

BIOPLYN

Bioplyn má největší a perspektivní význam ze všech plynných biopaliv. Předností všech metod na výrobu bioplynu je, že plní dvě nezastupitelné funkce:

- Zpracovávají organické odpady rostlinného původu s vyšší vlhkostí, často doplněné i odpady živočišné na kvalitní organické hnojivo, aplikovatelné bez škodlivých účinků, jaký mohou mít např. čerstvá kejda, čistírenské kaly, či čerstvý slamnatý hnůj.
- Bioplyn s obsahem až 65 % metanu (CH_4) a vodíku (H_2) a nepatrným množstvím relativně snadno odstranitelného oxidu siřičitého (SO_2) a malého množství oxidu uhličitého (CO_2) vytváří vysoce hodnotné plynné palivo. Bioplyn se svou výhřevností přibližuje zemnímu plynu. Má asi 70 % jeho výhřevnosti s ohledem na podíl CO_2 a vodní páry. Technologicky je možno bioplyn upravit až na čistý metan, ale není to v praxi zatím využíváno, protože původní výhřevnost postačuje i pro pohon stacionárních motorů.

Podstatou tvorby bioplynu tj. metanu, je rozklad organických látek v několika fázových stupních, které mohou v souhrnu trvat asi 1 měsíc, při teplotách kolem 37 °C, což je teplota zažívacího traktu živočichů, zejména přežvýkavců, jejichž trávení představuje stejný proces. Podmínkou je nepřístupnost vzduchu a kyslíku. Tuto teplotu je nutno udržet, proto při kapalných procesech, které dnes převládají a při obsahu sušiny 8 ÷ 12 %, je nezbytné reaktory přehřívat. K tomu se v zimě využívá až 30 % vyrobeného tepla. Tvorba bioplynu probíhá všude tam, kde bez přístupu vzduchu, nebo po vyčerpání kyslíku ve hmotě, dochází k rozkladu organických látek činností řady mikroorganismů.

Bioplyn – složení, vlastnosti, využití

Směs CH_4 , CO_2 , H_2 , N_2 , H_2S malého množství vodních par. Největší zastoupení má metan a to s obsahem 55-70 %. Průměrné složení bioplynu je uvedeno v následující tabulce.

Složení bioplynu (Jelínek a kol., 2001)

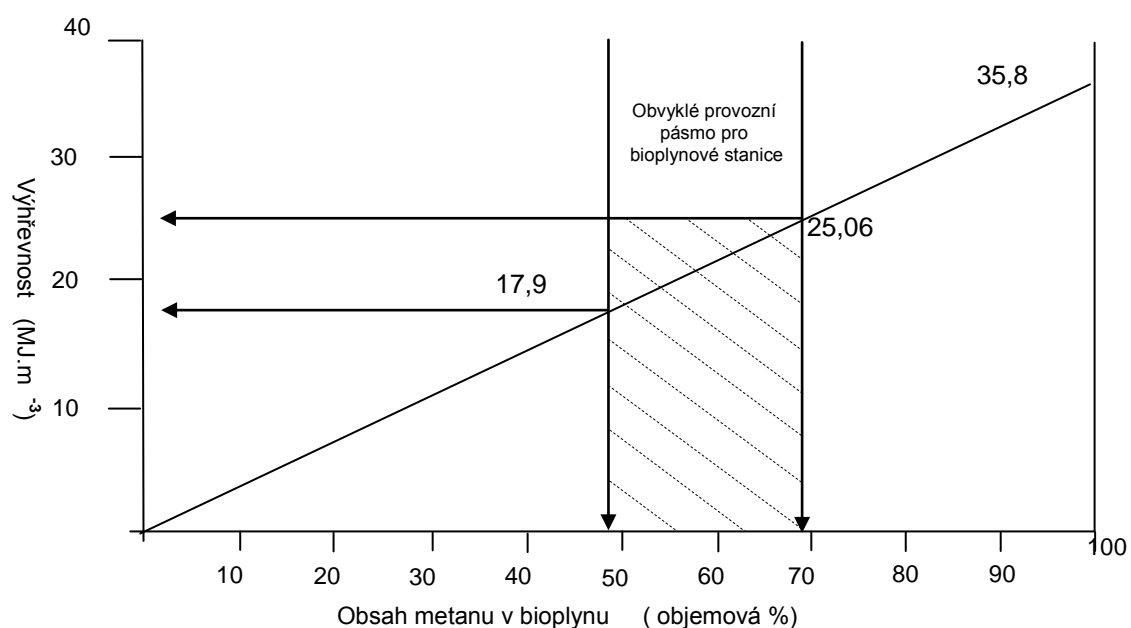
Složka	Obsah v %
Methan- CH_4	45 -75 %
Oxid uhličitý CO_2	25 – 48 %
Vodík H_2	0 – 3 %
Sulfan H_2S	0,1 – 1 %
Dusík	1 – 3 %
Amoniak	stopy

Základní vlastnosti bioplynu a jeho jednotlivých složek (Jelínek a kol., 2001)

Základní vlastnost		Bioplyn (60% CH_4)	Metan CH_4	CO_2	H_2	H_2S	NH_3	N_2
Objemový podíl	%	100	45-75	25-48	0-3	0,1-1	Stopy	1-3

Výhřevnost	$MJ.m^{-3}$	21,5	35,84		10,8	22,8		
Práh vzplanutí	obj. %	6-12	5-15		4-80	4-45	16	
Teplota zapálení	$^{\circ}C$	650-750	650-750		585			
Měrná hmotnost	$Kg.m^{-3}$	1,2	0,714	1,977	0,09	1,54	0,771	1,25

Závislost výhřevnosti bioplynu na procentuálním množství metanu je uvedeno na následujícím obrázku. Provozní pásmo se pohybuje v rozmezí 18-25 $MJ.m^{-3}$, jak je zřejmé z grafu.

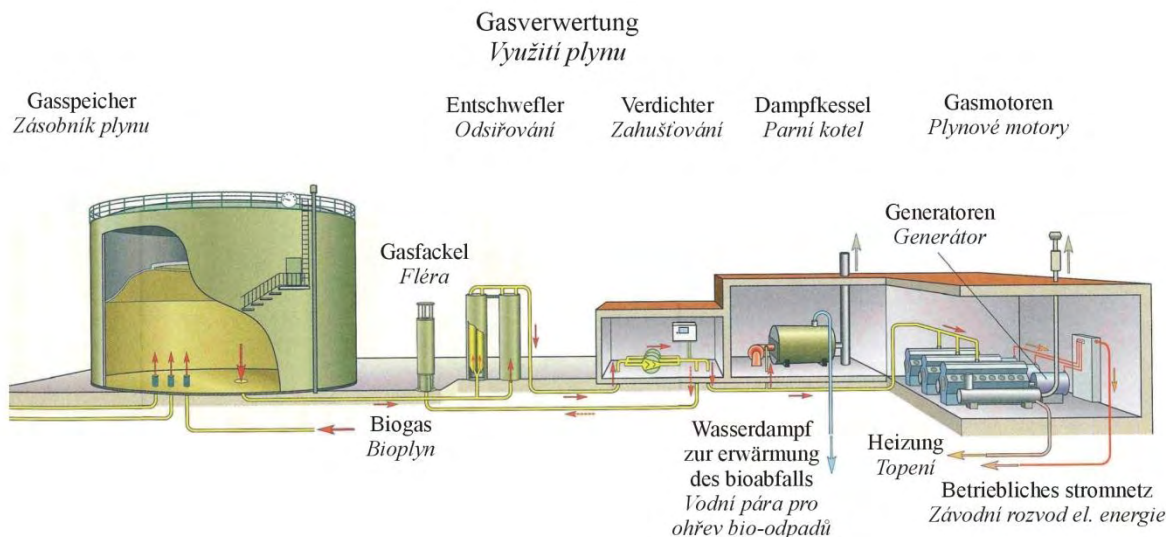


Výpočet výhřevnosti bioplynu na základě obsahu hlavní složky - metanu (Jelínek, 2001)

Využití bioplynu - čtyři základní způsoby:

- přímé spalování k výrobě tepla
- kombinovaná výroba tepla a elektrické energie (kogenerace)
- výroba pohonných hmot
- energetické využití bioplynu

Technologie výroby bioplynu představuje významnou rezervu energetiky a zaslouží si zvýšenou pozornost. V kombinaci s výrobou dřevních plynů může pro některé oblasti znamenat úplné vyloučení dováženého zemního plynu. Potřebné investice se mohou velmi rychle zaplatit.



Zařzení na využívání bioplynu

Anaerobní digesce

Anaerobní digesce lze řešit efektivní využívání biologicky rozložitelných odpadů z různých odvětví (zemědělství, komunální sféra, průmysl, stravovací zařízení), za zisku tří hlavních produktů:

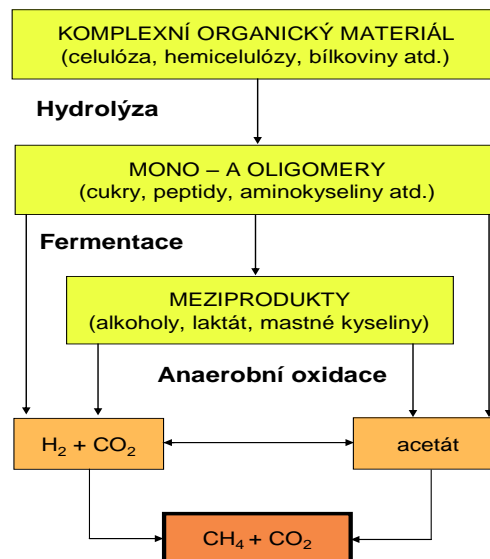
- *bioplyn* - směs několika plynů, která je schopna hoření, je využitelný jako energeticky bohaté palivo. Jedná se o směs CH_4 , CO_2 , H_2 , N_2 , H_2S . Největší zastoupení má metan a to s obsahem 55-70 %
- *digestát* - tuhý stabilizovaný vyhnilý kal, nerozložené organické látky vláknitého charakteru, který se využívá jako organické hnojivo.
- *perkolát* - tekutina vzniklá při procesu, obsahuje základní živiny. Používá jako tekuté hnojivo v zemědělství.

Podmínkou využití digestátu a perkolátu jako organického hnojiva je nepřekročení limitních hodnot obsahu rizikových látek podle platné legislativy. Digestát lze využívat jako organické hnojivo, pokud obsahuje min. 25 % spalitelných látek a 0,6 % dusíku v sušině, nebo může být použit jako surovina k výrobě kompostů. Požadavky a kritéria pro hodnocení a kontrolu digestátu uvádí vyhláška č. 341/2008 Sb., v příloze č. 5.

Proces anaerobní digesce (obrázek Průběh čtyřfázového anaerobního rozkladu) se skládá ze čtyř na sobě závislých základních fází, které se liší nejen podílejícími se mikroorganismy a vznikajícími produkty, ale i podmínkami pro jejich existenci:

- *Hydrolyzní fáze* - rozklad rozpuštěných i nerozpuštěných organických polymerů - uhlohydrátů (škrob, celulóza a hemicelulóza), bílkovin, polysacharidů a tuků působením mikroorganismů (nejedná se ještě o metanové bakterie, ale o bakterie fermentační) na nízkomolekulární látky, jako jsou jednoduché cukry, peptidy, glycerin, vyšší mastné kyseliny a aminokyseliny.

- *Acidogenní fáze* - tvorba organických kyselin na mastné kyseliny s krátkými řetězci, jako je kyselina octová a některé vyšší kyseliny působením acidogenních bakterií. Fermentací hydrolyzních produktů jsou tvořeny konečné redukované produkty, které jsou závislé na vlastnostech původního substrátu a podmínkách prostředí. Produkce kyseliny octové, CO₂, H₂ a vyšších organických kyselin, kyseliny mléčné, metanol apod.
- *Acetogenní fáze* - tvorba kyseliny octové, která je spojovacím článkem pro produkci metanu. Homoacetogenní organismy produkující vodík rozkládají kyselinu propionovou a ostatní organické kyseliny vyšší než kyselinu octovou, alkoholy a některé aromatické sloučeniny. Také zde jsou zastoupeny i minoritní složky organismů (sulfátreduktanty, nitrátreduktanty) produkující kromě kyseliny octové a vodíku také sulfan a dusík.
- *Metanogenese* - methanogenní organismy kromě toho, že rozkládají některé jednoduhlíkaté látky (methanol, kyselinu mravenčí, methylamin, CO₂, H₂, Co) jsou limitujícím faktorem celého procesu. Tyto organismy lze rozdělit pouze na hydrogenotrofní, nebo pouze acetotrofní. Acetotrofní methanogenní bakterie se podílejí svým působením na vzniku metanu v bioplynu a to více jak dvěma třetinami. Jsou schopny rozkládat kyselinu octovou na směs metanu a CO₂. Pomaleji rostou (generační doba několik dní). Hydrogenotrofní matanogenní bakterie jsou schopny produkovat metan z CO₂ a H₂. Poměrně rychle rostou, jejich generační doba je cca 6 hodin. V anaerobním procesu fungují jako samoregulátor.



Čtyřfázový model anaerobního vyhnívání (Jelínek a kol. 2001)

Jaké vstupy lze v bioplynových stanicích zpracovat?

V bioplynových stanicích (BPS) je možné efektivně zpracovat širokou škálu bioodpadů a různých materiálů, včetně takových, které jsou jinak obtížně zpracovatelné:

- Bioodpady z údržby veřejné zeleně (tráva, listí, ale nikoli dřevo)
- Bioodpady z domácností a ze zahrad
- Prošlé potraviny a bioodpady ze supermarketů,

- Zbytky z jídelen, restaurací a hotelů
- Bioodpady z podnikatelských provozů (pekárny, lihovary, pivovary, cukrovary, masokombináty)
- Výstupy z chovu hospodářských zvířat (kejda, hnůj, podestýlky atd.)
- Cíleně pěstovanou biomasu (např. kukuřice, řepa, senáž, vojtěška).

Důležité je, aby u surovin/materiálů určených ke zpracování v BPS byly zachovány požadavky na kvalitu, která by měla být průběžně kontrolována. Standardním základem pro zemědělské BPS by měly být zvířecí exkrementy a hlavním vstupem z hlediska výtěžnosti bioplynu by pak měly být cíleně pěstované plodiny. Zejména je osvědčeno používání kukuřičné siláže. V některých vhodných případech lze zpracování vstupů rozšířit i na biologicky rozložitelné odpady, např. z potravinářského průmyslu nebo tříděné bioodpady z domácností. Jedná se o vstupy energeticky zajímavé a jsou často zdrojem příjmu za jejich zpracování. Na některé bioodpady živočišného původu se vztahuje Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1774/2002, které stanovuje hygienická pravidla na jejich zpracování.

Na čem produkce bioplynu závisí?

Při zajišťování surovin je třeba zvážit, jaké vlastnosti se nejvíce podílejí na produkci bioplynu. V první řadě je to množství sušiny materiálu. Měrná produkce bioplynu se často udává právě na sušinu, nebo je vztahena k určité průměrné sušině. Především u exkrementů a odpadů nelze spoléhat na tabulkové hodnoty v původní hmotě, ale je třeba zjistit obsah sušiny konkrétního materiálu, např. obsah sušiny kejdy může v závislosti na použité technologii a míře dodržování technologické kázně kolísat mezi 8 – 3 %, což může znamenat násobný rozdíl produkce bioplynu na jednotku hmotnosti v původní hmotě.

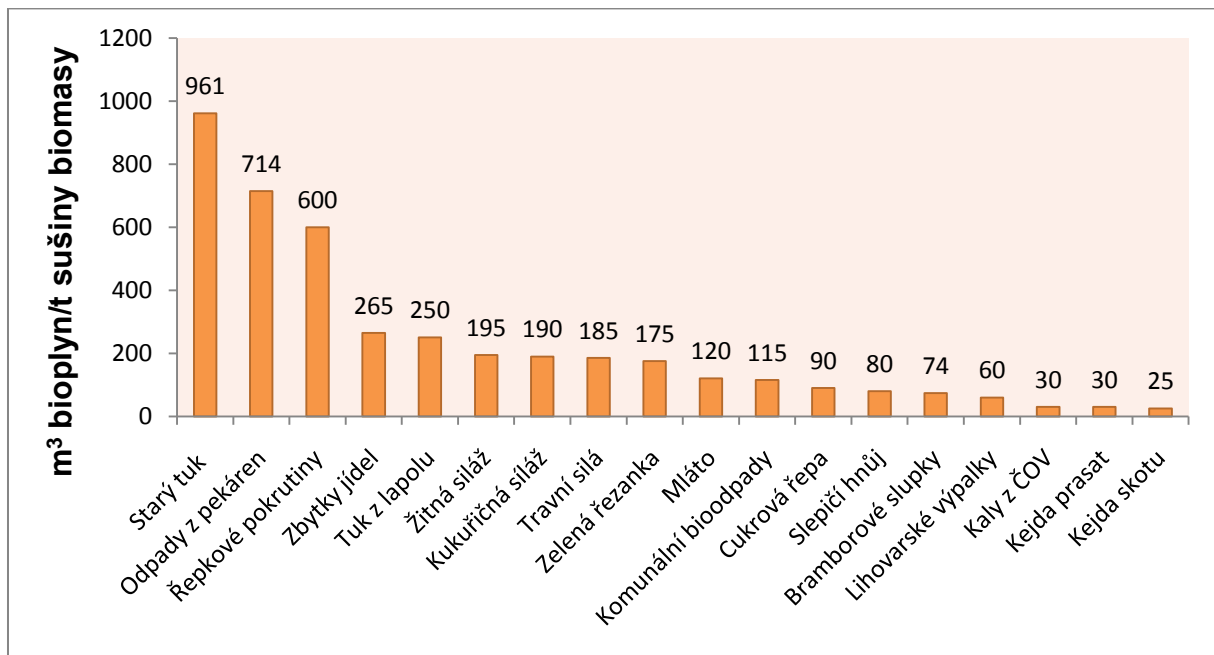
Produkce bioplynu z jednotlivých druhů vstupů do BPS se výrazně liší. Následující obrázek ukazuje hodnoty teoretické výtěžnosti u jednotlivých surovin. Výtěžnost bioplynu významně závisí jednak na vlastnostech a kvalitě vstupního materiálu, a jednak musí být vždy vyhodnocena podle konkrétních podmínek (např. způsob provozu zařízení, výše a stabilita teploty v reaktoru, doba zdržení). Z tohoto důvodu dochází i u stejných substrátů ke značným rozptylům hodnot ve výtěžnosti bioplynu.

Optimální složení surovinové směsi

Fermentor, ve kterém probíhá samotný proces anaerobní digesce, je možné přirovnat k žaludku (bachoru), ve kterém jsou za pomoci několika druhů kultur mikroorganismů vstupní materiály postupně zpracovány až na výslednou produkci bioplynu. Jedná se tedy o živý proces, který dovede být citlivý na kvalitu a na změnu podmínek prostředí (zejména konstantní teplota ve fermentoru a pH). Chybná „výživa“ a nevhodné podmínky proto mohou vést k redukcí výnosu bioplynu, popř. až k zastavení fermentačních procesů.

Materiály s větším množstvím bílkovin či jiné složky s vyšším obsahem dusíku mohou v reaktoru působit negativně na aktivitu anaerobních společenstev a snížit tak produkci bioplynu. Toto nebezpečí hrozí např. u nevhodného dávkování drůbežích podestýlek, jatečních odpadů, masokostní moučky apod. Materiály jako kukuřice, hnůj či kejda mají naopak vhodný obsah dusíku a podobné obtíže jsou omezeny na minimum. Pro optimální chod je nutné držet co nejvíce jednotné složení vstupních surovin a přechody mezi jinými

materiály dělat pouze pozvolna a v řádu měsíců. U různých technologií je míra flexibility samozřejmě rozdílná.



Faktory ovlivňující proces

Jakýkoliv anaerobní proces je limitován danými faktory, které je nutné dodržet pro kvalitní průběh procesu. Mezi tyto faktory patří:

- *Teplota procesu* – má přímou závislost na různé kmeny bakterií: bakterie psychrofilní 15 - 20 °C, bakterie mezofilní 35-40 °C, bakterie termofilní 55 °C. V zařízeních na výrobu bioplynu se nejčastěji používají mezofilní teplotní režimy, v menší míře termofilní, nebo kombinované. Volba teploty je závislá na režimu práce fermentoru. Vzhledem k tomu, že jsou metanogenní bakterie citlivé na prudké výkyvy teplot, musí se teplota přísně dodržovat.
- *Hodnota pH* - hodnota, která je velice důležitým faktorem pro průběh procesu. Růst metanogenních bakterií je v neutrální oblasti pH 6,5-7,5. Vysoká kyselost, působí na tyto bakterie inhibičně.
- *Přítomnost nutrientů* - ethanové bakterie nemají schopnost rozkládat tuky, proteiny, uhlovodíky a celulózu v čisté formě. Pro stavbu svých buněk potřebují rozpustné dusíkaté sloučeniny, minerální látky a stopové prvky ve správném poměru. Tento potřebný poměr živin se udává jako CHSK : N : P v rozmezí od 300 : 6,7 : 1. Kromě dusíku a fosforu jsou žádoucí také prvky (Na, K, Ca, Se, Ni, Co, Mo), které nám mohou zvyšovat methanogenní aktivitu.
- *Přítomnost toxických a inhibujících látek* - látky, které se nejčastěji vyskytují a mohou negativně ovlivnit proces anaerobní digesce jsou amoniak a mastné kyseliny. Jejich tvorba je závislá na podmínkách pH.

Řízení a stabilita procesu

Hlavními faktory nestability procesu jsou:

- teplotní změny
- změny v zatížení organickými látkami
- hydraulické přetížení
- expozice toxickými látkami
- změny ve složení substrátu

O stavu procesu informuje řada veličin, které můžeme analytickými, nebo biologickými metodami sledovat. Tyto veličiny dle způsobu použití dělíme do dvou skupin:

- proměnné pro řízení procesu - veličiny pro řízení procesu. K těmto veličinám patří teplota, zatížení reaktoru, dávkování chemikálií.
- indikátory stavu procesu - charakterizují průběh jednotlivých procesů, nebo celkový průběh anaerobního rozkladu.

Význam a důležitost některých proměnných

Produkce bioplynu - popisuje pouze výsledek procesu.

Koncentrace CH_4 - bilanční prvek.

Koncentrace CO_2 - nemá vždy vypovídající hodnotu stability procesu. Citlivější je poměr CH_4/CO_2 .

Koncentrace H_2 - vodík objevený v bioplynu signalizuje vždy nestabilitu procesu, proto se jedná o nejcitlivější indikátory stability procesu.

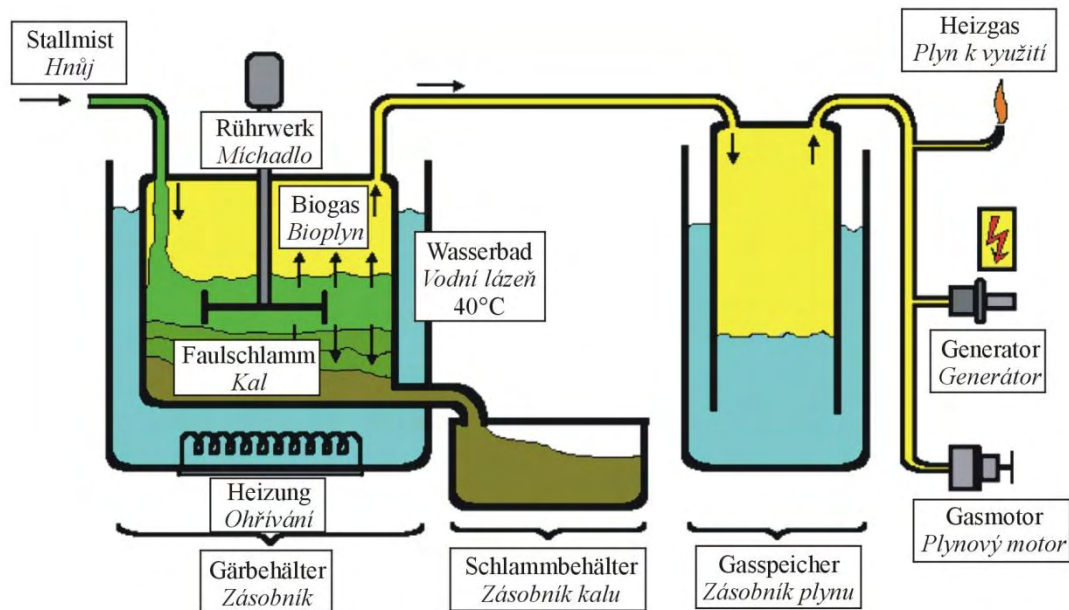
pH procesu - tato veličina není citlivým indikátorem procesu. Monitorování je důležité zejména u substrátů vykazujících nedostatečnou neutralizační kapacitu.

Aktivita biomasy - řadí se spíše mezi diagnostické indikátory procesu, z hlediska značné pracnosti a časové náročnosti. Stanovení aktivity mikroorganismů je důležité z důvodů stanovení příčin nebo zhroucení systému.

Základní rozlišení technologií BPS podle sušiny vstupního substrátu

Mokrý fermentace

Využívá obvykle fermentoru s vertikální osou a materiál ve fermentoru má sušinu do 12 %. Materiály s vyšším obsahem sušiny (hnůj, podestýlka, různé druhy siláží a senáží) se před vstupem do fermentoru ředí na odpovídající obsah sušiny kejdou/procesní vodou. Větší obsah slámy nebo dokonce podestýlka na bázi pilin může u mokrých technologií působit vážné provozní problémy. Je tedy nutné pečlivě vážít použitou technologii, systémy míchání, přípravy suroviny tak, aby celý proces mohl bezproblémově fungovat.



Technologické schéma vzniku bioplynu

Suchá fermentace

Je vývojově mladší než mokrá fermentace, nicméně některé její typy již našly perspektivní uplatnění v praxi. Suchou fermentaci lze navíc dle obsahu sušiny substrátu rozdělit na:

- suchý proces (25 – 45 % sušiny)
- vysokосуšinový proces (nad 40 % sušiny).

Pod pojmem suchá technologie se lze setkat s fermentory tzv. garážového typu. Jedná se o konstrukčně jednoduchá zařízení na zpracování vysokосуšinových substrátů (až 60 %), se vsázkovým způsobem plnění fermentoru pomocí čelního nakladače. Obecně lze konstatovat, že tyto typy zařízení se nerozšířily natolik, aby byly dostatečně provozně odzkoušeny a dosavadní zkušenosti nabádají k obezřetnosti.

+ Výhody anaerobní digesce	Nevýhody anaerobní digesce
Omezení emisí skleníkových plynů	Vysoké finanční náklady na technologická zařízení a jeho provoz
Snížení znečištění životního prostředí	Náročnost sběru a svozu BRKO
Recyklace základních živin pro výživu rostlin	Možnost výskytu nebezpečných plynů (sulfan, amoniak)
Zvýšená efektivita nakládání s odpady	Hluk strojního zařízení
Ekonomické výhody plynoucí z možností výroby energie a minerálních hnojiv	Zápach při nedodržení správných technologických postupů

Literatura

Jelínek a kolektiv, *Hospodaření a manipulace s odpady ze zemědělství a venkovských sídel*, Agrospoj, Praha, 2001, 1-262.

Jevič P., Hutla P., Šedivá Z., *Udržitelná výroba a řízení jakosti tuhých paliv na bázi agrárních bioproduktů*, první vydání, Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha, 2008, 1-132, ISBN 978-80-86884-42-4.

Kajan M., Lhotský R., *Možnosti zvýšení výroby bioplynu a stávajících zařízení*, ENKI o.p.s, Třeboň, 2006, 1-118.

Kára J., Hutla P., Pastorek Z., *Využití organických odpadů ze zemědělské výroby a venkovských sídel*, VÚZT Praha, 2008, 1-102, IBSN 978-80-86884-40-0

Kára J., Pastor Z., Příbyl E. a kol, *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*, vydání první, VÚZT Praha, 2007, 1-117, ISBN 978-80-86884-28-8.