



VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE
Ústav technologie vody a prostředí



Anaerobní postupy úpravy odpadů

Prof. Ing. Jana Záborská, CSc.

Anaerobní fermentace organických materiálů

je souborem procesů při nichž směsná kultura mikroorganismů postupně rozkládá biologicky rozložitelnou organickou hmotu bez přístupu vzduchu.



Konečnými produkty jsou:

vzniklá biomasa,

směs plynů (CH₄, CO₂, H₂, N₂, H₂S)

a nerozložený zbytek organické hmoty,

který je již z hlediska hygienického a sensorického nezávadný pro prostředí, tj. je již stabilizován.

Jedná se tedy soubor několika dílčích, na sebe navazujících procesů: **hydrolýza,**

acidogeneze,

acetogeneze,

metanogeneze,

na kterých se podílí několik základních skupin anaerobních mikroorganismů.

Produkt jedné skupiny mikroorganismů se stává substrátem skupiny druhé a proto výpadek jedné skupiny může způsobovat poruchy v celém systému.

Využívání produkovaného bioplynu

- obvyklé složení produkovaného bioplynu je 62 – 66 % metanu
- odpovídající výhřevnost bioplynu je 22,0 – 23,6 MJ/Nm³
- účinnost kogeneračních jednotek na elektrickou energii je cca 35 % (41 %) a na tepelnou energii 52 %
- z 1 Nm³ bioplynu (66 % methanu) se kogenerací vyrobí
 - 2,21 kWh elektrické energie
 - 3,54 kWh tepelné energie

Výtěžnost bioplynu

závisí na třech skupinách faktorů:

- 1. na chemickém složení a chemické struktuře daného materiálu**
- 2. na biologické rozložitelnosti zpracovávaného materiálu**
- 3. na technologických podmínkách procesu**
- 4. na technologických aspektech suroviny**

Technologické podmínky procesu

teplota (mezofilní 35-38 °C, termofilní 55 °C)

pH (neutrální oblast 6,5 – 8,5)

složení a charakter substrátu

(jaká je konečná směs)

koncentrace substrátu (mokrý a suchý fermentace)

způsob realizace –

typ reaktoru, míchání, dávkování atd.

technologické parametry procesu

(zatížení, doba zdržení, míchání, přítomnost toxických nebo inhibujících látek)

Možné vstupy do anaerobní fermentace

- **Kaly z čistíren odpadních vod**
- **Průmyslové odpadní vody - koncentrované**
- **Průmyslové organické odpady**
- **Zemědělské organické odpady (exkrementy hosp. zvířat)**
- **Cíleně pěstované energetické rostliny (kukuřice, obilí, amarant)**
- **Odpady při výrobě biopaliv (G-fáze, obilné výpalky)**
- **Komunální odpad – organická frakce**

Průmyslové organické odpady

potravinářský a farmaceutický průmysl,

(konkrétní výčet je velice rozsáhlý) patří sem hlavně:

- pivovary
- sladovny,
- lihovary,
- droždárny,
- konzervárny
- jatka, zpracování masa, kafilerie
- cukrovary a zpracování ovoce a zeleniny
(ty jsou často kampaňovými provozy),
- mlékárny
- zpracování brambor, škrobárny
- zpracování klijovky
- výroba antibiotik
- výroba aminokyselin
- výroba kyseliny citronové

Výroba biopaliv

V případě bioetanolu jde o obrovská množství zpracovávaného obilí – obilné výpalky

Při výrobě **bionafty** z rostlinných olejů resp. z odpadních (použitých) rostlinných olejů vzniká jako vedlejší produkt takzvaná G-fáze.

Zemědělské organické odpady

Kejdy z velkochovů hospodářských zvířat:

prasečí kejda

hovězí kejda

slepičí trus

Rostlinná biomasa

odpadní biomasa (tráva, sláma)

energetická biomasa (kukuřice, šťovík, laskavec a pod.)

Technologické aspekty suroviny

Vyvážený poměr organického uhlíku a makro a mikronutrientů

Makronutrienty: N, P, S

CHSK : N : P v rozmezí od 300 : 6,7 : 1 do 500 : 6,7 : 1

Nedostatek dusíku – limituje růst bakterií

C : N < 12

Příliš vysoká koncentrace amoniakálního dusíku – působí na bakterie inhibičně až toxicky

Příliš vysoká koncentrace sulfidické síry - působí na bakterie inhibičně až toxicky, H₂S přechází do bioplynu

Mikronutrienty: Na, Ca, Mg, Fe, Se, Ni, Co, Mo, W, růstové faktory

Z hlediska obsahu dusíku jsou jako substráty problematické

- jateční a kafilévní odpady
- drůbeží trus
- fermentační odpady

Z hlediska obsahu síry jsou jako substráty problematické

- prasečí kejda
- lihovarské výpalky
- fermentační odpady

Komunální odpad – organická frakce

Organická frakce komunálního odpadu se dá oddělit od ostatních součástí odpadu

- buď separovaným sběrem již u zdroje
- nebo vytríděním ve zpracovatelských stanicích.

Pro evropské státy se uvádí, že **kuchyňské odpady** reprezentují 30 – 40 % hmotnosti surového komunálního odpadu, jeho sušina kolem 20 %.

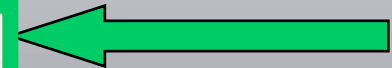
Papír a lepenka tvoří asi 30 % surového odpadu, **zahradní odpad** asi 10 %.

To znamená, že anaerobní technologie je vhodná pro 35 – 75 % komunálního odpadu podle typu sběru

je schopna produkovat 550 – 800 kWh/t vstupujícího odpadu

Skladba TKO z kraje Vysočina (ze skládky o kapacitě 30 000t/rok)

● Papír	25,6 %
● Plast	18,0 %
● Sklo	7,6 %
● Kov	3,1 %
● Boodpad	17,3 %
● Textil	3,1 %
● Minerální odpad	2,3 %
● Nebezpečný odpad	0,4 %
● Spalitelný odpad	7,0 %
● Zbytkový odpad – frakce	
– 20 – 40mm	5,4 %
– 8 – 20mm	3,8 %
– menší než 8mm	4,4 %



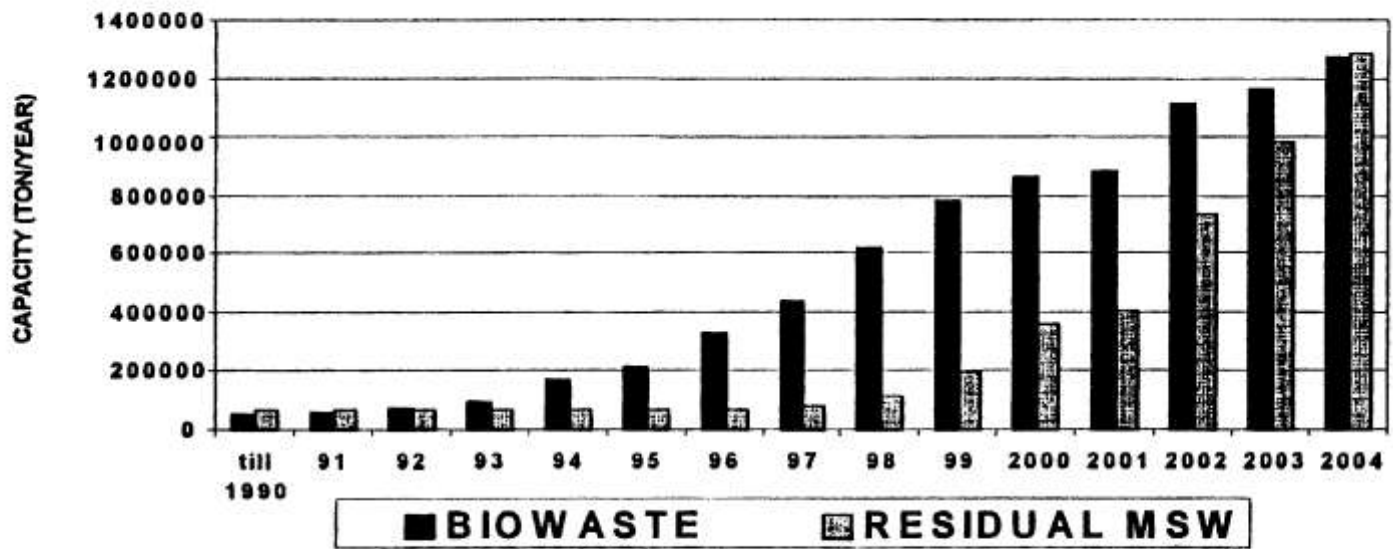


Figure 1: Digestion capacity in Europe for source separated organics (biowaste) versus organics from residual MSW

Příklady konkrétních aplikací

Rozdělení bioplynových stanic

je podle zpracovávaného substrátu (suroviny)

ČISTÍRENSKÉ BPS

ZEMĚDĚLSKÉ BPS

KOMBINOVANÉ BPS

ČISTÍRENSKÉ BPS

Zpracovávají především kaly z biologických čistíren odpadních vod a jsou součástí čistírny odpadních vod

ZEMĚDĚLSKÉ BPS

zpracovávají substráty pouze rostlinného charakteru a statkových hnojiv, resp. podestýlky a pěstovanou biomasu

KOMBINOVANÉ BPS

Bioplynové stanice mohou zpracovávat bioodpady BPS pak musí být zařízení s uděleným souhlasem k provozování zařízení ve smyslu § 14 odst. 1 zákona o odpadech

Např. v případě zpracování jatečních odpadů musí být předřazena vysokoteplotní a vysokotlaková hygienizace (135-150 °C).

ÚČOV Praha

Velká čistírna, $Q - 5.8 \text{ m}^3/\text{s}$
1 250 000 EO

- 12 fermentačních nádrží
- Objem jedné nádrže 4823 m^3 ($57\,800 \text{ m}^3$ celkem)



1. stupeň: 6 nádrží 55 °C

2. stupeň: 6 nádrží 52 °C



Plynojem

II. stupeň
52°C

I. stupeň
míchaný
ohříváný
55°C

ÚČOV Praha

Kogenerační jednotky MWM Deutz – 5 ks



**Každá z nich má elektrický výkon 0,964 – 1,2 MWe
a tepelný výkon 1,489 MWt.**

ČOV Halle, Německo



ČOV Klatovy

Technologie zpracování kalů **termofilní anaerobní stabilizace**

Do anaerobního reaktoru se přidávají
jateční a tukové odpady

Bioplyn se využívá v kogeneraci



Městská čistírna s přítokem průmyslových odpadních vod
z mlékáren
ze zpracování masa



ČOV Sl.Lupča

dva reaktory o objemu 6000 m³

Farmaceutické bioodpady

Thymidin

Threonin

PNC mycelium

Cystein

odvodněný akt. kal



Zemědělské bioplynové stanice



Malá farmářská stanice Metzach Rakousko

Zemědělské bioplynové stanice



Metzach Rakousko

Zemědělské bioplynové stanice

Bioplynová stanice u velkochovu prasat



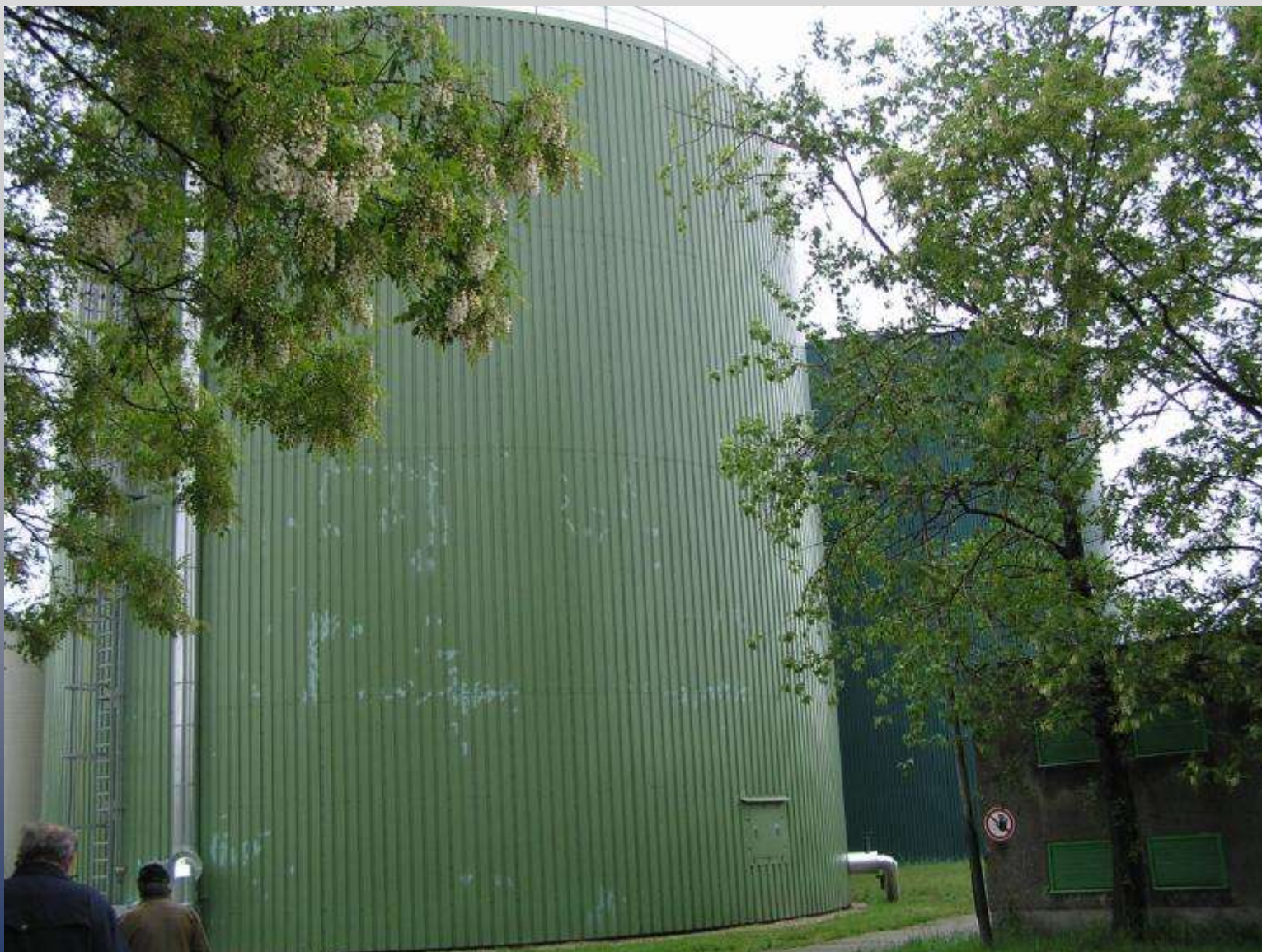
Vysoká u Dobřan

Bioplynová stanice u velkochovu prasat



Vysoká u Dobřan

Bioplynová stanice u velkochovu hovězího dobytka



Bioplynová stanice u velkochovu hovězího dobytka



Substráty zemědělských bioplynových stanic



Substráty zemědělských bioplynových stanic



Substráty zemědělských bioplynových stanic



Substráty bioplynových stanic









Odsíření bioplynu



Plynový motor kogenerační jednotky

Zemědělské bioplynové stanice



Ökoenergiepark, Grieskirchen, Horní Rakousko, 250kW_{e1}

Zemědělské bioplynové stanice



Agrar Strom GmbH, Michaelnbach, Horní Rakousko, 500 kW_{el}

Zemědělské bioplynové stanice

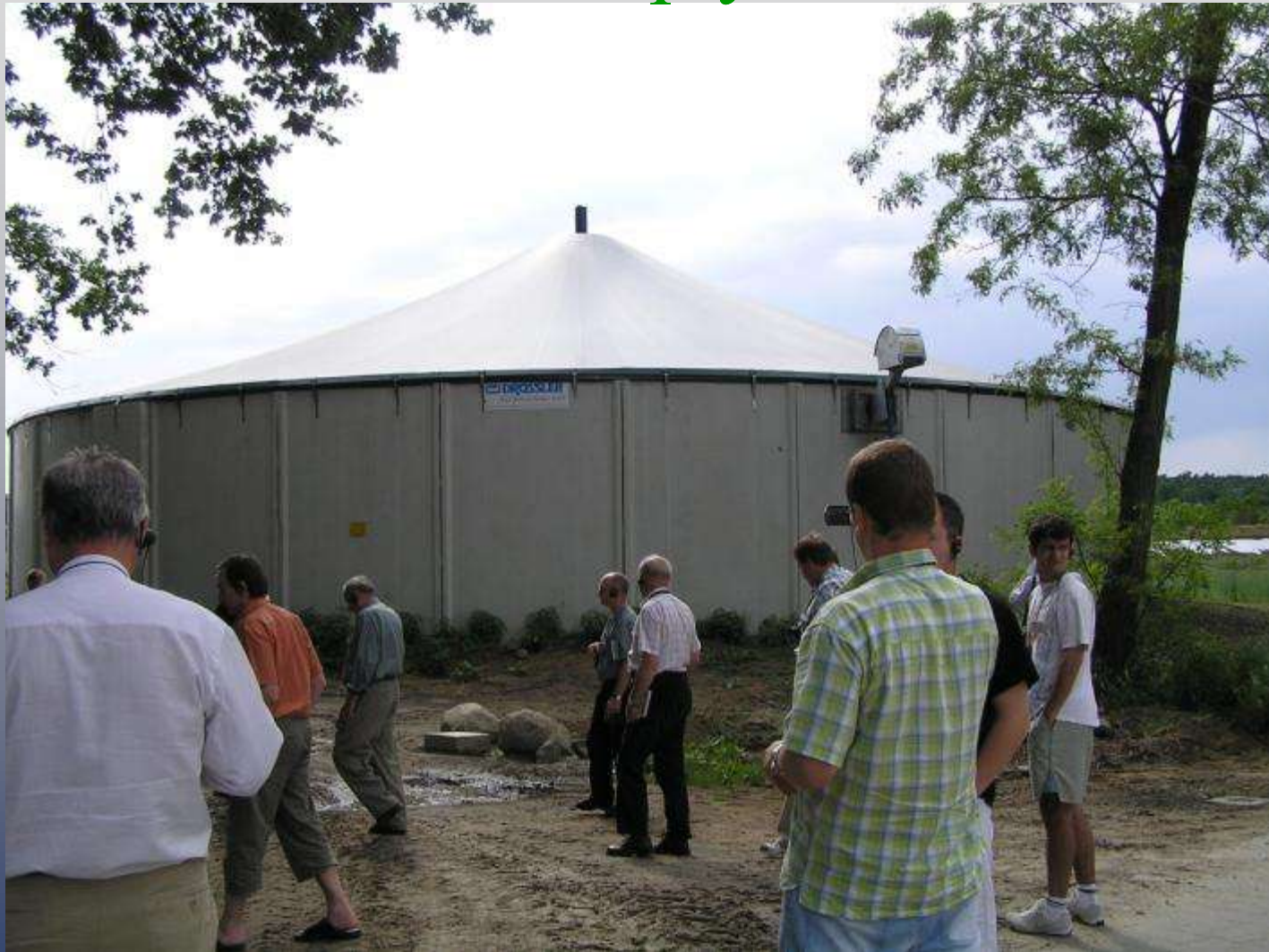


Zemědělské bioplynové stanice



Využití tepla

Zemědělské bioplynové stanice



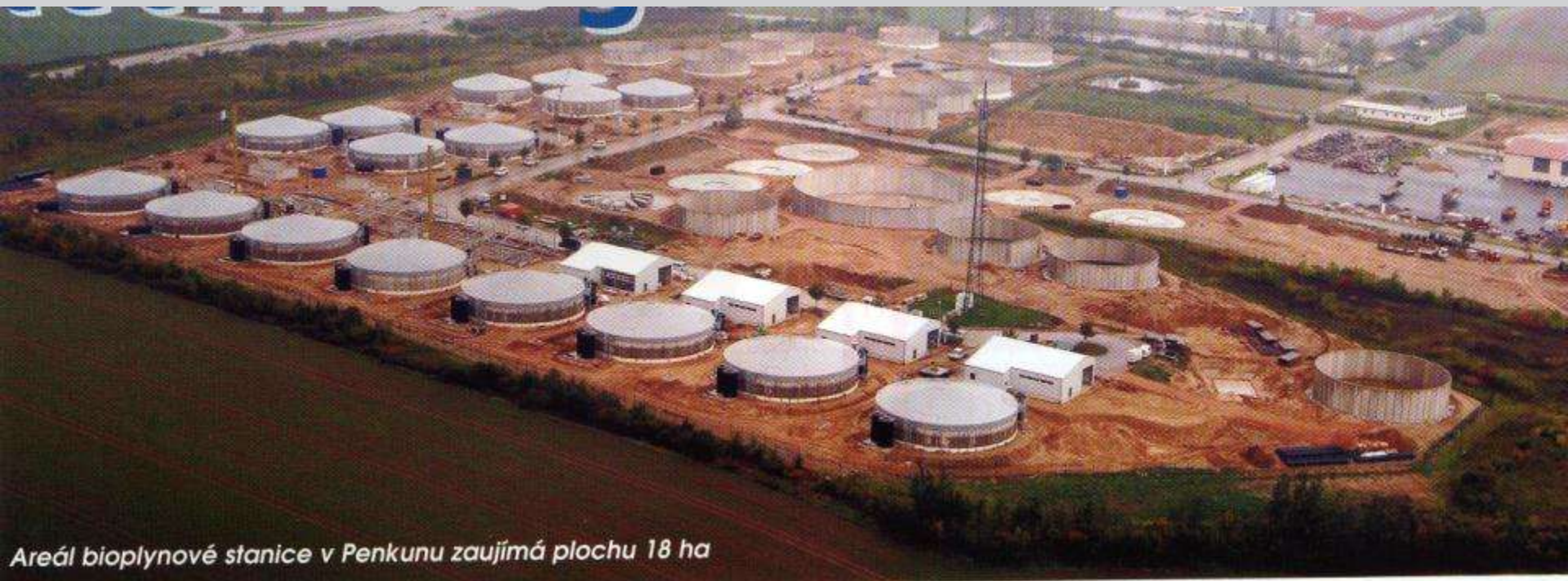


Zemědělské bioplynové stanice





Zemědělské bioplynové stanice



Areál bioplynové stanice v Penkunu zaujímá plochu 18 ha

Penkun v číslech

- 18 ha – tolik plochy zabere bioplynový park
- 20 MW elektrického výkonu
- 40 000 domácností může být tímto elektrickým výkonem zásobeno
- 78 000 000 Kč je celková investice projektu
- 35 000 000 Kč je výše zakázky, kterou řeší firma EnviTech
- 50 m a 15 000 m³ je průměr a objem jedné skladovací nádrže na digestát
- 150 lidí z 30 různých společností pracuje na stavbě
- 25 000 m³ betonu bude na stavbu použito
- 2500 tun oceli
- 100 dnů pro realizaci dodávky firmou EnviTech
- 92 000 tun biomasy ročně pro zásobení 40 fermentorů
- 84 000 tun hnoje ročně

Kombinované bioplynové stanice - bioodpady



Mechanicko-biologická stanice na zpracování komunálního odpadu
Salzburk



Kombinované bioplynové stanice - bioodpady



Kombinované bioplynové stanice - bioodpady

BEKON Biogas Technology



Mníchov

Suchá fermentace organické frakce kom.odpadu a dalších org.odpadů
městská zeleň, zahradnické odpady

Kombinované bioplynové stanice - bioodpady



Kombinované bioplynové stanice - bioodpady



Stanice na odděleně sbíraný bioodpad - Dánsko



Stanice na odděleně sbíraný bioodpad - Dánsko

Kombinované bioplynové stanice - bioodpady



Stanice na odděleně sbíraný bioodpad - Dánsko



Stanice na vytríděný bioodpad – Fuerstenwalde, Německo

ZÁVĚRY

- ❑ Nejefektivnějším způsobem stabilizace organických odpadů a kalů je anaerobní fermentace
- ❑ Nejefektivnějším způsobem využití energie organických odpadů a kalů je biologická transformace do bioplynu.
- ❑ Nejefektivnějším způsobem využití cenných látek z kalů a odpadů je aplikace anaerobně zpracovaného odpadu do půdy