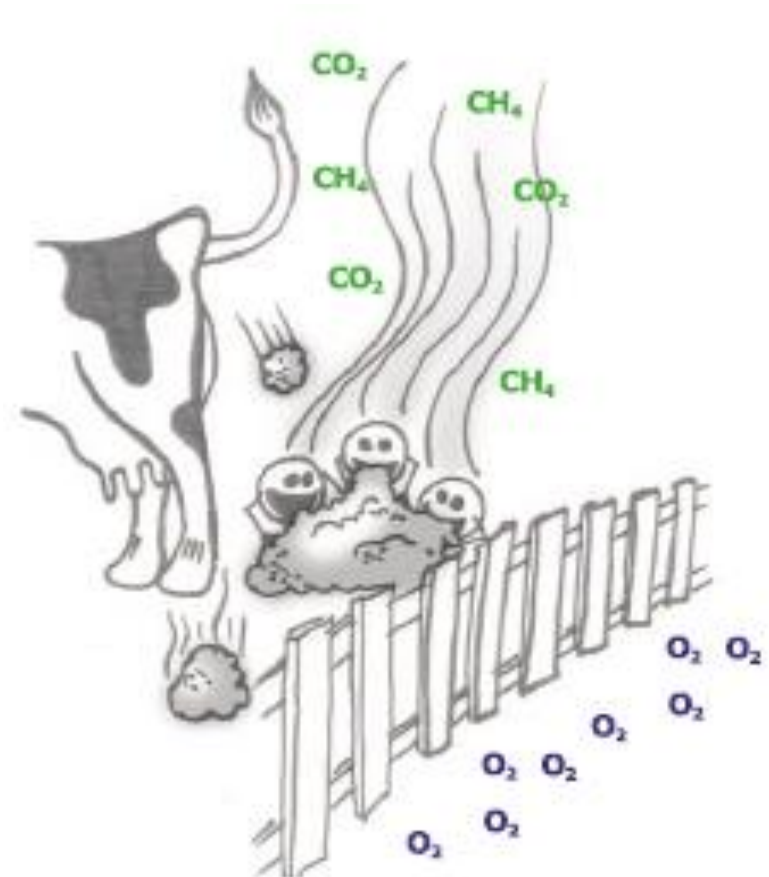




Mi a biogáz?

- Metán és szén-dioxid elegye, amit
- Mikroorganizmusok állítanak elő
- Anaerob körülmények közt
- Szerves anyag biokonverziójával





Biogáz története

- XVII. század: szerves anyagok bomlása során éghető gáz keletkezik – mocsárgáz
- 1776 – Volta megállapítja, hogy összefüggés van a szerves anyag mennyisége és a keletkező gáz térfogat közt
- 1804 – Dalton kimutatja belőle a metánt
- Pasteur fedezi fel, hogy mikrobák állítják elő
- 1856 – első biogáz telep, Mantunga, India
- 1896 – angliai Exeterben közvilágításra használják

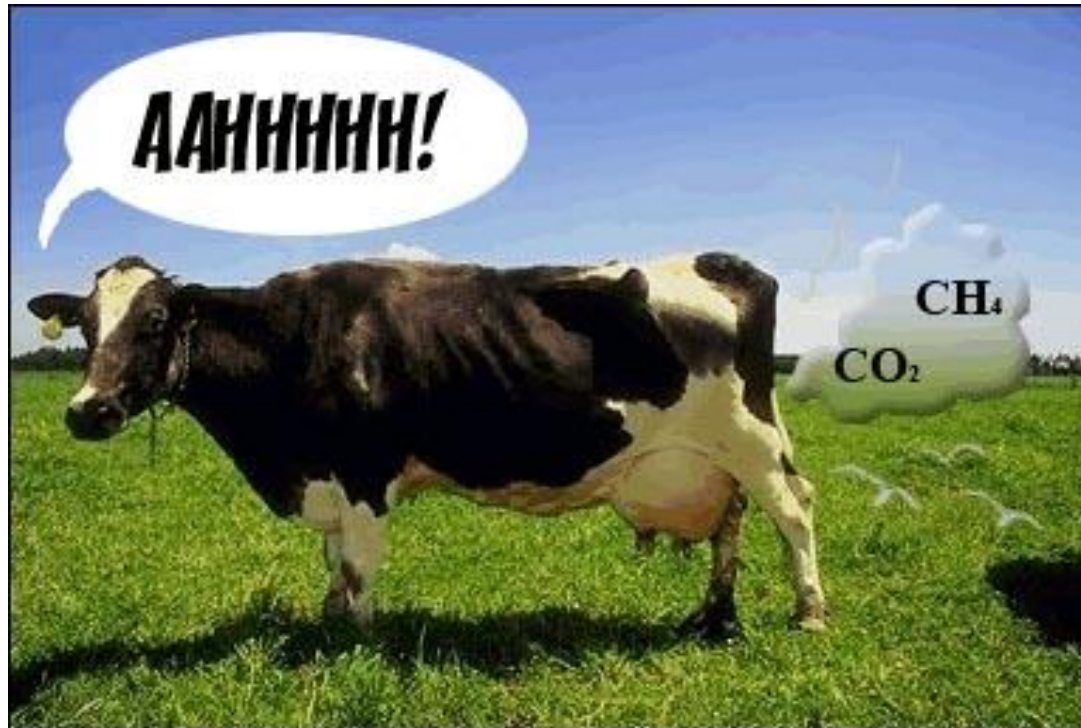
1920 – szennyvíz iszapok

1975 – trágya

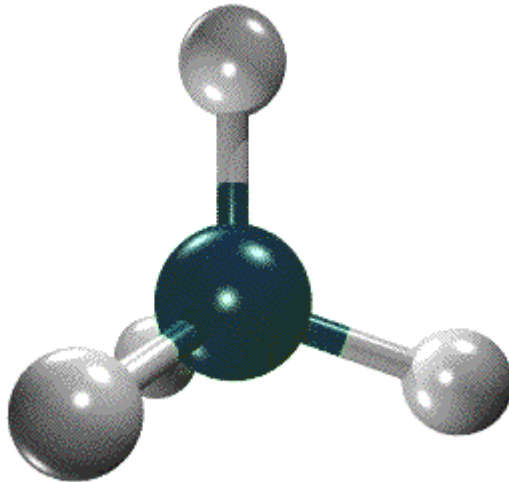
1985 – ipari szerves hulladék és
együttes erjesztés

1990 – biohulladék

1995 – szerves kommunális hulladék



Több lépcsős, több baktériumfaj együtt működésével
Eltérő optimumok, érzékeny folyamat



Metán:

- Színtelen, szagtalan
- Földgáz fő alkotója
- Üvegházhatású

Forrás	Becsült mennyiség Mt/év
Mocsarak	115
Termeszek	20
Egyéb	20
Összesen	155
Haszonállatok	80
Rizs termelés	60
Földgáz feldolgozás	50
Szénbányászat	40
Biomassza égetés	40
Hulladéklerakók	30
Trágya	25
Szennyvízkezelés	25
Összesen	350



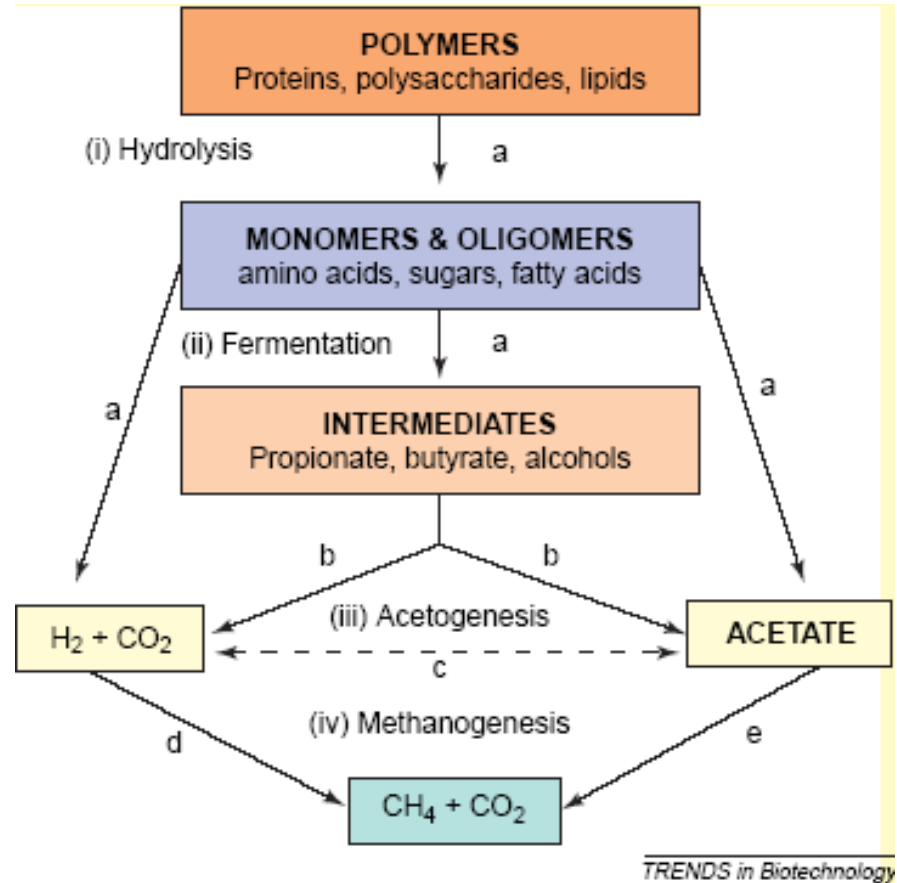
Mikrobiológiai háttér

Négy lépcső:

1. Hidrolízis
2. Fermentáció
3. Savképzés
4. Metánképzés

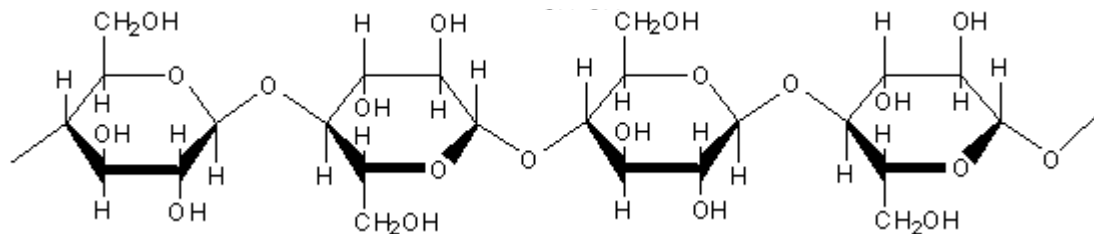
Négy mikrobacsoport:

- a. Fermentáló
- b. Acetogén
- c. (Homoacetogén)
- d. Hidrogenotróf
- e. Acetotróf

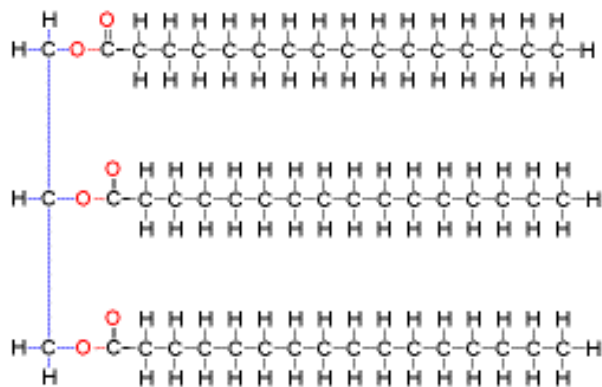




Hidrolízis



Cellulóz → Glükóz



Triglyceride

Triglycerid (zsírok, olajok) → Zsírsavak



Fehérjék → Aminosavak



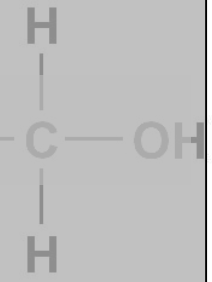
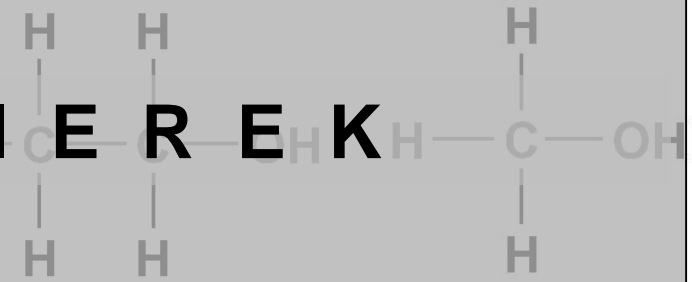
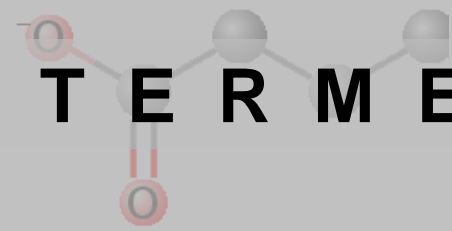
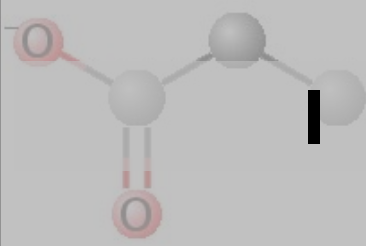
Fermentáció

Mono- és oligomerek

VFA – Volatile Fatty Acids

Alkoholok

I N T E R M E D I E R E K



propionát

butirát

etanol

metanol



Hidrolízis és fermentáció

Fermentáló mikrobák főbb jellemzői:

- A mikroba sejtek képtelen a polimerek felvételére, ezért lebontásuk sejten kívüli, azaz exoenzimekkel történik – cellulázok, lipázok, proteázok...

Sebessége függ:

- Enzim mennyiségétől
- Szubsztrát fajtájától:

Olajok, zsírok > fehérjék > lignocellulózok

- Saját energiaigény fedezése a termékekből (cukrok, zsírok, AS-ek), ami közben számukra felesleges bomlástermékeket választanak ki.



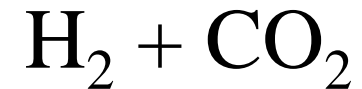
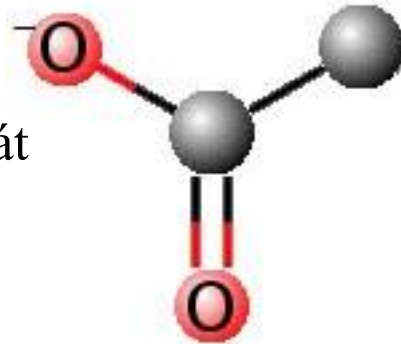
Sav- és metánképzés

Mono- és oligomerek

Intermedierek

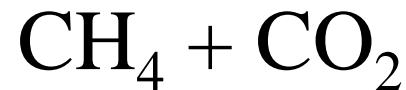
Acetogenezis – acetogén baktériumok

acetát



Metanogenezis – metanogén baktériumok

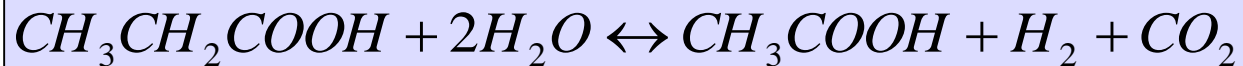
70%



30%



Acetogén baktériumok



Acetogén baktériumok főbb jellemzői:

- Nagy fajdiverzitás, sokféle szubsztrát hasznosítására képesek – ellenállóak a környezeti változásoknak
- Azonban: a fenti egyensúlyi reakció termodinamikai szempontból a kiindulási anyagok felé van eltolva, a termékek állandó fogyása biztosítja, hogy végbemegy. Másképpen termék inhibíció lép fel.

Azaz: az acetogének a metanogénektől függenek!!



Metanogén baktériumok

Metanogének főbb jellemzői:

- Baktériumok speciális csoportjához, az úgynevezett *Archaea-k* (ősbaktériumok) közé tartoznak.
- Csoportosítás:
 - Acetotrófok (pl.: *Methanosarcina-k*): kemoorganotróf
$$\text{CH}_3\text{COOH} = \text{CH}_4 + \text{CO}_2$$
 - Hidrogenotróf (pl.: *Methanobacteria-k*): kemolitotróf
$$4 \text{H}_2 + \text{CO}_2 = \text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$$
- Szaporodásuk lassú és igen érzékenyek a környezet változásaira.
- Szigorúan anaerobok

Azaz: a metanogének is függenek az acetogénektől!!



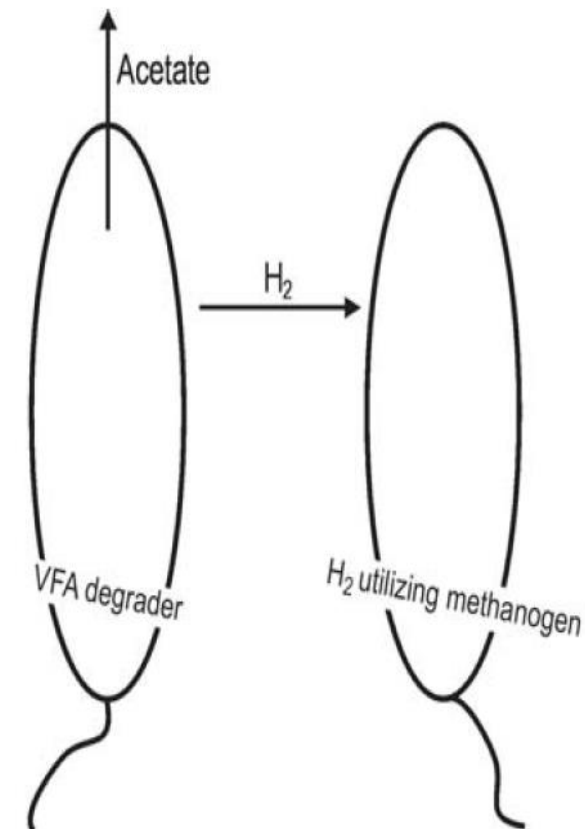
Kölcsönhatások

Szintrópia:

- Táplálékmegosztás és egymás segítése:
 - Szubsztrát elfogyasztás = termék elvonás
 - Jó pH tartomány

Fajok közötti hidrogén átadás:

- Közvetlenül – diffúzió limitált
- Bizonyíték:
 - Acetát koncentráció: $10^{-4} - 10^{-1}$ M
 - Hidrogén koncentráció: $10^{-8} - 10^{-5}$ M
- Technológiai szempont: keverés – aggregáció elősegítő





Metanogének pH optimuma: 6,8 és 7,4 között (pH 6 alatt és pH 8 felett nincs gáztermelés)

Acetogének pH optimuma: 5,8 és 6,2 között (pH-tól is függ az intermedierek termék eloszlása)

Hogy csökkenhet a pH?

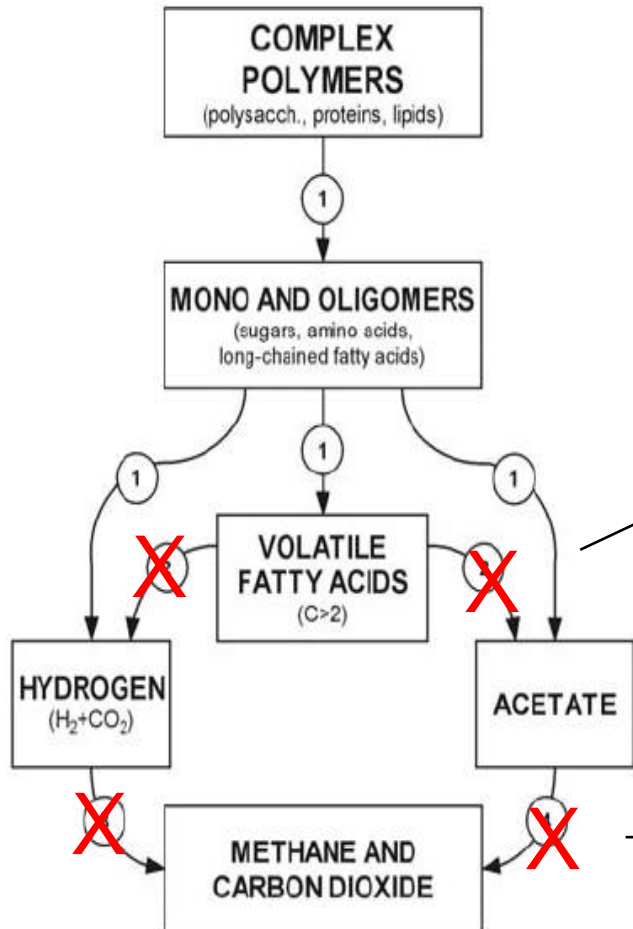
- Túladagolás – hirtelen jól bontható szubsztrát nagy mennyiségű beadagolása – VFA felhalmozódás
- Kölcsönhatások megszűnése – VFA felhalmozódás

Hogy nőhet a pH?

- Magas szerves nitrogén (fehérje) tartalmú szubsztrát esetén – ammónia képződés



Kölcsönhatások megszűnése



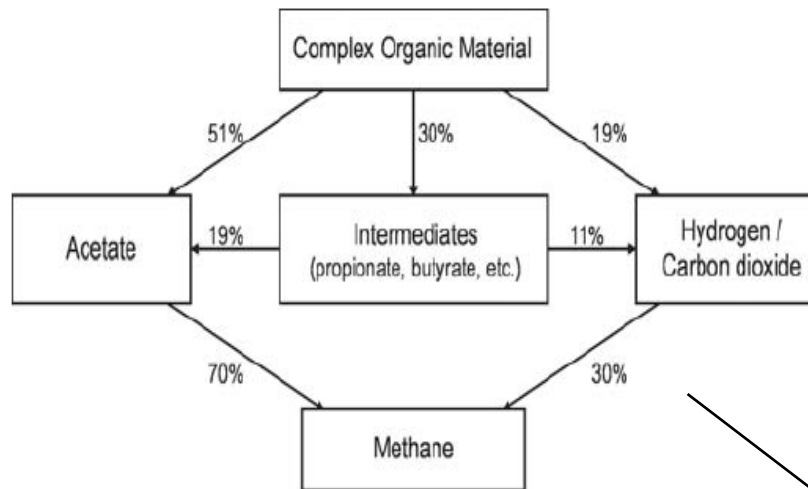
Megszűnik a VFA felhasználás, a felhalmozódás miatt a pH leeshet – egyes szubsztrátok jó pufferkapacitással rendelkeznek.

Magas hidrogén és acetát koncentráció miatt a termékképző reakció TD-i szempontból kedvezőtlené válik

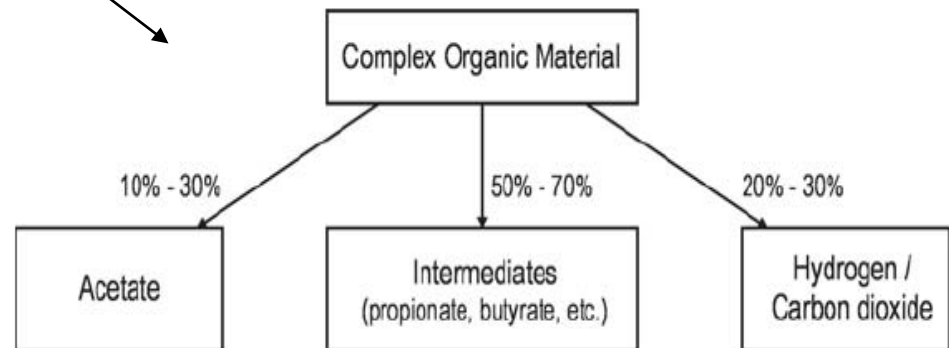
Hidrogén és acetát fogyasztás megszűnése



Kölcsönhatások megszűnése



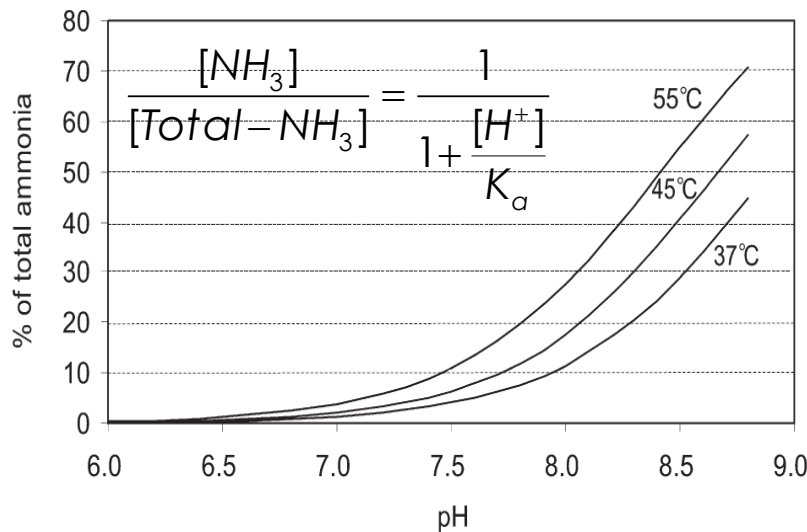
Aktív metanogénekkal és nélkülük a szén forgalom.





Ammónia inhibíció

- A leggyakoribb gátló vegyület, mivel sok szubsztrátnak magas a fehérjetartalma.
- Az irodalom sokféle koncentrációt említ, mivel a gátlás függ a pH-tól, hőmérséklettől, valamint adaptáció is gyakori.
- Csak a szabad ammónia hat gátlólag, az ammónium iont a sejt nem képes felvenni
- Önstabilizáló mechanizmus: ammónium gátlás -> VFA felhamozódás



Technológiai szempontból: C/N arány

- Ideális: 25 – 32
 - Magasabb: nitrogén limit
 - Alacsonyabb: ammónia inhibíció



Helyei:

1. Kommunális szennyvíz tisztítóokban keletkező iszap kezelése
2. Magas szervesanyag-tartalmú ipari szennyvizek kezelése
3. Állati eredetű hulladékok (trágyák) kezelése
4. Kommunális szilárd hulladék szerves frakciójának (OFMSW – Organic Fraction of Municipal Solid Waste) kezelése illetve depóniagáz

Minden esetben fő cél a hulladék kezelés, azonban emellett:

- Értékesíthető zöld energia keletkezik, valamint
- A nyomelemek körforgása is megmarad, ugyanis a melléktermék jó minőségű komposzt.



Szubsztrátok

Ipari hulladékok

- Vágóhídi
- Élelmiszeripari
- Tejipari
- Cukoripari
- ...stb.
- Ipari szennyvizek

Települési

- Szennyvíziszap**
- Szelektíven gyűjtött szerves hulladék (OFMSW – Organic Fraction Municipal Solid Waste)
- Étkeztetési maradék
- Kertészeti hulladék

Mezőgazdasági

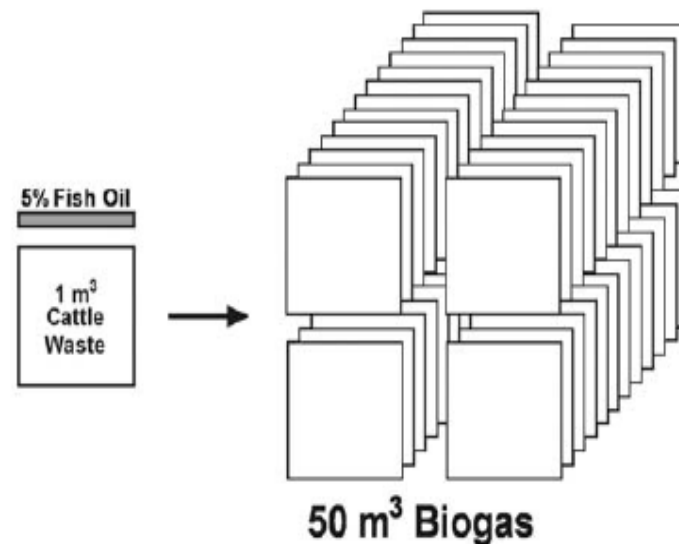
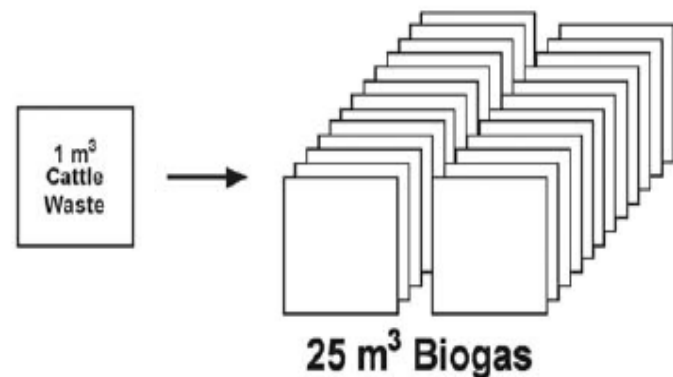
- Hígtrágya**
- Betakarítási maradék
- Erdészeti maradék
- Energianövények



Együttes erjesztés

Sok esetben a biogáz kihozatal növelhető egyéb szerves anyag hozzáadásával. Legtöbbször hígtrágyát egészítenek ki, mivel így:

- A mikroba közösség adott
- Az alacsony szárazanyag tartalmú (3-6%) trágya jó közeg szárazabb szubsztrátok szuszpendálásához
- A trágya pufferkapacitása jó
- Magas a tápanyag és nitrogén tartalma, ami egyéb szubsztráttal kiegészítve viszont ideális C/N arányt eredményezhet





Együttes erjesztés

Előnyök

- Jobb C/N/P arány
- Több biogáz termelés
- Megújuló biomassza hasznosítás
- Melléktermékek minősége is javul
- Optimálisabb reológiai tulajdonságok
- Kellemetlen szaghatások csökkentése

Hátrányok

- Megnövekedett hozzáadott, és így elfolyó KOI is
- Kiegészítő előkezelések szükségesek lehetnek
- Keverési igények
- Higiénés előírások



Biogáz hozam

Szubsztrát	m ³ /t szárazanyag												
Betakarítási maradékok	170-500												
Trágyák	200-650												
<p>Várható biogáz mennyiség (m³/t)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Szubsztrát</th> <th>Várható biogáz mennyiség (m³/t)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kukoricaszár</td> <td>~400-480</td> </tr> <tr> <td>Istállótrágya</td> <td>~180-300</td> </tr> <tr> <td>Baromfitrágya</td> <td>~320-650</td> </tr> <tr> <td>Sertéstrágya</td> <td>~350-580</td> </tr> <tr> <td>Marhatrágya</td> <td>~100-320</td> </tr> </tbody> </table>		Szubsztrát	Várható biogáz mennyiség (m ³ /t)	Kukoricaszár	~400-480	Istállótrágya	~180-300	Baromfitrágya	~320-650	Sertéstrágya	~350-580	Marhatrágya	~100-320
Szubsztrát	Várható biogáz mennyiség (m ³ /t)												
Kukoricaszár	~400-480												
Istállótrágya	~180-300												
Baromfitrágya	~320-650												
Sertéstrágya	~350-580												
Marhatrágya	~100-320												
Piaci hulladék	500-600												
Szennyvíziszap	250-350												

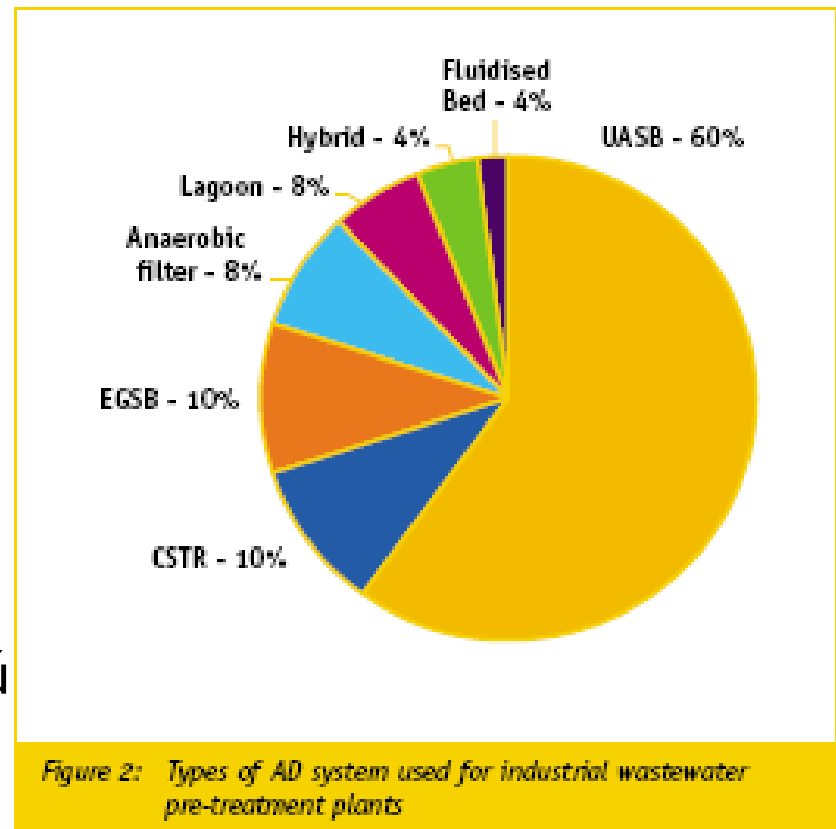


Szennyvizek kezelése

Főbb területek:

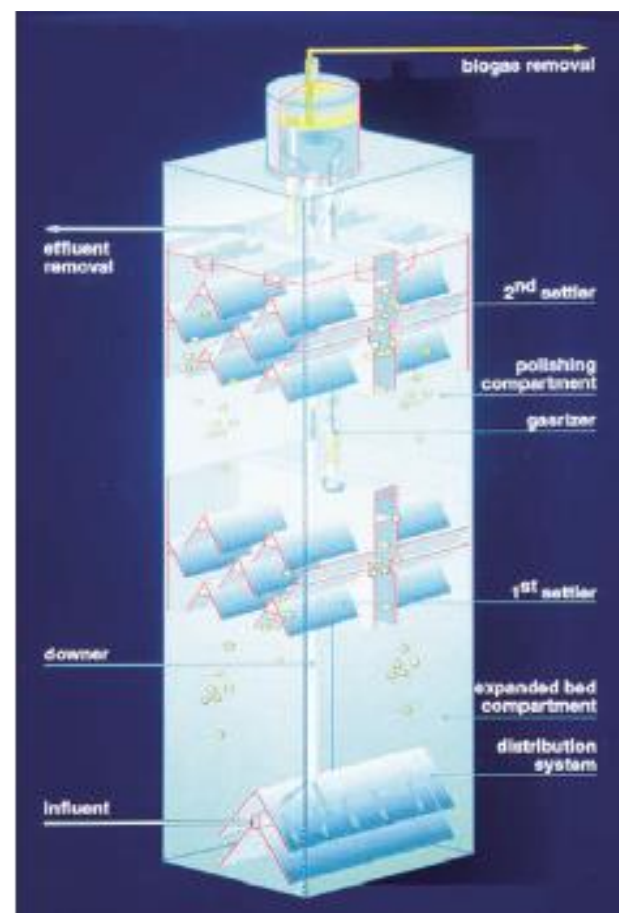
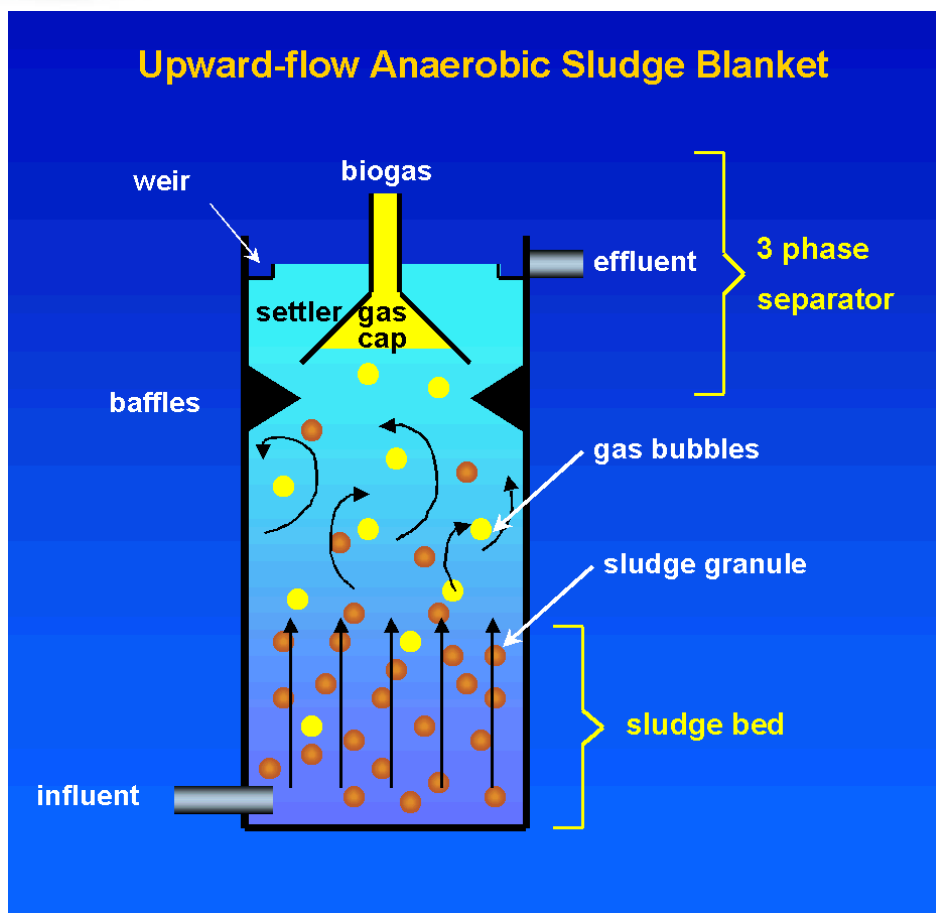
- Élelmiszer ipar (gyümölcs feldolgozás, olaj préselés, tejipar, hús feldolgozás, cukorgyártás, fermentációs ágak)
- Papír- és cellulózipar
- Textilipar

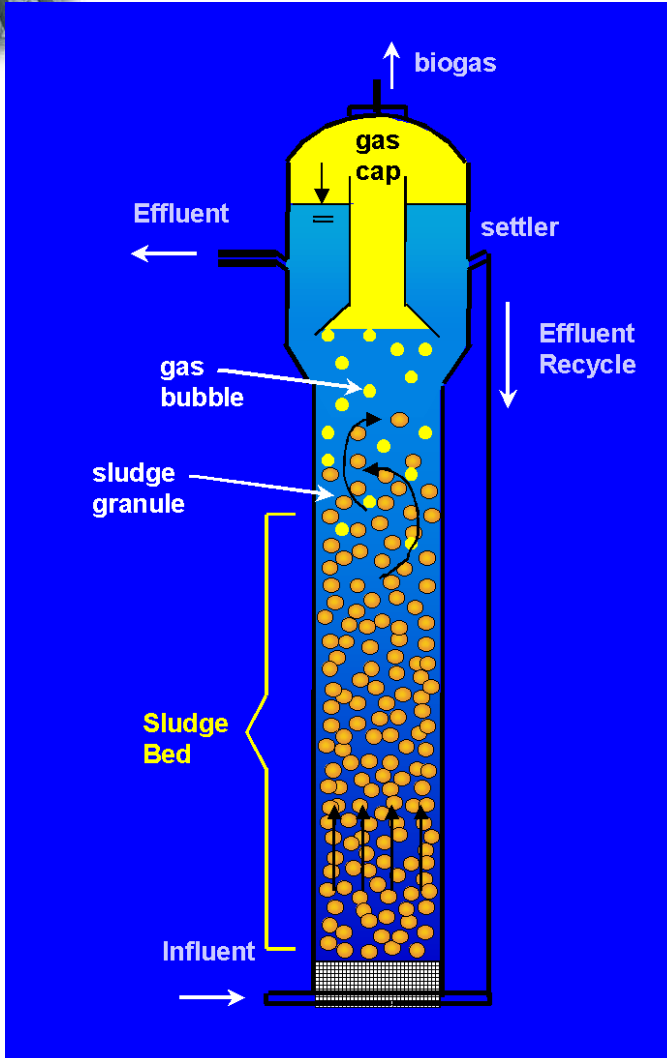
Noha iparágakon belül előfordulhatnak speciális gátló hatású vegyületek, alkalmazásukat az teszi lehetővé, hogy adott egységből érkező szennyvíz azonos összetételű.





UASB



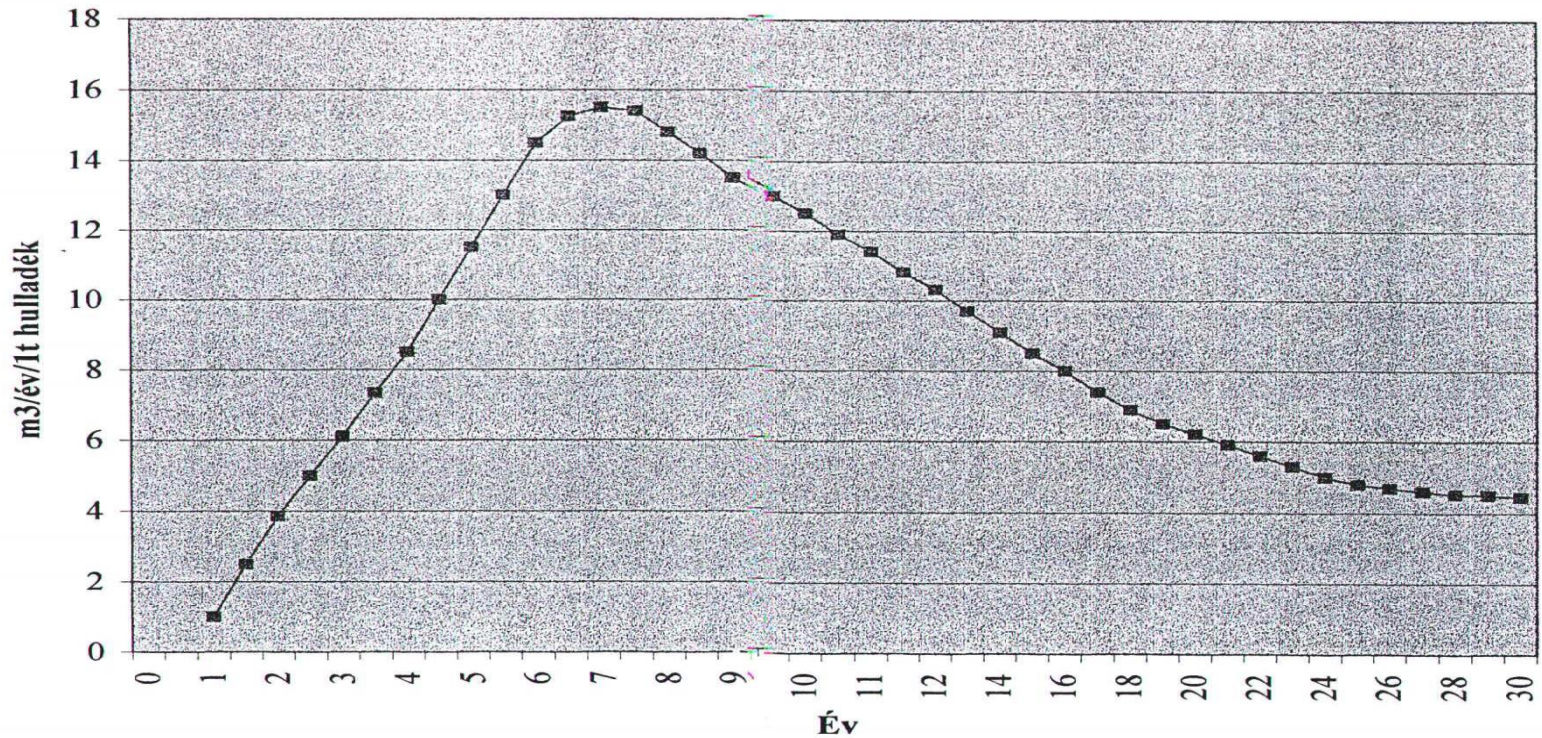


EGSB – Expanded Granular Sludge Bed

- UASB variáció
- Nagyobb áramlási sebesség
- Részleges fluidizáció miatt jobb érintkezés
- Nagy szervesanyag terhelés:
 - UASB 10 kg KOI/m³
 - EGSB 20 kg KOI/m³



Szeméttelepeken spontán végbemenő folyamat eredménye.
Gyűjtése és elvezetése: gázkutak illetve csővezetékek.



Szervesanyag lebontási (gázképződés) diagram az évek függvényében



Csoportosítás

Folyamatos egy lépcsős
Folyamatos két lépcsős
Szakaszos

Típus szerint

Termofil
Mezofil

Farm – Németország több ezer
Centralizált – Dánia 22 db

Kis szárazanyag tartalmú
Nagy szárazanyag tartalmú



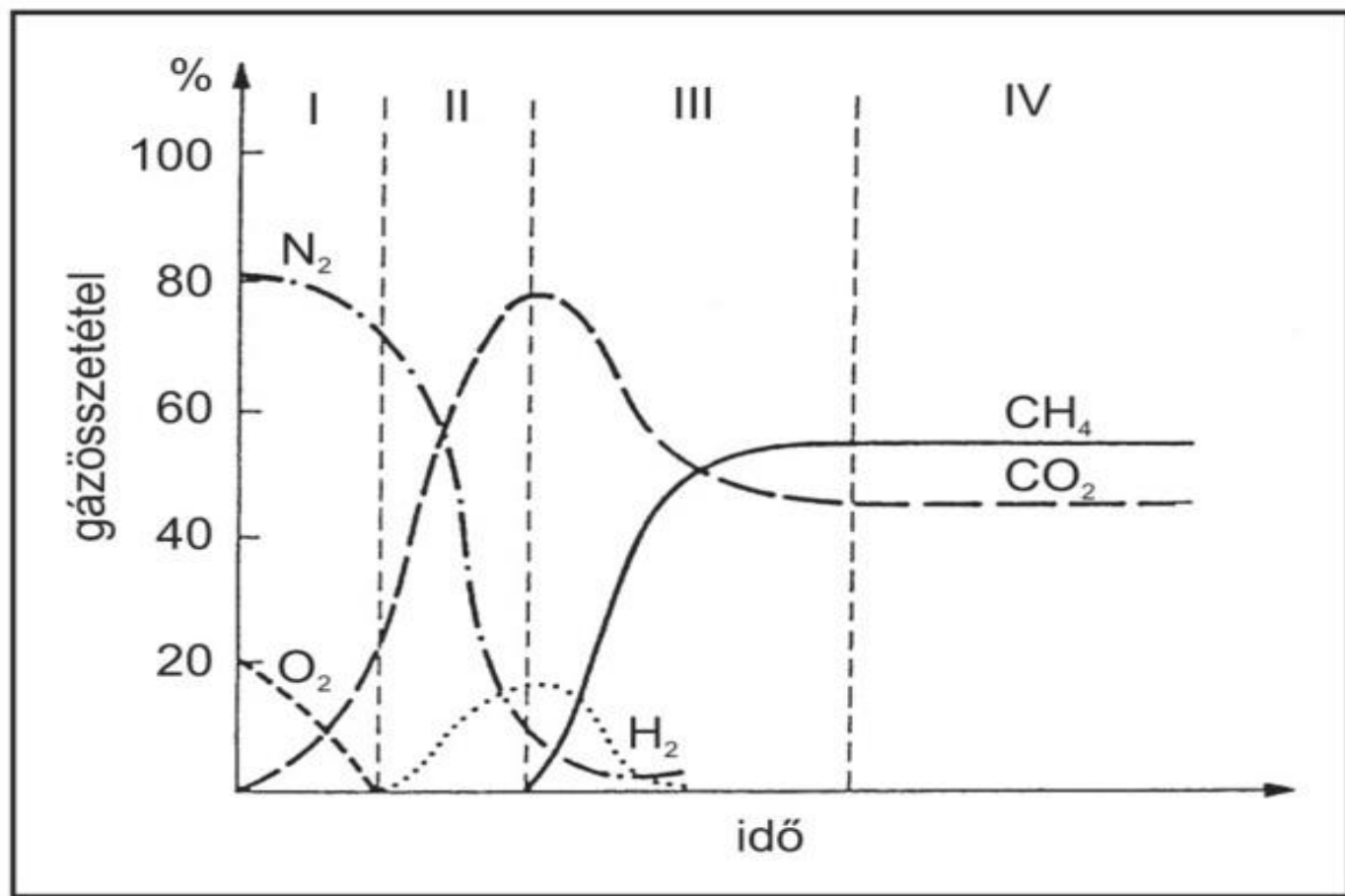
HRT – hydraulic retention time

$$\text{HRT} = \frac{\text{reaktor hasznos térfogat}}{\text{napi betáp}} = \left[\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3/\text{nap}} = \text{nap} \right]$$

- az átlagos idő, amit a szubsztrát a reaktorban tölt
- általában úgy választják meg, hogy a szubsztrát teljesen elbomoljon
- nem lehet kisebb, mint a baktériumok generációs ideje
- 12 – 40 nap közt

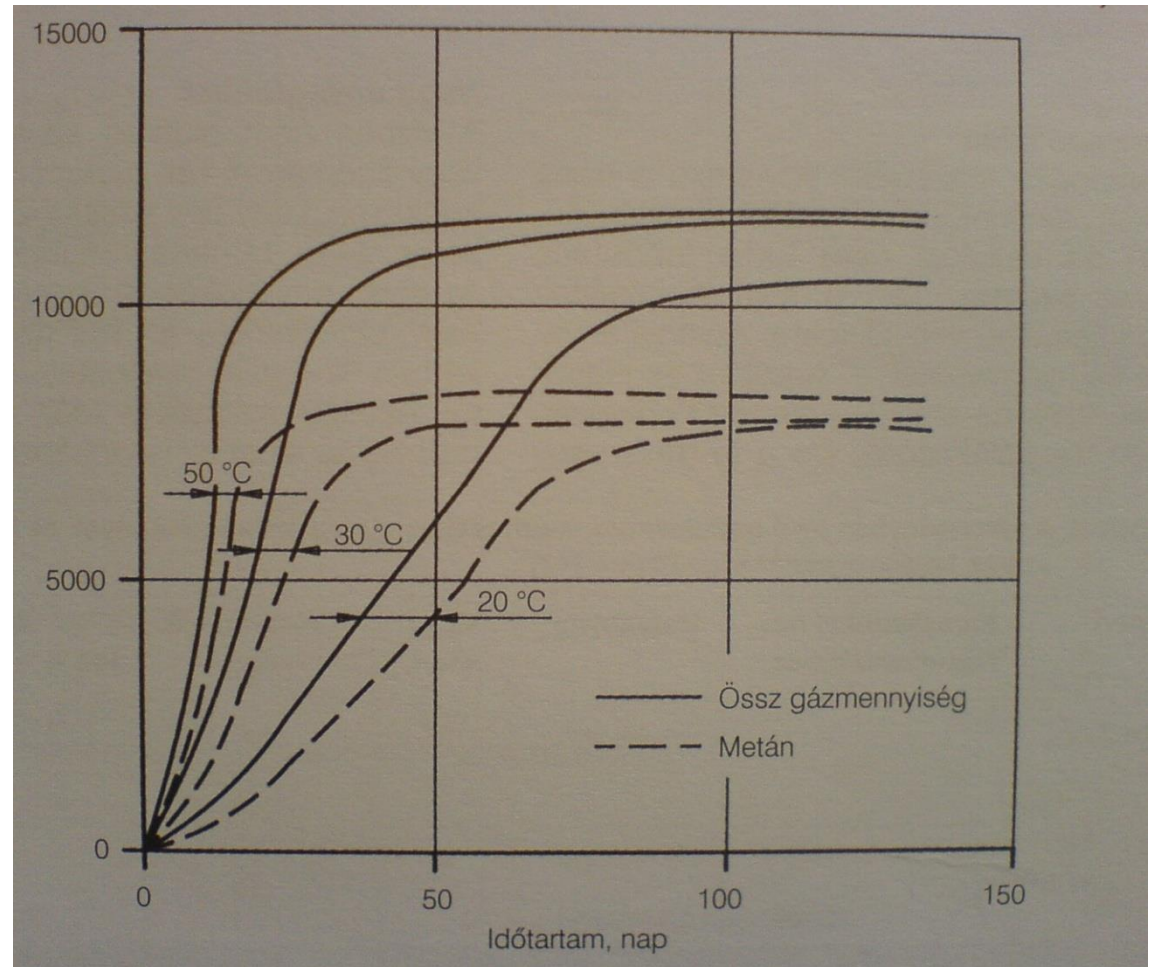


Szakaszok



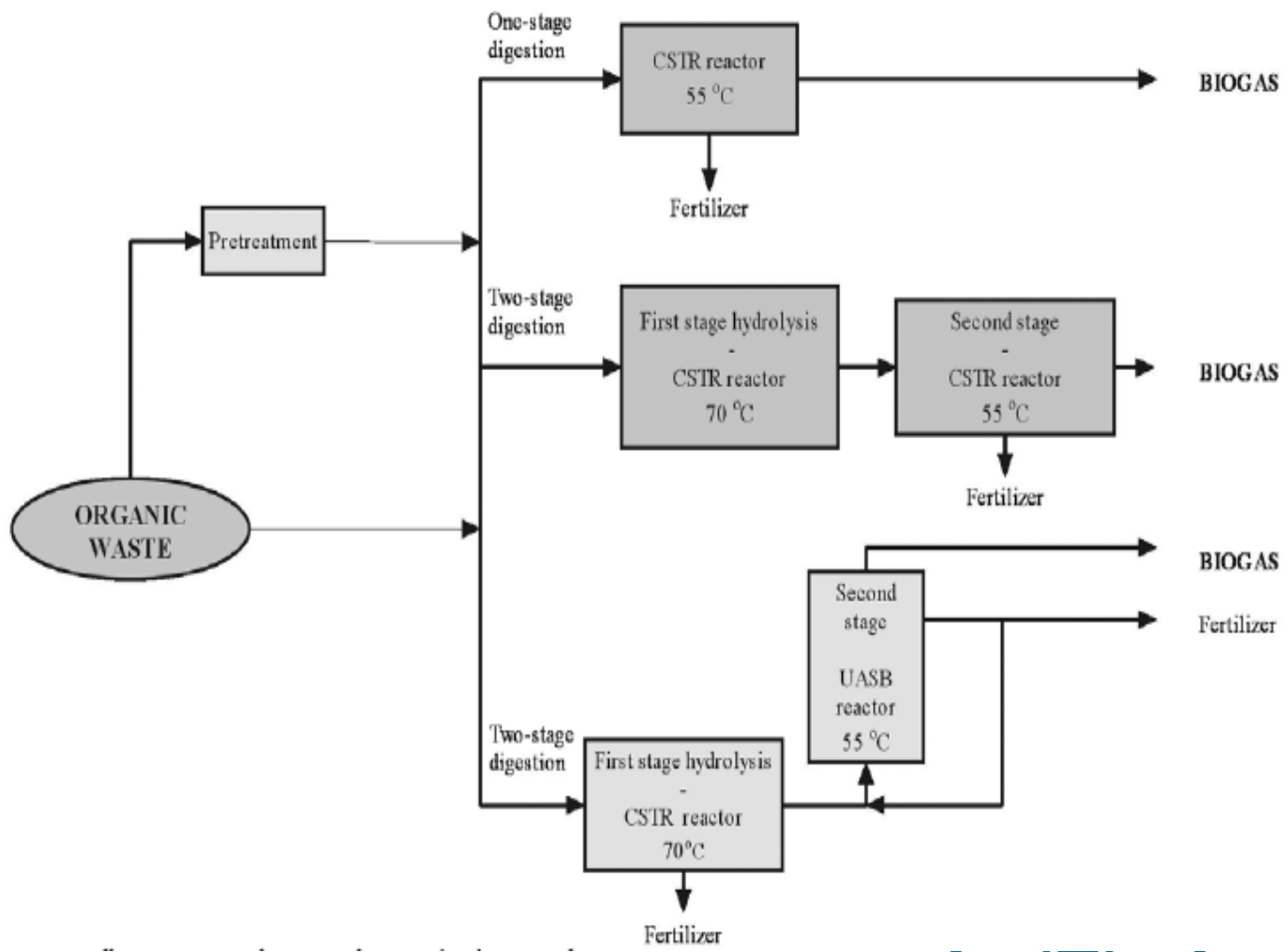
Paraméterek - hőmérséklet

- Mezofil hőmérséklet:
20 – 45 °C, általában:
37 °C
- Termofil hőmérséklet:
50 – 65 °C, általában:
55 °C





Kivitelezés



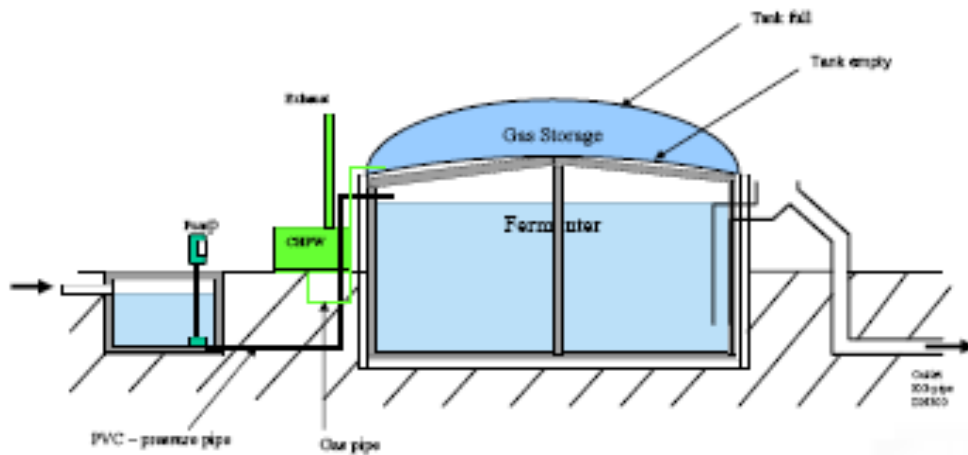


Fedett medence





Kevert reaktor – CSRT

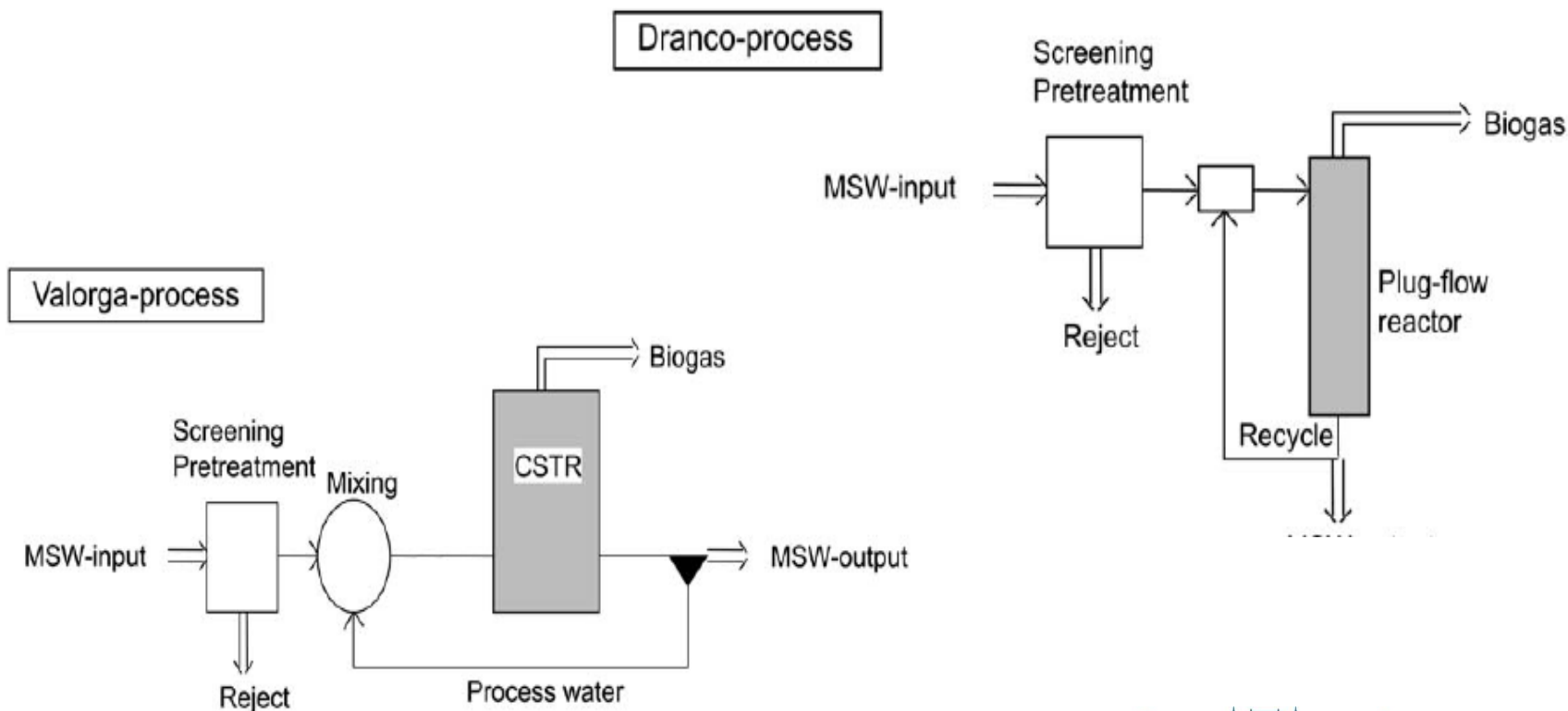


- Legegyszerűbb megoldás
- Membránnal fedve – egyben tárol is
- HRT: hetek, hónapok
- Egy lépcsős, szakaszos



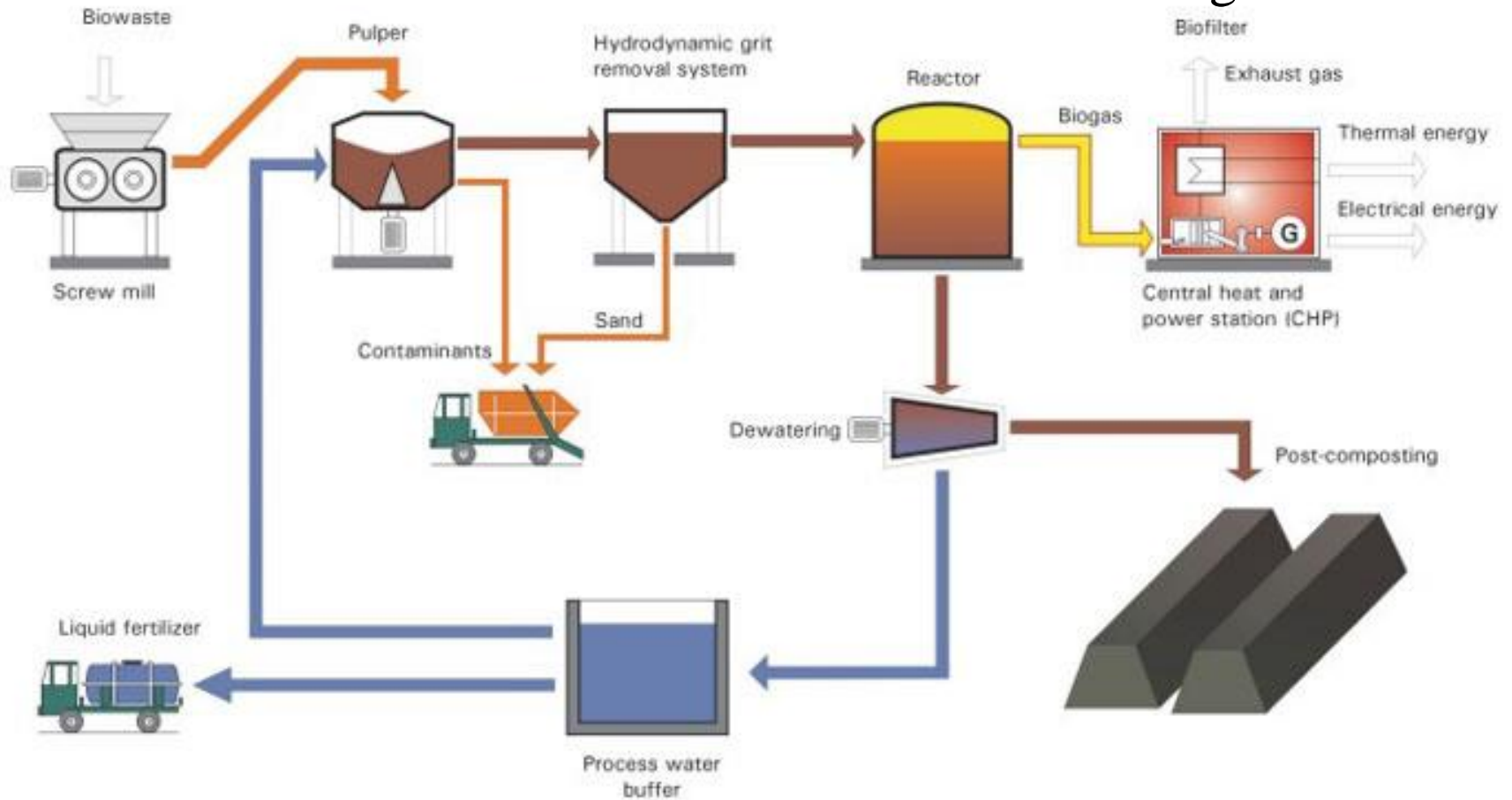
Félszárász és száraz folyamatok

- Trágya szárazanyag: 6-9%
- Félszárász és száraz technológiák: 20-30%, vagy több



A BTA folyamat (egy lépcsős)

BTA – Biotechnische Abfallverwertung



Lépések: előkezelés – erjesztés – gáz és iszap hasznosítás



Céljai

- nem biodegradálható és/vagy veszélyes komponensek eltávolítása (fém, kő, üveg, műanyag)
- aprítás
- speciális szubsztrátok esetén fertőtlenítés – EU irányelv alapján



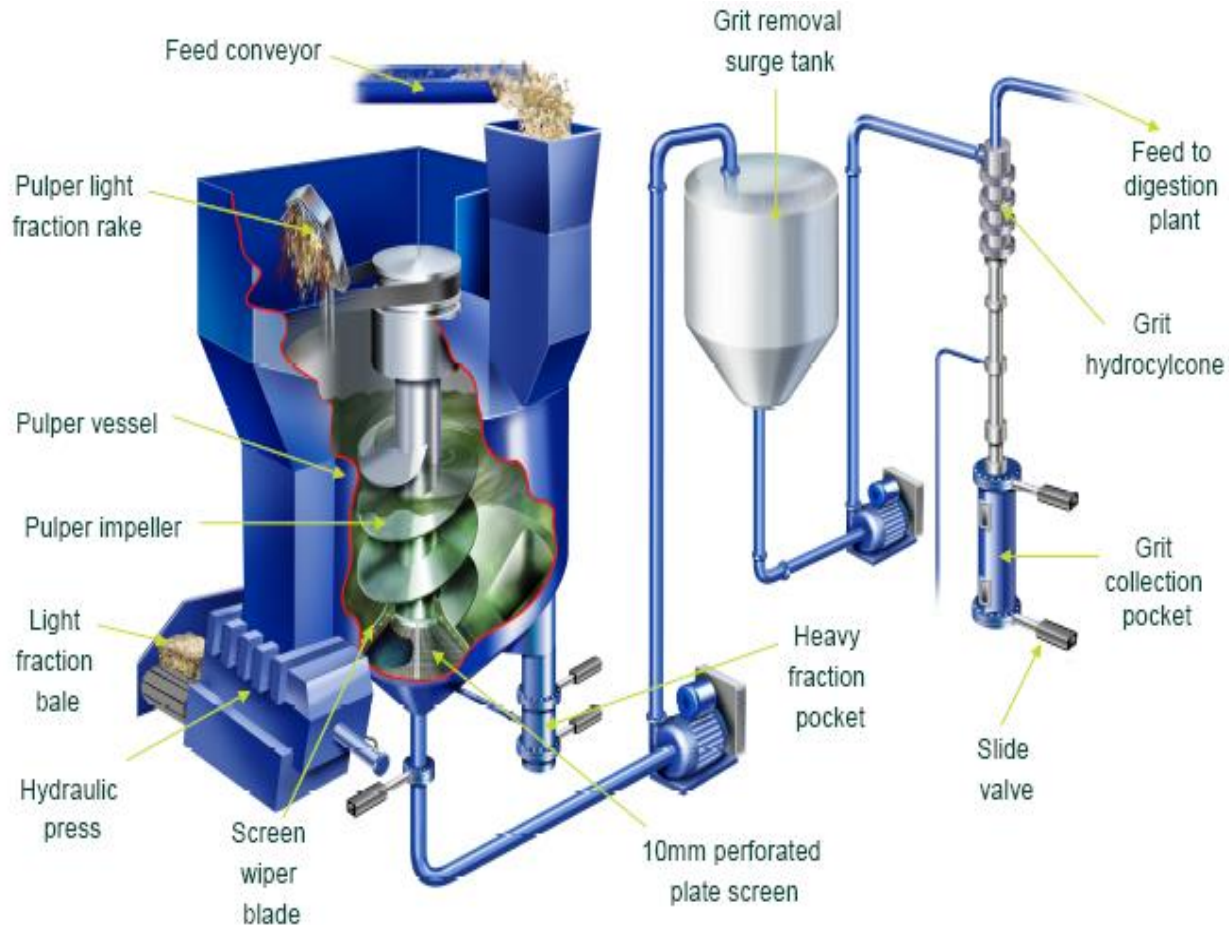
Hydropulper

- „nedves” folyamat
- Könnyű, nehéz és szerves frakció
- Kb. 16 óra





Hydropulper





Hydropulper

Könnyű frakció



műanyag, textil...

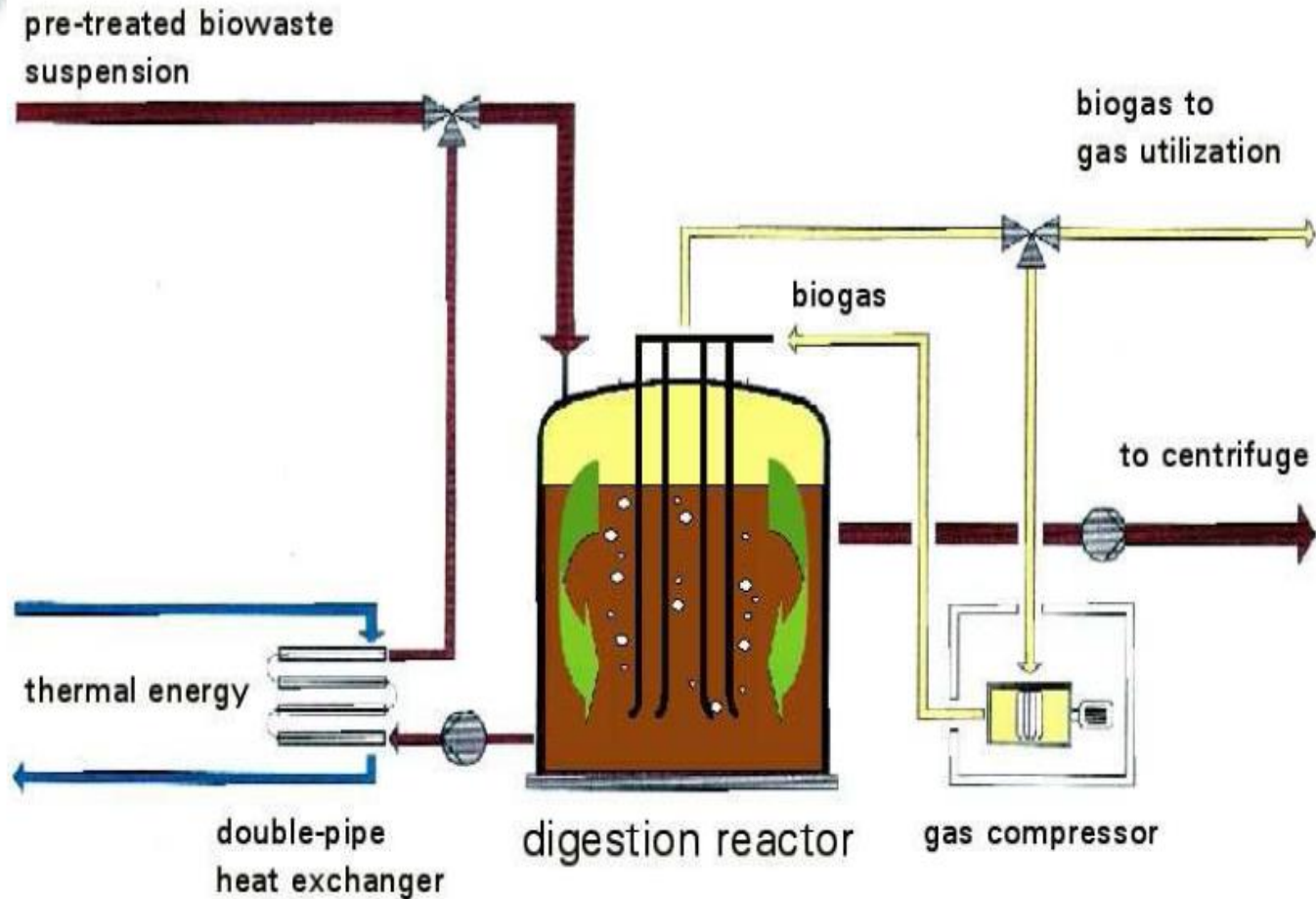
Nehéz frakció



üveg, fém, kő, elem...



Erjesztés





Toronto, Canada
25.000 t/a Biowaste
In operation since 2002

- Mühlheim, Németo. 2003
- Ypres, Belgium, 2003
- Ko-Sung, Korea, 2003
- Villacidro, Olaszo. 2002
- Első: Helsingor, Dánia, 1991





Biogáz összetétele

Összetevő		Földgáz	Biogáz
Metán	tf%	91	55-70
C ₂ - C ₅ alkánok	tf%	8,1	0
CO ₂	tf%	0,61	30-45
N ₂	tf%	0,32	0-2
H ₂	tf%	0	0
H ₂ S	ppm	kb. 1	kb. 500
NH ₃	ppm	0	kb. 100
Nedvesség		harmatpont: -10°C	telített
Fűtőérték	MJ/m ³	32-35	20-28



Eltávolítandó komponensek

- CO_2 : biogáz fűtőértékét rontja
- H_2S : mérgező, korrozív, égésterméke (SO_2) is veszélyes
- NH_3 : elégetésével nitrózus gázok keletkeznek
- H_2O : előző három vegyülettel keverve korrozív hatás
- Sziloxánok (csak depónia): üvegszerű bevonatot képez



Gáz tisztítás 2.

BIOGAS UTILISATION	WATER	H ₂ S	DUST	CO ₂
Direct heating (gas boilers/burners)	+	+ ¹⁾	+	-
Electricity (gas engine)	+	+ ¹⁾	+	+/- ²⁾
Upgrade for natural gas	+	+	+	+

¹⁾ removal required if input limits are exceeded

²⁾ dependent of CO₂ content biogas and manufacturers specification.

Melyik szennyezőt és milyen mértékben távolítjuk el az a felhasználás és előírások függvénye.



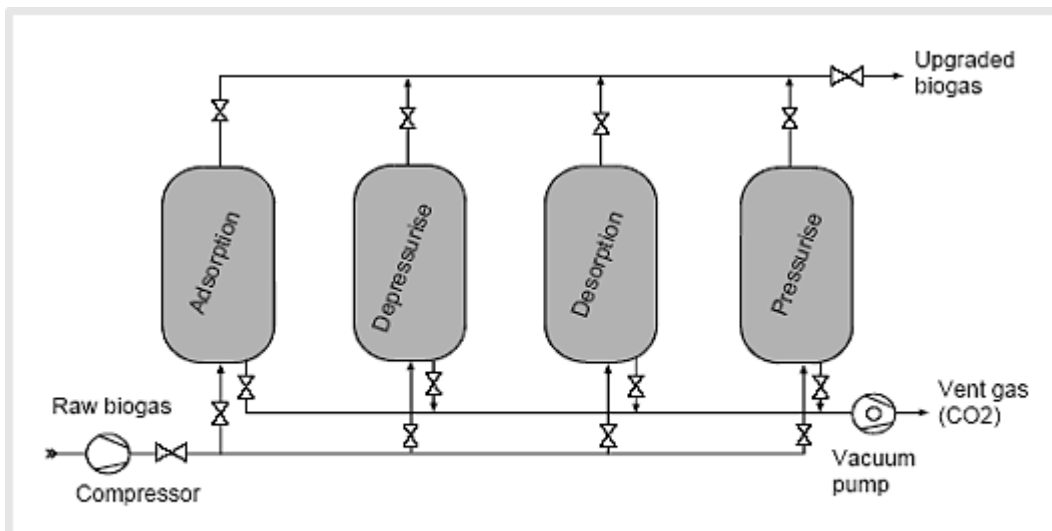
Víz eltávolítás (hab és por is)

- Kondenzációs technikák: páratlanító, ciklon, nedvesség csapda, csap
- Szárítósos technikák: hideg szárítás, adszorpciós szárítás, glikolos szárítás

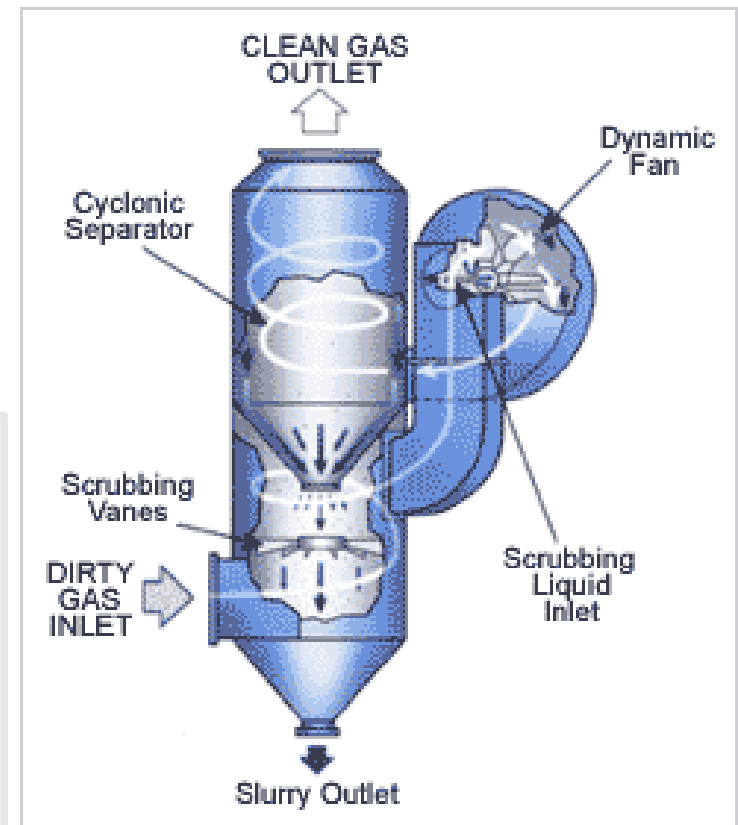


Széndioxid

- Vizes vagy polietilén glikolos mosás (wet scrubbing)
- PSA (Pressure Swing Adsorption) molekula szűrők
- Membrán alkalmazás



Biogas upgrading system with PSA technology





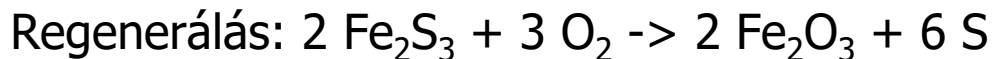
Kénhidrogén

Fizikai-kémiai

- Vas(III)-klorid adagolás:
 $2 \text{Fe}^{3+} + 3 \text{S}^{2-} \rightarrow 2 \text{FeS} + \text{S}$

- Adszorpció

- „Iron sponge” hidratált vas(III)-oxid faapríték hordozón

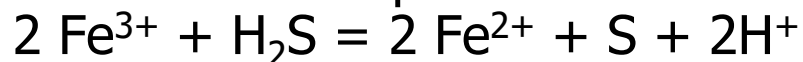


- Sulfur-Rite ® - piritté (FeS_2) alakítja

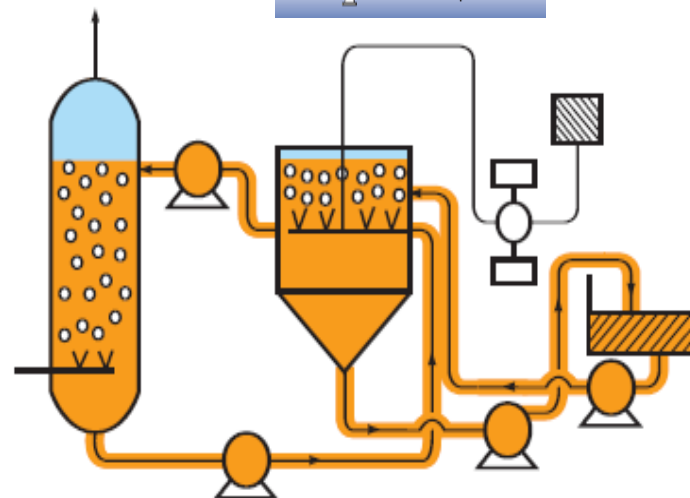
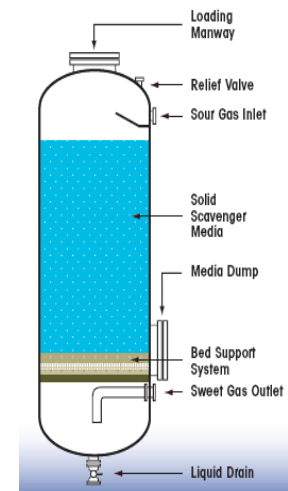
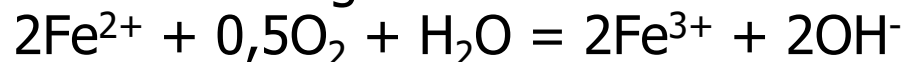
- Elnyeletés folyadékban: lúg

- Lo-Cat ®: gázmosó majd oxidáció kénné:

Abszorpció:



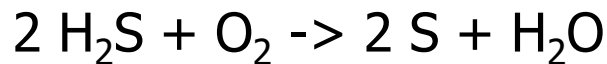
Regenerálás:



Kénhidrogén eltávolítás

Biológiai – *Thiobacillus* nemzetség:

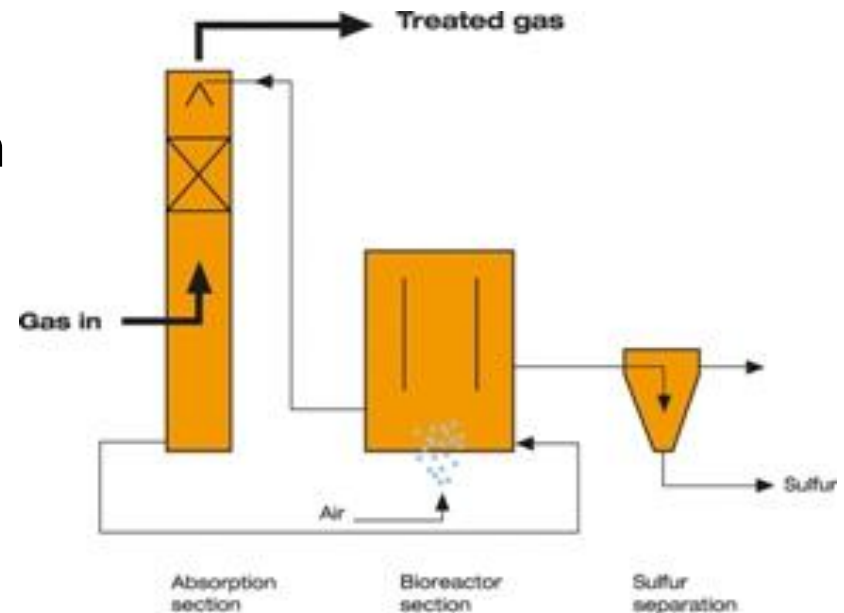
- Képesek a kénhidrogént elemi kénné oxidálni sztöchiometrikus O₂-vel:



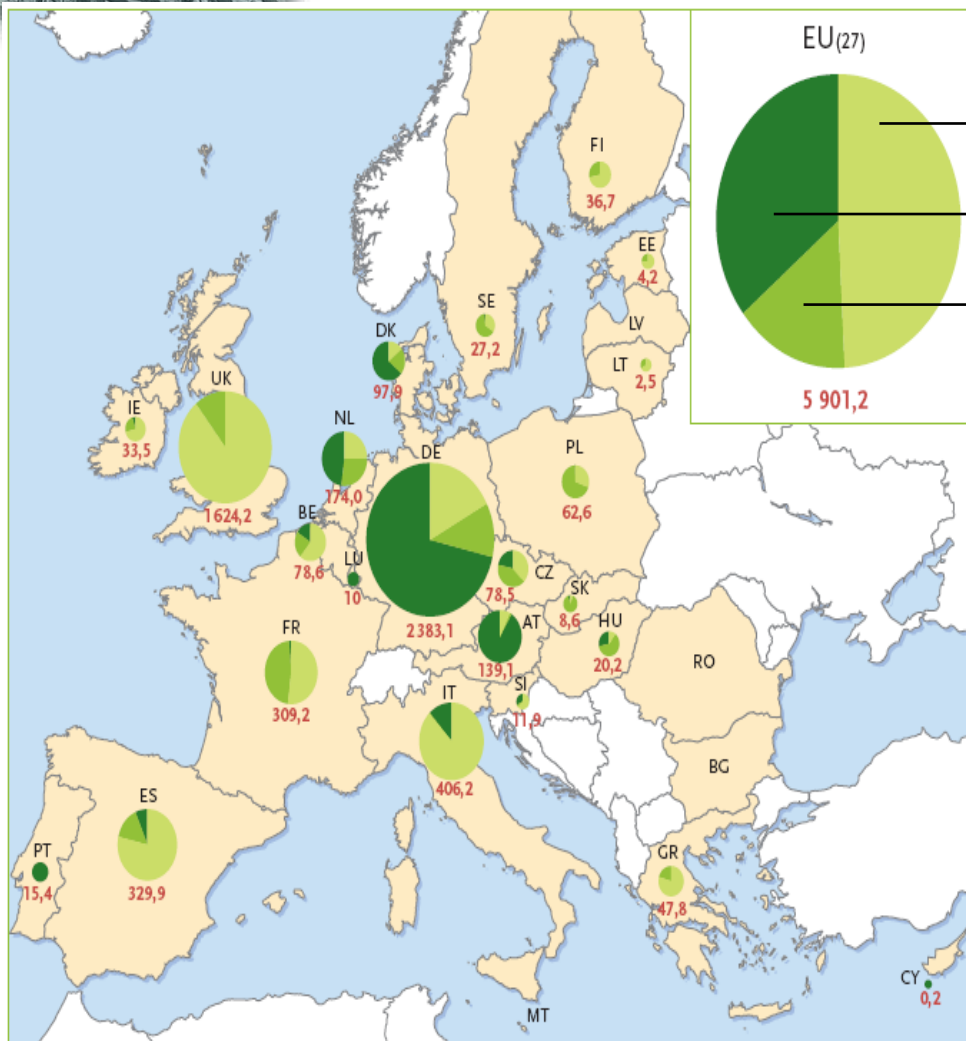
- Autotróf és jelen van a közösségben

Alkalmazás

- Reaktor légterében 2-5% levegő, valamint rudakon kialakított tenyészetek
- Biofilterek
- Thiopaq® - lúgos mosás után a mosóvíz bioreaktorba vezetése



Elterjedés és felhasználás



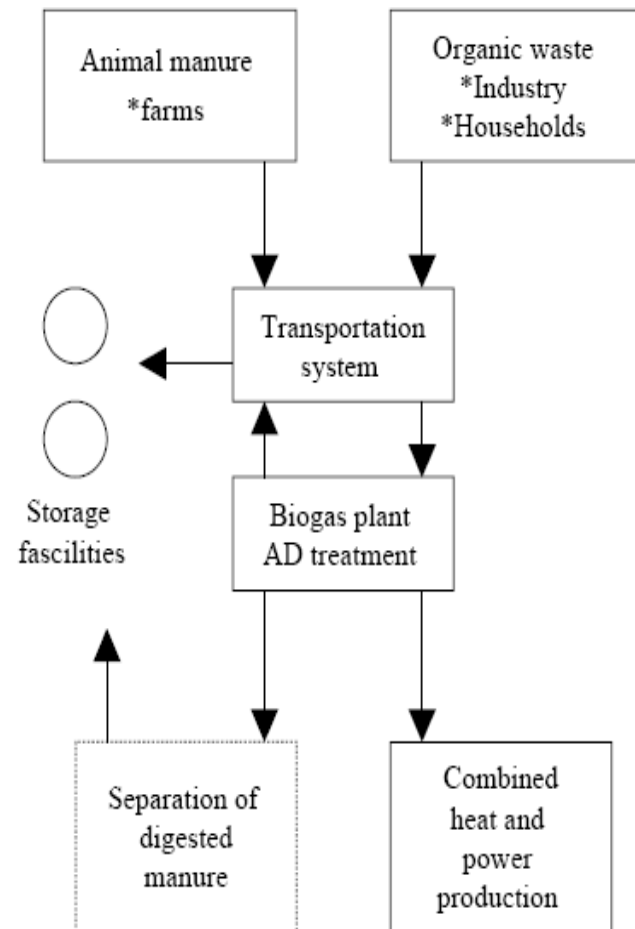
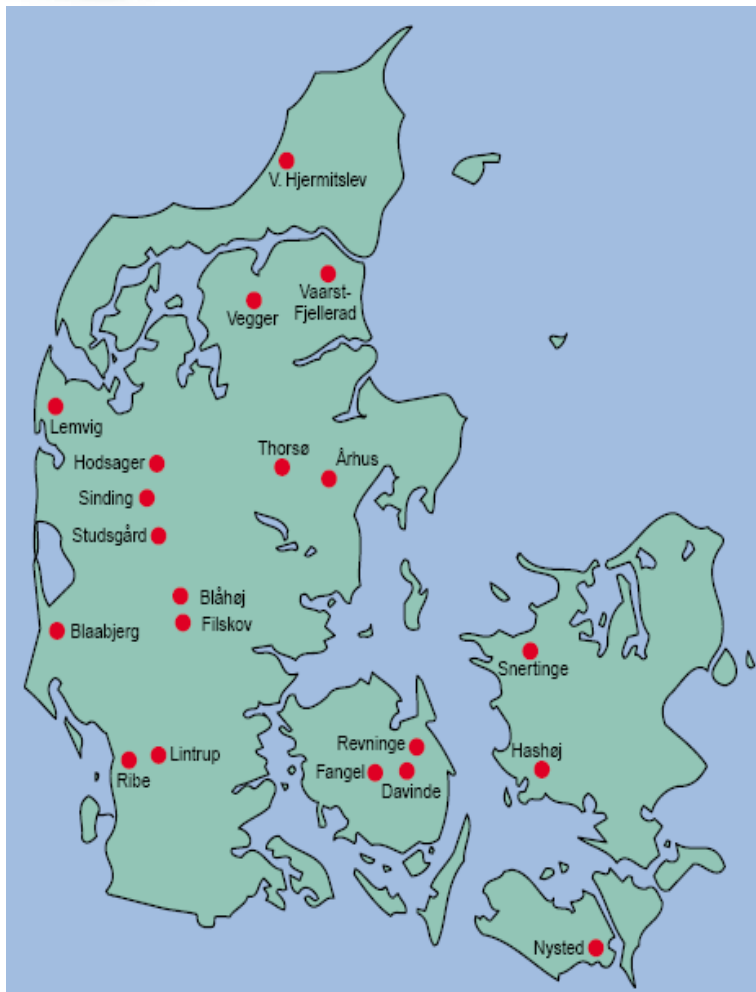
Depónia
Mezőgazdasági
Szennyvíztelep

Európán kívül:

- Ázsiában több millió fedett medence – háztartás hő szükséglete



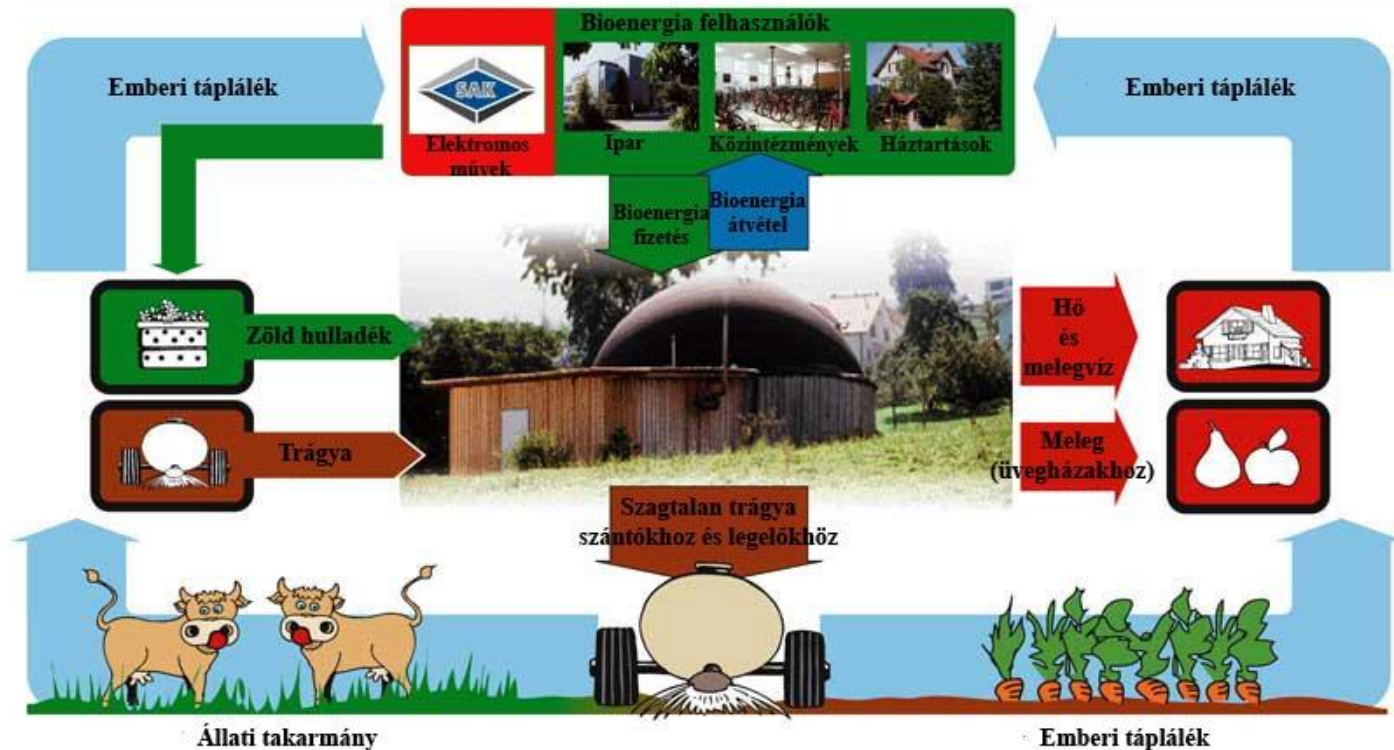
Dánia – centralizált





Németország – farmszintű

Kompakt Biogasanlage - Regionale Kreislaufe



Böhni Energie und Umwelt GmbH, 8500 Frauenfeld

Im Auftrag des BFF



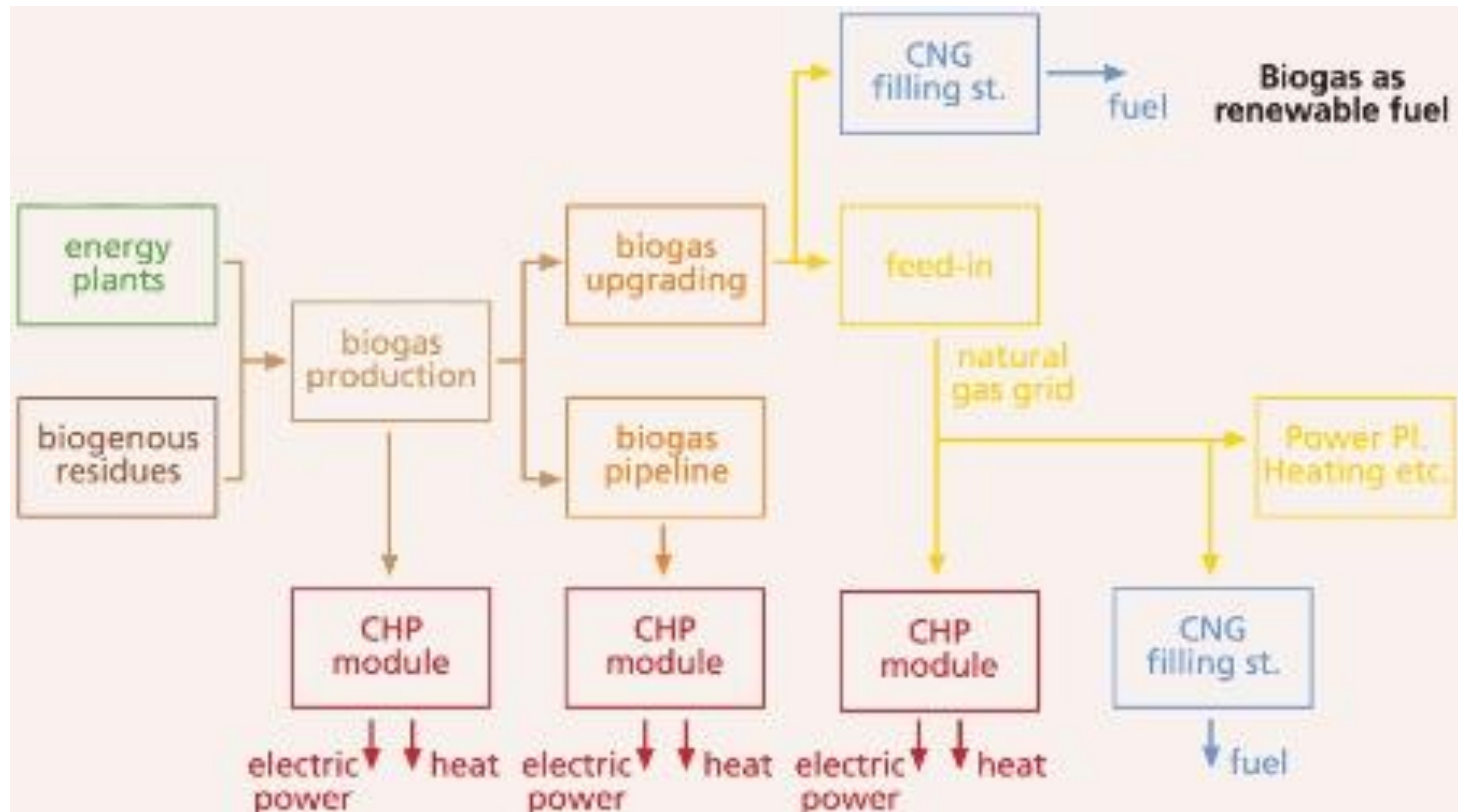
Mikor éri meg?

Németországi tapasztalatok szerint egyéni gazdálkodóknak akkor éri meg biogázos energiaellátásra berendezkedni, ha

- legalább 10 tehene van
- megfelelő hígtrágya és kiejesztett trágya tárolótér áll rendelkezésre
- a trágyaprodukciónak legalább 75%-a hígtrágya
- a hígtrágyához hozzákeverhető szerves terméket tud beszerezni
- a kiejesztett trágyát saját gazdaságában tudja felhasználni
- a saját áram és hőszükséglet nagy (pl. sertés és baromfitenyésztés, kertészet), vagy ha a többlet a közelben átadható (vagy visszavásárolja a villamos szolgáltató)



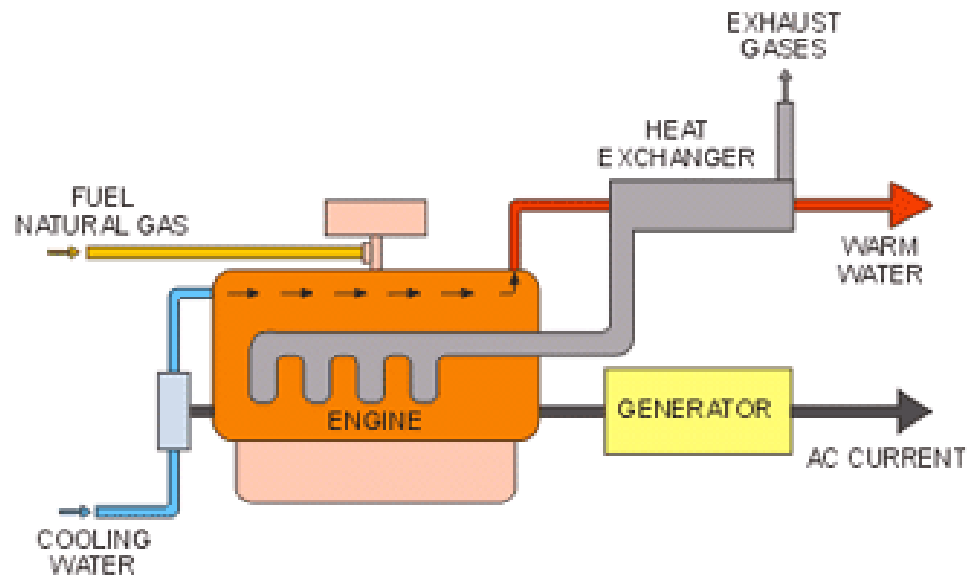
Gáz hasznosítás 1.





Németország – CHP

CHP – Combined Heat and Power Plant



- 60 kWe – 2 MWe teljesítmény
- Németországban több mint 4000 biogáz üzemben, átlag 7500 óra/év működéssel
- A hőnek csak 10-40%-a szükséges az erjesztés hőmérsékletének fenntartására





Hőhasznosítás

A maradék hő teljes körű hasznosítása azonban sokszor problémás, mivel a biogáz üzemek általában városon, messze ipari központoktól és távhő hálózatoktól.

Németországban három lehetőséget vizsgálnak:

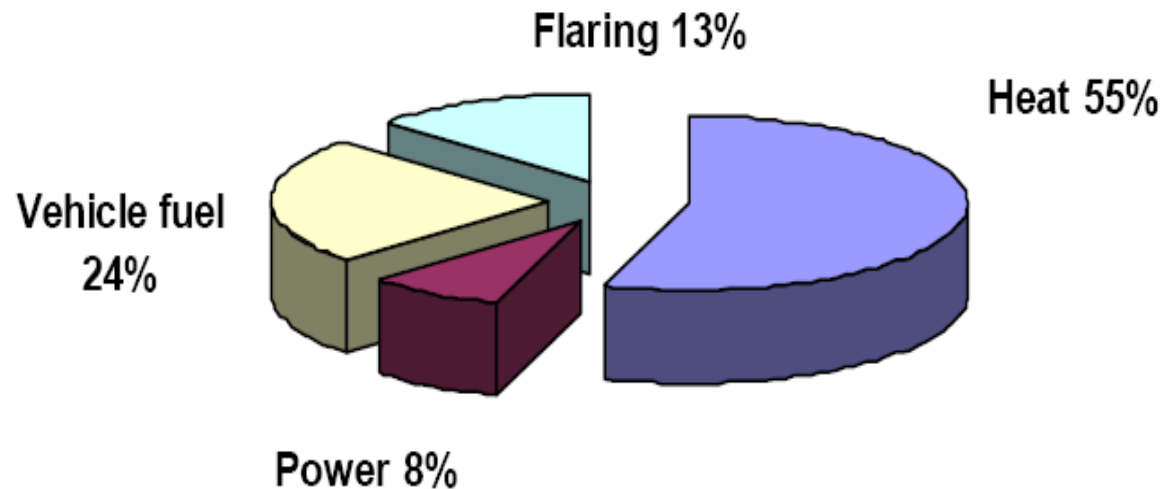
1. Új vidéki távhő hálózatok – „bioenergia falu” Jühnde
2. Biogáz vezetékek – Steinfurt
3. Biogáz tisztítás – „upgrade”: svéd példa, CNG a közlekedésben



Svédország – közlekedés

Összesen 233 biogáz üzem (2007):

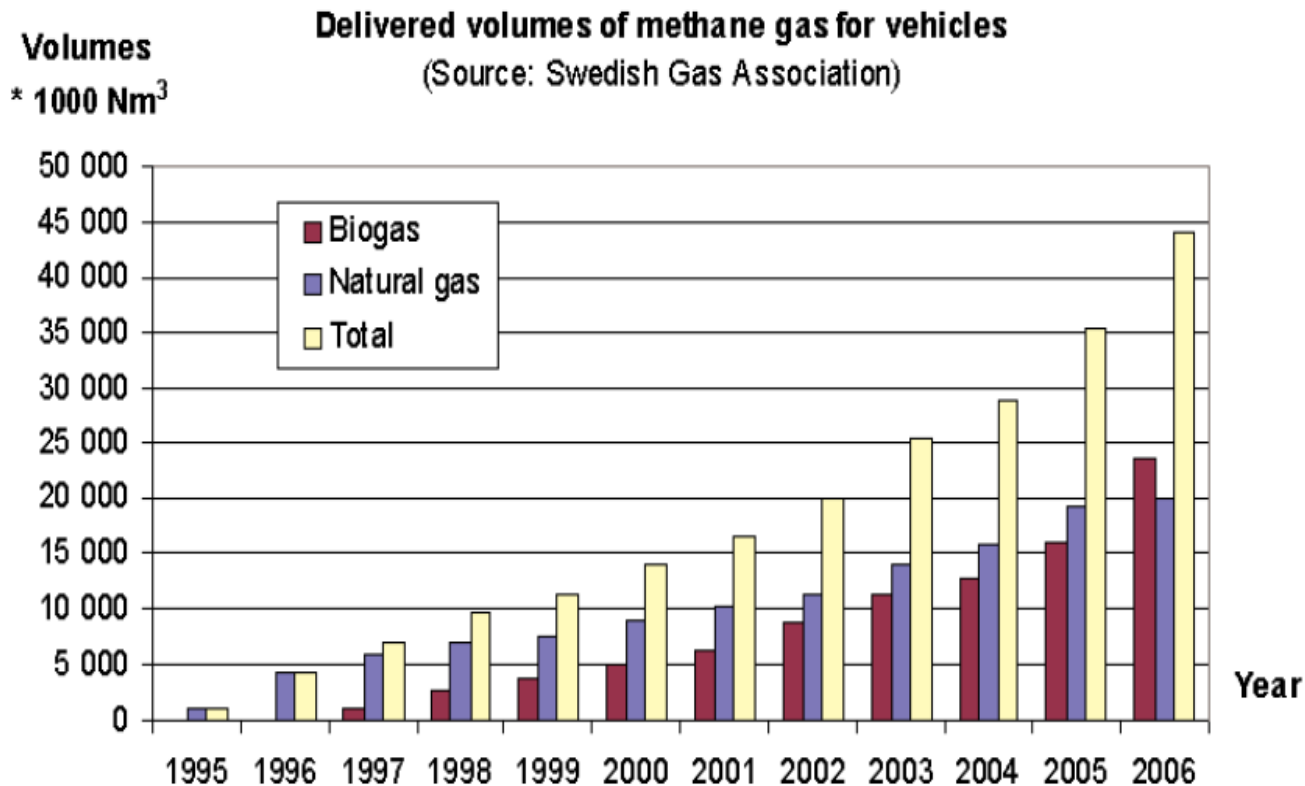
- Szennyvíziszap kezelés: 139
- Depóniagáz: 70
- Ipari szennyvíz: 4
- Együttes erjesztés: 13
- Farm: 7



Ezek biogáz termelése összesen 1,3 TWh-val egyenértékű!

Svédország - közlekedés

A svéd gázzal hajtott járművek már nagyobb arányban használnak biogázt, mint földgázt!



Svédország – közlekedés

Sok városban főleg a tömegközlekedést részben vagy egészben helyezték biogáz alapúra illetve töltőállomásokon lehet biogázt kapni.

Emellett a tisztított biogázt a földgáz hálózatba is betáplálják.



Svédország – üzemanyag

Details of the Swedish standard for biogas as vehicle fuel, SS 15 54 38

Property	Unit	Biogas, type A	Biogas, type B
Wobbe index	MJ/Nm ³	44.7 – 46.4	43.9 – 47.3
Methane content	vol-% *	97±1	97±2
Water dew point at the highest storage pressure (t = lowest average daily temperature on a monthly basis)	°C	t - 5	t - 5
Water content, maximum	mg/Nm ³	32	32
Maximum carbon dioxide + oxygen + nitrogen gas content, of which oxygen, maximum	vol-% vol-%	4.0 1.0	5.0 1.0
Total sulphur content, maximum	mg/Nm ³	23	23
Total content of nitrogen compounds (excluding N ₂) counted as NH ₃ , max.	mg/Nm ³	20	20
Maximum size of particles	µm	1	1

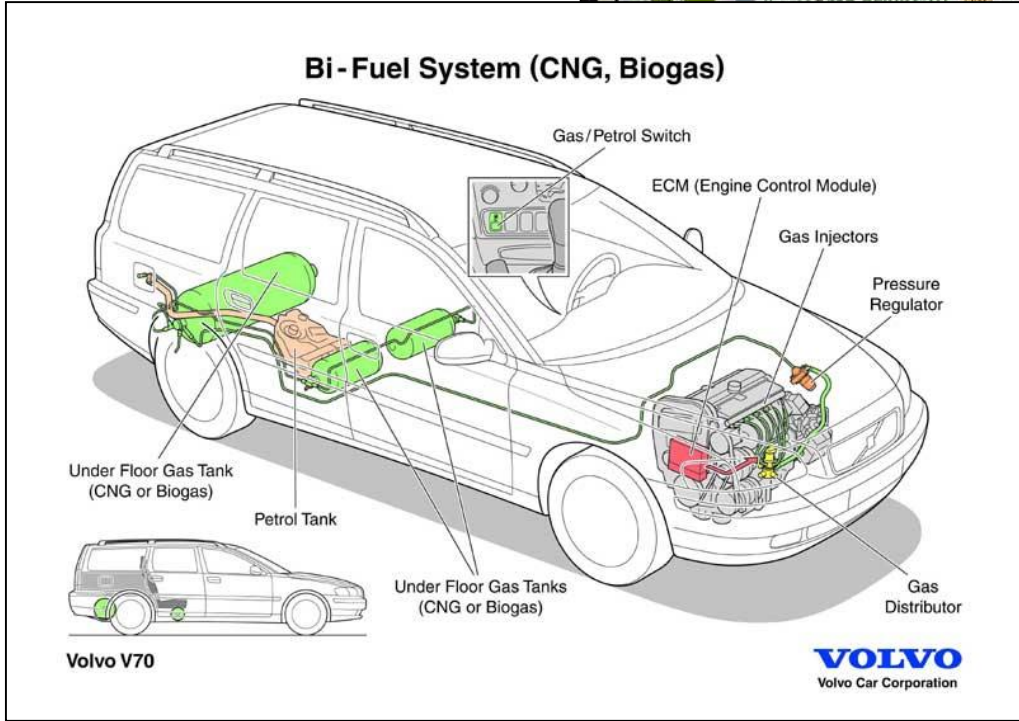
* at 273.15 K and 101.325 kPa

Betápláláshoz és üzemanyagként tiszta, szabványoknak megfelelő gáz szükséges, ezért Svédországban 38 (2008) biogáz tisztító egység üzemel:

- Kémiai abszorpció (Cooab): 3
- PSA: 7
- Vizes mosó: 28
- Kriogén szeparáció: 1 tervben



Közlekedés





Gáz hasznosítás 5.

Speciális használat

- Légkondicionálás/fűtés
- Üvegházak: az eltávolított CO₂ felhasználása (üvegház hatás)



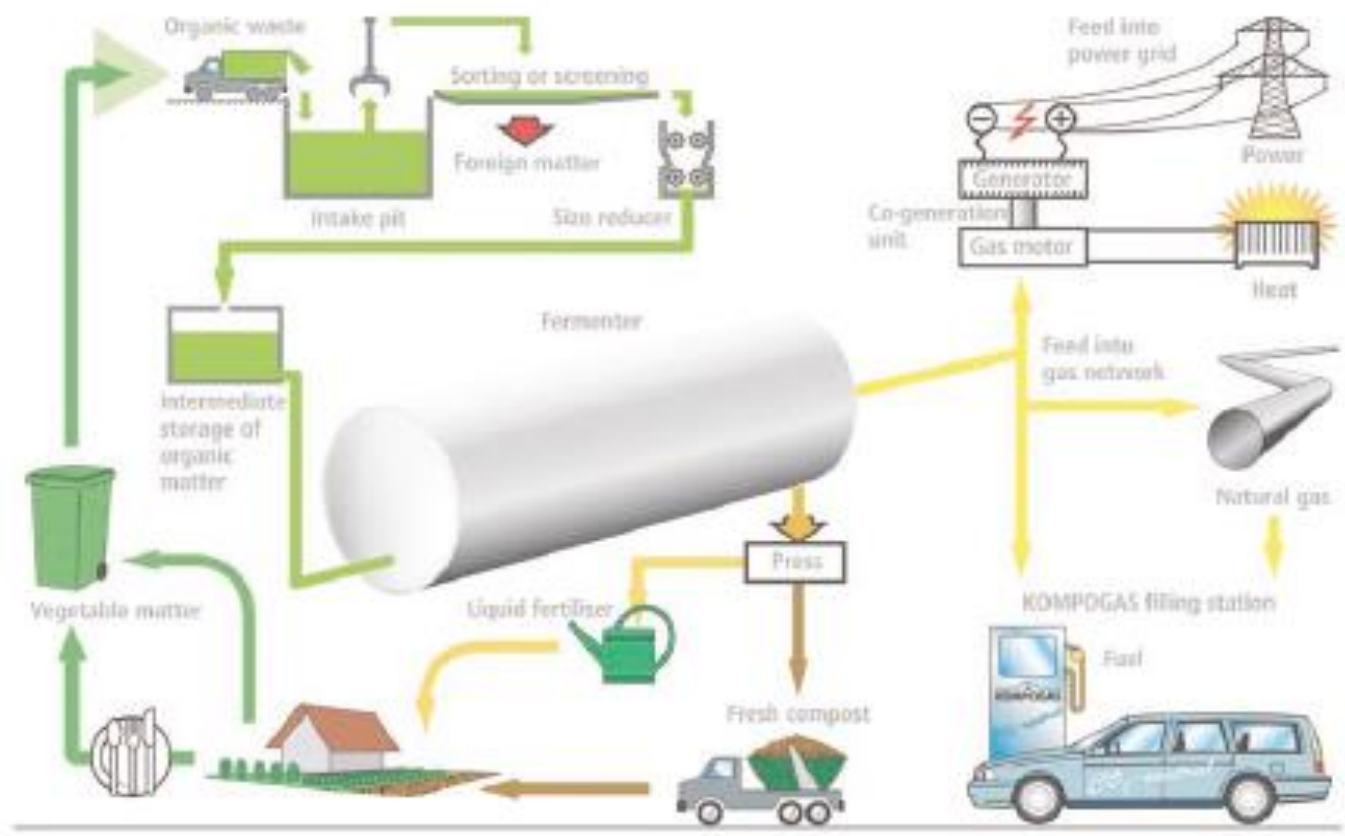


Kierjesztett iszap

- Víztelenítés után két frakció: komposzt és trágyalé
- Magas tápanyag tartalom (N, P, K...)
- Mezőgazdasági eredetű: fertőző vagy antibiotikumok, gyommagvak
- Ipari és kommunális eredetű: aromás, alifás és halogénezett vegyületek
- Disznó trágya: Cu és Zn sók (gyakran keverik a disznótápra ezeket a sókat, bizonyos betegségek megelőzése miatt)



Összefoglaló 1.





Összefoglaló 2.

Előnyök

- Természetes hulladék kezelési technológia
- Kisebb terület szükséges hozzá, mint a lerakáshoz vagy az aerob komposztáláshoz
- Csökkenti a lerakókba kerülő hulladékok mennyiségét
- Energia termelő folyamat
- A végtermék értékes megújuló üzemanyag
- Biogáz sokféleképp hasznosítható
- Csökkenti a CO₂ és CH₄ kibocsátást
- Kizárja a kellemetlen szagokat
- Komposzt és trágyalé termelés
- Maximális újrahasznosítás
- Költségtakarékos

Hátrányok

- Szállítás
- Egészségügyi és biztonsági aggályok
- Tűz és robbanásveszély



Köszönöm a
figyelmet!

BIOA