

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zemědělská fakulta

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Agropodnikání

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Využití odpadního tepla z bioplynové stanice pro zemědělské účely

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ivo Celjak, CSc.

Autor: Daniel Dufek

Konzultant bakalářské práce: Ing. Radim Kuneš

České Budějovice

2019

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Daniel DUFEK**
Osobní číslo: **Z15179**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Agropodnikání**
Název tématu: **Využití odpadního tepla z bioplynové stanice pro zemědělské účely**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

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

Cíl práce:

Cílem bakalářské práce je nalezení vhodného řešení na využití odpadního tepla produkovaného v kogenerační jednotce bioplynové stanice pro oblast zemědělské produkce.

Metodický postup:

1. Studium literatury v oblasti problematiky technologií bioplynových stanic, kogeneračních jednotek, využití odpadního tepla, výroby bioplynu.
2. Výběr vhodné bioplynové stanice pro realizaci řešení, popis použité technologie, informace o jejím provozu.
3. Stanovení tepelné bilance v jednotlivých měsících provozu.
4. Návrh technologie na využití dostupného odpadního tepla dle zpracované tepelné bilance.
5. Technické a ekonomické zhodnocení navrženého projektu.

Rozsah grafických prací: **obrázky, fotografie, grafy - dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **45 - 55 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Schulz, H., 2004. Bioplyn v praxi: teorie, projektování, stavba zařízení, příklady. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 167 s. ISBN 80-861-6721-6.

Straka, F., et al., 2007. Bioplyn. 2. vyd. Praha: GAS, s.r.o, 706 s. ISBN 80-7328-090-6.

Poláčková, J., et al., 2013. Metodika kalkulací nákladů a výnosů bioplynových stanic v zemědělských podnicích. Ústav zemědělské ekonomiky a informací.

Ochodek, T., et al., 2006. Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy. 248 - 1207 s.

Dvorský, E., Hejtmánková, P., 2005. Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 287 s.

Straka, F., 2003. Bioplyn: příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů. Praha: Gas Říčany. IBSN 80-7328-029-9.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivo Celjak, CSc.**

Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Radim Kuneš**

Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **31. ledna 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2018**



prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA** ©
studijní oddělení
Studentůvák 1888, 370 05 České Budějovice



doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 23. února 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě, případně v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných KZT JU. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce.

Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích, dne 15.04.2019

.....

Daniel Dufek

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Ivu Celjakovi, CSc. a konzultantu Ing. Radimu Kunešovi za odborné vedení a důležité rady, které mi poskytli v průběhu psaní mé práce. Současně děkuji panu Ing. Lukáši Homolkovi za umožnění prohlídky bioplynové stanice a poskytnutí potřebných dat pro tuto práci. Dále děkuji i své rodině za jejich podporu při studiu.

ABSTRAKT

Téma obnovitelných zdrojů energie je v současné době velmi diskutovanou otázkou a bezpochyby do něj patří i bioplynové stanice. Tato práce se zabývá analýzou středně velké bioplynové stanice Kamenice u Jihlavy o výkonu 990 kWe a 1148 kWt. Celá práce je směřována k využití odpadního tepla, vzniklého při chlazení kogeneračních jednotek, což je zdrojem dodatečných příjmů pro samotnou stanici. Teoretická část se věnuje bioplynu a bioplynovým stanicím z pohledu vzniku, surovin, technologií a využití. Praktická část práce se zabývá rozborem naměřených hodnot za rok 2017, jejich vyhodnocením a dále návrhem recirkulačního akvakulturního systému pro chov sumečka afrického. Nejdůležitějším bodem je ekonomická kalkulace na výstavbu a běžný provoz sádek se závěrečným zhodnocením návratnosti celého projektu. Při ročním zisku 395 tis. Kč z prodeje ryb se investice 3 630 tis. Kč vrátí za 9 let. Bioplynová stanice po spuštění těchto sádek dosáhne celkového využití odpadního tepla asi 47 %.

Klíčová slova: bioplynová stanice; bioplyn; odpadní teplo; kogenerační jednotka; recirkulační akvakulturní systém; sumeček africký

ABSTRACT

The topic of renewable energy sources is currently a very discussed issue and it certainly includes biogas plants. This thesis works with the analysis of the medium-sized biogas plant Kamenice u Jihlavy with the output of 990 kWe and 1148 kWt. The whole work is concentrated at utilization of waste heat generated by cooling of cogeneration units, which is a source of additional income for the station. The theoretical part deals with biogas and biogas plants from the point of origin, raw materials, technologies and utilization. The practical part deals with the analysis of the measured values in 2017, their evaluation and the proposal of recirculating aquaculture system for African catfish breeding. The most important point is the economic calculation for the construction and normal operation of the system with the final evaluation of the return for the whole project. With an annual profit of 395 thsd. CZK from the sale of fish, the investment of 3 630 thsd. CZK will be returned in 9 years. The biogas plant will reach a total waste heat utilization of about 47 % after the start of this system.

Keywords: biogas station; biogas; waste heat; cogeneration unit; recirculation aquaculture system; african catfish

Obsah

1	Úvod a cíl práce.....	12
1.1	Úvod.....	12
1.2	Cíl práce	13
1.3	Metodika	13
2	Bioplyn.....	14
2.1	Vznik a složení bioplynu.....	14
2.1.1	Fáze anaerobní fermentace.....	15
2.1.2	Anaerobní procesy dle reakčních teplot.....	17
2.1.3	Inhibitory.....	17
2.1.4	pH substrátu	17
2.2	Typy fermentací.....	17
2.2.1	Wet-Fermentation (mokrý fermentace).....	18
2.2.2	Dry-Fermentation (suchá fermentace)	18
2.3	Technologie fermentací.....	18
2.3.1	Batch process (dávkový způsob).....	19
2.3.2	Flow process (průtokový způsob).....	19
2.3.3	Storage process (metoda se zásobníkem).....	19
2.3.4	Flow-storage process (kombinovaná průtoková metoda se zásobníkem).....	19
2.3.5	Jednostupňový a vícestupňový proces	20
2.4	Využití bioplynu	20
2.5	Energetické plodiny a výtěžnost surovin	22
3	Bioplynová stanice	25
3.1	Legislativa.....	25
3.2	Typy bioplynových stanic.....	27
3.2.1	Zemědělská bioplynová stanice AF1	27
3.2.2	Odpadové bioplynové stanice AF2	27
3.3	Základní části stanice.....	28
3.3.1	Fermentační jednotka – fermentor	29

3.3.2	Skladování a úprava plynu.....	30
3.3.3	Potrubí a armatury.....	32
3.3.4	Využití plynu	33
3.4	Bioplynové stanice v ČR a v Evropě	33
4	Bioplynová stanice Kamenice.....	36
4.1	Informace o bioplynové stanici Kamenice.....	36
4.2	Kamenice u Jihlavy	37
4.3	Hlavní části BPS Kamenice	38
4.4	Provoz a technologie BPS Kamenice.....	42
5	Data z BPS Kamenice	44
5.1	Vstupní suroviny pro výrobu bioplynu	44
5.2	Produkce bioplynu	45
6	Návrh využití odpadního tepla k chovu sumečka afrického	47
6.1	Obecné informace – Keříkovec červenolemý	47
6.1.1	Chov	47
6.1.2	Uzavřený recirkulační systém chovu ryb (RAS)	47
6.2	Počáteční náklady na realizaci chovu sumečka afrického	48
6.3	Ostatní náklady spojené s chovem sumečka afrického	51
6.4	Návrh tržního zpracování sumečka afrického, stanovení ceny	54
6.5	Finanční analýza	54
6.6	Návratnost investic.....	55
7	Závěr	56
8	Seznam použité literatury.....	59
9	Přílohy.....	62

Seznam zkratek

BPS – Bioplynová stanice

KJ – Kogenerační jednotka

CNG – Compressed natural gas - Stlačený zemní plyn

ČR – Česká republika

ČOV – čistírna odpadních vod

EU – Evropská unie

RAS – Recirkulační akvakulturní systém

kW – Kilowatt

kWh – Kilowatthodina

MWh – Megawatthodina

kWe – Kilowatt elektrické energie

kWt – Kilowatt tepelné energie

kg – Kilogram

t – Tuna

mm – Milimetr

m² – Metr čtvereční

m³ – Metr krychlový

Kč – Koruna česká

Seznam tabulek

Tabulka 2.1: Složení bioplynu	16
Tabulka 2.2: Výťažnost surovin	23
Tabulka 3.1: Bioplynové stanice legislativa	26
Tabulka 4.1: Parametry kogeneračních jednotek	42
Tabulka 5.1: Teoretické množství vstupních suroviny	44
Tabulka 5.2: Vstupní suroviny za rok 2017	45
Tabulka 5.3: Spotřeba plynu a výhřevnost za rok 2017.....	46
Tabulka 6.1: Cena akvakulturního systému	50
Tabulka 6.2: Cena rekonstrukce budovy a okolí.....	51
Tabulka 6.3: Celková spotřeba odpadního tepla BPS	53
Tabulka 6.4: Náklady na energie a mzdy.....	53
Tabulka 6.5: Finanční analýza prodeje sumečka afrického	54

Seznam obrázků

Obrázek 1: Čtyřfázový model anaerobní konverze.....	15
Obrázek 2: Bioplynové procesy	18
Obrázek 3: Využití bioplynu	22
Obrázek 4: Počet bioplynových stanic v Evropě	33
Obrázek 5: Typy bioplynových stanic v Evropě.....	34
Obrázek 6: Schéma podpory bioplynu v Evropě	35
Obrázek 7: Poloha Kamenice na mapě	37
Obrázek 8: BPS Kamenice - výkres.....	38
Obrázek 9: Recirkulační akvakulturní systém - schéma	48
Obrázek 10: Návrh RAS pro BPS Kamenice.....	49

1 Úvod a cíl práce

1.1 Úvod

Bioplyn a jeho výroba v zemědělských bioplynových stanicích je v horizontu posledních let často diskutovaným tématem. Stejně tak, jak se vyvíjí všechna další odvětví, tak se i bioplyn stále posouvá k dokonalejším, efektivnějším a ekonomicky přijatelnějším technologiím. Tyto technologie a jimi aktivované procesy uvnitř bioplynových stanic zajišťují využití pro zbytkovou produkci biomasy v ekologickém směru, a to současně při stále vysoké hnojivé hodnotě. Své využití zde nachází cíleně pěstované plodiny i stájové produkty, jako kejda, hnůj, kukuřičná siláž a další. Tyto zemědělské komodity jsou posléze využity jako hlavní suroviny pro výrobu obnovitelné energie.

Trend výstavby a velký nárůst počtu bioplynových stanic se v České republice objevil v roce 2007, kdy bylo možné získat dotaci ze státních a evropských peněz. Částka přibližně 480 mil. Kč ročně byla poskytována z Programu rozvoje venkova ČR spolufinancovaná Evropským zemědělským fondem pro rozvoj venkova. V současné době nezažívá výstavba bioplynových stanic tak extrémní „boom“, jako na počátku v letech 2007 - 2013 z důvodu aktuálně nízké dotační podpory.

Investice do bioplynové stanice je finančně velmi nákladná. Částky některých komponent, které tvoří nezbytnou součást celé bioplynové technologie se mnohdy pohybují v řádech milionů. S aktuálně nízkou dotační politikou se tento fakt může stát pro některé malé společnosti klíčovým při rozhodování o vybudování či opuštění myšlenky o výstavbě bioplynové stanice.

Výstupem z bioplynové stanice je elektrická energie, která je dále prodávána do rozvodných sítí, odpadní teplo, které stanice částečně spotřebuje ke svému vlastnímu chodu, nebo jej využije v rámci svých dalších zájmů. Zbytkové odpadní teplo bývá nejčastěji využito pro vytápění administrativních a stájových budov, skleníků pro pěstování ovoce a zeleniny, k sušení plodin, dřevní hmoty či biomasy. Posledním výstupem je fermentační zbytek nebo-li digestát, který slouží jako kvalitní hnojivo.

Mnohaletý provoz bioplynových stanic v ČR i zahraničí ukazuje, že podnikání v tomto odvětví je stabilní a má velký ekonomický potenciál. Motivací každého provozovatele by tedy mělo být využití odpadního tepla v co největší míře, čímž zvyšuje i ziskovost a návratnost investice do bioplynové stanice.

1.2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je návrh možného využití odpadního tepla, které je jedním z produktů, jenž vzniká při spalování bioplynu v kogeneračních jednotkách bioplynové stanice. Práce se zabývá popisem jednotlivých částí bioplynové stanice, technologiemi a vstupními surovinami. K samotnému návrhu je třeba zhotovit celkovou bilanci tepla, které bylo vyrobeno a spotřebováno během provozu v roce 2017. Hlavní cíl práce je nutné podpořit závěrečnou finanční rozvahou s vyčíslením nákladů na zhotovení a provoz vybraného projektu včetně jeho reálné návratnosti.

1.3 Metodika

Jako zdroj informací a dat pro zpracování bakalářské práce byly využity podklady poskytnuté z BPS Kamenice. Jsou zde popsány její hlavní funkční části a objekty, využívané technologie, provozní podmínky a dále vstupní a výstupní hodnoty. Potřebné parametry k práci byly získány ze softwaru stanice a posléze zpracovány do tabulek a grafů pro přímé srovnání.

Dle výsledků bilance tepelné energie je možné navrhnout způsob využití vzniklých přebytků. Po konzultaci s ředitelem společnosti byla navrhována výstavba sádek pro intenzivní chov sumečka afrického v uzavřeném systému.

2 Bioplyn

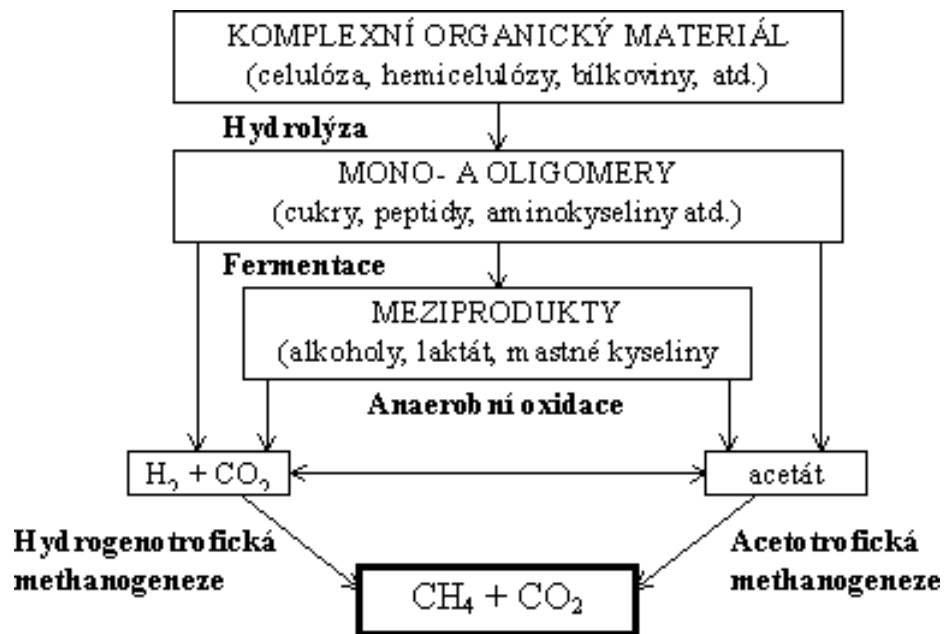
S látkami ve formě plynů se člověk na Zemi setkává v průběhu historie od starověku, až do dnešních dob. Po boku vzdušného obalu naší planety, směsi dusíku a kyslíku, které jsou podmiňující pro existenci života, je nejrozšířenější sloučeninou na Zemi methan. Právě ten tvoří podstatnou část tzv. „bioplynu“. (Horbaj a kol. 2011)

Pod název bioplyn si tedy můžeme představit směs methanu spolu s dalšími druhy plynů, které vznikají při anaerobní methanové fermentaci organických materiálů. Organismy, provádějící tento rozklad nadměrně reagují na přítomnost kyslíku, což má za následek, že organické látky budou přeměněny na methan jedině v anaerobním prostředí (bez kyslíku). Nutno taktéž zmínit, že pro každý z druhů methanogenních organismů je kyslík rychlým jedem, a to i ve zjevně malých koncentracích. (Horbaj a kol. 2011)

Nejčastěji se tak s methanem setkáme v rýžových polích či bažinách (plyn bahenní), dále také v kanalizacích, skládkách odpadů a podobně. Velké objemy methanu vznikají na dnech oceánu, přesněji v okolí kontinentálního šelfu, kde je uloženo značné množství organických látek, které se do oceánu dostalo z povrchu. Jelikož dno oceánu neobsahuje dostatečné množství kyslíku, potřebného k normálnímu biologickému rozkladu, přichází řada na anaerobní bakterie, jež značné množství organických látek přetvoří na methan. (Murtinger, Beranovský, 2006)

2.1 Vznik a složení bioplynu

Plyny, tvořící jedny ze základních složek bioplynu, vznikají při anaerobní fermentaci. Tímto názvem označujeme velice spleť biologický proces, ve kterém významnou roli sehrává působení velkého množství různých typů bakterií. V literatuře obvykle nalezneme čtyři fáze této přeměny. K samotnému vzniku bioplynu ovšem dochází ve fázi úplně poslední. (Murtinger, Beranovský, 2006)



Obrázek 1: Čtyřfázový model anaerobní konverze

Zdroj: Váňa, Slejška, 1998

2.1.1 Fáze anaerobní fermentace

- I. Hydrolýza – proces při kterém jsou štěpeny vysokomolekulární látky, jako proteiny, polysacharidy, lipidy na jejich základní stavební prvky. Například celulóza, vyskytující se v chlévském hnoji, jež je využíván k tvorbě bioplynu, je štěpena na celobiózu a posléze až na molekuly glukózy. Stejným způsobem se degradují lipidy, až na výsledný glycerol (glycerin) a vyšší mastné kyseliny. Také bílkoviny lze štěpit přes peptidy až na dílčí aminokyseliny. V rámci této fáze je možná přítomnost vzdušného kyslíku. (Hons a kol., 1989)
- II. Acidogeneze (tvorba kyselin) – v druhé fázi působí acidogenní bakterie, které dávají možnost vzniku mastným kyselinám například kyselině octové, propionové a máselné, případně některým alkoholům. Paralelně lze zaznamenat také vznik vodíku a oxidu uhličitého. V tomto bodě je prostředí již plně anaerobní. (Murtinger, Beranovský, 2006)
- III. Acetogeneze – Je následnou přeměnou produktů vzniklých v průběhu procesu acidogeneze. Organické kyseliny, obsahující sudý počet uhlíku v molekule, jsou přeměněny na acetát a vodík. Kyseliny, které obsahují lichý počet uhlíků jsou transformovány na acetát, propionát a vodík. (Hons a kol., 1989)

- IV. Methanogeneze (vlastní methanizační fáze) – poslední fáze se vyznačuje přeměnou kyseliny octové na methan, za neustálého působení methanogenních acetotrofních bakterií. „*Další takzvané hydrogenotrofní bakterie zase vytvářejí methan, z dříve vzniklého vodíku a oxidu uhličitého*“ Tato fáze již musí probíhat za přísně anaerobních podmínek, neboť by přítomnost kyslíku byla pro výše zmiňované bakterie velmi škodlivá. (Murtinger, Beranovský, 2006)

Výsledným výstupem všech čtyř fází, dostáváme plyn obsahující látky různého složení. Detailní složení bioplynu je pro lepší přehlednost uspořádáno v tabulce č. 2.1.

Tabulka 2.1: Složení bioplynu

Složka	Zastoupení
Methan (CH₄)	45-75 %
Oxid uhličitý (CO₂)	25-48 %
Vodní pára (H₂O)	0-10 %
Dusík (N₂)	1-3 %
Kyslík (O₂)	0-2 %
Vodík (H₂)	0-3 %
Amoniak (NH₃)	0,1-1 %
Sulfan (H₂S)	0,1-1 %

Zdroj: Jelínek, 2001

Na první pohled je patrné, že hlavními složkami bioplynu jsou methan a oxid uhličitý. Procentuální zastoupení methanu se pohybuje mezi 40 - 75 %. U oxidu uhličitého hovoříme o 25 - 55 %. Bioplyn ovšem běžně obsahuje ještě příměsi a stopové prvky dalších plynů, jako je vodní pára, dusík, kyslík, vodík a jiné. Poměrné složení prvků zastoupených v bioplynu z velké části ovlivňuje substrát, používaný jako vstupní surovina. (Murtinger, Beranovský, 2006)

V základních složkách lze spatřit hlavní rozdíl mezi plynem reaktorový a skládkovým. Skládka odpadu není dokonale plynotěsná na rozdíl od reaktoru, proto difuzní procesy a vlivy povětrnostních podmínek vždy způsobí smísení plynu se zbytkem zreagovaného vzduchu, v některých případech i nezměněného vzduchu přísátého. (Straka, 2010)

2.1.2 Anaerobní procesy dle reakčních teplot

Anaerobní procesy lze také členit s ohledem na reakční teploty, a to do čtyř základních skupin, které určují mikroorganismům jejich optimální tepelné pracovní podmínky.

- Psychrofilní 5-30 °C
- Mezofilní 30-40 °C
- Termofilní 45-50 °C
- Extrémně termofilní > 60 °C

Za výhodu působení vyšší teploty se považuje především účinnější materiálová hygienizace. Nejvíce aktivními jsou bakterie v průběhu působení mezofilních a termofilních teplot. (Yadvika, Santosh, 2004)

2.1.3 Inhibitory

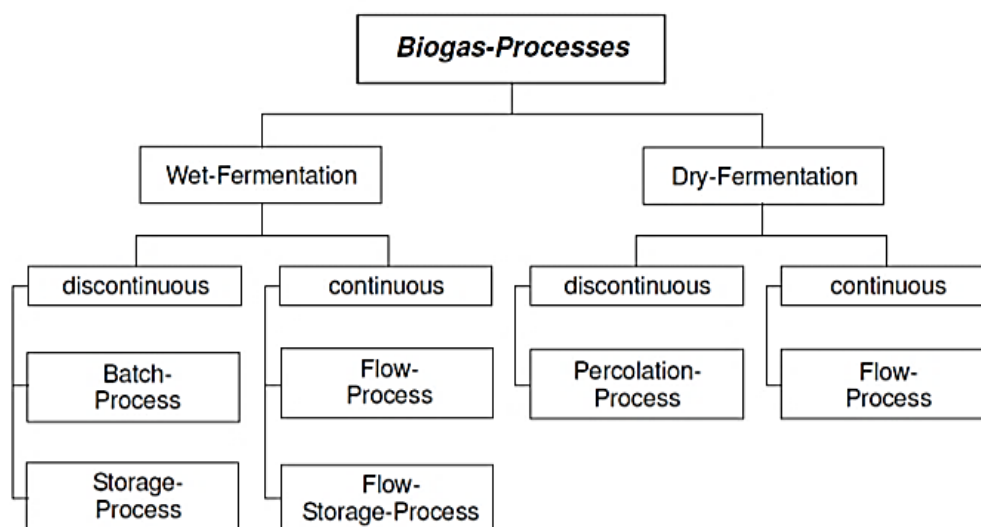
Inhibitory jsou látky, které snižují aktivitu fermentačního procesu a tím ho současně i zpomalují. Jako inhibitory můžeme označit organické kyseliny, desinfekční látky či antibiotika a další látky které jsou schopny se dostat do substrátu při desinfekci stájí, očkování většího množství zvířat či nevhodnou manipulací s prostředky. Jejich přemíra může vést až k možnému zastavení fermentačního procesu. (Schulz, 2004)

2.1.4 pH substrátu

Stejně jako teplota, tak i pH velmi významně ovlivňuje optimální práci bakterií. Za běžnou hodnotu považujeme výsledek 6,5 - 7,5 a každá odchylka od této hodnoty mění rovnováhu procesu. V poslední fázi, kdy dochází k tvorbě methanu má správné pH vliv nejzásadnější. Při druhé fázi fermentace za vlivu amoniaku se v kejďě a hnoji tvoří správné pH samo. V případě nízké hodnoty pH při užití siláže nebo syrovátky lze přidat vápno k jeho zvýšení na správnou hodnotu. (Hons a kol., 1989)

2.2 Typy fermentací

Na trhu lze nalézt velké množství technologických řešení pro bioplynová zařízení, avšak ty lze zredukovat do několika celosvětově nejpoužívanějších, které jsou znázorněny v obrázku č. 2 (Weiland, 2006):



Obrázek 2: Bioplynové procesy

Zdroj: Weiland, 2006

Z výše uvedeného schématu lze rozlišit typy fermentace v závislosti na procentuálním obsahu sušiny dle Weilanda (2006):

2.2.1 Wet-Fermentation (mokrý fermentace)

Podíl sušiny menší než 12 %. V rámci mokré fermentace je využívána biomasa v tekutém stavu. Jedná se o kontinuální proces, při kterém jsou válcové fermentační nádrže plněny čerpadly. V průběhu celého cyklu je biomasa neustále promíchávána pomocí míchadel. Na mokré bázi pracuje po světě několik tisíc stanic a jenom v ČR jsou jich stovky.

2.2.2 Dry-Fermentation (suchá fermentace)

Podíl sušiny 30 - 35 %. Suchá fermentace je založena na zpracování sypké biomasy. Ta je navážena do garážovitých fermentorů s plynotěsnými vraty za pomoci čelních nakladačů. Na rozdíl od mokré fermentace jde o proces diskontinuální nikoliv kontinuální. V průběhu procesu nedochází k promíchávání biomasy. Ta je pouze zahřívána podlahovým vytápěním na správnou fermentační teplotu. Na světě se nenachází příliš velké množství bioplynových stanic, které fungují na principu suché fermentace. V České republice lze tyto stanice navštívit například v Šumperku nebo Soběslavi, v sousedním Německu je jich k vidění na několik desítek.

2.3 Technologie fermentací

Ze zásady lze dále rozlišit postupy dle typu plnění fermentoru na dávkový nebo průtokový. Dalším kritériem pro členění je počet kroků v procesu, tedy zda jde

o proces jednostupňový či vícestupňový. V neposlední řadě také dle konzistence substrátu na pevný nebo kapalný. (Schulz, Eder, 2004)

2.3.1 Batch process (dávkový způsob)

U tohoto postupu, je fermentor, nebo-li vyhnívací nádrž naplněna dávkou najednou. Ta zde posléze vyhnívá, bez jakéhokoli dalšího přidávání a odebírání substrátu, až do konce doby kontaktu. Produkce plynu nejprve pomalu stoupá až do svého maxima, po jeho dosažení pozvolně klesá. Po uplynutí doby fermentace je vypuštěno zhruba 90 - 95 % celého objemu vyhnívací nádrže. Zbylé množství kalu naočkuje novou dávkou již zavedenými bakteriemi. V blízkosti fermentoru je vždy umístěna skladovací a přípravná nádrž stejného objemu, což celý koncept značně prodražuje. (Schulz, Eder, 2004)

2.3.2 Flow process (průtokový způsob)

Světově nejvíce bioplynových stanic pracuje na principu průtokového způsobu, a to na jeho čisté formě nebo s rozšířením o zásobník. Vyhnívací nádrže jsou při této technologii stále naplněny a vyprazdňují se pouze sporadicky, a to kvůli odstraňování usazenin nebo nutným opravám. Z přípravné nádrže je jednou popř. dvakrát denně dodán čerstvý substrát do vyhnívací nádrže a stejné množství, již vyhnílého substrátu, současně odchází přepadem do nádrží na skladování. Celá metoda je velmi cenově příznivá, její konstrukce dovoluje velmi efektivní využití vyhnívacích nádrží s minimálními tepelnými úniky, a tudíž je produkce plynu stálá a rovnoměrná. (Schulz, Eder, 2004)

2.3.3 Storage process (metoda se zásobníkem)

Zásobníková metoda slučuje skladovací nádrž a fermentor do jedné velké společné nádrže. Zásobník se při odvážení vyhnílé kejdy vyčerpá až do malého zbytku, který je potřebný k dalšímu naočkování nové náplně. Největší výhodou této metody jsou její velmi nízké náklady, kdy je za potřeby pouze velké nádrže. Celý provoz je přehledný a jednoduchý, o čemž svědčí i možnost, že tuto stanicí lze vybudovat ze stávajících otevřených jímek nenákladným zastřešením fóliovou krytinou. Za nevýhodu se označuje produkce plynu, která je přímo závislá na množství náplně a také velké tepelné ztráty. (Schulz, Eder, 2004)

2.3.4 Flow-storage process (kombinovaná průtoková metoda se zásobníkem)

Současně nejvyšší evoluční fázi v technologii bioplynových stanic představuje metoda, při které dochází ke kombinaci ve využití zásobníku a průtoku.

K průtokovému fermentoru jsou připojeny skladovací nádrže, které jsou uzavřeny pevným nebo fóliovým krytem za účelem zamezení ztrát dusíku, které vznikají při anaerobních rozkladných procesech a tím vytěžit dodatečné množství bioplynu. Ze zkušeností vyplývá, že 20 - 40 % z celkového objemu vyrobeného bioplynu vzejde po běžných 7 měsících ležení právě ze skladovacích nádrží. Tyto sklady nejsou navíc často ani promíchávány či ohřívány, tudíž zisk, který vzejde z tohoto plynu vyžaduje pouze velmi malé náklady. (Schulz, Eder, 2004)

2.3.5 Jednostupňový a vícestupňový proces

Technicky jednodušší řešení bioplynové stanice využívá pouze jednu vyhnívací nádrž po dobu celého procesu anaerobní fermentace. V rámci jednostupňové fermentace jsou všechny fermentační fáze (viz kapitola 2.1.1) uskutečněny v jedné nádrži se standardním typem fermentoru. Zpracovaný materiál je míchán, pomocí různých typů míchadel. S tímto způsobem fermentace se nejčastěji pojí zpracování kalů, zemědělských či potravinářských odpadů (Mendelu, 2000)

Alternativou k jednostupňovému procesu je proces vícestupňový. V jedné nádrži probíhá hydrolýza a acidogeneze, separátně v druhé nádrži probíhá acetogeneze a methanogeneze. I zde jsou používány standardní nádrže, osazené odlišnými typy míchadel. Metoda je využívána u druhů substrátu, složeného z lehce rozložitelných energetických plodin nebo rostlinných zbytků. Vícestupňový proces fermentace je tak nejčastěji využíván v bioplynových stanicích určených k zemědělským účelům. (Mendelu, 2000)

2.4 Využití bioplynu

Výstavba bioplynových stanic, které nemají budoucí využití bioplynu je přijatelná z pohledu ekologie, avšak z hlediska ekonomického již nikoliv. Využití a přeměna bioplynu je jednou z nejdůležitějších funkcí bioplynové stanice a současně s možným využitím pro digestát je hlavním ekonomickým pilířem ovlivňujícím efektivnost a návratnost celé investice. (Kára, 1988)

Jelikož je bioplyn řazen mezi plynná paliva, lze ho využít následujícími způsoby:

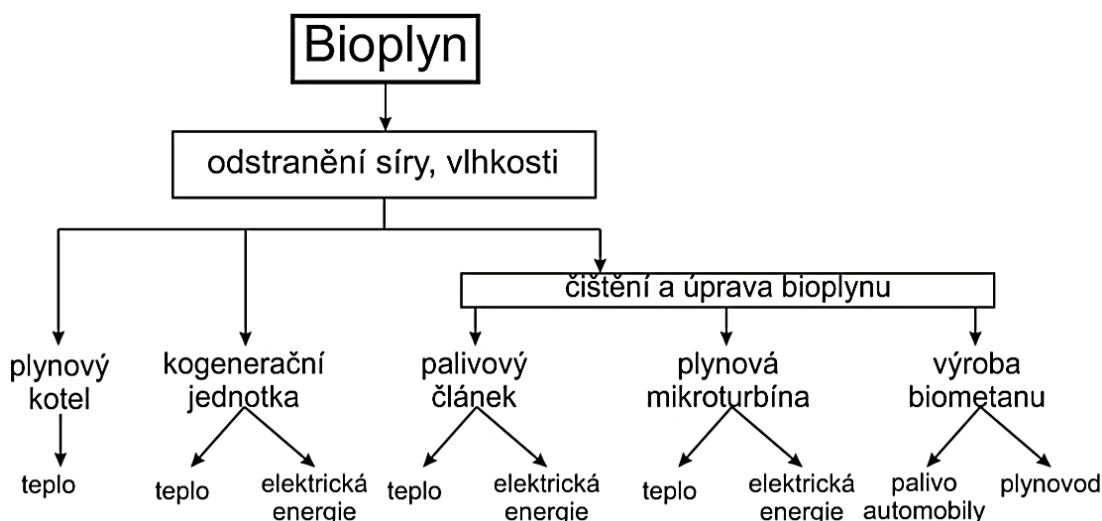
- a) k přímému spalování (topení, ohřev vody, sušení apod.)**
- b) kogenerace (elektřina, teplo)**
- c) trigenerace (elektřina, teplo, chlad)**
- d) pohon spalovacích motorů a turbín**
- e) bioplyn využitý v palivových článcích**

V běžné praxi je bioplyn nejčastěji využit v kogeneračních jednotkách. Jedná se o nejučinnější metodu kombinované výroby elektrické a tepelné energie, protože umožňuje optimálně vytěžit energetický potenciál bioplynu. Jak je známo zhruba 34 % energie z bioplynu je přeměněno na elektrickou energii, asi 53 % na výstupní tepelnou energii a 13 % tvoří ztráty v podobě spalin. „Na výrobu 1 kWh elektrické energie (kWh) je potřeba spálit v kogenerační jednotce cca 0,6 - 0,7 m³ bioplynu s obsahem kolem 60 % metanu. Na výrobu 1 kWh a 1,27 kWh tedy bude potřeba cca 5 – 7 kg odpadní biomasy, 5 – 15 kg komunálních odpadů nebo 4 – 7 kg tekutých komunálních odpadů.“ Vše se odvíjí od velikosti a technologického zařízení kogenerační jednotky. (Horbaj, 2011; Mužik, Kára, 2009)

Další možností užití bioplynu je přímé spalování v místě jeho vzniku, k topení sušení či ohřevu. Za použití speciálních nebo upravených hořáků, které zajistí nejefektivnější režim hoření plynu dochází k ohřevu vody. Výsledkem je možné vytápění stájí pro chov zvířat, temperování užitkové a pitné vody, či topení v prostorách celé farmy. Za pomoci výměníku jsme také schopni ohřívat nebo oteplovat vzduch ve sklenicích, sušárnách zrna a pícnin. (Pastorek, Wolf, 1992)

V neposlední řadě, lze bioplyn využít jako pohon do spalovacích motorů, a to jednak v rámci kogeneračních jednotek, nebo přímo jako palivo do mobilních strojů. Methan, který tvoří hlavní složku bioplynu je výborným palivem pro spalovací motory. Při jeho spalování dochází pouze k minimálnímu vzniku škodlivých emisí, tudíž můžeme proces označit za velmi čistý. Používání bioplynu pro pohon spalovacích motorů ovšem nezbytně vyžaduje jeho úpravu. Nejprve je nutné bioplyn zbavit veškerých příměsí a vyčistit tak, aby na konci procesu zůstal takřka čistý methan. Vedle bioplynu lze používat také methan ve stlačeném stavu, se kterým se dnes běžně setkáme na moderních čerpacích stanicích pod názvem CNG (Compressed Natural Gas). (Murtinger, Beranovský, 2006)

Jak motory pro vývin mechanické síly, tak i generátory proudu o velkých výkonových rozsazích, od několika málo, až do stovek kW, lze provozovat na bioplyn. Pro výkony v řádech MW je velmi praktické vyrábět proud za pomoci parních turbogenerátorů, které využívají spalování slámy, dřeva či jiných druhů suché biomasy. (Schulz, Eder, 2004)



Obrázek 3: Využití bioplynu

Zdroj: Mendelu, 2000

2.5 Energetické plodiny a výtěžnost surovin

V dnešní době, kdy dochází k nadprodukcí potravin, stoupá poptávka po „zezelenění“ zemědělské výroby a průmyslu. Díky této skutečnosti roste velmi významně i úloha energeticko-technických plodin. Nezpochybnitelným roli sehrává i zvýšený zájem o využití obnovitelných zdrojů ve formě biomasy nejen ze zemědělských institucí a vědeckých pracovišť, ale i z vládních kruhů. (Šedivý, 2009)

Pod pojmem energetické plodiny se označují cíleně pěstované rostliny, které mají své budoucí využití především v energetickém odvětví, nikoli pro technické účely či produkci potravin. Ze zásady lze využít každou plodinu k energetickým účelům, avšak skutečný význam mají pouze plodiny s určitými, pro energetické využití zásadními vlastnostmi. (Murtinger, Beranovský, 2006)

Mezi tyto vlastnosti dle Murtingera (2006) patří:

- Účinná přeměna oxidu uhličitého na biomasu za pomoci slunečního záření, a tudíž i vysoká primární produkce (v tomto případě mají výhodu tzv. C4 rostliny),
- Vysoký obsah sušiny ve sklizňovém období (nízký obsah vody),
- Vysoká výhřevnost a malý obsah popelnatých zbytků,
- Nízké nároky na živiny a vodu,
- Vysoká odolnost vůči škůdcům a chorobám.

Vstupní materiály pro výrobu bioplynu v zemědělských bioplynových stanicích můžeme rozdělit do tří základních skupin uvedených níže:

Tabulka 2.2: Výtěžnost surovin

Typ substrátu	Substrát	Výtěžek methanu (m ³ CH ₄ / kg VM)
Živočišné suroviny	hovězí hnůj	0,13
	hovězí hnůj + sláma	0,09
	prasečí kejda	0,28 - 0,48
	kuřecí trus	0,2
	prasečí kejda + kal ČOV	0,30 - 0,40
Rostlinné suroviny	kukuřice řezaná celá	0,4
	kukuřičná nat'	0,18
	kukuřičná siláž	0,37
	pšeničná sláma	0,2
	ječná sláma	0,15
	ovesná sláma	0,17
	tráva čerstvě sečená	0,31
	cukrová řepa - nat'	0,24
	bramborová nat'	0,31
	jetel sečený	0,26
	stébla trávy a staré seno	0,19
Pěstovaná biomasa	vodní hyacint	0,14
	směs zel. kukuřice, brambory, kapusta, oves	0,3
	prutová biomasa	0,16
	dřevní biomasa	0,18 - 0,28

Zdroj: Straka, 2010

*VM = Vstupní materiál

Methanizace (biomethanizace) je souhrnem dějů, při kterých směsné kultury mikroorganismů postupně rozrušují biologický materiál při zamezeném přístupu vzduchu. Výsledkem je neměnná organická hmota (zbytková biomasa) a plyn –

bioplyn, který je z největší části složen z methanu a oxidu uhličitého. (Horbaj a kol. 2011)

Výsledná produkce methanu je velmi složitým biologickým procesem, ve kterém hraje roli mnoho ovlivňujících faktorů. To kolik methanu vznikne ze vstupního materiálu je jednou ze základních otázek každého, kdo provozuje bioplynovou stanici. Ve zkratce lze tvrdit, že výtěžnost methanu závisí na faktorech, které lze zařadit do třech hlavních kategorií. (czba.cz)

1. Chemická struktura a uskupení zpracovaného materiálu
2. Biologická rozrušitelnost zpracovaného materiálu
3. Technologické parametry (doba fermentace a její typ, teplota, odlišné pH, způsob míchání, přítomnost inhibitorů či toxických látek atd.)

Vliv předúpravy surovin

Pro zvýšení efektivity biologického rozpadu různých typů surovin se čím dál častěji využívají rozličné způsoby předúpravy materiálu. Tyto úpravy se využívají k dosažení několika možných cílů. (czba.cz)

- Zlepšení biologické rozložitelnosti,
- Navýšení tvorby methanu (bioplynu),
- Hygienizaci ustáleného materiálu,
- Snížení množství ustáleného materiálu (čistírenské kaly).

Podstata celé metody je založena na zpřístupnění zpracovávaných materiálů k enzymovému rozkladu. Při změně rozměru částic ať mechanickou či jiným rozrušením následuje značné zvětšení plochy, a tedy i větší schopnosti enzymového rozkladu. Za pojem „dezintegrace“ můžeme považovat všechny způsoby, které vedou ke zničení existující chemické či fyzikální struktury zpracovaného materiálu. (czba.cz)

Způsoby předúpravy:

- Mechanický způsob dezintegrace,
- Termický způsob dezintegrace,
- Chemická cesta,
- Biologická cesta.

Skutečná výtěžnost je vázaná na druh substrátu, jeho složení (tuky, celulóza, proteiny atd.) biologickém rozpadu a technologii. Není zde možnost ji reálně vypočítat, ale je třeba ji experimentálně stanovit. (czba.cz)

3 Bioplynová stanice

Bioplynové stanice jsou komplexními zařízeními, kde dochází k cílené výrobě bioplynu, jenž může být dále přeměněn na elektrickou energii, teplo či jejich kombinaci jedním z několika možných způsobů. Při přímém spálení přeměníme bioplyn pouze na tepelnou energii, která se poté využívá k vytápění okolních administrativních a technických budov. Druhou možností je využití bioplynu jako paliva do kogeneračních jednotek k získání energie ve formě tepla a elektřiny. Dříve byly takto vyrobené energie spotřebovány přímo v místě jejich vzniku k zajištění běžného provozu. Dnes se díky moderním a výkonným stanicím stále častěji setkáváme s energetickými přebytky, které jsou následně dodávány do rozvodné sítě a z ní pak putují až ke koncovým zákazníkům. (Brandejsová, Příbyla, 2009)

3.1 Legislativa

Bioplynové stanice jsou obecně označovány jako prostředí s možným výskytem nebezpečí výbuchu na pracovištích, a to vlivem své produkce methanu. Při realizaci bioplynové stanice je třeba brát na zřetel tyto tři podstatné body.

1. Územní rozhodnutí (kladné) – stanovuje podmínky pro využívání a ochranu území, dále pak podmínky pro přípravnou a realizační fázi stavby.
2. Stavební povolení – definuje podmínky na provedení stavby a v případě nutnosti i pro její užívání.
3. Kolaudační souhlas – umožňuje využívat stavbu k jejímu projektovanému účelu. (Brandejsová, Příbyla, 2009)

Již při navrhování bioplynové stanice je nutno mít na paměti, a to již ve stádiu příprav projektových dokumentací, že tato stavba dále podléhá uvedeným právním normám uvedeným v tabulce č. 3.1

Tabulka 3.1: Bioplynové stanice legislativa

Právní předpis	Obecná relevance
<p>Z. č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší</p>	<p>Vymezuje základní požadavky na provozovatele produkující nečistoty při spalování biomasy, stanovuje poplatky za znečištění ovzduší a další.</p> <p>Vymezuje emisní limity pro užití kotlů, jež spalují tuhá paliva a stacionární jednotky pístových motorů.</p> <p>Obsahuje emisní limity pro znečišťující látky, jejich seznamy, katalog zdrojů znečišťování atd.</p>
<p>Z. č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí</p>	<p>Stanovuje pravidla nutná pro posouzení záměrů, které mají podstatná vliv na životní prostředí.</p>
<p>Z. č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií</p>	<p>Vymezuje základní požadavky a pravidla přípravy územní, energetické a státní koncepce včetně koncepce OZE. Aplikuje rámec požadavků, jež jsou nutné pro minimální účinnost zařízení sloužících k výrobě elektrické energie.</p>
<p>Vyhl. č. 477/2012 Sb., o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů</p>	<p>Definuje druhy a parametry podporovaných obnovitelných zdrojů, způsoby využití, způsoby uchovávání dokumentů a záznamů o použitých palivech.</p>
<p>Z. č. 131/2015 Sb., energetický zákon</p>	<p>Mimo jiné upravuje také požadavky pro získání licence k výrobě elektřiny, tepelné energie a plynu. Dále povinnosti, které jsou kladeny na výrobce plynu a elektřiny.</p>

Zdroj: <http://www.bioplynovestanice.cz/legislativa/>

3.2 Typy bioplynových stanic

Podstata výroby bioplynu a dále a jeho budoucí využití je u zemědělské i komunální bioplynové stanice v podstatě totožný. Rozdíly jsou nejčastěji ve způsobu úprav vstupních surovin, ale hlavně také v ekonomice realizace a provozu stanice. (Habart, ČZU, CZ Biom, 2010)

V závislosti na typu zpracované biomasy je možno rozdělit stanice do dvou základních skupin na zemědělské a odpadové nebo-li čistírenské.

3.2.1 Zemědělská bioplynová stanice AF1

Patří mezi nejrozšířenější typ a je určena ke zpracování cíleně pěstovaných energetických plodin, jako je kukuřice, cukrová řepa, luční trávy či zbytky zeleně. Dalším podstatným vstupem jsou vedlejší stájové produkty například hnůj nebo kejda. Veškeré vstupní složky jsou navíc z velké části homogenní, a tudíž je není nutné před vstupem do fermentoru již nijak upravovat. (Bioplynovestanice.cz, 2008)

Jednoznačnou výhodou zemědělské bioplynové stanice je relativně jednoduchá a levná technologie, která není náročná na fungování. Dalším plusem je odzkoušený provoz na mnoha tisících stanicích, které jsou vyhotoveny po celém světě. V porovnání s ostatními typy stanic má výrazně nižší emise pachových látek při zpracování surovin i ve výsledném fermentačním zbytku. Ke stabilnímu výkonu a chodu stanice je třeba zajistit stálý přísun kvalitních surovin, které se po jejich využití dají dále využít ve formě digestátu v zemědělství. (Bioplynovestanice.cz, 2008)

Za nevýhody můžeme označit kolísající ceny vstupních surovin, které jsou nejvíce ovlivněny rostlinou výtěžností a klimatickými podmínkami jednotlivých let. Nutná spolupráce s přílehlými zemědělskými družstvy k zásobení stanice dostatečným množstvím vstupních surovin a vsázky. V neposlední řadě také nedostatečný odbyt pro množství tepla vyprodukovaného při chodu stanice. (Bioplynovestanice.cz, 2008)

3.2.2 Odpadové bioplynové stanice AF2

Tento typ stanic je zaměřen na zpracování biologicky rozložitelných odpadů, jako jsou zbytky z potravinářského průmyslu, prošlé potraviny, kaly z ČOV a rozložitelný komunální odpad. (Bioplynovestanice.cz, 2008)

Tyto bioplynové stanice při svém provozu zajišťují řadu technicky složitých operací, jako je separace, drcení či homogenizace materiálů jejich řezáním. U velkého

množství vstupů je legislativně nařízen maximální rozměr částic 12 mm a následné provedení hygienizace po dobu alespoň jedné hodiny, při teplotě 70 °C. (Habart, ČZU, CZ Biom, 2010)

Největší výhodou tohoto typu stanic je jejich dvojitý příjem, jak ze zpracování bioodpadů, tak i z následného prodeje energií. Růstový potenciál těchto stanic je dále podpořen neustále se zvyšující cenou za likvidaci odpadů. Nespornou výhodou jsou vyspělé automatizované technologie, které svým působením nezatěžují životní prostředí a eliminují negativní dopady. (Bioplynovestanice.cz, 2008)

Naopak jasnou nevýhodou jsou velmi vysoké náklady na prvotní investici, neexistence trhu s bioodpadem (získávání vstupních surovin) a náročný administrativní a schvalovací proces. Materiál ve formě odpadu běžně velmi zapáchá a ke snížení míry zápachu v okolí je třeba využít uzavíratelných hal s čištěním vzduchu. Veřejnost není nakloněna tomuto typu stanic. (Bioplynovestanice.cz, 2008)

3.3 Základní části stanice

Počáteční návrh je základním krokem při vývoji bioplynového projektu, který zahrnuje výběr technologií, určení rozměrů a uspořádání jednotlivých zařízení. Cílem je vždy dosáhnout nejefektivnější instalace, která umožní optimální využití dostupných zdrojů a má progresivní vliv na přírodní a sociální prostředí stanice. (Wellinger, 2013)

Dle Wellingera rozdělujeme jednotlivé komponenty bioplynových stanic do čtyř základních skupin:

1. Fermentační jednotka
2. Skladování a úprava plynu
3. Potrubí a armatury
4. Přeměna plynu

Hlavní faktory, které ovlivňují každý krok při návrhu je složení a množství materiálu, který bude zpracováván. Charakteristika surovin, stejně jako obsah sušiny, potenciál okyselování či patogenní riziko jsou zásadní parametry. Chemické a biologické složky substrátu či bioplynu určují, jaké konstrukční materiály je třeba na výstavbu použít a předejít tak možné korozi systému a tím i jeho ochromení. Množství substrátu a bioplynu současně definuje hlavní rozměry a kapacity jednotlivých zařízení a částí bioplynové stanice. Vhodně zvolené a uzpůsobené technologie ve spojení se

správným inženýrskými postupy jsou základem pro správně fungující stanici. Je tedy velmi zásadní prozkoumat vstupní suroviny a okolní podmínky ještě dříve, než dojde k jakýmkoliv návrhům či rozhodování. (Wellinger, 2013)

3.3.1 Fermentační jednotka – fermentor

Vyhnívací jednotka je základnou a nejdůležitější technickou částí anaerobního procesu. Jsou na ni kladeny nejpřísnější nároky ve smyslu vytváření optimálního prostředí k vývoji mikrobiálních kultur. Podstatným požadavkem na fermentor je vytvoření a udržování správné teploty pro proces fermentace a rozvoj anaerobních bakterií. (Pastorek, Wolf, 1992)

Velikost reaktoru musí být přizpůsobena množství vstupních surovin a poměru degradace klíčových substrátů. Aby byla zajištěna správná rovnováha, je třeba propočítat následující dva parametry. Retenční čas substrátu (HRT – Hydraulic retention time) a organický plnicí poměr (OLR – Organic loading rate).

OLR vyjadřuje množství volatilní suché hmoty (VDM) vložené do fermentoru v kilogramech (VDM) za den a v kubických metrech fermentoru (kg VDM/m³den)

$$OLR (kg VDM/m^3 den) = \frac{vstupy (kg/den) * DM (\%) * VDM (\% z DM)}{objem fermentoru (m^3)} \quad (1)$$

DM (dry matter) – suchá hmota

VDM (volatile dry matter) – volatilní suchá hmota

HRT popisuje teoretický časový úsek, po který zůstane substrát ve fermentoru. Pojednává o hlavním retenčním čase, který se však ve skutečnosti pohybuje v určitých odchylkách.

$$HRT (dní) = \frac{hrubá velikost fermentoru (m^3)}{vstupní substrát (m^3/den)} \quad (2)$$

Jak OLR, tak i HRT odkazují na efektivní velikost fermentační jednotky s ohledem na skutečně dostupný objem substrátu. K dosažení celkového objemu digestoru je nutné brát v úvahu i objem nad hladinou kapaliny (možný plynojem). (Wellinger, 2013)

Dle konstrukčního typu rozděluje Schulz fermentory na:

a) Horizontální konstrukční typ

Předností toho typu je možnost do něj nainstalovat velmi výkonné, ale současně energeticky úsporné a na provoz bezpečné mechanické míchadlo. Jelikož je délka v poměru k výšce často několikanásobná, vzniká zde velmi žádané pístové proudění. Při tomto jevu je posunována rourou dávka kejdy nahoru, jako píst, tudíž se čerstvý substrát nemísí s již vyhnílym a podporuje tak efekt hygienizace.

Nevýhodou je prostor, který nádrž zabírá a díky tomu i velké tepelné ztráty pramenící z velké teplosměnné plochy.

Horizontální fermentory jsou nejčastěji navrhovány, jako cylindrické nádrže, vyhotovené z oceli. V případě užití betonu se využívají pravoúhlé tvary, nejčastěji čtverce. Takovéto nádrže jsou umístovány z pravidla nad zemí. (Schulz, Eder, 2004)

b) Vertikální konstrukční typ

Tyto vyhnívací nádrže jsou nejčastěji konstruovány jako betonové o kruhovém průřezu, a to z důvodů statiky. V porovnání s horizontálními je možné zde dosáhnout efektivnějšího poměru mezi objemem a jeho plochou, což má pozitivní vliv na tepelné ztráty a náklady na materiál.

Nadzemní uložení se volí v případě, že je v místě výstavby vysoký stav podzemní vody. Zpola nad a zpola pod zemí jsou fermentory uloženy v případě, že je nelze plně uložit do země. Zcela uložené fermentory pod zemí se střechou mají největší výhodu v tom, že nezabírají místo na povrchu. Mimo jiné jsou i nejlépe chráněna před výkyvy teplot a povětrnostními vlivy, což se projeví na relativně nízké energetické spotřebě v porovnání s nadzemně uloženými fermentory. (Schulz, Eder, 2004)

3.3.2 Skladování a úprava plynu

Základní funkcí plynojemů je shromažďování vyrobeného plynu a následně i vyrovnávání rozdílů mezi plynem vyrobeným a spotřebovaným. Současně napomáhají i k stabilizaci přetlaku, který se nachází uvnitř celého systému. Kapacita je volena tak, aby odpovídala akumulární době plynu kratší než 24 hodin s vlivem na počet a délku spotřebních cyklů. Všechny části plynojemu musí být plynotěsné

a odolné vůči tlaku. Dále musí odolávat UV záření, možným změnám teplot a povětrnostních podmínek. Systém musí být nutně vybaven senzory pro detekci možného podtlaku či naopak přetlaku. U všech plynojemů musí být k dispozici i zařízení, které je schopné samovolně uvolnit přetlak plynu tak, aby nedošlo k překročení přípustné meze pro daný plynojem. (Straka, 2010)

Bioplynové zásobníky se nejčastěji dělí podle typu jejich konstrukce a velikosti a dále i podle jejich běžného provozního tlaku, za kterého pracují. Dle tlakového stupně a jemu odpovídajících technických parametrů je Schulz rozděluje na:

a) Nízký tlak 0,5 - 50 mbar

Prvním druhem vyráběných plynojemů je typ s vodním uzávěrem a jejich velikost je 5 - 200 m³

Druhým typem jsou nádrže s fóliovým poklopem či celé fóliové plynojemy s velikostí 10 - 2000 m³

b) Střední tlak 5 - 20 bar

Vyrábí se ve formě ocelových nádrží o kapacitě 1 - 100 m³

c) Vysoký tlak 200 - 300 bar

Ocelové nádrže o kapacitě 0,1 - 0,5 m³

Plynojem s mokrým uzávěrem (mokrý plynojem) je tvořen ocelovým zvonem, který je ponořen do kapaliny. Tou může být jednak substrát, za předpokladu, že zvon plave přímo na skladovací nádrži či fermentoru. A jednak voda nebo roztok mrazuvzdorných prostředků s vodou v případě externího plynojemů. Hlavní výhodou je stálost tlaku, při kterém je plyn skladován. (Schulz, Eder, 2004)

Suchý plynojem nedisponuje vodním uzávěrem a téměř vždy tak mluvíme o uzavření plynového prostoru za pomocí membrány. V případě jednoduchých membrán se využívá EPDM gumy pro svou výbornou odolnost vůči UV záření a elasticitě. Pro složitější dvojité membrány se využívá PVC. (Schulz, Eder, 2004)

Síra je nejškodlivější látkou, která je v bioplynu obsažena. Sulfan nebo-li sirovodík stojí za vznikem kyseliny sírové, která dále zapříčiňuje korozi na místech, kde dochází ke kondenzaci spalin. Sulfan významně snižuje životnost všech součástí a zařízení, které s ním přichází do styku a v případech vysokého tlaku může způsobit i křehnutí součástí z oceli. K zabránění poškození strojních součástí, spalovacích

motorů, tepelných výměníků, kompresorů a dalších zařízení, je třeba z bioplynu odloučit sulfan na nejméně mezní hodnotu od 100 do 500 mg.Nm⁻³. Nejběžněji se využívá princip biologického odsiřování, dále pak adsorpce sulfane skrze aktivní uhlí či adsorpce skrze systémy s trojmocným železem. (Kára, Mužík, 2012)

Čištění a vysoušení plynu je možno provádět pomocí keramických molekulárních sít, které umožňují vyrábět z bioplynu čistý methan, který vzniká při odfiltrování oxidu uhličitého, sirovodíku a vodních par. Síta se dají jednoduchým profouknutím očistit od usazených látek a znovu využívat. V běžné praxi se tato metoda plně nevyužívá, avšak je velkým předpokladem do budoucna, neboť v palivových člancích lze vyrábět elektrický proud právě z čistého methanu. V současné době se využívá ochlazování za pomoci chladícího agregátu, čímž lze z bioplynu odloučit vodu a škodlivé plyny. Tato metoda se využívá k ochraně bioplynových motorů před nadměrným opotřebením kluzných ložisek, klikové hřídele, ojníc a pístů. (Schulz, Eder, 2004)

3.3.3 Potrubí a armatury

Soustava čerpadel, potrubních rozvodů a armatur je nutná k přepravě čerstvého, ale i vyhnílého substrátu a současně i ke kontrole toku materiálu.

Potrubí můžeme rozdělit na plnící, které dopravuje čerpadlem tlačенý substrát z přípravných nádrží do fermentorů či ze skladovacích nádrží do cisteren, a dále na přepadové potrubí, kterým materiál na bázi přirozeného spádu odchází z fermentorů do nádrží na skladování.

Čerpadla se využívají tam, kde je nutné překonávat výškové rozdíly mezi nádržemi a popřípadě i při využívání hydraulického míchání. V případě bioplynových stanic nejčastěji hovoříme o odstředivých (rotačních) čerpadlech, které se využívají při přepravě materiálu o obsahu sušiny menším než 8 %. Pro přesun materiálu o větším obsahu sušiny, se zařazují do provozu čerpadla objemová (plunžrová).

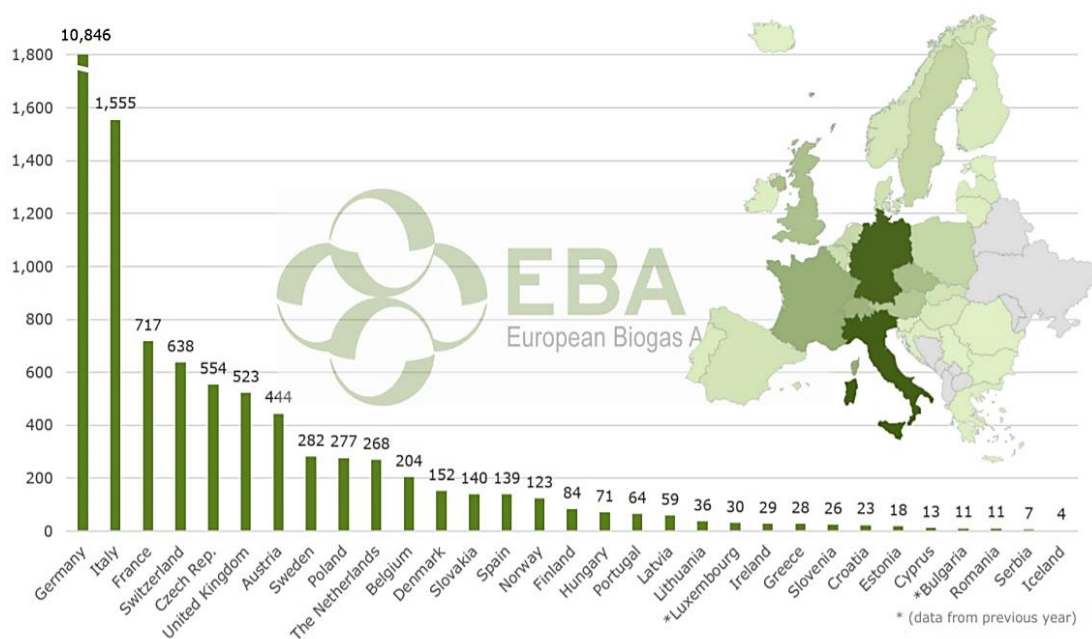
Za nejdůležitější armatury a spojovací materiál v potrubních systémech se považují spojky, zpětné klapky, šoupátka, ventily, manometry a čistící otvory. (Straka, 2010)

3.3.4 Využití plynu

V bioplynových stanicích se běžně využívá vzniklý plyn jako palivo. V prvním případě hovoříme o palivu do bioplynových spotřebičů což jsou nejčastěji hořáky, kotle nebo kogenerační jednotky, které vzniklé energie využívají nebo poskytují k následnému využití. V případě druhém hovoříme o zneškodnění plynu za pomoci havarijního vypouštění nebo spalování v hořáku zbytkového plynu které je však limitováno právními předpisy a emisními normami. (Brandejsová, Příbyla, 2009)

3.4 Bioplynové stanice v ČR a v Evropě

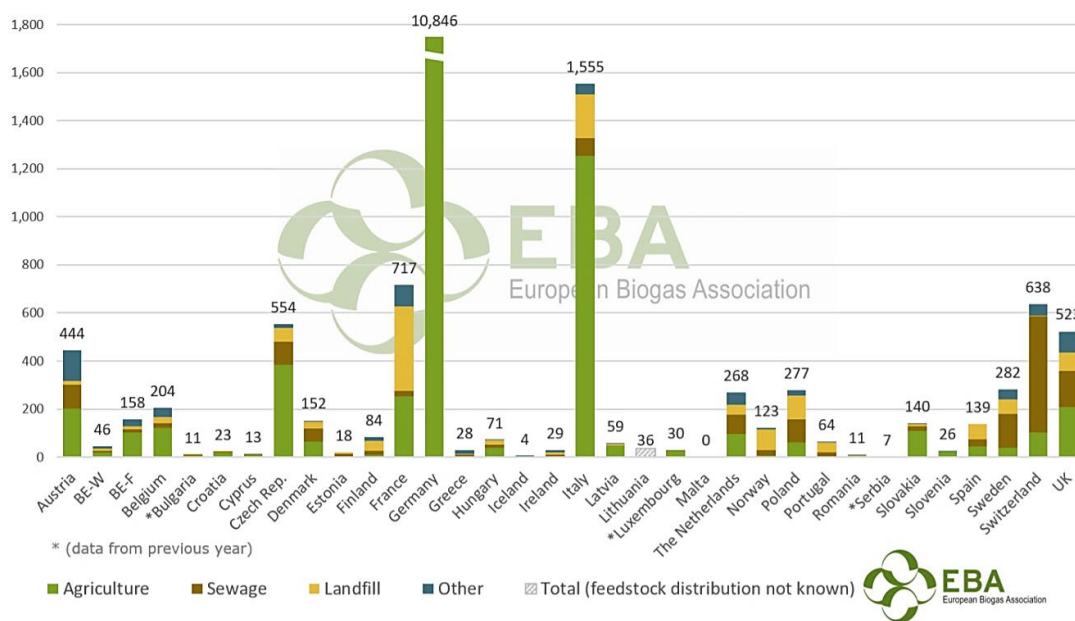
Dle statistiky vydané organizací EBA, bylo v roce 2015 evidováno 17 376 fungujících bioplynových stanic v celé Evropě. Nejvíce stanic bylo zaznamenáno v Německu, Itálii nebo Francii. Na tyto giganty se posléze dotáhla Česká republika, s počtem 554 bioplynových stanic, jejichž číslo se nadále zvyšovalo. Dle dostupných zpráv z konce roku 2017 eviduje Česká bioplynová asociace 574 stanic v ČR. (Deremince, 2018, czba.cz, 2017)



Obrázek 4: Počet bioplynových stanic v Evropě

Zdroj: Deremince, 2018

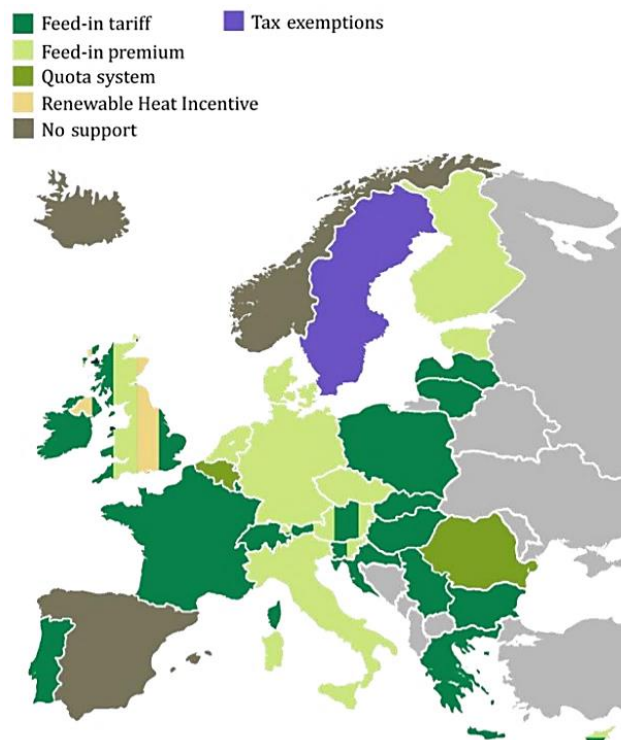
Jak lze vidět na obrázku č. 5. každý z evropských států provozuje odlišné typy bioplynových stanic. Procento zastoupení jednotlivých typů, je posléze individuální pro daný stát. V České republice zauímají největší podíl stanice zemědělské. Například ve Francii ovšem převládají nejvíce stanice zpracovávající skládkové odpady, Švýcarsko zase preferuje stanice, jež využívají kaly z čističek odpadních vod. (Deremince, 2018)



Obrázek 5: Typy bioplynových stanic v Evropě

Zdroj: Deremince, 2018

Z důvodu, že jsou výstavba a provoz bioplynové stanice finančně náročné, většina z evropských států podporuje jejich provoz. Na obrázku č. 6. je vidět rozložení jednotlivých států a způsob, kterým podporují výrobu bioplynu. (Deremince, 2018)



Obrázek 6: Schéma podpory bioplynu v Evropě

Zdroj: Deremince, 2018

4 Bioplynová stanice Kamenice

4.1 Informace o bioplynové stanici Kamenice

Společnost LACTOENERGO s. r. o. byla založena v roce 2008 se záměrem vybudovat zemědělskou bioplynovou stanici v obci Kamenice s návazností na partnerské zemědělské podniky. Společnost neobhospodařuje žádnou zemědělskou půdu, ani není chovatelem hospodářských zvířat. Surovinové vstupy pro bioplynovou stanici v Kamenici zajišťují společnosti SELMA a. s. se specializací na chov prasat (produkce vepřové kejdy) a společnosti ZEOS Kamenice s. r. o. a Zemědělská společnost Zhoř a. s. smluvně dodávající cíleně pěstované plodiny a chlévskou mrvu. Společnost SELMA a. s. (středisko chovu prasat Kamenice) je rovněž přímým odběratelem tepla pro vytápění provozních budov a stájí pro chov prasat v navazujícím zemědělském areálu. Společnosti ZEOS Kamenice s. r. o. a Zemědělská společnost Zhoř a. s. jsou odběrateli fermentačního zbytku – digestátu aplikovaného na jejich zemědělské pozemky. Významným partnerem je také společnost ZZN Jihlava a. s. odebírající teplo po provoz sušárny palivového dřeva.

Bioplynová stanice v Kamenici u Jihlavy patřící společnosti Lactoenergo s. r. o. byla vybudována s investiční podporou evropských fondů v roce 2010. Celkové náklady na tento projekt dosáhly hodnoty zhruba 120 mil. Kč a výkon generovaný touto stanicí je 990 kWe. Hlavní myšlenkou a účelem tohoto projektu bylo diverzifikovat činnost partnerských zemědělských podniků v přílehlé lokalitě a využít tak veškerého potenciálu bioplynové stanice ve prospěch zúčastněných zemědělských podniků formou prodeje elektrické energie, využití tepla, eliminaci zápachu statkových hnojiv (především vepřová kejda), stabilizaci jistoty při odběru a využití vlastní produkce cíleně pěstovaných plodin.

Provoz byl zbudován jako zcela nový včetně silážních žlabů, koncové uskladňovací jímky a rozvodů tepla v přílehlém areálu chovu prasat společnosti SELMA a. s. Vyrobena energie je dodávána společnosti E.ON, odpadní teplo z bioplynové stanice je využíváno k vytápění stájí a provozních budov v sousedícím zemědělském areálu a dále je užíváno pro vytápění sušárny palivového dřeva.

Bioplynová stanice je charakterizována jako zemědělská a je tedy zařazena do skupiny AF1.

Adresa: Kamenice 437, 588 23 Kamenice

Provozovatel: LACTOENERGO s. r. o. – odpovědný vedoucí: Ing. Lukáš Homolka
– ředitel společnosti

Dodavatel stavby: AGROSTAV a. s.

Dodavatel technologie: BGS Biogas a. s.

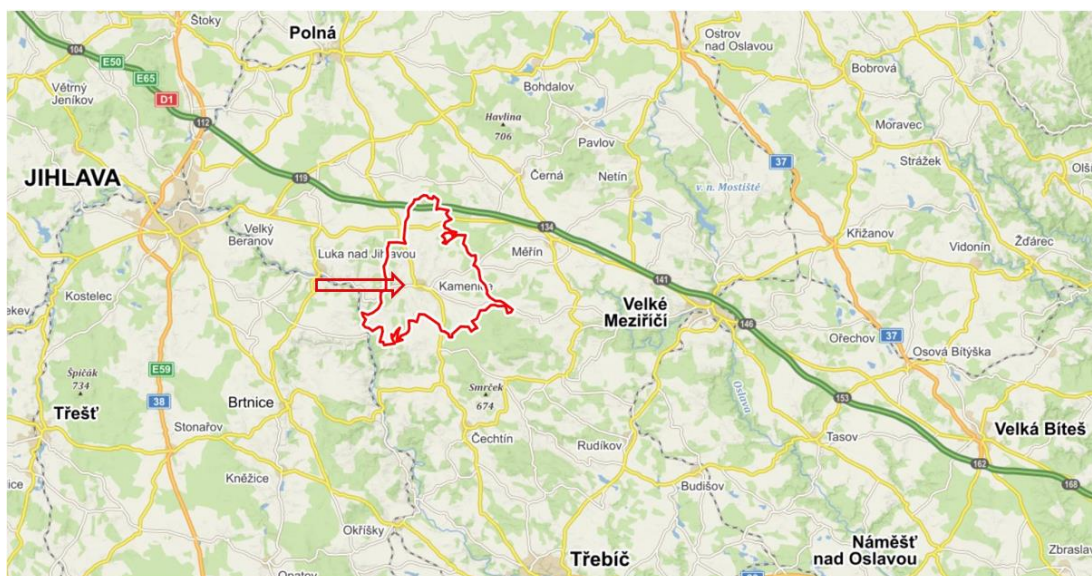
Dodavatel kogenerační jednotky (KJ): INECO s. r. o.

Instalovaný elektrický výkon: 990 kW_e

Instalovaný tepelný výkon: 1148 kW_t

4.2 Kamenice u Jihlavy

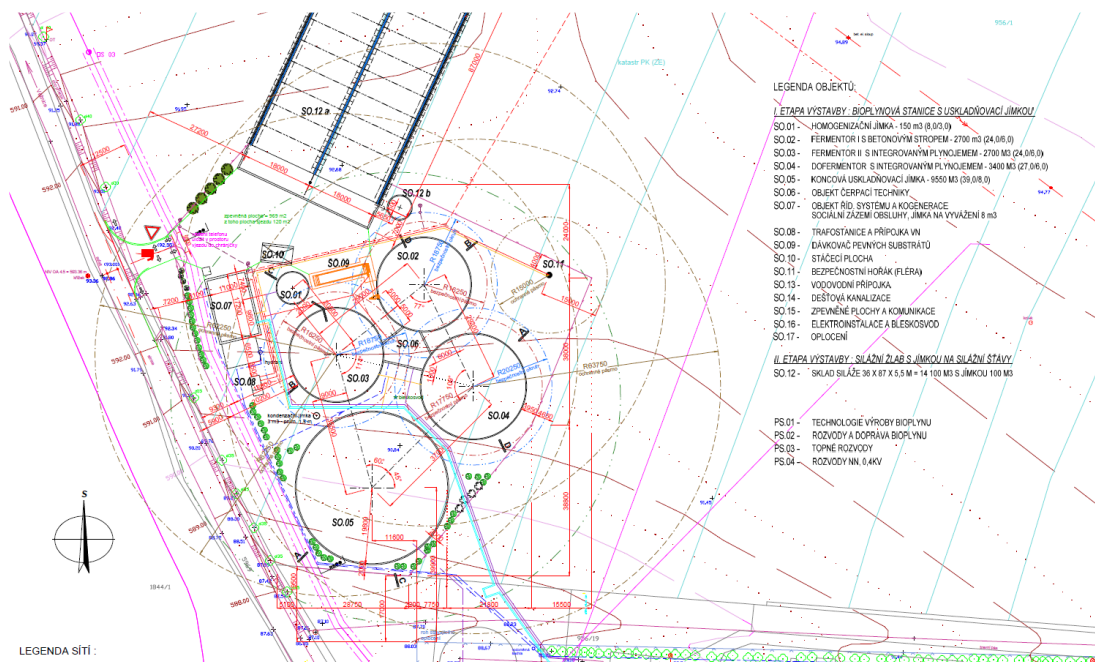
Městys Kamenice se nachází v okrese Jihlava v Kraji Vysočina. Je rozdělen na pět místních částí – Kamenice, Kamenička, Řehořov, Vržanov a Brodek. Žije zde stabilně asi 1 900 obyvatel kteří mají k dispozici Základní školu, Mateřskou školu, knihovnu, obvodního lékaře, restaurace a obchody. Působí zde Sbor dobrovolných hasičů a fotbalový klub SK Kamenice. Pro sportovní vyžití zde bylo vybudováno multifunkční hřiště. Území Kamenice protíná dálnice D1 což ji zajišťuje výhodnou pozici z hlediska dopravy a obchodu.



Obrázek 7: Poloha Kamenice na mapě

Zdroj: Mapy.cz

4.3 Hlavní části BPS Kamenice



Obrázek 8: BPS Kamenice - výkres

Zdroj: BPS Kamenice

Bioplynová stanice v Kamenici se skládá z následujících objektů

Objekt 1: Fermentory

Objekty fermentorů (3 kusy) – jsou tvořeny monolitickou železobetonovou zastropenou kruhovou jímkou převážně zapuštěnou do terénu a tepelně izolovanou. Fermentory jsou umístěny v sousedství stávajících nádrží na kejdu prasat (3 kusy). Celkový objem fermentoru I – 2 700 m³, fermentoru II – 2 700 m³, dofermentoru (sekundární fermentor) – 3 400 m³.

Dno, stěny a zastropení fermentoru jsou vyhotoveny technologií vodotěsného betonu. Strop fermentoru I a II je zateplen a zakryt tzv. kačírkovým zásypem. Strop dofermentoru je osazen vzduchotěsným membránovým plynojemem, který slouží jako skladiště plynu. Objem plynojemu je 2 600 m³. Vnější stěny fermentorů jsou zateplené. Ve vnitřním prostoru fermentoru je osazena technologie – vrtulová míchadla, odsíření plynu, šnekový vynašeč usazenin. Vytápění fermentorů zabezpečuje stálou teplotu 38 - 42 °C a dochází tedy k mezofilní fermentaci. Jedná se

o teplovodní vytápění využívající teplo vyvinuté při provozu kogeneračních jednotek. Rozvod jednotlivých okruhů vytápění je v obvodové stěně fermentoru.

K objektu fermentoru patří i dávkovač pevných substrátů s násypkou a čerpací centrum. Dávkovač je umístěn na betonovém podkladu. Automaticky dávkované množství substrátu je z podavače vedeno dopravníky až do fermentačního prostoru. Dávkovač disponuje objemnou násypkou, do které se materiál naváží čelním nakladačem 2x denně. Čerpací centrum je umístěno v prostorách u paty fermentoru. Přívod kejdy je realizován z čerpací jímky vybudované, u již stávajících skladovacích jímek na kejdu prasat. Fermentační zbytky jsou z fermentorů odváděny do skladovací koncové jímky na digestát (Objekt 3).

Objekt 2: Skladovací nádrž – koncový sklad s výdejní plochou

Kruhová monolitická železobetonová jímka o kapacitě 9 550 m³. Objekt je zhotoven z vodotěsného betonu a dále vybaven vodotěsně izolovanou nepropustnou výdejní plochou s odvodněním přečerpávací jímky. Provozně dispoziční řešení vychází z požadavku na provedení stavebně a investičně nenáročného objektu při nutném dodržení základního požadavku na nepropustnost konstrukci v zájmu ochrany životního prostředí a přizpůsobení vlastní konstrukce dna i stěn nádrže platných ČSN.

Nádrž je koncipována jako částečně zapuštěná se základovou spárou v nezámrazné hloubce. Nedílnou součástí je výtlačné a vypouštěcí potrubí včetně uzavíracích armatur. Nádrž je plněna z fermentoru kalovým čerpadlem a podzemním potrubím.

Výdej digestátu je řešen kalovým čerpadlem osazeným v čerpacím centru zpětným přečerpáním do fekálních vozů, umístěných na izolované výdejní ploše. Další skladovací kapacity jsou ve stávajících jímkách na kejdu.

Objekt 3: Příjmová jímka

Jako příjmová jímka (homogenizační jímka) slouží nová zemní krytá železobetonová nádrž o objemu 150 m³. Do jímky je potrubím svedena kejda ze stávajících skladovacích jímek v areálu chovu prasat. Dále je do ní odkanalizována výdejní plocha digestátu, plocha silážního žlabu (přečerpání jímky na silážní šťávy) a kontaminované vody ze stávajících zpevněných ploch. Z příjmové jímky je uskladněná kejda prostřednictvím centrální čerpací stanice dopravena až do hlavního fermentoru.

Objekt 4: Plynojem

Pro vyrovnání nestejnomyšného vývinu bioplynu je na plynové cestě mezi fermentory a kogeneračními jednotkami vsazen plynojem, který je umístěn na dofermentoru (membránový plynojem). Jde o plynojem s vakem o maximálním objemu 2 600 m³, který je vytvořen z pevné plynotěsné a pružné dvojité membrány. Vak je umístěn na tkané konstrukci z popruhů a sítí, která tvoří zastropení dofermentoru. Plynojem je osazen pojistnými ventily, které jsou v pravidelně ustavených intervalech každý den kontrolovány obsluhou, aby nedošlo k úniku bioplynu do okolí.

Objekt 5: Silážní žlab

Pro siláž se sušinou nad 30 % je vybudován silážní žlab. Žlab je půdorysných rozměrů cca 36 x 87 m. Kapacita skladu je více než 17 200 m³. Stěny žlabu jsou zhotoveny z prefabrikovaných prvků T konstrukční výšky 5,5 m. Dno žlabu s podélným spádem 1,0 % a příčným spádem 1,0 %. Dno je provedeno z vodostavebního betonu – izolační proti průsakům dešťových vod kontaminovaných siláží. Podkladní konstrukce jsou tvořeny hutněnými vrstvami šterkodrti a šterkopísku ukládanými na zhutněnou upravenou zemní pláň.

Žlab je podélně vyspádován ke straně vjezdu. Zachycení krmivy kontaminovaných vod z nezakrytých ploch žlabu je řešeno sběrným kanálkem u vjezdu (v nejnižší části žlabu). Kanálek je odvodněn kanalizací DN 200 do jímky na silážní šťávy (100 m³) a následně potrubím do čerpacího centra u fermentoru. Součástí zpevněných komunikací je silniční obruba zabráňující vtékání dešťové vody do prostoru žlabu. Komunikace, kde může dojít ke kontaminaci vody krmivy jsou vyspádovány do kanálku, který je odvede do jímky na silážní šťávy. Ostatní komunikace jsou vyspádovány na terén.

Přístup ke žlabu z čela je přes manipulační plochu šířky cca 36 m. Vyspádování plochy před žlabem je situováno tak, aby nedocházelo k vnikání srážkové vody do prostoru skladování. Nedochází zde k odtoku silážních tekutin.

Objekt 6: Hořák zbytkového plynu

Hořák zbytkového plynu je umístěn na betonovém základu v dostatečné vzdálenosti od fermentoru, koncové jímky a okolních objektů.

Cílem použití hořáku zbytkového plynu je zabránění vypuštění nespáleného bioplynu do volné atmosféry. Unikání nespáleného bioplynu má být zabráněno proto, aby nemohlo dojít k žádným problémům s ochranou proti požáru, explozi nebo zatížení pachy.

Hořák zbytkového plynu – fléra je v provozu jen při fázi uvedení do chodu, při výpadku provozu kogeneračních jednotek a při nadměrné produkci plynu. Příliš vysoké produkci plynu je zabráněno pravidelným přísunem substrátu, správným dávkováním substrátu a potřebou ekonomického provozu zařízení. Při poškození kogeneračních jednotek budou okamžitě přerušeny dodávky do zařízení, takže provoz nouzového hořáku je potřebný jen 1 den a substrátem není nesmyslně plýtváno. Maximální množství spotřebovaného plynu v hořáku je 300 m³/h.

Objekt 7: Technická budova – kogenerační jednotky

Kogenerační jednotky jsou umístěny v nově vystavěné monolitické budově. Uvnitř objektu je prostor pro provoz kogeneračních jednotek – soustrojí motor-generátor, kompletní tepelné zařízení jednotek včetně tlumiče výfuku a elektrického rozvaděče. Kompaktní kogenerační jednotka je motor určený pro spalování bioplynu s přidruženým generátorem elektrického proudu. Osazeny jsou zde dvě jednotky MWM typu TCG2016. Větší KGJ č.I – V12C Bio a menší KGJ č.II – V08C Bio. Součástí objektu jsou další, pro provoz jednotek nezbytné periférie jako výměníky tepla pro vytápění, výměníky pro maření tepla a generátorové sběrnice. Je zde umístěna také regulační plynová řada jako zakončení plynovodu od plynojemu. Nevyužitě teplo (vysálané z horkých částí) je z prostoru budovy odváděno ventilačním vzduchem, který je do kogenerační jednotky vháněn ventilátory umístěnými v boční stěně objektu. Proudění ventilačního vzduchu zajišťují ventilátory uvnitř objektu. Vstupní a výstupní otvor ventilace je opatřen protidešťovou žaluzií a tlumiči vzduchotechniky. Část ventilačního vzduchu je uvnitř objektu oddělována a použita jako spalovací vzduch. Spaliny vystupují z kogeneračních jednotek výstupními spalinovody napojenými na výstupní příruby tlumičů výfuků (pro každý motorgenerátor je zde jedna vlastní spalinová cesta). Na boční straně objektu jsou

umístěny chladiče kogeneračních jednotek a na střeše objektu výfuky. Celková zastavěná plocha technické budovy je 198,20 m².

Do prostoru kogeneračních jednotek je přístup z vnitřní části objektu (kontrola provozu) zvukově izolovanými dveřmi. Z venkovní části objektu (pro potřeby údržby a oprav) zvukově odhlučnými vraty umožňující manipulaci s kogeneračními jednotkami. Celý prostor, ve kterém se jednotky nacházejí je bez okenních otvorů.

Obslužné zázemí stanice sestává z velínu, sociálního zařízení a dílny je umístěno v samostatné části objektu. Ve velíně provádí obsluha kontrolní a ovládací činnosti nezbytné pro správný chod celé stanice. Je zde umístěn terminál pro řízení a správu (stolní počítač a příslušný software pro ovládání a monitorování stavu). V případě potřeby je možné monitorovat chod stanice i vzdáleně pomocí mobilních zařízení.

Tabulka 4.1: Parametry kogeneračních jednotek

Výrobce	MWM	MWM
Typ motoru	TGC 2016 V08C Bio	TGC 2016 V12C Bio
Typ generátoru	Marelli MJB 355 MB4	Marelli MJB 400 LA4
Počet válců / Uspořádání	8 / V	12 / V
Kompresní poměr	15,0 : 1	15,0 : 1
Obsah	17,5 dm ³	26,3 dm ³
Celkový instalovaný elektrický výkon	395 kWe	595 kWe
Celkový instalovaný tepelný výkon	455 kWt	693 kWt
Mechanická účinnost	44,10 %	43,90 %
Elektrická účinnost	42,50 %	42,50 %
Tepelná účinnost	48,30 %	49,00 %
Celková účinnost	90,80 %	91,50 %
Hmotnost	1810 kg	2380 kg

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat BPS Kamenice

4.4 Provoz a technologie BPS Kamenice

Vstupní suroviny do bioplynové stanice jsou vkládány kontinuálně. Hovězí hnůj a kejda jsou do procesu vkládány průběžně, není již tedy nutné skladovat statková hnojiva na otevřených hnojištích. Rostlinné vstupy (siláže, senáže a obilné zbytky) jsou skladovány v areálu a do fermentačního procesu vkládány dle potřeby. Suroviny jsou po manipulaci na zpevněných plochách BPS naloženy do dávkovače pevných surovin. Dávkovač umožňuje postupné, pravidelné dávkování suroviny do fermentorů.

Pevné suroviny jsou do dávkovače vkládány nakladačem, v dávkovači je posuvná podlaha, která přisouvá suroviny k rozdružovacím válcům. Ty surovinu načechrají, promíchají a usměřují ji na pásový dopravník, který dopravuje suroviny k horní hraně fermentorů. Tam surovina padá volně do násypky trychtýřovitého tvaru a dále je šnekovým dopravníkem vtlačena pod hladinu suroviny ve fermentoru.

Fermentor se provozuje při teplotě cca 38 - 42 °C a je plynotěsně uzavřený (nepřístupný vzduchu). Temperování kvasného substrátu se provádí teplou vodou z chladicího okruhu KJ. Suroviny jsou ve fermentorech dále promíchávány rychloběžnými ponornými hydraulickými míchadly. Po proběhnutí odpovídající doby zdržení jsou suroviny přečerpány pomocí centrální čerpací jednotky do tzv. dofermentoru s instalovaným integrovaným plynojemem. Následně jsou suroviny přečerpávány do uskladňovací jímky. Zde se produkt skladuje až do aplikace na zemědělské plochy. Z koncové uskladňovací jímky je surovina přes centrální čerpací jednotku dopravena ke stáčecímu místu pro plnění do odvozových cisteren pro polní hnojení. Digestát zbývající po anaerobním zpracování v bioplynové stanici, se použije v rámci zemědělského zhodnocení jako hnojivo a tím se vrací do biologického hospodářského cyklu zemědělského podniku.

Fermentací obnovitelných druhů surovin (kukuřičné, travní siláže apod.) se získává bioplyn. Vyrobený bioplyn se přivádí do kogenerační jednotky jako palivo pro výrobu elektrické energie generátorem. Z chladicího okruhu KJ se pomocí výměníků tepla vyrábí teplá voda. Výkyvy v dodávce tepla z bioplynové stanice a zařízení pro spotřebu tepla způsobené technickými vlivy a ročním obdobím se vyrovnávají nouzovými chladiči. Přebytkové teplo se tedy za pomoci těchto chladičů vypustí do ovzduší.

Vyráběná elektrická energie se dodává do rozvodné sítě místního energetického podniku E.ON. Teplo získané z chladicí vody motoru a spalin se přivádí do bioplynové stanice jako procesní teplo. Dále jsou jím zásobovány objekty v areálu chovu prasat a sušárna palivového dřeva.

5 Data z BPS Kamenice

V páté kapitole bakalářské práce jsou zpracována a dále vyhodnocena data, která byla naměřena a sledována v období mezi lednem a prosincem roku 2017. Všechny uvedené hodnoty pochází ze zdrojů společnosti Lactoenergo s. r. o., která po celý rok monitoruje vstupní a výstupní hodnoty BPS a má tak neustálý přehled nad ekonomickou bilancí dané stanice. Níže uvedená data byla celý rok zaznamenávána řídicím programem a následně převedena do grafů a tabulek pro přehlednost.

5.1 Vstupní suroviny pro výrobu bioplynu

Výčet surovin je pouze orientační (maximální možný), kde v první řadě rozhoduje kvalita vstupních surovin. Skladba vstupních surovin se může v jednotlivých rocích diametrálně lišit v závislosti na aktuální dostupnosti a kvalitě jednotlivých složek.

Tabulka 5.1: Teoretické množství vstupních surovin

Vstupní surovina	t / den	t / rok	obsah sušiny v %
Kejda prasat	82,2	30 000	6
Hnůj skotu	13,7	5 000	20
Kukuřičná siláž / GPS	35,6	13 000	32
Travní senáž	8,2	3 000	35
Obilné zbytky	0,2	60	85
Celkem	139,9	51 060	-

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat BPS Kamenice

Dodatečně lze v bioplynové stanici užívat taktéž i lihovarských výpalků v množství cca. 3000 t / rok.

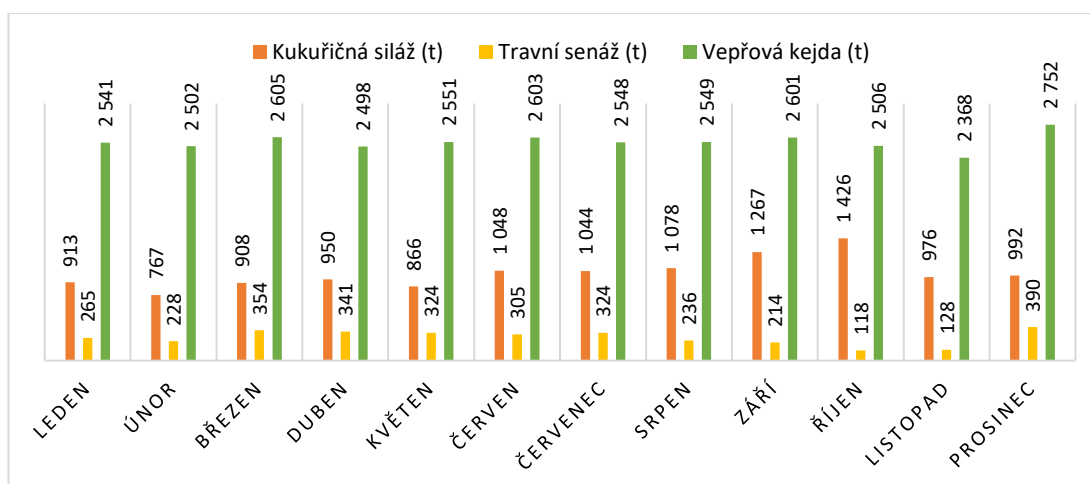
V níže uvedené tabulce 5.2 je zaznamenáno skutečné složení a hmotnost jednotlivých vstupních surovin, které byly použity pro chod BPS ve sledovaném období roku 2017. V tomto období nebyl vůbec použitý hnůj skotu z důvodu rozhodnutí, že na místo jeho využití v BPS bude ponechán agronomům k potřebám hnojení. Stejně tak nebyly použity žádné obilné zbytky z důvodu, že byl po celý rok dostatek kukuřičných siláží a travních senáží. Prasečí kejdy bylo využito v maximálním možném množství.

Tabulka 5.2: Vstupní suroviny za rok 2017

Měsíc	Kukuřičná siláž (t)	Travní senáž (t)	Vepřová kejda (t)
Leden	913	265	2 541
Únor	767	228	2 502
Březen	908	354	2 605
Duben	950	341	2 498
Květen	866	324	2 551
Červen	1 048	305	2 603
Červenec	1 044	324	2 548
Srpen	1 078	236	2 549
Září	1 267	214	2 601
Říjen	1 426	118	2 506
Listopad	976	128	2 368
Prosinec	992	390	2 752
Celkem	12 235	3 227	30 624

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat BPS Kamenice

Graf 5.1 Vstupní suroviny za rok 2017



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat BPS Kamenice

5.2 Produkce bioplynu

V tabulce 5.3 je zaznamenána spotřeba bioplynu za jednotlivé měsíce roku 2017. Objem vyprodukovaného plynu se měsíčně pohyboval okolo 314 tis.m³ při průměrné výhřevnosti 18,75 MJ/m³. Hlavní vlivy na produkci bioplynu a jeho výhřevnost jsou popsány v druhé kapitole.

Tabulka 5.3: Spotřeba plynu a výhřevnost za rok 2017

Měsíc	Spotřeba plynu (tis. m ³)	Výhřevnost plynu (MJ/m ³)
Leden	312	18,71
Únor	288	19,06
Březen	332	18,66
Duben	312	18,84
Květen	328	18,48
Červen	309	19,02
Červenec	308	18,72
Srpen	306	18,52
Září	307	18,64
Říjen	308	18,16
Listopad	311	18,87
Prosinec	346	19,31
Celkem / Průměrně	3767 / 314	18,75

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat BPS Kamenice

6 Návrh využití odpadního tepla k chovu sumečka afrického

V této kapitole je proveden technický návrh a modelová kalkulace projektu na výstavbu recirkulačního akvakulturního systému pro chov sumečka afrického za využití odpadního tepla z bioplynové stanice Kamenice.

6.1 Obecné informace – Keříkovec červenolemý

Keříkovec červenolemý, latinsky také *Clarias gariepinus* je sladkovodní rybou, která se řadí do čeledi keříčkovitých (*Clariidae*), (Burrchell, 1822). Pod názvem sumeček africký je *Clarias gariepinus* známý především v České republice. Přirozené prostředí sumečka se nachází v subtropickém a tropickém pásu v místech, kde jsou stojaté či pomalu tekoucí vody s průměrnou teplotou 25 °C, (Hamáčková a kol., 2007). Do Československé republiky byl poprvé dovezen v roce 1989, (Pokorný a kol., 2004).

6.1.1 Chov

Sumeček africký se stal jednou z nejčteněji chovaných ryb v celé světové akvakultuře. Jeho nízké nároky na kvalitu vody jsou zásadním důvodem, že dokáže žít i ve vodách s nízkým procentem kyslíku, a naopak vysokým procentem amoniaku či organicky znečištěných vodách. (Hamáčková a kol., 2007)

Tržní ryby o váze 0,7 - 1 kg lze dosáhnout za dobu 6 - 8 měsíců, což řadí sumečka na seznam ryb s vysokou růstovou schopností. Běžně je možné ho chovat v recirkulačních akvakulturních soustavách (RAS) při silně zahuštěné obsádce (250 - 400 kg.m³). (Hamáčková a kol., 2007)

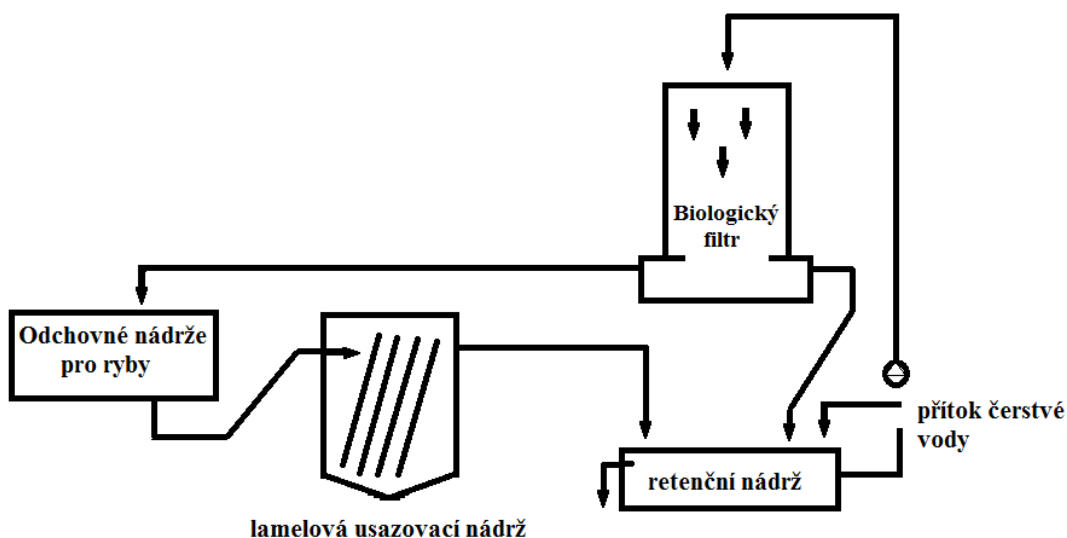
6.1.2 Uzavřený recirkulační systém chovu ryb (RAS)

Vysoká produkce z jednotky plochy, omezená produkce vypouštěných nečistot a velmi malé nároky na zdrojový přítok vody jsou charakteristické znaky pro recirkulační akvakulturní systémy nebo-li RAS. Chované ryby zde přijímají plnohodnotnou potravu, která je zastoupena kompletními krmnými směsmi z důvodu chybějící potravy přirozené. RAS jsou velmi technologicky propracovaná zařízení, ve kterých kontrolovaně cirkuluje voda mezi odchovnými nádržemi pro ryby a mezi filtračními jednotkami, které zabezpečují její stálou čistotu a úpravy. Usilovně vykrmované ryby dýcháním spotřebovávají kyslík a vylučují zpět do vody výkaly a produkty látkových výměn, jako oxid uhličitý a amoniak. Za situace, kdy je užitá nevhodná krmná technika, může voda obsahovat i zbytky krmiv. Prakticky se dá RAS

dělit na část, která je určená pro odchov ryb a na část, ve které dochází k čištění a úpravě vody. (Kouřil a kol., 2008)

K samotnému chovu ryb dochází v různě velkých a tvarově rozličných nádržích, které mohou mít objem od desítek až po stovky kubických metrů. Jako materiál se pro nádrže nejčastěji volí beton, laminát či různé plasty, které dovolují vyhotovit různé hloubky a tvarované profily dna. (Kouřil a kol., 2008)

Způsoby na čištění vody od výkalů ryb lze podle technologie rozdělit podle několika klíčových parametrů. V první řadě podle možnosti řešení separace látek, které nebyly rozpuštěny a v druhé řadě podle způsobu, kterým se odstraňují nežádoucí nerozpuštěné látky. Velmi efektivně se takto dají nechtěné látky odstranit sedimentací a následným odtokem. Dalšími způsoby mohou být vířivá separace či velmi hojně využívaná technologie rotačních válcových filtrů. (Kouřil a kol., 2008)



Obrázek 9: Recirkulační akvakulturní systém – schéma

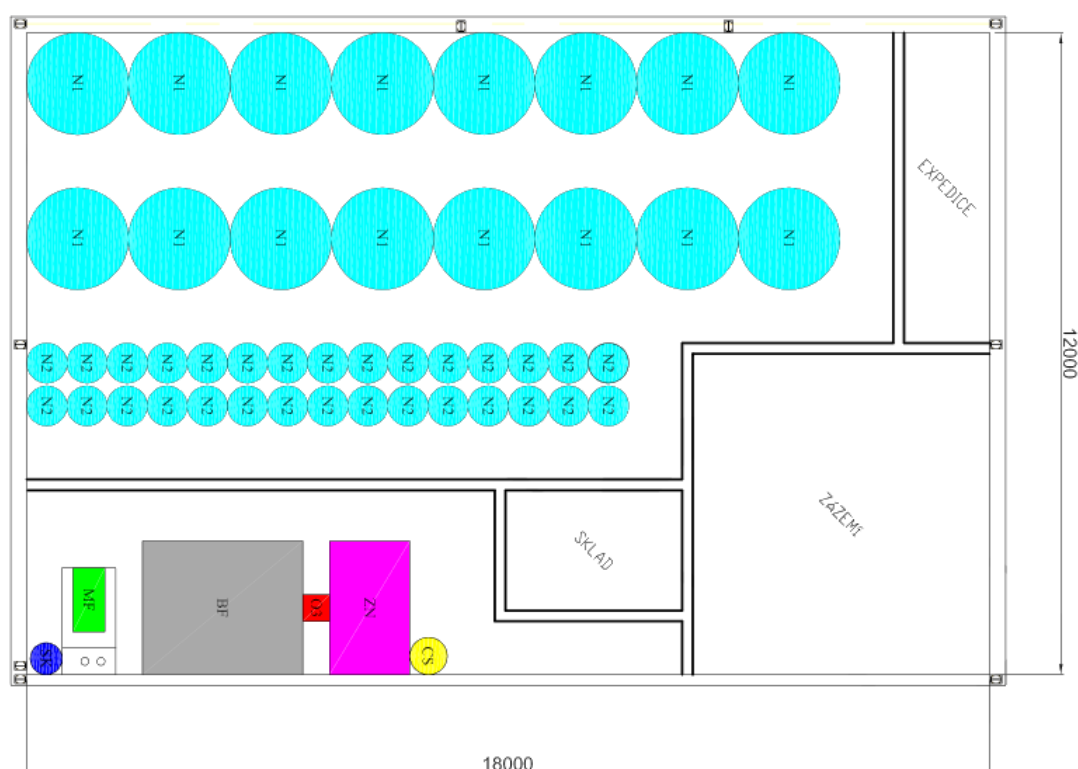
Zdroj: Hamáčková a kol. 2007

6.2 Počáteční náklady na realizaci chovu sumečka afrického

K realizaci chovu sumečka afrického v prostorách bioplynové stanice je nutná prvotní investice do rybochovných sádek a jejich vybavení. Velkou výhodou je skutečnost, že stanice vlastní zachovalý objekt, který byl dříve využíván jako kancelářské prostory, kam budou po technických úpravách sádky situovány. Velkou položku v rámci

počáteční investice budou tvořit také náklady na zavedení vodovodního potrubí do objektu.

Pro chov sumečka afrického, bude použit rybochovný systém, ve kterém je možné ročně vyprodukovat až 20 tun tržních ryb o průměrné hmotnosti 600 - 700 g. Tento systém navíc umožňuje chovat i jiné druhy sladkovodních ryb než pouze keříčkovce červenolemého. Návrh s detailním popisem jednotlivých částí systému nalezneme níže:



Obrázek 10: Návrh RAS pro BPS Kamenice
Zdroj: Sumčí farma Smolotely

Technický popis:

SK – Separátor kalů

MF – Mechanický filtr

BF – Biologický filtr

O3 – Generátor ozónu

ZN – Zásobní nádrž

CS – Centrální sycení kyslíkem

N1 – Odchovná nádrž D=1900 mm

N2 – Odchovná nádrž D=750 mm

Kompletní rybochovný akvakulturní systém společně s technickým zázemím, skladovacím prostorem a expediční rampou je navržen na ploše 216 m². Provoz celého objektu se sestává z vlastního zařízení, kde dochází k chovu ryb a jemu přidruženému technickému zázemí. Pořizovací ceny jednotlivých komponent akvakulturního systému lze vidět v tabulce č. 6.1, přičemž podrobný soupis dílčích částí je uveden v příloze č. 1.

Tabulka 6.1: Cena akvakulturního systému

Cena akvakulturního systému:	
Popis	Cena
Kruhové nádrže	826 888 Kč
Odkalení hrubých nečistot	870 398 Kč
Biologické čištění	342 108 Kč
Zásobní nádrže a ohřev vody	79 272 Kč
Automatická krmítka	131 190 Kč
Ventilace	325 577 Kč
Automatizace	23 752 Kč
Rozvod vzduchu	660 343 Kč
Montáž	537 998 Kč
Doprava materiálu	209 876 Kč
Cena celkem	3 347 059 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat BPS Kamenice

Dalším nákladem v rámci projektu chovu sumečka afrického, budou již zmiňované stavební úpravy budovy a jejího okolí vlastněné společností LACTOENERGO s. r. o. Jelikož byla budova v minulosti využívána k administrativním účelům, bude nutné provést stavebně-technické úpravy, jako vybourání některých vnitřních zdí, zazdění několika oken, rekonstrukce podlah a další drobné práce. Podstatným bodem bude také realizace výkopových prací, nutných k zavedení teplovodního potrubí, které napojí rybochovné sádky na bioplynovou stanici. Veškeré stavební a kultivační služby budou prováděny firmou Esting s. r. o. Po konzultaci se stavebním technikem, byla stanovena kalkulace cen uvedená níže.

Tabulka 6.2: Cena rekonstrukce budovy a okolí

Cena rekonstrukce budovy a okolí:	
Popis	Cena
Bourací práce dvou dělníků /300 Kč na hodinu	9 600 Kč
Zednické práce dvou dělníků/350 Kč na hodinu	28 000 Kč
Stavební materiál (zdivo, beton apod.)	73 000 Kč
Okna, dveře	80 000 Kč
Výkopové práce bagr /800 Kč na hodinu	12 500 Kč
Rozvody vody (potrubí) a elektřiny	78 000 Kč
Cena celkem	281 100 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat BPS Kamenice

Z výše uvedených údajů vyplývá, že souhrnné náklady na vybudování zázemí pro chov sumečka afrického vyjdou firmu LACTOENERGO s. r. o. na 3 628 159 Kč. Jelikož společnost disponuje volným investičním kapitálem, bude tato částka uhrazena z vlastních zdrojů BPS, tedy bez nutnosti žádosti o úvěr.

6.3 Ostatní náklady spojené s chovem sumečka afrického

Vedle nákladů na prvotní investice a výstavbu sádek bude společnost LACTOENERGO s. r. o. nucena vynaložit i další výdaje spojené s chovem sumečka afrického v průběhu celého roku. Jedná se hlavně o nákup násady, krmivo, spotřeba energií a vody, mzdy zaměstnancům apod.

Hustota obsádky a její náklady:

K tomu abychom mohli odhadnout cenu jedné obsádky, je nutné nejprve vypočítat hustotu obsádky, tedy kolik ryb ročně vyprodukuje celý rybochovný systém.

Parametry sádek:

30x Odchovná kruhová nádrž D=750 mm, v=800 mm

16x Odchovná kruhová nádrž D=1900 mm, v=1200 mm

$$V1 = \frac{\pi D^2}{4v} = \frac{\pi 0,75^2}{4 * 0,8} = 0,552 m^3 \rightarrow 0,552 * 30 \cong 16,6 m^3 \quad (3)$$

$$V2 = \frac{\pi D^2}{4v} = \frac{\pi 1,9^2}{4 * 1,2} = 2,362 m^3 \rightarrow 2,362 * 16 \cong 37,8 m^3 \quad (4)$$

Budeme-li brát v potaz to, že nádrže nejsou vodou naplněny až po okraj, je tedy nutné pro přesnější výpočet kalkulovat s 90 % naplněním nádrží vodou, a tudíž i celkovým objemem pro chov ryb.

$$V1_{reálné} = 16,6 \text{ m}^3 * 0,9 \cong 15 \text{ m}^3 \quad (5)$$

$$V2_{reálné} = 37,8 \text{ m}^3 * 0,9 \cong 34 \text{ m}^3 \quad (6)$$

Sumeček africký je ryba, která velmi dobře snáší i silně zhuštěné chovy, proto pro výpočet využijeme obsádku 400 ks/m³ v nádrži č.2, která je určená pro intenzivní růst.

$$Počet\ ryb = V2_{reálné} * 400 = 34 * 400 = 13600\ kusů \quad (7)$$

Průměrná váha tržní ryby se pohybuje okolo 650 gramů a běžně ji doroste za 180 dní, z čehož vyplývá, že během jednoho roku jsme schopni celý proces zopakovat 2x, což činí 27 200 kusů ryb za rok.

$$Hmotnost\ ryb = Počet\ ryb * 650 * 2 = 13600 * 650 * 2 \cong 17,7\ t \quad (8)$$

Při využití obsádky 400 kusů ryb/m³ a jejich průměrné tržní hmotnosti 650 gramů můžeme v průběhu jednoho roku odchovat asi 17,7 t ryb.

Při odchovu ryb je ovšem nutné počítat také s určitým procentem úmrtnosti mladých jedinců, toto procento bylo stanoveno na 15 %. Společnost tedy musí nakoupit namísto 27 200 kusů 31 280 kusů ryb. Plůdky sumečka afrického budou nakupovány od firmy Rybníkářství Pohořelice, kde cena za 1000 kusů činí 50 Kč. Náklady na 31 280 plůdků se tak bude pohybovat kolem 1 564 Kč ročně.

Náklady na krmení:

Sumeček africký je ryba, která dokáže velmi efektivně zhodnotit kvalitní krmivo. Jeho krmný koeficient (RKK) se pohybuje do 1,2 kg krmiva na 1 kg přírůstku.

$$Krmivo = Hmotnost\ ryb * 1,2 = 17,7 * 1,2 \cong 21,3\ t \quad (9)$$

Jako vhodné krmivo byla stanovena krmná směs Haltáp za cenu 32 Kč/kg

$$Cena = Krmivo * 32 = 21300 * 32 \cong 681\ 600\ Kč \quad (10)$$

Krmné náklady na chov 17,7t sumečků afrických budou činit za jeden kalendářní rok 681 600 Kč.

Náklady na energie:

Co se týče celkových výdajů na energie, bude největší položkou spotřeba elektřiny, která bude čerpána z lokálního odběru bioplynové stanice. Elektrická energie bude kalkulována s tržní cenou silové elektřiny v daném období

(nyní kalkuluji s 1,5 Kč/kWh), neboť v současné době je to její běžná výkupní cena. Taktéž tepelná energie bude využívána ze zdrojů BPS. Jelikož se ovšem bude jednat o teplo odpadní, jeho peněžní hodnota bude nulová.

Modelová spotřeba tepelné energie v MWh, kterou využívají v jednotlivých měsících roku všichni odběratelé odpadního tepla BPS včetně rybochovné sádky.

Tabulka 6.3: Celková spotřeba odpadního tepla BPS

Měsíc	Vyrobené teplo (MWh)	Technologická spotřeba tepla (MWh)	Spotřeba tepla na sušení dřeva (MWh)	Spotřeba tepla chovu prasat (MWh)	Spotřeba tepla rybích sádek (MWh)	Odpadní teplo (MWh)
Leden	779	189	226	93	8	263
Únor	718	143	184	81	9	301
Březen	828	136	176	78	8	430
Duben	778	119	190	55	1	413
Květen	819	61	185	33	3	537
Červen	772	50	225	16	2	479
Červenec	769	31	207	7	1	523
Srpen	763	38	198	6	1	520
Září	767	93	184	21	2	467
Říjen	769	141	165	45	5	413
Listopad	776	155	173	55	7	386
Prosinec	845	161	295	75	9	305
Celkem	9383	1317	1998	565	56	5037

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat BPS Kamenice

Mezi další nákladové položky bude spadat spotřeba vody, čerpané z vlastního vrtu bioplynové stanice Kamenice. Dále také mzdové náklady zaměstnance, který bude pečovat o veškerý chod sádky. Podrobný souhrn nákladů, nalezneme v tabulce č. 6.4.

Tabulka 6.4: Náklady na energie a mzdy

Ostatní náklady				
Popis		cena v Kč/jednotka	provoz v Kč/den	provoz v Kč/360 dní
Spotřeba elektřiny (kWh/den)	80	1,5	120 Kč	43 200 Kč
Spotřeba tepla (kWh/den)	145	0	0	0
Spotřeba vody (m ³ /den)	2,5	3	5 Kč	1 800 Kč
Obsluha (Kč/hod)	6,5	150	975 Kč	351 000 Kč
Spotřeba kyslíku	15	7	105 Kč	37 800 Kč
Cena celkem			1 205 Kč	433 800 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat BPS Kamenice

6.4 Návrh tržního zpracování sumečka afrického, stanovení ceny

Vize společnosti ohledně projektu chovu ryb, se zakládá na myšlence odchovu a následném prodeji sumečka afrického až ke koncovým odběratelům.

BPS nemá dostatečný lidský kapitál ani prostorovou kapacitu, kde by mohla být vystavěna budova, jež by sloužila jako prostor pro usmrcení, kuchání a následné zpracování rybího masa na hotový filet. Z tohoto důvodu, bude nutná spolupráce s externí firmou, která se specializuje na zpracování živých ryb.

Tuto činnost bude pro BPS Kamenice provádět společnost Rybářství Třeboň a. s., která ryby nejen zpracuje, ale také expeduje za pomoci pro přepravu ryb upravených aut ke koncovým odběratelům.

Po dohodě s odběratelem byla stanovena pevná cena 93 Kč/kg bez DPH, za kterou bude Rybářství Třeboň a. s. živé sumečky africké o tržní váze odebírat. Podmínkou je to, že vždy odkoupí všechny odchované ryby, a tedy ročně asi 17,7 tun.

6.5 Finanční analýza

Tabulka 6.5: Finanční analýza prodeje sumečka afrického

Položka	Náklady celkem	Náklad na kilogram
Cena plůdků	1 564,00 Kč	0,0884 Kč
Cena krmiva	681 600,00 Kč	38,5085 Kč
Cena elektřiny	43 200,00 Kč	2,4407 Kč
Cena vody	1 800,00 Kč	0,1017 Kč
Cena kyslíku	37 800,00 Kč	2,1356 Kč
Plat zaměstnance	351 000,00 Kč	19,8305 Kč
Odkalení hrubých nečistot - odpis	91 922,00 Kč	5,1634 Kč
Biologické čištění - odpis	35 922,00 Kč	2,0295 Kč
Výrobní cena	1 244 278,00 Kč	70,2982 Kč
Marže 32 %		92,7936 Kč
DPH 15 %		13,9190 Kč
Cena s DPH		106,7127 Kč
Zisk z kilogramu		22,4954 Kč
Celkový zisk		398 168,96 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat BPS Kamenice

Z výše uvedeného finančního modelu vyplývá, že náklad na 1 kg živé váhy ryby bude 70,3 Kč. Při marži, stanovené na 32 % se s prodejní cenou dostaneme na částku

93 Kč/kg bez DPH. Za tuto fixní cenu budou živé ryby pravidelně vykupovány Rybářstvím Třeboň. Zisk z prodeje sumečka afrického by měl být asi 22,5 Kč/kg a při prodeji celých 17,7 t bude celkový zisk asi 398 tis. Kč ročně.

6.6 Návratnost investic

Celková investice byla po součtu oprav budovy a výstavbě kompletní technologie na recirkulační akvakulturní systém stanovena na 3 628 159 Kč. Při kalkulovaném ročním zisku 398 169 Kč by se návratnost investice do chovu sumečka afrického firmě LACTOENERGO s. r. o. navrátila v časovém horizontu asi 9 let.

7 Závěr

Cílem bakalářské práce byl návrh projektu na využití odpadního tepla, které produkují kogenerační jednotky zemědělských bioplynových stanic.

První část obsahuje obecné pojmy a informace, které je nutné znát k pochopení základní problematiky spojené s bioplynem, jeho složením a následným využitím. Detailněji jsou zde rozebrány fermentační procesy, které jsou samotným základem pro vznik tohoto plynu. V této kapitole také nalezneme jednotlivé materiály nezbytné k výrobě bioplynu včetně porovnání jejich výtěžností.

V další části práce se blíže seznámíme s bioplynovými stanicemi, jejich typy, technologiemi a způsoby zpracování vzniklého plynu. Kapitola dále podrobně popisuje dílčí funkční části, ze kterých se skládá celá bioplynová stanice. Závěr literární rešerše je věnován vyčíslení počtu již vybudovaných BPS v Evropě, porovnání BPS vystavěných v České republice oproti dalším členským státům Evropské unie včetně podpory, kterou jednotlivé země do bioplynu vkládají.

Praktická část bakalářské práce je orientovaná do provozu bioplynové stanice Kamenice u Jihlavy vybudované společností LACTOENERGO s. r. o. v roce 2010. Celkový elektrický výkon této stanice 990 kWe a tepelný výkon 1148 kWt generují dvě kogenerační jednotky MWM. Jako majoritní vstupy jsou používány prasečí kejda, hnůj skotu, kukuřičná siláž, travní senáž a obilné zbytky. Z těchto surovin byl v roce 2017 vyroben plyn o objemu 3767 tis. m³ a jeho výhřevnost se pohybovala průměrně okolo 18,75 MJ/m³.

Jelikož má zpracování odpadního tepla zásadní vliv na výši podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů, otevírá se zde prostor pro další podnikatelské příležitosti. BPS Kamenice již využívá odpadní teplo k výhřevu prostor přílehlého chovu prasat či na sušení dřeva. Vhodnou variantou dalšího využití odpadního tepla, a tedy dílčím cílem této práce, se tak stala myšlenka chovu sumečka afrického, přímo v prostorách bioplynové stanice Kamenice. V prvním kroku byla provedena kalkulace počáteční investice do recirkulačního akvakulturního systému. Po vyčíslení hodnoty jednotlivých komponent včetně dopravy a montáže se suma vyšplhala na 3 347 059 Kč. To ovšem nebyla jediná částka, kterou by společnost musela vynaložit na rozjezd rybochovného projektu. Nezbytným výdajem by se stala také rekonstrukce objektu a jeho okolí, ve kterém budou chovné sádky umístěny. Konečná suma za

stavební úpravy, dělnické práce a veškerý materiál by činila 281 100 Kč. Celková počáteční investice společnosti LACTOENERGO s. r. o na výstavbu rybochovných sádek by dosahovala 3 628 159 Kč.

Aby vynaložené finanční prostředky do chovného projektu společnost LACTOENERGO s. r. o. získala zpět, bude prodávat celé ryby konečnému odběrateli. Po provedení kalkulace ceny za jeden kilogram, kam byly započteny veškeré náklady na plůdky, vodu, krmení, elektřinu a další, vyšla konečná cena za kilogram na 93 Kč bez DPH. Zisk z prodeje sumečka afrického by se tak měl pohybovat kolem 22,5 Kč/kg, což při prodeji při 17,7 t ryb bude činit asi 398 tis. Kč ročně.

Z výše uvedeného lze konstatovat, že investice do výstavby recirkulačního akvakulturního systému a s ním spojeného chovu sumečka afrického může být zajímavým využitím odpadního tepla pro bioplynové stanice. Je třeba brát v potaz, že i společnost, která disponuje dostatečným kapitálem na výstavbu obdobného projektu, a to i bez bankovního úvěru, musí uvažovat o možných rizicích spojených s živočišnou výrobou. Pozitivem je, že v České republice není velké konkurenční prostředí, které by se specializovalo na chov sumečka afrického, což zajišťuje odbyt pro odchovné ryby a vnáší do projektu značnou exkluzivitu.

Výsledek této bakalářské práce je následující, celková investice, která se pohybuje na hranici 3 630 000 Kč a její 9letá návratnost při možném ročním zisku 398 000 Kč není nezajímavá. Za předpokladu, že společnost disponuje vlastním volným kapitálem, může tímto projektem podpořit svůj celkový finanční zisk a dále tak diverzifikovat svou zemědělskou působnost.

Na druhou stranu je však otázkou, zda se tato investice při působení neustále se měnících podmínek na trhu společnosti vyplatí. Velice proměnlivé podmínky mohou zapříčinit, že poptávka po živých rybách v budoucnu klesne a spolu s vyšší návratností investice do akvakulturního systému, by byla tato skutečnost poměrně klíčová. Je tak možné zaujmout i opačné stanovisko, a to že kapitál 3 630 000 Kč je efektivnější a stabilnější vložit do modernizace technologií či rozšíření působnosti již stávajícího využití odpadního tepla a tím ročně dosáhnout stejného nebo lepšího hospodářského výsledku, než při realizaci rybochovných sádek.

Některé bioplynové stanice v ČR například řešily využití pro své přebytky odpadního tepla ve spolupráci s obcí při vytápění bytových domů či úředních budov.

Nutná investice je v tomto případě do vybudování dlouhého teplovodního potrubí a všech technologií s tím spojených.

Za předpokladu, že by společnost neprodávala pouze živé ryby, ale dále se specializovala i na jejich usmrcení, kuchání a porcování na filety, kalkulační model by se podstatně změnil. Běžná prodejní cena 1 kg živé ryby se pohybuje okolo 105 Kč s DPH, avšak běžná prodejní cena 1 kg chlazeného filetu je až 270 Kč s DPH. V tomto případě je však třeba brát v úvahu i všechny technologické zařízení nutné pro zpracování a uchování ryb, hygienické a potravinářské předpisy a samozřejmě další lidský kapitál.

8 Seznam použité literatury

BAČÍK, O.: Desatero bioplynových stanic. Biom – Odborný časopis a informační zpravodaj Českého sdružení pro biomasu. 2007. č. 2, s. 2. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/biom/eBIOM-27-2007.pdf>

BIOPLYNOVESTANICE.CZ. Členění bioplynových stanic. *Bioplynovestanice.cz* [online]. © 2008 [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: <http://www.bioplynovestanice.cz/cleneni-bps/>

BRANDEJSOVÁ, E., & PŘIBYLA, Z. (2009). Bioplynové stanice: (zásady zřizování a provozu plynového hospodářství). Praha: GAS.

CZ Biom, : Výtěžnost bioplynu z jednotlivých materiálů. Biom.cz [online]. 2015-09-15 [cit. 2019-03-05]. Dostupné z WWW: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyteznost-bioplynu-z-jednotlivych-materialu>>. ISSN: 1801-2655.

HABART, J.: Zemědělská, nebo komunální stanice? [online]. 2010-04-30. Dostupné z WWW: <https://mechanizaceweb.cz/zemedelska-nebo-komunalni-stanice/>

HAMÁČKOVÁ, Jitka. *Technologie chovu keříčkovce jihoafrického - sumečka afrického (Clarias gariepinus)*. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, 2007. Edice metodik. ISBN 978-80-85887-63-1.

HONS, Pavel. Výroba a možnosti efektivního využití bioplynu v ČSSR. Praha: SNTL, 1989. Zabraňujeme škodám.

HORBAJ, Peter a Eva SCHVARZBACHEROVÁ. Využitie bioplynu v kogenerácii. Košice: Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2011. Edícia študijnej literatúry. ISBN 978-80-553-0577-6.

JELÍNEK, Antonín. Hospodaření a manipulace s odpady ze zemědělství a venkovských sídel. Praha: Agrospoj, 2001. Semafor. Červená [řada], Zemědělská technika. ISBN 80-239-4234-4.

KÁRA, Jaroslav, MUŽÍK, Oldřich: Návrh malotonážního zařízení pro úpravu bioplynu na kvalitu zemního plynu. Biom.cz [online]. 2012-12-10 [cit. 2019-03-17]. Dostupné z WWW: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/navrh-malotonazniho-zarizeni-pro-upravu-bioplynu-na-kvalitu-zemniho-plynu>>. ISSN: 1801-2655.

KOUŘIL, Jan, Jitka HAMÁČKOVÁ a Vlastimil STEJSKAL. *Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb*. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, 2008. Edice metodik. ISBN 978-80-85887-74-7.

MUŽÍK, Oldřich, KÁRA, Jaroslav: Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR. Biom.cz [online]. 2009-03-04 [cit. 2019-02-26]. Dostupné z WWW: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznost-vyroby-a-vyuziti-bioplynu-v-cr>>. ISSN: 1801-2655.

MURTINGER, Karel a Jiří BERANOVSKÝ. *Energie z biomasy*. Brno: ERA, 2006. 21. století. ISBN 80-7366-071-7.

PASTOREK, Zdeněk a Jiří WOLFF. *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. Praha: Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1992. Metodiky pro zavádění výsledků výzkumu do zemědělské praxe.

POKORNÝ, Josef. *Velký encyklopedický rybářský slovník*. Plzeň: Fraus, 2004. ISBN 80-7238-117-2.

SCHULZ, Heinz a EDER, Barbara. *Bioplyn v praxi: teorie - projektování - stavba zařízení - příklady*, 1. české vydání. Ostrava: HEL, 2004. ISBN 80-861-6721-6.

STRAKA, František a Karel CIAHOTNÝ. *Bioplyn: [příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů]*. 3., zkrác. vyd. Praha: GAS, 2010. ISBN 978-80-7328-235-6.

ŠAFARÍK, Miroslav, HABART, Jan: *Expertní systém pro bioplyn: Legislativa založení a provozu bioplynových stanic*. Biom.cz [online]. 2008-06-10 [cit. 2019-02-26]. Dostupné z WWW: <<http://expert.biom.cz/bioplyn.stm>>. ISSN: 1801-2655.

ŠEDIVÝ, Pavel: *Pěstování energetických plodin na devastovaných půdách*. Biom.cz [online]. 2008-12-31 [cit. 2019-03-05]. Dostupné z WWW: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/pestovani-energetickych-plodin-na-devastovanych-pudach>>. ISSN: 1801-2655.

VÁŇA, Jaroslav a Antonín SLEJŠKA. *Bioplyn z rostlinné biomasy: (studijní zpráva)*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1998. Studijní informace. Rostlinná výroba. ISBN 80-86153-92-4.

WEILAND, P. Biomass Digestion In Agriculture: A Successful Pathway For The Energy Production And Waste Treatment In Germany. Engineering In Life Science. 2006.

WELLINGER, Arthur, Jerry MURPHY a David BAXTER. The biogas handbook: science, production and application. Oxford: Woodhead Publishing, 2013. Woodhead Publishing series in energy. ISBN 978-0-85709-498-8.

YADVIKA, S. Enhancement Of Biogas Production From Solid Substrates. Bioresource Technology. 2004, Č. 94.

Využití netradičních zdrojů energie ve vytápění - sluneční, geotermální, bioplyn, odpadní teplo. Praha: Dům techniky ČSVTS, 1988.

<http://www.geotechnical.it/wp-content/uploads/2017/05/EBA-B.-DEREMINCE-CONVEGNO-BIOGAS-SOSTENIBILE.pdf>

<http://www.bioplynovestanice.cz/legislativa/>

http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/211/17223.pdf

9 Přílohy

Příloha 1

Kruhové nádrže:		
Množství	Jednotka	Popis
30	ks	Odchovná nádrž D=750, v=800
15	ks	Podesta kruhové nádrže D=750
75	m2	Kryt odchovné nádrže D=750
16	ks	Odchovná nádrž D=1900, v=1200
39	m	Hlavní rozvod vody - přívodní potrubí, armatury
70	m	Rozvod vody - přívodní potrubí, armatury
58	ks	Rozvod vody - ventily, potrubí, čištění
90	m	Rozvod vody - odpad
Cena materiálu		826 886 Kč

Odkalení hrubých nečistot:		
Množství	Jednotka	Popis
1	ks	Mechanický bubnový filtr
1	ks	Jímka pro bubnový filtr
2	ks	Ponorné čerpadlo + příslušenství
1	ks	Kalové čerpadlo
1	ks	Separátor kalu
Cena materiálu		870 398 Kč

Biologické čištění:		
Množství	Jednotka	Popis
1	ks	Nádrž biologického filtru + příslušenství
1	m3	Náplň biologického filtru - bio elementy
Cena materiálu		342 108 Kč

Zásobní nádrž + ohřev vody:		
Množství	Jednotka	Popis
1	ks	Zásobní nádrž + příslušenství
1	ks	Topná spirála
Cena materiálu		79 272 Kč

Automatická krmítka:		
Množství	Jednotka	Popis
15	ks	Automatické krmítko - Profi
30	ks	Automatické krmítko - Digitální
Cena materiálu		131 190 Kč

Ventilace:		
Množství	Jednotka	Popis
4	ks	Ventilační klapka
4	ks	Ventilátor s mřížkou
4	ks	Samočinná žaluzie
4	ks	Řízení vzduchotechniky
4	ks	Šachta
2	ks	Snímač relativní vlhkosti
1	ks	Technologický rozvaděč + řídicí jednotka
4	ks	Spojovací materiál
Cena materiálu		325 577 Kč

Automatizace:		
Množství	Jednotka	Popis
2	kpl	Hlídání hladiny u čerpadel
2	kpl	Hlídání hladiny v nádržích
2	kpl	Světelná, zvuková signalizace
1	ks	GSM komunikátor
1	ks	Záložní zdroj 12 V/400 mA
1	kpl	Elektroinstalace
Cena materiálu		23 752 Kč

Rozvod vzduchu:		
Množství	Jednotka	Popis
1	ks	Dmychadlo vzduchu
200	m	Hadice pro rozvod vzduchu
20	ks	Vzduchovací válce
1	ks	Ozonizace + UV
100	ks	Spony + příslušenství
30	ks	Kyslíková deska
Cena materiálu		660 343 Kč

Specifikace:	
Cena materiálu	2 599 185 Kč
Montáž	537 998 Kč
Doprava materiálu	209 876 Kč
Cena celkem	3 347 059 Kč