

Studie využití bioplynu pro energetickou bezpečnost a rozvoj obcí a mikroregionů

úvod pro metodiku

6/2014

Zpracovatelé: Ing. Jan Matějka, Ing. Miroslav Kajan, Ing. Luboš Nobilis
Ing. Tomáš Rosenberg, PhD.
Klastr Bioplyn z.s.p.o.

OBSAH

1. Úvod	4
2. Úvod do anaerobní technologie	5
2.1. Mechanismus anaerobního rozkladu	5
2.2. Skupiny anaerobních mikroorganismů.....	6
2.3. Faktory ovlivňující anaerobní proces	8
Vliv teploty.....	8
Vliv reakce prostředí (pH).....	10
Vliv koncentrace N ₂	10
Vliv složení substrátu	10
2.4. Vhodnost substrátu pro anaerobní technologii.....	12
2.5. Vliv toxických a inhibičních látek, inhibice anaerobního procesu	12
3. Technologie bioplynových stanic	16
3.1. Zemědělské bioplynové stanice	16
3.1.1. Komunální a odpadové bioplynové stanice	22
3.1.2. Suchá fermentace	25
4. Produkty anaerobní fermentace a jejich vlastnosti	26
4.1. Bioplyn	26
4.1.1. Produkce a kvalita bioplynu	26
4.1.2. Stávající možnosti využití bioplynu	30
4.2. Digestát.....	41
4.3. Elektrická energie.....	45
4.4. Teplo.....	45
5. Lokální využití produktů z výroby bioplynu	46
5.1. Obecné principy	46
5.1.1. Bioplyn	46
5.1.2. Digestát.....	48
5.1.3. Elektrická energie.....	53
5.1.4. Teplo.....	56
5.2. Posuzování lokálních podmínek, zejména místních potřeb,	60
limitů a potenciálu rozvoje	60
5.3. Využitelnost stávajících energetických sítí	61
5.4. Potenciál rozvojových ploch a záměrů podnikatelů.....	63
5.5. Potenciál teplofikace a lokální plynofikace	64
5.5.1. Lokální teplofikace a plynofikace bioplynem	64
5.5.2. Lokální využití upraveného bioplynu	64
5.6. Legislativa	67
5.7. Legislativní a technické bariéry pro místní energetické sítě	73
5.8. Formy zapojení obyvatel	74
6. Opatření pro efektivní využití bioplynu v obci	75
7. Typy návazných výroby, typy zařízení pro využití bioplynu a posouzení jejich využití	76
8. Závěry	79
9. Literatura	80

Seznam zkratk:

CHSK	Chemická spotřeba kyslíku stanovená dichromanem
BPS	Bioplynová stanice
KJ	kogenerační jednotka
SRB	Sulfát-redukující bakterie
POXČ	Průměrné oxidační číslo
TS,VL	Total solids, veškeré látky, sušina při 105°C
OS, VLorg	Organics solids, organická sušina, stanovená při 550°C
FOS	Titrační sumární stanovení těkavých mastných kyselin využívané pro monitoring BPS
TAC	Celkový anorganický uhlík, titrační sumární stanovení využívané pro monitoring BPS
RL	Rozpuštěné látky
ČOV	Čistírna odpadních vod
N-látky	Stanovení dusíkatých látek v krmivech
N-NH ₄	Amoniakální dusík
Ncelk	Celkový dusík, Kjehldalovo stanovení
MKM	Masokostní moučka

1. Úvod

V rámci řešení výzkumného úkolu TD020218V001 byl zpracován výzkum zabývající se možnostmi lokálního využití produktů anaerobní fermentace a bioplynových stanic a dále uplatněním těchto produktů na úrovni obcí a mikroregionů.

Bioplynové stanice se v současné době staly běžnou součástí venkova. V ČR bylo realizováno cca 380 bioplynových stanic, většinou zemědělského typu. Obvykle jsou provozovány většími zemědělskými podniky, případně v úzké vazbě na ně. Provoz těchto zemědělských BPS je obvykle plně vázán na produkci cíleně pěstované biomasy a další zemědělské materiály a hlavním ekonomickým výstupem je elektrická energie, která je prodávána do sítě VN za zvýhodněnou cenu. Tento způsob provozu často není zcela efektivní – především není využíváno teplo, není nijak zhodnocován digestát apod. Cílem práce je tak nalézt možnosti zvýšit efektivitu provozu bioplynových stanic formou lokálního uplatnění jejích produktů, zvýšit přidanou hodnotu těchto produktů a tak přispět k zvýšení efektivity provozu, počtu pracovních míst v regionech a stabilizaci regionálních výrobních kapacit.

V úvodu práce jsou popsány základní jevy, které probíhají v každé bioplynové stanici – tedy anaerobní rozklad, jeho mechanismus a vlivy na něj působící. Dále jsou popsány jednotlivé technologie fermentace a jednotlivé produkty technologie fermentace a jejich vlastnosti, stávající využití a možnostmi dalšího vývoje.

Možnosti využití produktů z výroby bioplynu je diskutováno jednak v běžném provozu za normálních socioekonomických podmínek, tak i v případě krizového stavu.

2. Úvod do anaerobní technologie

Technologie anaerobní fermentace je vhodnou aplikací původně přírodních rozkladných procesů probíhajících za nepřístupu vzduchu. S těmito procesy se lze setkat např. na dnech jezer a rybníků, v bažinách apod. Tyto procesy probíhají v přírodě samovolně ovšem obvykle velmi pomalu, přičemž hlavním důvodem nízké rychlosti procesu je nízká teplota a nízká koncentrace aktivní biomasy. Obecně se jedná o soubor procesů, při nichž směsná kultura mikroorganismů postupně rozkládá biologicky rozložitelnou organickou hmotu bez přístupu vzduchu za vzniku bioplynu jako žádaného produktu.

Tyto přírodní procesy jsou člověkem intenzifikovány a mohou být využity jednak pro biologické čištění odpadních vod za anaerobních podmínek, tak pro zpracování pevných organických materiálů a odpadů v bioplynových stanicích. Intenzifikace procesů je dosaženo řadou faktorů, přičemž jako nejvýznamnější lze jmenovat stabilizaci teploty, zamezení přístupu vzduchu a optimalizaci dávkování substrátu.

Anaerobní zpracování organických materiálů a anaerobní čištění odpadních vod je zejména vhodné pro odpadní materiály a vody s vyšší teplotou, s vysokou koncentrací organických látek, pro substráty podporující bytění kalu a pro kampaňové provozy a pro substráty vyžadující hygienizaci. Výhodou jsou také nízké provozní náklady, malá produkce biomasy a pozitivní energetická bilance. Při anaerobní fermentaci získáváme jako vedlejší produkt nepáchnoucí kal v případě čištěné odpadních vod či v případě bioplynových stanic digestát, který je možno dále zpracovat.

2.1. Mechanismus anaerobního rozkladu

Princip anaerobního procesu již byl popsán celou řadou prací a v následujících odstavcích je pro jeho obecnou známost uveden pouze jeho stručný popis.

Při metabolismu anaerobních systémů je energie získávána sérií dekarboxylačních a redox reakcí. Organické látky jsou rozkládány během procesu, který můžeme rozdělit na čtyři hlavní stupně - hydrolýzu, acidogenezi, acetogenezi a methanogenezi. Tento anaerobní rozklad vyžaduje koordinovanou spolupráci úzce specializovaných mikroorganismů, které rozdělujeme na čtyři hlavní metabolické skupiny: fermentační hydrolytické mikroorganismy, acetogenní mikroorganismy produkující vodík, homoacetogenní a methanogenní mikroorganismy.

Hydrolýza

V prvním stadiu rozkladu, hydrolýze, dochází vstupem molekuly vody k destrukci makromolekulárních rozpuštěných i nerozpuštěných organických látek na monomery a dále na jednodušší, ve vodě rozpustné látky, které jsou oproti vysokomolekulárním látkám schopny transportu skrze buněčné membrány do buňky. Konečným

produktem hydrolýzy jsou monosacharidy, glycerol, vyšší mastné kyseliny a aminokyseliny. Proces hydrolýzy tedy probíhá přímo v médiu. Rychlost hydrolýzy je v některých případech nejpomalejší ze všech reakcí anaerobního rozkladu, proto může být limitujícím faktorem celého průběhu methanizace. Tento proces je obzvláště důležitý u pevných rostlinných substrátů, kde je skutečně hlavním limitujícím krokem.

Acidogeneze

V této fázi jsou produkty hydrolýzy rozkládány uvnitř buněk na jednoduché organické látky, převážně na nižší mastné kyseliny, alkoholy, oxid uhličitý a vodík. Složení a množství produktů je závislé na substrátu a na podmínkách procesu. Na základě sledování koncentrace nižších mastných kyselin můžeme monitorovat průběh a rovnováhu celého procesu.

Acetogeneze

Další částí anaerobního procesu je acetogeneze, při které dochází k oxidaci produktů acidogeneze na vodík, oxid uhličitý a kyselinu octovou. Při tomto procesu vzniká stejně jako při acidogenezi vodík, který proces inhibuje. Produkty acidogeneze jsou také oxidovány na kyselinu octovou a oxid uhličitý denitrifikačními a sulfátredukujícími bakteriemi. Dále dochází k acetogenní respiraci vodíku a oxidu uhličitého homoacetogenními organismy za tvorby kyseliny octové. Tento proces se spolu s methanogeny podílí na udržování nízkého parciálního tlaku vodíku v systému.

Methanogeneze

V posledním stadiu, methanogenezi, dochází k tvorbě methanu a oxidu uhličitého z přítomných methanogenních substrátů, což jsou hlavně jednoduhlíkaté látky, vodík a kyselina octová. Je ovšem možné, že se vyskytnou i druhy methanogenů schopné využívat jako donor vodíku kyseliny máselnou, valerovou nebo kapronovou. Zhruba 70 % methanu v bioplynu vzniká činností acetotrofních methanogenních bakterií, které jako substrát využívají kyselinu octovou.

Druhou skupinou jsou hydrogenotrofní methanogeny, které využívají vodík a oxid uhličitý. Hlavně tyto organismy regulují množství vodíku v systému. Methanogenům mohou výrazně konkurovat také denitrifikační a sulfátredukující bakterie, pokud jsou v substrátu přítomny jejich konečné elektronové akceptory, dusičnany a sírany.

2.2. Skupiny anaerobních mikroorganismů

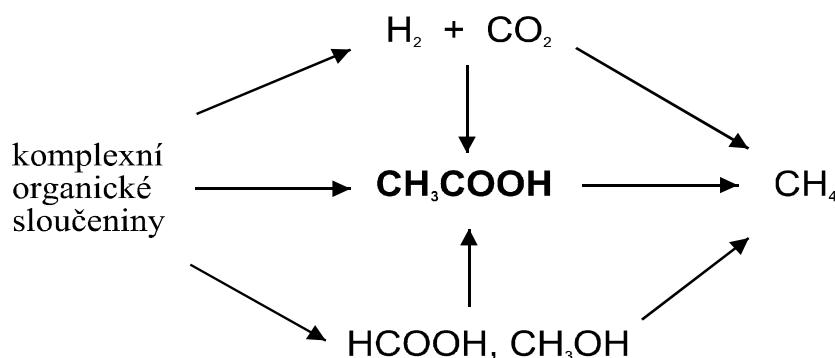
Anaerobní rozklad je prováděn vždy celou řadou skupin mikroorganismů. Jejich hlavní skupiny jsou uvedeny v následujícím přehledu. Rozklad je obvykle prováděn všemi skupinami ve směsi, kde produkt jedné skupiny mikroorganismů je substrátem pro skupinu jinou. Dlouhodobě probíhají pokusy některé fáze procesu oddělit optimalizací podmínek pro některé specifické skupiny mikroorganismů, ovšem jednoznačných výsledků se zatím nepodařilo v tomto směru dosáhnout.

Fermentační a hydrolytické organismy

Mikroorganismy této skupiny provádějí první dva kroky anaerobního rozkladu organických látek, hydrolýzu a acidogenezi. Jsou vysoce odolné vůči změnám prostředí a vyznačují se velmi rychlým růstem s generační dobou okolo třiceti minut. Nejčastěji se vyskytujícími organismy jsou zástupci čeledí *Streptococcae*, *Enterobacteriaceae* a rody *Bacteroides*, *Clostridium*, *Butylvibrio* a *Eubacterium*.

Acetogenní mikroorganismy produkující vodík

Tyto mikroorganismy jsou velmi závislé na přítomnosti vodíku v prostředí. Je pro ně nežádoucím meziproduktem, neboť inhibuje jejich metabolismus. Jejich činnost je velmi důležitým článkem anaerobního rozkladu, katabolyzují kyselinu propionovou a další vyšší kyseliny, alkoholy a některé aromáty na kyselinu octovou, oxid uhličitý a vodík. Ze zástupců můžeme zmínit podle *Syntrophobacter wolinii*.



Obr. 1: Role kyseliny octové v anaerobním procesu

Homoacetogenní mikroorganismy

Homoacetogenní mikroorganismy rostou na jednouhlíkatých i víceuhlíkatých substrátech. Narozdíl od předešlých skupin neprodukuje vodík, naopak mohou vodík i spotřebovávat a vedle methanogenů se podílet na udržování jeho koncentrace. Nejhojnějšími zástupci jsou *Clostridium thermosceticum* a *Acetobacterium woodii*.

Denitrifikační a sulfátredukující mikroorganismy

Tyto mikroorganismy jsou schopné růst na víceuhlíkatých substrátech a s využitím dusičnanů nebo síranů jako akceptorů elektronů tvořit kyselinu octovou, vodík, dusík, amoniak a sulfan a tak podporovat methanogenezi tvorbou methanogenních substrátů. Mohou rovněž mírnit škodlivé působení vodíku díky své vyšší afinitě k němu. Za určitých podmínek mohou však methanogenům výrazně konkurovat.

Zvýšená koncentrace dusičnanů a síranů v systému způsobuje inhibici methanogeneze, protože energetická výtěžnost jejich reakcí je vyšší než methanogenů. Zástupci jsou rody *Desulfovibrio*, *Desulfotomaculum* a *Desulfobulbus*.

Methanogenní organismy

Methanogeny zastávají v anaerobním rozkladu klíčovou úlohu. Jsou poslední a nejdůležitější metabolickou skupinou, neboť převádějí konečné produkty rozkladu, obsahující uhlík, do plynné fáze. Jsou příbuzné s nejstaršími organismy na Zemi, kdy byla atmosféra Země silně redukční. Jsou proto striktními anaeroby a pro růst vyžadují extrémně nízké hodnoty redox potenciálu okolo -330 mV.

Methanogeny dělíme na acetotrofní a hydrogenotrofní. Acetotrofní methanogeny, které produkují 70 % methanu, svými metabolickými procesy rozkládají kyselinu octovou na methan a oxid uhličitý. Ve srovnání s hydrogenotrofními organismy rostou pomaleji s generační dobou 2 - 10 dní. Hydrogenotrofní methanogeny produkují methan z vodíku a oxidu uhličitého. Rostou značnou rychlostí s generační dobou 6 - 24 hodin. Význam těchto organismů je zásadní, protože odstraňují ze systému téměř veškerý vodík. Nejprostudovanějšími druhy methanogenů jsou *Methanosarcina barkeri*, *Methanobacterium thermoautotrophicum*

2.3. Faktory ovlivňující anaerobní proces

Faktory můžeme rozdělit jednak mezi faktory fyzikálně chemické a mezi faktory provozní. Základní fyzikálně chemické faktory ovlivňující methanizaci jsou teplota, reakce prostředí, koncentrace nižších mastných kyselin (NMK), složení substrátu a přítomnost toxických a inhibičně působících látek. Mezi provozní parametry můžeme jmenovat např. typ míchání, způsob dávkování a homogenitu substrátu.

Vliv teploty

Teplota významně ovlivňuje průběh anaerobních procesů, stejně jako všech biochemických procesů. S rostoucí teplotou tedy vzrůstá rychlost všech reakcí probíhajících při methanizaci. Se změnou teploty může také docházet ke změnám zastoupení jednotlivých druhů organismů, což může způsobit porušení rovnováhy až úplné zastavení procesu methanizace. Dále dochází při vyšší teplotě k zvýšení rozpustnosti některých organických látek, což je přínosné pro související transportní jevy.

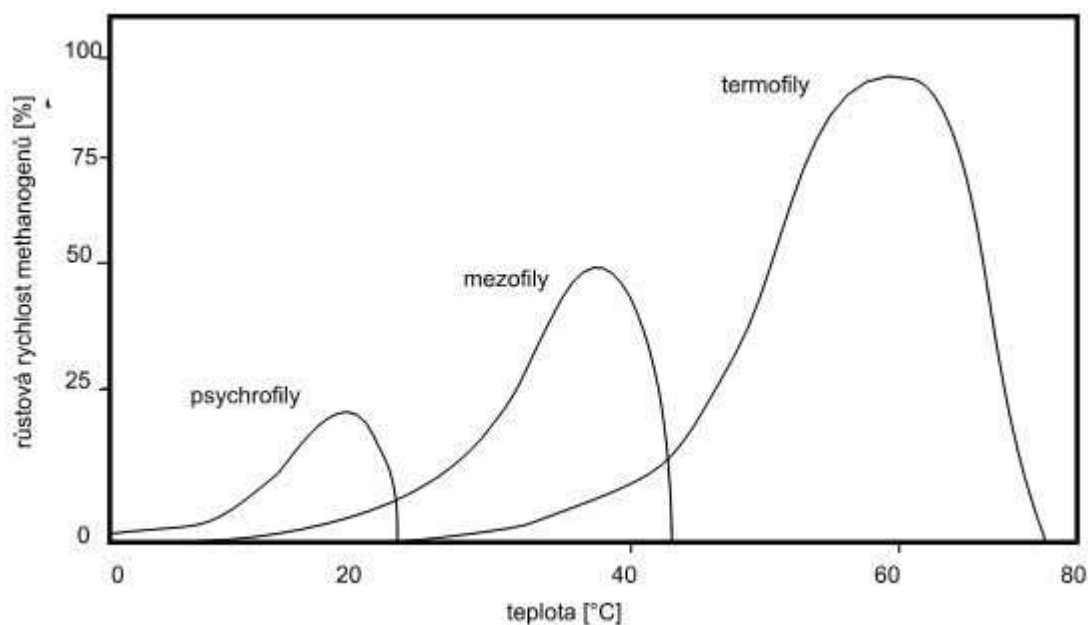
V praxi je zatím při většině aplikací dostačující provozovat methanizaci za nižší a stabilně udržované teploty, než za teploty vyšší, kterou lze hůře udržet konstantní.

Podle růstových optim rozdělujeme organismy do teplotních tříd. Skutečné hranice mezi těmito třídami ovšem neexistují a různí autoři uvádějí mírně se lišící teplotní rozmezí pro jednotlivé třídy. Z hlediska teplotního režimu rozdělujeme methanizaci na:

- a) kryofilní (0 - 7 °C)
- b) psychofilní (5 - 27 °C)
- c) mezofilní (27 - 40 °C)
- d) termofilní (45 - 60 °C)

Dnes pracuje většina reaktorů pro anaerobní stabilizaci kalů v mezofilní a část v termofilní oblasti. Dle některé literatury mezofilní procesy obecně vykazují vyšší stabilitu, především pak v závislosti na výkyvech teploty, termofilní procesy naopak jsou méně stabilní, velmi citlivé na změny teploty, pH a koncentrace inhibitorů.

Výhodou termofilních procesů je nutné spatřovat především v zvýšení růstových rychlostí anaerobních organismů. Ve vztahu k vlastnostem digestátu pak zvýšenou účinností rozkladu organických látek a významně účinnější hygienizaci.



Obr. 2: Rozložení teplotních optim pro jednotlivé skupiny organismů

Anaerobní proces a to jak termofilní, tak mezofilní vykazuje velmi negativní reakci na náhlé změny teploty v provozu zařízení. Při vyšším zatížení systému přináší změna teploty i o 3 stupně silnou reakci spojenou se zhoršenou funkcí systému. Lze zaznamenat pokles produkce bioplynu, zvýšení koncentrace mastných kyselin, pění a další jevy. V případě stabilního udržování teploty na nové hodnotě dojde většinou k adaptaci biomasy na nové podmínky a postupnému plnému obnovení funkce systému.

Teplota fermentace má značný vliv na rovnováhy výskytu některých iontů a to zejména systémy ($\text{N-NH}_4^+ - \text{NH}_3$) a ($\text{S}^{2-} - \text{H}_2\text{S}$). To může zásadně ovlivnit účinnost a stabilitu procesu anaerobní fermentace bez ohledu na samotnou účinnost rozkladného procesu při dané teplotě.

Vliv reakce prostředí (pH)

Optimální pH pro činnost methanogenů je v úzké oblasti mezi 6,5 - 7,5. Pod pH 6 a nad pH 8 dochází k jejich inhibici. Acidogenům naopak vyhovují nižší hodnoty pH okolo 5,7. Pro udržení pH v požadovaném rozmezí je potřeba dostatečná tlumivá kapacita, která je dána především systémem $\text{CO}_2\text{-HCO}_3^-$ s NH_4^+ jako majoritním kationtem, dále fosfáty, silikáty aj. Hodnotu pH ovlivňuje rovněž složení substrátu, produkce a spotřeba CO_2 a produkce nižších mastných kyselin. Změnu pH může způsobit také náhlý přítok silně kyselého či alkalického substrátu. V takových případech je nutné pH upravovat použitím kyselých nebo zásaditých přísad, což je ovšem provozně velmi nevýhodné.

Vliv koncentrace NMK

Nižší mastné kyseliny jsou nejdůležitějším meziproduktem anaerobního rozkladu organických látek. Při methanizaci jsou přítomny zejména kyseliny octová, propionová, máselná, mléčná, při vyšším zatížení valerová a kapronová. Koncentrace těchto kyselin závisí na druhu substrátu a průběhu anaerobního procesu. Je prokázáno, že inhibičně působí pouze nedisociované formy, a to již od koncentrací 40 - 60 mg.l^{-1} . V neutrálním pH probíhá methanizace bez inhibice až do koncentrace těchto kyselin cca 10 g.l^{-1} .

Lze dokumentovat i průběh anaerobního procesu za vyšších koncentrací těchto kyselin, zejména v nesprávně provozovaných bioplynových stanicích. Zde dochází sice k významnému snížení účinnosti rozkladu, samotná methanogeneze ovšem není zcela zastavena. Provoz je ovšem provázen intenzivním zápachem.

Vliv složení substrátu

Složení substrátu se výrazně podílí na podílu jednotlivých druhů organismů. Pro dobrý průběh anaerobního rozkladu je důležité, aby substrát měl vyvážený poměr zdrojů uhlíku, makronutrientů i mikronutrientů.

Pro anaerobní rozklad tuhých látek je zásadní především poměr C : N, kdy v případě vyššího obsahu dusíku dochází vlivem rozkladu org. látek k jeho uvolňování a transformaci na amoniakální formu s možnými inhibičními vlivy. Pro zcela nerizikové zpracování je možno stanovit minimální poměr C : N cca 20 – 25:1, jako optimální poměr se uvádí hodnota 30:1, která je ovšem u převážné většiny běžných substrátů pro výrobu bioplynu obtížně dosažitelná. V následujícím přehledu jsou uvedeny rámcové poměry C:N pro některé běžné substráty.

kukuřičná siláž	C:N cca 29:1
travní senáž	C:N cca 22:1
kejda	C:N cca 6:1 - 15:1
masokostní moučka	C:N cca 4,5:1
masný odpad 3 kategorie	C:N cca 4,2:1

surový kal z ČOV	C:N cca 15:1
kuchyňský odpad	C:N cca 15:1 – 20:1
Tuk	C:N 100:1

Podrobnější popis rozkladu a vlastností některých skupin substrátů je popsán v následujících odstavcích.

Sacharidy

Polysacharidy jsou součástí veškeré rostlinné biomasy, patří sem škrob, celulóza a hemicelulózy. Vzhledem ke složení polysacharidů a jejich průměrnému oxidačnímu číslu má získaný bioplyn relativně nižší obsah methanu cca 50 %. Z polysacharidů je nejlépe rozložitelný škrob, poměrně snadno se hydrolyzuje amylolytickými enzymy na jednoduché sacharidy. Škrobová zrna rostlin obsahují 10 – 20 % polysacharidů rozpustných ve vodě s molekulovou hmotností 10000-50000 (amylóza) a 80-90 % polysacharidu nerozpustného ve vodě s molekulovou hmotností 50000-1000000 (amylopektin).

Lipidy

Tato skupina látek je někdy ztotožňována s termínem „tuky“, čímž jsou míněny triglyceridy vyšších mastných kyselin. Do skupiny lipidů však patří všechny estery vyšších mastných kyselin, které se nacházejí v rostlinných nebo živočišných tkáních. Společnou charakteristikou lipidů je přítomnost mastných kyselin s dlouhým alifatickým řetězcem a malým počtem atomů kyslíku v jejich molekulách. Proto tuky mají nejvyšší výtěžnost metanu ze všech skupin substrátů, navíc podléhají relativně snadno enzymové hydrolyze. Problémem může být technické zvládnutí rozkladu tuků, které díky své hydrofobicitě mohou mít tendenci vyplouvat k hladině, oddělovat se z vodní fáze nebo zvyšovat tvorbu pěny. Je proto nutno optimalizovat především jejich dávkování a míchání reaktorových systémů.

Proteiny

Bílkoviny (proteiny) jsou vysokomolekulární polymery, u jednoduchých bílkovin α -aminokyselin, zatím co složené bílkoviny obsahují jednu nebo více sloučenin odlišné povahy. Bílkoviny se vyskytují v tkáních organismů a rostlin buď samostatně anebo v kombinaci s nukleovými kyselinami, sacharidy nebo s lipidy. Proteiny patří mezi dobře biologicky rozložitelné látky, jejich POXČ se pohybuje v rozmezí od -1,2 až -2 a proto vykazují vysokou výtěžnost metanu. Proteiny jako jediné z výše uvedených substrátových skupin obsahují ve svých molekulách heteroatomy, kromě uhlíku, vodíku a kyslíku obsahují hlavně dusík a síru. Při anaerobním rozkladu bílkovin přechází vázaný organický dusík na amoniakální formu, která při vyšších koncentracích může způsobovat inhibici tvorby metanu.

2.4. Vhodnost substrátu pro anaerobní technologii

Znalost biologické rozložitelnosti a výtěžnosti metanu (bioplynu) suroviny je nutná pro určení její vhodnosti pro anaerobní stabilizaci, jakož i pro řízení vlastního procesu, zejména je-li hlavním cílem výroba energie.

V případě analytického posouzení nového substrátu je nutno sledovat především následující parametry:

Tabulka 1: Analytická stanovení vhodná pro posouzení substrátu z hlediska zpracování v BPS

sušina (105°C)	vyjadřuje obsah veškerých látek
org. sušina (ztráta žiháním, 550 °C)	vyjadřuje obsah veškerých organických látek
CHSK (dichromanem)	vyjadřuje obsah organických látek včetně jejich energetického potenciálu (neplatí jednoznačně, jedná se o prvotní přiblížení)
N celk	celkový obsah dusíku (dle stanovení lze následně usuzovat poměr C:N)
S celk	celkový obsah síry
obsah nežádoucích příměsí	specificky dle substrátu

Poměr CHSK : C : P by se měl pohybovat okolo 400 : 6,7 : 1. Z mikronutrientů je důležitá přítomnost Na, K, Ca, Mg, S, Fe, Ni, Co, Se, W. Nepříznivě působí vyšší koncentrace těžkých kovů a přítomnost oxidantů.

Pro podrobnější hodnocení nových substrátů je jednoznačně nutno provádět anaerobní testy výtěžnosti bioplynu, ideálně pak dlouhodobé poloprovozní testy.

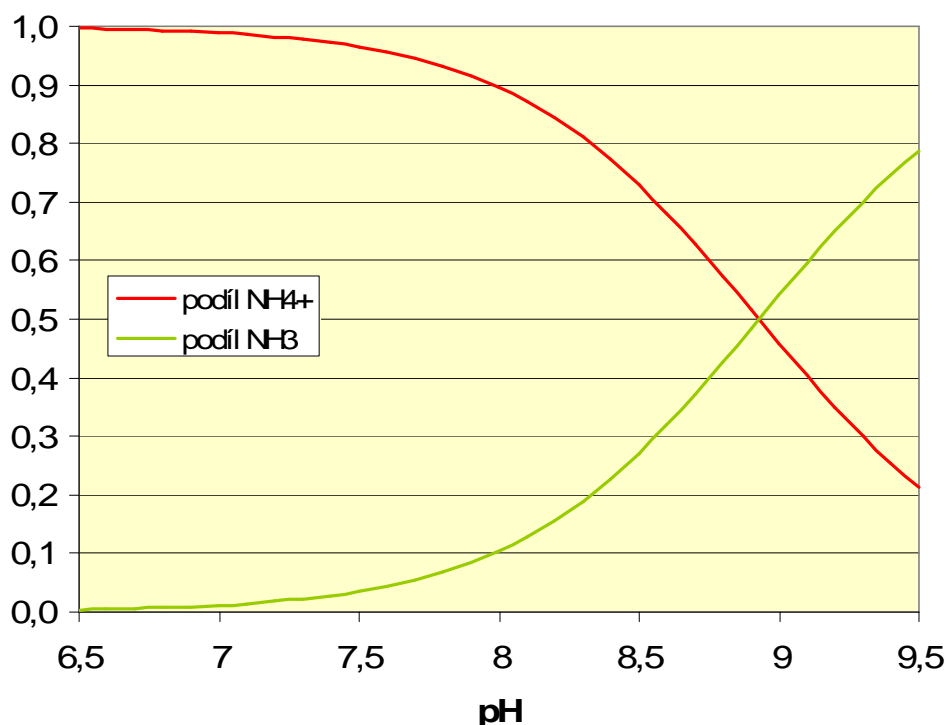
2.5. Vliv toxických a inhibičních látek, inhibice anaerobního procesu

Biologickou aktivitu mikroorganismů potlačují téměř všechny látky, jsou-li přítomny v dostatečně vysokých koncentracích. To, kdy se projeví inhibiční efekt, závisí na řadě faktorů. Na způsobu dávkování (jednorázová dávka je vždy nebezpečnější než kontinuální dávkování), na přítomnosti detoxikantů, na pH, na fyziologickém stavu organismů, kde je rozhodující stáří kalu a dalších.

Jako nejvýznamnější inhibitory anaerobního procesu lze jmenovat mastné kyseliny ve větších koncentracích, amoniakální dusík, sulfan a některé těžké kovy. V menší míře se lze setkat s inhibičními vlivy způsobenými např. antibiotiky.

Inhibiční účinek amoniakálního dusíku

Toxicky na mikroorganismy anaerobního procesu působí výlučně volná forma NH_3 . Její koncentrace v systému je závislá na pH, s rostoucím pH roste i koncentrace formy NH_3 jak je možné vidět v distribučním diagramu na obrázku 2. Na grafu lze vidět prudký růst koncentrace N-NH_4 v oblasti pH 8 – 8,5.



Obr. 3: Distribuční diagram $\text{N-NH}_4^+/\text{NH}_3$ formy am. dusíku v závislosti na pH

Mechanismus nežádoucího růstu koncentrace N-NH_4^+ v systému spočívá obvykle v přechodu organicky vázaného dusíku z rozložené organické hmoty na amoniakální formu (lze samozřejmě uvažovat i s přímým vnosem amoniakální formy, nebo vnosem dusíku ve formě dusičnanů). Uvedený proces se v reálném provozu projevuje obvykle zvolna a inhibice nastupuje postupně.

Dlouhodobá adaptace mikroorganismů anaerobního rozkladu umožňuje relativně efektivní provoz i při vyšších koncentracích N-NH_4 . V literatuře je jednoznačně popsána uspokojivá a dlouhodobá funkce anaerobních systémů při koncentracích N-NH_4 4,5 – 4,5 g/l.

Velký vliv na inhibici amoniakálním dusíkem má teplota:

Při koncentraci $c(\text{N-NH}_4) = 3,5$ g/l lze při pH 8,0 zjistit rovnovážnou koncentraci inhibičního NH_3 :

NH ₃ 40°C	=	0,472 g/l
NH ₃ 55°C	=	0,980 g/l

Nárůst koncentrace toxického amoniaku je tak 50%. Inhibice je tak u termofilního procesu intenzivnější.

Inhibiční účinek mastných kyselin

Mastné kyseliny jsou jedním ze základních meziproductů anaerobního rozkladu. Jak již bylo konstatováno jejich vznik je vázán především na počáteční fáze anaerobního rozkladu a např. při nerovnovážných stavech v reaktorech může docházet jejich akumulaci a následně inhibičnímu působení. Inhibiční účinek je vázán především na nedisociované formy mastných kyselin a je tedy silně závislý na pH. Mechanismus účinku inhibice mastnými kyselinami může být i nepřímý – kdy vyšší koncentrace NMK způsobí při nedostatečné neutralizační kapacitě anaerobního systému nežádoucí pokles pH významně pod hodnoty pH 5.

Inhibiční účinek síry a sulfanu

Sulfidická síra může být významným inhibitorem anaerobního procesu. Pro anaerobní mikroorganismy je toxická především nedisociovaná forma H₂S. Teplota a pH ovlivňují distribuci rozpuštěných sulfidových iontů mezi disociovanou a nedisociovanou formu a distribuci neionizované formy mezi kapalnou a plynnou fází. **Se snižujícím se pH a zvyšující teplotou se zvyšuje i podíl neionizovaných sulfidů.**

Vysoká koncentrace síranů sice nepůsobí primárně toxicky, ovšem působením sulfátredukujících bakterií dochází k jejich redukci na sulfidy a sulfan. To jednak způsobí následnou inhibici toxickým působením sulfanu a jednak sulfátredukující bakterie odebírají velmi významně substrát methanogenům. Díky své vyšší růstové rychlosti pak methanogeny mohou v systému významně potlačit.

Inhibiční účinek těžkých kovů a antibiotik

Antibiotika a těžké kovy se mohou v rámci praktické aplikace anaerobní fermentace vyskytovat především při zpracování živočišných produktů, případně při zpracování specifických odpadů z farmaceutických výroby. Nejčastěji se antibiotika a těžké kovy objevují při zpracování prasečí, případně drůbeží kejdy.

Negativní účinek těžkých kovů na biologické procesy včetně anaerobní fermentace je obecně znám. V následujících řádcích jsou uvedeny publikované řady dle toxicity:

Acidogeneze: Cu > Zn > Cr > Cd > Pb > Ni

Methanogeneze: Cu > Zn > Cr > Cd > Ni > Pb

Za přítomnosti H_2S jsou těžké kovy sráženy na nerozpustné sulfidy a tím je jejich toxicita potlačována.

3. Technologie bioplynových stanic

Aby bylo možné popsat vlastnosti a kvalitu digestátu a navrhnout jeho využití je vhodné nejprve představit místo jeho produkce – bioplynovou stanici. V tomto případě se nebudeme zabývat bioplynovými stanicemi určenými pro zpracování kalů na ČOV a zařízeními pro anaerobní čištění odpadních vod, jejichž produkty jsou kaly (odpady) a jsou zpracovány dle odpovídající legislativy.

3.1. Zemědělské bioplynové stanice

Nejrozšířenějším typem bioplynových stanic jsou tzv. zemědělské bioplynové stanice. Jedná se o zařízení určená pro zpracování zemědělských surovin v relativně stálé kvalitě a stálém množství s maximálně zjednodušenou technologií. Takových bioplynových stanic jsou v ČR již realizovány stovky a naprostá většina vykazuje stabilní provozní parametry s dobrými výsledky.



Obr. 4: Typická zemědělská bioplynová stanice (Bioconstruct.de)

V provozu se můžeme setkat s celou řadou technologických konceptů. Jako osvědčené lze označit technologie využívající dvoustupňové fermentace – fermentor + dofermentor a odděleným plněním tuhých a kapalných substrátů.

Pro samotný návrh technologie je důležitý především pracovní objem fermentorů ze které ho vyplývají hlavní provozní parametry:

- střední doba zdržení substrátu udávaná ve dnech

- zatížení reaktoru, udává se obvykle jako kg (org. sušiny) na jednotku objemu (m^3) na den

Doba zdržení představuje parametr důležitý jednak pro samotnou účinnost procesu s hlediska odbourání organického podílu substrátu a jeho přeměny na bioplyn, zároveň je ovšem důležitým parametrem i pro růst anaerobní biomasy v reaktoru.

Hydraulická doba zdržení je průměrný čas, po který zůstává zpracováváný materiál ve fermentoru. V případě směšovacích reaktorů se jedná o průměr hodnot – tzv. střední doba zdržení, v případě reaktorů s pístovým tokem (tedy v našem případě) je tato hodnota přesně dána.

$$\text{Hydraulická doba zdržení (HRT*)} = V_r/V_s$$

V_s – objem substrátu

V_r – objem reaktoru

HRT – hydraulic retention time

Např. při jednorázových testech je produkce bioplynu z kukuřičné siláže po cca 20 dnech již minimální, což by mohlo vést k domněnce, že doba zdržení 20 dní v reaktoru pro její efektivní zpracování postačuje. To sice je částečně možné a na některých zařízeních, kde je zpracováno i velké množství kejdy je takto krátká doba zdržení v reaktoru udržována ovšem systém není zcela stabilní a digestát následně vykazuje zápach. V praxi se tak setkáváme se systémy s dobou zdržení až 100 dní. Doporučená hodnota doby zdržení ve fermentorech pro stabilní systém zemědělské BPS zpracovávající převážně rostlinnou biomasu je 65 - 70 dní, která zajišťuje dostatečnou dobu pro udržení vysoké koncentrace aktivní biomasy a zároveň pro vysokou úroveň odbourání organické sušiny substrátu.

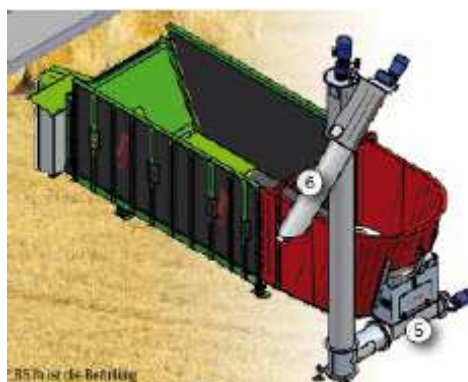
Zatížení reaktoru udávané jako kg (org. sušiny) na jednotku objemu (m^3) na den představuje sice ne zcela přesnou metodu vyjádření zatížení biomasy, pro návrh a monitoring provozu zemědělských BPS je ovšem hodnotou dostatečnou a je k dispozici dostatek empirických dat pro kontrolu navržených parametrů. Jako přesnější vyjádření zatížení lze jmenovat zatížení vyjádřené v přidané CHSK, které informuje i o stavu přijímané organické hmoty. Vztažení na jednotku objemu reaktoru také není zcela přesné, jelikož zcela pomíjí reálnou koncentraci aktivní biomasy v reaktoru. Určení vstupního CHSK tak určení koncentrace aktivní biomasy v reaktorech je ovšem v provozních podmínkách značně problematické a nepřesné. Vyjádření zatížení v jednotkách $kg_{(OS)}/m^3/\text{den}$ hodnotíme jako dostatečné.

Jednoznačně doporučenou hodnotu je v tomto případě relativně obtížné specifikovat, následující tabelární přehled udává některé podmínky pro stanovení vhodného zatížení. Jako doporučenou střední hodnotu pro dvoustupňový systém doporučujeme $4,0 kg_{(OS)}/m^3/\text{den}$ pro reaktor 1 stupně resp.

Tabulka 2: Doporučené hodnoty zatížení vnosem org. sušiny pro zemědělské bioplynové stanice

	Doporučené zatížení 1 stupeň (kg _(OS) /m ³ /den)	Doporučené zatížení celý systém (kg _(OS) /m ³ /den)	Pozn.
Zemědělská BPS 1 stupňová	3,0	-	
Zemědělská BPS 2 stupňová snadno rozložitelný substrát	4,0	2,5	Snadno rozložitelný substrát = kukuřičná siláž, jiné rychle se rozkládající substráty
Zemědělská BPS 2 stupňová, hůře rozložitelný substrát	do 5,0	2,5	Např. travní senáž či substráty s pomalou hydrolyzou, rozklad včetně hydrolyzy probíhá i v druhém stupni což odlehčuje procesu v 1 stupni

Technologie zemědělských bioplynových stanic se obvykle sestává s vstupních objektů. Ty jsou tvořeny vstupními zásobníky pevné biomasy (rostlinná biomasa, mrva, hnůj) s napojením přímo na fermentory (např. pomocí šnekových dopravníků) nebo na čerpací systém se směšovačem (NAWAROMIX, BioMix). Dávkovací systém tuhé biomasy může být doplněn i drtičem či řezacím ústrojím. Kapaliny jsou dávkovány odděleně od tuhých materiálů z jámek.



Obr. 5: Dávkovací systém tuhé biomasy (Fliegl)

Některé technologie využívají koncept směsné zásobní jímky, kdy jsou tuhé substráty přidávány do směsné vstupní jímky s kapalným substrátem (např. kedjou). Tento způsob dávkování substrátu není příliš vhodný, jelikož již v této vstupní jímce dochází k počátečním stadiím anaerobního rozkladu, což vede k intenzivnímu zápachu jímky a ztrátě části snadno rozložitelné hmoty, která by jinak mohla být využita k výrobě bioplynu (to platí zejména v letních měsících).



Obr. 6: Směsná vstupní jímka bioplynové stanice (BPS Kněžice)

Reaktorový systém je realizován jako 1 nebo 2 stupňová fermentace. V ČR zatím není realizován např. systém s odděleným hydrolyzním reaktorem. Reaktory jsou obvykle kruhové velkokapacitní jímky, tepelně izolované s vytápěním ve stěnách reaktorů a vybavené míchadly. Existuje celá řada konstrukcí reaktorů – ocelové, nerezové, betonové. Pro konstrukci jsou důležité faktory ovlivňující míchání a vytápění. Jako důležitý parametr pro následné efektivní míchání je poměr výšky a průměru kruhových nádrží. Vzhledem ke sklonu rostlinné biomasy v reaktoru vertikálně stratifikovat (např. vytvářet plovoucí krustu) neměly by nádrže být příliš vysoké. Max. výška nádrží by neměla přesahovat 7 m. Při vyšší nádrži se významně zhoršuje hydraulická charakteristika nádrže. To platí především pro nádrže míchané vrtulovými míchadly. Nejběžnějším typem míchadel jsou míchadla vrtulová. Ta jsou vhodná pro reaktory např. pro zpracování kejdy a kukuřičné siláže. V případě, že je zpracováno např. větší množství slamnaté mrvy, travní senáže apod. zvyšuje se pracovní sušina reaktoru a funkce vrtulových míchadel se zhoršuje. V těchto případech jsou vhodnější míchadla pomaloběžná - pádlová. Pro substráty s vysokým podílem travní senáže a slamnaté mrvy pak jsou vhodná míchadla, která přímo rozrušují hladinu (např. míchadla typu Padellgigant, Mississippi, HydroMixer). Důvodem je sklon těchto substrátů tvořit hladinové vrstvy, které je běžnými vrtulovými míchadly obtížné rozrušit.



Obr. 7: Pomaloběžné pádlové míchadlo (stavba BPS Bukovec)



Obr. 8: Běžné vrtulové míchadlo

Čerpací procesy jsou obvykle zajišťovány systémem centrálního čerpadla s rozdělovačem hmoty, což umožňuje provádět v rámci BPS libovolné přesuny kapalné hmoty. To je velmi výhodné zejména při nestandardních stavech provozu BPS a v případě využití např. pneumatických šoupat i komfortní pro obsluhu. V provozu jsou ovšem i systémy jednosměrné s více čerpadly či systémy využívající gravitační tok hmoty s minimální automatizací.



Obr. 9: Systém centrálního čerpadla a rozvaděče materiálu na BPS s macerátorem

(Vogeslang, Wangen)

Využití bioplynu je realizováno v běžných kogeneračních jednotkách. Pro využití bioplynu v KJ je důležitým parametrem jeho odsíření a vlhkost. Kombinace vyššího obsahu síry v bioplynu a jeho vlhkosti vede k snížení životnosti některých částí KJ a zvýšení nákladů na údržbu (např. mezichladiče stlačeného vzduchu na systému turbodmychadla, častější výměna oleje, opotřebení svíček). Tyto náklady mohou být značné.

Tabulka 3: Orientační ceny některých náhradních dílů pro KJ

Položka	Náklady Kč
mezichladič - výměna	300000
svíčka Jenbacher, nová	7000
svíčka DEUTZ, nová	14000



Obr. 10: Kontejner kogenerace (Jenbacher)

Odsíření je obvykle prováděno přidávkem malého množství vzduchu do plynového prostoru reaktoru. Zde je síra ve formě H_2S z bioplynu biologicky oxidována na elementární formu (S), která zůstane v kalu či v nárostech na konstrukci reaktoru. Důležitá je zde především koncentrace a možnosti uchycení sírné biomasy a doba zdržení plynu v plynovém prostoru. Ta je v některých typech reaktorů velmi malá (např. v systémech s betonovou stěchou, kruh v kruhu a jiných s malým plynovým prostorem). Odsíření je potom nutno realizovat externě (externí bioreaktory, sorpční

filtry, chemické odsíření apod.). Některé KJ jsou na přítomnost H₂S poměrně citlivé a externí odsíření je třeba realizovat prakticky vždy (např. jednotky Schnell, nebo jednotky na úpravu bioplynu na biomethan).

Vlhkost z bioplynu je odstraňována jeho chlazením.

Nakládání s digestátem je obvykle řešeno jeho skladováním a přímou aplikací. Na některých BPS je instalována separace digestátu a na kejdrových separátorech je digestát zpracován na tuhou a kapalnou frakci. Obě frakce jsou využívány jako hnojivo.

3.1.1. Komunální a odpadové bioplynové stanice

Jedná se o zařízení bioplynových stanic schopných zpracovávat ve větším či menším množství komunální a jiné odpady. To sebou přináší specifika zahrnující zejména nutnost předupravit zpracováváný materiál a pracovat s jeho rozdílným složením a heterogenitou během provozu. Odpad často obsahuje i nežádoucí příměsi včetně příměsí toxických.

Zjednodušenou technologickou variantou zpracování komunálních odpadů v BPS je úprava zemědělské technologie pro zpracování odpadů. V případě zpracování komunálních bioodpadů na tomto typu BPS je využíváno běžného typu fermentorů pro mokrou fermentaci jako u zemědělských bioplynových stanic.

Proti zemědělské BPS se technologie liší především zařazením technologických celků pro základní úpravu odpadů, z nichž některé je nutno umístit do krytých a uzavřených objektů. Tento typ BPS obvykle vyžaduje kofermentaci bioodpadů s dalšími materiály (např. kal z ČOV), často jsou využívány i zemědělské materiály jako např. kejda. Tento typ zpracování komunálních bioodpadů a kofermentace se zemědělskými produkty je běžný např. ve Švédsku. Jako příklady lze jmenovat BPS Kristianstad (SE), BPS Plauen (GER), BPS Kalmar (SE), BPS Linköping (SE), BPS Kněžice (ČR), BPS Velký Karlov (ČR) a další.



Obr. 11, 12: Příklady komunálních BPS v ČR (Úpice, Příbyšice)

Zpracovávat komunální bioodpady přímo v klasických fermentorech je značně problematické vzhledem k jejich vlastnostem. Zde je nutno upozornit především na nehomogenitu, obsah dřevitých příměsí, velkých kusů biologického i nebiologického materiálu apod. Bioodpad jednoznačně vyžaduje přítomnost efektivní drtící technologie na BPS. Pokud jsou na BPS zpracovány kuchyňské či jateční bioodpady je nutné, aby technologie obsahovala příjmový objekt a sterilizační či hygienizační linku dle Nařízení 1069/2009 EP. Výhodou BPS založených na zemědělské technologii jsou relativně nižší měrné náklady (na instalovanou kW) na realizaci proti plně specializované technologii.



Obr. 13, 14: Specializovaná technologie zpracování bioodpadů (Kompogas systém, BPS Passau)

Pro návrh parametrů anaerobního systému platí obdobná pravidla jako u zemědělských stanic, návrh je často ovšem komplikován specifickými vlastnostmi některých odpadů, které mohou některé provozní parametry významně ovlivňovat – např. tuky, bílkovinné odpady, odpady s vysokým obsahem síry apod.

Zatížení reaktoru udávané jako kg (org. sušiny) na jednotku objemu (m^3) na den není pro návrh zařízení příliš vhodné. V případě zpracování odpadů je jednoznačně vhodnější vyjádření zatížení v přidané CHSK, které informuje i o stavu přijímané organické hmoty. Vztažení na jednotku objemu reaktoru je akceptovatelné, jelikož určit koncentraci aktivní biomasy je stejně náročné jako v případě zemědělské BPS.

Provozní parametry je jednoznačně vhodné ověřit testy produkce bioplynu a to jak jednorázovými tak kontinuálními.

Technologie komunálních bioplynových stanic se od zemědělských liší především zařazením technologického celku třídění, úpravy a hygienického zabezpečení přijímaných odpadů. Cílem je v tomto případě především zbavit odpady nežádoucích příměsí, homogenizovat je a zajistit splnění legislativních podmínek jejich zpracování v BPS (sterilizace, hygienizace).

Technologie zpracování odpadů je obvykle umístěna v provozní hale. Vhodné je především oddělení toků některých typů odpadů či jejich rozdělení na proudy např. „vysokoenergetických“ odpadů, rostlinných odpadů a jejich oddělené řízené dávkování do procesu. To umožňuje především provozní optimalizaci složení vstupních surovin.

Provozní hala pro zpracování odpadů by měla být vždy zcela uzavřená, vybavená odsávací vzduchotechnikou a hygienicky zajištěna. Prostor manipulace s odpady musí být dostatečně oddělen od ostatních prostorů provozní haly. Místa, kde je prováděna manipulace s odpady by měla být provedena jako snadno omyvatelná a spádovaná do vstupních zabezpečených jímek. Všechny technologické celky, kde jsou odpady zpracovávány, zejména drtiče, namáhaná čerpadla, šoupata apod. by měla být snadno přístupná a v případě poruchy i snadno rozebíratelná bez následků typu úniku hygienicky závadného materiálu mimo potrubí, na obsluhu apod.

Zpracování bioodpadů ve specializované technologii. V tomto případě je konstrukce reaktorů i celého zařízení plně uzpůsobena pro zpracování výhradně odpadů. Technologie úpravy odpadů jsou integrovány do technologické linky a BPS je obvykle může zpracovávat jako monosubstrát, nebo pouze s malým vnosem jiných materiálů. Technologie úpravy odpadů obsahuje často i sofistikované linky na třídění a úpravu odpadů (je nutno upozornit, že tyto linky nejsou určeny pro třídění směsného odpadu, jsou pouze pro dotřídění separovaného bioodpadu u původce). Na výstupu je materiál většinou zpracováván na kompost a využíván k hnojení. Jako příklady lze jmenovat technologie Komptech, Fridrich Bauer, luT ADOS, Kompogas, BTA a DRANCO. Jako příklady zařízení výše jmenovaných technologií lze jmenovat zařízení Rechnitz (AUT, Fridrich Bauer), Marchfelder (AUT, Kompech), Passau (GER, Kompogas), Příbyšice (ČR, ADOS), Leonberg (GER, Dranco), Mülheim (GER, BTA) a další. Systémů pro zpracování je samozřejmě více a všechny není možné uvádět.



Obr. 15: Specializovaná technologie zpracování bioodpadů (Komptech)

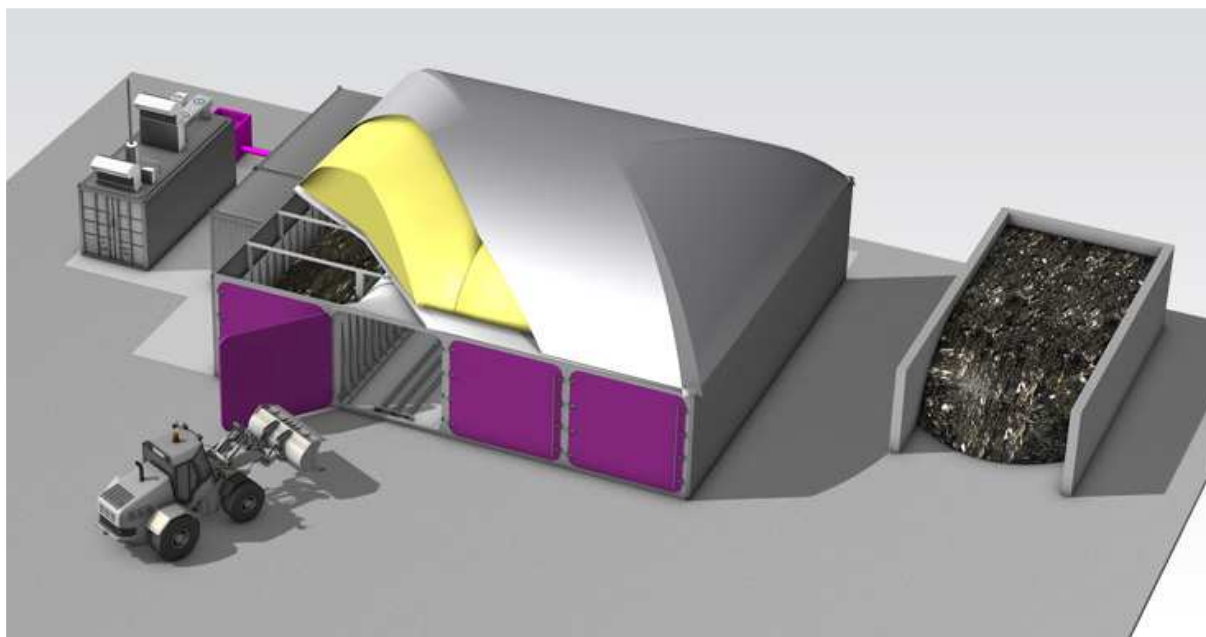
Základní nevýhodou těchto technologií je vysoká investiční náročnost a určitá daná minimální kapacita zpracovaných bioodpadů (většina zařízení je v kategorii 10 000 –

15 000 zpracovaného bioodpadu za rok). Výhodou pak obvykle bývá pokročilá a spolehlivá technologie eliminující většinu rizik anaerobní fermentace odpadů, zejména zápachu.

3.1.2. Suchá fermentace

Suchá fermentace představuje jednu z aplikací anaerobní technologie, kdy je substrát fermentován přímo v tuhém stavu bez míchání. Obvykle je fermentace realizována v plynotěsných boxech, kam je materiál zavážen před započítím fermentačního procesu a následně uzavřen. V případě suché fermentace se tak jedná o diskontinuální vsádkový proces. Suchá fermentace obvykle dosahuje mírně nižší účinnosti než technologie mokrá.

Její velkou výhodou je, že v procesu nedochází k intenzivní manipulaci s hmotou (míchání, čerpání), je tak možno s úspěchem zpracovat bez náročných úprav i silně heterogenní substráty jako jsou různé biologické frakce komunálních odpadů. Na následujícím obrázku je schéma technologie tzv. garážové suché fermentace KompoFerm spol. Eggersmann.



Obr. 16: Jednotka suché boxové fermentace (Eggersmann Anlagebau - Kompoferm)

Lze konstatovat, že technologie suché fermentace není doposud zcela univerzální a její úspěšné realizace jsou zatím vázány na specifické podmínky. Některé projekty zatím nesplnily představy investorů např. o dosahovaném výkonu a účinnosti procesu. V ČR jsou zatím realizovány 3 jednotky (Zábřeh, Soběslav - Nedvědice, Žďár nad Sázavou).

4. Produkty anaerobní fermentace a jejich vlastnosti

4.1. Bioplyn

Bioplyn je plyn produkovaný mikroorganismy během procesu anaerobního rozkladu organických materiálů a skládající se zejména z metanu (CH_4) a oxidu uhličitého (CO_2). Bioplynu produkovaného během procesu anaerobního rozkladu je řada druhů, které se od sebe liší především zastoupením hlavních složek – tedy CH_4 a CO_2 , ale i složek minoritních (H_2 , vyšší uhlovodíky), tak i složek nežádoucích – typicky např. NH_3 a H_2S .

Bioplyn je hlavním produktem bioplynových stanic a je do něj transformována energie slunečního záření obsažená ve zpracovávané biomase (substrátu). Z rozložené hmoty přechází do bioplynu až 90% energie (zbylých 10% je spotřebováno na růst anaerobní biomasy a na teplo).

4.1.1. Produkce a kvalita bioplynu

Produkcí a kvalitou bioplynu lze u jednotlivých organických látek určit jednak výpočtem, což je možné pouze u velmi dobře rozložitelných látek, případně je možné produkci bioplynu stanovit experimentálně.

Energetický obsah organických látek je pro účely výpočtů v anaerobní technologii možno dobře vyjadřovat jako CHSK (chemická spotřeba kyslíku). V anaerobním systému jsou využívány jiné konečné receptory elektronů než kyslík, ale na základě vztahu ekvivalentu dostupných elektronů a jednoho molu kyslíku je možno používat kyslíkové jednoty CHSK či TSK (teoretická spotřeba kyslíku).

Základním předpokladem při výpočtech je fakt, že k úplné oxidaci methanu vzniklého z daného substrátu se spotřebuje stejné množství kyslíku jako k oxidaci původního substrátu.

Výtěžnost methanu závisí na druhu substrátu a kromě vlastní anaerobní rozložitelnosti především na jeho oxidačním stupni. Měřítkem oxidačního stupně je průměrné oxidační číslo uhlíkového atomu (POXČ). Čím je toto oxidační číslo nižší, tím je výtěžnost methanu vyšší.

látka	hodnota POXČ
CO_2	+4
CH_4	-4

Mezní hodnoty pro atom uhlíku jsou -4 a $+4$, které dosahují metanu a CO_2 . POXČ je pak přímo úměrné CHSK:

$$\text{POXČ} = (4 - 1,5 \times \text{CHSK}) / C_{\text{org}}$$

Z již konstatovaného faktu, že CHSK vzniklého metanu je rovna CHSK odbouraného substrátu lze konstatovat, že maximální teoretická výtěžnost metanu je dána vztahem:

$$\text{CHSK}_{\text{substrátu}} = \text{CHSK}_{\text{methanu}}$$

Skutečná výtěžnost metanu je vždy nižší, jelikož CHSK zahrnuje i nerozložitelnou část biomasy a část energie je spotřebována na růst biomasy, vztah je tak možno upravit do následující podoby:

$$\text{CHSK}_{\text{odstraněná}} = \text{CHSK}_{\text{methan}} + \text{CHSK}_{\text{biomasy}}$$

Produkcí biomasy a její CHSK je ovšem velmi problematické určit, zejména v případě rozkladu pevných látek.

Výpočet teoretické produkce metanu je obvykle prováděn dle výpočtu:

$$M(\text{CH}_4) = 0,25 \times \text{CHSK} (\text{substrát})$$

Výsledek je potom v hmotnostních jednotkách, což je pro účely dalšího zpracování nepraktické, kilogramy metanu je snadno možno převést na jednotku objemu dle stavové rovnice. Vztah je potom možno upravit na:

$$V(\text{CH}_4) = 0,35 \times \text{CHSK} (\text{substrát})$$

Na základě znalosti CHSK, POXČ či obsahu organického uhlíku je možno vypočítat i koncentraci metanu ve výsledném bioplynu:

$$\% \text{CH}_4 = (18,75 \times \text{CHSK}) / C_{\text{org}}$$

V případě znalosti POXČ:

$$\% \text{CH}_4 = (4 - \text{POXČ}) / 8 \times 100$$

Skutečná koncentrace metanu je ovšem ovlivněna rozpustností CO_2 ve vodné fázi (rozpustnost metanu je zanedbatelná).

Pokud jsou v molekule organické látky přítomny další prvky, které mohou být v oxidačně redukčních reakcích akceptorem volných elektronů, dochází ke snížení

množství elektronů volných pro tvorbu methanu. Dochází tak ke snížení výtěžnosti methanu. Takto působí především dusík a síra.

Všechny tyto výpočty je možno v praxi využít především pro posuzování velmi snadno rozložitelných homogenních substrátů.

Z výše uvedených předpokladů tak lze usuzovat, které materiály budou pro produkci bioplynu nejvhodnější:

Jsou to látky s vysokou CHSK, vysokým obsahem uhlovodíků a nízkým obsahem dalších prvků – především dusíku, síry a kyslíku.

Praktickým případem takových látek jsou např. mastné kyseliny, vysokomolekulární tuky, alkoholy a další uhlovodíky.

Pro základní výpočet teoretické produkce bioplynu je nutné nejprve stanovit CHSK chemického individua, či výpočtem stanovit TSK (teoretická spotřeba kyslíku).

$$TSK = (4 \times a + b - 2 \times c - 3 \times d - 2 \times e) \cdot 8 / M_r$$

Kde a, b, c jsou stechiometrické koeficienty sloučeniny $C_{(a)}H_{(b)}O_{(c)}N_{(d)}S_{(e)}$ a M_r je relativní atomová hmotnost.

TSK některých látek a navazující teoretická produkce bioplynu je uvedena v následující tabulce:

Tabulka 4: TSK a výpočet teoretické maximální produkce bioplynu pro některé organické látky

Látka	Sumární vzorec	C	H	O	Mr	TSK (g/kg)	Produkce methanu	% methanu	Produkce bioplynu (m ³ /t)
Methanol	C1H4O1	1	4	1	32	1500,0	563,8	87,4	644,7
Ethanol	C2H6O1	2	6	1	46	2087,0	784,4	87,4	896,9
Kyselina octová	C2H4O2	2	4	2	60	1066,7	400,9	74,9	534,9
Kyselina valerová	C5H10O2	5	10	2	102	2039,2	766,4	82,4	929,5
Glycerol	C3H8O3	3	8	3	92	1217,4	457,5	79,1	578,4
Mastná kyselina C18	C18H36O2	18	36	2	284	2929,6	1101,1	86,08	1279,1
Methan	C1H4	1	4	0	16	4000,0	1503,4	99,96	1503,9
Glukóza	C6H6O6	6	6	6	174	827,6	311,0	68,68	452,8

Vysoký vypočtený teoretický obsah methanu je dán povahou zvolených látek. V praxi je dosahovaný obsah methanu nižší vlivem nižší reálné účinnosti procesu.

V praxi lze těchto výpočtů využít např. pro návrh zařízení pro produkci bioplynu, pro návrhy bioplynových laboratorních experimentů a pro ověření např. informací podávaných prodejci substrátů pro produkci bioplynu.

Větším problémem je teoretické určení produkce bioplynu z rostlinné biomasy. Zásadním problémem je její horší anaerobní rozložitelnost, podíl nerozpuštěných látek a nepřesnost stanovení CHSK.

Pro rostlinnou biomasu je tak vhodné především využívat empiricky zjištěných dat, případně dat z laboratorních testů produkce bioplynu.

Obecně lze u rostlinné biomasy konstatovat relativně nízký obsah methanu v bioplynu. To je dáno vysokým podílem kyslíku v sumárním složení biomasy. Ta je dána vlastnostmi základních složek rostlinné hmoty (celulóza, lignin, lignocelulóza) obsahující relativně podobný podíl kyslíku vůči uhlíku (celulóza = $C_6H_{12}O_6$).

Nižšímu obsahu methanu přispívá i horší rozložitelnost, kdy u některých částí substrátu proběhnou pouze úvodní fáze anaerobního rozkladu, kde dochází pouze k omezené produkci methanu, zato k vysoké produkci CO_2 – např. při hydrolyze.

Uváděné produkce bioplynu je možné shrnout v následující tabulce:

Tabulka 5: Produkce bioplynu pro vybranou rostlinnou biomasu

Biomasa	Sušina (%)	org. sušina (% sušiny)	měrná produkce bioplynu (m^3/t_{os})	obsah methanu v bioplynu (%)	Produkce bioplynu (m^3/t)
Kukuřičná siláž	32	95	735	52	223,44
Travní senáž	30	90	600	50	162
Siláž žitná (GPS)	30	92	650	50	179,4
Siláž tritikale (GPS)	30	92	650	50	179,4
Siláž čiroku	32	90	620	50	178,56
Tráva nazeleno	22	95	550	48	114,95

Zde je možné provést zajímavou bilanci produkce bioplynu na základě hmotnostní bilance vstupů a výstupů. Tak lze určit teoretickou maximální produkci bioplynu, ke které se, např. produkce bioplynu z kukuřičné siláže, přibližuje.

Tabulka 6: *Bilance produkce bioplynu pro vybranou rostlinnou biomasu*

	Produkce bioplynu m ³ /t	tun sušiny (t/t)	tun CH ₄	tun CO ₂	tun bioplynu
Kukuřičná siláž	223,44	0,32	0,084	0,212	0,295
Travní senáž	162	0,3	0,058	0,160	0,218
Siláž žitná (GPS)	179,4	0,3	0,065	0,177	0,241
Siláž tritikale (GPS)	179,4	0,3	0,065	0,177	0,241
Siláž čiroku	178,56	0,32	0,064	0,176	0,240
Tráva nazeleno	114,95	0,22	0,040	0,118	0,158
Kukuřičná siláž	250*	0,32	0,093	0,237	0,330
Travní senáž	230*	0,30	0,083	0,227	0,310

Je zřejmé, že při platnosti zákona zachování hmoty není možné určité produkce bioplynu dále navyšovat, či uvádět data překračující prezentované hodnoty (např. u některých na trh nově zaváděných rostlinných produktů).

4.1.2. Stávající možnosti využití bioplynu

- kogenerační jednotky

Nejběžnějším způsobem zpracování bioplynu jeho přímé spalování v kogeneračních jednotkách. Jádrem kogenerační jednotky je spalovací motor vyrábějící mechanickou energii, která je obvykle následně generátorem převáděna na energii elektrickou. Vznikající odpadní teplo je využito pro ohřev vody a následný transport tepelné energie do míst potřeby. Účinnost produkce elektrické energie se skládá s násobku mechanické účinnosti motoru a generátoru. Celková účinnost kogenerační jednotky, tedy součet produkované elektrické a tepelné energie odpovídá 80 – 90 %, přičemž cca 30 – 45 % z této hodnoty připadá na elektrickou energii a zbylá energie je využita v podobě tepla.

Stabilita provozu a životnost kogeneračních jednotek je ovlivňována zejména složením bioplynu, teplotou, tlakem plynu a jeho výkyvy a vlhkostí. Bylo již uvedeno, že vyšší koncentrace některých příměsí běžně přítomných v surovém bioplynu značně snižují životnost kogenerační jednotky. Minimální podíl metanu v bioplynu využívaném pro spalování v KJ by měl dosahovat cca 40%. Tlak plynu by se měl pohybovat v rozmezí 90 – 200 mbar s výkyvy ne vyššími než 10 mbar. Teplota

vstupujícího plynu by neměla přesahovat 40°C, vyšší hodnoty neúměrně zatěžují armaturu a řídicí jednotky, přičemž může dojít např. k poškození membrán spalovací jednotky a vzniku různých netěsností. Vlhkost plynu by neměla být vyšší než 80 % při dané teplotě nasávaného plynu.

Kogenerační jednotka BPS je obvykle ukládána do kontejnerových modulů velikostí odpovídajícím dopravním kontejnerům. Uvnitř je uložený spalovací motor s generátorem a výměníky tepla pro rekuperaci tepelné energie uvolněné při chlazení motoru i ze spalin. Pro případ úniku plynu z motorové jednotky je celý systém vybaven nouzovým hořákem – flérou.

Na BPS se používají kogenerační jednotky s pístovými spalovacími motory typu plynového Ottova motoru, upraveného dieselového motoru, či dvoupalivového motoru.

Zážehové Ottovy motory jsou obvykle konstruovány přímo pro spalování bioplynu, při spalovacím procesu je počítáno s energeticky chudší směsí spalovaného média a velkým přebytkem kyslíku. Tím je dosahováno vysokého výkonu motoru na jednotku paliva a nízkých emisí. Elektrická účinnost činí 34 – 40 %, konstrukční výkon 100 – 1000 kW i více, při nižších konstrukčních výkonech mají nižší účinnost než vznětové motory. Minimální koncentrace CH₄ v bioplynu je 45 %. Nevýhodou je obecně vyšší pořizovací cena než u vznětových typů jednotek a v případě malého odběru tepla nutnost přídavného chlazení.



Obr. 17: Zážehový motor kogenerační jednotky (MWM Deutz)

Vznětové dieselové motory jsou modifikované na trhu běžně přístupné modely upravené pro spalování plyného paliva. V porovnání se zážehovým motorem mají

nižší pořizovací náklady, ale u více výkonných typů nedosahují takové elektrické účinnosti.

Dvoupalivové motory jsou specifickým typem dieselových motorů, u nichž je přicházející bioplyn nejprve mísen se vzduchem a poté ve spalovacím prostoru zapalován běžným kapalným palivem typu nafty, či jiných olejů jako je topný olej, či olejová biopaliva. Dvoupalivové jednotky mají nominální výkon obvykle do cca 300 kW a spolu s bioplynem spoluspalují až 10 % kapalných paliv. Elektrická účinnost se pohybuje kolem 40 %. Nevýhodou těchto systémů může být nutnost spoluspalování kapalných paliv, vysoká citlivost na nežádoucí příměsi v bioplynu (H_2S), vyšší emise NO_x a aerosolu a pro dieselové motory typické zanášení vstřikovacích trysek.



Obr. 18: Dvoupalivový vznětový motor KJ Schnell

Generátory používané u kogeneračních jednotek na BPS mohou být asynchronního, či synchronního typu. První jmenované jsou menší, levnější, ale mají také nižší účinnost, než synchronní generátory. Užívají se u kogeneračních jednotek nominálního výkonu do 100 kW. Při větším konstrukčním výkonu jednotky jsou voleny synchronní generátory s vyšší účinností produkce elektrické energie.

- Možnosti skladování bioplynu

Nejjednodušší technologií skladování bioplynu představují technologie nízkotlaké, kdy je jeho skladování prováděno za velmi mírného přetlaku proti tlaku atmosférickému (obvykle do 5 mbar).

Ke skladování jsou využívány suché membránové plynojemy a to plynojemy nasazené na vlastních fermentorech BPS, membránové plynojemy stojící samostatně a membránové plynojemy vestavěné do ocelových či železobetonových nádrží.

Technologii mokrých – např. zvonových plynojemů považujeme za překonanou, přesto je relativně častou např. v technologii stabilizace čistírenských kalů anaerobní fermentací.



Obr. 19: Mokrý plynojem pro jímání kalového bioplynu na ČOV

Plynojemy nasazené na fermentorech:

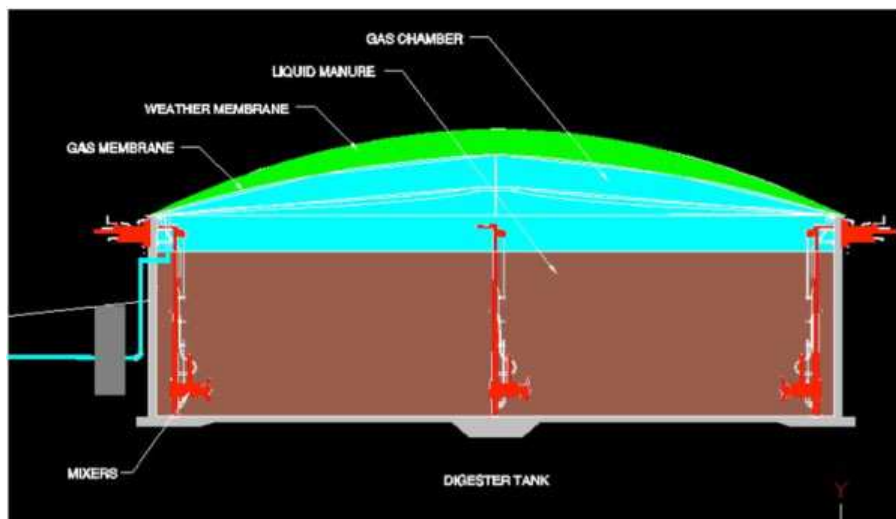
Plynojemy nasazené na fermentory BPS představují nejčastější aplikaci v provozu zemědělských bioplynových stanic. Hlavní výhodou je úspora prostoru, pro běžný provoz dostatečná kapacita, úspora investičních nákladů, možnost realizace účinného biologického odsíření mikroaerací a jedná se i o technologicky nejjednodušší řešení plynotěsného zastřešení nádrže. Proti pevnému betonovému stropu je možné spatřovat nevýhodu pouze v nemožnosti využít některé typy míchadel, které je nutno ukotvit do pevného stropu. Toto omezení ovšem nepovažujeme za významné vzhledem k dostupným míchacím technologiím.



Obr. 20: Suché dvoumembránové plynojemy nasazené na fermentorech zemědělské BPS

Na trhu jsou v současnosti dostupné jednak technologie dvoumembránových nasazených plynojemů a jednak plynojemů jednomembránové.

V případě dvoumembránových plynojemů je sestava nasazeného plynojemů tvořena vnější membránou, jejíž tvar je neměnný a její tvar je udržován mírným přetlakem tlakového vzduchu. Uvnitř takto vytvořeného prostoru je potom umístěna pohyblivá volná membrána vlastního plynojemů. Ta je od hladiny obvykle oddělena systémem nosných sítí či dřevěnou konstrukcí ukotvenou na středový sloup reaktoru.

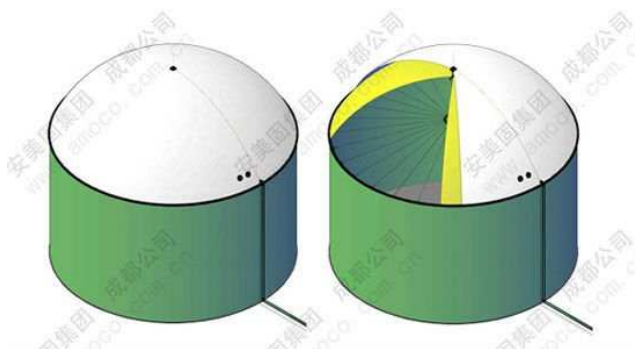


Obr. 22: Schéma technologického uspořádání fermentoru s nasazeným dvoumembránovým plynojemem

Obě membrány jsou ukotveny na fermentor systémem těsnících tlakových hadic do příruby na povrchu fermentoru.

V plynovém prostoru plynojemů je možné provádět biologické odsíření bioplynu pomocí metody mikroaerace. Díky delší době zdržení plynu a velkému povrchu je jeho účinnost vysoká.

Dvoumembránové plynojemů jsou realizovány např. na bioplynových stanicích spol. Bioconstruct, M-T Energie, BGS Biogas a dalších.



Obr. 23: Polokulovité dvoumembránové plynoměny

Nasazené plynojemy jsou realizovány také jako jednomembránové. V tomto případě není realizována ochranná vnější membrána a plynojem je tvořen pouze jednou membránou. Při změně množství plynu v plynojemu tak dochází ke změně jeho tvaru. Některé plynojemy tohoto typu mají omezenou kapacitu v důsledku konstrukce vlastní nádrže (např. Tomášek Servis). Jiné konstrukce umožňují realizovat dostatečnou akumulaci kapacity – např. Agrikomp Biolene.



Obr. 24: Jednomembránové plynojemy Agrikomp - Biolene



Obr. 25: Jednomembránové nasazené plynojemy Tomášek Servis

Kapacita běžných membránových plynojemů je částečně dána průměrem samotného fermentoru (nebudeme v tomto uvažovat např. realizace typu kruh v kruhu, kde je plynojem pouze na střední části fermentoru). Při běžných průměrech nádrží 20 – 26 m dosahuje kapacita běžných typů nasazených plynojemů 300 – 600 m³. Většího objemu dosahují plynojemy umístěné na uskladňovacích nádržích, které mají větší průměry (až 40 m). Objem běžného plynojemu tak může dosahovat až cca 1500 m³. Vybavení uskladňovacích nádrží plynojemy ovšem je spíše výjimkou.

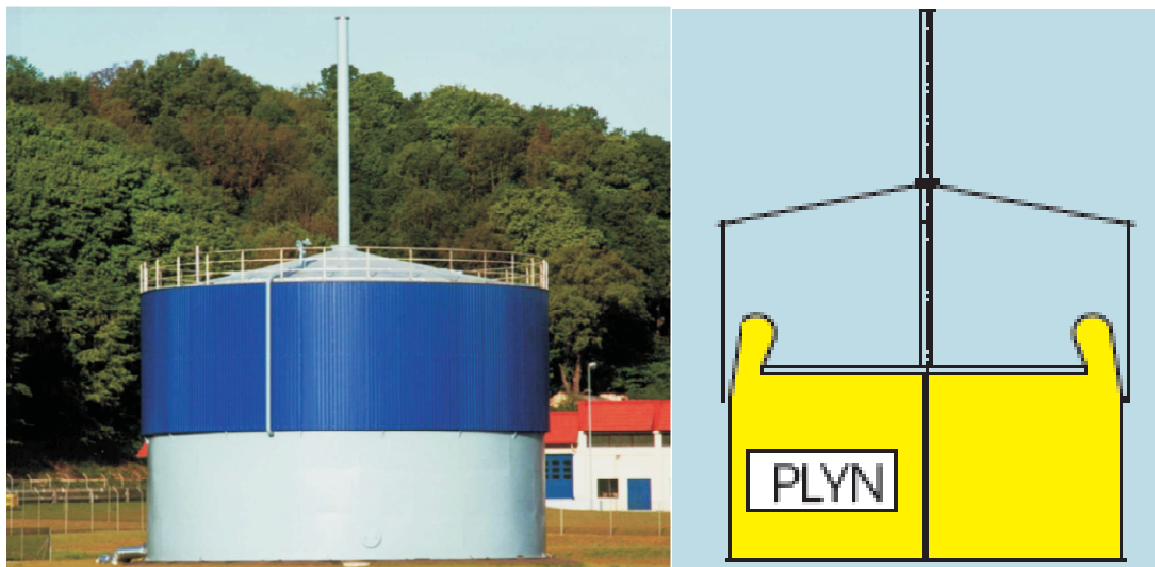
Lze konstatovat, že běžné BPS velikosti 0,5 – 1 MWel tak disponují skladovací kapacitou v řádech prvních jednotek hodin provozu KJ (běžně 2 – 4 hod). Tato kapacita je pro efektivní provoz ve špičkovacím režimu nedostatečná a je nutno ji navýšit.

Plynojemy samostatně stojící

Tento druh plynojemů lze opět rozlišovat na plynojemy mokré a suché. Mokrý plynojemy jsou v technologii výroby bioplynu používány zcela minimálně a jsou případně rekonstruovány na plynojemy suché.

Suché membránové plynojemy jsou realizovány jako jednomembránové či dvoumembránové. Jednomembránové plynojemy jsou vždy vestavěny do nosné konstrukce - obvykle ocelové či betonové. Samostatně stojící plynojemy jsou prakticky vždy dvoumembránové.

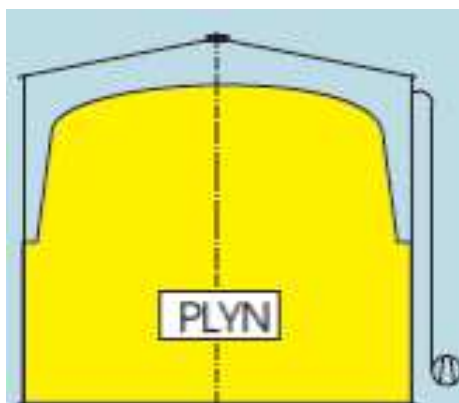
Jednomembránové technologie jsou realizovány jak na ČOV, tak u některých bioplynových stanic. Příkladem takového plynojemu jsou např. realizace spol. KH Kinetic Klatovy.



Obr. 26: Samostatně stojící membránový plynojem na ČOV - KH Kinetic

Provozní přetlak plynojemu je v tomto uspořádání vytvářen betonovou deskou, která se dle stavu naplnění pohybuje po vodícím středovém sloupu. Přetlak oproti atmosférickému tlaku je opět minimální (do cca 4 mbar).

Místo betonové desky je možné využít i realizaci protitlaku pomocí ventilátoru jak je popsáno u dvoumembránových nasazených plynojemů.



Obr. 27: Schéma samostatně stojícího membránového plynojemu s pracovním tlakem vytvářeným ventilátorem.

V technologii bioplynových stanic jsou některými dodavateli realizovány samostatně stojící plynojemy. Jedná se např. o technologie Farmtec a.s. či starší instalace spol. Vítkovice a další.



Obr. 28, 29: Příklady BPS se samostatně stojícími plynojemy – Farmtec a Vítkovice

Obvyklejší konstrukcí plynojemů jsou samostatně stojící dvoumembránové plynojemy kulového tvaru. Plynojem je tvořen vnější membránou, jejíž tvar je udržován pneumaticky a vnitřní pohyblivou plynovou membránou, která tvoří vlastní skladovací prostor bioplynu. Tyto plynojemy jsou nabízeny např. spol. Sattler, Bioproject a dalšími.

Na obrázku 23 je uvedeno schéma suchého dvoumembránového plynojemu spol. Bioproject s vodícím středovým sloupem. Plynojemy Sattler jsou nabízeny až do objemu 2000 m³.



Obr. 30, 31: Příklady samostatně stojících plynojemů, Bioproject, Sattler

Kapacity samostatně stojících plynojemů je možné teoreticky realizovat nekonečně velké. Objemy průmyslových plynojemů dosahují běžně desetitisíců m³. Nevýhodou je značná potřeba prostoru a vysoká investiční náročnost. U samostatně stojících plynojemů je kromě vlastního území stavby nutno počítat i s ochranným pásmem plynojemů, které klade další nároky na plochu.

Vedení bioplynu

Pro vedení bioplynu je možno využít běžné plynové rozvody z PE (pouze podzemní vedení) či vedení z nerez oceli. V případě využití běžného železa pro rozvody hrozí snadná vnitřní koroze materiálu z důvodu obsahu H₂S a dalších korozivních složek v bioplynu (NH₃).

Vedení je možno konstruovat bez úpravy bioplynu jako nízkotlaké případně vysokotlaké.

Využití nízkotlakého vedení je vhodné pouze pro nejkratší vzdálenosti, je nutné využívat trubní rozvod s velkým průměrem, což je i investičně náročné. Pro vzdálenosti od cca 100 m je tak vhodné využít vedení s navýšením tlaku plynu běžnými plynovými dmychadly na cca 80 mbar a využití potrubí s menším průměrem.

Plynové vedení lze realizovat nákladem cca 1600 Kč/m.

Tlakové skladování bioplynu

Tlakové zásobníky bioplynu v současné době nejsou v provozu využívány. Důvodem je především chování bioplynu při jeho stlačování, kdy může docházet k jeho rozdělení na jednotlivé složky - např. vyloučení CO₂ apod. Před uskladněním bioplynu za zvýšeného tlaku je nutná jeho úprava. Tato úprava je řešena většinou odstraněním CO₂ a dalších minoritních složek z bioplynu.

Zásadní nevýhodou úpravy bioplynu je její investiční i provozní nákladnost. V současnosti jsou pro tento účel dostupné technologie tlakové vodní a aminové vypírky, technologie využívající molekulová síta a membránové technologie.

Skladování vyčištěného biomethanu (bioplyn zbavený CO₂ a ostatních příměsí) je možné stejnými technologiemi, jako v případě zemního plynu.

Rozvoj tlakového skladování plynů probíhal především v době, kdy byl široce využíván svítiplyn. Tlakové plynojemy byly budovány pro značné objemy - např. Libeňský plynojem. Tlaky byly obvykle 0,3 - 0,5 MPa a objemy 5 - 50000 m³. S ústupem využití svítiplynu ovšem využití a stavba těchto plynojemů ustala.

Využívají se tak technologie CNG - compressed natural gas, kdy je plyn stlačen na tlak cca 200 bar. Tato technologie je využívána pro pohon automobilů.



Obr. 32: Skladování CNG v tlakových lahvích

Kryogenní skladování bioplynu:

Alternativu tlakového skladování bioplynu je jeho zkapalnění a skladování za nízkých teplot. Pro tento způsob skladování a využití plynu je užíván termín LNG - liquified natural gas, kdy je plyn zkapalněn a tím je jeho objem zredukován cca 600x. Výhodou LNG je odpadnutí nutnosti práce s vysokými tlaky, nevýhodou je nutnost skladovat zkapalnělý plyn při teplotě -160°C což klade vysoké nároky na tepelné izolace všech nádrží a vedení LNG.

Vzhledem ke značné technologické náročnosti ovšem nepředpokládáme využití pro bioplynovou technologii.

4.1.3 Úprava bioplynu na kvalitu zemního plynu

Úpravy bioplynu, odstraňující zejména oxid uhličitý, umožňují jeho uplatnění jako pohonné látky vozidel a jako topného plynu v síti zemního plynu.

Pro využití bioplynu ve veřejné síti je nutné zvýšení obsahu metanu na hodnoty přes 95 %, což je relativně obtížně splnitelný požadavek. Pro jeho dosažení se používají různé způsoby tlakových vodních vypírek, membránové filtry, metody adsorpce a absorpce, vymrazování a další.

Ve Švédsku a Švýcarsku je v provozu několik desítek bioplynových zařízení s přiřazeným zařízením pro zušlechťování bioplynu tím, že je z něho odstraňován oxid uhličitý a další nežádoucí příměsi (zejména H_2S). Odseparovaný plyn s obsahem metanu vyšším než 95 % je komprimován a využíván k pohonu vozidel, nebo je vtlačován do sítě zemního plynu. U zemědělských bioplynových stanic byla zařízení úpravy bioplynu realizována v Německu.

V současnosti jsou k dispozici některé komerční technologie úpravy bioplynu na kvalitu zemního plynu (či jinak biomethanu). Jedná se především o následující technologie:

- Vodní vypírka: nejrozšířenější systém, vhodný pro větší aplikace a výkony, nevýhodou nutnost tlakového režimu provozu, provozně úspěšně realizován (Švédsko, Německo, Holandsko),
- PSA technologie: technologie využívající adsorpci CO_2 na molekulových sítích, nevýhodou je nižší účinnost a diskontinuální provoz, v provozu úspěšně realizováno zejména v Německu a Švýcarsku
- Aminová (chemická)vypírka: technologie podobná vodní vypírce s aplikací chemikálií, není třeba vysoký tlak pro dostatečnou efektivitu, nevýhodou práce s chemikáliemi, nutnost odstranit z bioplynu H_2S , provozně realizováno v menším počtu
- Kryogenní separace: představuje moderní technologii, nevyžaduje předúpravu bioplynu a je velmi efektivní, nevýhodou je energetická náročnost a vysoká cena, zatím minimum aplikací
- Membránová separace: jedná se o moderní technologii s rychlým vývojem, dosud nedosahuje dostatečnou účinnost z hlediska výtěžnosti biomethanu, nevýhodou je vysoká cena membrán, velkou výhodou je možnost aplikace pro malé systémy s nižšími požadavky na kvalitu

Stávající dostupné systémy úpravy bioplynu na biomethan představují investice v řádech mil. Kč a k jejich rozšíření v ČR dosud nedošlo.

4.2. Digestát

Digestát je produktem anaerobní fermentace biomasy, obvykle se jedná o kapalinu charakteru stabilizované hovězí kejdy využitelnou jako kvalitní organominerální hnojivo.

Množství produkovaného digestátu z bioplynových stanic je dáno základní hmotovou bilancí zařízení bioplynové stanice. Vzhledem k tomu, že jsou obvykle zpracovány materiály s relativně vysokou vlhkostí, je množství digestátu prakticky vždy značné, jelikož vlhkost (voda) se z anaerobního systému neztrácí (nevýznamná část odejde s bioplynnem jako pára).

Ve vztahu k množství vstupujících surovin je digestátu vždy velké množství a nakládání s ním je tak jednou z klíčových otázek návrhu i provozu všech bioplynových stanic.

Využití kapalného digestátu bez úpravy

Digestát je na bioplynových stanicích nejčastěji využíván bez jakékoliv úpravy jako hnojivo. Využití jako hnojiva předpokládá jeho registraci u ÚKZÚZ. Digestát je z BPS produkován kontinuálně. Jeho využití je ovšem možné pouze ve vegetační sezóně. V zimním období, kdy je jeho aplikace (stejně jako aplikace dalších statkových hnojiv) zakázána. Po tuto dobu je kapalný digestát skladován v uskladňovacích nádržích či lagunách.

Pro bioplynové stanice platí povinnost mít zajištěnu skladovací kapacitu pro digestát na 150 dní v roce. Doporučená skladovací kapacita pak je 180 dní.



Obr. 33: Uskladňovací nádrž surového digestátu (Concretebau)

Kapalný surový digestát je možno charakterizovat jako tmavou kapalinu bez zápachu. Sušina se obvykle pohybuje mezi 4 – 10% v závislosti na kvalitě vstupních surovin. Digestát ze zpracování rostlinné biomasy obvykle obsahuje nezpracované části rostlinných těl (obvykle lignocelulózového charakteru), které se již dále v anaerobním prostředí BPS nerozkládají. Tyto části mohou při delším skladování tvořit na hladině digestátu pevné krusty, které je třeba v nádržích rozmíchat.

Digestát je na půdu aplikován běžnými prostředky pro aplikaci kejdy či jiných kapalných statkových hnojiv. Doporučena je aplikace hadicovými aplikátory či jinou technologií bez aktivního rozstřiku zabráňující vzniku nežádoucích aerosolů.

Kapalný digestát je hodnotným hnojivem s příznivým vlivem na půdu. Jeho kategorizace mezi organická hnojiva ovšem není zcela přesná – obsah organických látek v poměru k dusíku není příliš vysoký. Kapalný digestát často je hnojivem se snadno uvolnitelným dusíkem. Při dlouhodobé aplikaci je třeba jej doplňovat běžným organickým hnojením.

Tabulka 4: Využití dusíku ze statkových hnojiv a digestátu (Birkmose et. Al 2009)

	Využití	%N jako N-NH ₄	Využití dusíku rostlinami (%)
prasečí kejda	ozim, jaro	52	45
hovězí kejda	ozim, jaro	74	63
digestát	ozim, jaro	83	80

Zde je ovšem nutno rozlišovat např. digestáty z bioplynových stanic zpracovávajících převážně rostlinnou biomasu a např. bioplynových stanic zpracovávajících větší množství živočišných exkrementů či bioodpadů. Hlavní rozdíly lze u digestátů těchto zařízení pozorovat především u obsahu zbytkových organických látek, který je u bioplynových stanic zpracovávajících rostlinnou biomasu stále značný, ovšem u ostatních bioplynových stanic malý.

Produkce tuhého digestátu

Využití digestátu v jeho původní podobě nemusí být pro provozovatele BPS vždy výhodné z několika hledisek:

- velký objem pro vlastní aplikaci
- velký objem nutný pro skladování

- nízká hnojivá hodnota
- vysoký obsah vody

Pro zvýšení kvality alespoň části digestátu tak je možné realizovat technologii separace digestátu na tuhou část z vyšší sušinou a kapalnou část. Výhodou je jednak získání nového materiálu z vyšší hodnotou tuhého digestátu a také snížení množství produkovaného kapalného digestátu a zvýšení homogenity kapalného digestátu.

Nevýhody produkce tuhého digestátu lze spatřovat zejména v nákladech na energii a zařízení pro jeho produkci, náročnější manipulaci s ním a snížení hodnoty zbytkového kapalného digestátu po separaci.

Pro produkci tuhého digestátu je možné využít některé běžné separační technologie tuhých a kapalných fází. Nejčastěji je využívána technologie kejdových šnekových separátorů. Méně je využívána technologie dekantačních odstředivek. Zcela minimálně jsou pak využívány jiné technologie (zahušťování na odparkách, sítopásové lisy, kalolisy, kalová pole apod.). Surový digestát - tedy směs tekutiny a pevných částic (převážně nezpracované části rostlinných těl), je čerpána do vlastního separátoru, kde ji otáčející se šnek dopravuje do tlačné zóny. Zde je protlačováním přes štěrbinu síta separována tekutina (fugát), zatímco pevné části zůstanou uvnitř síta a postupně jsou vytlačovány ven. Dosažená sušina takto získaného tuhého digestátu může být od 20 do cca 35%. Kvalita jak tuhého, tak vystupujícího kapalného digestátu je regulována jednak tlakem v separátoru, který je regulován závažím působícím na čelo vytlačované tuhé frakce, tak také velikostí ok protlačovacího síta.



Obr. 34: Kejdový separátor při využití

Obsah dusíku v digestátu

Obsah dusíku v digestátu přímo závisí na jeho koncentraci ve vstupních surovinách. Do bioplynu přechází zcela zanedbatelné množství dusíku ve formě N a NH_3 a veškerý dusík zůstává v digestátu jako volný ve formě $N-NH_4$ či vázaný jako organický. Dusičnanový a dusitanový dusík by se v digestátu prakticky neměl vyskytovat (je redukován během anaerobního procesu na N a $N-NH_4$). Pro účel zjištění potřebné plochy půdy pro aplikaci digestátu z BPS je možné konstatovat, že **veškerý dusík přivedený ve vstupních surovinách přechází do digestátu.**

4.3. Elektrická energie

V současnosti představuje elektrická energie hlavní ekonomický produkt bioplynových zařízení. Elektrická energie je produkována obvykle v kogeneračních jednotkách (s pístovými motory, výjimečně turbínami) s připojenými generátory. Elektrická energie je produkována v NN – 400 V. Část je spotřebována v NN pro vlastní provoz BPS, velká většina je ovšem transformována na VN (22 či 35 kV) a prodávána s různou formou podpory OZE do sítě.

Bez podpory OZE je prodej elektrické energie do sítě za běžné ceny silové elektrické energie zcela nerentabilní.

Transformací z NN do VN dochází ke ztrátě cca 2% vyrobené elektrické energie.

4.4. Teplo

Na bioplynových stanicích je teplo produkováno jako vedlejší produkt při výrobě elektrické energie. Využití tepla nebylo vždy prioritou provozovatelů BPS, ovšem od r. 2012 bylo využití alespoň části tepla povinné.

Teplo z KJ je produkováno ve formě horké vody 90/70°C, což částečně určuje a limituje jeho využití.

Teplo je produkováno jednak z chlazení bloku motoru KJ a jednak ve formě spalin. V případě chlazení bloku motoru a mezichladiče stlačeného vzduchu turba se jedná vždy o horkou vodu s teplotou cca 90°C. V případě využití spalin lze uvažovat kromě instalace spalinového výměníku produkujícího rovněž horkou vodu 90°C (nejběžnější řešení) i s přímým využitím horkých spalin (ty mají teplotu cca 450 °C) např. pro účely sušení či výroby páry. Efektivita výroby páry ovšem není vždy zcela efektivní a je vhodná pouze pro větší aplikace (více než 1MWel instalovaného výkonu)

Podíl tepelné energie z chlazení motoru a spalin je cca 55:45%.

5. Lokální využití produktů z výroby bioplynu

5. 1. Obecné principy

5.1.1. Bioplyn

V tomto případě budeme uvažovat možnosti lokálního využití bioplynu pro potřeby obcí a podnikatelských subjektů. V této kapitole bude uvažováno přímé využití bioplynu jeho spalováním v hořácích či upravených kotlích.

Bioplyn lze takto využít k vytápění objektů, přípravě TUV, v hořácích sušících technologiích a dalších aplikacích. Teoreticky lze uvažovat např. i s realizací přímého rozvodu bioplynu do domácností apod.

Všechny tyto aplikace ovšem vykazují zásadní nedostatek z hlediska ekonomiky provozu – neposkytují dostatečnou přidanou hodnotu, zejména v případě zemědělských BPS, kde jsou zpracovány zemědělské suroviny.

V následující tabulce jsou uvedeny příklady využití bioplynu pro vytápění a ohřev a porovnání efektivity jeho využití s dalšími způsoby. Dále je vyhodnocena „cena bioplynu“ vyrobeného fermentací některých materiálů.

Cena bioplynu může být stanovena z nákladů na jeho výrobu. V následující tabulce číslo 7 je uvedena jednoduchá kalkulace ceny bioplynu vyrobeného fermentací cíleně pěstované biomasy. Kalkulace nezahrnuje ostatní náklady (investici, režii BPS apod.). Jedná se pouze o vyčíslení nákladů z hlediska surovin.

Tabulka 7: Kalkulace ceny bioplynu

	výtěžnost plynu	výtěžnost methanu	cena substrátu	Kč/m ³ bioplyn	Kč/m ³ methan	Kč/GJ	Kč/kWh
Kukuřice	205,2	108,756	1100	5,4	10,1	284,9	1,0
Travní senáž	163,8	81,9	650	4,0	7,9	223,6	0,8
Kukuřičná siláž + mrva	167,4	92,07	785	4,7	8,5	240,2	0,9

Lze konstatovat, že cena bioplynu, zejména s ohledem na fakt, že do nákladů není započtena investice a provozní náklady BPS je poměrně vysoká. Důvodem je současná vysoká cena biomasy. Pro dobrou efektivitu BPS je tak nutné zpracovávat i doplňkové suroviny.

Přidanou hodnotu získanou různými způsoby jeho využití je možno vyčíslit následovně:

Tabulka 8: Vyčíslení přidané hodnoty bioplynu

	Výhřevnost bioplynu MJ/m ³	Cena nahrazovaného paliva	Zhodnocení bioplynu Kč/m ³
Bioplyn - výroba tepla (ekvivalent ceny ZP)	18,82	2900 Kč/t	3,764
Bioplyn - výroba tepla (ekvivalent ceny uhlí)	18,82	11 Kč/m ³	5,83
Bioplyn - výroba tepla (ekvivalent ceny EE)	18,82	2,3 Kč/kWh	12,02
Bioplyn - výroba tepla (ekvivalent ceny propanu)	18,82	30 Kč/kg	12,80
Bioplyn, výroba elektřiny 4,12	18,82	-	8,61
Bioplyn výroba elektřiny (podpora OZE 3,50)	18,82	-	7,32
Bioplyn (podpora OZE 2012 AF1 + využití tepla 60%)	18,82	-	10,07
Bioplyn (podpora OZE 2013 + využití tepla 60%)	18,82	-	8,88
Bioplyn - pohon vozidel (ekvivalent ceny nafty)	18,82	33 Kč/l	17,15
Bioplyn - pohon vozidel (ekvivalent ceny nafty – zelená nafta)	18,82	23 Kč/l	11,95

Z uvedené tabulky je zřejmé, že některé způsoby využití bioplynu, především pak pro přímé spalování jsou velmi nevýhodné a ekonomicky neefektivní pouze s ohledem na cenu surovin používaných převážně pro výrobu bioplynu.

5.1.2 Digestát

Využití jako hnojiva

Digestát tuhý i tekutý je jako organické hnojivo zařazen podle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách, mezi tzv. závadné látky. Ten kdo zachází se závadnými látkami je povinen učinit přiměřená opatření, aby nevnikaly do podzemních nebo povrchových vod a neohrožily životní prostředí. To představuje dodržovat při aplikaci digestátu následující opatření, které jsou v souladu s nařízením vlády č. 103/2003 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatření v těchto oblastech např.:

- aplikovat tyto látky pouze na pozemky, kde není provedena meliorace
- je zakázána aplikace na zamokřenou půdu, půdu pokrytou sněhem nebo promrzlou půdu
- při aplikaci digestátu na svážné pozemky se sklonem k vodnímu toku zachovat ochranný pás, kde nebude digestát aplikován

Podle zmocnění v zákonu o vodách a na základě Směrnice Rady 91/676/EHS o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů bylo vydáno Nařízení vlády č. 103/2003 Sb. Podle tohoto nařízení se digestát řadí do dusíkatých hnojivých látek. Může být dále zařazen do hnojiv s rychle uvolnitelným dusíkem, v nichž je poměr uhlíku k dusíku nižší než 10 a do hnojiv s pomalu uvolnitelným dusíkem, v nichž je poměr uhlíku k dusíku roven nebo je vyšší než 10.

Maximální dávka dusíku na 1 ha orné půdy je uvažována 170 kg/ha.

Dále platí následující omezení.

- Zemědělský pozemek s jednoletou plodinou na orné půdě nebo připravený pro založení porostu jednoleté plodiny nesmí být hnojen digestátem s poměrem C:N > 10 v období od 1.6. do 31.7. (výjimkou může být pouze následné pěstování ozimých plodin a meziplodin).
- V případě hnojení pozemku s pěstovanou jednoletou plodinou nebo pozemku připraveného k založení jednoleté plodiny nesmí být hnojení digestátem s C:N < 10 v období 15.11. až 31.1.
- Travní a jetelotravní porosty na orné půdě, louky a pastviny nesmí být hnojeny digestátem s C:N < 10 v období 15.11. až 31.1., kdežto aplikace digestátu s C:N > 10 není časově omezena.
- U trvalých travních porostů se sklonností nad 7° je při hnojení digestátem omezena dávka na 80 kg celkového N/ha.
- Na půdách bez rostlinného pokryvu se sklonitostí nad 12 ° je aplikace tekutého digestátu nevhodná.
- U porostů se sklonitostí nad 7 ° se při aplikaci tekutých digestátů vyžaduje vyloučení hnojení v pásu nejméně 25 m od břehové čáry.

- Na území CHKO nesmí být dávka digestátu vyšší než 40 kg N/ha, na území CHSKO Kokořínsko nesmí být digestát využit pro hnojení TTP.

Přehled omezení aplikace digestátu je v následující tabulce 9:

Tabulka 9: Omezení aplikace digestátu

Typ půdy	Aplikace digestátu
Orná půda do sklonitosti 7°	bez omezení, 170 kgN/ha
Orná půda nad sklonitost 7°	není možno aplikovat v pásu 25 m od vodních toků
Orná půda nad sklonitost 12°	není možno aplikovat kapalný digestát
Trvalý travní porost se sklonitostí nad 7°	do 80 kgN/ha
Trvalé travní porosty CHKO Kokořínsko	do 40 kgN/ha
Meliorovaná půda	není možno aplikovat kapalný digestát

Efektivita aplikace digestátu

1 t digestátu (průměr z 3 BPS zpracovávajících rostlinnou biomasu) obsahuje cca 9% N v sušině. To představuje cca 4,5 kg N v tuně digestátu. 1 kg dusíku v současné době stojí cca 23 Kč (porovnáno s hnojivem DAM 390). To představuje hodnotu digestátu v dusíku cca 115 Kč/t.

Při dodávce 170 kg dusíku na 1 ha orné půdy musí být aplikováno cca 35 tun digestátu, což představuje 2 jízdy cisterny 18 m³. Při nákladech cca 50 Kč/km a dodávce do 5 km tak lze vyčíslit dopravní náklady cca 1000,- Kč. VUZT udává náklady na vlastní polní aplikaci cca 90,- Kč/t, tj. cca 4150,- Kč. Pro dodávku stejného množství dusíku ve formě průmyslového hnojiva jsou jednotkové náklady na aplikaci nižší, ovšem cena hnojiva je vysoká. Při ceně 23 Kč/kg dusíku je možno kalkulovat s náklady cca 3900,- Kč/ha bez dopravy a aplikace. VUZT udává náklady na aplikaci kapalného hnojiva 320,- Kč/ha tj. celkem cca 4290,- Kč. Lze konstatovat, že při odvozu kapalného digestátu do okruhu 5 km od BPS je jeho dávkování efektivnější než dávkování minerálních hnojiv i přes vysoké dopravní náklady.

Ve větší vzdálenosti je pak vhodné aplikovat tuhý digestát.

Výroba tuhého digestátu

Náklady na separaci jsou tvořeny elektrickou energií: ta je spotřebována čerpadlem BPS dopravujícím surový digestát k separátoru a spotřebou vlastního separátoru. Při

středních výkonech BPS cca 0,5 MWel lze uvažovat spotřebu cca 10 kW pro čerpadlo a 3,3 kW pro separátor. Fond pracovní doby separátoru cca 550 hodin za rok. Náklady 8 Kč/t (cena el. energie 1,1 Kč/kWh, kryto vlastní výrobou BPS). Ostatní náklady – obsluha 1 hod denně, 150,- Kč/hod, manipulace 0,5 hod týdně, 1000,- Kč/t, 60,- Kč/t. Náklady na výrobu tuhého digestátu tak dosahují cca 68,- Kč/t bez započtení investice do zařízení.

Náklady na investici do separačního zařízení lze uvažovat ve výši cca 1,5 mil. Kč. Úspora na skladovací kapacitě u BPS cca 0,5 MWel je cca 1000 m³ tj. při ceně objemové jednotky běžných velkokapacitních nádrží (např. Wolfssystem) cca 1100 Kč/m³. Z tohoto hlediska nepřináší separace ekonomický efekt. Efektivita separace z hlediska úspory skladovací kapacity by se tak projevila u větších BPS s výkonem cca 0,8 – 1 MWel a více.

Ekonomický přínos lze spatřovat v potenciální úspoře nákladů na dopravu.

Jiný než finanční přínos potom představuje možnost aplikovat tuhý digestát v lokalitách, kde není možné kapalný digestát využít, případně v jeho využití pro organické hnojení.

Aplikace tuhého digestátu jako hnojiva

1 t digestátu (průměr z 2 BPS zpracovávajících rostlinnou biomasu) obsahuje cca 3% N v sušině. To představuje cca 9 kg N v tuně digestátu. Při ceně dusíku 23,- Kč činí hodnota digestátu v dusíku cca 220,- Kč/t. Tuhý digestát ovšem má významně větší hodnotu jako organické hnojivo. Pro vyčíslení této hodnoty můžeme porovnat obsah org. látek. Poměr C:N tuhého digestátu je cca 15 – 25 : 1. Jako optimální při hnojení org. hnojivem je udáván poměr C:N 20 - 30:1. Hnojení tuhým digestátem tak může přinést i úsporu organického hnojení (mrva, sláma apod.).

Při dodávce 170 kg dusíku na 1 ha orné půdy musí být aplikováno cca 17 tun tuhého digestátu – náklady na výrobu 1156,- Kč, což představuje 1 jízdu velkokapacitního dopravního prostředku. Při nákladech cca 50 Kč/km a dodávce do 10 km tak lze vyčíslit dopravní náklady cca 1000,- Kč/ha. Při vlastním hnojení je ovšem třeba počítat náročnější práci rozmetadla a nakladače. VUZT udává náklady na rozmetání cca 100,- Kč/t. Dále je třeba uvažovat práci nakladače 1 hod, 800,- Kč. Náklady na hnojení 1 ha tuhým digestátem je možno vyčíslit na cca 4656,- Kč/ha. Využití tuhého digestátu jako hnojiva tak je efektivní i ve vzdálenosti cca 10 km od BPS.

Využití jako steliva - náhrada slámy

Ekonomická výhodnost výroby steliva je dána porovnáním s cenou materiálu, který je nahrazován. Tím je obvykle sláma obilovin. Její cena se pohybuje od 600 do 1000,- Kč/t. Spotřeba slámy je cca 5 kg/den/DJ. Spotřebu separátu budeme uvažovat obdobnou vzhledem k jeho vyšší objemové hmotnosti.

Surový tuhý digestát byl vyroben s náklady cca 68,- Kč/t. Pro jeho využití jako steliva je vhodná jeho hygienizace. Nejjednodušším způsobem jejího provedení je

provedení zkráceného kompostovacího cyklu na kompostovacích hromadách – kretech. Postup výroby kompostu je technologicky zvládnutým procesem. V případě aplikace zkráceného cyklu ovšem musíme uvažovat časté překopávání zaklady, přesto lze usuzovat náklady na provedení sterilizace obdobné nákladům na výrobu běžného kompostu – tj. cca 350,- Kč/t (vlastní odhad + zkušenosti z provozu stávajících kompostáren). Celkové náklady na výrobu steliva tak mohou dosahovat cca 418,- Kč/t. Využití separovaného digestátu jako steliva tak je efektivní.

Pokud budeme uvažovat s investicí do zařízení separátoru cca 1,5 mil Kč a zařízení pro provádění kompostování (překopávač, čidla, plachry, v ceně není kompostovací plocha, uvažujeme využití stávajících ploch) cca 0,3 mil. Kč můžeme při provozu cca 500 DJ a ceně slámy 800,- Kč/t očekávat prostou návratnost investice cca 8,5 roku což není příliš efektivní.

Využití tuhého digestátu jako paliva

- Spalování v kotelnách na biomasu

Zásadní technologickou investicí je v tomto případě investice do sušárenské technologie. Dostupné spolehlivé sušárenské technologie jsou poměrně drahé, což se promítá do ceny výsledného produktu.

Uvažujeme investici sušárny s tepelným příkonem cca 500 kWth. Tento výkon postačuje pro sušárnu s výkonem cca 800 t sušeného digestátu na výstupu (2700 t na vstupu).

Investiční náklady lze rozdělit na následující celky:

- sušárna s příslušenstvím: 5,5 mil. Kč
- separátor s příslušenstvím: 1,5 mil. Kč

Provozní náklady jsou tvořeny náklady na údržbu zařízení, obsluhu a energie. Tepelná energie je uvažována zdarma. Náklady jsou vyčísleny v následující tabulce:

Tabulka 10: Bilance nákladů výroby volně loženého paliva z digestátu

Položka	Kč/rok
Vstup - separát 68 Kč/t	184960
Vstup - teplo	0
Elektřina 1,1 Kč/kWh	167200
Obsluha 1/3 úvazek obsluhy	82500
Údržba (1% pořizovací ceny)	55000

Celkem	489660
---------------	---------------

Výstupní materiál je možno zhodnotit za tržní cenu cca 100,- Kč/GJ, která odpovídá ceně např. dřevní štěpky. Při jeho výhřevnosti cca 12 GJ/t tak je možno uvažovat s příjmem cca 960.000,- Kč. Při porovnání s náklady je možné konstatovat, že **provoz není efektivní**, jelikož prostá návratnost dosahuje cca 14 let. Pro zajištění efektivity investice je nutné zhodnotit palivo minimálně v úrovni cca 170 Kč/GJ resp. cca 2000,- Kč/t. To je reálné pouze v případě jeho spalování v kotelně, kde je z čisté biomasy vyráběna kromě tepelné i elektrická energie. Vyšší efektivita může být dosažena zpracováním většího množství digestátu, např. pro záměr cca 1 MWel, kde investice do větší sušárny není dramaticky vyšší, avšak produkce paliva významně narůstá, ovšem při tržní ceně biopaliva nedává investice záruku běžně očekávaných návratností vložených prostředků.

- Spalování v malých zdrojích, výroba granulovaného paliva

Zásadní technologickou investicí je i v tomto případě investice do sušárenské technologie, ta je ovšem doplněna linkou na granulaci biomasy.

Je vhodné uvažovat se zařízením o vyšším výkonu – např. u jednotky BPS s cca 1 MWel výkonu. Ekonomickou bilanci lze potom upravit následovně:

Tabulka 11: Ekonomická bilance výroby peletovaného paliva z digestátu (cca 1 MWel BPS)

Investice: Separátor + pásová sušárna + peletizační linka	14000000	Kč
Cena digestátu	308266,7	Kč/rok
Obsluha 1 nový pracovník	450000	Kč/rok
Servis (2% z ceny ročně)	280000	Kč/rok
Elektrická energie - nákup siloviny z BPS	915200	Kč/rok
Množství sušeného digestátu - vstup	4533,333	t/rok
Množství vysušeného digestátu - výstup	1600	t/rok
Cena digestátu - prodej jako topné pelety	3000	Kč/t
Výnos z prodeje	4800000	Kč/rok
Provozní bilance	3154800	Kč/rok
Prostá návratnost	4,43	roku

Hlavním rizikem při realizaci investice je především uplatnění výstupního peletizovaného paliva na trhu. V případě, že se toto uplatnění podaří nalézt, jedná se o efektivní investici, která využívá prověřené technologie. Relativně dobré předpoklady pro uplatnění takto vyrobeného alternativního paliva dává stávající cenová úroveň peletizovaných paliv v maloobchodních sítích, kde tyto ceny dosahují úrovně cca 5000 – 5800 Kč/t. Ceny briketovaných materiálů pak neklesají pod 4000,- Kč/t. **Využití separovaného digestátu jako peletizovaného paliva či tak hodnotíme jako velmi perspektivní.**

5.1.3. Elektrická energie

Využití elektrické energie v NN

Využití elektrické energie v NN představuje v případě zhodnocení elektrické energie z bioplynových stanic maximálně efektivní postup jejího využití. To platí zejména pro zařízení, která mohou zároveň uplatnit i podporu OZE ve formě zeleného bonusu.

Omezující pro využití v NN je zejména možnost vedení elektrická energie na delší vzdálenost v NN a nutnost budovat v případě tohoto vedení dostatečně dimenzované kabelové vedení.

V oblasti využití energie v NN je možno konstatovat, že při běžné velikosti BPS (cca 0,5 – 0,8 MWe_{el}) není obvykle možné v blízkosti lokality BPS zajistit odběr významnější části elektrická energie v NN.

Na běžných BPS je elektrická energie v NN využívána pro potřeby zemědělských areálů, kde je ovšem spotřeba velmi malá.

Zhodnocení elektrické energie v NN je patrné v následující tabulce 12.

Tabulka 12: Zhodnocení elektrické energie

Kategorie BPS	Úspora za neodebranou elektřinu ze sítě (Kč/kWh)	Zelený bonus (Kč/kWh)	Zhodnocení elektřiny (Kč/kWh)	Zhodnocení bioplynu (Kč/m ³)
AF1 do r. 2012	2,2	3,27	5,47	11,44
AF2 do r. 2012, BPS 2013	2,2	2,73	4,93	10,31
AF1 do r. 2012	2,5	3,27	5,77	12,06
AF2 do r. 2012, BPS 2013	2,5	2,73	5,23	10,93
AF1 do r. 2012	3	3,27	6,27	13,11
AF2 do r. 2012, BPS 2013	3	2,73	5,73	11,98
AF1 do r. 2012	3,5	3,27	6,77	14,15
AF2 do r. 2012, BPS 2013	3,5	2,73	6,23	13,02

V případě nově realizované aplikace je možno uvažovat pouze s náhradou (úsporou) odběru EE ze sítě energií vyrobenou z bioplynu. V případě využití tepla je možno uvažovat ještě s podporou KVET, ta je ovšem nízká.

Tabulka 13: Zhodnocení elektrické energie - nová aplikace

	Úspora za neodebranou elektřinu ze sítě (Kč/kWh)	bonus KVET (Kč/kWh)	doplňková podpora KVET (Kč/kWh)	Zhodnocení elektřiny (Kč/kWh)	Zhodnocení bioplynu (Kč/m ³)
Bioplyn 2014 do 550 kW	2,2	0,14	0,9	3,24	6,77
Bioplyn 2014 nad 550 kW	2,2	0,14	0	2,34	4,89
Bioplyn 2014 do 550 kW	2,5	0,14	0,9	3,54	7,40
Bioplyn 2014 nad 550 kW	2,5	0,14	0	2,64	5,52
Bioplyn 2014 do 550 kW	3	0,14	0,9	4,04	8,45
Bioplyn 2014 nad 550 kW	3	0,14	0	3,14	6,56
Bioplyn 2014 do 550 kW	3,5	0,14	0,9	4,54	9,49
Bioplyn 2014 nad 550 kW	3,5	0,14	0	3,64	7,61

Vedení výkonu KJ v NN je efektivní do vzdálenosti cca 0,5 km.

Využití elektrické energie ve VN

V případě využití elektrické energie ve VN je opět možný její prodej za garantovanou výkupní cenu (do 2013 resp. 2013) případně za cenu silové elektřiny (od 2014). Toto zhodnocení je velmi nízké i v případě využití příplatků a bonusů KVET.

- *BPS (výrobna) do instalovaného výkonu 550 kWel*

V této velikostní úrovni je možné uvažovat s uplatněním základní i doplňkové podpory KVET. Při výrobě elektrické energie tak lze uvažovat s následujícím zhodnocením elektrické energie.

Tabulka 14: Dosažitelná výkupní cena elektrické energie pro zařízení s instalovaným výkonem do 550 kWel od 1.1.2014

Podpora do 550 kWel	do 3000 hod za rok	do 4400 hod za rok	nad 4400 hod za rok
Prodej elektřiny za tržní cenu VT	1440*	1440*	1000
Podpora KVET	1150	750	140
Doplňková podpora	900	900	900
Celkem za MWel	3490	3090	2040

*zvýhodněná cena špičkové energie

- *BPS (výrobna) do instalovaného výkonu 1000 kWel*

V této velikostní úrovni je možné uvažovat s uplatněním pouze základní podpory KVET ovšem ve zvýšené sazbě. Při výrobě elektrické energie tak lze uvažovat s následujícím zhodnocením elektrické energie.

Tabulka 15: Dosažitelná výkupní cena elektrické energie pro zařízení s instalovaným výkonem do 1000 kWel od 1.1.2014

Podpora do 1000 kWel	do 3000 hod za rok	do 4400 hod za rok	nad 4400 hod za rok
Prodej elektřiny za tržní cenu VT	1440	1440	100
Podpora KVET	1150	750	140
Doplňková podpora	0	0	0
Celkem za MWel	2590	2190	1140

Zhodnocení bioplynu je tak v tomto případě zcela nedostatečné.

5.1.4. Teplo

Využití tepla představuje obvykle doplňkovou formu příjmu pro stávající provozovatele bioplynových zdrojů. Jeho využití je komplikováno formou, ve které je teplo k dispozici (horká voda 90/70°C) a jeho malou potřebou na lokalitách, kde je bioplyn produkován.

Využití tepla k vytápění

Využití tepla produkovaného z KJ k vytápění budov patří mezi jeho nejjednodušší a nejnáze realizovatelné aplikace. Problém ovšem je dovedení produkovaného tepla k odběrateli, případně realizace teplovodních rozvodů (pokud ty již nejsou realizovány).

Základním parametrem, zda horkovodné vytápění jednotkou z KJ realizovat je poměrně drahé vedení tepla směrem ke spotřebiteli. Je třeba realizovat horkovodní dvoutrubkové vedení jehož cena se pohybuje mezi 6500 – 8000 Kč/m. To limituje vzdálenost, na kterou je možné teplo z KJ efektivně vést.

Dále je efektivita využití tepla ovlivněna zdrojem tepla, který je teplem z KJ nahrazován.

Pro BPS, které zhodnocují bioplyn v KJ a pracují v režimu podpory OZE představuje prodej tepla pouze doplňkový příjem. Spíše než výše příjmu za toto teplo pro vlastní BPS je nutno kalkulovat návratnost realizace vlastního vedení tepla. Cena nahrazovaného paliva v tomto případě není tak zásadní. (Pro BPS realizované v r. 2013 je využití tepla uznatelným způsobem zároveň velmi důležité s ohledem na cenu elektrické energie).

Pokud budeme uvažovat cenu tepla z KJ danou pouze nutností zajistit dostatečnou návratnost pro realizované vedení tepla, je možné uvažovat s následujícími cenami za teplo:

Tabulka 16: Ceny za teplo

Vzdálenost vedení (km)	Cena za vedení (Kč/m)	Investice (Kč)	Požadovaná návratnost (roky)	Cena tepla dodávka 300 kWth po celý rok (Kč/GJ)	Cena tepla dodávka 150 kWth po celý rok (Kč/GJ)
0,5	7000	3500000	6	66,7	133,4
1	7000	7000000	6	133,4	266,7
1,5	7000	10500000	6	200,0	400,1
2	7000	14000000	6	266,7	533,4

Je zřejmé, že efektivita silně závisí na množství dodávaného tepla a na vzdálenosti na kterou je teplo vedeno. Za efektivní vzdálenost pro realizaci dvoutrubkového vedení tepla považujeme 1 km. Poté je vhodnější realizovat vedení plynové (cca 1500 Kč/m a v místě spotřeby tepla realizovat druhou KJ).

V lokalitách, kde jsou obvykle realizovány zemědělské BPS, je problematické nalézt pro vytápění dostatečný odběr tepla. Modelově je možné uvažovat s dodávkou tepla do administrativní budovy farmy či RD:

Tabulka 17: Ceny za teplo

	Spotřeba tepla (GJ/rok)	Cena tepla (Kč/GJ)	Roční příjem za teplo (Kč)	Smysluplná délka vedení (m)
Roční potřeba RD	100	350	35000	30
Roční potřeba administrativy	400	350	140000	120

Je zřejmé, že přívod tepla je tak efektivní pouze k větším objektům – v úvahu tak připadají např. větší bytové domy, či napojení do stávajících systémů CZT apod., kde bude uplatněno velké množství tepla (více než 300 kWth).

Další využití tepla

Efektivita dalších způsobů využití tepla je dána především přidanou hodnotou a odbytem produktů, které jsou využitím tepla získány. Do efektivity využití tepla se také velmi promítá cena vlastní technologie využití tepla.

- Využití tepla k sušení

Pro využití tepla k sušení je nutné posuzovat jednak efektivitu náhrady ostatních zdrojů energie, které je možné využít jako zdroj tepla pro sušení – zemního plynu, propan-butanu, elektřiny, případně kalkulovat efektivitu využití produktu sušení z jeho prodejní ceny.

Pro vedení tepla z BPS opět platí, že efektivita roste s množstvím využitého tepla. To je problémem např. při sušení zemědělských komodit, které je vázáno na sezónní práce (sklizeň). V praxi je tak třeba pouze pro omezenou dobu velké množství tepla, což je v rozporu se stálou produkcí tepla z KJ na BPS.

Celoroční využití tepla pro sušení tak lze uvažovat např. v dřevovýrobě, kde je teplo z BPS často využíváno či sušení digestátu.

Efektivitu sušení digestátu lze demonstrovat na následujícím příkladu:

Zásadní technologickou investicí je i v tomto případě investice do sušárenské technologie, ta je ovšem doplněna linkou na granulaci biomasy.

Investiční náklady lze rozdělit na následující celky:

- sušárna s příslušenstvím: 5,5 mil. Kč
- paletizační linka: 3,5 mil. Kč

Investice je navýšena o granulační linku pro výrobu pelet z digestátu. Ta vyžaduje častější údržbu a uvažujeme také obsluhu nového pracovníka pouze pro linku zpracování digestátu.

Tabulka 18: Ekonomická bilance výroby peletovaného paliva z digestátu (cca 0,5 MWeI BPS)

Investice: Separátor + pásová sušárna + paletizační linka	9000000	Kč
Cena digestátu	184960	Kč/rok
Obsluha 1 nový pracovník	350000	Kč/rok
Servis (2% z ceny ročně)	180000	Kč/rok
Elektrická energie - nákup siloviny z BPS	607200	Kč/rok
Množství sušeného digestátu - vstup	2720	t/rok
Množství vysušeného digestátu - výstup	800	t/rok
Cena digestátu - prodej jako topné pelety	3000	Kč/t
Výnos z prodeje	2400000	Kč/rok
Provozní bilance	1262800	Kč/rok
Prostá návratnost	7,12	roku

Ekonomická bilance dává relativně dobrý předpoklad pro dosažení efektivity investice. Je nutno konstatovat, že modelový případ je kalkulován pro zařízení na spodní hranci výkonového spektra sušárenské technologie. Je proto vhodné uvažovat se zařízením o vyšším výkonu – např. u jednotky BPS s cca 1MWeI výkonu.

- Využití tepla k další výrobě elektrické energie

Přebytkové teplo z KJ lze využít i k další výrobě elektrické energie. Možností je využití tzv. ORC systému či parního stroje poháněného párou ze spalínového výměníku. Účinnost je poměrně nízká 10 – 15%. Realizované aplikace ovšem neposkytují dostatečnou spolehlivost a provozní efektivitu. Jedním z hlavních důvodů je nemožnost dosáhnout podpory OZE pro tyto zdroje. Pro výrobu bez podpory OZE je pak provoz těchto technologií příliš drahý.

Jako modelový příklad využití tepla pro další výrobu el. energie je možné uvažovat systém realizovaný na cca 1 MW_{el} BPS.

K dispozici je cca celkem 700 kW_{th} tepelné energie, což je dostatečné pro instalaci ORC systému s příkonem cca 650 - 700 kW_{th} a elektrickém výkonu cca 100 kW. Investiční náklady zařízení jsou cca 7.500.000,- Kč. Na tomto zařízení tedy lze produkovat cca 848.000 kWh elektrické energie za rok (8100 provozních hodin). Pro ekonomickou bilanci předpokládáme cca 10 % vlastní spotřeby zařízení, tj. do sítě VN je možno dodat 733.365 kWh elektrické energie (započteny transformační ztráty). Na prodávanou el. energii není možno uplatnit podporu OZE.

Jako provozní náklady je nutno uvažovat především údržbu a servis zařízení. Dodavatel tyto podmínky nspecifikoval, uvažujeme obdobnou náročnost jako u KJ – full servis prováděný za 0,36 Kč/kWh, to představuje náklady cca 305.569,- Kč/rok.

Zařízení tedy vykazuje roční zisk celkem 574.500 Kč, což nezaručuje potřebnou efektivní návratnost.

5.2. Posuzování lokálních podmínek, zejména místních potřeb, limitů a potenciálu rozvoje

Součástí posouzení místních podmínek ovlivňujících realizovatelnost zařízení produkce a využití bioplynu musí být zejména základní požadavky na:

- Surovinovou základnu pro výrobu bioplynu
- Uplatnění digestátu z výroby bioplynu
- Plochu pro realizaci zařízení pro produkci bioplynu
- Kolize se složkami ŽP (obytná zástavba, chráněná území)

Pro další rozvoj v případě, že je zařízení realizovatelné je možno posuzovat blízkost navazujících výrobních spotřebou elektrické energie a tepla, blízkost větších obytných celků (bytové domy, CZT apod.) a průmyslových zón.

Tabulka 19: Navázání výroby se spotřebou EE

Oblast kritérií - 1	Kritérium	Faktor	Druh faktoru	Zdroje	Jedn.	Měrná potřeba zdrojů		pozn.	
Posouzení lokálních podmínek, limity, potenciál rozvoje	Materiálová základna	rostlinná biomasa	kukuřičná siláž	200	ha	0,55	ha/kW _{inst}		
			travní senáž	400	ha	1,6	ha/kW _{inst}		
		zemědělské statkové materiály	kejda	100	DJ	6,7	DJ/ kW _{inst}		
			mrva	100	DJ	3,5	DJ/ kW _{inst}		
		biodpady	komunální	13000	t/rok	26	t/ kW _{inst}		
			průmyslové	10000	t/rok	-			
	Disponibilní plocha pro zařízení	zpracování rostlinné biomasy			0,5	ha	soulad s UP - zemědělská výroba	Doporučený odstup od obytných zón 300 m	
		zpracování biodpadů			1,5	ha	soulad s UP - zařízení pro zpracování odpadů	Doporučený odstup od obytných zón 700 m	
	Uplatnění výstupu	digestát			350 ha		0,6	ha/kW _{inst}	
		elektrická energie	podpora OZE		bez požadavku, vedení VN - přípojný bod do 1 km		1	km	
			bez podpory OZE		stálý odběr v NN 0,5 Mwel		1	km	
		teplo	odběr bioplynu pro spalování		pouze náhrada propanu		3	km	
			vedení tepla z KJ		náhrada ZP		0,3	m/GJ využitý	

5.3. Využitelnost stávajících energetických sítí

V oblasti využití stávajících energetických sítí je možno uvažovat s využitím 3 druhů sítí:

- Využití sítě NN a VN pro rozvod elektrické energie
- Využití sítě rozvodu zemního plynu
- Využití sítě dálkového rozvodu tepla CZT

Využití stávající elektrické sítě

Využití stávající rozvodné sítě NN a VN je v současnosti nejběžnějším způsobem uplatnění elektrické energie vyrobené z bioplynu. Předáním vyrobené elektrické energie z KJ do sítě VN dochází jednak k transformačním ztrátám (cca 2% vyrobené elektrické energie), ovšem hlavní důsledek předání elektrické energie do stávající rozvodné sítě je především ekonomický. Síť VN je provozována spol. ČEZ distribuce, případně EON a.s. a v okamžiku předání elektrického proudu do této sítě je nutno platit poplatek za distribuci elektrické energie. Tento poplatek je vyšší než výrobní cena běžné silové elektrické energie a pro elektřinu vyrobenou z OZE je následně nemožné konkurovat elektřině vyrobené ve velkém z neobnovitelných zdrojů. Využití sítě VN je tak v podstatě podmíněno existencí podpory OZE (v současnosti ukončena).

Využití sítě rozvodu zemního plynu

Využití stávající sítě rozvodu ZP lze realizovat ve 2 variantách.

- Odděleně od sítě odpojením části rozvodu (např. v obci)
- Úpravou bioplynu na kvalitu zemního plynu a jeho vtlačení do sítě

V případě varianty provozu odděleně od rozvodu ZP ovšem s využitím stávající např. nefunkční části distribuční sítě ZP je možno uvažovat i využití bioplynu bez jakékoliv úpravy. Problémem je efektivita využití bioplynu oproti zemnímu plynu. Vzhledem k vypočtené ceně bioplynu (viz. kapitola 6.1.1.) není toto zhodnocení bioplynu v současné době efektivní a to ani v případě, že by nezpůsobovalo vyvolané investice (např. úprava hořáků na kotlích, výměny dalších spotřebičů u spotřebitelů apod.). Takovéto využití stávající sítě si tak lze představit pouze ve zcela výjimečných případech, kdy bude v odběrném místě zajištěno dostatečně efektivní zhodnocení bioplynu (výroba EE a její spotřeba v NN a zároveň vysoké zhodnocení tepla).

Vtláčení upraveného bioplynu nepředstavuje v současné době významný technologický problém. RWE Transgas doporučuje realizovat vtláčení do sítě VTL (tlak 22 bar). Zásadním problémem realizace je opět ekonomika úpravy a vtláčení bioplynu do sítě bez podpory OZE.

Využití sítě rozvodu CZT

Využití v síti CZT je efektivní v závislosti na vzdálenosti od zdroje tepla (BPS) a druhu primárního paliva v systému CZT. V případě, že je do CZT dodáváno teplo v ceně ekvivalentní ceně ZP je možné uvažovat s dodávkou na vzdálenosti popsané v kapitole 6.1.4. Základním předpokladem je odběr dostatečného množství tepla.

Tabulka 20: Využitelnost stávajících E - sítí

Oblast kritérií - 2	Kritérium	Faktor	Poznámka
Využitelnost stávajících energetických sítí	Využitelnost elektrické sítě	NN	nutný ostrovní provoz, odběr do 1 km
		VN	bez omezení, neekonomické
	Využitelnost rozvodu plynu	stávající	neekonomické
		nová	umístění KJ v místě zhodnocení, odběr celého množství elektřiny v NN a tepla, 3 km
	Využitelnost CZT	možnost napojení na CZT, max 2 km	

5.4. Potenciál rozvojových ploch a záměrů podnikatelů

Využití stávajících i potenciálních rozvojových ploch představuje poměrně významnou příležitost pro rozvoj bioplynových technologií. Příležitost je možno hledat jak u stávajících BPS, které jsou již v provozu, tak v případě nových realizací. Napojení na nezávislé decentralizované zdroje energie může představovat dobrou příležitost pro podnikatele, kteří mohou získat konkurenční výhodu odběrem levnějších či snadno dostupných energií z bioplynu.

Pro vedení produktů výroby bioplynu platí pravidla uvedená v kap. 6.1.

Tabulka 31: Potenciál rozvojových ploch

Oblast kritérií – 3	Kritérium	Faktor	jednotka	Poznámka
Potenciál rozvojových ploch a záměrů podnikatelů	Přítomnost výroby bioplynu	BPS zemědělská		
		BPS komunální		
		BPS - čistírna		
		Skládka KO s odplyněním		
	Existence průmyslové zóny	1	Km	Ano – ne
	Existence stávající výroby spotřebovávající elektrickou energii	1	km	Stálý odběr min. 100 – 200 kW
	Existence stávající výroby spotřebovávající teplo	2	km	Stálý odběr min. 300 kWth

5.5. Potenciál teplofikace a lokální plynofikace

5.5.1. Lokální teplofikace a plynofikace bioplynem

Dle ekonomické analýzy zmíněné v kapitole 6.1. a 6.3. je zřejmé, že lokální plynofikace není v současné době ekonomicky realizovatelná. Důvodem je nízká přidaná hodnota přeměny bioplynu pouze na teplo. Lokální plynofikace přichází v úvahu pouze za předpokladu vedení bioplynu do lokality, kde bude vyráběna a spotřebována elektrická energie a teplo ve značném množství.

Teplofikace pak je vhodná prakticky pouze v případech větších odběrů. V praxi tak lze zvažovat její realizaci u větších bytových domů či průmyslových výrobních. Výhodnou variantou pak je navázání teplofikačního vedení na stávající systémy CZT.

Tabulka 32: Potenciál teplofikace a lokální plynofikace

Oblast kritérií – 4	Kritérium	Faktor	Jednotka	Měrné jednotky	Poznámka
Potenciál teplofikace a lokální plynofikace	Realizace lokálního bioplynovodu	3	km		V místě spotřeby zajištěno zhodnocení bioplynu na elektrickou energii a teplo (min. 300 kW)
	Realizace nového CZT	1,5	km	0,3 m/GJ využitý	V místě spotřeby zajištěn odběr tepla (min. 300 kW)
	Napojení na stávající CZT	2	km		v místě předání odběr min. 400 kW

5.5.2. Lokální využití upraveného bioplynu

V kapitole 6.1. bylo demonstrováno, že jednu z nejvyšších přidaných hodnot má využití bioplynu jako paliva v dopravě. Zásadním problémem v této oblasti je ovšem sama realizace zařízení úpravy bioplynu a také relativně malé rozšíření dopravních prostředků na CNG (zejména na venkově).

V případě realizace velkého zařízení úpravy bioplynu je obtížné uvažovat využití veškerého upraveného bioplynu v dopravě, jelikož jeho výroba je kontinuální. Omezený fond pracovního fondu zařízení úpravy bioplynu je pak značně neefektivní s ohledem na vysokou cenu technologie úpravy bioplynu. Skladování stlačeného upraveného bioplynu je zase značně problematické a energeticky náročné (kap. 5.1.2.).

V praxi tak je nutno hledat zařízení menší kapacity, které bude vyrábět menší množství biomethanu v množství odpovídající aktuální potřebě.

V rámci projektu TA03020421 byla v rámci úvodní rešerše řešena problematika zařízení s menší kapacitou pro úpravu bioplynu na kvalitu zemního plynu. V rámci této rešerše bylo zjištěno, že stávající dodavatelé jsou prakticky bez výjimky zaměřeni na dodávku větších zařízení, která jsou pro lokální využití spíše nevhodná.

Jako relativně vhodná byla vyhodnocena např. menší zařízení spol. Metener (FIN) pracující na principu nízkotlaké vodní vypírky s kapacitou cca 5 Nm³/hod. Zařízení vykazuje vysokou účinnost separace CH₄ a CO₂ s minimální ztrátou bioplynu. Cena zařízení je přes jeho menší velikost přesto značná: cca 3,5 mil. Kč pouze za samotné zařízení – tedy např. bez zařízení na skladování plynu, či plnění plynu do nádrží automobilů.

V rámci projektu byla provedena ekonomická bilance využití biomethanu v dopravě, jejíž výstupem je maximální cena technologie úpravy bioplynu cca 3 mil. Kč, což je s dosud dostupnými technologiemi nereálné.

Jednou z cest dosažení lepší ekonomiky je využití technologií nových. Stávající technologie řeší úpravu surového plynu na biomethan s maximální účinností – výstupem je kvalitní biomethan a minimální ztráta methanu při procesu úpravy.

Při lokálním využití ovšem není velké množství biomethanu – speciálně při využití ve vozidlech třeba. Z bioplynu produkovaného běžnou bioplynovou stanicí (cca 5000 – 10000 m³ denně) je možné upravit na biomethan pouze malou část s nízkým požadavkem na účinnost přechodu methanu do biomethanu. V tomto uspořádání by vznikalo menší množství kvalitního biomethanu a velké množství bioplynu s mírně nižším obsahem methanu, který by bylo možné využívat nadále jako palivo v KJ.

Tabulka 33: Převod na množství biomethanu

Bioplynu	6000	m ³
Obsah methanu	54%	
Methan	3240	m ³
Vyrobena biomethanu	240	m ³
Zbýlý methan	3000	m ³
Obsah methanu v bioplynu pro KJ	50%	

Takový zbytkový plyn lze beze změny provozního režimu využívat dále v KJ a část methanu bez problémů využít pro pohon vozidel s vyšší přidanou hodnotou.

Tabulka 34: Oblast kritérií 4

Oblast kritérií – 4	Kritérium	Možnost realizace	Pozn.
Potenciál teplofikace a lokální plynofikace	Realizace úpravny biomethanu	ne	
	Realizace úpravny biomethanu pro pohon vozidel	podmínečně	nutná realizace menší technologie, je nutné přímé uplatnění vyrobeného biomethanu, ve vývoji

5.6. Legislativa

Územní řízení, provádění stavby, kontrola

Vydání povolení k výstavbě vedení produktů bioplynové stanice (bioplyn, elektrická energie, horká voda) se řídí dle zákona **183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu** (stavební zákon).

§ 103 Stavby, terénní úpravy, zařízení a udržovací práce nevyžadující stavební povolení ani ohlášení tohoto zákona vyjmenovává objekty, které ke své realizaci nevyžadují ani stavební povolení, ani ohlášení.

Tento záměr spadá do odstavce (1), písmeno e), čísla 5., 6. A 7., tak je od stavebního úřadu vyžadován pouze územní souhlas, dle § 96 tohoto zákona.

§ 96 Územní souhlas říká v odstavci (3), jak má vypadat žádost o územní souhlas a co k ní má být přiloženo:

- doklady potvrzující vlastnické právo
- vyjádření dotčených orgánů
- stanovisko vlastníků veřejné dopravní a technické infrastruktury
- jednoduchý technický popis s výkresy

Odstavec (4) tohoto paragrafu říká, že pokud jsou splněny podmínky vyjmenované v § 90 tohoto zákona a jsou splněny všechny náležitosti žádosti, tak stavební úřad vydá do 30 dnů rozhodnutí.

Odstavec (7) pak říká, že tento souhlas platí po 2 roky.

§ 90 Posuzování záměru žadatele

V průběhu územního řízení je posuzováno, zda je záměr žadatele v souladu s následujícími podmínkami:

- podle písmen a), b) a c) tohoto paragrafu musí veřejná technická infrastruktura vést přes vhodné pozemky. Nesmí vést přes pozemky vedené v územním plánu jako tzv. neurbanizovatelné
- podle písmena e) tohoto paragrafu je vyžadováno stanovisko dotčených orgánů - podle zákonů 254/2001 Sb. (vodní zákon), 114/1992 Sb. (o ochraně přírody a krajiny), 133/1985 Sb. (o požární ochraně), 86/2002 Sb. (o ochraně ovzduší), 334/1992 Sb. (o ochraně zemědělského půdního fondu), 13/1997 Sb. (o pozemních komunikacích), 20/1987 Sb. (o státní památkové péči), 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví
-

§ 122 Kolaudační souhlas popisuje detaily kolaudace stavby.

Dle odstavce (2) rozhodne stavební úřad do 15 dnů od doručení žádosti o termínu závěrečné prohlídky, která musí být provedena do 60 dnů a dále také určí, které doklady bude vyžadovat ke kontrole.

Podle odstavce (3) stavební úřad kontroluje během prohlídky dodržení podmínek uvedených v § 119 a dále odstavec určuje, že vydání souhlasu by mělo proběhnout do 15 dnů.

§ 119

Stavební úřad při uvádění stavby do užívání zkoumá, zda stavba byla provedena v souladu s územním souhlasem a dokumentací, v souladu se stanovisky dotčených orgánů a zda jsou dodrženy obecné požadavky na výstavbu. Dále zkoumá, zda skutečné provedení stavby nebo její užívání nebude ohrožovat život a veřejné zdraví, život nebo zdraví zvířat, bezpečnost anebo životní prostředí.

§ 124 Zkušební provoz

Dle odstavce (1) tohoto paragrafu může stavební úřad nařídit zkušební provoz na popud dotčených orgánů.

§ 170 Účely vyvlastnění

Rozvody tepla, plynu a elektrické energie jsou brány za veřejnou technickou infrastrukturu a k jejich stavbě je potřeba souhlasu vlastníků pozemků. Když tento souhlas není, lze pozemky podle tohoto paragrafu stavebního zákona vyvlastnit.

ČSN 73 6005 – prostorové uspořádání sítí technického vybavení

Tato norma pojednává o prostorovém uspořádání technického vybavení. Při plánování umístění rozvodů z bioplynové stanice je třeba brát v úvahu pravidla uvedená v této normě, která říkají, v jaké vzdálenosti od stávajících sítí může nové potrubí, kabeláž atd. vést.

Dotčené orgány

Odbor životního prostředí

Je třeba získat vyjádření následujících oddělení:

- vodní hospodářství
- zemědělství
- lesnictví
- myslivosti
- péče o krajinu
- ochrana ovzduší
- odpadového hospodářství

Je třeba podat žádost na odbor životního prostředí, která je doplněná záměrem a projektem a odbor životního prostředí vydá komplexní stanovisko zahrnující vyjádření všech příslušných oddělení. Tento posudek, který je vydán do 30 dnů, je dále podkladem pro stavební úřad pro územní řízení a pro vydání územního souhlasu.

Oddělení vodního hospodářství vydává své vyjádření dle zákona **254/2001 Sb. o vodách.**

§ 17

Dle tohoto paragrafu je třeba k výstavbě nutný souhlas vodoprávního úřadu. Je nutné získat tzv. hydrogeologický posudek, který si musí žadatel zajistit sám, a to od hydrogeologa oprávněného tato povolení udělovat. Tento posudek zohledňuje místní podloží a další faktory a měl by zajistit, že nebude ovlivněna kvalita podzemní vody.

§ 8 Povolení k nakládání s povrchovými nebo podzemními vodami

Tento paragraf by byl důležitý v případě, že by docházelo k vypouštění vod se změněnou kvalitou do vod povrchových. Tato situace by mohla nastat např. v případě vypouštění přebytků horké vody z teplovodních rozvodů. Poté by bylo třeba získat příslušné povolení dle tohoto paragrafu, konkrétně písmena c).

Vypouštěná voda musí splňovat limity, které jsou uvedeny v Nařízení vlády č. **61/2003 Sb.**

Oddělení péče o krajinu se řídí zákonem **114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny.**

Tento zákon řeší ochranu rostlin, živočichů, volně žijících ptáků, významných krajinných prvků a krajinného rázu.

Pokud by nastala situace, že by rozvody vedly přes CHKO, nebo v místě výskytu volně žijících vzácných živočichů nebo rostlin, je třeba žádat o souhlas krajský úřad.

Oddělení ochrany ovzduší se řídí zákonem **201/2012 Sb. o ochraně ovzduší.**

Jakékoliv případné úniky do ovzduší musí splňovat limity, které jsou uvedeny ve vyhlášce **415/2012 Sb.**

Veškeré kontroly provádí Česká inspekce životního prostředí (ČIŽP).

Oddělení odpadového hospodářství se řídí zákonem **185/2001 Sb. o odpadech.**

Při výkopech nutných k realizaci vedení produktů bioplynové stanice vzniká výkopová zemina. Ta se po zasypání výkopů nevyužije všechna a přebytečná zemina je brána jako odpadní materiál. S touto přebytečnou zeminou je pak dále třeba nakládat podle tohoto zákona (např. ji uložit na místech k tomu určených apod.).

Při výrobě bioplynu vzniká také digestát, který se bere jako odpad, ale zároveň je dle zákona **156/1998 Sb. o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd** (zákon o hnojivech) brán jako hnojivo, pokud jsou splněny náležitosti tohoto zákona.

Krajský úřad může kdykoliv provádět kontroly spojené s produkcí odpadů.

Oddělení zemědělství se řídí zákonem **334/1992 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu**

Pokud by část dotčeného území byla vedena jako zemědělská půda, bylo by třeba ji ze zemědělského půdního fondu vyjmout podle tohoto zákona.

Není předpokladem, že by se k projektu vyjadřovala oddělení lesnictví a myslivosti, ale pokud, řídila by se zákony:

- **289/1995 Sb. o lesích**
- **449/2001 Sb. o myslivosti**

Hygienická stanice

Nařízení vlády 148/2006 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací

Hlukové studie či měření hluku vyžaduje hygienická stanice, potažmo stavební úřad jako podklad pro rozhodování při územním, stavebním či kolaudačním řízení, případně při řešení stížností občanů.

V hlukové studii je vyžadováno:

- výkresová dokumentace výrobního prostoru (půdorysy, řezy)
- rozmístění strojního vybavení a dalších významných zdrojů hluku (vzduchotechnika, apod.)
- akustické parametry jednotlivých zdrojů hluku – hladina akustického výkonu nebo hladina akustického tlaku měřená v určité (uvedené) vzdálenosti, využití zdrojů hluku (celková doba chodu zařízení – doba v záběru, volnoběhu, doba odstávky zařízení – čištění, údržba, úklid)
- délka pracovní doby, směnnost, časové snímky využití pracovní směny jednotlivých pracovníků
- dokument vyžadující provedení měření / posouzení hlukových poměrů (obvykle stanovisko hygienické stanice nebo stavebního úřadu)

Toto nařízení vlády rovněž stanovuje nejvyšší přípustné hodnoty hluku v pracovním prostředí, ve stavbách občanského vybavení a ve venkovním prostoru.

Správa a údržba silnic

Zákon 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích

§ 36 Styk dálnice, silnice a místní komunikace s vedeními a s okolím

Podle tohoto paragrafu se správa a údržba komunikací vyjadřuje k projektu tehdy, pokud by nastal případ, že by vedení produktů křížovalo komunikaci. V případě, že je komunikace soukromá, vyjadřuje se k projektu majitel této komunikace.

Hasičský záchranný sbor

Zákon 133/1985 Sb. o požární ochraně

Kdyby došlo k situaci, že vedení produktů křížuje pozemní komunikaci a při výstavbě bude na komunikaci zřízena objížďka, je třeba vyjádření hasičského záchranného sboru. Dále je třeba souhlas Dopravní policie, a to z důvodu umístění značek na zmíněnou objížďku.

Energetický regulační úřad

Podmínky podnikání a výkon státní správy v energetických odvětvích, kterými jsou elektroenergetika, plynárenství a teplárenství upravuje zákon **458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů** (energetický zákon).

§ 3 *Podnikání v energetických odvětvích* v odstavci (3) říká, že na území ČR smí v energetických odvětvích podnikat právnické nebo fyzické osoby pouze na základě udělení licence od Energetického regulačního úřadu.

V § 4 *Licence* je uvedeno, že je tato licence udělována nejvýše na dobu 25 let.

§ 5 *Podmínky udělení licence*

Odstavec (1) tohoto paragrafu uvádí podmínky pro udělení licence fyzické osobě:

- dosažení věku 18 let
- úplná způsobilost k právním úkonům
- bezúhonnost
- odborná způsobilost / ustanovení tzv. odborného zástupce (ukončené vysokoškolské vzdělání technického směru a 3 roky praxe v oboru nebo úplné střední odborné vzdělání technického směru s maturitou a 6 roků praxe v obor)

a také právnické osobě:

žádá-li o udělení licence právnická osoba, musí podmínky podle odstavce (1) písmen a) až c) splňovat členové statutárního orgánu. Další podmínkou je ustanovení odpovědného zástupce.

Podle odstavce (3) musí žadatel o licenci prokázat, že má finanční a technické předpoklady k zajištění výkonu licencované činnosti. Je také povinen doložit vlastnické nebo užívací právo k dotčenému zařízení. Finanční předpoklady není povinen prokazovat žadatel o licenci na výrobu elektřiny, pokud bude instalovaný elektrický výkon výroby elektřiny nižší než 200 kW, nebo žadatel o licenci na výrobu tepelné energie, pokud bude instalovaný tepelný výkon zdroje tepelné energie nižší než 1 MW.

Licence se podle § 7 *Žádost o licenci* uděluje na základě písemné žádosti.

Odstavec (2) upravuje obsah této žádosti pro fyzickou osobu:

- jméno a příjmení, trvalý pobyt, rodné číslo, nebo datum narození a je-li ustanoven odpovědný zástupce, též tyto údaje týkající se odpovědného zástupce
- předmět, místo a rozsah podnikání, seznam provozoven, u licencí na distribuci a rozvod též vymezené území
- požadovanou dobu, na kterou má být licence udělena, a navrhovaný termín zahájení výkonu licencované činnosti

A odstavec (3) pak pro právnickou osobu:

- obchodní název a sídlo právnické osoby, jméno a příjmení, rodné číslo a bydliště osoby nebo osob, které vykonávají funkci statutárního orgánu nebo jsou jeho členy
- předmět, místo a rozsah podnikání, seznam provozoven, u licence na distribuci a rozvod též vymezené území
- identifikační číslo, bylo-li přiděleno
- údaje týkající se odpovědného zástupce
- požadovanou dobu, na kterou má být licence udělena, a navrhovaný termín zahájení výkonu licencované činnosti

K žádosti se dále připojí ostatní náležitosti dle odstavce (4) tohoto paragrafu.

Podle odstavce (5) si Energetický regulační úřad za účelem prokázání bezúhonnosti žadatele vyžádá podle zvláštního právního předpisu výpis z evidence Rejstříku trestů

(6) Energetický regulační úřad si podle tohoto odstavce za účelem prokázání finančních předpokladů (že žadatel nemá evidovány nedoplatky na daních, poplatcích, cle nebo nedoplatky na pojistném na sociální zabezpečení a na příspěvku na státní politiku zaměstnanosti) vyžádá od finančního orgánu, orgánu správy sociálního zabezpečení a orgánu celní správy vydání příslušných dokladů nebo takovou skutečnost ověří v informačním systému veřejné správy. Toto učiní v případě, že žadatel tyto doklady k žádosti o udělení licence nepřipojil. Energetický regulační úřad pak podle § 8 *Udělení licence* rozhodne o udělení licence.

Podle § 23 *Výrobce elektřiny* odstavce (2) písmena a) je výrobce elektřiny povinen se do 30 dnů zaregistrovat u tzv. operátora trhu. Tímto zaregistrováním se výrobce elektřiny stává registrovaným účastníkem trhu s elektřinou.

Podle § 25 *Provozovatel distribuční soustavy*, konkrétně odstavce (10) písmena a) je provozovatel distribuční soustavy povinen stanovit podmínky a termín připojení a umožnit distribuci elektřiny každému, kdo o to požádá, je připojen a splňuje podmínky připojení a obchodní podmínky stanovené Pravidly provozování distribuční soustavy. Toto nemusí provozovatel učinit v případě prokazatelného nedostatku kapacity zařízení pro distribuci nebo při ohrožení spolehlivého a bezpečného provozu distribuční soustavy nebo přenosové soustavy.

Podporu elektřiny, tepla a dalších z obnovitelných a druhotných zdrojů energie upravuje zákon **165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie**.

Podle § 8 *Formy podpory elektřiny* odstavce (1) se podpora elektřiny uskutečňuje buď formou zelených bonusů na elektřinu nebo výkupních cen. Podle odstavce (3) je výrobce povinen zaregistrovat prostřednictvím vykupujícího nebo povinně vykupujícího anebo přímo v systému operátora trhu zvolenou formu podpory elektřiny. Obě formy spolu nelze podle odstavce (4) kombinovat. Konkrétní náležitosti obou variant jsou vypsány v § 9 *Zelený bonus na elektřinu* a § 10 *výkupní ceny*.

Pro dodávku elektrické energie je nezbytné uzavřít tři smlouvy, a to **smlouvu o distribuci, smlouvu o připojení a smlouvu o dodávce elektřiny** (k této smlouvě je třeba předložit licenci a číslo účastníka trhu).

Podle vyjádření Energetického regulačního úřadu nesmí kvalita bioplynu dodávaného do plynárenské distribuční nebo přepravní soustavy ohrožovat spolehlivý a bezpečný provoz těchto soustav.

Dále je třeba uvážit, pro jaký účel má být výsledný bioplyn využit, protože pro různé použití bioplynu platí různé normy určující kvalitu tohoto konkrétního bioplynu. Jako příklad lze uvést normu ČSN 65 6514, která určuje technické požadavky a metody zkoušení pro bioplyn pro zážehové motory.

Možné problémy při realizaci projektu a faktory, které je třeba zohlednit / názor úředníků:

Po konzultaci s úředníky z dotčených orgánů a z vedení obce se nabízí několik následujících problémů, které mohou buď znemožnit realizaci projektu výstavby bioplynové stanice v obci, nebo tento projekt zkomplikovat.

Jako hlavní problém z pohledu obce se jeví nedostatek financí, a to tedy jak financí potřebných pro počáteční investici do realizace projektu, tak byla vyslovena obava o návratnost vynaložených financí.

Dalším problémem je odpor obyvatel, a to hlavně z důvodů jakými jsou zápach a hluk. Proto je pro představitele obce nutné provést dostatečná přidružená opatření (např.: výstavba bioplynové stanice by měla být v dostatečné vzdálenosti od obce) a uspokojivě, srozumitelně a pozitivně občanům projekt prezentovat.

Dále je nutné, aby měla obec zajištěný dostatečný přísun materiálu, který bude bioplynová stanice zpracovávat.

Jistým všeobecným problémem je to, že většina menších a středních obcí nemá s realizací podobných projektů zkušenost, s čímž souvisí i to, že si prozatím neumějí představit všechny problémy, které jsou s takovými projekty spojeny.

5.7. Legislativní a technické bariéry pro místní energetické sítě

Teoreticky realizaci lokálních energetických sítí nic nebrání, pokud jsou splněny „podmínky“. Ty jsou ovšem nastaveny striktně pro model provozu sítě s velkými centrálními zdroji. Pro provoz decentrálních zdrojů tak lze vyhledat následující překážky:

- Chybí právní nástroj na převedení části NN distribuce na soukromí subjekt, který hodlá vytvořit energetické samozásobitelské družstvo s odtržením od distribuce či přenosové soustavy a nebo jen s definicí přestupních hodnot.
- Připojení nového zdroje do sítě je vždy chápáno jako přímá dodávka a ovlivnění sítě v plném rozsahu, s ohledem na síť je tedy problém vytvářet soběstačné soustavy na koncích distribučních linek.
- Celá energetika je vždy ze strany povolujících orgánů chápána jako centralizovaná s nutností zásobování EE od velké elektrárny po poslední místo odběru. Jsou tak nastaveny i bezpečnostní koeficienty, které jsou dost velké např. 2. Pak je vždy nutné všechna vedení a zařízení sítě silně předdimenzovat což realizaci lokálních sítí extrémně prodražuje.

Celkově je nutné změnit náhled na energetiku a najít např. jen limitní dodávku, a nebo limitní odběr. To samé zavést pro celá uzlová soběstačná území a snížit tak potřebu systémových služeb a zálohy dodávky.

5.8. Formy zapojení obyvatel

Zapojení obyvatel je možno spatřovat především ve formě spolufinancování záměrů využití OZE a bioplynu na lokální úrovni, dále např. v dodávce biomasy a bioodpadů občany a např. drobnými zemědělci.

Formy zapojení obyvatel do rozvoje nových možností využití bioplynu a OZE obecně lze rozdělit na 2 části:

- Přímý podíl jednotlivých občanů
- Ovlivnění místních samospráv občany (volby, občanské iniciativy)

Možnost zapojení obyvatel je dána především výhodností nových možností dodávky energií do jejich objektů. Jedná se především o elektrickou energii a teplo.

V diskutovaném využití tepla v rámci kapitoly 6.2. byla provedena kalkulace délky dvoutrubkového vedení tepla z KJ tak, aby byla zajištěna prostá návratnost investice cca 6 let. Z tohoto výpočtu lze vycházet i v případě spolufinancování rozvodu tepla občany. Je nutno kalkulovat, že atraktivita nového způsobu vytápění je vázána na řadu dalších faktorů – jako např. do změny stávajícího způsobu vytápění – např. úpravy horkovodního systému s teplovodním kotlem je relativně nenáročná, ovšem např. v případě náhrady akumulárního vytápění či přímotopného vytápění se jedná o značnou investici, jejíž ekonomická návratnost je problematická. Jednoznačně pozitivní je ovšem ekologické hledisko, zejména v případě náhrady tepelných zdrojů na pevná paliva.

Tabulka 35: Spotřeba a náklady

	Roční spotřeba tepelné energie	Cena tepla - cena ekvivalentní ZP, platba 100 Kč/GJ producentovi	Náklady na realizaci vedení	Délka vedení	Pozn.
	GJ	Kč	Kč	m	
RD	100	250	150000	21,4	
bytový dům (10 bytů)	300	250	450000	64,3	Podíl 1 bytu 45000

Bez dotační podpory pokládáme tento způsob využití tepla i za předpokladu spolufinancování občany či samosprávou za ekonomicky problematický.

6. Opatření pro efektivní využití bioplynu v obci

V předchozích kapitolách byl proveden teoretický rozbor realizace různých opatření, které je možno realizovat v rámci provozu bioplynových zařízení na venkově ve vazbě na provoz zejména zemědělských bioplynových stanic. V následujícím přehledu jsou uvedena jednotlivá opatření v tabelárním přehledu:

Tabulka 37: Opatření pro efektivní využití bioplynu

	Opatření	Efektivita opatření	Pozn.
Opatření pro efektivní využití bioplynu v obci	Realizace ostrovní sítě rozvodu EE vyrobené z bioplynu	Je efektivní v případě, že není nutné budovat celou novou síť. Odpojení části stávající sítě je ovšem velmi problematické	Rozbor v kapitole 5.1.1.
	Realizace lokálního bioplynovodu	Není efektivní, efektivita je zajištěna pouze v případě, že bioplyn bude zaveden do větších objektů v obci (bytové domy, domovy důchodců, školy), kde z něj bude vyráběna elektrická energie a teplo. Využití pro spalování je neefektivní.	Viz. 5.1.1., 5.5.1. a 5.5.2.
	Realizace lokální teplofikace	Není efektivní, vedení tepla je možné realizovat pouze pro velké odběry. Takto velké objekty pro odběr tepla se v běžných obcích nevyskytují.	5.1.4., 5.5.1.
	Realizace návazné výroby využívající výstupy z bioplynové stanice	Je možné realizovat některé technologie, pozitivní dopady na zaměstnanost.	5.1.4., 5.2.
	Sběr bioodpadu jako suroviny pro provoz BPS	Je snadné realizovat, částečné překážky jsou dány především legislativou odpadů. Efekt je především ekologický, nikoliv ekonomický.	

7. Typy návazných výrob, typy zařízení pro využití bioplynu a posouzení jejich využití

Tabulka 38: Návazné výroby pro teplo z BPS

	Druh zařízení a výroby	Zhodnocení tepla	Efektivita	Pozn.
Návazné výroby využívající teplo z BPS	Druhotná výroba elektrické energie	Zhodnocení tepla je dosaženo jeho využitím k další výrobě elektrické energie. Využitelnými technologiemi jsou technologie ORC, klasického parního stroje využívajícího páru vyrobenou ze spalin, případně technologie využívající Stirlingův motor.	Vlastní výroba elektrické energie v těchto zařízeních má podobnou účinnost 10 - 20%. Pro vyrobenou elektrickou energii není možné uplatnit žádnou podporu OZE bez ohledu na rok uvedení do provozu. Toto využití tepla není ze strany ERÚ uznáváno jako efektivní využití tepla.	
	Sušení dřeva	Teplo je využíváno v nízkoteplotních sušárnách pro sušení řeziva	Využití je efektivní, jeho realizace je závislá na místní situaci, poptávce a odbytu sušeného řeziva, což je v některých regionech problematické	
	Sušení digestátu	Teplo je využíváno v nízkoteplotních sušárnách pro sušení tuhého separovaného digestátu	V případě, že je digestát dále spálen, nejedná se o efektivní využití tepla. V případě využití jako hnojiva je uznatelnost efektivního využití tepla rovněž problematická.	5.1.4.
	Vytápění skleníků	Teplo je využito pro dotápění skleníků. Efektivní využití je možno realizovat především v období podzim, jaro. Plný zimní provoz běžných skleníků není reálný.	Teplo je využíváno pouze menší část roku, efektivita spíše problematická, je dána poptávkou po domácích čerstvých produktech.	5.1.1.
	Intenzivní chov ryb	Využití tepla z BPS umožňuje realizaci některých záměrů intenzivních chovu některých rychle rostoucích ryb. Vhodné jsou jak některé sladkovodní, tak mořské druhy. Problém je především komplikovanost zařízení - zařízení obsahuje komplexní jednotku úpravy cirkulované vody.	Efektivita je ovlivněna především investiční náročností a především odbytem produktů, který je ovlivňován konkurencí jiných druhů ryb a především obecně nízkou poptávkou po rybách v ČR.	

Provoz využívající bioplyn a vedlejší produkty z BPS	Spalování bioplynu v KJ	Výroba elektrické energie a tepla, nejběžnější využití bioplynu.	Efektivita je zajištěna dostatečným zhodnocením, to je zajištěno pro zařízení uvedená do provozu do konce roku 2013 podporou OZE, v následujícím období musí být zajištěn zhodnocením výstupů v místě realizace	5.1.1.
	Spalování bioplynu v kotlích	Výroba tepla	V případě spalování bioplynu vyrobeného v zemědělských bioplynových stanicích se jedná o využití neefektivní.	5.1.1.
	Výroba hnojiv z digestátu	Digestát z BPS představuje relativně kvalitní hnojivo. Efektivita jeho využití klesá v případě nutnosti jej aplikovat ve větších vzdálenostech od zařízení BPS. Je možné realizovat zařízení pro jeho zhodnocení - obvykle se jedná o zakoncentrování hnojivých složek (sušení digestátu, jeho zahušťování apod.)	Je využit digestát a teplo z BPS, efektivita ovlivněna možnou neuznatelností využití tepla touto metodou.	4.2., 5.1.4.
Lokální teplovodní síť	Rozvod tepla v běžné obci	Rozvod tepla k objektům RD, dvoutrubkové vedení	Zcela neefektivní, max. délka přípojky 30 m.	5.1.4., 5.8.
	Rozvod tepla - napojení na existující CZT	Je nutný větší odběr	Od určité velikosti velmi efektivní využití tepla	5.1.4., 5.8.
Plnění předčištěného bioplynu do tlakových lahví	Po vyčištění bioplynu (odstranění CO ₂ a nežádoucích příměsí) lze realizovat jeho plnění do tlakových lahví podobně jako CNG.	Z tlakových lahví by byl bioplyn (v tomto případě biomethan) využit k vaření (teplo), případně k pohonu menších dopravních prostředků - např. manipulátory apod.)	Efektivita v případě využití na teplo není zajištěna. Problematická je v tomto případě i konkurence CNG, kde představuje značný problém nikoliv pouze výroba samotného bioplynu, ale i jeho náročná úprava.	5.1.1.



Využití předčištěného pro zemědělské stroje a dopravu	Po vyčištění bioplynu (odstranění CO ₂ a nežádoucích příměsí) lze realizovat využití bioplynu v dopravních prostředcích podobně jako CNG.	Využití upraveného bioplynu v dopravě představuje plně ověřenou technologii.	Efektivita tohoto využití je velmi vysoká (porovnání s fosilními zdroji pohonu). Nedostatkem je dosud vysoká cena technologií úpravy plynu a nedostatek dostupných strojů poháněných CNG/biomethanem, či jejich vysoká cena.	5.5.2.
Výroba biomethanu a vtlačení do stávajícího plynovodu nebo lokálního plynovodu	Po vyčištění bioplynu na kvalitu zemního plynu (biomethanu) je možné realizovat jeho vtlačení do sítě plynového rozvodu.	Ze sítě rozvodu plynu by byl biomethan odebírán a využíván stejně jako zemní plyn.	Vzhledem ke koncovému využití není zajištěna efektivita využití energie. Problémem je i nutnost vtlačet biomethan do VTL vedení či kapacitní STL, které nemusí být v blízkosti zdroje k dispozici.	5.5.1.
BIO CNG/LNG stanice	Po vyčištění bioplynu (odstranění CO ₂ a nežádoucích příměsí) lze realizovat využití bioplynu v dopravních prostředcích podobně jako CNG.	Předpokládá realizaci zařízení úpravy bioplynu na kvalitu zemního plynu a zařízení čerpací stanice CNG/LNG.	Efektivita je velmi dobrá, zásadní je ovšem nedostatek vhodných technologií pro realizaci zařízení ve velikosti odpovídající poptávce (zatím malá) za odpovídající cenu	5.5.2.

8. Závěry

V předchozích kapitolách byly shrnuty základní principy výroby bioplynu a související problematika. Byla provedena rešerše dostupných technologií výroby bioplynu a dále možnosti využití jednotlivých produktů z bioplynových stanic. Na základě těchto poznatků byly formulovány některé předpoklady pro další rozvoj bioplynových technologií a to zejména s ohledem na rozvoj stávajících instalací, tak i případně možnosti realizace instalací nových.

V oblasti rozvoje bioplynových technologií byly posouzeny základní parametry limitující jejich rozvoj a možnosti uplatnění jednotlivých výstupů. Na základě provedených rozborů by mělo být zřejmé, kde je vhodný rozvoj bioplynové technologie a to jak nových realizací, tak stávajících technologií směřující k efektivnějšímu využití výstupů zařízení.

9. Literatura

Straka, F., Dohányos, M., Zábranská, J., Bioplyn, (2003) Gas s.r.o., ISBN 80-7328-029-9, Říčany

Marianna Makádi, Attila Tomócsik and Viktória Orosz, (2012) Digestate: A New Nutrient Source – Review, Research Institute of Nyíregyháza, University of Debrecen, Hungary

Birkmose, T. (2009). 'Nitrogen recovery from organic manures: improved slurry application techniques and treatment – the Danish scenario'. International Fertiliser Society Proceedings,

Internetové stránky www.tzb-info.cz

Burton, C. H. and Turner, C., eds (2003). Treatment strategies for sustainable agriculture, 2nd edn

Internetové stránky www. eru.cz

R. Koutný , J.Slavík, J. Kára (2009) Termické využití separátu po anaerobní fermentaci biologicky rozložitelných odpadů, IGATF– 31130/1312/313103

Kubíček J. (2003), Vlastnosti biopaliv ve vztahu k jejich spalování a zplynování, Energie z biomasy, příspěvek na semináři

Jelínek A., Dědina M., Plíva P., (2010), Výroba plastického steliva pro skot, Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i.