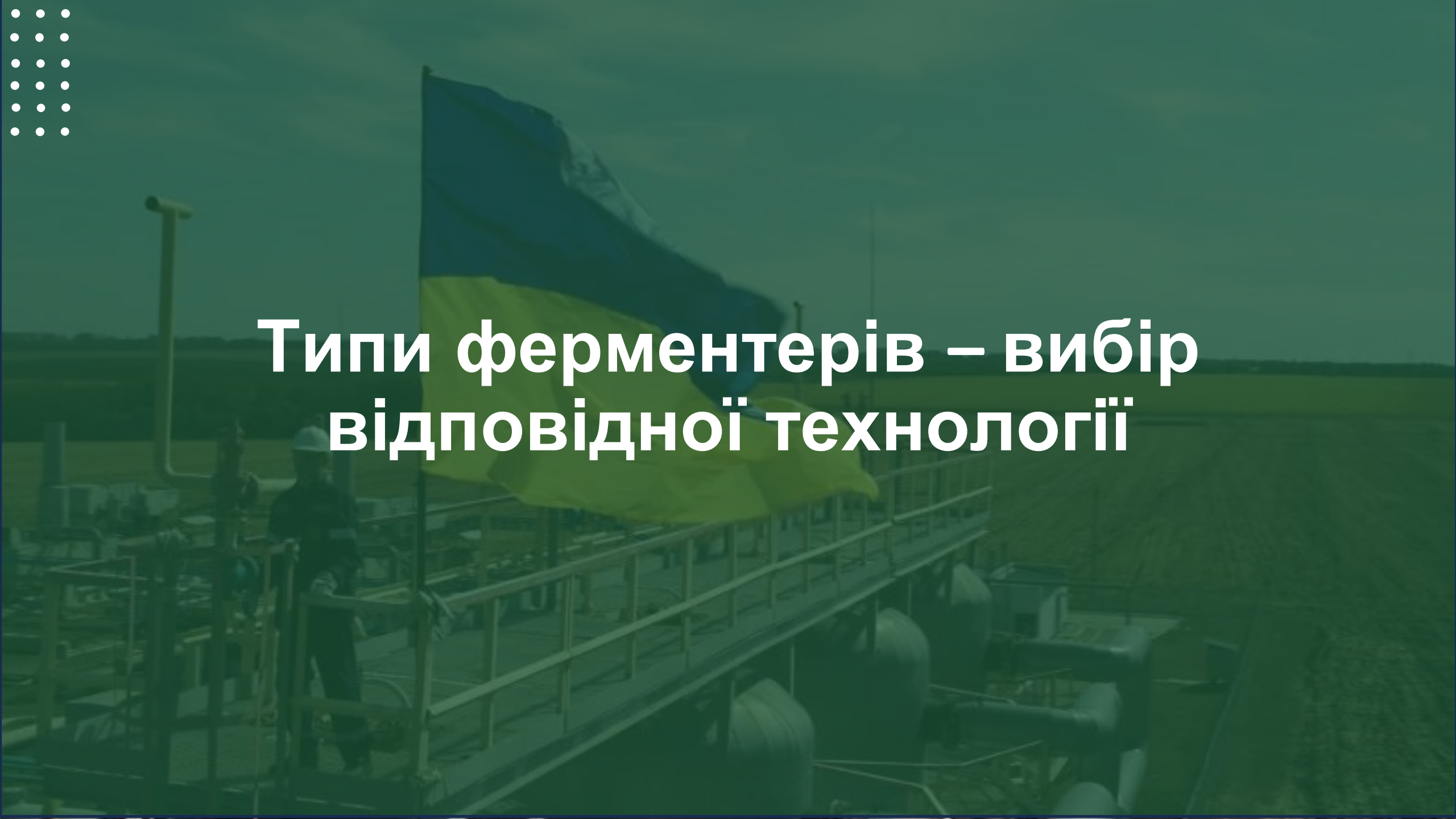
Зміст

- 01** Вступ - вибір відповідної технології
- 02** Класифікація біогазових установок
- 03** Компоненти біогазової установки:
 - 3.1** Системи подачі сировини
 - 3.2** Типи ферментерів
 - 3.3** Перемішування субстрату
 - 3.4** Використання насосів
- 04** Приклади біогазових установок в Україні





Типи ферментерів – вибір відповідної технології



Типи ферментерів – вибір відповідної технології (1)



Наскільки простим може бути ферментер?

- + Не вимагає специфічних навичок,*
- + Невеликого об'єму,*
- + Експлуатація можлива без залучення техніки та електроніки*



http://www2.bremen.de/info/bremen-pune/galerie_seiten/biogas.htm

Типи ферментерів – вибір відповідної технології (2)

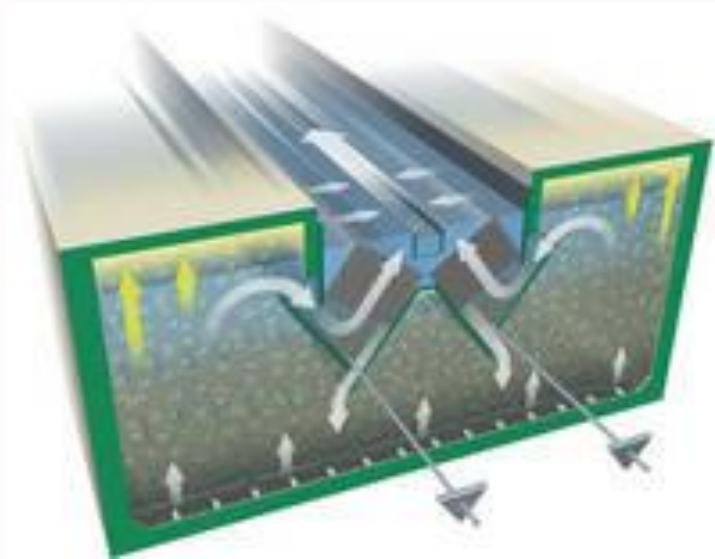


Чи потрібна мішалка? Чи досить одного реактора?

Конструктивний матеріал реактора – бетон чи сталь?



Типи ферментерів – вибір відповідної технології (3)



http://www.envirochemie.de/Detail.41.0.html?&no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=34&tx_ttnews%5BbackPid%5D=28&cHash=910cd43b67

Реактор без рухомих частин всередині, але складний у реалізації; в якому досягається високий ступінь ферментації...

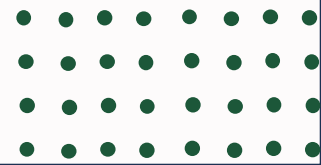
Чи може високий та естетично привабливий?



<http://www.exin-praha.cz/2006/covpopa.html&usg=AFQjCNH77oyS906l3mfpZ3kuBrv0nZZ94w>



*biogas-tower-reactor
TU Hamburg-Harburg*





Класифікація біогазових установок



Класифікація біогазових установок

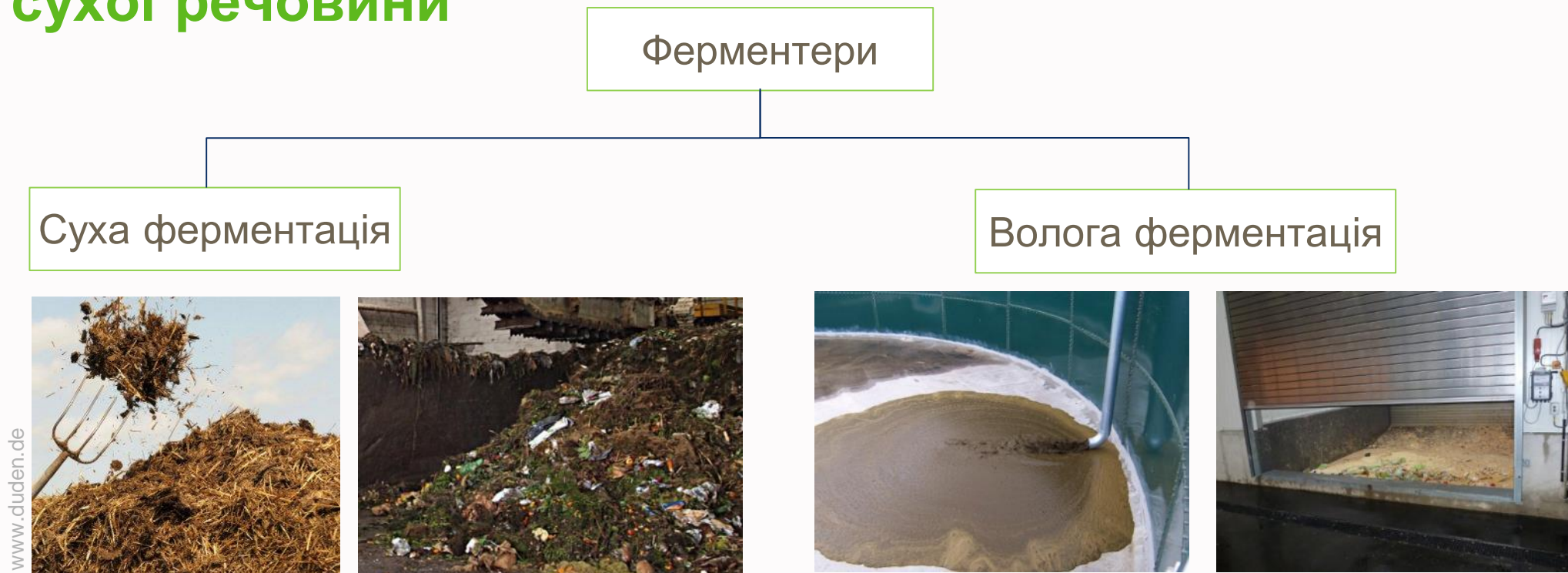
Біогазові установки диференціюють за різними критеріями:

→ Класифікація за **сферою застосування**



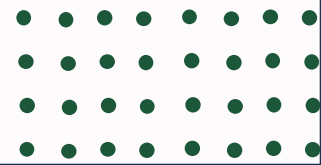
Класифікація біогазових установок

Також можлива: → класифікація за **вмістом води або сухої речовини**



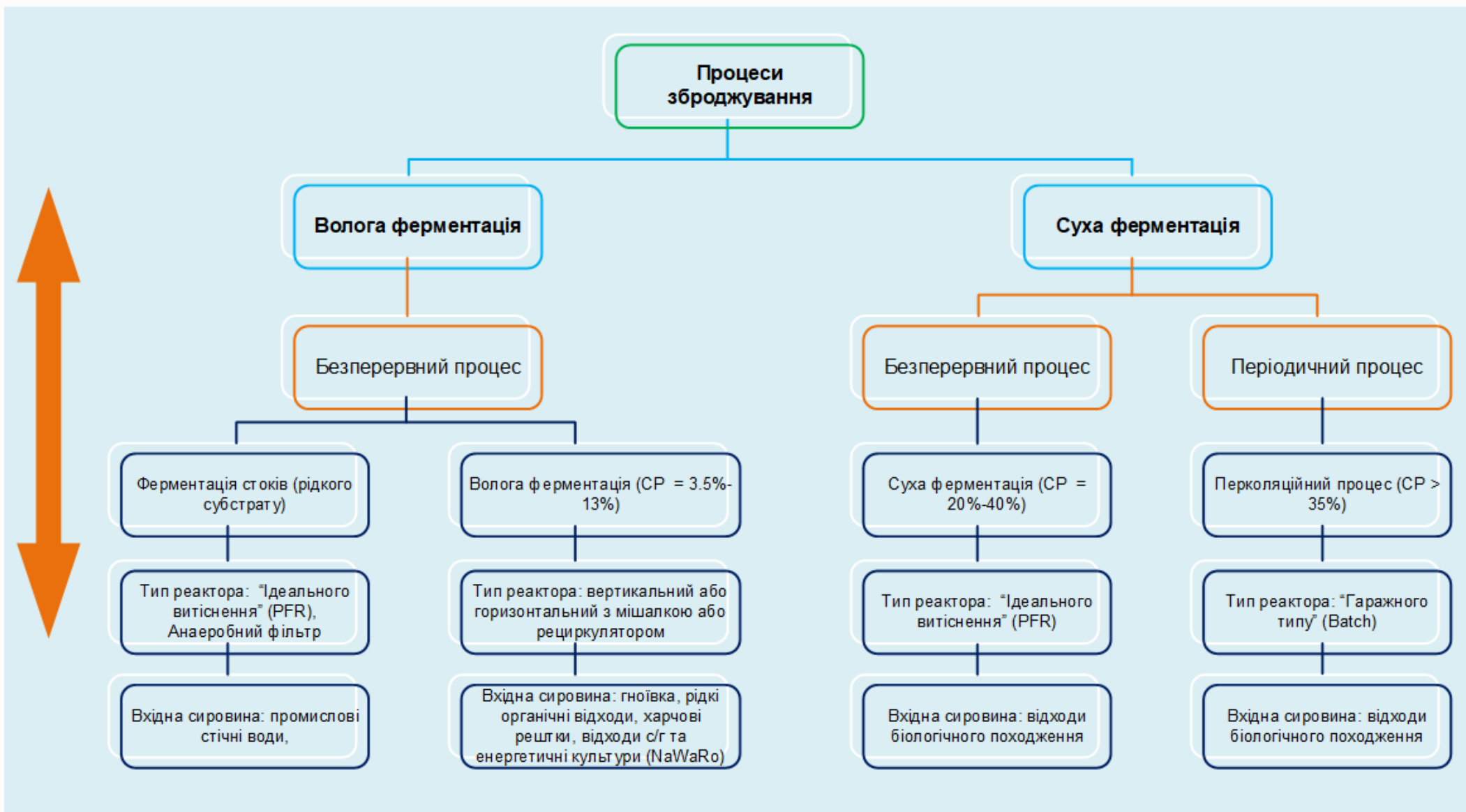
сировина завантажується
штабелюванням

сировина завантажується
перекачуванням насосами



Типи ферментерів

Читається зверху-вниз і
навпаки



Огляд біогазових установок

Біогаз може бути отриманий з будь-якої вологої або рідкої біомаси.

Існують різні біогазові системи, доступні для спеціального застосування, які є найбільш перевіреними протягом багатьох років

Для цілей сільського господарства, промисловості та комунального господарства існують наступні системи:



Ферментер баштового типу на станції очистки стічних вод



Високопродуктивні комплекси для анаеробної очистки промислових стічних вод



Біогазові установки у сільському господарстві для ферментації посліду тварин або енергетичних культур



Двоступеневі зброджувачі для ферментації органічних відходів (харчові відходи, оТПВ)



«Суха» ферментація - для твердої але вологої сировини (ТПВ)



Ферментери типу «лагуна»

1. Ферментер баштового типу на станції очистки стічних вод

Анаеробна стабілізація стічних вод – найперша сфера застосування анаеробної ферментації. В більшості розвинутих країн ферментери баштового типу входять в комплекс станцій очистки комунальних стічних вод



Переваги

Зазвичай такі конструкції призначені для видалення мулу, насиченого піском.

Отриманий біогаз повністю використовується для власних потреб станції.

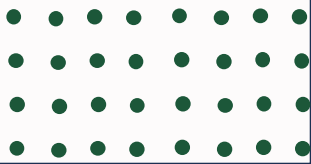
Осад після обробки стічних вод може застосовуватися в якості добрива.

Для збільшення виробітку біогазу можуть додаватися інші рідкі відходи

Недоліки

Висока вартість будівництва споруд

Чутливість до наявності твердих речовин



2. Ферментер для очистки органічно забруднених промислових стічних вод

Широке застосування знайшли ферментери типів ***UASB (Up-flow Anaerobic Sludge Blanketed)*** та ***Fixed-bed***.

Основною ціллю застосування таких ферментерів є саме ефективна обробка стічних вод, а не отримання енергії.



Переваги

Висока ефективність розщеплення органічних забрудників. Досягається скорочення рівнів ХПК та БПК до 95% та 98% відповідно.

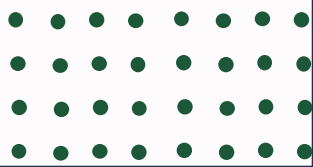
Зниження витрат на наступну аеробну обробку стічних вод.

Скорочення часу зброджування за рахунок інтенсивного накопичення колоній бактерій.

Недоліки

Не допускається обробка вод, що містять будь-яку тверду фракцію (лише розчинна органіка).

Перед зброджуванням тверда фракція повинна бути відсепарована.



3. Біогазові установки для ферментації посліду тварин та енергетичних культур

Ключовою особливістю таких БГУ є повний цикл зброджування, від гідролізу до метаногенезу, що проходить зазвичай в одному резервуарі.

Такі установки найбільше застосовуються у сільському господарстві



Переваги

Простота конструкції реакторів з мішалками.

Вміст сухої речовини у вхідній сировині – до 13%.

В Німеччині налічується приблизно 9 500 таких установок із встановленою потужністю 0.03-20 МВт.

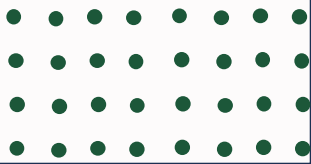
Відносно низькі капіталовкладення

Недоліки

Швидкість зброджування відносно низька (наявність твердої фракції).

Час перебування сировини в реакторі набагато більший ніж в системах очистки стічних вод.

Вище енергоспоживання за рахунок використання мішалок та насосів



4. Ферментери для обробки відсортованих органічних відходів домогосподарств та промисловості

Для переробки таких відходів ступінь готовності БГУ має бути дуже високим. Необхідність стабілізації субстрату потребує досягнення максимально можливого рівня зброджування (двоступеневий процес).

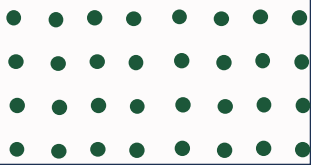


Переваги

Досягається розкладання субстрату на 85% за умови знезараження та видалення сторонніх домішок.
На 25% більший вихід біогазу за той самий час в порівнянні з одноступеневим зброджувачем.
Якісний склад біогазу (більша частка CH_4).
Легко ферментуються органічні рештки харчової промисловості (моно ферментація).

Недоліки

Стадія знезараження та видалення сторонніх домішок є складним технологічним процесом.
Високі капіталовкладення порівняно з одноступеневими зброджувачами.
Високі операційні витрати.



5. Суха ферментація – порційне завантаження (гаражний тип)

Оскільки для зброджування необхідна волога сировина, коректніше цей процес назвати “перколяційним” або зрошувальним. Тільки розчинена у воді органіка може бути ферментованою



Переваги

Простота процесу.

Низькі операційні витрати.

Низьке споживання енергії.

Без попередньої обробки може бути зброджена волога частина твердої сировини, яка зберігається штабелями.

Відносно невелика частка сірководню (H_2S) в продукovanому біогазі.

Недоліки

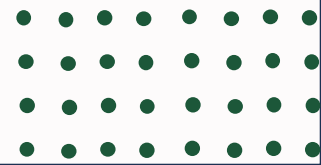
Вихід біогазу нижчий ніж при збродженні в повністю «мокрому» процесі.

50 % вмісту ферментера потрібен як інокулят для наступної свіжої порції сировини

Довший час перебування субстрату в реакторі.

Завантаження відбувається тільки порціями.

Великі витрати трудових ресурсів



6. Ферментери типу “лагуна” (відстійники)

Застосовуються в регіонах, де рівень ґрунтових вод дозволяє встановити такі системи та є в достатку земельної площі.

Лагуни вкриті лише плівковою мембраною, не теплоізовані. До таких тривіальних ферментерів не висуваються високі вимоги та не очікуються високі результати.



Переваги

Дешева конструкція.

Із покращеною технологією змішування та підігріву, можливо досягти промислових стандартів продуктивності.

Стабільність процесу зброджування відносно висока. Безперешкодний доступ до ферментеру для його очищення.

Недоліки

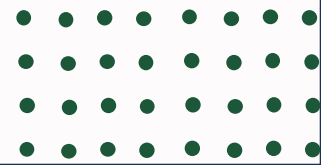
Залежить від погодних умов.

Низький вихід біогазу: 0,2 – 0,4 м³/м³.

Висока імовірність появи вільноплаваючої кірки на поверхні субстрату.

Ускладнене перемішування.

Займає велику площу.

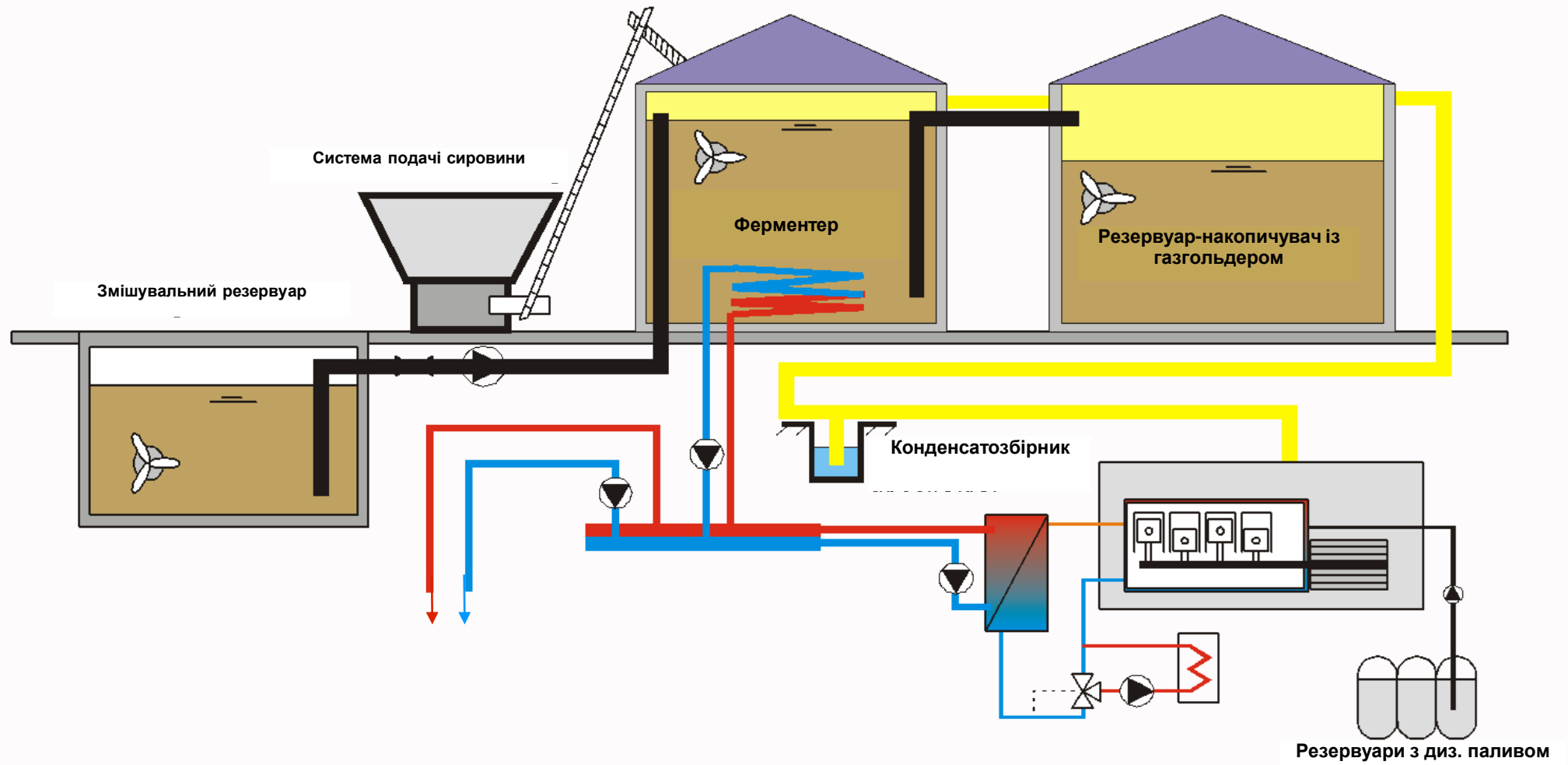




Компоненти біогазової установки

Системи подачі сировини, типи ферментерів, перемішування сировини в реакторі, насоси та системи трубопроводів

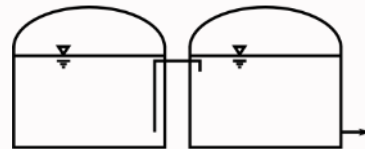
Компоненти біогазової установки



Когенераційна установка (тут, на подвійному паливі) з регенерацією теплоти

Компоненти біогазової установки

1. Система накопичення та подачі сировини
2. Головний реактор
3. Допоміжний реактор
4. Газгольдер
5. Системи перемішування сировини в реакторі
6. Системи перекачування та трубопроводного з'єднання
7. (Використання біогазу)

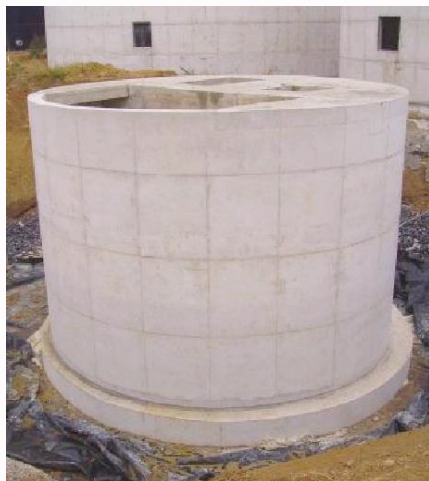




Системи подачі сировини

Системи подачі сировини – типові приклади

Приймальний резервуар



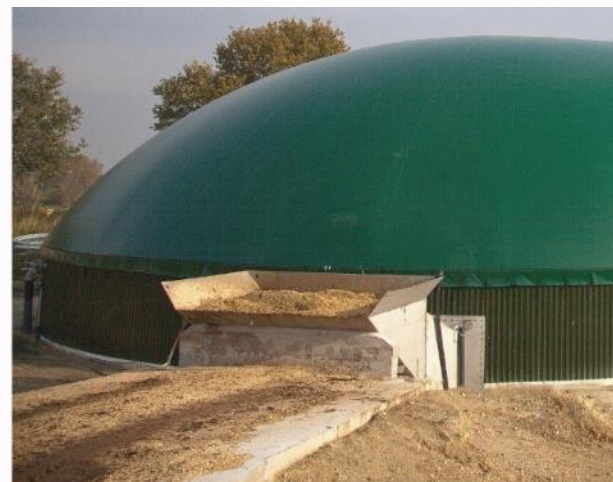
Системи подачі твердого субстрату



Завантажувач воронкового типу (Hopper feed pump)



Жолоб/лоток



Системи подачі сировини (приймальний резервуар)



- Зазвичай застосовується на установках ферментації органічних відходів
- Інколи в ньому залишають сировину для подрібнення та змішування перед резервуаром-накопичувачем
- Інколи – в якості бункера перед видаленням домішок та забруднювачів

Системи подачі сировини (приймальний резервуар)



Переваги:

- ✓ Перевірена система
- ✓ Підходить для простого вивантаження сировини з вантажівок
- ✓ Нечутливий до небажаних домішок в субстраті

Недоліки:

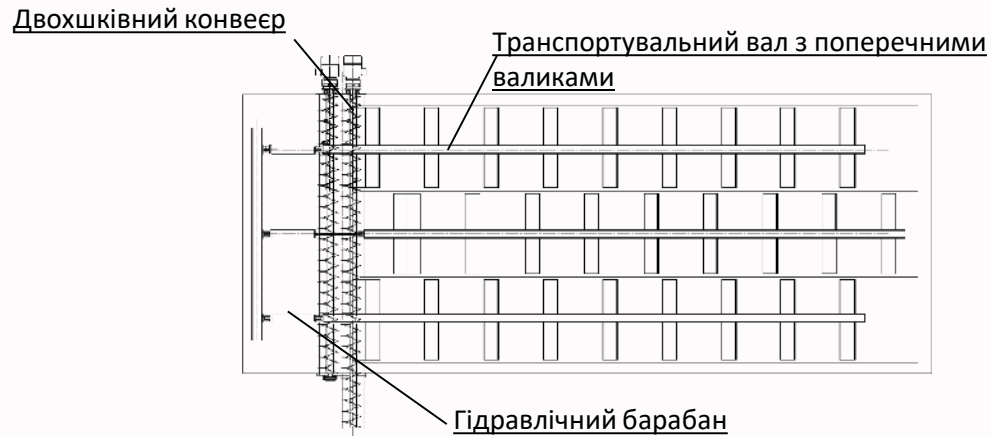
- ✗ Необхідно розбавляти тверду фракцію до концентрації $< 10\%$ (в залежності від застосовуваного насосу)
- ✗ Застосування мішалки обмежує пропускну здатність
- ✗ Є джерелом викидів під час експлуатації
- ✗ Виділяються шкідливі гази (такі як H_2S) → необхідно періодично спустошувати резервуар + встановлювати газові детектори

Системи подачі сировини (твердий субстрат)



- Використовуються для подачі твердої сировини безпосередньо до ферментера
- Є комбінацією буферної ємності з системою відбору та системи транспортування твердої сировини конвеєрного типу
- В більшості випадків застосовуються при зброджуванні продуктів сільського господарства
- Типова сировина: послід тварин, енергетичні культури, продукція овочівництва

Системи подачі сировини (буферні ємності)



- Призначені для зберігання сировини до 1 дня
- Для подачі сировини на конвеєр застосовуються ланцюги, шнеки або гідравлічні барабани
- Високий знос → вимагає ретельного підбору матеріалу виготовлення та використання міцних конструкцій (подвійний запас міцності)

Системи подачі сировини – буферні ємності



Системи подачі сировини – конвеєри



- Найчастіше застосовуються шнеки
- Інколи – стрічкові конвеєри в поєднанні з шнеками
- Сильно спрацьовуються
- У разі використання шнеків або поршнів, сировина сильно здавлюється → ризик в подальшому появи осаду
- Ключовим є вибір матеріалу виготовлення → якщо сировина – енергетичні культури та органічні відходи – нержавіюча сталь (AISI 316)
- Обмеження до 12 м в довжині/ширині

Системи подачі сировини – завантажувач воронкового типу



- Використовується для змішування твердого субстрату з рідиною → альтернатива до традиційних змішувальних резервуарів
- Підходить для будь-якої технології вологої ферментації
- Тверда фракція не пресується → досягається точність дозування та швидке розкладання субстрату
- Чутливі до каміння та домішок в складі субстрату
- В разі роботи з твердим субстратом необхідна буферна ємність
- Важко контролювати наявність твердих речовин



Типи ферментерів

Ферментери – вибір відповідної технології

Не існує стандартного підходу. Своя технологія для кожного випадку.

⇒ вибір повинен ґрунтуватися на конкретних умовах!

Критерії вибору:

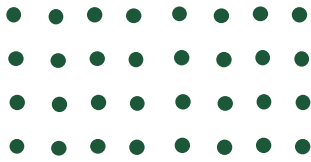
- Частка сухої речовини в сировині
- Річна кількість сировини
- Сировина піддається перемішуванню та/або перекачуванню насосом → розподіл сировини по об'єму резервуара
- Капітальні витрати на будівництво

Які існують типи ферментерів

Для „вологого“ субстрату:



© JuwelTop / pixelio.de

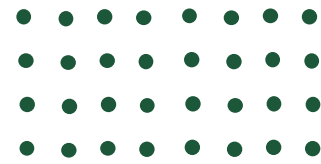


Які існують типи ферментерів

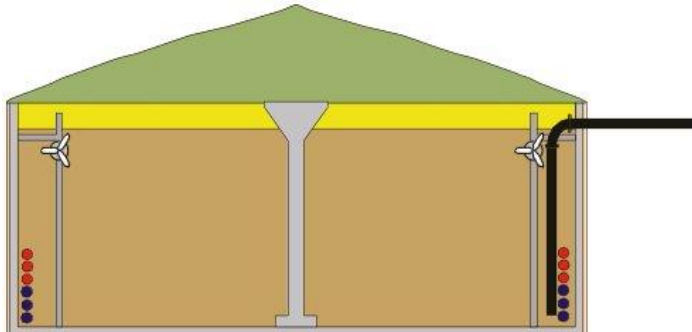
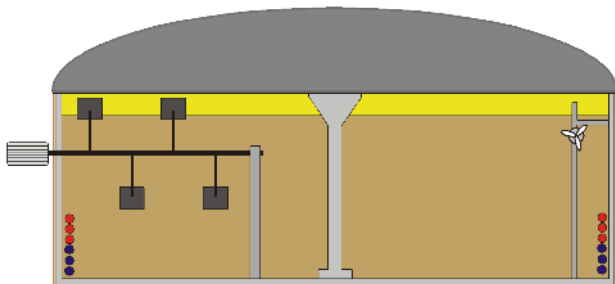
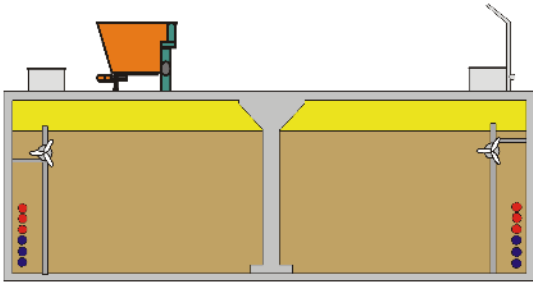
Для „сухого“ субстрату:



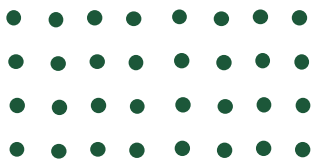
Bioferm



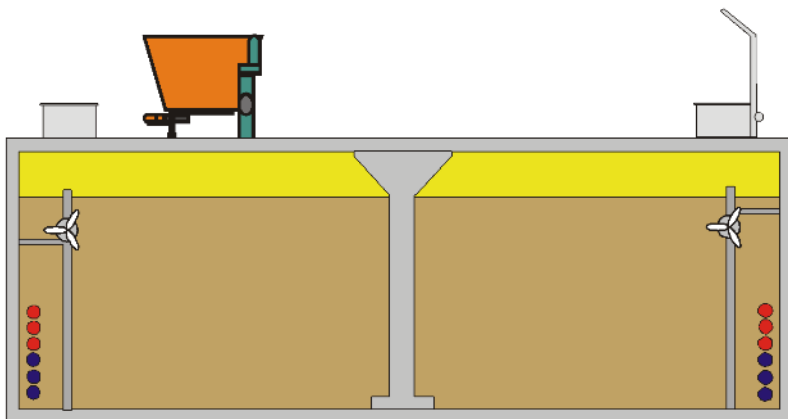
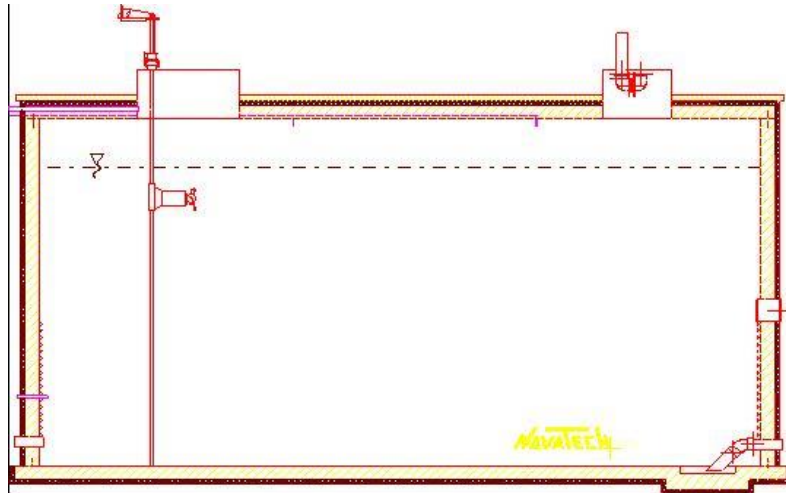
«Волога ферментація» - горизонтальні (плоскі) ферментери



- В більшості випадків застосовуються при зброджуванні продуктів сільського господарства
- Типорозміри:
 - $h = 6-8$ м
 - $d =$ до 32 м
- Підходять для субстрату з часткою СР до 12 %
- Ідеальний варіант при річному виході сировини до 20 000 т/рік
- Важко досягти ретельного перемішування
- Можливе розшарування субстрату
- Можливий скорочений час утримання деякої частини субстрату (проскок або ефект байпасу)



„Волога“ ферментація - ферментери з бетонним покриттям



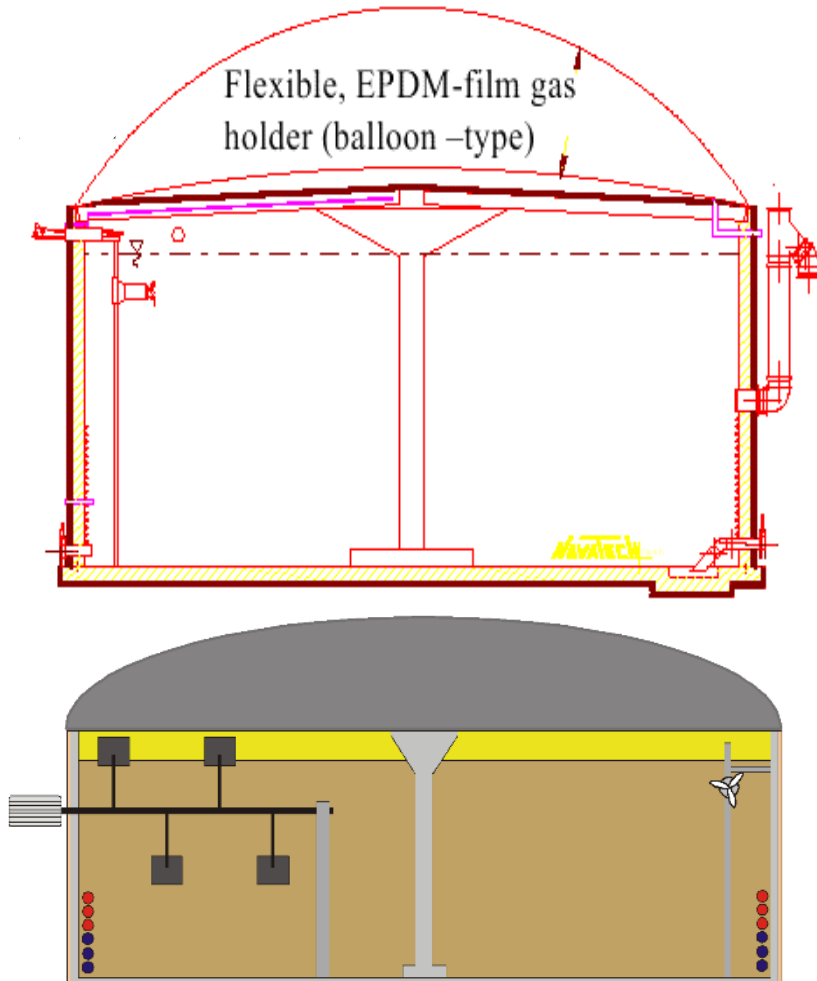
Переваги:

- ✓ Контрольоване середовище (solid feeding...)
- ✓ Здатні підтримувати певний тиск (20 мбар)
- ✓ Просте обслуговування системи перемішування
- ✓ Якісна теплоізоляція → низькі втрати тепла
- ✓ Захист від дії вітру

Недоліки:

- ✗ Обмежені розміри через несучу здатність прольотів (по радіусу)
- ✗ Немає вбудованого газгольдера
- ✗ Складність внутрішнього ремонту ферментера
- ✗ Бетон не є абсолютно газонепроникним
- ✗ Складність фіксації витоків газу

„Волога“ ферментація - ферментери з одинарним покриттям



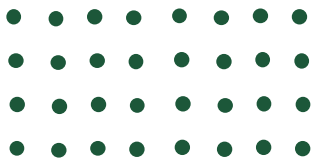
Переваги:

- ✓ Дешева альтернатива
- ✓ Простота обслуговування ферментера
- ✓ Вбудований газгольдер

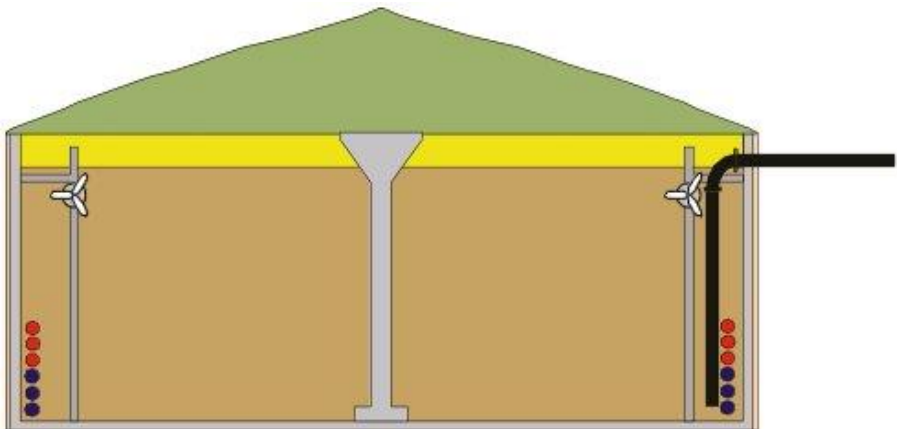
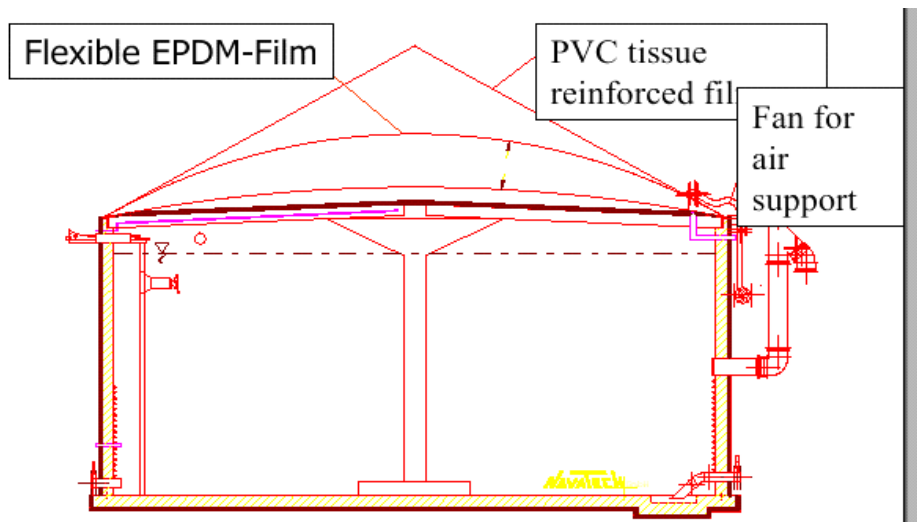
Недоліки:

- ✗ Чутливий до погодних умов та вітру
- ✗ Не є абсолютно газонепроникним
- ✗ Складність визначення рівня газу

EPDM film = Етиленпропілендієновий мономер
(тип синтетичного каучуку)



„Волога“ ферментація - ферментери з подвійною мембраною

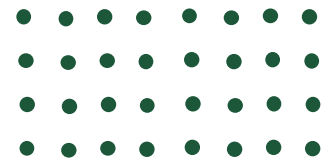


Переваги:

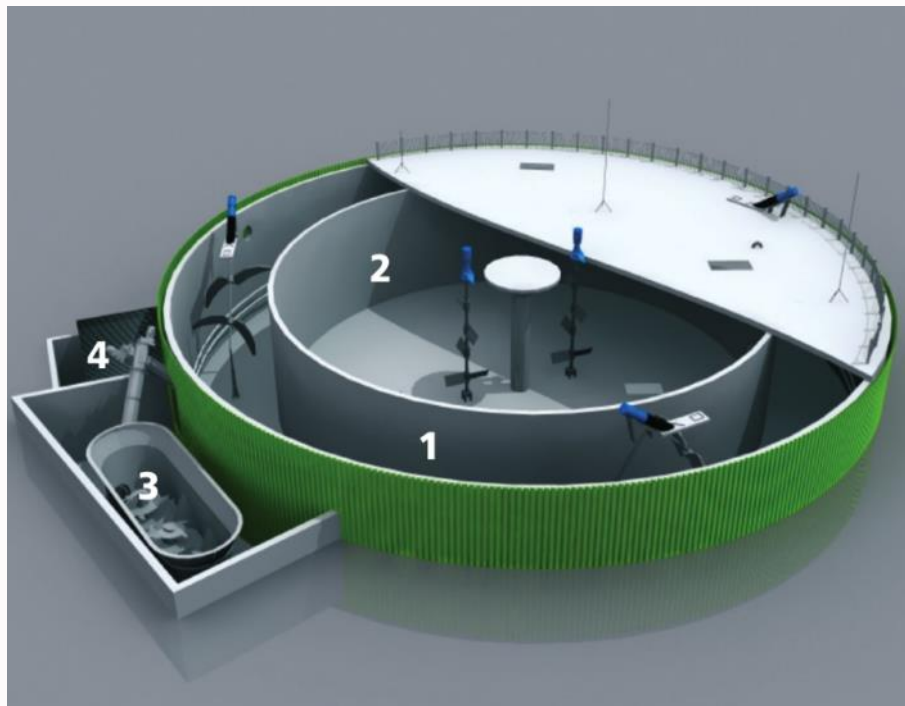
- ✓ Простота обслуговування та ремонту ферментера
- ✓ Вбудований газгольдер
- ✓ Не сприйнятливий до погодних умов
- ✓ Легко визначити рівень газу

Недоліки:

- ✗ Дорожчий за аналогічний з одинарним покриттям
- ✗ Не є абсолютно газонепроникним
- ✗ Постійно споживає енергію



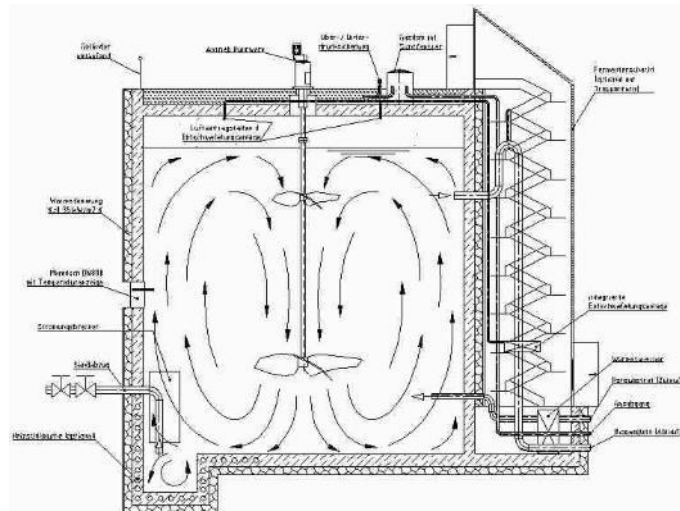
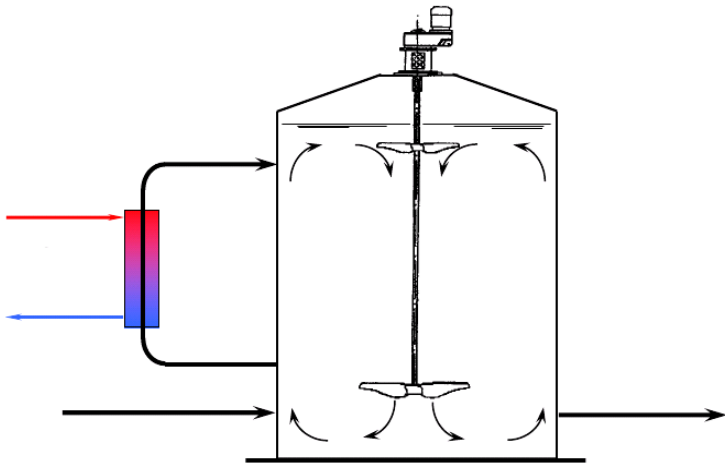
Концентричні (*Ring-in-Ring*) ферментери



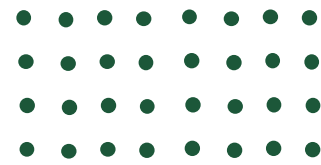
1. Основний ферментер,
2. Дозброджувач,
3. Система подачі сировини,
4. Центральна насосна станція



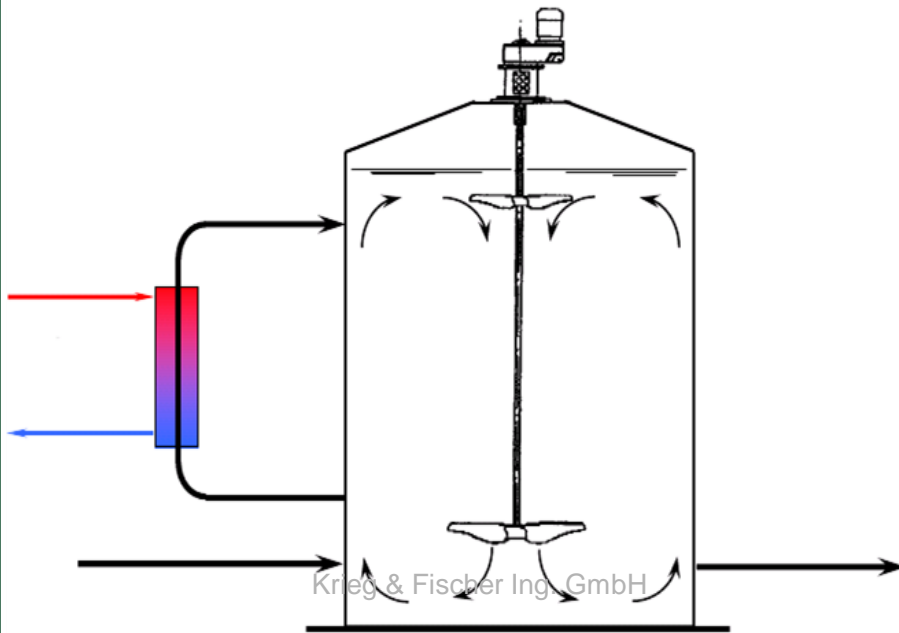
„Волога“ ферментація - вертикальні ферментери



- Зазвичай встановлюються на великих установках
- Типорозміри:
 - $h = 20 \text{ м}$
 - $d = 18\text{--}20 \text{ м}$
- Підходять для субстрату з часткою СР до 12 %
- Застосовуються при річному виході сировини більше 25 000 т/рік
- Складна технологія, мішалка зазвичай встановлюється зверху
- Об'єми ферментерів – до 5 000 м³



„Волога“ ферментація - вертикальні ферментери



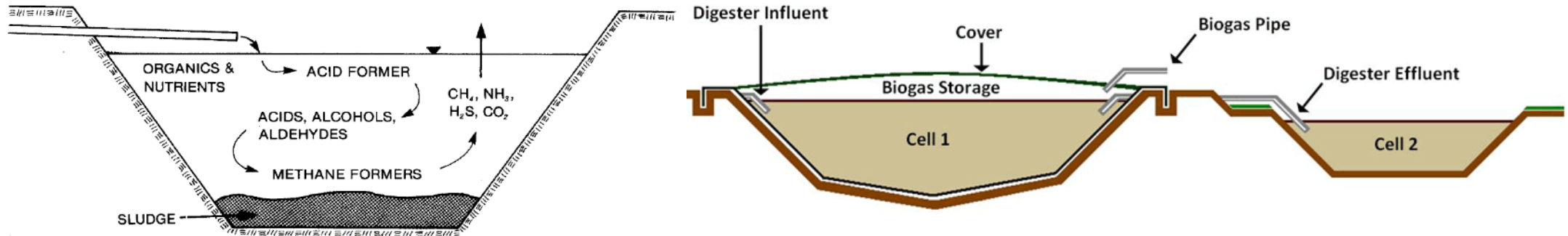
Переваги:

- ✓ Дуже якісно теплоізовані → малі тепловтрати та рівномірна температура
- ✓ Газонепроникні
- ✓ Субстрат гарно перемішується навіть при великих об'ємах
- ✓ Не сприйнятливі до погодних умов
- ✓ Деталі, що спрацюються, розташовані за межами реактора → простота тех. оглядів та ремонтів

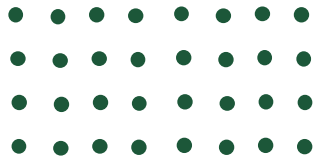
Недоліки:

- ✗ Можливий байпас ефект
- ✗ Складність очистки дна від осаду
- ✗ Необхідний окремий газгольдер
- ✗ Зняття мішалки можливе лише спецтехнікою

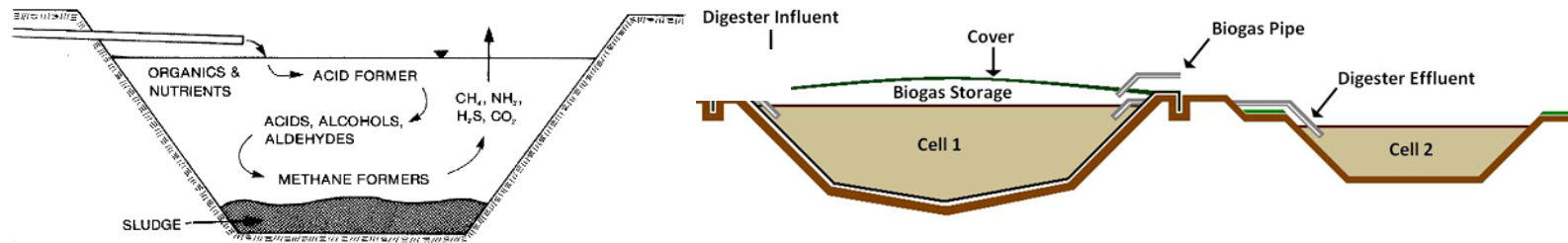
„Волога“ ферментація - лагуни



- Зазвичай використовуються в країнах з теплим кліматом
- Проста технологія
- Дешевизна при великих об'ємах ферментерів
- Працюють з субстратом з низьким вмістом СР, але високим значенням ХПК
- Одно- або двоступенева система



„Волога“ ферментація - лагуни



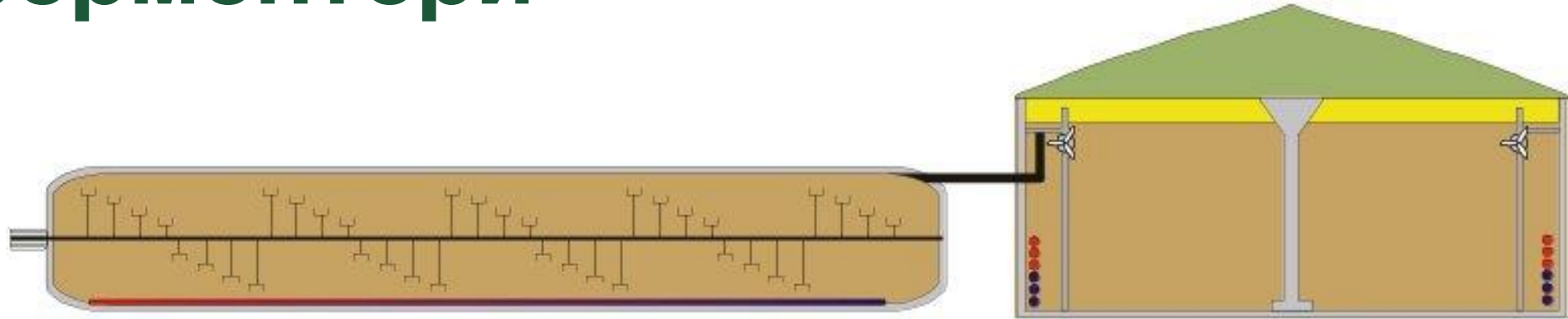
Переваги:

- ✓ Дешевизна та простота технології
- ✓ Простота проектування

Недоліки :

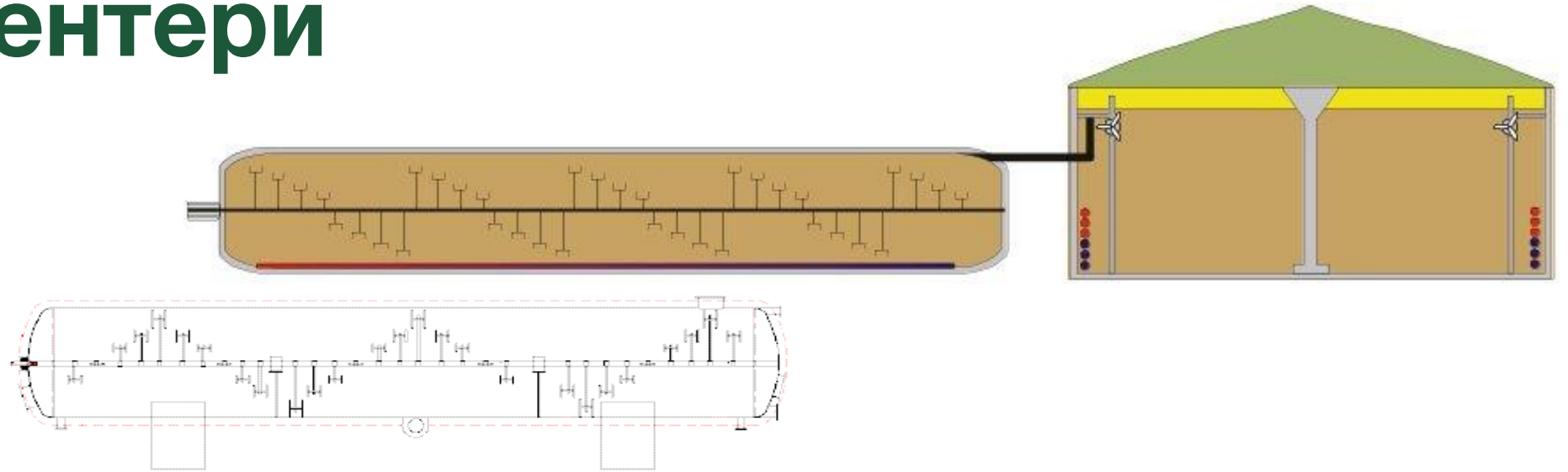
- ✗ Складно забезпечити герметичність покриття
- ✗ Не пристосовані до зон з високим рівнем ґрунтових вод
- ✗ Важко виявити зону витікання (субстрату) при пошкодженні ізолюючого покриття
- ✗ Перемішування можливо шляхом впорскування газу → відкладення можуть заважати
- ✗ Відсутність обігріву, ізоляція тільки зі сторони землі → технологія не пристосована до країн з холодним кліматом

„Суха“ ферментація - горизонтальні ферментери



- Система типу “Plug flow” (“ідеального витіснення”)
→ сировина завантажується та поступово проходить крізь ферментер
- Частка СР у субстраті = 25–40% → суха ферментація
- Зазвичай застосовується на установках зброджування роздільно зібраних органічних відходів
- Термофільний режим дозволяє провести знезараження
- При високому показнику СР/ в'язкості субстрату, імовірність появи байпасу мала

„Суха“ ферментація - горизонтальні ферментери

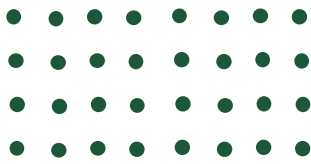


Переваги:

- ✓ Здатні ферментувати субстрат з високим вмістом твердих речовин
- ✓ Висока швидкість завантаження субстрату
- ✓ Імовірність появи байпасу мала
- ✓ Автоматичний дренаж піску
- ✓ Повне змішування субстрату
- ✓ Висока продуктивність ферментера

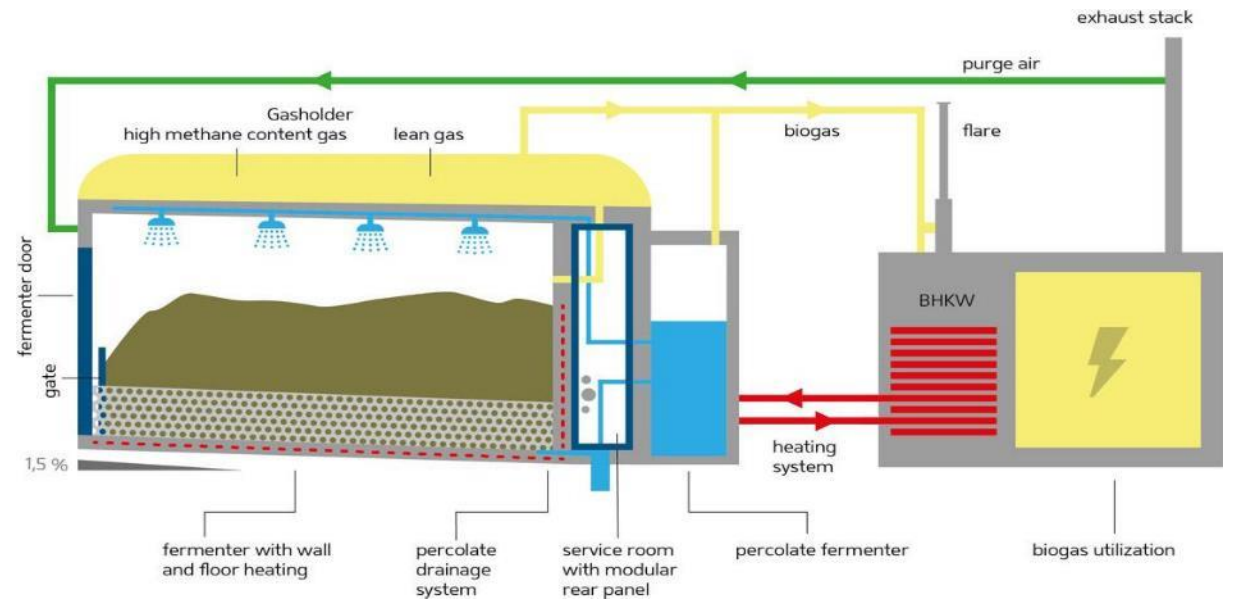
Недоліки:

- ✗ Високий CAPEX
- ✗ Необхідне доброджування (пост-зброджування)
- ✗ Обмеження в типорозмірах



„Суха“ ферментація - періодичної дії (гаражного типу)

- Зазвичай застосовується при частці СР > 30–40 %
- Для сухої с/г сировини та органічних відходів
- Відсутність рухомих частин всередині ферментера



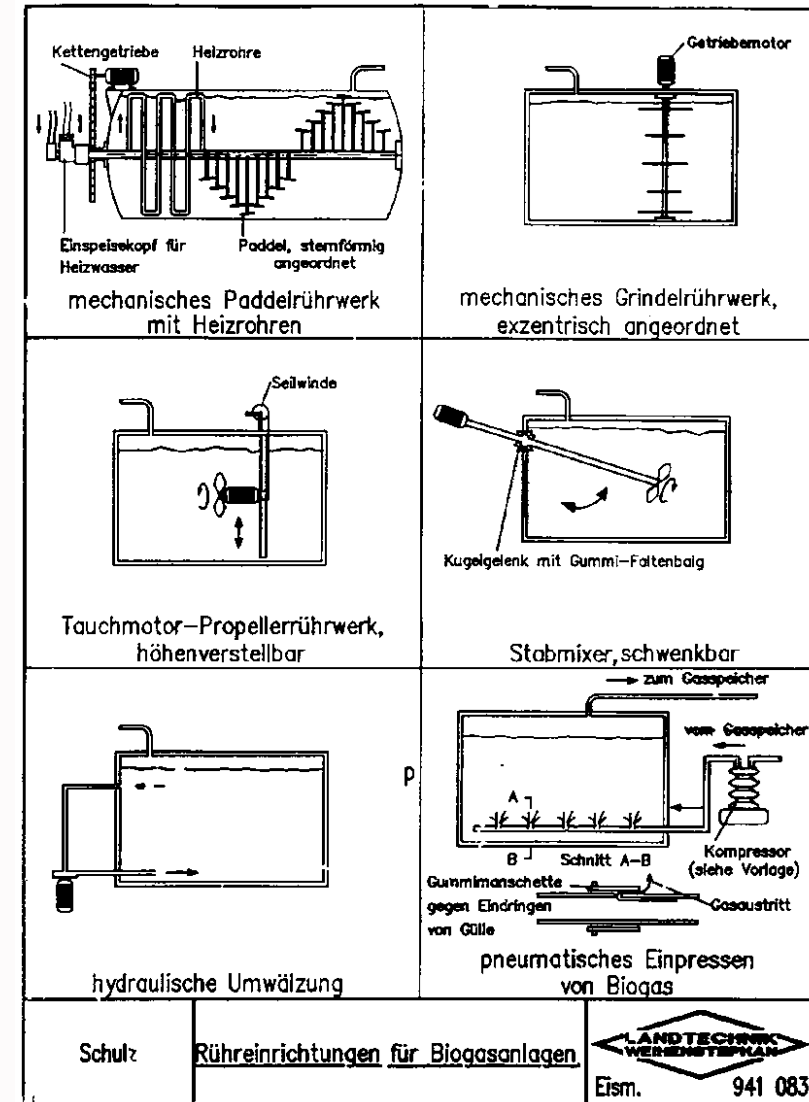


Перемішування субстрату в реакторі

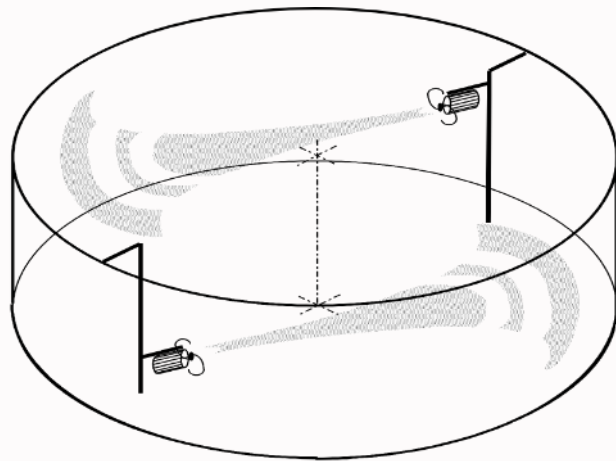
Перемішування субстрату в реакторі

Мета перемішування:

- Дотримання однорідності структури
 - запобігти появі кірки на поверхні субстрату
 - запобігти осаджуванню субстрату
- Однорідний розподіл свіжого субстрату по об'єму ферментера
 - Забезпечити наявність мікроорганізмів у свіжому субстраті
- Врівноваження температурного градієнту по об'єму ферментера
 - Нагрівальні елементи зазвичай вбудовуються в стінки реактора; також можливе встановлення нагрівальних елементів ззовні
- Підвищити вихід біогазу



Горизонтальні ферментери - занурені мішалки з електроприводом



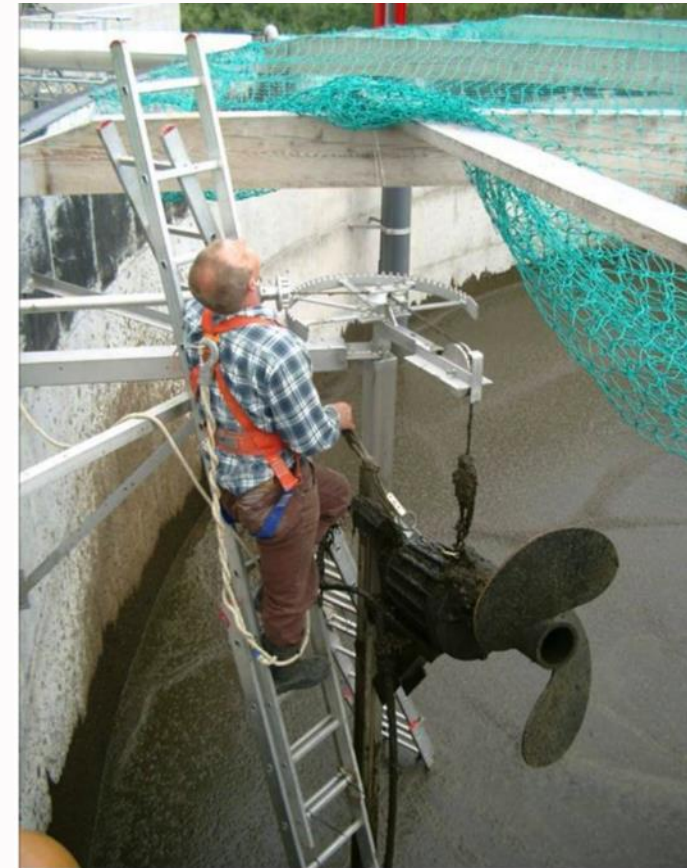
- Стандартне технічне рішення
- Відносно недорогі
- Варіюються по висоті встановлення та куту перемішування
- Високообертові електроприводи → зазвичай працюють періодично
- Ретельного перемішування субстрату досягти складно (волокниста структура, тверді речовини, діаметр ферментера)
- Ремонт та обслуговування вимагає відкриття ферментера → призводить до викидів!
- Високі вимоги щодо безпеки обслуговуючого персоналу при проведенні ТО та демонтажу мішалок
- Занурені мішалки = одноразовість використання

Горизонтальні ферментери - складнощі експлуатації занурених мішалок

Недостатнє перемішування



Безпека обслуговуючого персоналу та викиди метану



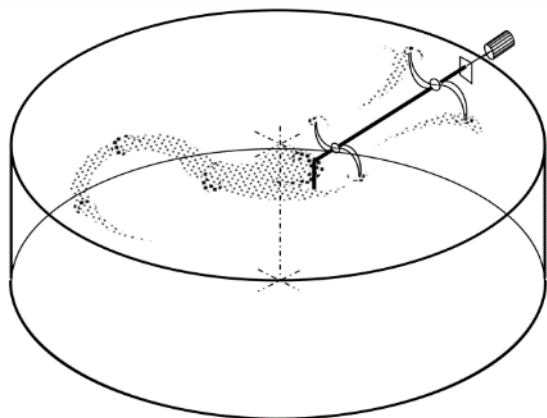
Корозія, абразивне спрацювання



Горизонтальні ферментери - мішалки бокового кріплення (тип biobull)

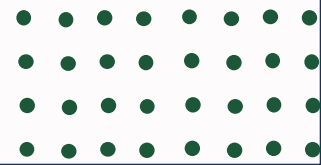


<http://www.seenergie.net/index.php?id=43>



Krieg & Fischer Ing. GmbH

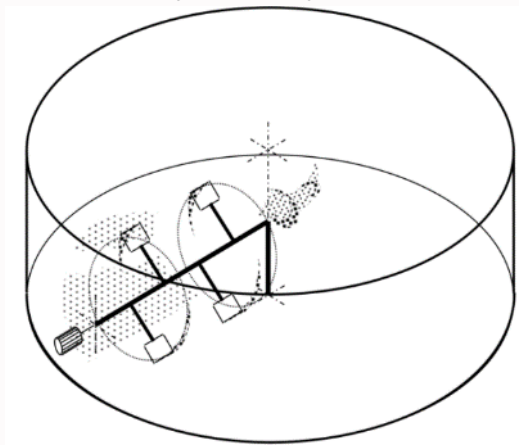
- Електропривод розміщений ззовні ферментера
→ простіше обслуговування, менша необхідність розкривати ферментер
- Фіксовані висота встановлення та кут перемішування
- Зазвичай працюють періодично перед/під час завантаження сировини
- Для ліпшого перемішування часто працюють в парі з зануреними мішалками



Горизонтальні ферментери – лопатеві мішалки

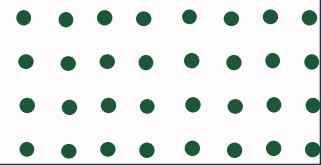


<http://www.treffler.net/wp-content/uploads/2013/05/P4060126.jpg>

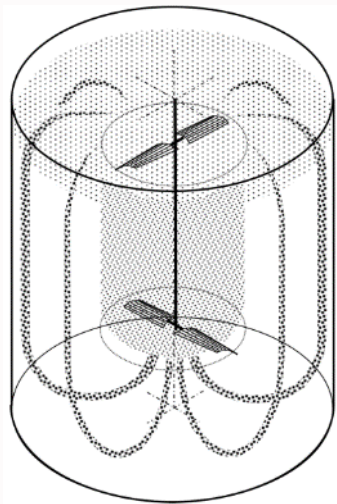


Krieg & Fischer Ing. GmbH

- Ефективно розбивають плаваючі шари
- Електропривод встановлений ззовні ферментера → простіше обслуговування, менша необхідність розкривати ферментер
- Фіксовані висота встановлення та кут перемішування
- Зазвичай працюють періодично перед/під час завантаження сировини в ферментер
- Обмежена область перемішування → для ліпшого перемішування повинні працювати в парі з зануреними мішалками

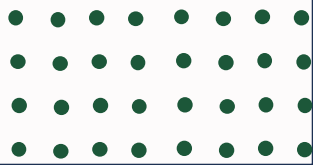


Вертикальні ферментери - мішалки верхового кріплення

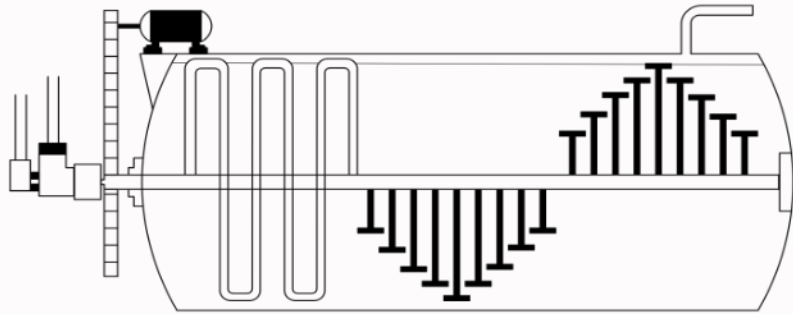


Krieg & Fischer Ing. GmbH

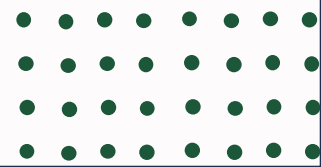
- Є низькообертovими електроприводами → працюють безперервно (24 год/добу)
- Швидкість: 13–18 об/хв
- Потужність: 11–30 кВт_{ел}
- Завдяки наявності частотного перетворювача – відносно низьке споживання електроенергії
- Електропривод встановлений ззовні ферментера → простіше обслуговування
- Ретельне перемішування субстрату → відсутність розшаровування, але можливе осадження
- Проблема: вал або болтові кріплення (інколи) зазнають механічної руйнації



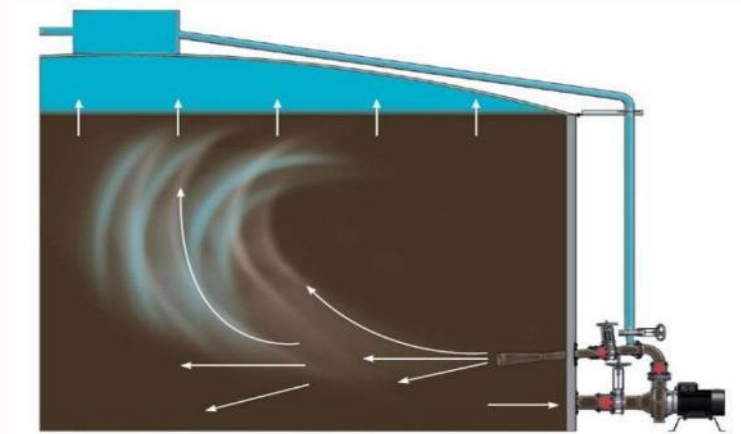
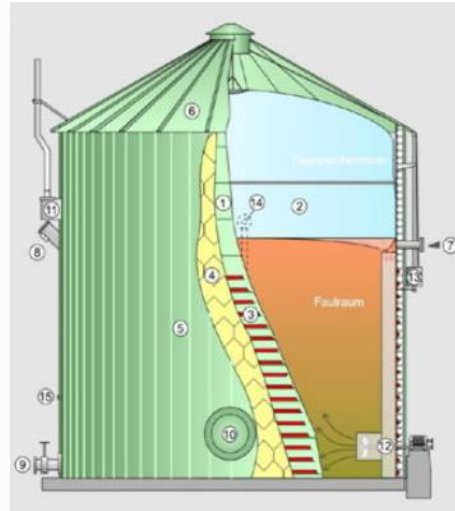
Горизонтальні ферментери – системи типу “Plug flow” - лопатеві мішалки



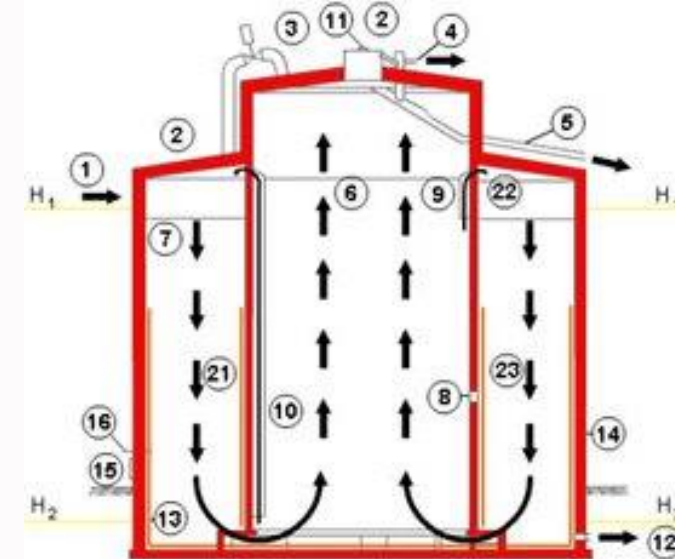
- Пристосовані до перемішування субстрату з високою часткою СР
- Ретельне перемішування, однорідність потоку
- Ефективно розбивають плаваючі шари
- Є низькообертовими електроприводами → працюють періодично або безперервно
- Швидкість: 1–10 об/хв
- Потужність: 2–15 кВт_{ел}
- При поломці необхідне розкриття ферментера



Ферментери - мішалки інших типів



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



Перемішування субстрату в реакторі – потенційні ризики

Всім ферментерам із системами змішування притаманні наступні потенційні ризики:

- Недостатність потужності мішалки
- Неправильне місце встановлення мішалки
- При виборі мішалки не був взятий до уваги тип сировини
- При виборі обладнання не було враховано, що при зброджуванні
 - Можливе вивільнення піску з маси субстрату
 - Можливе розшарування субстрату
 - Питома вага/густина субстрату може змінитися



Використання насосів в ферментерах

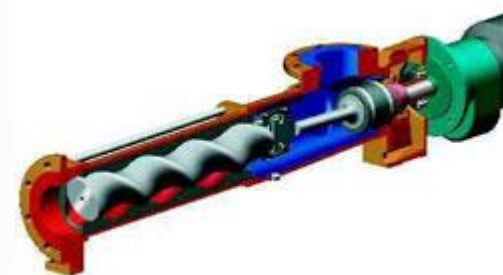
Насоси прямого витіснення (НПВ)

- Робоча рідина перекачується/ витискається під напором із резервуару з постійним об'ємом.
- Насоси прямого витіснення (НПВ) можуть перекачувати рідини з вмістом СР до 15%.
- Такі насоси є самовсмоктувальними (не вимагають заливки при пуску);
- Лінійна швидкість потоку має слабку залежність від гідравлічного напору рідини, регулюється зміною швидкості обертання робочих коліс насоса.
- Змінюючи напрямок обертання лопатей насоса можна відкачувати рідину в зворотному напрямі.

Дуже часто встановлюються на БГУ



Коловоротний насос



Гвинтовий насос кавітаційного типу (ексцентрично-шнековий насос)

Насоси прямого витіснення (НПВ)

Коловоротний насос



- Дві робочі протиобертові лопаті, розташовані в овалоподібному корпусі.
- Використовується для транспортування твердих, пастоподібних речовин, рідких розчинів (шламів) та рідин.
- Порівняно з ексцентрично-шнековими насосами із ідентичним рівнем споживання електроенергії, коловоротні здатні транспортувати крупніші частки (наприклад, каміння).
- Макс. тиск на виході (з боку нагнітання): 2–10 бар
- Величина потоку: 500–4.000 л/хв
- Споживана потужність: 7.5–55 кВт

Насоси прямого витіснення (НПВ)

Ексцентрично-шнековий насос



- Гвинт штопорного типу виконаний з нержавіючої сталі та закріплений на статорі, що виготовлений з еластичного матеріалу.
- Використовується для транспортування твердих, пастоподібних речовин, рідких розчинів (шламів) та рідин.
- Чутливий до небажаних домішок на кшталт волокон, каміння, шматків металу (блокування) і сухого перекачування.
- Простота ТО і ПР.
- Макс. тиск на виході: 24 бар
- Величина потоку: 55+ л/хв

Насоси прямого витіснення (НПВ)

Недоліки:

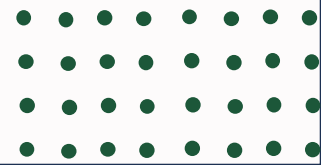
- × Високе абразивне спрацювання
- × Чутливі до небажаних домішок



Каміння

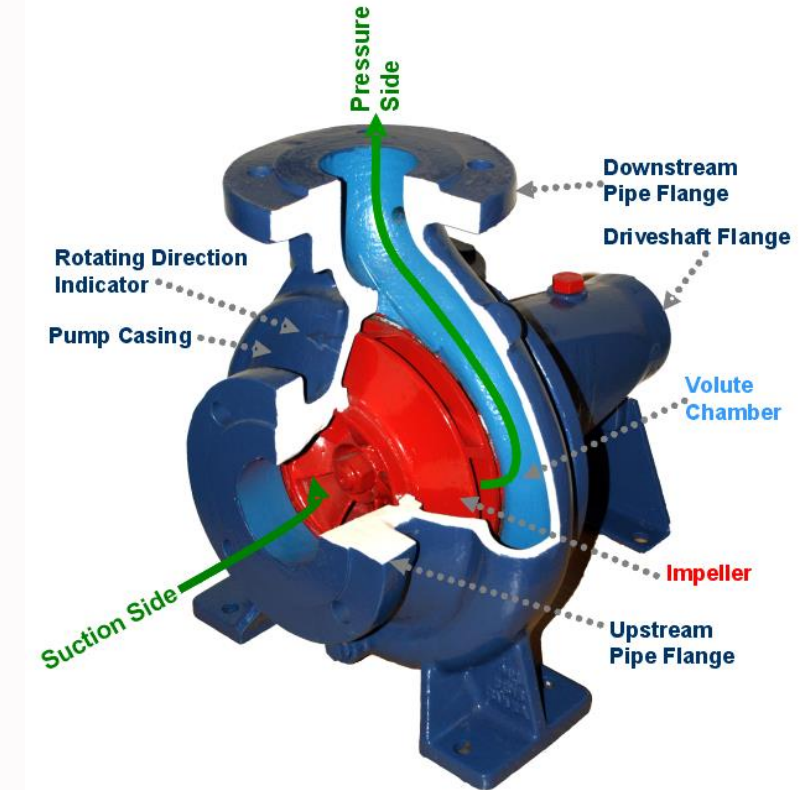


Дроти та
мотузки

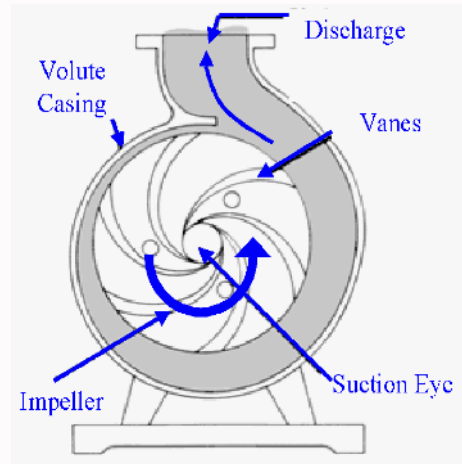


Центробіжний насос

- Робочий диск (колесо) всмоктує рідину радіально в проточну камеру звідки вона покидає робочий простір насоса.
- Прості та надійні насоси, часто використовуються при перекачуванні рідких розчинів (шламу).
- Лінійна швидкість потоку залежить від тиску на виході насоса.
- Може бути обладнаний ріжучими лопатями → насос з подрібнювачем для перекачування шламу та гноївки
- Частка СР: в ідеалі < 8%
- Макс. тиск на виході: 10 бар
- Величина потоку: 2.000–6.000 л/хв
- Споживана потужність: 2–18 кВт



Центробіжний насос



Переваги:

- ✓ Поширена технологія
- ✓ Проста та надійна конструкція
- ✓ Підтримує пропускання робочої рідини при високих швидкостях потоку (2.000–6.000 л/хв)

Недоліки:

- ✗ Обмеження по складу СР до 8%
- ✗ Схильний до кородування та абразивного спрацювання
- ✗ Можливе блокування

На що потрібно звернути увагу при виборі обладнання

Параметри субстрату та його якісний склад

- Структура
- В'язкість
- Абразивність
- Температура
- Тиск
- Рівень рН
- Ризик розшаровування

☞ Анаеробна ферментація змінює параметри субстрату!!!

Якість збірки та тех. оснащення

- Стійкість до кислот
- Не абразивні

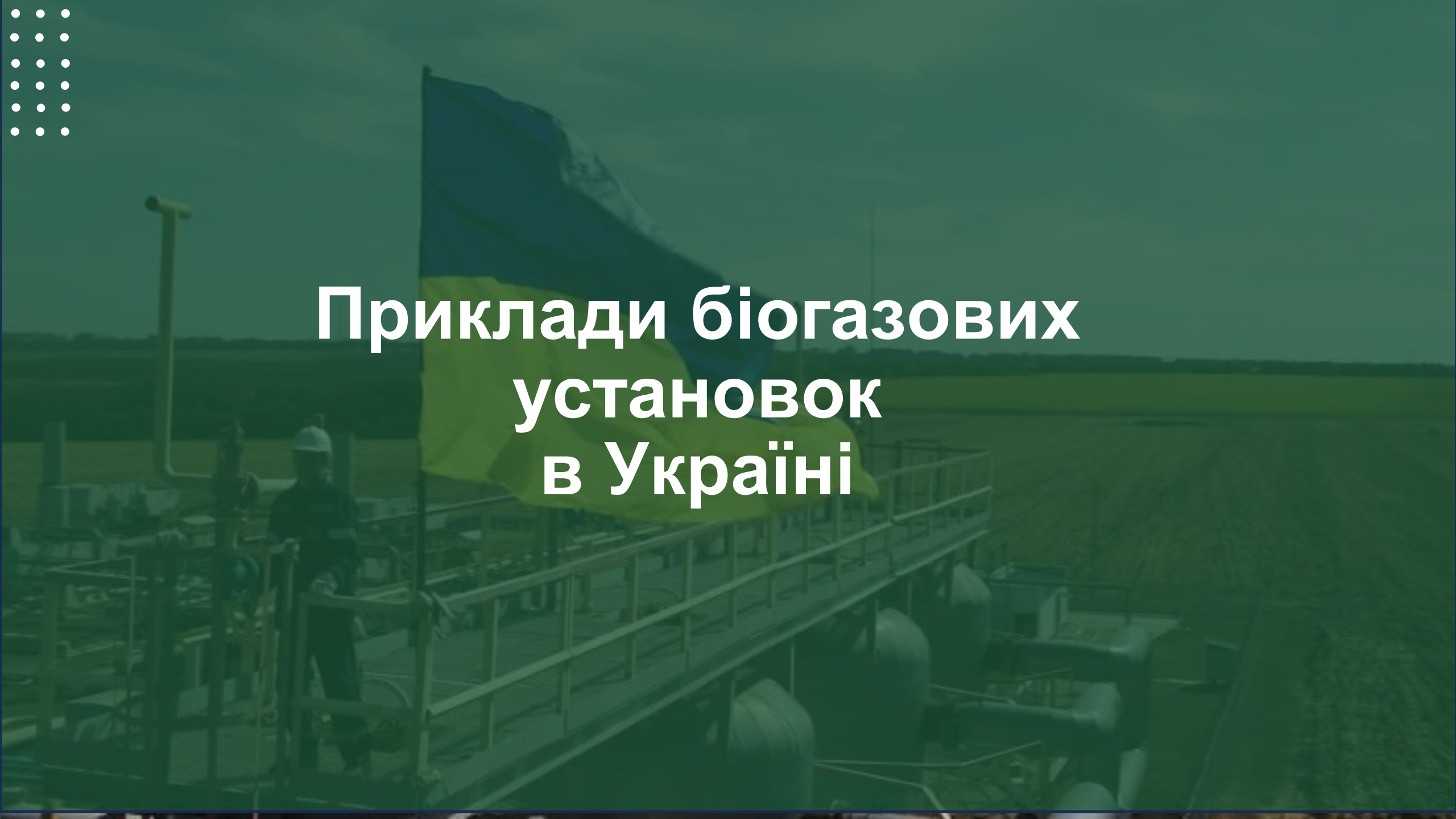
Розрахунок параметрів обладнання та його проектування

- Резерв потужності
- Достатній внутрішній діаметр
- Характер поверхні
- Робочий об'єм
- Зони осаджування

Просте та безпечне проведення ТО і ПР



Приклади біогазових установок в Україні



Виробництво електроенергії з біогазу в Україні (2022)

Параметр	Біогаз	Біометан
Встановлена потужність, МВт _е	140 (33 МВт – біогаз із ТПВ)	3 млн м ³ /рік
Вироблена електроенергія, ГВт·год	505.4 (122.2)	–
Кількість БГУ	83 (33 – біогаз із ТПВ)	1

- Абсолютна більшість проектів виробляє електроенергію з подачею у розподільчу мережу з використанням зеленого тарифу
- Окремі проекти мають встановлену потужність від 125 кВт_е до 26 МВт_е.
- Широкий спектр галузей і різних видів сировини
- Перший проект з біометану розпочав роботу в квітні 2023 року на базі існуючої БГУ

Приклади біогазових установок в Україні (1)

№	Компанія	Потужність, МВт
1	ТОВ «Теофіпольська енергетична компанія» (4 черги)	26,1
2	ТОВ «Вінницька птахофабрика»	12,0
3	ТОВ «Городище-Пустоварівська аграрна компанія» (4 БГУ)	14,7
4	ТОВ «Корсунь Еко Енерго»	7,5
5	ПрАТ «Оріль-Лідер»	5,7
6	ТОВ «Юзефо-Миколаївська біогазова компанія»	5,2
7	I&U Group (Капітанівський цукровий завод)	6,0
8	Каліпсо Біогаз	3,2
9	ТОВ «Комерцбудпласт»	3,1
10	ТОВ «Рокитнянський цукровий завод»	2,4
	Усього для 10 найбільших проектів (агрокомпаній)	85,9 (80%)



Приклади біогазових установок в Україні (2)









Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

Дякую!

Юрій Матвеев



-  Член експерт. ради UABIO, к.ф.м.н.
-  +380 67 790 75 08
-  matveev@uabio.org
-  <https://uabio.org>

