

Úvod do problematiky energetického využívání biomasy

Ing. Zdenek Študlar, Krajská energetická agentura Jihoceského kraje

Tato část je nedílnou součástí studie „Úvod do energetického využívání biomasy“ a podléhá ochraně autorských práv podle autorského zákona. Kopírování a jiné využití údaje podléhá souhlasu autora.

Abstrakt :

Biomasa je v povědomí široké veřejnosti chápána pouze jako dřevo a dřevní odpady. Tato studie rozšiřuje pojem biomasa na libovolný materiál organického původu (rostlinný, živočišný, všechny bioodpady, atd.). Dále čtenáři předkládá základní ucelený přehled známých energetických způsobů využívání biomasy, tj. spalování, zpracování do formy jakostních biopaliv, anaerobní fermentaci a termochemické přeměny. Studie také poukazuje na specifické problémy a rizika jednotlivých aplikací energetického využívání biomasy a přibližuje používané technologie, jejich vlastnosti a možnosti.

Obsah :

Kapitola	str.
Seznam používaných zkratk :	1
1. Základní členění biomasy.	2
2. Biomasa vhodná pro přímé spalování.	3
2.1. Výroba tepla vsystémech CZT.	3
2.2. Výroba jakostních biopaliv.	4
2.2.1. <i>Certifikace dřevních výlisku – pelet a briket.</i>	5
2.2.2. <i>Technologie pro výrobu jakostních biopaliv.</i>	5
2.3. Decentrální systémy zásobování teplem z BM pro obce a mikroregiony.	6
2.4. Pestování energetické BM.....	7
2.5. Základní vlastnosti vybrané BM – výhrevnost, výnosy.	8
3. Výroba bioplynu z biomasy a bioodpadu	8
3.1. Obecné dělení způsobu likvidace/zpracování bioodpadu.	8
3.2. Skládkování odpadu, energetické využívání skládkového plynu.	8
3.3. Aerobní versus anaerobní fermentace ?.....	10
3.4. Kofermentace různých druhu BM a bioodpadu.	12
3.5. Specifické (merné) produkce BP.....	12
4. Termochemické premeny odpadu a biomasy.	13
5. Základní vlastnosti plynných paliv.	15
5.1. Skládkové plyny a bioplyny.	15
5.2. Pyrolýzní plyny.	15
5.3. Kapalná pyrolýzní paliva-oleje	15
5.4. Srovnání základních vlastností plynných paliv (složení, výhrevnost).	15
6. Závěr	16
7. Informační prameny	16

Seznam používaných zkratk :

BM	Biomasa (obecně rostlinné či živočišné materiály s obsahem organických látek)
BP	Bioplyn, skládkový (bio)plyn (obecně plynné palivo na bázi metanu CH ₄)
BPS	Bioplynová stanice
CZT	Systém centrálního zásobování teplem (= tepelné hospodářství měst a obcí).
KJ	Kogenerace, kogenerační jednotky
REAS	Regionální elektrárenská distribuční společnost (napr. JCE a.s.)
RD	Rodinný dum

1. Základní členění biomasy.

Biomasa (dále jen BM) je obecně veškerá hmota organického původu. Z hlediska využití biomasy pro stacionární energetické zdroje lze obecně dělit biomasu na 3 základní druhy, přičemž některé konkrétní zdroje BM jsou využitelné ve více skupinách :

1) Biomasa určená pro přímé spalování (výroba tepla) a výrobu tuhých biopaliv, např. :

- ? Dřevo, dřevní odpady.
- ? Vybrané druhy rychle rostoucích dřevin a rostlin.
- ? Energetické rostliny.
- ? Zemědělské produkty a přebytky (obilní a repková sláma, apod.).
- ? Některé průmyslové a komunální odpady.
- ? Jiné.

2) Biomasa vhodná pro výrobu bioplynu.

- ? Exkrementy hospodářských zvířat (keřda, trus, hnuj, mocuvka, podestýlka, ...).
- ? Fytomasa – senáže, siláže, části a kořeny rostlin, vybrané druhy energetických rostlin, ekonomicky neprodejně produkty (např. „nepovedená“ kukurice a obilniny), apod.
- ? Odpady ze zpracovatelského a potravinářského průmyslu – odpady z mlékáren, jatek, masozávodu, lihovaru, pivovaru,
- ? Speciální odpady – např. masokostní moučka,
- ? Tríděné domovní a komunální odpady (biologická složka).
- ? Energetické využívání skládkového (bio)plynu – odplynění skládek.
- ? Jiné.

3) Biomasa vhodná pro zplynování a pyrolýzu – výroba plynných a kapalných paliv.

- ? Dřevo, dřevní odpady.
- ? Vybrané druhy energetických dřevin a rostlin.
- ? Zemědělské odpady, produkty a přebytky.
- ? Komunální odpady.
- ? Jiné.

Hlavní přínosy využívání BM :

Prínosy pro ŽP a tvorbu krajiny.

- ? BM je obnovitelná a její využívání umožňuje významně snižovat emise skleníkových plynů (hlavní skleníkové plyny = CO₂ ... spotřeba při růstu rostlin, CH₄ ... zamezení přirozeným emisím metanu anaerobní digestí exkrementu, apod.).
- ? Na nevyužívané zemědělské půdě lze pěstovat schválené druhy energetických plodin.

Sociální přínosy, rozvoj venkovského prostoru.

- ? Tvorba nových pracovních míst na venkově při pěstování energetických plodin a výrobě biopaliv resp. pěstování a zpracování neenergetických druhů BM (stavební materiály, apod.).
- ? Místní zdroj paliv a tepla = možnost snižování životních nákladů obyvatel.
- ? Tvorba nových pracovních míst v rámci návazných programů při řešení projektu zpracování BM (např. využití odpadního tepla z bioplynové stanice pro sušení dřeva, chovu teplomilných ryb, apod.) ... na toto jsou připraveny zajímavé dotační tituly v rámci strukturálních fondů EU, operačních programů, atd.

2. Biomasa vhodná pro přímé spalování.

2.1. Výroba tepla v systémech CZT.

Využití BM pro výrobu tepla v systémech CZT je dnes celkem běžnou věcí, o čemž svědčí celá řada velice úspěšných provozů CZT. Nejčastějšími druhy používané BM jsou :

- ? Dřevní odpady – piliny, hobliny, kůra, štepka.
- ? Sláma – obilní a repková.

V různých stádiích pokusu a provozních overování je spalování rychle rostoucích dřevin (např. topoly, vrby) a některých druhů energetických rostlin a bylin (např. štovík).

Zavedení výroby tepla z BM v již existujícím systému CZT je prakticky otázkou změny technologie zdrojové části a vyřešení logistiky paliva (smlouvy s producenty BM, otázka skladování a dopravy paliva do meziskladu na kotelne). Po stránce zajištění provozu a smluvních vztahů s odberateli tepla je úspěšně využit zavedený provozní model. Při celkové dobré koncepci projektu, bývají tyto záměry úspěšné i z hlediska získání investičních dotací. Z uvedeného vyplývá, že tyto druhy projektu jsou zpravidla přínosné i pro odberatele tepla (snížení prodejních cen tepla a jejich dlouhodobá stabilizace).

V souvislosti s intenzivním rozvojem využívání BM probíhá i výstavba nových systémů CZT (vesnice a malá města). Zajištění úspěšnosti těchto projektů je ovšem mnohem těžší, proto je možné nalézt i případy velmi problematické. Bylo to dáno především faktem, že v minulosti koncepcí projektu řešili spíše odborníci na pěstování BM a zemědělství než energetici. Důvody problému jsou hlavně tyto :

- 1) Nevhodná volba lokality pro CZT – malá hustota osídlení resp. malý podíl bytových domů a velkých odberatelů tepla.
- 2) Špatně ošetřeny zdroje místního paliva – nevhodné smlouvy s dodavateli BM (krátkodobé smluvní vztahy, snadno vypověditelné smlouvy), nedomyšlená logistika paliva, nepředvídaní „hlady“ po dřevních surovinách a odpadech = nutnost „preplácet“ konkurenční spotřebitele BM + nečekané vícenásobky na dopravu a skladování BM ze vzdálených lokalit.
- 3) Napojování problematických objektů – rodinné domy, příliš vzdálené objekty od páterních rozvodů a zdrojů tepla.
- 4) Netržní/politické stanovení cen tepla – nevytváří se prostor pro rozvoj CZT, jeho budoucí větší opravy a rekonstrukce.
- 5) Nevhodné smluvní zabezpečení – krátkodobé a snadno vypověditelné smlouvy na dodávku BM i tepla.
- 6) Kalkulace cen tepla založeny na netržních cenách BM.
- 7) Volba neerudovaného provozovatele CZT.

Nebudeme zde podrobně rozebírat jednotlivé okruhy problému, ale rádi bychom poukázali na bod 6) – netržní ocenění primárního paliva/BM.

Obecně je na seminářích a v literatuře uváděna průměrná cena BM úrovně 1 000 až 1 200 Kč/t – cena „na poli“ při vlhkosti do 20%. Autoři této ceny pravděpodobně mysleli dobře na naše zemědělce, ale nikoli na provozovatele CZT. Srovnáme-li (z hlediska dlouhodobého provozu CZT) výrobu tepla z BM a např. zemního plynu, pak je nutno počítat se zvýšenými náklady u BM vlivem :

- ? Nižší průměrné roční účinnosti kotlu na BM.
- ? Dopravy a skladování paliva.
- ? Větší spotřeby elektriny – ventilátory kotlu, úprava a doprava paliva do kotlu (rozduřování, pohon dopravníku), atd..
- ? Náklady na porizování a provoz manipulační techniky BM.
- ? Větších mzdových nákladů – vyšší nároky na počet obsluhujících osob.
- ? Nákladů na odvoz popela, případně i likvidaci – někde je nutné dokonce popel skládkovat.
- ? Větších režijních a servisních nákladů.

Ze zkušeností lze říci, že po započítání výše uvedených vlivů vychází maximální cena BM „na poli“ na 300 až 500 Kč/t (záleží na velikosti CZT, použité technologii, dopravních vzdálenostech a nákladech na meziskladování paliva). Přihlédneme-li navíc k poměrně složitosti BM provozu CZT a často

neerudované obsluze, pak při překročení limitní ceny BM je paradoxně výhodnější použití zemního plynu, a to i přes masivní investiční dotaci do CZT na BM !!!

Při úvahách o rekonstrukci a výstavbě systému CZT je dobré se obrátit na erudovanou poradenskou firmu, která má bohaté zkušenosti v celé naznačené problematice.

Praktické zkušenosti jednoznačně ukazují, že je lépe venovat více času dokonalé přípravě projektu, než dát na zjednodušená řešení nabízená ne zcela kompetentními firmami s „dosahem na dotace a finance“. Klient si ušetří mnoho zbytečných problémů a starostí ve skutečném provozu CZT.

2.2. Výroba jakostních biopaliv.

Při spalování BM je docílitelný výkon kotle a množství produkovaných emisí závislé nejen na vlastní technologii, ale i na druhu spalované BM a její vstupní vlhkosti. Ve skutečném provozu tedy dochází k poměrně značné fluktuaci těchto parametrů.

Kotle větších výkonů (> 500 kW) si zpravidla „umí poradit“ s kolísáním vlastností paliva v poměrně širokém rozsahu. Malé kotle však nejsou tak flexibilní, což vyvolává tlak na použití paliva/BM se stálými vlastnostmi. V tomto smyslu tedy pojem výroba jakostních biopaliv máme na mysli právě paliva se standardizovanými vlastnostmi (složení, vlhkost, výhřevnost, atd.).

Velkou výhodou jakostních biopaliv je možnost jejich využití v automatických kotlích, jež umožňují docílit kvalitu vytápení a regulace srovnatelnou s vytápením zemním plynem. Ceny komerčně dodávaných jakostních biopaliv umožňují zajistit vytápení menších objektů a RD za srovnatelných nákladů jako vytápení zemním plynem.

Mezi základní jakostní biopaliva radíme především peletky/pelety a brikety. Mezi základní druhy BM, které lze využívat pro výrobu jakostních biopaliv patří :

- Standardně : Piliny, hobliny, kůra, štepka, obecně dřevní suroviny.
- Zkušebně : Energetické rostliny a byliny (např. štovík, pazdery z konopí, atd.).
Repková sláma
Různé směsi BM

Standardními a dostatečně vyzkoušenými biopalivy jsou dřevní pelety a brikety. Ostatní uvedené druhy BM mají/mohou mít odlišné vlastnosti (např. větší obsah popela, problematičtější splnění emisí škodlivin, jiná teplota tání popela-možnost tvorby kůr a úsad). Proto zájemcům o výrobu biopaliv z těchto druhů BM doporučujeme vyčkat výsledků spalovacích testů, dokončení vývoje vhodné technologie spalování a stanovení normy pro vlastnosti těchto biopaliv.

2.2.1. Certifikace dřevních výlisku – pelet a briket.

Existují národní směrnice a normy, které definují vlastnosti dřevních výlisku (pelet a briket – výběr sledovaných parametru viz tab. 1). Podobně se budou tvořit normy i pro pelety a brikety z jiných druhů BM (v přípravě).

Tab. 1 – Výber z požadavku na jakost výlisku z přírodního dřeva, dřevéné brikety a pelety

Parametr	Česká republika (Směrnice MŽP c. 14-98)	SRN (DIN 517 31)	Rakousko (ONORM M 7135 *)
Délka (cm)	-	viz tab. níže	max. 40
Průměr, šířka, výška (cm)	-	viz tab. níže	2-12
Zdánlivá hustota (g/cm ³)	min. 0,9	1,0-1,4	min. 1,0
Max. obsah vody (%)	10	12	12
Výhřevnost, bezvodý stav (MJ/kg)	min. 17	17,5-19,5	min. 18
Max. obsah popela, bezv. stav (%)	1,5	1,5	0,5

DIN 517 31 – rozmery výlisku			ONORM M 7135 *
Velikostní třída	Délka (cm)	Průměr, šířka nebo výška (cm)	Připouští také : - pelety o ? 0,4 - 2 cm, max. délky 10 cm. - výlisky z kůry zdánlivé hustoty 1,0 g/cm ³ , s obsahem vody do 18%, do 6% popela a s výhřevností > 18 MJ/kg
HP1	>30	>10	
HP2	15-30	7-10	
HP3	10-15	3-7	
HP4	<10	1-3	
HP5	<5	0,4-1	

2.2.2. Technologie pro výrobu jakostních biopaliv.

Výroba jakostních biopaliv se realizuje pomocí příslušných technologických zařízení – linek nebo výroben (pelet, briket), peletáren, briketáren, apod.. Existuje celá řada tuzemských a zahraničních dodavatelů technologií. Nejlevnějším, i když zpravidla ne nejlepším řešením bývá sestavení výroben z poskliznových linek vzemledelství, doplněných pouze novým matricovým lisem. Lisovací zařízení je srdcem výroby a je předmětem chráněného „know-how“ každého výrobce.

Protože výroba jakostních biopaliv není levnou záležitostí a představuje investici s návratností běžně 5 až 8 roku (bez dotací), je potřeba zámer dobře zvážit. Základní a zcela zásadní je vyřešení těchto otázek :

1. Umístění linky co nejbližší zdroji zpracovávané BM (vyřešení majetkoprávních vztahů, uzavření dlouhodobé nájemní smlouvy, apod.).
2. Dlouhodobé zajištění vstupní BM (napr. smlouva na dobu 10 roku + stanovené požadavky na kvalitu-vlhkost, nežádoucí složky-hlína a kamení, nejlépe i konstrukce prodejní ceny BM v jednotlivých letech, apod.).
3. Zajištění odbytu výrobku (napr. smlouvy s odberateli – diagramy dodávek paliv, ceny – letní a zimní, atd.).
4. Kdo bude investor a provozovatel linky (obce a neziskový sektor má zpravidla snazší přístup k dotacím, ale zase nebývá plátcem DPH).

Při úvahách o výstavbě výroben jakostních biopaliv Vám rádi poskytneme podrobnější informace nebo v případě speciálních dotazů doporučíme vhodné dodavatele technologií výroben i kotlu.

2.3. Decentrální systémy zásobování teplem z BM pro obce a mikroregiony.

Vytápení obcí ze systému CZT, je výhodné v případě dostatečné hustoty osídlení resp. tam, kde je bydlení občanů založeno na bytových domech a kde jsou i jiní velcí odberatelé tepla. V případě obcí a lokalit, kde prevažuje zástavba RD a menších objektů, se jeví výhodnější založit vytápení na samostatných domovních/objektových kotelnách menšího výkonu, kde je možné spalovat jakostní biopaliva – pelety a brikety.

Komerčně prodávaná jakostní biopaliva umožňují u RD a menších objektů docílit nákladů na vytápení srovnatelných s vytápením zemním plynem. Srovnatelný je i komfort a kvalita regulace vytápení. Nicméně vrada menších obcí či celých mikroregionech neumožňuje sociální situace občanů toto vytápení hojněji využívat (poměrně vysoké náklady na kotel + na dosah jsou levnější paliva – např. hnědé uhlí). Možným řešením se jeví řízené vybudování systému decentralizovaného vytápení obcí resp. celých mikroregionů s vlastní výrobou jakostních biopaliv.

Koncepce obecního resp. mikroregionálního decentralizovaného systému vytápení s vlastní výrobou pelet či briket umožňuje, při vhodných místních podmínkách, snížit prodejní ceny jakostních biopaliv na úroveň hnědého uhlí. V tomto případě je vytápení jakostními biopalivy přístupné všem kategoriím občanů.

Podobné projekty jsou vsoučasné době v různých částech ČR v přípravě. Podnikatelský zájem bývá poměrně složitý a stojí na těchto hlavních předpokladech :

- 1) Dostatek základní suroviny/BM (> 3 000 t/rok - zpravidla piliny, hobliny, štepka) za výhodných cenových podmínek min. po dobu plánované návratnosti investic.
- 2) Nalezení vhodné lokality pro umístění výroby – co nejbližší zdroj základní suroviny, vyřešené majetkoprávní či nájemní vztahy, vhodná situace z hlediska distribuce paliv po okolních obcích (minimalizace přepravních vzdáleností do obecních meziskladů).
- 3) Levná technologie výroby – zpravidla využití/prestavba stávajících poskliznových linek v zemědělství.
- 4) Zajištění odbytu prebytku biopaliv – do vybudování místních kotlen je nutné zajistit odbyt pro část produkce paliv.
- 5) Nalezení vhodného modelu financování a splácení investic.
- 6) Nalezení vhodného modelu provozování výroby a logistiky BM a paliv.
- 7) Vytvoření „návodu“ pro vyřizování dotací na kotelny (občané, školy, školky, domovy důchodců, atd.)
- 8) Model financování může být koncipován tak, že vytvoří prostor pro tvorbu podpurných fondů pro výstavbu kotlen (obecní dotace a půjčky - bez záteže obecního rozpočtu).
- 9) Dobrý logistický model BM a vyrobených paliv – řešení dopravy, meziskladu, apod.
- 10) V krátkém časovém horizontu je nutné vytvořit síť alternativních dodavatelů BM (spolupráce s místními lesy, dřevárenskými firmami a zemědělci) – návody pro pestitele energetické BM, odbytové smlouvy na BM (dlouhodobá garance odbytu + cen), apod..
- 11) Je nutné zajistit nouzovou dodávku jakostních paliv pro občany od alternativních dodavatelů (pokrytí případných výpadků vlastní výroby).
- 12) Zájem nesmí kolidovat se specifickými podmínkami některých obcí (např. dotace na plošnou plynofikaci ... možnost vracení dotací, apod.).

Zájem je sice poměrně složitý, ale dává příležitost pro vznik mnoha nových pracovních míst (možnost podpory MPSV). Také šance na získání investičních dotací z různých zdrojů je poměrně dobrá (výrazné zlepšení ekonomiky projektu). Pokud je nákup kotlu organizován hromadně, vytváří se prostor pro množstevní slevy kotlu, atd..

Rádi Vám poskytneme podrobnější informace nebo v případě speciálních dotazů doporučíme obrátit se na vhodné partnery z této oblasti.

2.4. Pestování energetické BM.

Klasické zdroje energetické BM, jako jsou drevo a dřevní odpady, se postupně vycerpávají. Nové projekty se proto stále častěji orientují na BM, pěstovanou zemědělskými podniky. Jde zpravidla o některé druhy slámy. Existuje však celá řada druhů energetických rostlin, která se pro pěstování zemědělci jeví jako velmi perspektivní.

V blízké budoucnosti bude pěstování energetické fytohmoty realizováno především na orné půdě, uvážené do klidu v rámci vstupu ČR do EU. Na tento trend reaguje i dotační politika ČR tím, že některé druhy rostlin jsou zahrnuty do dotačního programu. Příkladem je pěstování rychle rostoucích dřevin – Horizontální plán rozvoje venkova umožňuje žádat o dotace v tomto rozsahu :

Zakládání reprodukčních (matečných) plantáží 75 000,- Kč/ha.
Zakládání produkčních plantáží 60 000,- Kč/ha.

Bohužel ne všechny druhy energetické fytohmoty jsou z hlediska pestebních postupů (agrotechniky) dostatečně prakticky vyzkoušené. V některých případech dochází k postupné a často i velmi dramatické úpravě agrotechniky, u některých zase varují odborníci, před možnými negativními dopady (např. nekontrolovatelné vysemenění do krajiny, apod.).

O volbě konkrétního druhu BM rozhoduje především :

- 1) Druh půdy, nadmořská výška, roční bilance vláhy, výskyt podzemní vody.
- 2) Disponibilní skliznová a manipulační technika + skladovací prostory.
- 3) Agrotechnika – náročnost a náklady na pěstování, potřeba hnojení a chemické ochrany, atd.
- 4) Plánovaný způsob využití BM (energetické, neenergetické, kombinace, apod.).
- 5) Odbytové možnosti, tržní ceny (ziskovost zámeru), možnost uzavírání dlouhodobých smluv.
- 6) Místní podmínky pro odbyt BM (např. možnosti existujících kotelen na BM, potřeba výstavby nových kotelen či zpracoven, apod.).
- 7) Zkušenosti a doporučení jiných pestitelů.
- 8) Schválení plodiny orgány státního dozoru - např. Zákon 114/92 Sb. o ochraně přírody a krajiny (cizí rostliny).
- 9) Dotační politika státu a EU.
- 10) Jiné specifické a místní podmínky (např. druhová podobnost s jinými běžně pěstovanými plodinami, apod.).

Mezi plodinami je možné nalézt rostliny vhodné pro spalování a výrobu jakostních biopaliv a druhy vhodné pro výrobu bioplynu (anaerobní fermentace). Některé rostliny je možné využít oběma způsoby – závisí na době sklizně.

Mezi známé případy energetických rostlin lze zařadit např. :

- ? Rychle rostoucí dřeviny – platany, topoly, vrby, apod..
- ? Víceleté rostliny – krídlatka sachalinská, sloní tráva, konopí seté, energetický štovík, atd.
- ? Jednoleté rostliny a jejich části – různé druhy slám (obilní, repková), atd.

Problematika pěstování energetických rostlin je otázkou individuálního posouzení konkrétního případu a lokality. Proto doporučujeme obrátit se na odborníky.

2.5. Základní vlastnosti vybrané BM – výhrevnost, výnosy.

Energetické vlastnosti obecně závisí nejen na druhu BM, ale také na obsahu vlhkosti. Pro představu uvádíme přehled některých vybraných druhů BM a biopaliv.

Tab. 2 – Energetické vlastnosti dřevní BM a dřevních jakostních biopaliv.

Druh paliva/BM	Vlhkost (%)	Výhrevnost (MJ/kg)
Listnaté dřevo	15	14,5
Jehlicnaté dřevo	15	15,5
Dřevní štepka	30	12,0
Dřevní pelety a brikety	10	min. 17,0

Tab. 3 – Vybrané vlastnosti BM pěstované na zemědělské půdě.

Druh paliva/BM	Skliznová vlhkost (%)	Výhrevnost (MJ/kg)	Rožetí výnosu (t/ha)
Obilní sláma	15	14,0	3-5
Repková sláma	16-18	13,5	4-6
Rychlerostoucí dřeviny	25-30	12,0	8-13 (obrní doba 2-8 roku)
Energetické seno	15	12,0	2-4
Energetické rostliny	18	14,0-15,0	8-15

3. Výroba bioplynu z biomasy a bioodpadu.

3.1. Obecné dělení způsobu likvidace/zpracování bioodpadu.

V souvislosti s přípravou CR na vstup do EU dochází i k postupné harmonizaci legislativy. Tento proces významně ovlivní i oblast nakládání s biodegradabilními odpady a aplikací hnojiv. Obecně je možné bioodpady likvidovat, zpracovávat a upravovat těmito postupy :

- a) Skládkování.
- b) Biochemicky :
 - ? *Aerobní fermentace (za přítomnosti vzduchu)* – využívána např. při klasické výrobě kompostu.
 - ? *Anaerobní fermentace (bez přítomnosti vzduchu, spojená s výrobou bioplynu)* – využívána např. na bioplynových stanicích vzemědelství a COV.
- c) Termochemicky :
 - ? *Zplynování, pyrolýza* – specializovaná zařízení na výrobu plynných nebo kapalných paliv a produktů pro využití v chemickém průmyslu.
 - ? *Prímé spalování* – kotelny na BM, spalovny odpadu.

Dále si přiblížíme základní problematiku ve vztahu k využití bioodpadu pro výrobu různých druhů plynných a kapalných paliv a jejich energetickému využití. Uvedené postupy lze samozřejmě aplikovat i na ostatní biomasu resp. na zpracování směsí různých organických materiálů = tzv. kofermentace.

3.2. Skládkování odpadu, energetické využívání skládkového plynu.

Smernice EU c. 99/31/C o skládkování odpadu ukládá členským státům povinnost, aby bylo postupně snižováno množství ukládaného biologicky rozložitelného odpadu na skládky ve vztahu ke skutečnosti roku 1995 :

- 75 % do roku 2006
- 50 % do roku 2009
- 35 % do roku 2016

Z toho vyplývá, že z hlediska energetického užítu lze kalkulovat prakticky pouze se stávajícími skládkami odpadu (nové skládky se budou povolovat pouze velmi omezeně).

V tělese skládky dochází k rozkladu organické hmoty za vzniku skládkového (bio)plynu (dále jen BP). Z pohledu legislativy ochrany ovzduší je nutné zamezit úniku BP do ovzduší (pod sankcemi). Skládky jsou proto vybavovány jímacím systémem BP. Jímaný BP je nutné buď :

- a) Likvidovat bez energetického využití (spalování horákem, jímání na filtrech).
- b) Využívat pro kombinovanou výrobu elektriny a tepla resp. pouze k výrobě tepla.

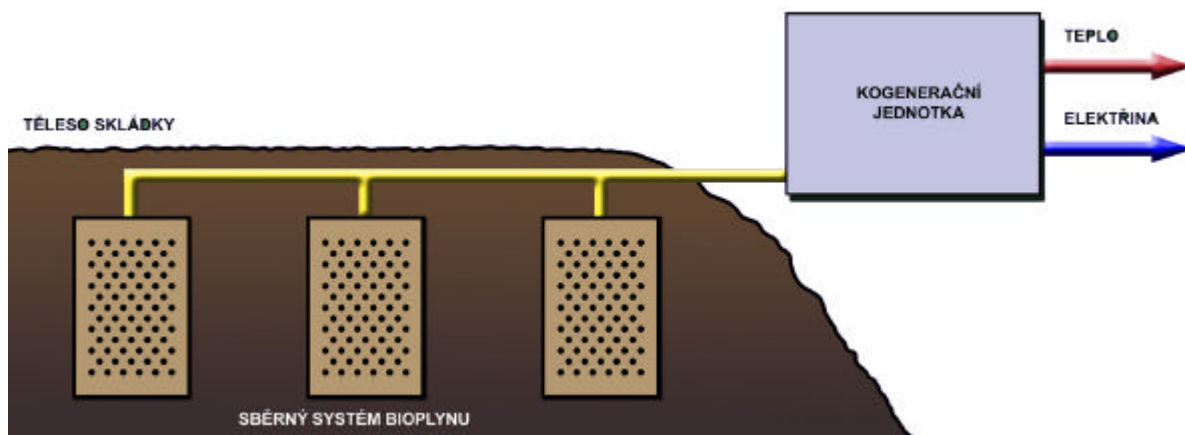
Systémy ad a) jsou využívány u malých skládek. Technologie ad b) je súspechem využívána a zaváděna na větších skládkách (obr. 11). Vzhledem k zajímavým výkupním cenám elektriny z OZE prevažuje využití BP pro kombinovanou výrobu elektriny a tepla - kogeneraci. Podle místních podmínek je kogenerace realizována takto :

- 1) Prímo na skládce.
- 2) V nejbližší vhodné lokalite/kotelne.

Systémy ad 1) predpokládají vybudování kogenerační jednotky (dále jen KJ) přímo na skládce (zpravidla kontejnerové provedení). Provoz KJ je řízen tak, aby bylo spotrebováno celé množství cerpaného BP. Vyrobena elektrina je prodávána do síte. Teplo je využíváno pouze zčásti resp. je odvětráváno bez užítu do okolí. Provozovatelé skládek resp. KJ se následne snaží nabídnout teplo k jiným podnikatelským využitím (napr. sušárenské technologie, apod.) za velmi výhodných podmínek.

Systémy ad 2) predpokládají vybudování plynovodu ze skládky do nejbližší vhodné kotelny (napr. systém CZT nejbližšího mesta, závodní kotelna, apod.), kde se následne osadí i vlastní KJ. I v tomto prípade je elektrina prodávána do síte za výhodných podmínek. Teplo je pak využíváno pro dodávky do topného systému kotelny.

Obr. 1 – Princip jímání BP na skládkách odpadu a jeho energetické využití.



3.3. Aerobní versus anaerobní fermentace ?

Obecně lze konstatovat, že nové projekty likvidace a zpracování odpadu a BM s obsahem organických látek nebude možné do budoucna koncipovat tak, že se budou ukládat na skládky. Často uvažované využití pro hnojení (a to i BM zemědělského původu) je/bude legislativně omezeno. Např. Smernice EU č. 91/676/EEC (tzv. "nitratová smernice") upravuje aplikaci průmyslových a statkových hnojiv v zemědělství. Z této smernice vyplývá, že prakticky nebude možná primární aplikace některých exkrementů z chovu hospodářských zvířat bez předchozího zpracování resp. úpravy některých vlastností. Řešením bude zavedení zpracování resp. stabilizace bioodpadů a BM pomocí vhodného fermentačního procesu :

Aerobní fermentace.

Je mikrobiální proces, kdy za přítomnosti vzduchu a působení vhodných kultur mikroorganismů dochází k rozkladu organických látek. Aerobní fermentaci všichni známe z výroby kompostu. Klasický postup výroby kompostu (např. využíváný zahrádkáři) trvá rádově měsíce. Průmyslový cyklus trvá rádově dny až týdny.

Průmyslový aerobní proces probíhá tak, že po startu procesu dojde rychle k samovolnému vzrůstu teploty (až na 70°C) a rychlé degradaci organické hmoty. Výsledným produktem aerobní fermentace je jednak hnojivý substrát (výroba kompostu a hnojiv) a jednak plynný CO₂ a vodní pára. Při startu aerobního procesu a převrstvování zpracovávaného odpadu dochází kromě emisí pachových látek i k emisím dalších nežádoucích plynů (např. CH₄, NH₄, apod.). Proces lze účinně řídit obracením, převrstvováním a provzdušňováním.

Anaerobní fermentace/digesce.

Jde opět o mikrobiální proces, kdy bez přítomnosti vzduchu, za optimálně řízených podmínek (např. obsah sušiny, reakční teplota, pH) a za působení vhodných kultur anaerobních mikroorganismů dochází k rozkladu organických látek za současné produkce bioplynu (BP), který je jímán pro následné energetické využití.

Principiálně se setkáváme se 2 druhy technologií :

- a) **Mokrý fermentace** – zpracování „cerpatelné“ BM (obsah sušiny max. 12%).
- b) **Suchá fermentace** – zpracování „necerpatelné“ BM (obsah sušiny 20% až 60%).

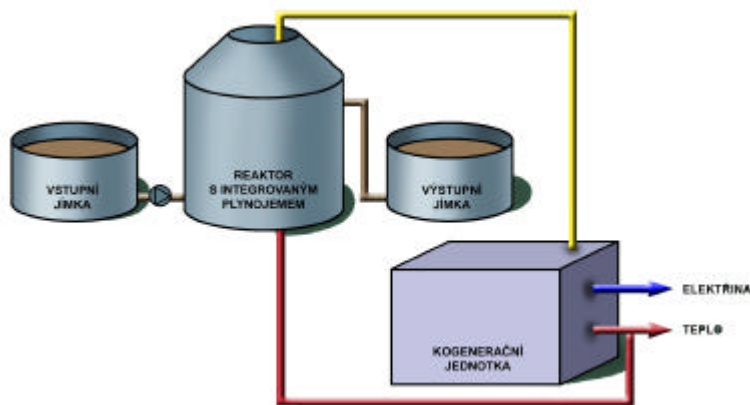
Z hlediska reakční teploty se v praxi nejčastěji setkáme s procesy :

Mezofilními (35 až 40°C)	např. při zpracování prasečí kejdy v zemědělství.
Termofilními (55°C)	např. zpracování kalu na COV (vyšší reakční teplota zajišťuje hygienizaci kalu)

V literatuře je možné najít podrobnější členění procesu i další speciality a podrobnosti (např. vícestupňové procesy, sériové řazení mezofilních a termofilních reakčních stupňů, atd.). Podrobná diskuse však prekrácuje rozsah těchto stránek.

I v případě anaerobní fermentace je výrazně redukována přirozená pachová zátěž z rozkladu organické hmoty obsažené ve zpracovávaných odpadech. Proces totiž probíhá v plynostném reaktoru s dobou zdržení vsázky zpravidla 20-30 dnů. Výsledným produktem anaerobní fermentace je jednak hnojivý substrát (výroba kompostu a hnojiv) a jednak energeticky využitelný bioplyn. Proces není doprovázen žádnými dalšími emisemi nežádoucích chemických komponentů.

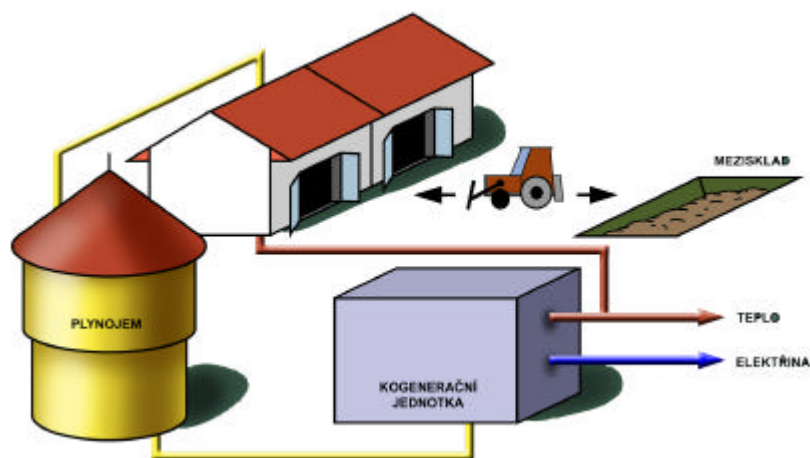
Jistou nevýhodou ve srovnání s aerobní fermentací je vyšší investiční náročnost technologie a vyšší provozní náklady. Tato zdánlivá nevýhoda je však více než kompenzována energetickým přínosem BP (výroba a prodej elektriny za výhodné ceny + teplo pro další využití).



Pro anaerobní zpracování odpadu a produkci BP slouží tzv. bioplynové stanice (dále jen BPS). Klasická BPS pro mokrou fermentaci (viz obrázek) je tvořena vstupní/homogenizační jímkou, reaktorem a výstupní jímkou (mezisklad fermentačního zbytku – uskladnění před konečným využitím, např. aplikací na pole, apod.). Anaerobní proces je kontinuální a manipulaci s BM zajišťují čerpadla.

BPS pro suchou fermentaci sestává z několika reakčních komor (např. kovový kontejner nebo zdená komora s plynotesnými vraty) a meziskladu.

Doprava zpracovávaného materiálu do komor a z nich je zpravidla prováděna běžnou manipulační technikou (např. traktor s radlicí). Anaerobní proces je řízen dávkováním procesní tekutiny (inokulum anaerobních mikroorganismu), případně i modulátoru pH. Proces je pretržitý :



Vyprázdnění a nové naplnění komory, start reakce	3 dny
Vlastní reakce a produkce BP	24-27 dnu

Z hlediska četnosti lze konstatovat, že silně převažují aplikace mokré fermentace nad suchou (např. SRN celkem 2 000 BPS z toho pouze 100-150 suchá fermentace). Je to dáno historií, neboť většina BPS je stavěna u intenzivních chovu zvířat s kejdovým ustájením.

Nicméně je nutné si uvědomit, že každá technologie/cesta má své výhody a nevýhody. Např. suchou fermentaci lze použít i u BM, které nelze mokrou cestou zpracovat (např. podestýlky na bázi pilin – v mokré cestě tvoří krusty, ucpávají čerpadla, apod.) resp. jejichž zpracování je velmi obtížné a energeticky a provozně nákladné (např. tuhá BM – drtice ... vysoké investiční náklady + vysoká spotřeba elektriny). Suchou cestou je možné zpracovat i směsné/netříděné odpady (příměsi plasty, dřeva, kovu, zeminy, atd.). Reaktory u suché cesty jsou jednodušší a provozně spolehlivější (např. žádná míchadla = méně zdrojů poruch).

Literatura a zkušenosti uvádí, že stávající aplikace suché cesty mívá, ve srovnání s mokrou cestou, nižší specifické výtežnosti BP resp. že pro docílení stejné produkce BP je nutná delší doba zdržení (větší reakční objemy). Tato jistá nevýhoda suché cesty je v současnosti postupně smazávána intenzivním vývojem technologie a řízením anaerobního procesu (dávkování inokula anaerobních mikroorganismu, dávkování modulátoru pH, apod.). Suché fermentační procesy bývají stabilnější. Z tohoto pohledu je suchá fermentace velice perspektivní technologií.

Z hlediska tvorby strategií zpracování a využívání odpadu v mikroregionech se rodí koncepce tzv. „okrskových (regionálních) anaerobních kompostáren a zpracoven odpadu“. Zde zpravidla nachází uplatnění obe technologie (likvidace všech tekutých i tuhých bioodpadu v mikroregionu).

Je velmi složité srovnávat principiálně odlišné procesy, nicméně pro větší názornost následující tab. 4 jednoduchou a přehlednou formou srovnává aerobní a anaerobní fermentaci.

Tab. 4 – Jednoduché srovnání výhod a nevýhod anaerobní a aerobní fermentace.

Parametr	Aerobní fermentace	Anaerobní fermentace/digesce
Fermentací zbytek	Srovnatelné vlastnosti	
Redukce pachových zátěží	-	Velmi významná
Produkce BP	-	Ano = tržby za elektrinu a teplo
Produkce plynů emisí, napr.	CH ₄ , NH ₃ = plyny s globálním účinkem na atmosféru	Žádné
Investiční a provozní náklady	Nižší než u anaerobní fermentace	Vyšší než u aerobní fermentace, ale zisk z energetického využití BP

Zkušenosti našich zahraničních partnerů ukazují, že napr. u klasických/aerobních kompostáren EU vážně uvažuje o zavedení povinného přechodu na anaerobní proces (hovorí se o horizontu 5 roku).

Z uvedeného přehledu vyplývá jednoznačné doporučení přednostního využívání čisté anaerobní nebo alespoň anaerobně-aerobních technologií v nových projektech.

3.4. Kofermentace různých druhů BM a bioodpadů.

Pojem kofermentace je používán v souvislosti s anaerobní fermentací a znamená současně zpracování více druhů odpadu a BM v jednom zařízení/bioplynové stanici (BPS).

Obecně lze říci, že anaerobní fermentací lze za dodržení určitých pravidel zpracovávat více/všechny druhy bioodpadů a BM v dané lokalitě. Napr. u zemědělských provozů více druhů exkrementů (prasečí kejda, slámatý hovězí hnoj, drubeží trus), senáž, siláž, apod.. Dodržení „určitých pravidel a podmínek“ máme na mysli napr. :

- ? Úprava a homogenizace BM (drcení tuhých frakcí, homogenizace na potřebný obsah organické sušiny, atd.).
- ? Přípustný směšovací poměr jednotlivých BM (napr. při kofermentaci travní hmoty s kejdou se doporučuje max. poměr 1:1).
- ? Dodržení optimálních podmínek reakce (konstantní obsah organické sušiny, teplota, doba zdržení).
- ? Další specifické podmínky (napr. vyplývající z požadavků zvolené technologie BPS).

Nedodržení podmínek a pravidel může mít za následek dramatické snížení specifické produkce BP, snížení účinnosti odbourávání organické hmoty nebo dokonce úplný kolaps resp. zastavení procesu. Naopak dodržení správných pravidel může umožnit podstatné zvýšení efektivity produkce BP resp. účinnosti odbourávání organické hmoty.

Obecně platí, že čím energeticky bohatší BM kofermentujeme se základní BM, tím přísnější jsou podmínky pro udržení stability anaerobního procesu. Proto doporučujeme zájemcům zvýšenou opatrnost při úvahách a přípravě podnikatelských záměrů. Je nutné se vždy obrátit na odborníka.

3.5. Specifické (měrné) produkce BP.

Energetická vydatnost BM z hlediska výtežnosti BP se nejcasteji vyjadruje pojmem „specifická nebo měrná produkce/výtežnost BP“. Lze ji definovat jako produkci BP v (m³) na jednotku hmotnosti sušiny resp. organické sušiny – (m³/kg_{SUŠ} resp. m³/kg_{O.S.}). Specifická výtežnost BP je ukazatelem možného energetického potenciálu dané BM. V literatuře i praxi se můžeme setkat s poměrně značným rozptylem výtežností. Je to dáno faktem, že skutečně docilované výtežnosti BP jsou závislé na mnoha

parametrech, napr. druh BM, chemická struktura organické sušiny vBM (jiná u prasčí/hovězí kejdy než napr. u tuku a trávy), doba expozice BM vzdušným kyslíkem před vstupem do reaktoru, použitá technologie anaerobní fermentace (dávkování a způsob ohřevu vsázky reaktoru, způsob míchání, ...), typ anaerobního procesu (suchá a mokrá fermentace), doba zdržení vreaktoru, u exkrementu zvířat hraje roli i kvalita krmení a zdravotní stav zvířat, atd. Znamy rozptyl specifických výtežností lze často získat i při poptávce více dodavatelů technologie při jinak stejném zadání vstupní BM. Rozdíly jsou otázkou „Know-How“ dodavatelů a jednak jiným pohledem na právě citované vlivy na produkci BP.

Pro představu zájemcům uvádíme v tab. 5 běžně uvádený rozptyl specifických výtežností BP pro nejčastěji zpracovávané druhy BM. Údaje jsou převzaty z běžných informacích zdroje (literatura, internet).

Tab. 5 – Specifické produkce bioplynu u vybraných druhů BM

Biomasa	Specifická produkce BP (m ³ /kg _{ORG.SUŠ.})
Prasčí kejda	0,30-0,52
Hovězí kejda	0,20-0,45
Drubeží trus	0,30-0,65
Kaly z COV	0,30-0,60

Doporučujeme zájemcům, aby při volbě technologie BPS posuzovali nejen investiční náročnost, ale i množství vyprodukovaného BP. Dražší technologie může přinést podstatně lepší celkové ekonomické výsledky projektu. Doporučujeme zájemcům, aby se obrátili na odbornou poradenskou firmu.

4. Termochemické přeměny odpadu a biomasy.

Existuje několik druhů procesů, jejichž použití je zpravidla voleno s ohledem na :

- 1) Plánovaný objem a druh zpracovávaného odpadu či BM.
- 2) Konečný energetický produkt případně i vedlejší produkt pro jiné využití.

Základní princip termochemických přeměn spočívá ve vystavení odpadu či BM působení přesně definované atmosféry (teplota, tlak a obsah kyslíku) po přesně definované době. Řízením těchto podmínek lze docílit různých energeticky využitelných produktů přeměny, např. :

- a) Pyrolýzní plyn.
- b) Pyrolýzní plyn + olej.
- c) Různé druhy pyrolýzních olejů.

U některých druhů zpracovávaného odpadu je možné získat i produkty pro neenergetické využití. Zpravidla jde o látky využitelné v chemickém průmyslu (např. čistý uhlík, krystalická síra, apod.).

Termochemické a pyrolýzní procesy jsou realizovány v různých druzích generátorů, vyvíjeců nebo energobloků. Jde principiálně o chemické reaktory, jejichž dobrá funkce vyžaduje přísné dodržování technologických postupů (teplota, tlak, stálé vlastnosti zpracovávaného odpadu, apod.). Vlastní generátory jsou doplněny různými technologiemi rafinace, čištění a úprav konečného produktu. Měrná spotřeba odpadu resp. BM se pohybuje ~ 1,5 kg/kWh_{el} (energoblok 100 kW na dřevní odpady, energetickou BM, obilní slámu, apod.).

Samostatnou kapitolou je také energetické využití plyných a kapalných paliv. Např. pyrolýzní plyn má kvalitativně zcela jiné vlastnosti, než třeba BP. Hlavní výhrevnou složkou není CH₄, jako u BP, ale směs CO a H₂ v různých poměrech koncentrací. Jde zpravidla o velmi chudé plyny = velmi nízká výhrevnost ~ 4-5 MJ/Nm³ (BP běžně 20-24 MJ/m³). Spalování pyrolýzního plynu v klasické KJ

s pístovým motorem je dosti problematické. Důvodem je napr. velká koncentrace volného vodíku H₂ (sklony k detonacnímu spalování), apod.. Některí výrobci spalovacích motorů dokonce omezují použitelnost svých motorů max. přípustným obsahem H₂ (běžně 1% resp. 5%). Nutná úprava konstrukce plynového spalovacího motoru spolu s nízkou výhrevností způsobují, že z motoru stejného zdvihového objemu získáme cca 50-70% výkonu verze na BP resp. 30-60% verze na zemní plyn. Kapalná pyrolýzní paliva-oleje se (po úpravě) mohou svými vlastnostmi blížit svým klasickým fosilním protejšším (LTO, TTO) a jsou využitelné pro pohon KJ se vznetovými motory (upravené).

Z dosud uvedeného je patrné, že tyto termochemické procesy jsou poměrně náročné. V praxi se můžeme setkat především se 2 hlavní směry aplikací :

Malé energobloky (do 0,5 MW) :

- ? Standardizovaná velikost energobloku (napr. 80, 150 kW, apod.).
- ? Standardizovaná vsázka/palivo – stejný druh odpadu/BM, dodržení max. vlhkosti, stálá forma vsázky (napr. balíky stejných rozměrů).
- ? Energetický výstup = pyrolýzní plyn.
- ? Energetické využití – výroba tepla (kotle), kombinovaná výroba elektriny a tepla (kogenerace).
- ? Větší výkony se docílují razením technologických celků shodného výkonu.

Střední a velké energobloky :

- ? Standardizovaná velikost energobloku (napr. 2,5 MW, apod.).
- ? Vsázka/palivo alternativně
 - stejný druh odpadu/BM, dodržení max. vlhkosti, stálá forma.
 - možná i směs různých odpadů a BM.
 - některá zařízení mají na vstupu zařízení pro docílení standardních vlastností paliva (napr. drtic, aerobní stupeň, apod.).
- ? Energetický výstup dle velikosti, výrobce zařízení a druhu zpracovávaných odpadů = pyrolýzní plyn resp. plyn + lehký olej resp. lehký olej resp. lehký + těžký olej resp. těžký olej, apod.
- ? Energetické využití – specializovaná výroba tepla (cementárny), kombinovaná výroba elektriny a tepla (parní a spalovací turbíny resp. velká pístová kogenerace – omezeně).

Výhodnost termochemických systémů výroby elektriny a tepla vidíme především v těchto případech :

- 1) Zpracování biologicky inertního odpadu (napr. likvidace plastů, pneumatik, apod.).
- 2) „Rozumná velikost“ energobloku – ukazuje se, že větší ekonomickou efektivitu mají energobloky nad 0,5 MW (malé provozny mají mj. i velmi nízké elektrické účinnosti).
- 3) U větších energobloků lze snáze plnit přísné legislativní, hygienické a emisní předpisy.

Hlavní důvody pro uvedená omezení využitelnosti spatřujeme v :

- ? poměrně značné složitosti technologie.
- ? vysokých nárocích na kvalitu obsluhy.
- ? biodegradabilní odpady lze jednodušeji a úspěšněji likvidovat/zpracovávat napr. anaerobními procesy.
- ? dřevní odpady lze napr. využít pro výrobu jakostních biopaliv (pelet, briket) nebo pro přímé spalování resp. jako surovinu pro specializovanou výrobu (napr. dřevotřískové desky, apod.).

I v tomto případě platí doporučení zájemcům, obrátit se na odborníky. Mnoho bližších informací je také možné najít na specializovaných webových stránkách resp. stránkách výrobce a dodavatele zařízení.

5. Základní vlastnosti plyných paliv.

5.1. Skládkové plyny a bioplyny.

Jsou chemicky a energeticky podobná paliva. Hlavní výhrevnou složkou je metan – CH₄. V závislosti na původu plynu (druh BM ze které vznikl) může BP obsahovat některé nežádoucí komponenty – především siriťaté sloučeniny (nejčastěji sulfan H₂S) a křemité soli (napr. BP na COV – pozůstatek pracích prášků). Tyto komponenty mají především vliv na životnost technologických celků – síra při spalování tvoří kyseliny (koróze, rychlá degradace oleje a zapalovacích svíček v KJ, atd.), křemík má abrazivní účinky (vydírání točivých a pohyblivých dílů motoru KJ, čerpadel, atd.). Z hlediska ochrany ovzduší je limitována maximální přípustná koncentrace siriťatých sloučenin vBP. Proto jsou některé BPS osazeny i odsirovacími systémy BP (chemické a biologické filtry).

5.2. Pyrolýzní plyny.

Má kvalitativně zcela jiné vlastnosti, než BP. Hlavními výhrevnými složkami jsou oxid uhelnatý - CO a molekulární vodík - H₂. Vyskytují se v různých poměrech koncentrací – dle druhem zpracovávaného odpadu/BM a technologií. Jde o velmi chudé plyny = velmi nízká výhrevnost ~ 4-5 MJ/Nm³. Energetické využití pyrolýzního plynu je dobře řešitelné u velkých energetických bloků spalování/výrobou tepla (napr. cementárny) nebo pro kombinovanou výrobu elektriny a tepla (spalovací a parní turbíny).

Použití pro pohon klasické KJ spístovým motorem je dosti problematické. Důvodem jsou některé nepříznivé vlastnosti pyrolýzních plynů - napr. vysoká koncentrace vodíku H₂ (sklon k detonacím spalování), zhoršené startování motoru (vlivem nízké výhrevnosti), apod. Některí výrobci spalovacích motorů dokonce omezují použitelnost svých plynových motorů na paliva s max. přípustným obsahem H₂ (běžně 1% resp. 5%). Nutná úprava konstrukce plynového spalovacího motoru spolu s nízkou výhrevností způsobují, že z motoru stejného zdvihového objemu získáme cca 50-70% výkonu verze na BP resp. 30-60% verze na zemní plyn = vysoká merná investice na 1 kW instalovaného elektrického výkonu. Příklad základních vlastností uvádí tab. 6 včetně srovnání s některými BP.

5.3. Kapalná pyrolýzní paliva-oleje

Pyrolýzní oleje mohou obsahovat směsi mnoha různých skupin uhlovodíků. Závisí na konkrétních podmínkách, zvolené technologii a zpracovávaném odpadu. Oleje jsou využívány buď v chemickém průmyslu nebo pro výrobu tepla případně tepla a elektriny. Zpravidla jde o velké energetické bloky využívající kogeneraci na bázi spalovacích či parních turbin. Také je možná rafinace oleje na srovnatelné vlastnosti svých klasických fosilních protějšku (LTO, TTO) a jsou využitelné pro pohon KJ s upravenými vznětovými motory. Zájemce o podrobnosti o složení a vlastnostech pyrolýzních oleju odkazujeme na odbornou chemickou literaturu a specializované webové stránky.

5.4. Srovnání základních vlastností plyných paliv (složení, výhrevnost).

Srovnání chemického složení a výhrevností různých druhů BP a pyrolýzních plynů uvádí tab. 6.

Tab. 6 - Srovnání vybraných vlastností různých bioplynu a pyrolýzního plynu.

(výhrevnosti platí pro stav 15°C, 101 325 kPa, znak „-“ pomlčka indikuje neuvedený resp. nevyhodnocovaný údaj)

Parametr	Skládkový plyn	Bioplyn (COV)	Bioplyn (prasečí kejda)	Pyrolýzní plyn (obilní sláma)
Výhrevnost (MJ/m ³)	16,9	21,1	24,0	4,5
H ₂ (%)	1	1	-	18
CO (%)	1	-	-	20
O ₂ (%)	3	-	-	2
N ₂ (%)	-	-	-	44
Cl ⁻ , F ⁻ (mg/m ³)	-	-	-	-
NH ₃ (mg/m ³)	-	-	40	-
CO ₂ (%)	46	38	31	14
CH ₄ (%)	49	61	69	42
H ₂ S (mg/m ³)	350	1 000	2 300	-

na vstupu do odsirovacího zařízení.

6. Závěr.

Tuto studii je nutno chápat jako úvodní informaci o tom, „co vše je biomasa“, jaké jsou možnosti jejího energetického využití a jaké technologie jsou v současnosti k dispozici. Zájemcům o podrobné informace rádi pomůžeme získat odpovědi na jejich otázky.

7. Informační prameny.

? Databáze článku, publikací a studií SEVEn, o.p.s.

? Vlastní články autora.

? Internet a odborná literatura.

? Konzultace se specialisty (Ing. Lambein, České Budejovice, akreditovaný poradce MZE ČR pro obor „Živocišná výroba-biotechnologie“) a vybranými dodavatelskými firmami biotechnologií (LIPP CZ, BIOFERM SRN).