

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Využití bioplynových stanic

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Aleš BLÁHA**
Osobní číslo: **E10B0520P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Využití bioplynových stanic**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište bioplynové procesy, které jsou využívány při výrobě bioplynu.
2. V závislosti na procesech popište technologie, které jsou používány v bioplynových stanicích.
3. Proveďte návrh bioplynové stanice a její ekonomické zhodnocení.
4. Uveďte další možnosti využití bioplynových stanic.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:


Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Zbyněk Martínek, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **17. října 2011**
Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2012**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Plzni dne 6.6.2012

Jméno příjmení

.....

Název práce:

Využití bioplynových stanic

Anotace:

Cílem této bakalářské práce je podat výklad o funkci bioplynových stanic sloužících k výrobě elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Jsou zde popsány procesy, které jsou využívány pro vznik bioplynu, technologie používané v bioplynových stanicích umožňující zpracování bioplynu a také alternativní využití bioplynových stanic či bioplynu. Závěr je věnován stručnému popisu návrhu bioplynové stanice.

Klíčová slova:

bioplyn, bioplynová stanice, anaerobní fermentace, kogenerace

Name:

Use of Biogas Plants

Abstract:

The aim of this bachelor thesis is to provide theoretical background on the function of biogas plants used for electricity generation from renewable sources. The work describes processes which are used to obtain biogas, technologies used for processing biogas in biogas plants and also alternative uses of biogas plants and biogas. The conclusion is devoted to a brief description of a proposal biogas plant.

Key words:

biogas, biogas plants, anaerobic fermentation, cogeneration

Poděkování

Tímto bych rád poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Zbyňku Martínkovi, CSc. a konzultantovi Ing. Davidu Kůsovi za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále bych rád poděkovat Ing. Jiřímu Švostalovi za odborné rady, poskytnutí všech potřebných podkladů a informací pro vypracování mé bakalářské práce a mé rodině.

Obsah

Úvod.....	11
1 Bioplyn.....	12
1.1 Definice bioplynu.....	12
1.2 Vznik bioplynu.....	12
1.2.1 Hydrolýza.....	12
1.2.2 Acidogeneze.....	13
1.2.3 Acetogeneze.....	13
1.2.4 Methanogeneze.....	13
1.3 Vlastnosti a složení bioplynu.....	14
1.3.1 Spalné teplo a výhřevnost.....	15
2 Bioplynové procesy.....	17
2.1 Aerobní fermentace.....	17
2.1.1 Domácí kompostování.....	17
2.1.2 Komunitní kompostování.....	17
2.1.3 Průmyslové kompostování.....	17
2.1.4 Fáze kompostování.....	18
2.2 Anaerobní fermentace.....	18
2.2.1 Suchá anaerobní fermentace.....	18
2.2.2 Mokrý anaerobní fermentace.....	19
2.2.3 Kofermentace.....	19
2.3 Bioplynové procesy.....	20
2.3.1 Substrát.....	20
2.3.2 Doba fermentace.....	20
2.3.3 Teplota procesu.....	21
2.3.4 Výtěžnost bioplynu.....	22
2.3.5 Vliv pH.....	22
2.4 Digestát.....	23
3 Technologie bioplynové stanice.....	24
3.1 Skladovací nádrže.....	24
3.1.1 Přípravná nádrž.....	24

3.1.2	Skladovací nádrž substrátu	24
3.1.3	Koncový sklad	25
3.2	Dávkování substrátu	25
3.3	Fermentor	27
3.3.1	Hlavní fermentor (HF)	28
3.3.2	Koncový fermentor (KF)	29
3.3.3	Průběh uvedení do provozu	30
3.4	Čerpací centrum	31
3.5	Separátor	31
3.6	Plynojem	32
3.7	Sušení bioplynu	33
3.8	Plynové potrubí	33
3.9	Plynový bezpečnostní hořák	34
3.10	Kogenerační jednotka	35
3.10.1	Kogenerační jednotka	35
3.10.2	Generátor	37
4	Návrh bioplynové stanice a ekonomické zhodnocení.....	39
4.1	Provozní režimy BPS	39
4.1.1	Uvedení do provozu.....	39
4.1.2	Normální provoz	39
4.1.3	Odstavení provozu	39
4.2	Vlastní energetická spotřeba BPS	39
4.2.1	Vlastní elektrická spotřeba.....	39
4.2.2	Vlastní tepelná spotřeba.....	40
4.2.3	Energetická spotřeba.....	40
4.3	Technické řešení návrhu vlastní spotřeby bioplynové stanice.....	41
4.4	Vyvedení výkonu z BPS	41
4.5	Napájení vlastní spotřeby	41
4.6	Technologický rozvaděč v objektu provozní budovy (TRPB)	43
4.7	Technologický rozvaděč v objektu separace (TROS).....	43
4.8	Stavební rozvaděč (SEL).....	43

4.9	Elektrický rozvod v areálu BPS	43
4.10	Návrh osvětlení včetně nouzového.....	44
4.10.1	Návrh venkovního osvětlení	44
4.11	Návrh vnitřního a vnějšího uzemnění.....	44
4.12	Ekonomické zhodnocení	45
5	Alternativní využití bioplynu.....	46
5.1	Bioplyn v dopravě	46
5.2	Náhrada zemního plynu	47
5.3	Virtuální elektrárny	47
5.4	Využití tepla	47
5.5	ORC cyklus	49
5.6	Mikrokogenerace.....	49
5.7	Trigenerace.....	50
6	Závěr	52
	Seznam tabulek	54
	Seznam obrázků.....	54
	Použité zdroje:	55
	Seznam příloh	59

Úvod

Mezi alternativní zdroje energie patří energie vyráběné z obnovitelných zdrojů, které mají částečnou nebo úplnou obnovu. Do těchto zdrojů patří především sluneční energie, větrná energie, energie z vody či energie z biomasy. V našich podmínkách připadá v úvahu využití energie z vodních toků a biomasy, přičemž potenciál z velkých vodních elektráren je v ČR prakticky vyčerpán. Využití sluneční a větrné energie nemůžeme z důvodů spolehlivosti dodávky elektrické energie brát v potaz. Bohužel ani jeden z těchto obnovitelných zdrojů nedokáže nahradit tepelné nebo jaderné elektrárny, a proto budou vždy sloužit jen jako doplňkové zdroje elektrické energie.

Akumulační a přečerpávací vodní elektrárny jsou v energetice brány, z důvodů omezeného množství vody, jako pološpičkové a špičkové zdroje elektrické energie. Sluneční elektrárny jsou díky nízké účinnosti fotovoltaických panelů prakticky zbytečné stavět. Pro využití energie z větru nemá ČR vhodnou zeměpisnou polohu.

Z hlediska spolehlivosti a regulovatelnosti je v současné době nejzajímavější vyrábět elektrickou energii z biomasy prostřednictvím bioplynových stanic. Bioplyn, který je potřebný pro výrobu elektrické energie lze získat ze skládek komunálního odpadu. Výhodou bioplynových stanic je využití kogeneračních jednotek, které vyrábí jak elektrickou energii, tak i tepelnou energii, takže tato technologie má vysokou účinnost. Navíc lze využít i vedlejší produkt vzniklý při výrobě. Bioplynové stanice jsou přímo předurčené pro zemědělství a odpadové hospodářství.

Je mnoho odborných publikací na téma bioplyn a bioplynové stanice. Ovšem jen málo z nich se komplexně zabývá celým technologickým procesem pro zpracování biomasy k výrobě a využití tepelné a elektrické energie. Proto tato práce popisuje celý proces zpracování bioplynu od jeho vzniku až po samotnou výrobu elektrické energie.

Návrh bioplynové stanice bude realizován pro jmenovitý elektrický výkon 526kW. V bioplynové stanici uvažujeme s využitím technologického procesu mezofilní mokré anaerobní fermentace se semikontinuálním dávkováním dvoustupňového fermentoru.

1 Bioplyn

1.1 Definice bioplynu

V současné době se odborná veřejnost usnesla, že termín bioplyn bude definovat jako plynný produkt vzniklý anaerobní metanovou fermentací organických látek. Vzhledem k tomu, že se v technické praxi nikdy nesetkáme s ideálním plynem, je bioplyn složen z mnoha různých plynů a chemických látek, přičemž dominantními složkami je metan (CH_4) a oxid uhličitý (CO_2). V ideálním případě je bioplyn tvořen pouze uvedenými plynnými složkami metanu a oxidu uhličitého.[2]

1.2 Vznik bioplynu

Bioplyn je koncový produkt vzniklý prostřednictvím metanogéních autotrofních a hydrogenotrofních mikroorganismů. Zmíněné organismy jsou velmi citlivé na sebemenší koncentraci kyslíku, proto se také nazývají anaerobní mikroorganismy.[6]

Proces organického rozkladu látek za nepřítomnosti kyslíku nazýváme anaerobní fermentace, mnohdy také metanová fermentace. Tento proces je v přírodě samovolný a můžeme se s ním setkat např. v bažinách, skládkách odpadu, kanalizacích atd., a je nejčastěji nazýván podle lokality výskytu např. zemní plyn, důlní plyn, skládkový plyn.[6]

Anaerobní fermentace je složitý biologický proces složený z několika na sobě nezávislých procesů. Pro cílené vyvolání biologického rozkladu se používají různá biotechnická zařízení tzv. bioplynové stanice. Vlastní tvorba metanu je pouze konečná fáze biologické transformace biomasy na bioplyn a fermentační zbytky. V současnosti se anaerobní fermentační proces dělí do čtyř základních skupin mikroorganismů: Hydrolýza, Acidogeneze, Acetogeneze a Methanogeneze.[6]

1.2.1 Hydrolýza

V první fázi je substrát tvořen z vysokomolekulárních látek (bílkoviny, škroby, celulóza). Proto se v tomto případě využívají hydrolytické bakterie, které svými enzymy rozkládají rozpuštěné a nerozpuštěné polymery na monomery. Ve fázi hydrolýzy nevádí přítomnost vzdušného kyslíku, proces probíhá i v aerobním prostředí, proto není nutné, aby

tato část musela být striktně anaerobní, přičemž pro aktivaci procesu musí substrát obsahovat víc jak 50% vody.[6]

1.2.2 Acidogeneze

Produkty vzniklé hydrolýzou jsou dále pomocí acidofilních bakterií rozkládány na jednodušší látky (CO_2 , H_2 , různé kyseliny a nižší alkoholy). Jejich jednotlivé procentuální rozložení je závislé na složení substrátu a na podmínkách procesu fermentace. Proces acidogeneze probíhá plně v anaerobním prostředí.[6]

1.2.3 Acetogeneze

Acetogeneze je třetím stádiem procesu, ve kterém dochází ke štěpení vyšších organických kyselin, než jsou kyselina octová, a dále dochází ke štěpení alkoholů a některých aromatických sloučenin.[6]

Následným produktem jsou kyselina octová (CH_3OOH), oxid uhličitý (CO_2) a vodík (H_2). Díky vzniku vodíku je nezbytné, aby zde byly zastoupeny methanogeny či sulfát redukující bakterie, které právě vodík spotřebovávají. Nedostatečné zastoupení uvedených bakterií v anaerobním systému by způsobilo zpomalení, v nejhorším případě zastavení celého procesu. Vodík zde slouží jako inhibitor celého procesu.[6]

1.2.4 Methanogeneze

Methanogenní bakterie jsou striktně anaerobní. V této fázi anaerobní fermentace dochází k vlastní tvorbě bioplynu.[2]

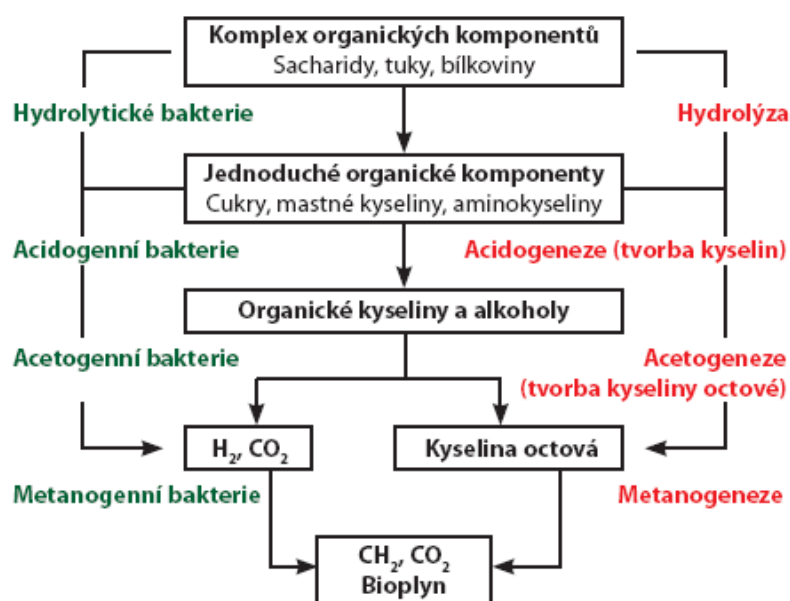
V této konečné fázi jsou substrátem pro methanogenní bakterie zejména jednouhlíkové látky např. metanol, kyselina mravenčí, ale i víceuhlíkové látky např. kyselina octová. Při tomto konečném procesu je kyselina octová nejdůležitější součástí substrátu, vzniká zde 65-95% veškerého produkovaného metanu. Podle složení konečného substrátu lze rozdělit methanogenní bakterie na autotrofní methanogenní bakterie a hydrogenotrofní bakterie.[2]

- Acetotrofní methanogenní bakterie jsou bakterie rozkládající kyselinu octovou. Jak bylo zmíněno, produkce metanu z kyseliny octové dosahuje 65-95%, proto jsou autotrofní bakterie hlavním producentem metanu. Dalším produktem bakterií je oxid uhličitý. Acetotrofní methanogeny jsou ve srovnání s hydrogenotrofními methanogeny

pomalejší v růstu (generační doba je několik dní). Největší výhodou těchto bakterií je schopnost udržovat pH fermentačního média v rovnováze.

- Hydrogenotrofní methanogenní bakterie rozkládají vodík a oxid uhličitý na metan. Hydrogenotrofní methanogeny slouží i jako samoregulátor fermentačního média. Ze systému odstraňují prakticky veškerý vodík, díky čemuž nedochází k inhibici celého systému. Generační doba těchto methanogenů je cca 6 hodin.

Obr. č. 1: Vznik bioplynu



Zdroj: [38]

1.3 Vlastnosti a složení bioplynu

Jak již bylo výše uvedeno, majoritní složkou kvalitního bioplynu je v ideálním případě metan a oxid uhličitý. Při mikrobiálním rozkladu vzniká také malé množství dusíku, oxidu dusného a vysoké množství sulfanu.[5]

Oproti tomu minoritní složka je zastoupena velice pestrou škálou chemických sloučenin. Zastoupení těchto sloučenin je v řádech miligramů na krychlový metr. Množství sloučenin je závislé na mnoha faktorech (složení substrátu, teplota fermentačního média, pH, atd.) a jejich počet se pohybuje v řádech stovek.[5]

Procentuální zastoupení obou hlavních složek je velmi proměnné. Závisí nejen na mikrobionálním rozkladu daného substrátu, ale také na celém technologickém postupu bioplynové stanice. Metan je v bioplynu zastoupen v rozmezí 40-85% objemu a oxidu uhličitého v rozmezí 20-50% objemu.[5]

Tab. č. 1: Elementární složení bioplynu

Metan	CH ₄	40 – 85%
Oxid uhličitý	CO ₂	20 – 50%
Dusík	N ₂	0 – 3%
Vodík	H ₂	0 – 1%
Kyslík	O ₂	0 – 1%
Sulfan	H ₂ S	0 – 2%

Zdroj: [5]

1.3.1 Spalné teplo a výhřevnost

Veškeré vlastnosti spjaté se spalováním bioplynu jsou vysoce náročné na numerické vyjádření a pocházejí z oblasti termodynamiky a termochemie. Proto se v této části budu zabývat pouze základními fyzikálními a chemickými vlastnostmi zejména spalnému teplu, výhřevnosti a mezi výbušnosti.[5]

- Spalné teplo udává množství energie, které se uvolní dokonalým spálením daného množství látky. Oproti výhřevnosti je zde zahrnuto měrné skupenské teplo páry vzniklé spalováním. Hodnota spalného tepla bude vždy vyšší než hodnota výhřevnosti, avšak minimální hodnota spalného tepla bude rovna hodnotě výhřevnosti.
- Výhřevnost je energie uvolněná úplným spálením daného množství látky, přičemž tato hodnota je zmenšena o výpalné teplo vody vzniklé nebo v palivu obsažené. Proto hodnota měrného skupenského tepla páry obsažené ve spalinách je považována jako nevyužitelná a uniká spolu se spalinami.
- Mez výbušnosti se dělí na dolní mez výbušnosti (DMV) a horní mez výbušnosti (HMV):

- **DMV** udává nejnižší koncentraci plynné látky obsažené v kyslíku ($DMVO_2$) nebo ve vzduchu (DMV_A), kde po iniciaci zápalnou jiskrou dojde ještě k vznícení této směsi v uzavřeném prostředí.
- **HMV** udává nejvyšší koncentraci plynné látky obsažené v kyslíku ($HMVO_2$) nebo ve vzduchu (HMV_A), kde po iniciaci zápalnou jiskrou dojde ještě k vznícení směsi v uzavřeném prostředí.

2 Bioplynové procesy

2.1 Aerobní fermentace

Aerobní fermentace, známá pod pojmem kompostování, je biologický proces přeměny biologického odpadu za přístupu vzduchu na kompost. Při tomto procesu je zapotřebí dosáhnout pestré materiálové struktury, abychom dodali dostatečný přístup vzduchu k mikroorganismům. Kompostování můžeme rozdělit do tří kategorií.

2.1.1 Domácí kompostování

Jak je z názvu zřejmé, tento proces probíhá v domácnostech, respektive na zahradách. U tohoto procesu trvá výroba kompostu řádově roky, při použití urychlovačů (přidáním mikroorganismů a enzymů) řádově měsíce. Způsob domácího kompostování je způsobem nejrozšířenějším na vesnicích.

2.1.2 Komunitní kompostování

Jedná se o formu kompostování, na které se podílí skupina lidí. Kompost vzniklý tímto způsobem slouží pouze pro potřeby komunity a je definován zákonem č. 314/2006Sb., kterým se mění zákon č.185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů a zákon č.140/1961 Sb., trestní zákon, ve znění pozdějších předpisů. Do tohoto kompostu lze ukládat pouze rostlinné zbytky z údržby zeleně a zahrad, věci pocházející z domácností (kuchyň) se do komunitního typu kompostu ukládat nesmí.[18]

2.1.3 Průmyslové kompostování

V rámci průmyslového kompostování se biologický odpad zpracovává v centrálních kompostérech. Doba kompostování trvá minimálně 60 dnů, při obsahu více než 40% těžce rozložitelného bioodpadu se doba prodlužuje na minimálně 100 dnů. V tomto časovém horizontu je zapotřebí kompost jednou či dvakrát překopat a interval mezi jednotlivými překopávkami musí být delší jak 21dnů. Do průmyslových kompostů je zakázáno přidávat suroviny, které by po skončení kompostování vykazovaly cizorodý charakter, jako např. Arsen, Kadmium, Chrom, Měď, Nikl atd..[22]

2.1.4 Fáze kompostování

2.1.4.1 Termofilní fáze

V termofilní fázi procesu je zahájen rozklad snadno rozložitelných makromolekul (cukry, škroby, bílkoviny). Posléze se zahájí rozklad těžce rozložitelných látek (celulózy). Je velice důležité zajistit dostatečné provzdušnění, které se provádí překováváním. Optimální teplota termofilní fáze je od 50 do 70°C.[17]

2.1.4.2 Mezofilní fáze

V mezofilní fázi klesá mikrobiologická aktivita, důsledkem toho klesá i teplota na 40 až 45°C. Začínají se zde objevovat drobní živočichové, kteří homogenizují kompost. V mezofilní fázi již není možné blíže specifikovat původ kompostu.[17]

2.1.4.3 Dozrávání

Zastavuje se biologická aktivita, teplota klesá k teplotě okolí a vznikají humusové látky. Ve fázi dozrávání se již kompost nepřekopává, vzniká konečný produkt.[17]

2.2 Anaerobní fermentace

Anaerobní fermentace je druhým způsobem zpracovávání biologického odpadu. Oproti aerobnímu procesu se anaerobní fermentace liší zejména v technologickém procesu.

V anaerobní fermentaci se zabraňuje přístupu vzduchu a proces fermentace se uskutečňuje v tzv. fermentorech, bližší popis je uveden v kapitole 3.3.. Při takto zpracovávaném bioodpadu vzniká bioplyn, ze kterého se vyrábí prostřednictvím kogenerační jednotky elektrická energie a tepelná energie. Jako druhotný produkt fermentace vzniká tzv. digestát, který se využívá jako kvalitní biologické hnojivo.

2.2.1 Suchá anaerobní fermentace

Při procesu suché anaerobní fermentace je použit substrát s množstvím sušiny v rozsahu 30-35%. V tomto rozmezí je produkce bioplynu nejintenzivnější, a to 1.5m³ bioplynu na 1m³ fermentačního procesu. Nejčastěji se v suché anaerobní fermentaci používá mezofilní proces s teplotním rozsahem 35-40°C. Zřídka se zde využívá termofilní proces s teplotním rozmezím 55-60°C. Výhodou tohoto procesu je samotná teplota, která nám zajišťuje hygienizaci

procesu. Termofilní proces se nejčastěji využívá v souvislosti s hygienicky závadným materiálem. Nevýhodou termofilního procesu jsou vyšší tepelné ztráty substrátu. V porovnání s mezofilním procesem je produkce bioplynu vyšší, ale celková produkce metanu je nižší. Proto se v suché anaerobní fermentaci využívá mezofilní mikroflóra.[7]

2.2.2 Mokrý anaerobní fermentace

Mokrý anaerobní fermentace je nejpoužívanějším procesem výroby bioplynu, avšak využívá složitější technologické vybavení a celkový technologický proces. Obsah sušiny v substrátu je ideální v rozmezí 8-10%. Při vyšším obsahu sušiny (10-15%) se musí substrát ve fermentoru více promíchávat, aby nedošlo k sedimentaci. Velmi časté míchání způsobí zvýšení vlastní spotřeby elektrické energie a tím snížení zisku bioplynové stanice. Pokud je obsah sušiny v substrátu ještě vyšší, je nutné substrát naředit, což se provádí vepřovou kejdou, hovězí kejdou nebo kalem z čističky odpadních vod. Naproti tomu při nízkém obsahu sušiny se do substrátu přidává organická hmota s vyšším obsahem sušiny, nejčastěji kukuřičná siláž, senáž, GPS, obilný šrot, fitomasa atd..

Při dodávání fitomasy do substrátu musíme zabránit vstupu materiálu s vyšším obsahem dřevin, docházelo by k shlukování těchto materiálů a tvorbě neprodyšné krusty, která by bránila prostupu bioplynu a tím snížila účinnost celého procesu. Mokrý anaerobní fermentace probíhá v obřích hermeticky uzavřených nádržích, které jsou ještě přihřívány.[21]

2.2.3 Kofermentace

Kofermentace je třetím druhem anaerobního zpracování bioodpadů, v němž je substrát složen z více druhů biomasy. Jednotlivé složky biomasy obsažené v substrátu mají rozdílné reakční podmínky, různé mikrobiologické procesy, různou teplotu, pH, atd. Proto je důležité, aby proces kofermentace byl maximálně vyvážen, což znamená, aby jednotlivé druhy biomasy byly udržovány v přesně daném poměru. Nedodržení daného poměru může způsobit zpomalení, v nejhorším případě úplné zastavení, anaerobního procesu. Oproti tomu při přesném dodržení poměru složení a dávkování substrátu můžeme zvýšit produkci bioplynu a celkovou účinnost fermentačního procesu. Při této anaerobní fermentaci se doporučuje nechat odborníky, popřípadě dodavatele technologie, zpracovat skladbu substrátu.[21]

2.3 Bioplynové procesy

2.3.1 Substrát

Substrátem se nazývá materiál složený z jedné nebo více složek biomasy. Obecně lze substrát rozdělit do dvou kategorií.

- Substrát pro aerobní fermentaci
- Substrát pro anaerobní fermentaci

V substrátu pro aerobní fermentaci, jak bylo výše uvedeno, je důležité dosáhnout pestré materiálové struktury. Pestrost zajišťují materiály typu klestí, ořezy stromů a jimi podobné.

Substráty pro anaerobní fermentaci jsou oproti substrátům pro aerobní fermentaci odlišné ve skladbě složení. Největší rozdíl je v množství sušiny, jejíž obsah by neměl být nižší než 5% a vyšší než 15%. Dolní mez je nastavena spíše z ekonomického hlediska. Bioplynový proces pod touto hodnotou probíhá, ale množství vody obsažené ve fermentoru by bylo příliš velké a výtěžnost bioplynu by se snižovala. Horní mez je nastavena především s ohledem na technické hledisko, neboť obsah sušiny vyšší jak 15% zapříčiňuje špatné mísení či míchání substrátů ve fermentoru. V nejhorším případě by mohlo dojít k vytvoření neprodyšné vrstvy, která zastaví proces fermentace.[3]

Pro vyváženost substrátu je též nezbytný správný poměr mezi uhlíkem a dusíkem. U surovin s obsahem volně vázaného dusíku, přesahující 10% hmotnosti organické sušiny, hrozí kolaps mikrobiálního rozkladu intoxikací mikroorganismů prostřednictvím volného amoniaku. Za stabilizovaný proces se považuje poměr C:N v poměru 20-30:1. Biologický odpad pocházející ze zemědělských chovů je v podstatě optimálním. Za rizikovou surovinu se však považuje vepřová kejda, která má poměr C:N 12-13:1. V tomto směru jsou na tom lépe suroviny rostlinného původu, které mají poměr 20-100:1.[3]

2.3.2 Doba fermentace

Stupeň rozkladu, plynový výkon a výnosnost plynu jsou přímo závislé na teplotě procesu a době fermentace. Při krátkodobé fermentaci se převážně rozkládají snadno rozložitelné složky substrátu, což má za následek vysoký plynový výkon, ale na druhou stranu nízký výnos metanu a nízký stupeň rozkladu. Na rozdíl od toho, při dlouhých dobách

fermentace, která se pohybují od 50 do 80 dnů, klesá plyný výkon, ale zvyšuje se plyný výnos a stupeň rozkladu.[3]

Doba fermentace se přibližně vypočítá tak, že objem nádrže se vydělí množstvím substrátu dodaného do fermentoru. Jak bylo zmíněno, teplota fermentačního procesu má na dobu fermentace velký vliv. Při použití teploty v rozsahu 20 - 25°C je doba fermentace okolo 60 až 80 dnů. V rozmezí teplot 30 - 35°C se doba fermentace zkrátí na 30 až 35 dnů a zvýšením teploty na 45 - 55°C klesá doba fermentace na 15 až 25dnů.[3]

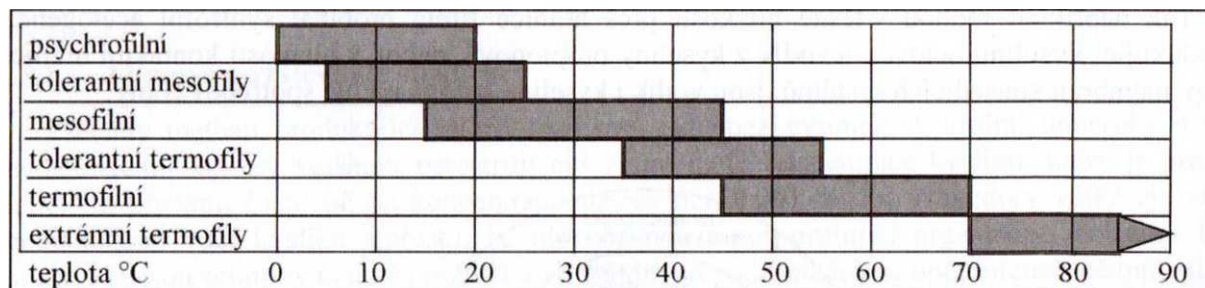
2.3.3 Teplota procesu

Jak bylo výše uvedeno, doba fermentace je velmi závislá na teplotě substrátu ve fermentoru. Platí tedy, čím vyšší teplota procesu, tím kratší doba fermentace a urychlení degenerace substrátu. Zásadní nevýhodou je snížení obsahu metanu v bioplynu. V praxi se využívají tři teplotní oblasti se třemi různými bakteriálními kmeny:[3]

- psychofilní kmen – bakterie žijící při teplotě pod 20°C
- mezofilní kmen – bakterie žijící v rozsahu teplot cca 15 - 45°C
- termofilní kmen – bakterie žijící v rozsahu teplot cca 45 - 70°C.

V průběhu fermentačního procesu může dojít k výkyvům teplot. Mezofilní bakterie jsou schopny denního kolísání teploty o 2-3°C kolem střední hodnoty. Termofilní bakterie takto velké skoky nevydrží, teplotní výkyvy by neměly kolísat více jak o 1°C kolem střední hodnoty. Z toho plyne, čím je vyšší teplota fermentačního procesu, tím jsou bakterie náchylnější na kolísání teploty.[3]

Obr. č. 2: Teplotní rozdělení typů mikroorganismů



Zdroj: [5]

2.3.4 Výtěžnost bioplynu

Anaerobní fermentace je velmi citlivá na změnu skladby substrátu, drastické výkyvy teplot a změnu pH. Uvedené změny vedou k snížení produkce plynu, v nejhorším případě až k zastavení fermentačního procesu. V zemědělských bioplynových stanicích jsou problematické odpadní vody z chovu skotu, kde se používají různé dezinfekční přípravky pro omytí skotu před dojením. Chemické složení substrátu závisí nejvíce na obsahu uhlohydrátů, tuků, proteinů, celulózy atd.[6]

„Výtěžnost metanu je též závislá na oxidačním čísle uhlíkového atomu v molekule substrátu. Každá surovinová skladba má odlišné chemické složení ovlivňující výtěžnost a kvalitu bioplynu. Energie vyprodukovaného metanu je dána kalorimetricky zjištěnou brutoenergií vstupního substrátu sníženou o energii v neodbouratelném organickém podílu a v mikrobiální biomase a dále sníženou o energii spotřebovanou aktivitou mikroorganismů.“
[6, str.30]

Výtěžnost bioplynu lze zvýšit předúpravou substrátu, tzn. zmenšením velikosti částice substrátu, čímž se zvětší povrch pro přístup enzymů a mikroorganismů.

Dalším aspektem, který může ovlivňovat výnosnost bioplynu, je uskladnění substrátu, zejména kukuřiční siláže, senáže, GPS, atd. Zde se ale odborná veřejnost střetává ve svých názorech. Část odborné veřejnosti striktně doporučuje zakrytí skladovacích prostor, aby se zamezilo přístupu vzduchu a vody a tím i zahájení rozkladu. Druhá část odborné veřejnosti s tímto tvrzením příliš nesouhlasí. Kvalitně zhutněný substrát se natolik utěsňuje, že veškerá voda dopadající na povrch substrátu okamžitě steče. Celkové ztráty na takto uskladněném substrátu nepřesáhnou 10 - 12%. V bioplynové stanici v Krásné Hoře nad Vltavou ztráta nepřesáhne cca 8%.[33]

2.3.5 Vliv pH

Vliv pH přímo závisí na acidobazické rovnováze (ABR). ABR je charakterizována jako dynamická rovnováha kyselin a zásad uvnitř mikroorganismů. Z tohoto důvodu jsou některé bakterie velmi citlivé na změnu pH. Rozsah optimálního pH se u bakterií produkujících metan pohybuje v rozsahu pH 6,2 - 7,8. U některých druhů methanogenů, např. *Methanospirillum*, se pH pohybuje v rozsahu 6,5 - 7,5. Obecně platí, že pokud pH klesne pod hodnotu 6,0,

nastává inhibice procesu díky vzniku neionizovaných kyselin, a pokud pH vzroste nad hodnotu 7,6, nastává kvůli nárůstu volného amoniaku inhibice.[5]

V substrátech s obsahem masokostní moučky nebo jiných organických odpadů nastává fermentační proces velmi snadno a s vysokou výtěžností plynu. Při použití organických materiálů může docházet k snadnému předávkování, které zapříčiní nárůst volného amoniaku, zvýšení hodnoty pH a následně zapříčiní pokles produkce bioplynu. Přesná hodnota pH, u níž se produkce zcela zastaví, není přesně definována.[5]

2.4 Digestát

Digestát je zbytkovým materiálem vzniklým v bioplynových stanicích po ukončení fermentačního cyklu. Skládá se ze dvou základních složek: fugátu - kapalné složky a separátoru - pevné části. [25]

- Fugát je tekutý produkt fermentačního procesu a svou strukturou připomíná odpadní vody. Považuje se za nový typ organického hnojiva zmiňovaný v příloze č. 3 vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva. V zemědělských bioplynových stanicích se fugát využívá zejména pro hnojení zemědělských půd. Pokud nelze takto fugát zpracovat, nakládá se s ním jako s odpadní vodou nebo kalovou vodou a lze ho vypouštět pouze do čistíren odpadních vod.
- Separátor, pevná část fermentačního zbytku, je kvalitním organickým hnojivem a stejně jako fugát ho lze aplikovat na zemědělskou půdu. Alternativa využití separátoru může spočívat v jeho použití jako substrátu pro výrobu kvalitního kompostu.

Rozdělení digestátu a jeho následné použití je upraveno právními předpisy uvedenými v příloze H

3 Technologie bioplynové stanice

3.1 Skladovací nádrže

3.1.1 Přípravná nádrž

Přípravná nádrž se zhotovuje proto, že není možné kontinuálně dodávat kejdu přímo ze stáji do fermentoru. Z této nádrže je kejda následně přečerpávána (dávkována) dvakrát až třikrát denně do fermentoru. Je ovšem lepší, když je dávkování častější. V dřívější době se přípravná nádrž využívala zpravidla pro mísení, rozměňování či vyplňování hnoje nebo substrátu. Dnes je ale substrát přidáván přímo do fermentoru.[3]

Objem přípravné nádrže musí být dostatečně dimenzován na přípravnou odstávku bioplynové stanice, nejčastěji se uvádí, že by přípravná nádrž měla být schopna pojmout kejdu za 2 až 3 dny. Z důvodů, že kejda je tekutou částí hnoje, musí být nádrž ošetřena proti průsakům. Plynotěsnost nádrže není nutná. V tomto případě je přístup vzduchu vítán, protože působí na zahájení rozkladného procesu. Díky svým větším rozměrům jsou přípravné nádrže zapuštěny do země a zhotovovány z litého betonu.[3]

3.1.2 Skladovací nádrž substrátu

Skladování substrátu pro bioplynovou stanici se provádí stejně jako skladování krmiva v zemědělské výrobě. Jsou zde stejné technické parametry i technologické postupy. Silážní žlaby, jak se těmto prostorám také říká, se zhotovují na volném prostranství, ohraničené ze dvou nebo ze tří stran. Stěny silážního žlabu tvoří takzvané T nebo A panely, které jsou vysoké 4-6 metrů. Na zem jsou kladeny rovné betonové panely. V zemědělské výrobě je délka senážního žlabu 40-60 metrů a šířka až 18 metrů s celkovou kapacitou až 5000 tun.[27]

Silážování je proces, při kterém je krmivo (v zemědělské činnosti) nebo substrát (v bioplynové stanici) za stálého udusávání ukládán do prostoru k tomu vytvořenému. Takto uskladňovaná surovina se musí dostatečným způsobem zhutnit, aby se zamezilo prostupu vzduchu a vody. Pro zvýšení ochrany se může použít ochranná plachta, kterou je pokryta celá plocha uskladněné suroviny. Uvedený postup lze však použít jen v zemědělské výrobě. U silážních žlabů v bioplynových stanicích, kde rozměry dosahují i 100m délky a 60m šířky,

zmíněný postup realizovat nelze. Pokud bychom se o něj přesto pokusili, naskytuje se zde otázka technologické realizace i finanční návratnosti takové investice.

Silážování je v podstatě zakonzervování substrátu (krmiva), kde konzervačním prostředkem je mléčné kvašení cukru. Při nedodržení správných technologických postupů hrozí degradace uskladněné suroviny.[27]

Obr. č. 3: Silážní žlab v ZD Krásná Hora a.s.



Zdroj: Foto Aleš Bláha

3.1.3 Koncový sklad

Koncový sklad je dvoukomorová železobetonová kruhová jímka, která slouží pro uskladnění fugátu, případně neseparovaného digestátu. Fugát je výstupní surovina po skončení fermentace. Kapacita skladovací nádrže musí být dimenzována tak, aby dokázala pojmout produkci fugátu za dobu delší než 4 měsíce, kdy jsou rostliny ve vegetačním klidu a nesmí se hnojit. Podrobněji se o časovém horizontu uskladnění dočteme ve vyhlášce Ministerstva zemědělství č. 274/1998 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv, ve znění pozdějších předpisů.[34]

3.2 Dávkování substrátu

Jak bylo výše uvedeno, do fermentoru se dodává tekutá a tuhá složka substrátu. Tekutá složka substrátu (kejda) je dodávána do fermentoru pouze dvěma způsoby.

- První způsob využívá výškového rozdílu skladovací nádrže kejdy a fermentoru, kde kejda vtéká samospádem do fermentoru. Využívá se zde princip spojitých nádrží.

Tento způsob dodávání tekutého substrátu se obejde bez energeticky náročných spotřebičů (čerpadel), proto je u BPS preferován.

- Pokud BPS nemůže využít výškového rozdílu přípravné nádrže a fermentoru, je zde zapotřebí využít čerpadla, které přečerpává tekutý substrát přímo do fermentoru. Nevýhoda tohoto dávkování je v samotném čerpadle. Použití čerpadla zvyšuje vlastní spotřebu elektrické energie BPS, a tím snižuje celkovou vyrobenou a prodanou elektrickou energii.

Pro dávkování tuhých substrátů se používá takzvaný dávkovač. Dávkovač je zařízení, které se obecně skládá ze zásobníku, šnekových podavačů, šnekového dopravníku a vážicího zařízení.

- Zásobník podavače je nutné kontinuálně plnit, aby nedošlo k narušení provozu BPS. Plnění se provádí nakladačem a odstup mezi jednotlivými doplňováními závisí na velikosti zásobníku. Plnění musí být zajištěno tak, aby nebyl narušen kontinuální provoz BPS. Ze substrátů je nutné co nejvíce odstraňovat jakékoliv cizorodé předměty či materiály, které by mohly způsobit poškození dávkovače. Avšak opotřebení šnekových dopravníků vlivem jemného písku a šterku se nelze vyhnout.
- V dávkovači se nacházejí dva či více šnekových podavačů. Ty mohou mít dvojí funkce. Nejen, že slouží jako podavače substrátu do šnekových dopravníků, ale substrát dále zpracovávají ve formě drcení či řezání. Tento proces umožní lepší zfermentování substrátu a zvýšení účinnosti celého procesu. Dávkovací šneci jsou řízeni automaticky a spouštějí se v přesně definovaných intervalech. Jednotlivé intervaly a čas chodu dávkovače závisí na zkušenostech obsluhy.
- Šnekové dopravníky slouží pro přepravu substrátu z dávkovače do fermentoru. Substrát je přiváděn pod provozní hladinu ve fermentoru. Je to jednoduché konstrukční zařízení, které je nenáročné na provoz. Základem je trubka kruhového průřezu. Uvnitř se otáčí dopravní spirála na hřídeli. Nevýhodou těchto dopravníků je rychlé podléhání opotřebení stěn a šneku při dopravě abrazivních materiálů.
- Vážicí zařízení slouží pouze pro vážení dávky substrátu dodávaného do fermentoru.

Obr. č. 4: Dávkoваč pevného substrátu



Zdroj: Foto Aleš Bláha

Obr. č. 5: Řezací šnek v dávkovači pevného substrátu

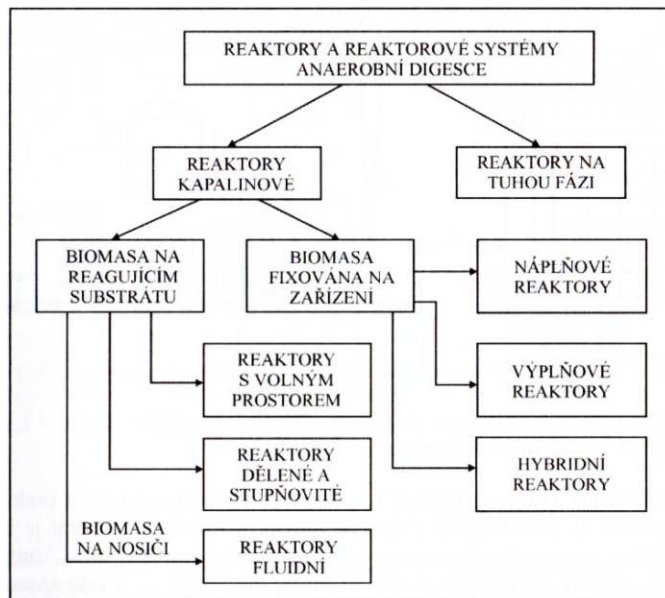


Zdroj: [36]

3.3 Fermentor

Jedná se o zateplené železobetonové nádrže typu kruh v kruhu. Ve většině případů se setkáme s názvem dvoustupňový fermentor; první stupeň nazýváme hlavním fermentorem a druhý koncovým fermentorem. Oba fermentory jsou mezi sebou a koncovým skladem propojeny přepadovým potrubím a čerpacím centrem.

Obr. č. 6: Dělení anaerobních reaktorů (fermentorů) podle typů a systémů



Zdroj: [5]

3.3.1 Hlavní fermentor (HF)

Do hlavního fermentoru ústí šnekový dopravník tuhého substrátu a potrubí pro přívod tekutého substrátu. Tvoří se zde nejvíce bioplynu a jeho objem je v řádech tisíců kubických metrů. Vnější strana fermentoru je opatřena sendvičovými tepelně izolačními panely. Strop je opatřen tepelnou izolací z extrudovaného polystyrénu a hydroizolační fólie.

K zajištění konstantní a přibližně stejné produkce plynu se provádí dávkování vícekrát denně po stejných dávkách. Důležitou součástí hlavního fermentoru je teplovodní oběhové topení, které je upevněno na vnitřní straně pláště vnějšího i vnitřního kruhu a udržuje teplotu fermentoru v optimální oblasti. Ohřev je řízen prostřednictvím teplotního senzoru.

Nejdůležitějším zařízením jakéhokoliv fermentoru jsou pomaloběžná míchadla. Míchadla jsou umístěna v pravidelných rozestupech na kružnici na středním poloměru. Někdy může být fermentor opatřen rezervními instalačními otvory pro možnost změny dispozičního uspořádání míchadel. Míchadla mají hlavní účel homogenizovat a rozložit teplotu po celém obsahu fermentoru. Důležité je i jejich natočení, které nejčastěji bývá okolo 66°. Počet míchadel je závislý na velikosti fermentoru. Provoz míchadel závisí na

zkušenostech obsluhy a obsahu sušiny v substrátu. Čas provozu míchadel se v jednotlivých BPS liší, obecně lze jen říci, že jsou v provozu vždy před dávkováním substrátu, aby se celý obsah fermentoru rozpochyboval, dále pak při samotném dávkování substrátu a následně i po skončení dávkování.

Obr. č. 7: Míchadlo HF



Zdroj: Foto Aleš Bláha

Obr. č. 8: Míchadlo KF



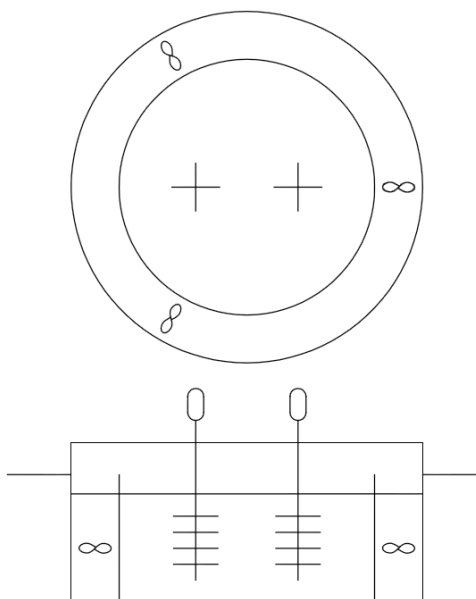
Zdroj: Foto Aleš Bláha

Fermentor dále obsahuje takzvaný sedimentační sběrný kanál, který slouží pro zachycení pevných příměsí či usazenin. Tento kanál je třeba pravidelně kontrolovat a čistit. Jednotlivé intervaly jsou nastaveny podle potřeby provozu.

3.3.2 Koncový fermentor (KF)

Koncový fermentor, někdy nazývaný i jako dofermentor, je tvořen vnitřním prstencem fermentační nádrže. Je to druhý stupeň fermentace, ve které vzniká 10 – 15% produkce bioplynu. Přívod substrátu je realizován buď prostřednictvím přepadu z hlavního fermentoru, nebo nuceně pomocí centrálního čerpadla. V dofermentoru není standardně umístěno teplovodní přihřívání. Jeho ohřev je realizován přes stěnu druhého stupně fermentoru, přes kterou prochází dostatečně velké množství tepla z hlavního fermentoru. Odvod digestátu je řešen prostřednictvím přepadu.

Obr. č. 9: Fermentor typu „kruh v kruhu“



Zdroj: Aleš Bláha

3.3.3 Průběh uvedení do provozu

Na počátku procesu je napuštěn hlavní fermentor. Nejčastěji je naplňován hovězí kejdou. Méně časté, ale z hlediska urychlení uvedení BPS do provozu, je napouštění fermentoru digestátem z jiné BPS. V nejhorším případě se fermentor napouští vodou.

Takto napuštěný fermentor je postupně ohříván na provozní teplotu. Ohřev se provádí externími tepelnými zdroji. Nejčastěji je ohřívání fermentoru prováděno prostřednictvím nahřívací kolony, ta spaluje plyn (butan). Nevýhodou tohoto procesu je cena. Cena za spotřebovaný plyn a zapůjčení kolony se pohybují v řádech několika set tisíc korun. Druhým způsobem ohřívání, se kterým se setkáme především v zemědělských BPS, je využívání práškových kotlů na uhlí, kterými obvykle zemědělské objekty disponují. Cena za uhlí mnohdy nevystoupá ani k 50% ceny provozu nahřívací kolony. Zřídka se využívá nahřívání fermentoru prostřednictvím elektrické energie. Nahřívání fermentoru o objemu několika tisíců kubických metrů je ekonomicky velice nerentabilní.

Při postupném ohřívání se obsah fermentoru promíchává, aby teplota ohříváného média byla rovnoměrná. Je doporučeno, aby se teplota ve fermentoru zvyšovala o 1°C za den, ale při

tak velkých objemech je dosažení této hodnoty velmi obtížné. Proto se doporučuje, aby se BPS uváděla do provozu v letních měsících. Teplota topného potrubí uvnitř fermentoru nesmí přesáhnout 80°C. Celý proces ohřívání fermentoru na provozní teplotu trvá cca 6 týdnů.

Poté, co je dosažena optimální teplota, se začne dávkovat substrát. Vzniklý bioplyn se nejprve spaluje prostřednictvím bezpečnostního plynového hořáku. Poté, co se kvalita a množství bioplynu zvýší, začne se spalovat pomocí kogenerační jednotky. Uvedení do plného provozu BPS trvá i 4 měsíce.

3.4 Čerpací centrum

Čerpací centrum je centrální čerpací systém spojující nádrže BPS, který umožňuje přečerpávání materiálů mezi jednotlivými nádržemi BPS. Čerpací centrum využívá tři možnosti přečerpávání.

- Z příjmové jímky do hlavního fermentoru, dofermentoru, koncového skladu
- Z hlavního fermentoru do dofermentoru, koncového skladu
- Z dofermentoru do hlavního fermentoru, koncového skladu

Čerpáním z dofermentoru do hlavního fermentoru umožníme tzv. recyklaci provozní kapaliny, kdy je část digestátu použita k ředění vstupního substrátu.[3;10]

3.5 Separátor

Separátor je zařízení oddělující od sebe tekutou a tuhou část. Obě části jsou dopravovány do oddělených skladovacích zařízení. Kapalná část (fugát) putuje potrubím do meziskladu a odtud je dále přečerpávána do stávající koncové jímky. Pevná část (digestát) je sypána na vlečku a přepravována do skladu pro digestát. Separátor je umístěn vedle koncové jímky a je zastřešen. Celý objekt pro separování obou částí má dvě nadzemní podlaží. V 1.NP se nachází vlečka na digestát a v 2.NP vlastní separační zařízení. Obě separované části se využívají jako kvalitní přírodní hnojiva.

Obr. č. 10: Budova separátoru



Zdroj: Foto Aleš Bláha

Obr. č. 11: Separátor



Zdroj: Foto Aleš Bláha

3.6 Plynojem

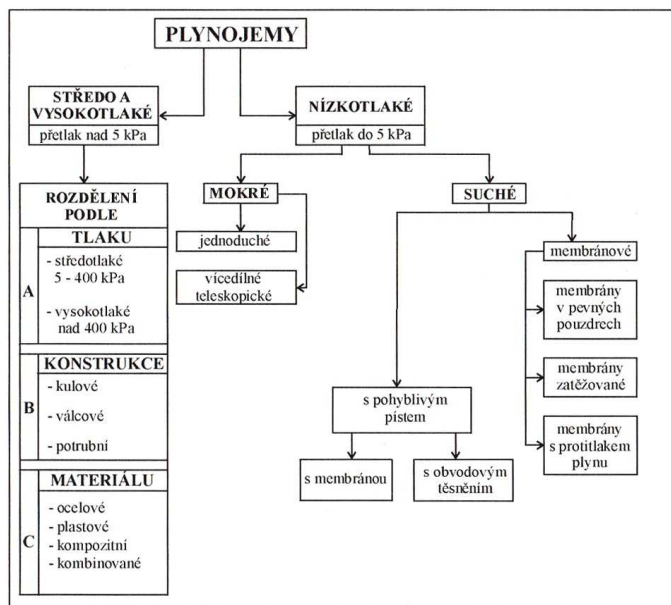
Tvořící se bioplyn se odvádí z hlavního fermentoru do dofermentoru pro zkvalitnění bioplynu (zvýšení obsahu CH_4). Z dofermentoru je bioplyn sváděn plynovým potrubím do kondenzační jednotky, kde kondenzuje vodní pára obsažená v bioplynu. Bioplyn zbaven vodních par je odváděn přímo do externího plynojemu. V plynojemu se bioplyn hromadí, aby nedocházelo ke kolísání množství a jeho tlaku, a následně je převáděn do kogenerační jednotky. Přívod plynu do kogenerační jednotky je nucený přes plynové dmychadlo. Plynové dmychadlo zajišťuje konstantní přívod bioplynu jak pro kogenerační jednotku, tak i pro bezpečnostní hořák.[23]

Plynojemy používané u bioplynových stanic můžeme rozdělit:

- podle konstrukčního materiálu na: kovové, plastové, gumotextilní a kombinované,
- podle provozního tlaku na: nízkotlaké (< 50 kPa), středotlaké (1 až 2 MPa), vysokotlaké (15 až 35 MPa).

U BPS v zemědělství se používají převážně gumotextilní dvouplášťové plynojemy nebo gumotextilní vaky, které jsou především umístěny v betonovém válci. Tyto plynojemy jsou nejčastěji nízkotlaké a středotlaké, můžeme se ale i setkat s podtlakovými plynojemy, kde je bioplyn vysáván dmychadlem.[23]

Obr. č. 12: Typy plynojemů



Zdroj: [5]

3.7 Sušení bioplynu

Sušení bioplynu (odloučením vodní páry od bioplynu) se provádí několika způsoby. Jedním ze způsobů je ochlazení bioplynu pod rosný bod vodní páry a zpětný ohřev. Mechanické nečistoty, které bioplyn obsahuje, spolehlivě odplaví kondenzát. Druhým způsobem je umístění odlučovačů vodní páry do plynového potrubí. Tyto odlučovače jsou situovány v nejnižším bodě plynového potrubí, aby do nich mohly kondenzované páry samospádem stékat. Takto nahromaděný kondenzát je přečerpáván do příjmové jímky nebo přímo do fermentoru.[31]

3.8 Plynové potrubí

Plynové potrubí vedoucí z plynojemů do kogenerační jednotky je opatřeno hlavním ručně ovládaným plynovým ventilem nebo elektromagnetickým ventilem. Oba bezpečnostní prvky jsou umístěny uvnitř provozní budovy bezprostředně za kompresorem. Na plynovém potrubí jsou umístěny plynoměr a analyzátor plynu, které se nacházejí rovněž v provozní budově.

Plynové potrubí, vedoucí k bezpečnostnímu plynovému hořáku, je rovněž opatřeno ručně nebo elektronicky ovládaným ventilem. V plynovém potrubí u kogenerační jednotky a bezpečnostního plynového hořáku je umístěna též ochrana proti zpětnému zápalu. Před zahájením provozu plynového potrubí je nutné provést zkoušku plynotěsnosti a provést revizi tohoto zařízení oprávněnou firmou či revizním technikem. Z bezpečnostního hlediska je rovněž nutné proškolit obsluhu BPS na plynovém zařízení. Plynové potrubí a spotřebiče k němu připojené podléhají periodickým zkouškám a provozním revizím, které jsou podrobně zapisovány do revizních knih vedených ke každému spotřebiči dle ČSN 38 6405.[11]

3.9 Plynový bezpečnostní hořák

Plynový bezpečnostní hořák je v BPS nutným bezpečnostním zařízením. Slouží k zabránění úniku produkovaného bioplynu do volné atmosféry v době nečinnosti kogenerační jednotky. Jedná se o zařízení pracující s otevřeným hořením a s vysokonapěťovým zapalováním. Nízká produkce emisí produkována při spalování bioplynu hořákem není brána na zřetel. Účinnost moderních bezpečnostních hořáků je vyšší než 98%, což znamená, že směs plynů shoří až na oxid uhličitý a vodu. Hořák se nachází ve volném prostoru nejblíže však 15m od stěn budov. V těchto vymezených prostorách se nesmí vyskytovat žádné předměty, které by mohly způsobit požár. Bezpečnostní hořák je v provozu pouze při uvádění BPS do provozu a samozřejmě i při odstávce BPS. Provoz bezpečnostního hořák v průběhu provozu BPS je zajištěn jen tehdy, je-li nadměrná produkce bioplynu.[13]

Obr. č. 13: Plynový bezpečnostní hořák



Zdroj: Foto Aleš Bláha

3.10 Kogenerační jednotka

3.10.1 Kogenerační jednotka

Elektrická energie bude vyráběna pomocí upraveného zážehového motoru spalující bioplyn. Motor je osazen turbodmychadlem vhánějícím palivovou směs, kompresorem palivové směsi, chladič palivové směsi a elektricky řízenou úpravou palivové směsi. Spalovací motor kogenerační jednotky (dále jen KGJ) musí být ochlazován. Získaná tepelná energie z motoru bude využita pro pokrytí tepelných ztrát fermentoru, případně pro vytápění areálu. Nespotřebované teplo bude uvolňováno pomocí vzduchových chladičů.

Bioplyn vstupující do KGJ stlačuje kompresor; tím se prudce oteplí a je nutné jej ochladit prostřednictvím chladiče palivové směsi. Chladič palivové směsi se ovládá automaticky z řídicího systému kogenerační jednotky.

Teplonosným médiem v topném okruhu je voda a v chladicím okruhu chladicí médium určené výrobcem technologie.

KGJ a veškeré příslušenství se umísťuje do samostatného objektu. Vzduchové chladiče a chladiče palivové směsi jsou umístěny mimo objekt, avšak v těsné blízkosti strojovny. Hlavními komponenty jsou KGJ a generátor, dále rozvody potrubí, oběhová čerpadla, expanzní nádoby a ventilace. Ruční uzávěry nalezneme na veškerých potrubních okruzích. Okruh pro odvod tepla z KGJ realizujeme prostřednictvím kotlového rozdělovače. Okruhy se vybavují oběhovými čerpadly s regulačními ventily, směšovací armaturou pro možnost regulace teploty topné vody a případně několika trojcestnými ventily s dálkovým ovládním. Potrubí se v nejnižších místech opatřuje odbočkami pro vypouštění a odvzdušnění. Z kotlového kombinovaného rozdělovače se topná voda napojí na hlavní kombinovaný rozdělovač prostřednictvím hydraulické spojky. Hydraulická spojka slouží pro vyrovnávání tlaků. Kotlový kombinovaný rozdělovač je opatřen odbočkami pro napojení okruhu pro vytápění fermentoru, případně pro okruhy na vytápění objektů v blízkosti BPS. Veškeré okruhy připojené k hrdlu hlavního kombinovaného rozdělovače jsou osazeny oběhovými čerpadly, regulačními ventily, zpětnými ventily a směšovacími ventily s ručním či automatickým ovládním. Rozvody tepla jsou řešeny jako uzavřené soustavy, proto musí být osazeny expanzními nádobami s pojistným ventilem a manometrem. Pro možnost dopouštění potrubí se v objektu strojovny nachází přívod provozní vody.

Chladicí zařízení je umístěno mimo prostory strojovny, avšak v těsné blízkosti budovy strojovny, a opatřeno oběhovým čerpadlem s trojcestnou armaturou. Potrubí se nachází zčásti uvnitř objektu a zčásti vně objektu a musí být odizolováno, aby nedošlo k popálení obsluhy.

Výfuk spalin z kogenerační jednotky se napojuje na tlumič hluku, případně tepelný výměník, a je vyveden do venkovního prostoru. Celý výfukový systém musí být dimenzován na krátkodobé tlakové rázy.

Větrání strojovny zajišťuje přívod spalovacího vzduchu pro KGJ a současně vyvádí sálavé teplo ze strojovny. Větrání strojovny zajišťuje vzduchotechnika. Po uvedení kogenerační jednotky do provozu pracuje následně plně v automatickém režimu.

Řídicí systém průběžně monitoruje celý systém a v případě poruchy nebo nesplnění kritérií pro provoz provede varovnou signalizaci nebo celkovou odstávku. Následné spuštění jednotky do provozu závisí na příčině odstávky.

Obr. č. 14: Kogenerační jednotka



Zdroj: [37]

3.10.2 Generátor

Výrobu elektrické energie zajišťuje automatický trojfázový synchronní generátor.

3.10.2.1 Připojení generátoru k síti

Chceme-li synchronní generátor připojit k distribuční elektrické síti, musíme zajistit, aby v okamžiku připojení generátoru k síti nedošlo k proudovému rázu a k elektromechanickému vyrovnávacímu pochodu. Proces připojení generátoru k síti se nazývá fázování generátoru a provádí se automaticky pomocí synchronizační jednotky. V okamžiku, kdy jsou okamžité hodnoty napětí sítě U_S a napětí generátoru U_G totožné a tato napětí budou mít i stejný časový průběh, dojde k spolehlivému přifázování. Čas potřebný k dodávání plného výkonu KGJ do elektrické sítě od sesynchronizování trvá cca 2 minuty.[12]

3.10.2.2 Podmínky při fázování

1. Okamžité hodnoty napětí sítě U_S a napětí generátoru U_G jsou stejné. Nastavení napětí generátoru na hodnotu napětí sítě se provádí buzením. Napětí sítě a připojovaného generátoru musí být při fázování stejné, neboť rozdíl mezi oběma napětími se při zapnutí projeví jako náraz jalového proudu.

2. Časové průběhy napětí U_S a U_G jsou stejné. Shodné kmitočty jsou důležitější než shodnost napětí. Odchylky se projeví jako náraz činného proudu. Nárazy jsou vyvolány tím, že rotor generátoru se musí urychlit nebo zpomalit, podle toho má-li generátor nižší nebo vyšší kmitočet než daná síť. Tento náraz způsobuje značné mechanické namáhání KGJ a generátoru.

3. Fázový posun mezi napětím sítě U_S a napětím generátoru U_G je minimální, úhlová shoda nutná, jinak vzniká proudový náraz způsobený rozdílem napětí obou fázorů. Rozdíl způsobí vyrovnávací proud, jehož maximální hodnota stoupá s fázovým úhlem.

4. Sled fází generátoru a sítě je stejný.

Pokud je diference při fázování všech tří hodnot, tj. napětí, kmitočtu i úhlu, vyvine každý z nich vyrovnávací proud, který se následně vektorově sčítá. [12]

Synchronizační jednotka musí:

- být navržena tak, aby za provozu nezpůsobila „odstavení kontaktů“
- být dostatečně dimenzována, aby odolávala trvalému plnému zatěžovacímu proudu generátoru
- odolávat častým spínacím cyklům a proudům tvořících se v případě, že generátor nebude sesynchronizován
- být schopna provozu i za podmínek poruchy, například zkratů.

Tab. č. 2: Parametry synchronizační jednotky pro sesynchronizování se sítí:

Rozdíl napětí	+/- 0,5%
Rozdíl frekvence	0,1 Hz/s
Fázový úhel	+/- 10°
Čas sepnutí jednotky	50ms

Sled fází musí odpovídat

Zdroj: Technická dokumentace GE Jenbacher

4 Návrh bioplynové stanice a ekonomické zhodnocení

4.1 Provozní režimy BPS

4.1.1 Uvedení do provozu

Po uvedení fermentoru do provozu (popsáno v kapitole 3.3.3) a dosažení konstantního přísunu bioplynu zahájíme samotné spouštění KGJ. Motor KGJ se startuje stejně jako běžný spalovací motor. Oproti běžným spalovacím motorům se motor z KGJ nesmí hned po startu provozovat na plný výkon, hrozilo by prasknutí bloku motoru. Poté, co bude dosažena provozní teplota, připojí se KGJ prostřednictvím synchronizační jednotky k elektrické distribuční síti.

4.1.2 Normální provoz

V běžném provozu BPS pracuje KGJ 24 hodin denně po celý rok, výjimkou jsou pouze plánované odstávky či údržby. Provozní doba jednotlivých spotřebičů v BPS se pohybuje v minutách až hodinách denně.

4.1.3 Odstavení provozu

Při odstavení se KGJ vypne a bezpečnostní plynový hořák spustí. V případě delší odstávky se sníží množství dávkování substrátu. Množství, o které lze snížit dávkování substrátu, závisí na zkušenostech obsluhy.

4.2 Vlastní energetická spotřeba BPS

Vlastní energetickou spotřebu můžeme rozdělit do dvou kategorií:

- Vlastní elektrická spotřeba
- Vlastní tepelná spotřeba

4.2.1 Vlastní elektrická spotřeba

Vlastní elektrická spotřeba není podceňovanou veličinou, má přímý vliv na celkovou hospodárnost BPS a je tedy nutné vlastní elektrickou spotřebu pečlivě sledovat. V rámci ekonomického zhodnocení se na vlastní elektrickou spotřebu můžeme dívat i jako na spotřebu, která snižuje fakturované množství elektrické energie bez nároku na zelený bonus.

- Vlastní spotřeba KGJ – jedná se o spotřebu nutnou pro provoz KGJ (kompresor palivové směsi, ventilátory chladicích systémů atd.)
- Vlastní technologická spotřeba – jedná se o spotřebu nutnou pro produkci bioplynu (míchadla v hlavním fermentoru a koncovém fermentoru, dávkovače substrátu, podavače substrátu, čerpadla, kompresory atd.)
- Ostatní spotřeba BPS – spotřeba z pohledu produkce bioplynu nedůležitá

Na závěr můžeme říci, že čím vyšší je průměrné využití plného výkonu KGJ, tím nižší je procento vlastní spotřeby BPS.

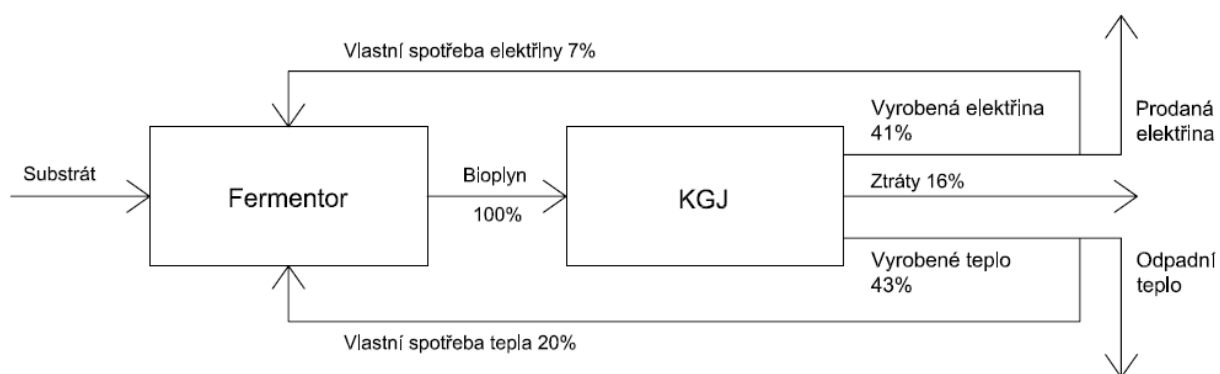
4.2.2 Vlastní tepelná spotřeba

Do vlastní tepelné spotřeby se zahrnuje pouze teplo pro ohřev fermentoru. Možnosti využití tepla z BPS je popsáno v kapitole 5.8 Využití tepla.

4.2.3 Energetická spotřeba

Hlavními výstupními složkami v energetické bilanci jsou teplo a elektřina. Část celkové vyrobené elektrické energie se využije pro vlastní spotřebu BPS a část vyrobeného tepla pro ohřev fermentoru. Energetická bilance je znázorněna na následujícím obrázku.

Obr. č. 15: Energetická bilance



Zdroj: Aleš Bláha

4.3 Technické řešení návrhu vlastní spotřeby bioplynové stanice

Návrh vlastní spotřeby bioplynové stanice respektuje zásady stanovené dle vyhlášky 499/2006 Sb. příl. č. 1 – Dokumentace pro stavební řízení (DSŘ), část Pozemní (stavební) objekty. Je zde popsána část technického řešení.

4.4 Vyvedení výkonu z BPS

Synchronní generátor dodává elektrickou energii do sítě, která je transformována přes výkonový transformátor 22/0,4kV. Návrh transformátoru je v souladu s ČSN EN 60076 Výkonové transformátory. Transformátor je navržen tak, aby byl zatížen maximálně na 75% svého jmenovitého výkonu.

$$z = \frac{\frac{P_{el}}{\cos \varphi}}{S_T} * 100 (\%; kW; -; kVA)$$

- z zatížitelnost transformátoru [%]
Pel elektrický výkon [kW]
cos φ účinník [-]
S_T zdánlivý výkon transformátoru [kVA]

Výkon transformátoru pro BPS musí být dimenzován na výkon kogenerační jednotky. Kabelové vedení pro vyvedení výkonu bude vedeno v chráničové trase k transformátoru.

4.5 Napájení vlastní spotřeby

Rozvaděč vlastní spotřeby bude napájen z odbočky na vyvedení výkonu do distribuční sítě. Nachází se v objektu provozní budovy v rozvodně elektro. Napájení je vedeno pomocí kabelových kanálů. Z rozvaděče jsou napájeny všechny technologické pohony, technologické rozvaděče, stavební (SEL) rozvaděč, SKŘ a EPS. Seznam spotřebičů a výkonové bilance jsou vidět v následující tabulce.

Tab. č. 3: Výkonová bilance:

Normální provoz					
Název		P_{el} (kW)	Režim práce	Soudobost	Přepočítaný P_{el} (kW)
Rozvaděč vlastní spotřeby	Míchací šnek dávkovač	34,09	Občas	0,1	3,40
	Míchací šnek dávkovač	34,09	Občas	0,1	3,40
	Míchací šnek dávkovač	34,09	Občas	0,1	3,40
	Podávací šnek dávkovač	8,52	Občas	0,2	1,70
	Podávací šnek dávkovač	8,52	Občas	0,2	1,70
	Míchadlo hlavní fermentor	12,36	Občas	0,4	4,94
	Míchadlo hlavní fermentor	12,36	Občas	0,4	4,94
	Míchadlo hlavní fermentor	12,36	Občas	0,4	4,94
	Míchadlo koncový fermentor	20,33	Občas	0,2	4,06
	Míchadlo koncový fermentor	20,33	Občas	0,2	4,06
	Centrální čerpadlo	8,52	Občas	0,1	0,85
	Dmychadlo odsíření	8,52	Občas	0,1	0,85
	Čerpadlo vytápění HF	8,52	Občas	0,1	0,85
	Čerpadlo vytápění KF	8,52	Občas	0,1	0,85
	Motor separátoru	2,14	Občas	0,1	0,21
	Míchadlo	8,52	Občas	0,1	0,85
	Čerpadlo fugátu	20,88	Občas	0,1	2,08
	SEL rozvaděč		20,00	Občas	0,1
EPS		1,50	Trvale	1	1,5
SKŘ		1,50	Trvale	1	1,5
Suma		285,72			48,16

Zdroj: Aleš Bláha

4.6 Technologický rozvaděč v objektu provozní budovy (TRPB)

Rozvaděč je umístěn v objektu provozní budovy a má 6 polí, (4 velké pohony a odbočky na další rozvaděče do pole, 8 armatur nebo malých pohonů, přívodní pole = extra pole do pole). Do kabelového prostoru rozvaděče jsou kabely přiváděny a vyváděny spodní stranou. Rozvaděč je koncipován jako jednostranný, oceloplechový rozvaděč. Ovládání vývodů je dle požadavků technologie. Schéma technologického rozvaděče provozní budovy naleznete v příloze E.

4.7 Technologický rozvaděč v objektu separace (TROS)

Rozvaděč je v objektu separace a má 2 pole, (osazení do polí viz technologický rozvaděč). Do kabelového prostoru rozvaděče jsou kabely přiváděny a vyváděny spodní stranou. Rozvaděč je koncipován jako jednostranný, oceloplechový rozvaděč. Ovládání vývodů je dle požadavků technologie. Schéma technologického rozvaděče v objektu separace naleznete v příloze F.

4.8 Stavební rozvaděč (SEL)

Stavební rozvaděč je určen pro napájení elektrických zařízení stavebních objektů. Nejčastěji pro napájení stavební elektroinstalace, vzduchotechniky, zásuvkového obvodu, vnějšího a vnitřního osvětlení atd. Minimální krytí rozvaděče musí být IP44, ovládací panel IP2. Pokud nemohou být dveře rozvaděče trvale zavřeny, musí mít panel krytí IP44. K hlavnímu vypínači rozvaděče musí být vždy snadný přístup. Rozvaděč má přívody a vývody spodem do kabelového prostoru. Přívody a vývody jsou neovládané. Rozvaděč je koncipován jako jednostranný, oceloplechový rozvaděč. [32]

4.9 Elektrický rozvod v areálu BPS

Venkovní rozvod mezi jednotlivými objekty BPS bude proveden pomocí kabelů umístěných v chráničkových trasách. Uvnitř objektů je rozvod pomocí kabelů a pomocných konstrukcí, vnitřní elektroinstalace odpovídá ČSN 33 2130 ed. 2 - 4. díl. Nejčastěji se budou využívat kabelové lávky umístěné na stěnách objektů. Pod rozvaděči bude kabelový prostor pro vkládání kabelů.

4.10 Návrh osvětlení včetně nouzového

Návrh osvětlení a osvětlovacích soustav je proveden s ohledem na požadovanou osvětlenost příslušných prostorů a činnosti prováděné v daném prostoru. Navržené hodnoty osvětlenosti normálního osvětlení jsou v souladu s ČSN EN 12464-1. Hodnoty osvětlenosti nouzového osvětlení jsou v souladu s požadavky ČSN EN 1838 pro vnitřní prostory. Napájení světelného obvodu bude ze SEL rozvaděče. Nouzové osvětlení bude provedeno za pomoci světel s autonomními zdroji. Vzhledem k rozlehlosti objektů budou některé světelné obvody ovládané pomocí pulzních spínačů a stykačů. Kabelové trasy světelného obvodu jsou vedeny po kabelových lávkách a dále v elektrotechnických lištách.

4.10.1 Návrh venkovního osvětlení

Venkovní rozvod je proveden v souladu ČSN EN 60598-2-3. Venkovní osvětlení bude napájeno ze SEL rozvaděče. Ve vývodu budou umístěny přepět'ové ochrany. Stožár bude vetknutý, bezpatkový o výšce 8m. Svítidla budou vysokotlaká sodíková svítidla, která budou ovládána soumrakovým spínačem, nebo dálkově z velína. Propojení jednotlivých světel venkovního osvětlení bude pomocí stožárových rozvodnic. Světla budou v rozvodnicích jištěna pojistkami. Kably, včetně vlastního uzemnění, budou pokládány do výkopu s pískovým ložem

4.11 Návrh vnitřního a vnějšího uzemnění

Návrh uzemnění je v souladu s ČSN 33 2000-4-41 (ed.2) Ochrana před úrazem elektrickým proudem, ČSN 33 2000-5-54 (ed.2) Uzemnění a ochranné vodiče, ČSN 333201 Elektrické instalace nad AC 1kV, ČSN EN62305-1÷4 Ochrana před bleskem – část 1÷4. Zemnicí síť elektrárny jako mřížová síť z pásků FeZn. Všechny objekty budou mít po obvodu základů umístěny obvodové uzemnění (zemnicí pásky FeZn), které bude připojeno na zemnicí síť BPS. Uvnitř objektů bude vnitřní zemnicí síť tvořená pomocí CYA měděných slaněných lan, která budou připojena na obvodové uzemnění. Ochranné a pracovní uzemnění elektrických zařízení bude provedeno dle zásad hlavního a doplňujícího pospojování a připojeno na vnitřní zemnicí síť. Budovy jsou chráněny před bleskem bleskosvodem. Bleskosvody jsou připojeny k zemnicí síti BPS. Uzemnění elektrických rozvaděčů, přepět'ových ochran, vodivých konstrukcí elektroinstalace, vodivých konstrukcí

vzduchotechniky, technologie a stavy je připojeno na zemnicí vedení a je zahrnuto do systému hlavního a doplňujícího pospojování. Pro tato pospojování je využito měděných slaněných vodičů předepsaného průřezu. Spoje jsou řešeny svorkami, přišroubováním nebo svářením a jsou označeny žlutozelenou barvou. Spoje jsou mechanicky odolné, chráněné před korozí a jsou dimenzované na předpokládané proudové zatížení.

4.12 Ekonomické zhodnocení

Návratnost investičních nákladů, vložených do BPS, je závislé na době provozu KGJ, a maximalizováním využitelnosti vyrobených energií (tepelné a elektrické). Provozní doba KGJ by neměla klesnout pod 8000 hodin ročně. Pro zvýšení ekonomické efektivity provozu musíme sledovat a optimalizovat vlastní energetickou spotřebu, zejména pak z hlediska spotřeby elektrické energie u míchadel, čerpadel atd.

Zvýšení investičních nákladů, je v některých případech oprávněné, zejména pokud výsledným efektem je snížení provozních nákladů případně zvýšení výnosů.:

- Pořízení efektivnější technologie pro snížení elektrické spotřeby
- Pořízení kvalitních materiálů a technologií pro zvýšení životnosti
- Celoroční využití vyrobené tepelné energie

Změna provozních nákladů je v čase způsobena zejména:

- Zvýšením ceny vstupních surovin v období nízké sklizně
- Legislativními změnami
- Stárnutím technologií a nutnosti jejich oprav a výměn

5 Alternativní využití bioplynu

Bioplyn se v dnešní době využívá především ke kombinované výrobě elektrické energie a tepla (kogenerace). V této kapitole ovšem popíšu alternativní využití bioplynu a BPS.

5.1 Bioplyn v dopravě

Jednou z alternativních možností využití bioplynu je jeho úprava na takzvaný biometan, který je svou čistotou srovnatelný se zemním plynem. Obsah metanu obvykle převyšuje hodnotu 95%. Právě proto, že vlastnosti biometanu jsou srovnatelné se zemním plynem, lze ho využít jako náhradu za stlačený zemní plyn (CNG) používaný jako palivo v motorových vozidlech. Díky tomu, že je biometan kvalitativně srovnatelný se zemním plynem, lze jej se CNG v libovolném poměru mísit. Z toho plyne, že využití biometanu v dopravě nevyžaduje jakoukoliv úpravu stávající CNG infrastruktury. Nežádoucí složky obsažené v biometanu (např. sulfan, oxid uhličitý a vodní pára) se musí odstranit. Technologie pro úpravu biometanu se nazývají PSA metoda, tlaková vypírka, chemická absorpce a membránové procesy.[29]

➤ **PSA technologie:**

Pro separaci oxidu uhličitého se používají tzv. Van der Waalsovy síly, které vážou molekuly CO₂ na vysoce porézní látky, nejčastěji aktivní uhlí. Absorpce CO₂ probíhá za zvýšeného tlaku a desorpce (regenerace absorbent) při sníženém tlaku. V absorbéru dochází k cyklickému měnění tlakové podmínky, podle čehož se i tato metoda nazývá PSA (z angl. Pressure Swing Absorption).

➤ **Tlaková vypírka:**

Technologie využívající rozdílnou rozpustnost plynů ve vodě či jiném roztoku. Oxid uhličitý, čpavek a sulfan se mnohonásobně lépe absorbují než metan. Odbourávání nežádoucích látek probíhá za zvýšeného tlaku, přičemž při atmosférickém tlaku a teplotě 25°C má CO₂ 25 krát větší rozpustnost než metan, H₂S téměř 80 krát a NH₃ více než 20 tis. krát. Jako absorpční médium se nejčastěji používá voda (water scrubbing).

➤ **Chemická vypírka:**

Výhoda oproti tlakové vypírce je vyšší schopnost absorpce nežádoucích plynů, a to i při atmosférickém tlaku. Jako nejčastější absorbér se používá monoetanolamin. Koncentrace metanu v bioplymu je při této technologii i 99%.

➤ **Membránová separace:**

Princip membránové separace spočívá v rozdílné průchodnosti jednotlivých složek bioplynu tenkou membránou. Nežádoucí látky skrz membránu procházejí volně, zatímco metan zůstává před membránou. Koncentrace metanu je závislá na použitém materiálu membrány a jejím stáří. Membrány jsou nejčastěji tvořeny polymery. Při optimálních technologických podmínkách se dosahuje koncentrace metanu v rozsahu 97-98%.

5.2 Náhrada zemního plynu

Jak bylo v předchozí kapitole popsáno, po úpravě bioplynu na biometan dosáhneme stejné kvality metanu, jakou má zemní plyn. Největší výhoda náhrady spočívá ve skutečnosti, že se obě složky biometan a zemní plyn dají libovolně mísit a není tedy nutné budovat nové plynovody.

5.3 Virtuální elektrárny

Další z možných využití BPS je její začlenění do tzv. virtuální elektrárny. Jedná se o koncept sdružující skupinu decentralizovaných zdrojů elektrické energie, které mohou být jak z obnovitelných tak i neobnovitelných zdrojů, například kogenerační jednotky, větrné elektrárny, malé vodní elektrárny, fotovoltaické elektrárny apod.. Hlavní princip spočívá v propojení více zdrojů v jeden řídicí systém. Tento koncept je založen na maximalizaci efektivity výroby elektrické energie v čase a místě spotřeby. Ovšem nevýhoda tohoto systému spočívá v jeho regulaci. Větrné elektrárny a fotovoltaické elektrárny jsou zdroje s nespojitou a těžce regulovatelnou výrobou elektrické energie a případná převaha těchto zdrojů v energetické soustavě může být rizikem její stability. Těžkou regulovatelnost lze spatřovat i u kogenerační jednotky. Kogenerační jednotku lze regulovat pouze od 50% až do 100% výkonu. Dolní hranice výkonového rozsahu není nastavena z technologického hlediska, nýbrž z legislativního hlediska, a to kvůli možnému nadměrnému vypouštění emisí do ovzduší. [28]

5.4 Využití tepla

V současné době je na českém trhu s energiemi možné reálně uvažovat o využití bioplynu jako produktu pro výrobu tepla (spalování v kotli) nebo o jeho využití pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla (kogenerační jednotka). Avšak stávající výkupní ceny

elektrické energie z BPS jsou natolik výhodné, že provozování BPS striktně na výrobu tepla je takřka nulové. Využívá se pouze teplo vytvořené prostřednictvím kogenerační jednotky.

Toto teplo se využívá především pro vlastní provoz bioplynové stanice (ohřev fermentoru). Pokud jsou v blízkosti BPS zemědělské nebo průmyslové budovy nebo průmyslová zařízení, kde je potřeba velké množství tepla např. sušičky dřeva, stáje a podobná zařízení, můžeme teplo využít právě k vytápění uvedených objektů. Pokud nelze využít zbylé teplo, odvádí se prostřednictvím chladičů do ovzduší. [30]

➤ **Využití v zemědělských areálech**

V zemědělských areálech zapojujeme KGJ jako hlavní zdroj tepla pokrývající částečnou či veškerou potřebu tepelné energie. Teplo je v zemědělských areálech využíváno především k vytápění nebo k přípravě teplé vody v administrativních budovách, halách pro chov zvířat, dílenských provozech, skladech apod.

➤ **Sušení digestátu**

Pro sušení digestátu se používají pásové nebo bubnové sušárny, které jsou dimenzovány na daný výkon BPS a pracují s teplotou 80 – 120 °C. Vysušený separát lze využít jako hnojivo nebo pro výrobu pelet či briket.

➤ **Sušení dřevní štěpky**

Vysušením dřevní štěpky snížíme obsah vlhkosti a zvýšíme tím výhřevnost dřevní štěpky. Vysušenou dřevní štěpku, případně piliny, lze využít k výrobě pelet. Jedná se ovšem o energeticky náročnější proces.

➤ **Sušení dřeva**

Tento proces je logisticky náročnější než sušení dřeva běžnými technologiemi a neumožňuje kontinuální odběr tepla z bioplynové stanice.

➤ **Průmyslové využití**

Jedním z teoretického využití odpadního tepla z KGJ je jeho využití v průmyslovém odvětví např. přehřev technologické vody nebo v potravinářském, chemickém, textilním či papírenském průmyslu atd..

5.5 ORC cyklus

Jako zajímavou alternativou využití odpadního tepla k výrobě elektrické energie se jeví využití technologie fungující na principu Organického Rankinova Cyklu (ORC).

ORC, modifikace elektrárenského Rankine – Clausiova cyklu, se liší použitým pracovním médiem. Namísto vody (vodní páry) pohánějící turbínu se v ORC používá silikonový olej (organická kapalina), který je díky svým termodynamickým vlastnostem vhodný pro aplikaci v tepelném oběhu. Výhodou silikonového oleje je nižší odpařovací teplota při pracovních tlacích a tedy využití odpadního tepla. Jednou z velkých výhod silikonového oleje je, že olejová pára nepoškozuje turbínu a nesnižuje její elektrický výkon, tak jako vodní pára. Výroba elektrické energie se realizuje přes vysokootáčkový generátor pohánějící vysokootáčkovou turbínu zapojenou v okruhu organického Rankinova cyklu. Spojením turbíny s generátorem bez jakékoli převodovky zajistíme zvýšení účinnosti transformace energie z kinetické na elektrickou. V obvodu je nainstalován usměrňovač s bateriovým vyrovnávačem, napětí a frekvence na generátoru se totiž liší od napětí a frekvence v síti. Dále je zde osazen měnič pro zpětný převod ze stejnosměrného napětí na střídavé napětí. Díky tomuto zapojení je možné transformovat napětí o odlišných parametrech na parametry veřejné sítě.[8]

5.6 Mikrokogenerace

Kogenerace, neboli technologie společné výroby elektrické energie a tepla, se ve velkých jednotkách uskutečňuje již léta; využitím odpadního tepla se zvýší účinnost čerpání energie z paliva z obvyklých 40% na 90%. Novinkou jsou tzv. mikrokogenerační jednotky. Dosahují výkonů kolem 1 až 5 kW elektrických a 4 až 20 kW tepelných. Jsou instalovány přímo v objektech a napojeny na stávající plynárenskou a elektrickou síť. Základem mikrojednotky je upravený spalovací motor nebo spalovací turbína. Vývoj mikrojednotek, které by jako zdroj tepla využívaly spalování biomasy, bioplynu, nebo odpadního tepla vysokoteplotních palivových článků, se teprve rozbíhá. V poslední době se již objevují systémy s použitím automatických tepelných zdrojů malých výkonů spalující biomasu, tzv. automatické kotle na pelety se Stirlingovým motorem. [20]

„Princip konstrukce Stirlingova motoru spočívá ve dvou komorách o stejném tlaku a různé teplotě pracovní látky, které jsou odděleny písty. Plyn v obou komorách Stirlingova motoru je střídavě ohříván a chlazen vnějším ohříváčem a chladičem. Mezi ohříváčem a chladičem se pro zvýšení účinnosti zařazuje regenerátor, který akumuluje teplo plynu přecházejícího z ohříváče do chladiče a naopak. Pohyb pístu se v integrovaném generátoru přeměňuje na elektrickou energii, odpadní teplo se využívá k vyhřívání místností a přípravě teplé vody.“ [19]

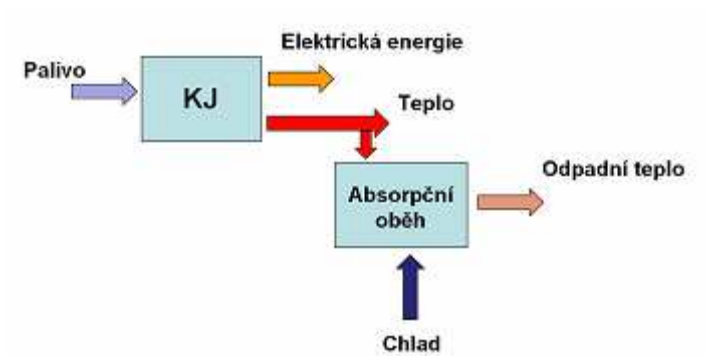
Mikrokogenerační jednotky jsou schopny pokrýt nejen celou spotřebu tepla, ale i spotřebu základních elektrických zařízení. Přebytkovou vyrobenou elektrickou energii lze navíc dodávat do sítě. Tyto jednotky mohou být důležitou alternativou pro budoucí zajištění dodávek energií nebo je lze zapojit do virtuálních sítí tzv. Smart Grids. [20]

5.7 Trigenerace

Jedná se o specifický druh kogenerace. Vyrábí se zde nejen teplo a elektrická energie, ale i chlad. Tím výrazně prodloužíme dobu provozu kogenerační jednotky a zlepšíme její ekonomickou stránku. Současná dodávka všech tří složek není podmínkou a z provozního hlediska není ani ve většině případů vyžadována. Pojmem trigenerace označujeme i zařízení, která umožňují kombinovanou dodávku elektřiny a tepla nebo elektřiny a chladu. [26]

„Technologicky jde o spojení kogenerační technologie s absorpční chladicí jednotkou. Toto spojení je pro obě zařízení vysoce nezávislé a fyzické propojení je realizováno pouze v místech tepelných výměníků napojením proudů médií z kogenerační technologie a absorpční jednotky. Z pohledu provozu kogenerační technologie je uvedené řešení výhodné, neboť absorpční oběh využívá tepelnou energii produkovanou kogeneračním zdrojem v letních měsících, čímž můžeme dosáhnout vyššího ročního využití kogenerační jednotky.“ [14]

Obr. č. 16: Blokové schéma trigenerace



Zdroj: [35]

6 Závěr

Trendem dnešní doby je výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Bioplynová stanice ve srovnání s větrnými elektrárnami a solárními elektrárnami má několik výhod. Mezi výhody bezesporu patří jeho regulovatelnost a dodávání stabilního výkonu. A tak se nemůže stát, tak jako u solárních a větrných elektráren, že vlivem rychlé změny počasí dojde k vytvoření velkého množství přebytečného výkonu dodaného do elektrické sítě. Tato nadvýroba v relativně krátké době je obrovským rizikem pro přetížení celé distribuční sítě s potenciálním nebezpečím vzniku tzv. blackoutu.

Žijeme v době, kdy si většina lidí nedovede představit svůj život bez elektrické energie. Stali jsme se velmi závislí na této energii, která řídí a ulehčuje lidské životy. Díky ní mohou pracovat nemocnice, vodárny, světelná a bezpečnostní signalizace na silnicích i domácí spotřebiče.

Fosilní paliva jako jsou uhlí, ropa a zemní plyn rychle ubývají a není šance jejich dalšího vytvoření. Lidské myšlení se vyvinulo na takovou úroveň, že člověk si více uvědomuje svých zásahů do přírodního ekosystému a více váží své příští kroky v tomto ohledu.

Alternativní zdroje energie se jeví jako dobrou cestou vymanění se ze závislosti na tradičních zdrojů energie.

Bioplynová stanice, jak bylo napsáno výše, odbourává nedostatky solárních a větrných elektráren. Navíc v kombinaci s čističkami odpadních vod umožňuje stálé zásobování bioplynových stanic substrátem.

Problematickým etickým bodem bioplynových stanic je cílené pěstování plodin, které budou promrhány pro výrobu elektrické energie. Toto vzniká ve světě, kdy každých 6 sekund zemře hlady jeden člověk.[24] Daleko lepší cestou by bylo zpracovávání odpadních plodin, pro které již neexistuje lepší využití např. napadení krmiva škůdci.

Přes to vše co se alternativním zdrojům energie vytýká, jsou správnou cestou, k trvale udržitelnému rozvoji, při kterém nedochází k drancování přírodních zdrojů.

Toto odvětví výroby elektrické energie je zatím mladé a má potenciál se dále vyvíjet. Lidstvo stojí na začátku dlouhé cesty k zamyšlení se nad všemi výrobními procesy a hledání postupů či alternativ pro minimalizaci nároků na životní prostředí.

Seznam tabulek

Tab. č. 1: Elementární složení bioplynu

Tab. č. 2: Parametry synchronizační jednotky pro sesynchronizování se sítí:

Tab. č. 3: Výkonová bilance:

Seznam obrázků

Obr. č. 1: Vznik bioplynu

Obr. č. 2: Teplotní rozdělení typů mikroorganismů

Obr. č. 3: Silážní žlab v ZD Krásná Hora a.s.

Obr. č. 4: Dávkovač pevného substrátu

Obr. č. 5: Řezací šnek v dávkovači pevného substrátu

Obr. č. 6: Dělení anaerobních reaktorů (fermentorů) podle týmů a systémů

Obr. č. 7: Míchadlo HF

Obr. č. 8: Míchadlo KF

Obr. č. 9: Fermentor typu „kruh v kruhu“

Obr. č. 10: Budova separátoru

Obr. č. 11: Separátor

Obr. č. 12: Typy plynojemů

Obr. č. 13: Plynový bezpečnostní hořák

Obr. č. 14: Kogenerační jednotka

Obr. č. 15: Energetická bilance

Obr. č. 16: Blokové schéma trigenerace

Použité zdroje:

Knižní zdroje

- [1] KÁRA, Jaroslav et al. Výroba a využití bioplynu v zemědělství. 1. vyd. Praha-Ruzyně: VÚZT, v.v.i., 2007. ISBN 978-80-86884-28-8.
- [2] PROFELD, Robin et al. Informační servis GAS: Bioplyn. Praha 4, 2008, roč. 2008, č. 1. ISSN 1212-7825.
- [3] SCHULZ, Heinz a Barbara EDER. Bioplyn v praxi. 1. české vydání 2004. Ostrava-Plesná: HEL, 26. dubna 2008. ISBN 80-86167-21-6.
- [4] SKOPALÍK, Aleš. Ekonomická efektivnost využívání obnovitelných zdrojů energie. Zlín, 2011. ISBN 9789-80-7454-074-5. Dizertační prác. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [5] STRAKA, František et al. Bioplyn. III. zkrácené vydání. Praha: GAS, 2010. ISBN 978-80-7328-235-6.
- [6] ŠVEC, Jan et al. Využití obnovitelných zdrojů energie v zemědělství: Zemědělské bioplynové stanice. dotisk prvního vydání. Chrudim: Callisto-96, 2010. ISBN 978-80-86832-49-4.

Internetové zdroje

- [7] Anaerobní fermentace fyto­masy v "suchých" fermentačních procesech. CZ BIOM [online]. [cit. 2012-02-27]. Dostupné z: <http://stary.biom.cz/publikace/bioplyn/05.html>
- [8] Biomasa - efektivní palivo pro ORC technologii. Tzbinfo [online]. [cit. 2012-05-11]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2455-biomasa-efektivni-palivo-pro-orc-technologie>
- [9] Bioplynové stanice – podmínky a možnosti využití tepla. Biom [online]. 2012 [cit. 2012-04-26]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynovy-stanice-podminky-a-moznosti-vyuziti-tepla>

- [10] Čerpací technika. WELtec BioPower: Bioplynové stanice [online]. [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <http://www.weltec-biopower.cz/bioplynovne-stanice/technika/cerpacitechnika>
- [11] ČSN 38 6405 (386405). Plynová zařízení. Zásady provozu. Praha: Český normalizační institut, 1988.
- [12] Fázování synchronního generátoru k síti [online]. [cit. 2012-05-09]. Dostupné z: http://fei1.vsb.cz/kat410/studium/studijni_materialy/se/cast_B_el_stroje/se_es_c2_fazovani.pdf
- [13] Hořák zbytkového bioplynu – FLÉRA. PBS Power Equipment [online]. [cit. 2012-04-21]. Dostupné z: http://www.pbspe.cz/cze/index.php?action=catalogue_detail&id=27
- [14] Chladicí oběhy, trigenerace, dálkové chlazení. Tzbinfo [online]. [cit. 2012-04-29]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/7910-chladici-obehy-trigenerace-dalkove-chlazení>
- [15] Jak na to - domácí a komunitní kompostování. ENVIC, o.s. [online]. [cit. 2012-02-25]. Dostupné z: <http://www.envic-sdruzeni.cz/opzp/opzp-aktuality/domaci-a-komunitni-kompostovani.htm>
- [16] Kogenerační jednotky. Elektrika [online]. [cit. 2012-04-21]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/kogj010717>
- [17] Kompostování. Wikipedia [online]. [cit. 2012-02-15]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Kompostov%C3%A1n%C3%AD>
- [18] Komunitní kompostování. Wikipedia [online]. [cit. 2012-02-15]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Komunitn%C3%AD_kompostov%C3%A1n%C3%AD
- [19] Mikrokogenerace a trigenerace. Biom [online]. [cit. 2012-04-29]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/mikrokogenerace-a-trigenerace>
- [20] Mikrokogenerace. 3pól: Magazín plný pozitivní energie [online]. [cit. 2012-04-29]. Dostupné z: <http://3pol.cz/980-mikrokogenerace>
- [21] Něco o bioplynu. TIRSO a.s. HiTech Aplikace [online]. [cit. 2012-02-28]. Dostupné z: http://www.tirso.cz/02_bioplynovestanice.htm

- [22] Nové perspektivy výroby průmyslových kompostů v České republice. CZ BIOM [online]. [cit. 2012-02-27]. Dostupné z: <http://stary.biom.cz/mag/6.html>
- [23] Organický odpad a produkce bioplynu. Agroweb [online]. [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: http://www.agroweb.cz/Organicky-odpad-a-produkce-bioplynu__s250x31561.html
- [24] OSN: Každých šest vteřin umírá hlady jeden člověk. IHNEP [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://zpravy.ihned.cz/c1-38655030-osn-kazdych-sest-vterin-umira-hlady-jeden-clovek>
- [25] Příručka pro nakládání s digestátem a fugátem. EAGRI [online]. [cit. 2012-03-6]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/32326/ETAPA_IV_Metodika_digestt_FV.pdf
- [26] Trigenerace. Wikipedia [online]. [cit. 2012-04-29]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Trigenerace>
- [27] Věžová síla, žlaby, vaky nebo balíky?. Agroweb [online]. [cit. 2012-03-14]. Dostupné z: http://www.agroweb.cz/Vezova-sila-zlaby-vaky-nebo-baliky__s1582x55657.html
- [28] Virtuální elektrárny. Zelený kruh [online]. [cit. 2012-04-25]. Dostupné z: <http://www.zelenykruh.cz/dokumenty/virtualni-elektrarny-porsenna.pdf>
- [29] Využití bioplynu v dopravě. CNG Company s.r.o. [online]. [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://www.cngcompany.cz/gallery/bioplyn.pdf> [1]
- [30] Využití tepla z bioplynové stanice. Energie21 [online]. [cit. 2012-05-11]. Dostupné z: http://www.energie21.cz/archiv-novinek/Vyuziti-tepla-z-bioplynovy-stance__s303x59571.html
- [31] Zařízení pro úpravu bioplynu. In: K&K Technology a.s. [online]. [cit. 2012-04-21]. Dostupné z: http://www.kk-technology.cz/useruploads/images/vyrobky/42_Suseni_bioplynu.pdf
- [32] Zvláštní požadavky na staveništní rozváděče (ACS) dle ČSN EN 60439-4 ed. 2. ElektroTrh [online]. [cit. 2012-05-28]. Dostupné z: <http://www.elektrotrh.cz/legislativa-a-normalizace/zvlastni-pozadavky-na-stavenistni-rozvadece-acs-dle-csn-en-60439-4-ed-2>

- [33] Zvyšování efektivity fermentace - nejnovější poznatky ve výzkumu a praxi. Česká bioplynová asociace [online]. [cit. 2012-03-06]. Dostupné z: <http://www.czba.cz/zvysovani-efektivita-fermentace-nejnovejsi-poznatky-ve-vyzkumu-a-praxi.html>
- [34] 274/1998 Sb.: Vyhláška MZe o skladování a způsobu používání hnojiv. Biom.cz [online]. [cit. 2012-03-15]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/legislativa/fyto-legislativa/274-1998-sb>

Zdroje obrázků:

- [35] Blokové schéma trigenerace. Biom [online]. [cit. 2012-04-29]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/obrazek/blokove-schema-kogenerace-resp-trigenerace-kj-kogeneracni-jednotka>
- [36] Referenční stavby BSP. Farmtec [online]. [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: Zdroj: http://www.farmtec.cz/ke_stazeni/bioplyn/lhotapodlibcany/bps_lhota_p_lib_dvkova.JPG
- [37] Referenční stavby BSP. Farmtec [online]. [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: http://www.farmtec.cz/ke_stazeni/bioplyn/krasna_hora/bps_krasna_hora__kogen_jednot.jpg
- [38] Tvorba bioplynu. Schaumann [online]. [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <http://bioplyn.schaumann.cz/vyroba/vznik-bioplynu/>

Seznam příloh

Příloha A: Blokové schéma elektroinstalace BPS

Příloha B: Přehledové schéma napájení

Příloha C: Přehledové schéma osvětlení

Příloha D: Přehledové schéma uzemnění

Příloha E: Technologický rozvaděč bioplynové stanice

Příloha F: Technologický rozvaděče separátoru

Příloha G: SEL rozvaděč

Příloha H: Právní předpisy upravující nakládání s digestátem